



UNIVERSITÉ
LAVAL

École supérieure
d'études internationales

**Considérations géopolitiques et de sécurité nationale de l'expansion des
contrôles américains sur l'exportation des technologies de semi-conducteurs
vers la Chine**

Émi Fugère-Shimazu
111 237 306

Essai
ETI-6503

Sous la direction de
M. Erick Duchesne
M. Zhan Su

31 mai 2023
École supérieure d'études internationales
Université Laval

Table des matières

Acronymes.....	iii
Introduction	1
1. Maintenir l’avantage des États-Unis dans le domaine des semi-conducteurs : une question d’importance économique et de sécurité nationale	5
1.1 Interdépendance des acteurs clés de la chaîne d’approvisionnement des semi-conducteurs	6
1.1.1 <i>La loi de Moore et la nécessité d’investir dans la R&D</i>	<i>8</i>
1.2 Importance des semi-conducteurs pour l’économie américaine	9
1.3 Émergence de la Chine dans la chaîne d’approvisionnement des semi-conducteurs	10
1.3.1 <i>Vulnérabilités de l’industrie chinoise</i>	<i>11</i>
1.3.2 <i>La Chine investit massivement dans son industrie nationale</i>	<i>14</i>
1.3.2.1 “National IC Plan”	14
1.3.2.2 “Made in China 2025”	16
1.3.3 <i>Concentration du marché des semi-conducteurs au profit de la Chine et aux dépens des États-Unis</i>	<i>17</i>
1.4 Utilisation des semi-conducteurs dans l’armée.....	20
2. Analyse critique de l’efficacité des récents contrôles américains sur l’exportation des technologies de semi-conducteurs vers la Chine pour protéger la sécurité nationale des États-Unis	25
2.1 Les objectifs	26
2.2 Les impacts sur l’industrie chinoise des semi-conducteurs.....	28
2.2.1 <i>Étrangle les industries chinoises de l’IA et des superordinateurs en bloquant l’accès à certaines puces avancées</i>	<i>28</i>
2.2.2 <i>Empêche la Chine de concevoir des puces d’IA sur son territoire en lui interdisant l’accès aux SME et aux logiciels de conception de puces fabriqués aux États-Unis.</i>	<i>29</i>
2.2.3 <i>Empêche la Chine de fabriquer des puces avancées en bloquant l’accès aux SME fabriqués aux États-Unis et en ajoutant des restrictions sur les activités des personnes américaines</i>	<i>30</i>
2.2.4 <i>Empêche la Chine de développer ses propres SME en bloquant l’accès aux composants fabriqués aux États-Unis</i>	<i>31</i>
2.3 Les limites et les conséquences potentielles des nouveaux contrôles à l’exportation.....	32
2.3.1 <i>Des mesures qui ne sont viables qu’à court terme</i>	<i>33</i>
2.3.1.1 <i>Découplage technologique entre la Chine et les États-Unis</i>	<i>35</i>
2.3.2 <i>Les conséquences sur la chaîne d’approvisionnement des semi-conducteurs</i>	<i>38</i>
2.3.2.1 <i>Conséquences économiques sur les entreprises américaines.....</i>	<i>39</i>
2.3.2.2 <i>Conséquences économiques sur les entreprises européennes et asiatiques.....</i>	<i>43</i>
2.3.3 <i>Réactions potentielles de la Chine vis-à-vis des nouveaux contrôles des exportations annoncées.....</i>	<i>44</i>
2.3.3.1 <i>Concentration de la Chine sur la fabrication de puces matures.....</i>	<i>45</i>
2.3.3.2 <i>Couper l’approvisionnement en terres rares et en minéraux critiques ?.....</i>	<i>49</i>
2.3.3.3 <i>Les perturbations mondiales d’un conflit à Taiwan</i>	<i>52</i>
2.4 La nécessaire coopération des alliés des États-Unis.....	56
2.4.1 <i>L’Arrangement Wassenaar</i>	<i>56</i>
2.4.2 <i>Vers un nouveau cadre de coopération</i>	<i>57</i>
3. L’avenir des relations sino-américaines	63
Conclusion.....	67
Bibliographie.....	72

Acronymes

5G	cinquième génération
APL	Armée populaire de libération
BIS	Bureau of Industry and Security
CHIPS	Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors
DOC	Département du commerce des États-Unis
EDA	automatisation de la conception électronique (“electronic design manufacturing”)
FDPR	règle du produit direct étranger (“foreign direct product rule”)
GPU	unité de traitement graphique (“graphics processing unit”)
MIC2025	Made in China 2025
Nm	nanomètre
OMC	Organisation mondiale du commerce
IA	intelligence artificielle
OSAT	assemblage, emballage et tests externalisés (“outsourced semiconductor assembly and test”)
PCC	Parti communiste chinois
R&D	recherche et développement
SIA	Semiconductor Industry Association
SME	équipement de fabrication de semi-conducteurs (“semiconductor manufacturing equipment”)
SMIC	Semiconductor Manufacturing International Corporation
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
UE	Union européenne
YMTC	Yangtze Memory Technologies Corp

Introduction

Le monde assiste aujourd'hui à une intensification des tensions économiques et technologiques entre la Chine et les États-Unis, deux puissances économiques et politiques majeures. Bien que certains évoquent une nouvelle guerre froide, d'autres estiment que cela ne reflète pas complètement la complexité de cette rivalité. Néanmoins, il est indéniable que la relation entre ces deux pays revêt une importance stratégique pour l'avenir et aura des répercussions significatives sur la géopolitique mondiale, étant donné que la bipolarité entre les États-Unis et la Chine est un élément structurel qui ne peut être négligé (Bekkevold, 2022). Alors que les tensions entre les deux pays ont de nombreux fragments, une guerre technologique dont les semi-conducteurs sont le champ de bataille central se dresse au cœur de la rivalité géopolitique entre la Chine et les États-Unis. Si ce dernier est depuis des décennies, le leader mondial de la technologie, cette position est aujourd'hui contestée par la Chine, qui met tout son poids dans les efforts pour rattraper les États-Unis en misant sur son industrie des semi-conducteurs (Saillofest, 2022). En effet, les semi-conducteurs sont les fondements de l'économie numérique, de l'avancement technologique et de la sécurité nationale. Ils sont des composants hautement spécialisés qui fournissent les fonctionnalités clés aux appareils électroniques pour le traitement, le stockage et la transmission de données. La plupart des semi-conducteurs aujourd'hui sont des circuits intégrés (CI), également appelés « puces » et se composent de circuits électroniques miniaturisés, tous interconnectés sur une petite plaque de matériau semi-conducteur, généralement en silicium (Varas et al., 2021, p.9). Ils représentent la base technologique indispensable de la microélectronique. Ils se retrouvent non seulement dans la plupart des produits électroniques de notre quotidien tels que les téléphones intelligents, les ordinateurs et les voitures, mais aussi dans plusieurs secteurs critiques comme l'informatique quantique, l'intelligence artificielle (IA), le réseau de télécommunication de la cinquième génération (5G) et la défense (Saillofest, 2022). Le fait que notre société et notre économie dépendent fortement des puces électroniques fait en sorte que la mainmise sur leur production est un enjeu substantiel. Le maintien du leadership des États-Unis et de ses alliés dans la conception et la fabrication de semi-conducteurs est donc un déterminant décisif pour l'évolution de l'équilibre des forces, en particulier en Asie (Miller, 2023). Ce qui est par ailleurs inquiétant, c'est que l'industrie des semi-conducteurs est extrêmement intégrée, pour laquelle la chaîne de production nécessite de passer par une série d'étapes, mais qui s'articule

autour de seulement six acteurs clés interdépendants : la Chine, la Corée du Sud, le Japon, les États-Unis, Taïwan et les Pays-Bas (Saillofest, 2022). Ainsi, la chaîne de valeur des semi-conducteurs se caractérise par la coexistence d'effets d'interdépendance et de technologies dites de « points d'étranglement », soit des technologies fabriquées par seulement une poignée d'entreprises et pour lesquelles il existe peu d'alternatives, et les produits qui sont exceptionnellement difficiles à importer (Allen, 2022a).

Cependant, au cours des dernières décennies, la Chine a considérablement augmenté ses efforts afin de progresser dans son industrie des semi-conducteurs par « l'acquisition d'entreprises technologiques américaines, les transferts forcés de technologies, le cyberespionnage, le vol et le recrutement de talents étrangers » (Chiang & Walsh, 2023). De plus, l'investissement massif et le développement progressif de la Chine en matière technologique inquiètent les États-Unis qui craignent qu'en accédant à une position dominante sur le marché des semi-conducteurs, elle puisse l'utiliser comme un moyen de pression sur les États-Unis (Austry, 2020). Les efforts irrépressibles de la Chine qui cherche à développer une industrie nationale autosuffisante par tous les moyens possibles mettent en évidence la nécessité pour les États-Unis de maintenir une avance technologique à l'égard des ambitions industrielles de la Chine. Ce réalignement significatif des pouvoirs a entraîné un changement du paysage géopolitique mondial et l'émergence d'une bipolarité dans laquelle la rivalité entre les États-Unis et la Chine se trouve.

De ce fait, les restrictions contre la Chine que le gouvernement américain impose depuis 2017 découlent de l'évolution en défaveur des États-Unis, de l'équilibre des forces et de la perte d'une position de nette supériorité avec la Chine (Miller, 2023). La technologie étant de plus en plus au cœur de la rivalité entre la Chine et les États-Unis, les contrôles à l'exportation sont passés au centre de la politique étrangère américaine sur les questions technologiques (Sheehan, 2022). Ainsi, reflétant l'intensification de la concurrence stratégique entre la Chine et les États-Unis, le Bureau of Industry and Security (BIS) du Département du commerce des États-Unis (DOC) a annoncé le 7 octobre 2022 les restrictions à l'exportation les plus poussées à ce jour visant à restreindre la capacité de la Chine à obtenir, concevoir et fabriquer certains dispositifs semi-conducteurs haut de gamme utilisés dans l'IA, les superordinateurs et les applications de défense connexes. Ces nouveaux contrôles font suite à l'adoption, en août 2022, par le Congrès américain du *CHIPS and Science Act*, qui prévoit 280 milliards \$US sur dix ans pour accélérer la recherche et la fabrication

de puces électroniques aux États-Unis (Mark & Roberts, 2023). Ces mesures américaines expriment un changement majeur dans la politique américaine puisqu'elles cherchent à paralyser ou du moins retarder la Chine dans le développement de son industrie nationale de semi-conducteurs et non plus seulement à maintenir une avance dans cette industrie.

Compte tenu du rôle crucial que jouent les semi-conducteurs dans de nombreux secteurs industriels, ainsi que leur importance fondamentale pour la sécurité nationale, la Chine et les États-Unis cherchent à renforcer leur contrôle et leur autonomie sur ce secteur. Ce changement de politique entraîne des préoccupations considérables à l'échelle mondiale quant à la déconnexion possible des réseaux de développement technologique entre les deux pays, ce qui aurait de lourdes conséquences pour le développement futur de la chaîne de valeur mondiale des semi-conducteurs et pour les aspirations de la Chine à construire une industrie indépendante des semi-conducteurs (Grimes & Du, 2020, p.2). Cela aura un impact sérieux sur le développement des relations bilatérales et même sur les tendances futures de la politique et de l'économie mondiales (Sun, 2019, p.198). Dans ce contexte, la question centrale à laquelle cet essai tentera de répondre est la suivante : **dans quelles mesures les restrictions à l'exportation imposées par les États-Unis sur la Chine dans l'industrie des semi-conducteurs permettront-elles aux États-Unis de maintenir leur domination dans cette industrie pour protéger leur sécurité nationale?**

Cet essai est divisé en trois sections principales. La première section traitera du maintien de l'avantage des États-Unis dans les semi-conducteurs comme étant une question de sécurité nationale en examinant les enjeux économiques et géopolitiques actuels de l'industrie des semi-conducteurs. En premier lieu, l'analyse se penchera plus spécifiquement sur l'interdépendance des acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs et leur vulnérabilité à l'égard de toute perturbation le long de chaîne d'approvisionnement. La loi de Moore sera abordée comme facteur explicatif de l'interconnexion de la chaîne de valeur, ainsi que de l'importance d'investir dans la recherche et développement (R&D) pour le maintien du leadership américain dans l'industrie des semi-conducteurs. En deuxième lieu, les semi-conducteurs seront présentés comme un enjeu stratégique en mettant en évidence la dépendance de l'économie américaine et de ses activités quotidiennes aux semi-conducteurs. En troisième lieu, les vulnérabilités de l'industrie des puces de la Chine ainsi que ses politiques du National IC Plan et du Made in China 2025 (MIC2025) seront abordées afin d'expliquer l'origine de la position industrielle technologique actuelle de la

Chine parmi les six plus grands acteurs de l'industrie des semi-conducteurs et de la menace que pose la concentration du marché des semi-conducteurs au profit de la Chine et aux dépens des États-Unis pour la sécurité nationale américaine. En quatrième lieu, l'analyse se portera sur les dangers que pose l'utilisation des semi-conducteurs dans l'armée, ainsi que la détermination de la Chine à augmenter sa puissance militaire notamment par sa politique de fusion militaire-civile, pour la sécurité nationale des États-Unis.

La deuxième section sera une analyse critique de l'efficacité des contrôles à l'exportation imposés par les États-Unis le 7 octobre 2022. Pour ce faire, les objectifs de ces mesures, les impacts sur l'industrie chinoise des semi-conducteurs, ainsi que les limites et les conséquences potentielles des nouveaux contrôles sur les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, seront identifiés. L'accent sera ensuite porté sur la réaction potentielle de la Chine à l'égard des nouveaux contrôles à l'exportation qui pourrait se traduire par une concentration de la Chine sur la fabrication de puces matures, par une coupure de l'approvisionnement des États-Unis en terres rares et en minéraux critiques et par l'invasion de Taïwan par la Chine. Cette section se conclura par une critique de la décision unilatérale des États-Unis d'imposer de nouveaux contrôles à l'exportation vers la Chine et de la nécessité pour les États-Unis d'obtenir le soutien de leurs alliés dans cette décision sans quoi ces contrôles seront inefficaces pour maintenir le leadership américain dans l'industrie des semi-conducteurs et renforcer la sécurité nationale.

La troisième et dernière section de cet essai sera une réflexion sur l'avenir des relations sino-américaines en considérant que les semi-conducteurs sont un enjeu géopolitique central des relations bilatérales entre les États-Unis et la Chine. C'est sous un regard sceptique que l'avenir des relations sino-américaines sera abordé en s'appuyant sur les discours des dirigeants politiques des deux pays et sur l'avis d'experts.

1. Maintenir l'avantage des États-Unis dans le domaine des semi-conducteurs : une question d'importance économique et de sécurité nationale

La Chine a fait des progrès significatifs dans l'industrie des semi-conducteurs, un domaine qui était autrefois dominé par les États-Unis, et qui est désormais une cible majeure dans les plans industriels chinois. Pendant ce temps, les États-Unis ont perdu régulièrement des parts de marché dans la fabrication des puces. Les implications économiques et de sécurité nationale de la perte de contrôle des États-Unis sur l'industrie des semi-conducteurs sont énormes, car les semi-conducteurs alimentent pratiquement toutes les formes de technologies modernes, des appareils de tous les jours aux systèmes de défense. Si la Chine parvient à dominer cette industrie, les conséquences économiques, politiques et militaires pour le reste du monde seraient graves. Il est important de ne pas sous-estimer la détermination de la Chine et sa capacité à mobiliser d'énormes ressources pour soutenir ses efforts (Ferry & Layton, 2021, p.2).

Pour empêcher la prolifération des semi-conducteurs avancés et des intrants nécessaire pour leur production, les États-Unis utilisent depuis longtemps des contrôles à l'exportation. Avant l'imposition des contrôles à l'exportation d'octobre 2022 vers la Chine, les États-Unis avaient déjà mis en place plusieurs types de contrôles des exportations de semi-conducteurs (Xianying et al., 2022). Premièrement, les États-Unis utilisent des contrôles basés sur des listes pour les exportations de technologies spécifiques de semi-conducteurs vers toutes les entités chinoises, bien qu'ils approuvent la plupart des licences d'exportation. Ces contrôles réglementent la vente de technologies clés pour la production de semi-conducteurs, telles que les équipements de fabrication de semi-conducteurs (SME), les matériaux, les logiciels et la propriété intellectuelle, ainsi que les semi-conducteurs finis. Deuxièmement, les États-Unis ont mis en place des contrôles de l'utilisation finale et de l'utilisateur final pour un éventail plus large de technologies, avec une présomption de refus des licences d'exportation pour les utilisations finales militaires et les utilisateurs finaux spécifiques, tels que les entreprises chinoises de haute technologie, l'Armée populaire de libération (APL) et les entités civiles soutenant l'armée (Xianying et al., 2022). Afin de comprendre les raisons pour lesquelles les États-Unis ont étendu les contrôles à l'exportation des semi-conducteurs existants vers la Chine, il est d'abord nécessaire de comprendre en quoi les semi-conducteurs sont devenus une question d'importance économique et de sécurité nationale

pour les États-Unis. La présente section examine les défis auxquels sont confrontés les États-Unis et l'importance de renforcer l'industrie américaine des semi-conducteurs pour protéger leur sécurité nationale.

1.1 Interdépendance des acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs

L'industrie des semi-conducteurs est l'une des plus globalisées, malgré les énormes efforts des gouvernements pour atteindre une plus grande autosuffisance. L'industrie est actuellement fortement oligopolistique, ce qui signifie que certaines régions et entreprises dominent différentes étapes de la chaîne de valeur, rendant l'ensemble de la chaîne de valeur interconnectée au niveau global. Les pays qui contrôlent certaines parties de la chaîne de valeur des semi-conducteurs bénéficient de grands avantages stratégiques. Les acteurs majeurs de cette industrie sont, outre la Chine et les États-Unis, l'Europe, le Japon, la Corée du Sud et Taïwan (Boswall, 2022). Seules les entreprises de très grande taille peuvent réaliser des profits suffisants sur leurs investissements massifs. C'est la raison pour laquelle, dans les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs, les trois premiers acteurs mondiaux contrôlent généralement entre 50 % et 90 % des revenus de leurs segments respectifs (Varas et al., 2021, p.26). Par exemple, Intel et la société britannique ARM dominent le secteur des microprocesseurs, tandis que la société sud-coréenne Samsung domine la production de mémoire vive dynamique, un type de mémoire à semi-conducteur. Des entreprises américaines telles que Qualcomm, Broadcom et Nvidia contrôlent la conception des puces, alors que la plupart de la production de puces est réalisée à Taïwan. La Chine joue en un premier temps le rôle de fournisseur principal mondial d'assemblage, d'emballage et de tests externalisés (OSAT) et en deuxième temps, le rôle de fabricant de plaquettes de silicium utilisées dans la fabrication des semi-conducteurs et avec 23 % de la capacité du marché mondial située en Chine (Boswall, 2022).

Le niveau élevé de spécialisation requis pour demeurer compétitif dans l'industrie des semi-conducteurs a également créé des barrières naturelles à l'entrée dans les principales activités de la chaîne d'approvisionnement, ce qui a conduit à une base de fournisseurs relativement concentrée dans chaque activité. Aujourd'hui, aucun marché ou entreprise locale ne possède toutes les capacités requises pour la conception et la fabrication de semi-conducteurs de bout en bout. Cette dynamique laisse les entreprises de semi-conducteurs vulnérables aux perturbations de la chaîne

d'approvisionnement. D'ailleurs, la pénurie mondiale actuelle de semi-conducteurs a mis en lumière les effets que des goulots d'étranglement dans la chaîne d'approvisionnement pouvaient avoir sur un large éventail de produits essentiels tels que les automobiles (Daly, s. d.). Une sous-estimation de la demande a été la principale cause de cette pénurie d'approvisionnement, bien que la pandémie de Covid-19, les catastrophes naturelles, les modifications aux accords commerciaux et le ralentissement de la croissance économique aient également joué un rôle. Alors que ce sont des facteurs macroéconomiques qui sont à l'origine de la pénurie actuelle de puces, il est concevable qu'un adversaire puisse délibérément restreindre l'accès à certains points d'étranglement de la chaîne de valeur. Surtout si la Chine est en mesure de développer et d'étendre ses capacités de fabrication pour développer un monopole sur les composants irremplaçables, le Parti communiste chinois (PCC) pourrait intentionnellement perturber les chaînes d'approvisionnement civiles et militaires des États-Unis et d'autres pays, ce qui représente une menace significative pour les États-Unis et ses alliés (Corrado, 2022, p.75). L'accès garanti aux puces, en particulier aux puces avancées, est devenu une priorité politique clé en ce qui concerne la sécurité nationale et la compétitivité économique, afin de contrer les perturbations soudaines de l'approvisionnement (K. T. T. Hsu, 2022). Toute perturbation provenant des fournisseurs pourrait gravement limiter la capacité des États-Unis à construire et à maintenir des infrastructures critiques sécurisées et des systèmes de défense avancés.

Les perturbations dans la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs ont encouragé les gouvernements à travers le monde à mettre en place des politiques permettant de consolider davantage la chaîne d'approvisionnement et d'augmenter leur autosuffisance (Corrado, 2022, p.78). Néanmoins, l'autosuffisance en matière de semi-conducteurs est irréaliste pour quiconque. L'indigénisation de chacune des étapes de la chaîne d'approvisionnement serait incroyablement coûteuse. En fait, l'industrie mondiale des semi-conducteurs consacre plus de 100 milliards \$US chaque année aux dépenses d'investissement. Un pays devrait reproduire ces dépenses s'il souhaite être autosuffisant dans la production de semi-conducteurs. La mise en place d'une chaîne d'approvisionnement nationale de pointe prendrait plus d'une décennie et coûterait bien plus de 1000 milliards \$US au cours de cette période. Pour cette raison, la Chine ne vise pas à mettre en œuvre une chaîne d'approvisionnement entièrement nationale. Elle reconnaît que cela est impossible et désire plutôt une chaîne d'approvisionnement non américaine, mais étant donné le poids des États-Unis dans l'industrie des semi-conducteurs et de l'extraterritorialité de ses contrôles

à l'exportation, une chaîne d'approvisionnement non américaine peut également être difficilement envisageable en pratique à court et moyen terme. Ce qui est cependant plausible, c'est que la Chine augmente sa puissance dans l'industrie globale des puces en réduisant sa dépendance à l'égard des États-Unis dans certains domaines et en éliminant autant de points d'étranglement que possible dans la chaîne d'approvisionnement (Miller, 2022).

1.2.1 La loi de Moore et la nécessité d'investir dans la R&D

Un autre des facteurs qui peuvent expliquer l'interconnexion de la chaîne de valeur est le phénomène de « loi de Moore », du nom de l'ingénieur Gordon Moore qui fit cette observation empirique en 1965 et qui a ensuite dirigé Intel, le second fabricant mondial de semi-conducteurs après Samsung. La loi de Moore fait référence au fait que le nombre idéal de transistors par pouce carré sur une puce doublerait à chaque deux ans, tandis que le coût de fabrication par composant serait divisé par deux. Moore a révisé cette loi dix ans plus tard et a déclaré que la densité des puces doublerait au contraire tous les ans (Arcuri & Shivakumar, 2022). Plus de transistors et de composants impliquent une plus grande efficacité et des fonctions plus complexes. Ainsi, la loi de Moore a permis de réduire l'espacement entre deux transistors de 20 nanomètres (nm) en 2012 à 3 nm aujourd'hui (Saillofest, 2022). Les efforts continus pour soutenir cette tendance de développement technologique exponentiel ont été les principaux moteurs de la croissance de l'industrie de la microélectronique et du marché des semi-conducteurs dans les dernières années (Arcuri & Shivakumar, 2022).

Le leadership en matière de production et de R&D n'est pas simplement un moyen de remporter des parts de marché, il est crucial pour maîtriser les coûts également. Cet avantage est aujourd'hui plus important que jamais en raison de la croissance fulgurante des dépenses au cours des dernières années. En fait, la poursuite de la loi de Moore a augmenté considérablement les coûts de conception pour rendre les puces plus puissantes et efficaces. Les coûts de fabrication ont fortement augmenté avec chaque nouvelle génération de puces. Par exemple, la conception d'une puce de 5 nm coûte environ 540 millions \$US, de la validation à la qualification de la propriété intellectuelle, alors que la conception d'une puce de 7 nm coûte 300 millions \$US et 175 millions \$US pour une puce de 10 nm (Bauer et al., 2020). En raison des compétences et des investissements considérables

nécessaires pour leur conception, la R&D, la mise à l'échelle et d'autres activités, seulement une poignée d'entreprises peuvent fabriquer les puces les plus avancées de moins de 14 ou 16 nm. Cependant, la demande pour ces puces est en hausse rapide. Dans certaines industries cruciales, comme l'IA et l'apprentissage automatique, les puces de moins de 14 nm ou 16 nm sont fondamentales, car elles allient des performances solides et une consommation d'énergie réduite (Bauer et al., 2020).

Un pays dont l'industrie des semi-conducteurs prend du retard à la fois en matière d'investissement et de leadership technologique nécessaire pour suivre la loi de Moore pourrait renoncer aux avantages économiques futurs et aux avantages en matière de sécurité nationale qui découlent de ce leadership industriel. Cependant, le leadership américain dans la fabrication de semi-conducteurs a diminué au cours des 30 dernières années. Les tendances du marché ont encouragé l'externalisation de certains processus, en particulier la fabrication de puces, vers l'étranger. Cette tendance est préoccupante alors que l'innovation américaine semble stagner. Des recherches ont montré que malgré une augmentation annuelle constante des dépenses de R&D en sciences fondamentales, la croissance de la productivité totale des facteurs aux États-Unis s'est ralentie. Les conséquences de cette tendance soulignent la vulnérabilité de l'économie américaine : si elle n'est pas aussi dynamique ou compétitive qu'elle l'était autrefois, sa capacité à traduire les investissements en progrès technologique et à maintenir sa position de leader en matière de loi de Moore est réduite et par le fait même, sa sécurité nationale est menacée (Arcuri & Shivakumar, 2022).

1.2 Importance des semi-conducteurs pour l'économie américaine

Par ailleurs, les États-Unis doivent maintenir leur avantage dans l'industrie des semi-conducteurs en raison de la dépendance de son économie aux puces pour ses activités quotidiennes. Des analyses effectuées par la Semiconductor Industry Association (SIA) révèlent que les entreprises américaines représentent 39% du marché mondial des semi-conducteurs (Miller, 2023) et constituent le quatrième poste d'exportation des États-Unis. L'industrie emploie directement près de 300 000 Américains et compte indirectement pour 1,6 million d'emplois supplémentaires. Les semi-conducteurs sont donc un élément critique à la force de l'économie américaine (Executive

Office of the President, 2022, p.11). De plus, la crise de la pénurie de puces électroniques débutée à la fin 2020 n'a épargné aucun secteur et a mis en évidence non seulement à quel point ces composants spécialisés sont indispensables à l'économie actuelle, mais aussi la fragilité de l'écosystème des semi-conducteurs qui sont essentiels pour alimenter un vaste éventail de secteurs (Varas et al., 2021).

Le marché de la technologie avance à un rythme effréné, avec de plus en plus d'outils et de dispositifs se faisant une place dans notre vie quotidienne. En conséquence, un nombre grandissant de produits sont devenus dépendants des puces. Les consommateurs, achetant des produits allant des consoles de jeux portables aux appareils de cuisine intelligents, peuvent ressentir les conséquences de cette situation par le biais de prix plus élevés ou de délais de disponibilité plus longs. Parallèlement, la dépendance à l'égard des puces pour les dispositifs médicaux critiques, les applications militaires, les outils de cybersécurité et d'autres secteurs peut avoir des conséquences plus graves pour les individus et les gouvernements (Thorbecke, 2022). Si le gouvernement américain ne garantit pas un accès national continu à la fabrication de semi-conducteurs de pointe, cela pourrait avoir de graves impacts sur l'économie américaine. Également, une chaîne d'approvisionnement faible et facilement perturbée peut entraîner des conséquences considérables pour l'économie américaine et la sécurité nationale. Bien que les entreprises ayant leur siège social aux États-Unis soient les plus importantes au monde en termes de chiffre d'affaires, la position des États-Unis en tant que leader dans le domaine des semi-conducteurs a diminué au cours des dernières années.

1.3 Émergence de la Chine dans la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs

Si l'économie américaine est fortement tributaire des semi-conducteurs, cela implique aussi une dépendance accrue envers la Chine. En effet, la Chine renforce son rôle dans la chaîne d'approvisionnement mondiale, augmentant ainsi ses capacités dans une industrie technologique hautement stratégique pour les États-Unis (Varas et al., 2021). Ce qui est préoccupant pour les États-Unis, c'est que les entreprises chinoises connaissent une augmentation considérable des ventes de puces à l'échelle mondiale. Cette croissance est due en grande partie aux efforts déployés par l'ensemble du pays pour promouvoir le secteur des puces chinoises, notamment par le biais de subventions gouvernementales, de préférences en matière d'approvisionnement et d'autres

politiques préférentielles (SIA, 2022). Par exemple, en 2015, la Chine ne représentait que 3,8% de la vente mondiale de puces, alors qu'en 2020, la Chine enregistrait une croissance annuelle exceptionnelle de 30,6% atteignant 9% des ventes mondiales, dépassant ainsi Taïwan et se rapprochant du Japon et de l'Union européenne (UE) qui représentaient chacun 10% du marché. Si cette croissance se poursuit, la Chine pourrait générer 116 milliards \$US de revenus en 2024 et représenter 17,4% du marché mondial, se classant juste derrière les États-Unis et la Corée du Sud (SIA, 2022).

L'importance des semi-conducteurs pour l'économie chinoise est fondamentale, en particulier pour sa production industrielle. Ils sont la clé de voute de la chaîne d'approvisionnement des produits chinois les plus exportés, tels que les téléphones portables (dont 90% de la production mondiale est située en Chine), les ordinateurs personnels (65%) et les télévisions intelligentes (65%). S'il est estimé que la demande mondiale pour des semi-conducteurs était de 440 milliards \$US en 2020 (Alsop, 2023), la même année, la Chine a importé pour 350 milliards \$US de semi-conducteurs (Slotta, 2022). Les importations de semi-conducteurs sont également à l'origine du plus important déficit commercial catégoriel du pays, soit de 233 milliards \$US (Sheng, 2021). Lorsque la production locale de semi-conducteurs de 24 milliards (Jorgensen, 2022) est incluse, la demande totale de la Chine pour des semi-conducteurs en 2020 était de 257 milliards \$US ou 58,4% de la production globale de semi-conducteurs faisant de la Chine le marché de consommation le plus important du monde depuis 2005 (Grimes & Du, 2020, p.6). L'écart entre la production et la consommation de la Chine, reflète un niveau élevé d'interdépendance entre les entreprises chinoises et non chinoises sur le marché chinois des semi-conducteurs. Cela, jumelé à des préoccupations grandissantes quant au rôle des semi-conducteurs dans la sécurité nationale, sont les facteurs principaux derrière la récente détermination de la Chine à accroître son indépendance dans la production de semi-conducteurs, même si certaines de ces productions sont effectuées par des entreprises étrangères situées en Chine (Grimes & Du, 2020, p.6).

1.3.1 Vulnérabilités de l'industrie chinoise

Bien que la Chine accroisse davantage son rôle dans la chaîne de valeur globale des semi-conducteurs, elle perd de plus en plus de terrain en matière technologique. En effet, les importations

chinoises de semi-conducteurs ont rapidement augmenté alors que l'industrie des puces ne se développe pas de manière favorable. Les entreprises les plus dominantes, telles que Taïwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) et Samsung sont très difficiles à détrôner. Les dirigeants chinois sont conscients que la demande de puces est en forte croissance en raison de l'essor de l'informatique nuagique, de l'Internet des objets (IoT) et du Big data, mais le défi de la Chine ne se limite pas à la production de puces. La Chine est également extrêmement dépendante des technologies étrangères pour presque toutes les étapes de production des semi-conducteurs, qui sont presque toutes contrôlées par ses concurrents géopolitiques, tels que Taïwan, le Japon, la Corée du Sud et les États-Unis. Le marché de logiciels utilisés pour concevoir les puces est dominé par des entreprises américaines, les entreprises chinoises ayant une part de marché très faible, soit moins de 1%. La Chine ne possède que 2% de la propriété intellectuelle de base pour la conception de puces, la majeure partie étant américaine ou britannique. Elle ne fournit que 4% des matériaux de fabrication de puces, 1 % des SME, et 5% du marché de conception de puces dans le monde. Sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs, en cumulant l'impact de la conception des puces, de la propriété intellectuelle, des SME et d'autres étapes, les entreprises chinoises détiennent une part de marché de 6 %, contre 39 % pour les États-Unis, 16 % pour la Corée du Sud et 12 % pour Taïwan. La Chine est particulièrement dépendante des activités de conception américaines, des machines européennes et asiatiques et de la fabrication coréenne et taïwanaise pour les puces logiques, mémoires et analogiques avancées.

La dépendance envers les semi-conducteurs importés rend les entreprises chinoises vulnérables à toute tension géopolitique comme ce fut le cas avec Huawei et Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) (Miller, 2023). En effet, les États-Unis ont historiquement contrôlé de nombreuses exportations de technologies de semi-conducteurs vers la Chine, compte tenu de leur importance stratégique. L'essor de la Chine et ses efforts pour développer la production nationale de semi-conducteurs ont incité les États-Unis à renforcer davantage ses contrôles à l'exportation. En mai 2019, le BIS de l'administration Trump a ajouté Huawei, une société de télécommunications chinoise et l'un des leaders mondiaux en matière de technologie mobile 5G à la *Entity List*, ce qui lui a interdit toute exportation à partir des États-Unis de toute sorte d'articles d'origine américaine et d'articles sensibles fabriqués à l'étranger avec des technologies américaines. Une entreprise qui est placée sur la *Entity List* perd tout accès à des produits et services américains. En août 2020, l'administration Trump a élargi ses restrictions sur Huawei pour inclure

tout article fabriqué à l'étranger avec tout type de semi-conducteur, de technologie électronique, informatique ou de télécommunication de toute sensibilité, d'origine américaine ou si l'article produit à l'étranger a été fabriqué dans une installation utilisant des SME américains. La présence importante de Huawei avait suscité des inquiétudes quant à des risques d'espionnage et de violation de la propriété intellectuelle aux États-Unis et dans d'autres pays. Par conséquent, les États-Unis et ses alliés ont mis en place des restrictions radicales à l'égard de Huawei dans le cadre d'une plus grande répression des entreprises technologiques chinoises. En décembre 2020, les États-Unis ont appliqué des restrictions visant SMIC, le plus grand fabricant chinois de semi-conducteurs. À l'instar de la deuxième mesure prise à l'encontre de Huawei, ces nouveaux contrôles empêchent SMIC d'acheter des SME américains pour fabriquer des puces (Brown, 2022). Ces contrôles à l'exportation ont été appliqués dans le but d'empêcher la Chine d'accéder à certaines puces haut de gamme et de limiter davantage la capacité du pays à tenter de fabriquer lui-même des puces avancées. (Khan, 2020). Il n'est donc pas surprenant que le président Xi Jinping soit préoccupé par cette situation. Le niveau technologique moins élevé de la Chine est la raison pour laquelle elle dépend des entreprises étrangères pour ses puces. Les entreprises chinoises sont à la traîne derrière leurs concurrents en Asie et aux États-Unis, qui sont à la pointe de la technologie des semi-conducteurs (Chiang, 2022).

La nouvelle série de restrictions imposées en octobre 2022 sur l'industrie chinoise des semi-conducteurs freine davantage la vente de puces de pointe à la Chine, privant celle-ci de la puissance de calcul dont elle a besoin pour former l'IA à grande échelle. De ce fait, la Chine considère la sécurité de la chaîne d'approvisionnement comme une priorité absolue. Le rapport du XXe Congrès du PCC publié quelques jours après l'annonce des dernières mesures de contrôle des exportations de semi-conducteurs par les États-Unis a identifié le conflit commercial actuel avec les États-Unis comme le « principal champ de bataille économique » et s'est engagé à « réaliser l'autosuffisance et l'indépendance en matière de technologies de haut niveau ». Pour atteindre cet objectif, l'État mobilisera et concentrera toutes ses forces pour « s'attaquer aux points d'étranglement technologiques » et « gagner la guerre de la conquête des technologies de base ». Ainsi, le PCC renforcera son rôle de leader dans les affaires scientifiques et technologiques, construira un nouveau « système national » pour la recherche scientifique et renforcera la « force technologique stratégique nationale » (Li, 2023). La dépendance de la Chine à l'égard de la technologie américaine est ce qui constitue un frein à ses aspirations géopolitiques en tant que puissance

mondiale émergente. Pour remédier à cette situation, le PCC a lancé depuis quelques années, une série d'initiatives politiques pour renforcer son industrie de semi-conducteurs en développant, promouvant et protégeant sa propre technologie. Il est possible que ces investissements augmentent dans les années à venir en raison des récents contrôles d'exportation imposés à l'industrie chinoise des semi-conducteurs.

1.3.2 La Chine investit massivement dans son industrie nationale

La politique américaine protectionniste à l'égard de l'industrie des semi-conducteurs est devenue l'un des nombreux champs de bataille du conflit entre les États-Unis et la Chine. Dans ce domaine, la Chine estime qu'elle doit prendre des mesures décisives pour assurer la survie de ses entreprises locales. En conséquence, le gouvernement chinois, ainsi que les entreprises de technologie chinoises doublent leurs dépenses en R&D pour renforcer leurs capacités technologiques. Notamment, en 2020, Huawei est devenu le leader mondial des demandes de brevets auprès de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle en déposant 5 464 demandes de brevets, soit près du double de Samsung qui a été le deuxième plus gros demandeur (Demarais, 2022, p.188). Le PCC investit lui-même massivement dans son industrie de semi-conducteurs. La Chine est actuellement confrontée à un défi majeur en raison de sa forte dépendance aux technologies américaines et étrangères. La domination technologique est un facteur clé qui détermine la puissance et l'influence de la Chine sur la scène internationale. C'est pourquoi la Chine met actuellement en place une politique industrielle ambitieuse visant à développer, promouvoir et protéger sa propre industrie des semi-conducteurs (Capri, 2020, p.30). L'orientation de la Chine est claire : à long terme, les dirigeants du PCC feront tout ce qui est en leur pouvoir pour s'assurer qu'ils n'auront pas à compter sur le savoir-faire américain pour concevoir et fabriquer des semi-conducteurs.

1.3.2.1 “National IC Plan”

En juin 2014, le PCC a publié les lignes directrices pour promouvoir l'industrie nationale de semi-conducteurs, soit “The Guidelines to Promote a National Integrated Circuit Industry” (National IC Plan) aussi appelé “Big Fund”. Cette initiative marque l'engagement renouvelé du gouvernement

à accélérer le développement de son industrie nationale des semi-conducteurs. Les lignes directrices considèrent les semi-conducteurs comme essentiels pour la croissance économique, la sécurité nationale et le bien-être social. Bien que la Chine ait progressé, le gouvernement reconnaît que le pays a encore un écart considérable avec les leaders mondiaux en matière de capacité de production et de sécurité des données. L'objectif à court et à long terme est de devenir compétitif au niveau mondial dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement pour l'industrie des semi-conducteurs d'ici 2030 (China State Council, 2014). L'objectif était d'investir 150 milliards \$US provenant à la fois du gouvernement central et des gouvernements provinciaux et municipaux (Capri, 2020, p.31). Lors de la première phase du Fonds, de 2014 à 2019, il est estimé que 72,7 milliards \$US ont été investis. La majorité du Fonds a été consacrée à l'augmentation de la capacité et du potentiel de conception de l'industrie chinoise des semi-conducteurs. Le but était d'accroître la capacité des fonderies de circuits logiques et mémoires, développer les entreprises de conception chinoises et consolider la forte industrie de l'emballage du pays. La deuxième phase du Big Fund a commencé en 2019 et devrait se terminer en 2024. Il est estimé que cette deuxième phase pourrait générer jusqu'à 87,2 milliards \$US. La deuxième phase du Fonds se concentre sur des investissements importants dans un nombre réduit d'entreprises dans le domaine du design et des matériaux. Il est estimé que de 2014 à 2024, le Big Fund aura récolté plus de 160 milliards \$US à investir dans l'industrie chinoise de semi-conducteurs (Randall, 2022).

Néanmoins, le fait que le Big Fund ait été motivé par une mission politique et non par des intérêts financiers l'a rendu propice à la corruption. Le 30 juillet 2022, la principale institution de lutte contre la corruption en Chine a annoncé que le directeur général du Big Fund, Ding Wenwu, avait été arrêté pour « suspicion de graves violations de la loi ». D'autres personnes liées à la gestion du Fonds ont également été placées en détention par la suite. Un problème majeur était le manque de précision de la Chine quant aux choix d'investissement dans les semi-conducteurs. Bien que la Chine ait compris l'importance de ce secteur, elle ne savait pas exactement dans quelles entreprises ou sous-secteur investir en priorité. La prochaine étape consiste à investir de manière plus ciblée dans des entreprises spécifiques. Ultimement, ces enquêtes pourraient avoir un effet bénéfique sur l'industrie chinoise des semi-conducteurs, car elles mettent en lumière les limites du financement politique et pourraient encourager le Big Fund à être géré de manière plus axée sur le marché (Yang, 2022). Même si le Big Fund a été victime de corruption, cela ne remet pas en cause les

efforts de celui-ci et de l'ensemble du secteur. Il s'agit de créer des bases plus saines pour permettre de renforcer la crédibilité de l'industrie et de stimuler sa croissance future.

1.3.2.2 “Made in China 2025”

Une autre politique nationale pour développer davantage l'industrie chinoise des semi-conducteurs est le programme “Made in China 2025” ou MIC2025, annoncé en 2015, soit un an après le National IC Plan. Le MIC2025 a fixé des objectifs pour développer et faire progresser la fabrication nationale d'une grande variété d'industries, dont celle des semi-conducteurs, et réduire la dépendance de la Chine aux technologies étrangères. Selon certaines estimations, l'engagement financier du PCC pour le MIC2025 s'élève à 300 milliards \$US sur une période de dix ans (Capri, 2020, p.30). Ce plan vise à moderniser la capacité industrielle de la Chine dans dix secteurs particuliers et à garantir la position de la Chine en tant que puissance mondiale dans les industries de haute technologie telles que la robotique, l'aviation et les véhicules à énergies renouvelables (Institute for Security & Development Policy, 2018, p.1). Tous ces secteurs dépendent des semi-conducteurs avancés. C'est pour cette raison qu'ils ont été désignés comme la principale priorité des dix industries ciblées par le MIC2025.

Le MIC2025 prévoit une progression en trois étapes pour la Chine : de 2015 à 2025, la Chine passera d'une « grande » puissance manufacturière à une puissance « forte » dans le secteur. Cette phase vise à augmenter la productivité, à réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, et à développer des entreprises et des secteurs compétitifs à l'échelle mondiale grâce à des technologies clés. En 2035, la Chine sera considérée comme une puissance manufacturière de niveau intermédiaire parmi les puissances « fortes ». Finalement, d'ici 2049, date du 100^e anniversaire du pays, la Chine deviendra une puissance manufacturière de premier plan au niveau mondial (PRC State Council, 2015). En 2020, la part de semi-conducteurs produits et consommés en Chine était de 16%, soit une augmentation de 6% en cinq ans (Schneider, 2021). Étant encore très loin de l'objectif d'autosuffisance de 70% d'ici 2025, il n'est pas difficile de comprendre pourquoi la Chine a subventionné massivement les entreprises de semi-conducteurs pour qu'elles construisent des usines par le biais de diverses mesures incitatives (McBride & Chatzky, 2019).

Même si l'industrie chinoise des semi-conducteurs est inférieure en termes de production et de technologie par rapport aux entreprises étrangères, deux effets poussent la Chine à soutenir un grand nombre d'entreprises de semi-conducteurs. Premièrement, un grand nombre d'entreprises chinoises pourraient capturer une partie du marché et réduire l'espace disponible pour les fabricants de puces de moindre importance. La Chine construira 31 nouvelles usines de puces d'ici la fin de 2024, surpassant ainsi les 19 qui devraient être construites à Taïwan et les 12 attendues aux États-Unis. La surabondance de stocks dans certains secteurs de l'industrie électronique et la prévision d'un excédent de production de puces après 2023 rendent la concurrence sur les prix inévitable. Les fonderies utilisant des processus matures ne peuvent pas rivaliser avec les usines de semi-conducteurs chinoises bénéficiant de larges subventions gouvernementales. Certaines fonderies de moindre importance pourraient être contraintes de quitter le marché, ce qui permettra aux fonderies chinoises de prendre le contrôle du marché des processus matures. Cependant, cela ne devrait pas affecter les fabricants de puces de pointe comme TSMC, Intel et Samsung qui utilisent des processus avancés. Deuxièmement, si une ou deux entreprises chinoises se démarquent parmi les nombreuses fonderies soutenues par les politiques, il est possible qu'un « champion national » émerge pour concurrencer les marchés de processus avancés (Wang, 2022).

Ces dernières décennies, le PCC a mis en place des mesures visant à éloigner l'économie chinoise des secteurs d'extraction de ressources et de l'industrie manufacturière à faible valeur ajoutée et à bas salaire, pour se tourner vers une économie de haute technologie et de haute productivité. Le plan MIC2025 vise à aider la Chine à réaliser cette transition difficile. Les décideurs politiques et les responsables de la sécurité aux États-Unis considèrent de plus en plus la montée en puissance de la Chine dans les technologies de pointe comme une question de sécurité nationale (McBride & Chatzky, 2019).

1.3.3 Concentration du marché des semi-conducteurs au profit de la Chine et aux dépens des États-Unis

Étant donné que les coûts de développement des processus et les coûts d'investissement en capital n'ont fait que monter en flèche à mesure que les modèles de circuits intégrés se réduisaient, les entreprises de semi-conducteurs ont commencé à quitter la concurrence les unes après les autres.

Cela conduit à une interconnexion encore plus serrée de la chaîne de production et concentre le marché entre les mains de quelques joueurs importants, augmentant ainsi la dépendance des États-Unis envers les fabricants étrangers (Shivakumar & Wessner, 2022). Les États-Unis ont une position forte sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Ils demeurent le leader mondial incontesté de la conception de semi-conducteurs, contrôlant environ 85 % du marché mondial des outils d'automatisation de la conception électronique (EDA), qui sont nécessaires à la conception des puces les plus avancées. Dans chaque application de pointe pour la conception de puces, y compris le réseau 5G, les communications Internet, les voitures ou l'IA, les entreprises américaines sont à l'avant-garde et repoussent les limites (Ferry & Layton, 2021, p.4). Cependant, les États-Unis ont très peu de capacités sur place pour les opérations OSAT des dispositifs à semi-conducteurs. Ils contrôlent moins de 5 % de ces fonctions essentielles, la plupart des opérations OSAT étant réalisées à Taïwan, en Chine et à Singapour (Shivakumar & Wessner, 2022). De plus, lorsqu'il s'agit de la fabrication de puces, les États-Unis sont de plus en plus derrière, d'une part, en raison du sous-investissement national et d'autre part, par la concurrence étrangère croissante (Allison et al., 2021). En effet, leur part dans la fabrication des semi-conducteurs a chuté de 37% en 1990 à seulement 13% en 2022. Le Boston Consulting Group prédisait que ce chiffre descendrait à 10% d'ici 2030. En revanche, pour la même période, la part de la Chine atteindrait 24% (Ferry & Layton, 2021, p.4). Même si 18 États américains possèdent des usines de fabrication de semi-conducteurs, la plupart sont plus anciennes et leurs propriétaires n'ont pas toujours investi pour les maintenir à la pointe du progrès ou pour augmenter la production afin de répondre à la demande (Ferry & Layton, 2021, p.4). De 1990 à 2020, la Chine a établi 32 méga-usines, qui produisent plus de 100 000 plaquettes de semi-conducteurs par mois, comparativement à seulement 24 dans le reste du monde. Pendant ce temps, aucune de ces usines n'a été construite aux États-Unis (Allison & Schmidt, 2022). Les États-Unis continuent de perdre des parts du marché mondial de la fabrication de semi-conducteurs à mesure que la demande de semi-conducteurs augmente, ce qui pourrait avoir des répercussions importantes sur l'industrie américaine de semi-conducteurs (Ferry & Layton, 2021, p.4).

Aujourd'hui, plus de 75% de la capacité de production est concentrée en Asie de l'Est (Valerio, 2023). En 2020, la société taïwanaise TSMC représentait à elle seule 54% des revenus mondiaux des fonderies (Arcuri & Lu, 2022) et fabriquait 92% des puces les plus avancées dans le monde (Saillofest, 2022). À titre comparatif, la plus grande entreprise de fabrication basée aux États-Unis,

GlobalFoundries, ne représentait que 7% des revenus mondiaux des fonderies (Arcuri & Lu, 2022). De plus, la Chine imprime déjà plus de la moitié des circuits imprimés du monde, qui sont requis pour installer les semi-conducteurs dans les appareils. Elle détient également le contrôle sur des matières premières clés qui causent des points d'étranglement dans les chaînes d'approvisionnement : elle produit 70% du silicium, 80% du tungstène et 97% du gallium mondial, chacun de ces éléments étant indispensables à la production de semi-conducteurs (Allison & Schmidt, 2022). La désagrégation et la délocalisation de parties vitales de la fabrication de semi-conducteurs aux États-Unis augmentent les dangers associés à la sécurité nationale. Ces dangers incluent la menace de vol de la propriété intellectuelle, la possibilité de dispositifs contrefaits, et la perturbation de la chaîne d'approvisionnement complexe et étendue de puces, qui peut être causée par des désastres naturels ou des tensions géopolitiques (Shivakumar & Wessner, 2022).

La concentration géographique est encore plus élevée pour les puces avancées puisqu'en date d'avril 2023, 100% des capacités mondiales de production de puces les plus avancées de 5 nm et 3 nm étaient actuellement en Asie de l'Est (Valerio, 2023). Les entreprises américaines ne peuvent plus produire des puces de haute technologie, car les coûts de production d'une usine de semi-conducteurs en Asie de l'Est sont deux fois moins élevés qu'aux États-Unis (Allison & Schmidt, 2022). Même en adoptant les politiques les plus idéales, il est peu probable que les entreprises américaines puissent surpasser le leadership de TSMC dans la production de puces avancées. Cependant, la capacité de fabriquer des puces avancées est essentielle pour les États-Unis. En effet, la fabrication représente 45% de la valeur ajoutée et environ 20 à 25% de l'investissement total en R&D de l'industrie mondiale des semi-conducteurs. La fabrication est le moteur de la croissance constante de l'industrie, et au cours des cinquante dernières années, l'amélioration continue de la fabrication des semi-conducteurs grâce à la loi de Moore a conduit à une amélioration remarquable des performances et de la rentabilité des semi-conducteurs. En raison de la position dominante de l'industrie américaine des semi-conducteurs dans les domaines de la conception et des SME, le renforcement de sa capacité de fabrication pourrait lui permettre de s'imposer dans les domaines de l'innovation qui façonneront les nouveaux paradigmes technologiques de l'avenir (Varas et al., 2020). Les installations de fabrication de puces avancées sont donc des points d'étranglement critiques de la chaîne d'approvisionnement des États-Unis qui dépendent davantage de l'Asie pour la fabrication de leurs puces. Cela menace la sécurité nationale du pays considérant que ces points d'étranglement pourraient être perturbés par des fermetures d'usines ou des conflits géopolitiques

et entraîner de graves interruptions de l'approvisionnement de puces. Les semi-conducteurs étant d'une importance capitale pour toutes les industries, une telle concentration géographique extrême de la fabrication de semi-conducteurs avancés est un casse-tête majeur pour les États-Unis (Ernst, 2021, p.9).

Ce qui est préoccupant pour les États-Unis c'est que les entreprises américaines contribuent au progrès de la Chine dans les semi-conducteurs. La croissance des ventes vers la Chine a permis à des entreprises de SME telles que Lam Research, KLA et Applied Materials d'enregistrer des revenus et des bénéfices records. En effet, la Chine est devenue le pays vers lequel ces entreprises exportent le plus. C'est la même chose pour les fournisseurs d'outils EDA qui sont principalement d'origine américaine et dont les ventes vers la Chine ont augmenté. Les entreprises de SME, ainsi que les entreprises de semi-conducteurs américaines elles-mêmes, ont cherché activement des moyens de contourner les contrôles à l'exportation des États-Unis. La croissance continue des ventes et des bénéfices des fabricants de SME américains en Chine souligne l'importance des États-Unis dans la contribution au progrès technologique de la Chine dans le domaine des semi-conducteurs. Les entreprises ne se soucient pas de savoir où leurs produits sont vendus, du moment qu'elles font des profits (Ferry & Layton, 2021, p.8). Ainsi, les États-Unis doivent adresser leurs faiblesses dans la fabrication des semi-conducteurs pour maintenir leur leadership dans les semi-conducteurs en investissant davantage dans les entreprises américaines de fabrication de puces.

1.4 Utilisation des semi-conducteurs dans l'armée

Un des enjeux les plus cruciaux des semi-conducteurs pour la sécurité nationale des États-Unis est leur utilisation dans l'armée. L'innovation rapide dans l'industrie des semi-conducteurs propulse les progrès dans les industries qui dépendent de ces puces, mais les semi-conducteurs permettent aussi de construire des systèmes militaires plus intelligents (Arcuri & Shivakumar, 2022). La vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs est problématique pour la sécurité nationale des États-Unis. Si un adversaire potentiel dépasse les États-Unis à long terme ou coupe subitement leur accès aux puces de pointe, il pourrait prendre le dessus dans tous les domaines de la guerre (Shivakumar & Wessner, 2022).

La Chine a émergé en tant que rival stratégique majeur pour les États-Unis en investissant massivement dans le développement de sa puissance militaire et de son secteur industriel de défense, et visant à surpasser les États-Unis et leurs alliés dans le domaine de la technologie des semi-conducteurs. En plus des investissements massifs destinés à l'industrie des semi-conducteurs, le PCC a alloué des fonds spéciaux pour la technologie afin de promouvoir ce que celui-ci appelle la « fusion militaire-civile ». La stratégie de fusion militaire-civile vise en partie à construire une armée moderne et efficace en impliquant le secteur privé dans la R&D, la fabrication et la logistique, et à faire bénéficier l'économie au sens large de la commercialisation de la technologie militaire (Capri, 2020, p.41). La fusion militaire-civile est conçue pour garantir que la meilleure technologie d'IA commerciale chinoise reste accessible à l'armée, tout en créant des liens étroits entre l'industrie commerciale chinoise et l'armée. Le PCC restructure ainsi son secteur scientifique et technologique afin de s'assurer que les nouvelles avancées technologiques stimulent à la fois le développement économique et militaire. Grâce à cette fusion militaire-civile, les sanctions et les contrôles à l'exportation américains ne peuvent pas cibler de manière efficace l'armée chinoise sans affecter également l'industrie commerciale chinoise, ce qui est une démarche que les États-Unis ont été moins disposés à entreprendre jusqu'à maintenant, mais qui semble être désormais nécessaire (Allen, 2022a). La technologie joue un rôle crucial dans le rattrapage militaire de la Chine. De nombreux analystes américains s'inquiètent de l'intégration par l'APL de technologies numériques émergentes telles que l'IA et l'informatique quantique. La Chine est convaincue que l'IA, en particulier, facilitera la « guerre intelligente », une forme de combat plus rapide, plus précise et plus répartie, visant à paralyser les forces et les décideurs ennemis (Bateman, 2022). Selon l'Institut national japonais d'études de défense, l'IA peut aider les commandants à prendre des décisions rapides et précises en traitant de grandes quantités de données, car « l'IA ne se fatigue pas, ne manque pas d'information et n'a pas de fluctuations émotionnelles » (Shivakumar & Wessner, 2022). Le sénateur américain Mike Rounds pense qu'une défense contre des adversaires dotés d'IA opérant à la vitesse d'une machine est essentielle dans les guerres futures, car les opérateurs humains ne peuvent pas rivaliser avec plusieurs machines prenant des milliers de décisions par seconde. Dans ce domaine, les États-Unis ont un avantage qualitatif qui pourrait compenser la taille considérable de l'APL. Les semi-conducteurs permettent l'innovation dans le domaine militaire, et de façon à s'assurer que la Chine ne soit pas dominante dans ce secteur, les États-Unis doivent assurer leur leadership dans l'industrie des semi-conducteurs pour être en

mesure de décourager les guerres entre grandes puissances. Les forces armées américaines doivent notamment adopter l'IA dans l'ensemble de leurs missions pour maintenir leur avantage technique sur tous les adversaires potentiels, sinon ils pourraient perdre leur avantage technique dans la prochaine décennie, et une attaque chinoise massive pilotée par l'IA pourrait submerger les défenses américaines (Shivakumar & Wessner, 2022).

En outre, bien qu'il soit peu probable que la Chine parvienne à une complète autonomie en matière de semi-conducteurs, l'autonomie militaire, c'est-à-dire la substitution des puces étrangères pour les applications militaires par des puces chinoises, est une tâche bien plus réalisable et plus cruciale sur le plan stratégique. Si la Chine atteint cette autonomie, elle pourra utiliser son armée pour faire progresser ses intérêts diplomatiques sans craindre de perturbations dans son approvisionnement en puces. Il y a plusieurs facteurs qui font du marché des semi-conducteurs pour les applications militaires une cible plus facile pour l'autonomie. D'une part, les dépenses de l'APL pour les semi-conducteurs ne représentent que 2% des dépenses totales des forces armées et devraient culminer à 853 millions \$US (Waldie, 2022), une somme très faible par rapport aux 350 milliards \$US en valeur de semi-conducteurs importés chaque année par la Chine (Slotta, 2022). Cela signifie que l'autosuffisance pour les applications militaires peut être atteinte avec une capacité de production bien moindre. Les usines de production en Chine ne possèdent pas la capacité nécessaire pour atteindre une production complète sur le marché intérieur, mais pourraient atteindre les niveaux de production nécessaires pour l'autosuffisance militaire (Waldie, 2022). D'autre part, le fait que de nombreux systèmes d'armement modernes nécessitent un développement à long terme et ont une durée de vie prolongée rend la production de puces pour les applications militaires plus abordable. De plus, certaines des puces utilisées dans ces applications peuvent être considérées comme obsolètes par rapport aux développements les plus récents. La Chine peut produire des puces pour des équipements militaires tels que des lunettes de vision nocturne et pour des véhicules, car ils utilisent des technologies plus anciennes qui peuvent être produites par les fonderies chinoises. Bien que la Chine ne puisse pas surpasser les États-Unis en termes de conception de puces de pointe, elle peut réduire sa dépendance sur les importations en produisant les anciennes générations de puces utilisées dans les applications militaires existantes (Waldie, 2022). Toutefois, même si la Chine parvient à atteindre l'autosuffisance en semi-conducteurs pour ses applications militaires à court terme, ses ambitions de rivaliser avec l'armée américaine en tant que puissance militaire équivalente pourraient être freinées si elle n'a pas accès à des puces avancées pour ses technologies

militaires à long terme. Cela pourrait entraver considérablement sa quête pour atteindre la suprématie militaire.

Par ailleurs, la montée en puissance des capacités militaires de la Chine et sa détermination à mettre fin à la domination américaine dans la région Asie-Pacifique perturbent les États-Unis. L'équilibre des pouvoirs est menacé par la rapidité des progrès chinois. Au fil des années, la Chine a consacré beaucoup de ressources au développement et à l'acquisition d'armements de haute technologie. En renonçant aux principes de l'ère Mao qui privilégiaient la guerre de basse technologie, les dirigeants politiques et militaires ont adopté l'idée que les conflits futurs seraient basés sur des capteurs, des systèmes de communication et des capacités de traitement des données (Miller, 2023). Aujourd'hui, la Chine cherche à combiner ses avantages quantitatifs avec des améliorations qualitatives dans les domaines de l'informatique et de la détection, afin de rivaliser avec les États-Unis sur tous les fronts, y compris en matière de technologie. Par conséquent, le sort de l'industrie chinoise des semi-conducteurs dépasse largement les enjeux économiques et de développement, car le pays capable de produire des semi-conducteurs plus avancés aura également un avantage militaire notable (Miller, 2023). De ce fait, la Chine est en train de construire l'infrastructure informatique nécessaire pour construire une armée entièrement moderne d'ici 2035 (Brown, 2022) en investissant dans des domaines clés tels que l'IA, l'informatique quantique, l'hypersonique et la microélectronique (Shivakumar & Wessner, 2022).

Construire une armée de classe mondiale implique une armée comparable à l'armée américaine. Lors du XXe Congrès national du PCC à la fin octobre 2022, Xi Jinping a affirmé que la Chine cherchait à moderniser son armée en la rendant plus mécanisée, informatisée et intelligente. Actuellement, l'APL est en retard par rapport à l'armée américaine sur le plan de la mécanisation et de l'informatisation, mais si elle parvient à améliorer son niveau d'IA, même dans une partie de l'armée, elle pourrait rattraper l'armée américaine (Takagi, 2022). L'IA est cruciale pour renforcer la puissance militaire de la Chine et 95% des puces avancées utilisées en Chine sont conçues par des entreprises américaines de semi-conducteurs. Dans cette optique, les efforts américains pour restreindre l'accès de la Chine à des semi-conducteurs avancés représentent une tentative importante pour entraver le développement militaire de la Chine et pour l'empêcher de construire des capacités militaires qui rivaliseraient avec celles des États-Unis. Si le développement technologique de la Chine en prend un coup, la construction d'une armée de classe mondiale

pourrait échouer. Ainsi, la guerre technologique qui se profile est un moyen pour les États-Unis de limiter le progrès de la Chine dans les technologies clés qui sont critiques pour le développement militaire, l'expansion économique ou qui permettent l'utilisation de l'IA à des fins malveillantes telles que la surveillance et le contrôle (Kasu, 2022). Les États-Unis doivent restreindre les activités qui contribuent à la croissance de l'industrie chinoise des semi-conducteurs, notamment en appliquant les règles existantes qui restreignent les ventes de SME aux utilisations finales et utilisateurs finaux militaires. Une coordination plus étroite avec les pays alliés de l'industrie des semi-conducteurs est essentielle pour que les États-Unis maintiennent leur avantage dans l'industrie des semi-conducteurs et pour renforcer la sécurité nationale américaine (Ferry & Layton, 2021, p.10).

2. Analyse critique de l'efficacité des récents contrôles américains sur l'exportation des technologies de semi-conducteurs vers la Chine pour protéger la sécurité nationale des États-Unis

En raison de l'interdépendance des acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs, les États-Unis sont vulnérables à des perturbations potentielles qui pourraient avoir un impact sur leur sécurité nationale. De plus, étant donné l'importance de l'industrie des semi-conducteurs pour l'économie américaine, il est crucial que les États-Unis maintiennent un accès national continu à la fabrication de semi-conducteurs afin de garantir leur sécurité nationale. Cependant, la montée en puissance de la Chine dans ce domaine et l'utilisation des semi-conducteurs dans l'armée américaine représentent une menace pour la sécurité nationale des États-Unis. Pour préserver ses intérêts en matière de sécurité nationale, les États-Unis doivent maintenir leur leadership dans l'industrie des semi-conducteurs et contrer les progrès de la Chine dans ce secteur.

La politique américaine des 25 dernières années consistait à maintenir leurs adversaires une ou deux générations derrière les États-Unis sur le plan technologique. Aujourd'hui, la politique appliquée par l'administration Biden va au-delà de cela et cherche désormais à dégrader activement les capacités militaires de la Chine, ce qui implique, en pratique, une étendue des contrôles précédemment mis en place. D'ailleurs, Jake Sullivan, le conseiller à la sécurité nationale du président Biden a exprimé dans un discours significatif prononcé le 16 septembre 2022, la vision de l'administration Biden en matière de souveraineté et de compétition technologique. Lors de ce discours, Jake Sullivan a relevé que dans le passé le gouvernement américain avait « maintenu une approche progressive selon laquelle [il devait] rester en avance de quelques générations seulement » dans la technologie de fabrication des puces et que cette approche devait être abandonnée et remplacée afin de « conserver une avance aussi grande que possible ». Le raisonnement est donc de « dégrader » les « capacités [de l'adversaire] sur le champ de bataille » (Miller, 2023). La politique passée des États-Unis a été couronnée de succès, car elle a permis aux entreprises américaines de haute technologie de stimuler leurs ventes et leurs bénéfices, qu'elles ont réinvestis dans la R&D de nouveaux produits, tout en maintenant la Chine à distance. En ne coupant pas complètement les exportations de haute technologie vers la Chine, les États-Unis n'ont pas encouragé la Chine à développer sa propre technologie. Cependant, aujourd'hui, cette politique

a atteint ses limites. Xi Jinping a choisi une voie de développement indépendante de la technologie et des produits chinois. La détérioration des relations bilatérales entre les États-Unis et la Chine et l'augmentation des sanctions américaines ont accéléré cet effort. Par conséquent, une politique consistant à simplement tenir la Chine à l'écart pourrait ne plus être suffisante (Reinsch, 2022). C'est dans cette optique que les restrictions à l'exportation du 7 octobre 2022 ont été annoncées. Alors que certains y voient un retour à des logiques de guerre froide, la décision de l'administration Biden est symbolique de la centralité des semi-conducteurs dans la guerre technologique globale.

2.1 Les objectifs

La place centrale des puces dans le développement économique, leur potentiel d'utilisation militaire, la concentration du marché entre les mains de quelques acteurs et leur vulnérabilité aux interruptions de la chaîne d'approvisionnement font des semi-conducteurs une ressource, comme le pétrole et le gaz, d'une immense importance stratégique. Pour ces raisons, le 7 octobre 2022, le BIS du DOC des États-Unis a annoncé des révisions importantes de ses contrôles à l'exportation, qui visent à restreindre la capacité de la Chine à obtenir certains dispositifs à semi-conducteurs haut de gamme ayant des applications militaires potentielles, à développer et à entretenir des superordinateurs, à fabriquer des dispositifs à semi-conducteurs avancés (Shivakumar et al., 2022, p. 1). La priorité du marché des semi-conducteurs pour l'administration Biden se manifeste aussi par l'adoption récente du *CHIPS and Science Act* qui vise à stimuler les investissements dans les capacités nationales de fabrication de semi-conducteurs. Les États-Unis redoublent d'efforts pour maintenir leur place de leader mondial dans la production de puces et protéger leur sécurité nationale. Les nouvelles règles de contrôle à l'exportation introduisent deux restrictions importantes et sans précédent. La première restriction vise à bloquer l'accès de la Chine à de nombreux composants essentiels utilisés dans la fabrication de semi-conducteurs, tandis que la seconde empêche les citoyens et résidents américains de travailler avec les entreprises chinoises du secteur des semi-conducteurs. Chacune de ces mesures aura un impact unique et probablement significatif sur la capacité de la Chine à développer sa propre chaîne d'approvisionnement en semi-conducteurs (Sheehan, 2022).

Selon Jake Sullivan, ces nouveaux contrôles à l'exportation font partie de la stratégie globale des États-Unis pour faire face à la Chine, en gardant une avance technologique aussi grande que possible sur ce pays dans des domaines clés tels que les puces logiques et mémoires avancées (Egan, 2022). De cette manière, les États-Unis cherchent à affaiblir profondément les capacités de fabrication de semi-conducteurs de la Chine, afin d'empêcher toute tentative de la Chine de rattraper son retard, même si elle dispose des ressources et de la motivation nécessaires pour le faire. Ensemble, ces restrictions constituent la mesure la plus importante prise par le gouvernement américain à ce jour pour réduire les capacités technologiques de la Chine (Sheehan, 2022). Les nouveaux contrôles à l'exportation s'appliquent tant aux technologies militaires que commerciales, à l'IA et aux produits de pointe. Cela représente un changement majeur par rapport à la situation au statu quo, où les États-Unis interdisaient les ventes militaires, mais autorisaient les ventes commerciales de semi-conducteurs à la Chine (Packard, 2022). L'action du BIS est une reconnaissance tacite des progrès technologiques rapides de la Chine et le risque que la Chine dépasse les États-Unis et ses alliés dans le domaine de la technologie des puces (Shivakumar et al., 2022, p. 1).

Les mesures imposées par les États-Unis se déclinent en quatre volets et exploitent simultanément la domination américaine sur quatre points d'étranglement de la chaîne de production des semi-conducteurs. Cela dénote un niveau d'intervention gouvernementale sans précédent, visant non seulement à maintenir le contrôle de ses points d'étranglement, mais aussi à étouffer activement une large portion de l'industrie technologique chinoise, une stratégie destinée à éliminer complètement la concurrence chinoise. Il est important de comprendre tous ces éléments ensemble pour mesurer l'ampleur de ce que l'administration Biden prévoit de réaliser. En résumé, l'administration Biden cherche à 1) entraver l'industrie chinoise de l'IA en bloquant l'accès à certaines puces avancées; 2) empêcher la Chine de concevoir des puces d'IA sur son territoire en bloquant l'accès aux SME et aux logiciels de conception de puces fabriqués aux États-Unis; 3) freiner la production de puces avancées inférieures à 14 ou 16 nm en Chine en bloquant l'accès aux SME fabriqués aux États-Unis et en ajoutant des restrictions sur les activités des personnes américaines et 4) freiner la production des SME en Chine en bloquant l'accès aux composants fabriqués aux États-Unis (Allen, 2022a).

2.2 Les impacts sur l'industrie chinoise des semi-conducteurs

2.2.1 Étrangle les industries chinoises de l'IA et des superordinateurs en bloquant l'accès à certaines puces avancées

Les mesures américaines sont censées freiner l'approvisionnement en puces hautement performantes, en particulier les unités de traitement graphique (GPU), qui sont des semi-conducteurs spécialement conçus pour accélérer les processus de calcul liés à l'apprentissage profond. Les dirigeants des États-Unis et de la Chine sont convaincus que la suprématie en matière d'IA est cruciale pour l'avenir de la concurrence économique et militaire. La Chine est un leader mondial dans la recherche, la commercialisation et la technologie militaire basée sur l'IA (Allen, 2022a). Cependant, les règles en vigueur établissent un seuil de performance de 14 à 16 nm ou moins pour les puces qui peuvent être vendues à la Chine (BIS, 2022). Toute puce sous ce seuil nécessite une licence d'exportation délivrée par le DOC. Toutefois, les demandes de licence pour les puces destinées à la Chine font l'objet d'une « présomption de refus », ce qui de facto équivaut à une interdiction. Cette nouvelle politique s'applique non seulement aux entreprises américaines, mais à tous les concurrents potentiels dans le monde, car les États-Unis invoquent largement la règle du produit direct étranger (FDPR) (Allen, 2022a). Cela signifie que tous les produits de semi-conducteurs qui contiennent une technologie américaine comprise dans les contrôles à l'exportation ne pourront pas être exportés en Chine, peu importe leur origine. Par exemple, les équipements de lithographie par rayonnement ultraviolet extrême fabriqués à partir d'éléments américains ne peuvent être vendus à la Chine sans licence américaine, et le BIS a instauré une politique de « présomption de refus », interdisant effectivement ces ventes. La FDPR cherche à exploiter l'utilisation généralisée de la technologie américaine. Elle permet au gouvernement américain de revendiquer sa juridiction sur pratiquement toutes les usines de production de puces dans le monde, car la plupart d'entre elles utilisent des SME américains difficilement remplaçables. La FDPR est devenue l'un des outils les plus importants de l'arsenal américain dans la compétition technologique avec la Chine (The Economist, 2023a).

Les États-Unis ont abandonné l'idée de jongler entre l'interdiction de l'utilisation de la technologie américaine par l'APL et la promotion des échanges commerciaux entre les États-Unis et la Chine. Désormais, les puces d'IA haut de gamme ne peuvent plus être vendues à aucune entité opérant en Chine, qu'il s'agisse de l'APL, d'une entreprise technologique chinoise ou même d'une entreprise

américaine exploitant un centre de données en Chine. L'administration Biden fait comprendre à la Chine que si leur politique est la fusion militaire-civile, la seule manière réaliste de mettre en place leur politique de non-utilisation finale militaire est de mettre fin à toutes les ventes à la Chine, et les États-Unis sont prêts à franchir cette étape (Allen, 2022a).

2.2.2 Empêche la Chine de concevoir des puces d'IA sur son territoire en lui interdisant l'accès aux SME et aux logiciels de conception de puces fabriqués aux États-Unis.

Une des règles imposées interdit la fourniture de GPU de pointe et d'appareils électroniques qui en contiennent à toute entité ou tout individu en Chine. Cette interdiction a été mise en place parce que les puces GPU sont très utilisées dans le développement d'applications d'IA, notamment dans les méthodes d'apprentissage profond qui sont à la base de l'essor actuel de l'IA. Cette interdiction est étendue à tous les GPU fabriqués à l'étranger en raison de la FDPR. Étant donné que toutes les installations de fabrication de semi-conducteurs utilisent au moins une partie de l'équipement fabriqué aux États-Unis, tous les GPU du monde sont désormais soumis aux contrôles américains. Cette partie de la règle doit être appliquée de façon extraterritoriale, car les GPU ne sont pas fabriqués aux États-Unis et que leur utilisation est très répandue commercialement, de sorte qu'aucun autre pays ne les soumet à un contrôle des exportations (Rasser & Wolf, 2022).

Par ailleurs, la domination américaine du marché des logiciels EDA est un autre point d'étranglement utilisé pour empêcher l'industrie chinoise de concevoir des puces d'IA. Le processus complexe de la conception de puces informatiques repose sur le logiciel EDA. Il y a trois grandes entreprises qui dominent le marché de l'EDA pour les semi-conducteurs : Mentor Graphics, Cadence Design Systems et Synopsys. Elles ont les trois leur siège social et la majeure partie de leur personnel aux États-Unis. Cette domination du marché de l'EDA donne aux États-Unis le pouvoir de limiter la capacité de la Chine à développer son propre secteur de conception de puces. En invoquant la FDPR, les États-Unis empêchent toute entreprise de fabrication de semi-conducteurs dans le monde de fournir des services aux entreprises chinoises de conception de puces qui cherchent à développer des puces haut de gamme pour l'IA ou les superordinateurs. La FDPR offre deux crochets pour empêcher les entreprises chinoises de conception de puces de faire fabriquer leurs puces : sur les SME et sur les logiciels EDA construits aux États-Unis qui est une

partie irremplaçable, à court terme, de toute opération de fabrication de semi-conducteurs dans le monde. Les entreprises chinoises de conception de puces ne pourront pas fabriquer leurs modèles de puces d'IA avancées et de superordinateurs en dehors de la Chine. Cela représente un désavantage important pour la Chine considérant que ses entreprises locales sont nettement moins avancées technologiquement que d'autres dans le monde (Allen, 2022a).

2.2.3 Empêche la Chine de fabriquer des puces avancées en bloquant l'accès aux SME fabriqués aux États-Unis et en ajoutant des restrictions sur les activités des personnes américaines

Les nouvelles restrictions interdisent aux entreprises américaines de fournir des technologies pour la fabrication de puces dont la taille est inférieure à 14 ou 16 nm. La Chine est entièrement dépendante de sources étrangères pour les types de SME nécessaires à la production de semi-conducteurs avancés. Les entreprises basées aux Pays-Bas, au Japon et aux États-Unis, sont les principaux producteurs de SME et représentent 90% de l'offre mondiale de ces machines essentielles. La majorité des SME de haute qualité sont fabriqués par trois entreprises américaines : KLA, Applied Materials et Lam Research. En perdant l'accès à ces outils, cela pourrait nuire aux ambitions chinoises de devenir une puissance dans le domaine de la fabrication de puces (Cherney, 2022).

La raison justifiant le contrôle de ces équipements est que leur utilisation représente un des moyens les plus efficaces d'influencer les efforts de la Chine de développer des technologies avancées clés en interrompant les points d'étranglement critiques de la chaîne d'approvisionnement (Rasser & Wolf, 2022). Les responsables de l'administration Biden devront continuer à argumenter que le développement d'une industrie nationale de semi-conducteurs de classe mondiale par la Chine n'est pas dans l'intérêt stratégique des démocraties à la pointe de la technologie, et que la meilleure façon d'atteindre cet objectif est de freiner les capacités de la Chine. Il est de plus en plus difficile de maintenir la Chine plusieurs générations en arrière en matière de semi-conducteurs, car elle continue sans cesse de consacrer des ressources importantes aux efforts d'autosuffisance technologique dans le cadre de sa politique de fusion militaire-civile (Rasser & Wolf, 2022).

En outre, les nouvelles règles exigent une licence à toute « personne américaine » pour travailler avec des entreprises chinoises contribuant à la production de semi-conducteurs avancés. Cela comprend les citoyens, les résidents permanents, toute personne vivant dans le pays et les entreprises américaines. Ces nouvelles restrictions sont particulièrement importantes, car elles impliquent que tous ces groupes cessent de travailler avec les entreprises chinoises de semi-conducteurs (Sheehan, 2022). Ces restrictions ont d'ailleurs déjà entraîné des changements importants dans les activités de fabrication de semi-conducteurs et de R&D en Chine. En effet, de nombreuses entreprises importantes ont été contraintes à cesser toutes les activités d'entretien des équipements dans les usines chinoises qui nécessitent des outils avancés (Egan, 2022). Cela est particulièrement problématique, car ces équipements ont besoin d'être entretenus tous les deux jours pour continuer à fonctionner correctement. En outre, la pénurie de talents expérimentés américains ralentira également l'industrie chinoise des semi-conducteurs, car la fabrication de ces composants nécessite des compétences pratiques et de l'expérience acquises au fil des décennies, qui ne peuvent pas être facilement transférées via des plans ou des manuels d'instructions. Avant l'annonce de ces nouvelles règles, de nombreux ingénieurs américains, coréens et taiwanais avaient été attirés par les postes lucratifs proposés par l'industrie chinoise des semi-conducteurs (Sheehan, 2022). La Chine a largement bénéficié des contributions de scientifiques et d'ingénieurs étrangers, ainsi que de nombreux cadres clés qui sont des citoyens américains, dans ses avancées technologiques. Cependant, l'annonce des nouvelles restrictions a eu un impact immédiat sur certaines entreprises telles qu'ASML, des Pays-Bas, Lam Research des États-Unis et Naura Technology de la Chine, qui possèdent chacune des opérations en Chine. Ces entreprises ont rapidement retiré les ressortissants américains de leurs activités de service et de R&D peu après l'annonce des nouvelles restrictions à l'exportation (Rasser & Wolf, 2022).

2.2.4 Empêche la Chine de développer ses propres SME en bloquant l'accès aux composants fabriqués aux États-Unis

La conception et la construction des SME sont parmi les activités les plus complexes, coûteuses et technologiquement difficiles de l'économie mondiale. Parmi tous les points d'étranglement de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs, où les États-Unis exercent une influence significative sur la Chine, les composants des SME offrent de loin l'avantage concurrentiel le plus

durable (Allen, 2022a). Comme les SME eux-mêmes, de nombreux composants des SME sont fabriqués exclusivement par des entreprises des États-Unis et leurs alliés (Hunt et al., 2021). En l'absence des composants américains, les tentatives de la Chine pour construire une industrie nationale des SME pourraient nécessiter de repartir à zéro et de reproduire les réalisations accumulées par l'industrie américaine des semi-conducteurs au cours des sept dernières décennies (Allen, 2022a).

2.3 Les limites et les conséquences potentielles des nouveaux contrôles à l'exportation

Les restrictions imposées par les États-Unis en 2019 sur les ventes de semi-conducteurs à SMIC et Huawei ont illustré la puissance des contrôles à l'exportation en matière de politique étrangère. Ces sanctions ont privé SMIC de l'achat de SME américains pour fabriquer des puces et ont empêché Huawei d'accéder aux logiciels de conception de semi-conducteurs américains, ce qui a réduit sa rentabilité et sa croissance rapide, le faisant sortir des cinq plus grands fabricants de téléphones intelligents au monde. Les contrôles à l'exportation ont été un outil efficace pour affaiblir les principaux acteurs de la technologie chinoise sans recourir à des mesures violentes et coûteuses pour l'économie américaine, soulignant ainsi leur importance dans l'ère actuelle de compétition technologique (Allen et al., 2022, p. 4).

Cependant, il convient de ne pas surestimer les résultats obtenus par les contrôles à l'exportation, comme dans le cas de Huawei et SMIC. Ces entreprises ont été des cibles relativement faciles en raison de la nature concentrée du secteur de la fabrication de semi-conducteurs avancés. Toutefois, les contrôles à l'exportation sont un outil qui peut perdre de son efficacité avec une utilisation répétée. Il est donc important de les appliquer de manière stratégique et réfléchie, ainsi que de leur allouer des ressources suffisantes pour les maintenir en état de fonctionnement optimal (Allen et al., 2022, p.4). La question politique à considérer afin d'évaluer l'efficacité de ces nouveaux contrôles à l'exportation est de savoir si leurs avantages justifient leurs coûts. D'un côté, les avantages incluent l'empêchement de la Chine d'accéder à des technologies haut de gamme qui renforceraient sa capacité en matière d'IA et de superordinateurs, ce qui entraînerait des conséquences sur le plan militaire et économique. Néanmoins, il est important de noter que les avantages seraient considérablement réduits si les États-Unis ne parviennent pas à convaincre

d'autres pays fabricants, tels que la Corée du Sud, l'Allemagne et Taïwan, de se joindre à eux. De l'autre côté, le coût de ces nouvelles restrictions est le risque d'un contrôle excessif. D'une part, cela peut affecter négativement les entreprises américaines en leur privant d'une source de revenus importante qui contribue à leur rentabilité et peut entraver le développement de technologies de nouvelles générations, ce qui va à l'encontre de la stratégie d'accélération. D'autre part, cela peut encourager la Chine à accélérer son propre développement technologique indépendant. Malgré cela, l'administration Biden affirme que les réglementations sont étanches et qu'elle a fait un meilleur travail que l'administration précédente pour éliminer les échappatoires. Cependant, des fuites peuvent toujours se produire, surtout si les autres pays ne coopèrent pas pleinement. Il est également important de surveiller les éventuelles représailles de la Chine, qui n'ont pas été immédiates, mais qui sont toujours possibles (Reinsch, 2022).

2.3.1 Des mesures qui ne sont viables qu'à court terme

Les règles de contrôle du 7 octobre 2022 créent de nouveaux défis pour l'écosystème mondial des semi-conducteurs. En restreignant les capacités de la Chine en matière de technologies avancées, les États-Unis ont pris le risque de perdre leur influence sur la Chine à long terme, car les contrôles sont si stricts que la Chine ne peut pas développer des capacités équivalentes à l'immédiat (Kilcrease, 2023). Peter Wenninck, le PDG d'ASML, une entreprise néerlandaise de fabrication d'équipement de lithographie de semi-conducteurs avancés, a déclaré dans une entrevue que les restrictions occidentales sur les exportations de technologies de puces vers la Chine s'avéreront finalement contre-productives. Selon lui, « si [on] exclu[t] les Chinois avec des mesures de contrôle des exportations, [on] les obliger[a] à s'efforcer d'atteindre la souveraineté technologique, dans leur cas, une véritable souveraineté technologique [...]. Dans 15 ans, ils seront en mesure de tout faire eux-mêmes et le marché [des SME occidentaux] [...] aura disparu ». Tudor Brown, ancien directeur indépendant de SMIC, partage cet avis en affirmant que « les États-Unis font preuve de naïveté s'ils pensent que cela va ralentir [les Chinois] pendant un certain temps. » Selon lui « cela les ralentira pendant deux à cinq ans, pas dix » (Shivakumar et al., 2022, p.6). Le succès de la stratégie américaine repose sur des bases fragiles, et si d'autres pays ne mettent pas en place des contrôles similaires, les entreprises étrangères auront une forte motivation économique à remplacer les technologies américaines qui ne peuvent plus être vendues sur le marché chinois (Kilcrease, 2023).

Les dernières restrictions américaines nuiront à la Chine à court terme, car le pays est profondément intégré dans la chaîne de valeur mondiale des semi-conducteurs et dépend fortement des importations de puces avancées. La technologie américaine est irremplaçable à court et moyen terme, de sorte que les conséquences immédiates de cette politique sont essentiellement garanties comme étant désastreuses pour la Chine. Elles seront efficaces pour contrecarrer les ambitions de la Chine, à la fois en perturbant les activités actuelles des principales entreprises chinoises de semi-conducteurs et en retardant de plusieurs années le développement de l'industrie chinoise des semi-conducteurs et des industries en aval (Crawford, 2022). Toutefois, à plus long terme, cette mesure retardera, mais ne fera probablement pas dérailler les progrès technologiques de la Chine.

Il y a plusieurs raisons de douter de l'effet de levier potentiel à long terme des États-Unis sur la Chine. Tout d'abord, la prévision technologique est généralement un défi complexe. Il est difficile de prédire les avancées technologiques d'un autre pays, même lorsqu'il y a des efforts de recherche conjoints et des échanges scientifiques. Cette tâche devient encore plus difficile lorsque le pays en question dissimule activement ses progrès technologiques et que la recherche collaborative diminue, comme c'est le cas actuellement entre les États-Unis et la Chine. Le même mois que les nouveaux contrôles à l'exportation ont été annoncés, SMIC a mis au point un processus de production de puces de 7 nm, qui est similaire à la technologie utilisée par TSMC. Les puces de 7 nm sont très utilisées dans les domaines tels que l'IA, l'informatique nuagique, la 5G et l'armée. Cependant, le coût de production est actuellement élevé pour SMIC. Avec les restrictions imposées par les États-Unis, on estime que SMIC produit ses puces en utilisant des systèmes de lithographie par ultraviolets profonds, une génération derrière les systèmes de lithographie par ultraviolets extrêmes utilisés par les fabricants de puces de pointe. L'utilisation de ces machines de lithographie par ultraviolets profonds peut entraîner un taux de rendement plus faible et un coût plus élevé que les machines de lithographie par ultraviolets extrêmes. Par conséquent, il est peu probable que les puces soient produites massivement avec des machines de lithographie par ultraviolets profonds. Néanmoins, le fait que la Chine ait réussi à produire des puces de 7 nm malgré les restrictions américaines montre que la Chine a déjà pris quelques mesures pour assurer sa suffisance en matière de semi-conducteurs et continuera d'accroître ses efforts pour soutenir son industrie nationale notamment par l'entremise du Big Fund (Fang, 2023).

Par ailleurs, les nouveaux contrôles pourraient encourager la Chine à développer sa propre industrie des semi-conducteurs, utilisant des technologies et des équipements non américains pour éviter les réglementations de la FDPR. Les nouvelles restrictions pourraient également inciter d'autres pays à développer leurs propres industries de semi-conducteurs sans dépendre des technologies américaines afin de pouvoir continuer de vendre leurs produits aux entreprises chinoises. Cette conséquence potentielle involontaire est un risque calculé pris par l'administration Biden. Au final, l'effet de levier potentiel sur la Chine pourrait ne pas être aussi important que prévu (Rasser & Wolf, 2022).

2.3.1.1 Découplage technologique entre la Chine et les États-Unis

Il est important de se concentrer non seulement sur l'impact immédiat des contrôles, mais surtout sur une perspective à plus long terme afin de justifier et d'apprécier pleinement ce changement radical de politique et ses éventuelles retombées. En fait, les États-Unis et la Chine ont des liens économiques étroits dans le domaine technologique depuis les vingt dernières années. Cependant, la Chine est devenue une puissance économique qui se rapproche de plus en plus des États-Unis. La montée en puissance de la Chine est considérée comme une menace pour l'hégémonie mondiale des États-Unis. Le gouvernement américain a pris la décision de se détacher technologiquement de la Chine en raison de son potentiel en tant que concurrent stratégique et comme menace pour la sécurité et la prospérité des États-Unis (Zhang, 2023, p.1). Ainsi, les États-Unis accélèrent un découplage technologique entre la Chine et les États-Unis et cherchent à obtenir le soutien de leurs alliés dans leur conflit technologique avec la Chine. Pour faire face à l'impact négatif de cette politique d'endiguement des États-Unis, la Chine doit continuer à améliorer ses propres capacités technologiques (Scharre, 2023). Malgré les nombreux avantages économiques que la Chine a tirés de son intégration avec les États-Unis et qui ont contribué à son ascension économique, elle cherche aujourd'hui à réduire sa dépendance à l'égard des pays étrangers pour les technologies et les produits essentiels. Alors que les États-Unis cherchent à décourager les importations chinoises pour préserver les emplois américains et la sécurité nationale, la Chine a un objectif plus large : passer d'un objectif de croissance économique à un objectif de contrôle économique. En diminuant sa dépendance aux technologies étrangères, la Chine cherche à promouvoir la domination nationale des entreprises chinoises et à devenir plus compétitive au niveau mondial, devenant ainsi un

hégémon économique plus indépendant et puissant. Le découplage technologique de la Chine est déjà en cours et il devrait se poursuivre plus intensément en raison des nouveaux contrôles à l'exportation et de l'atmosphère politique tendue entre les deux nations. Le découplage technologique dans des domaines tels que les semi-conducteurs pourrait ouvrir la voie au découplage dans des domaines comme les technologies vertes ou les médicaments antiviraux. Les conséquences du découplage technologique et la rhétorique qui l'entoure sont d'une importance considérable, en particulier en ce qui concerne la collaboration entre les États-Unis et la Chine (Lama, 2022). Bien que les deux pays cherchent de plus en plus à réduire leur dépendance mutuelle dans ce contexte de concurrence internationale, il est important d'examiner en profondeur les énormes conséquences que pourrait entraîner le découplage de l'innovation entre deux superpuissances mondiales, avant qu'il ne soit trop tard.

Le découplage ne suffit pas à garantir les intérêts américains dans une compétition à long terme. Une approche plus efficace serait de maintenir la dépendance de la Chine à l'égard de la technologie américaine, ce qui donnerait aux États-Unis la capacité de refuser l'accès à des technologies clés à la Chine si nécessaire (Scharre, 2023). L'expérience montre que la Chine est capable d'aller très loin pour développer son industrie des semi-conducteurs et le gouvernement américain, avec ses nouvelles restrictions, incite la création d'un marché massif pour une chaîne d'approvisionnement en semi-conducteurs indépendante des États-Unis (Scharre, 2023). Si le découplage peut fonctionner à court terme dans certains secteurs comme celui des semi-conducteurs, il pourrait à long terme faire de la Chine un concurrent plus fort dans les secteurs de haute technologie. Selon Xiang Ligang, directeur général de l'*Information Consumption Alliance*, basée à Pékin « les mesures continues des États-Unis constituent un avertissement pour les fabricants chinois de semi-conducteurs : les États-Unis ne cesseront pas leur guerre des puces contre la Chine. Il est temps pour les entreprises nationales de concentrer leurs ressources et leurs efforts pour rechercher des percées technologiques » (Global Times, 2023). Ces contrôles ont poussé le PCC à mobiliser le marché mondial pour accélérer l'indépendance de la Chine dans l'industrie des puces en offrant des incitations au secteur privé. Il est donc important de faire preuve de prudence lors de l'établissement d'une dépendance stratégique à sens unique avec la Chine. En limitant le développement technologique indigène de la Chine et en la forçant à importer des puces américaines pour des applications spécifiques, dont celles militaires, les États-Unis peuvent renforcer leur influence stratégique sur la Chine. Cependant, cette approche ne fonctionne que si

les États-Unis évitent de trop utiliser la FDPR. À l'heure où la Chine tente de diriger ses entreprises technologiques les plus dynamiques vers des priorités industrielles comme les semi-conducteurs, les grandes entreprises technologiques américaines qui développent des puces d'IA et d'autres produits technologiques avancés risquent davantage de se retrouver sur la *Entity List* des États-Unis. Si cela se produit, cela empêchera les entreprises américaines de vendre leurs produits aux principaux consommateurs chinois de technologies, ce qui compromettrait l'objectif stratégique des États-Unis de créer des dépendances à sens unique avec la Chine (Goujon et al., 2022). Actuellement, la Chine importe pour environ 350 milliards \$US de semi-conducteurs par an (Slotta, 2022). En excluant la Chine des marchés mondiaux de puces avancées par l'entremise de la FDPR, une grande partie de ce pouvoir d'achat sera redirigé vers les fabricants de puces nationaux. Des contrôles plus ciblés sur les applications militaires, tout en autorisant l'utilisation commerciale, constitueraient une meilleure approche et permettraient à la Chine de rester dépendante des puces étrangères produites avec des SME américains. Cette approche est plus complexe, car les États-Unis doivent constamment surveiller les tentatives de l'armée chinoise pour contourner les restrictions. Toutefois, les États-Unis ont récemment mis en place un outil efficace pour contrôler la fusion militaire-civile de la Chine. Dans le cadre des contrôles d'octobre 2022, le DOC a établi que les entreprises qui ne respectaient pas les contrôles de l'utilisation finale militaire seraient placées sur la liste des entreprises non vérifiées et, après 60 jours, seraient transférées sur la *Entity List* si elles n'étaient toujours pas conformes. Les États-Unis ont déjà utilisé cet outil en décembre 2022 pour vérifier et dédouaner 27 entreprises chinoises, tout en plaçant d'autres entreprises sur la *Entity List*, incluant Yangtze Memory Technologies Corp (YMTC). Les États-Unis devraient chercher à favoriser les dépendances stratégiques de la Chine vis-à-vis de la technologie américaine en autorisant la vente de puces haut de gamme au secteur commercial chinois. Cela retarderait l'indépendance de la Chine en matière de puces et permettrait aux États-Unis de mieux contrôler l'accès de la Chine aux technologies avancées à long terme (Scharre, 2023). L'interdépendance économique avec la Chine peut avoir un effet positif en freinant les impulsions politiques les plus dangereuses de la Chine. Il pourrait s'avérer plus efficace d'éviter les interdictions générales sur le commerce et l'investissement dans les semi-conducteurs et d'opter plutôt pour des restrictions soigneusement calibrées (Mark & Roberts, 2023). Les contrôles à l'exportation de plus en plus stricts peuvent s'avérer de moins en moins efficaces dans le futur, car les entreprises sont susceptibles d'adapter leurs chaînes d'approvisionnement pour contourner les restrictions

américaines (Scharre, 2023). Une étude évaluant l'efficacité du découplage technologique afin de séparer les écosystèmes technologiques entre les États-Unis et la Chine conclut que le découplage a un impact limité, car il constitue souvent un obstacle, plutôt qu'une barrière absolue, au progrès technologique de la Chine. De plus, s'il existe de nombreuses façons d'acquérir des biens, les efforts des États-Unis ne suffiront pas (Zhang, 2023, p.9).

À court et moyen terme, la politique américaine entraînera des conséquences désastreuses pour la Chine, car la technologie américaine est difficilement remplaçable. Toutefois, à long terme, si la Chine parvient à convaincre les alliés des États-Unis de développer et de fournir des alternatives aux pièces clés de la technologie américaine, cela pourrait mettre en péril la sécurité nationale et la compétitivité économique des États-Unis. Lorsque les États-Unis ont utilisé des contrôles extraterritoriaux pour empêcher Huawei d'accéder à l'offre mondiale de puces, ces mesures ciblaient qu'une seule entreprise plutôt que l'ensemble de l'écosystème chinois des technologies avancées. Maintenant, les États-Unis envisagent d'utiliser des autorités plus larges, qui s'appliqueront de manière unilatérale et extraterritoriale, et qui auront un impact plus important sur la chaîne d'approvisionnement que les mesures précédentes visant Huawei. Par conséquent, il est probable que les entreprises et les gouvernements étrangers considèrent la dépendance à la technologie américaine comme une vulnérabilité qu'ils doivent réduire (Danzman & Kilcrease, 2022).

Le découplage en cours des États-Unis est la réponse naturelle des États-Unis à la montée en puissance de la Chine. Cela marque un changement de priorité, passant de la logique économique à la sécurité nationale et aux considérations géopolitiques. La forte interdépendance économique entre les États-Unis et la Chine implique que les résultats du découplage technologique sont très coûteux, mais également incertains. Un découplage complet pourrait diviser l'économie mondiale en deux blocs économiques centrés sur l'un ou l'autre pays (Zhang, 2023).

2.3.2 Les conséquences sur la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs

La chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs est difficile à attaquer, car sa complexité permet aux acteurs concernés de s'adapter aux changements au fil du temps. Elle est constituée de nombreux acteurs et comprend des points d'entrée dans plusieurs pays différents, ce qui génère des

points d'étranglement multiples dans différents endroits. Les États-Unis sont un nœud central de cette chaîne d'approvisionnement, car ils représentent une part importante du marché mondial des semi-conducteurs. Cependant, ils dépendent entièrement de Taïwan et de la Corée du Sud pour la production des puces les plus avancées, et les matières premières nécessaires à leur fabrication sont concentrées dans quelques pays seulement, notamment la Chine. Les réseaux de production complexes et qui se chevauchent souvent créent des dépendances nombreuses et complexes à certains points de la chaîne d'approvisionnement. Bien que certains pays exercent un contrôle plus important que d'autres sur certaines parties de la chaîne d'approvisionnement, aucun pays ne domine l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (Danzman & Kilcrease, 2022). Le fait que les États-Unis veuillent maintenant utiliser des pouvoirs étendus, à la fois unilatéraux et extraterritoriaux, devrait avoir un impact plus important sur la chaîne d'approvisionnement que les actions précédentes des États-Unis. Par conséquent, il est probable que les entreprises et les gouvernements étrangers commencent à considérer leur dépendance à l'égard de la technologie américaine comme une vulnérabilité qu'ils doivent réduire.

2.3.2.1 Conséquences économiques sur les entreprises américaines

L'un des risques les plus dangereux est le risque réel que les actions des États-Unis puissent nuire à la compétitivité de leurs propres entreprises, en particulier les entreprises qui dépendent fortement du marché chinois. Bien que les nouveaux contrôles auront un impact immédiat en limitant l'accès de la Chine aux SME américains, cela pourrait devenir défendable avec le temps, car la chaîne d'approvisionnement s'adaptera pour inclure d'autres fournisseurs (Danzman & Kilcrease, 2022). La substitution d'un élément de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs est un processus complexe et exigeant qui nécessite un investissement important en temps et en ressources techniques. Néanmoins, cela ne nécessite pas une reconfiguration complète de l'ensemble du réseau de la chaîne d'approvisionnement, mais plutôt la reproduction des fonctions spécifiques d'un acteur clé par un ou deux acteurs spécialisés ayant des budgets de R&D élevés et une forte motivation économique. Des entreprises étrangères telles que ASML et Tokyo Electron sont des leaders du marché dans des domaines connexes de la chaîne d'approvisionnement et sont bien placées pour développer des alternatives aux technologies américaines à moyen terme. Ces entreprises pourraient être motivées à le faire, car l'éviction forcée des entreprises américaines de SME du

marché chinois crée une opportunité naturelle pour les entreprises étrangères (Danzman & Kilcrease, 2022). La Chine dispose d'un fort pouvoir de négociation avec les entreprises étrangères en raison de la taille de son marché intérieur, qui est considéré comme une source essentielle de revenus actuels et de croissance future pour les fournisseurs de SME. En 2021, les achats chinois de SME représentaient 29 % du marché mondial, soit 29,6 milliards \$US (Allen, 2022b). Même si la Chine peut temporairement importer des puces d'autres pays, il est important pour elle de consacrer davantage de ressources à la R&D pour développer ses propres puces à long terme. En effet, il n'y a pas de certitude que la Chine pourra continuer à compter sur ces autres pays à long terme, car tous les principaux fabricants de puces sont des alliés américains de longue date, ce qui rend les approvisionnements en puces peu fiables et incite la Chine à investir davantage dans la R&D pour développer ses propres puces (Fang, 2023).

Par ailleurs, les entreprises américaines qui fournissent des SME pourraient voir leur propre croissance économique diminuer, car une réduction des opportunités de marché laisse moins de revenus à investir dans l'innovation. Cette situation s'est déjà produite dans l'industrie spatiale commerciale au début des années 2000, lorsque les États-Unis ont imposé des contrôles stricts sur les exportations de satellites vers la Chine. La part de marché et les capacités des États-Unis ont diminué, car les entreprises européennes ont commencé à offrir des produits qui n'utilisaient pas de composants américains, notamment sur le marché chinois (Danzman & Kilcrease, 2022). Le *CHIPS and Science Act* des États-Unis permet au gouvernement d'investir dans les dix prochaines années jusqu'à 280 milliards \$US dans le secteur des semi-conducteurs du pays pour soutenir la R&D. Cependant, les nouvelles restrictions sur la collaboration avec les clients chinois auront un impact négatif sur les marges bénéficiaires de certaines des plus grandes entreprises américaines de semi-conducteurs (Gooding, 2022). Les pertes subies en Chine pourraient entraîner une perte d'échelle significative dans l'industrie des semi-conducteurs, ce qui pourrait se traduire par une diminution des ressources pour la R&D ainsi que pour les nouveaux investissements nécessaires aux États-Unis pour maintenir leur avance sur leurs concurrents. Les entreprises américaines de semi-conducteurs dépendent d'un cycle vertueux d'innovation qui repose sur d'importants investissements dans la R&D, ainsi que sur un accès aux marchés mondiaux. En effet, le financement est essentiel pour stimuler l'innovation dans toute l'industrie, et les semi-conducteurs nécessitent des investissements massifs pour soutenir leur croissance continue (Mark & Roberts, 2023). L'industrie américaine des semi-conducteurs a toujours consacré environ 20% de ses

revenus à la R&D, ce qui est l'un des pourcentages les plus élevés de toutes les industries, plus que celui des produits pharmaceutiques ou des avions par exemple. Cela implique que même une petite diminution des dépenses en R&D peut entraîner des conséquences considérables sur l'industrie américaine des semi-conducteurs. De 2010 à 2020, les dépenses en R&D représentaient plus de 300 milliards \$US. Les entreprises américaines renforcent leur avance technologique mondiale en investissant dans la R&D. Plus la technologie des entreprises américaines est à la pointe, plus ces entreprises vendent des puces électroniques, ce qui, à son tour, permet de subventionner davantage de R&D. Toutefois, si les revenus provenant de la Chine sont perdus, cela pourrait affecter ce cycle vertueux et le transformer en cycle vicieux (Demarais, 2022, p.181).

De plus, les sanctions américaines visent un acteur central de l'industrie des semi-conducteurs, en tant que marché pour les puces importées ou fabriquées sur son propre sol par des entreprises étrangères. Par exemple, avant que les restrictions ne soient imposées, la Chine représentait 33 % des ventes d'Applied Materials, 27 % de celles d'Intel et 31 % de celles de Lam Research (Financial Times, 2022). Avec ses nouvelles restrictions à l'exportation, l'administration Biden vise une vulnérabilité critique pour l'industrie chinoise des semi-conducteurs, mais en blessant des sociétés américaines de premier plan dans le processus (Mark & Roberts, 2023). L'impact des contrôles sur les entreprises américaines de SME dépendra de l'agressivité avec laquelle les États-Unis les appliquent. Les restrictions à l'exportation ont déjà commencé à avoir un impact financier significatif. Applied Materials a déclaré que les restrictions du 7 octobre 2022 réduiraient ses ventes du trimestre suivant d'environ 400 millions \$US, soit de 6 %. De même, Nvidia a estimé que l'impact trimestriel sur ses revenus s'élèverait à 400 millions \$US, soit 7 % de ses ventes, car l'entreprise ne pourra pas exporter en Chine ses GPU avancés utilisés dans les systèmes d'apprentissage automatique. Lam Research, qui fournit des SME à la société chinoise YMTC, le plus grand fabricant chinois de puces mémoires, a déclaré que les contrôles à l'exportation pourraient amputer ses ventes jusqu'à 15 %, soit une perte de 2,5 milliards \$US en 2023 (Financial Times, 2022). Une étude réalisée par le Boston Consulting Group conclut que si le gouvernement américain maintient sa trajectoire actuelle consistant à imposer des restrictions de plus en plus larges sur le commerce des semi-conducteurs vers la Chine, les entreprises américaines de semi-conducteurs verront leur position concurrentielle s'éroder. Les entreprises américaines pourraient voir leur part de marché mondial diminuer de huit points entre 2020 et 2025, et leurs revenus baisseraient de 16% (Varas & Varadarajan, 2020, p.4). Dans le pire scénario, où les ventes

américaines à la Chine étaient complètement interrompues, cela entraînerait des conséquences économiques désastreuses pour les entreprises américaines. Les pertes annuelles pour les entreprises seraient estimées à 83 milliards \$US, entraînant la suppression de 124 000 emplois (Varas & Varadarajan, 2020, p.17-18). De plus, les investissements en R&D diminueraient de 12 milliards \$US chaque année (Varas & Varadarajan, 2020, p.18). Les consommateurs américains seraient également confrontés à une hausse des prix et à des perturbations potentielles de la chaîne d'approvisionnement. Les répercussions sur l'économie mondiale seraient toutes aussi catastrophiques. Un document de travail publié en 2021 par le Fonds monétaire international avertit que la séparation complète de la technologie entre la Chine et les États-Unis, ainsi que leurs partenaires, « pourrait avoir des effets profonds sur les modèles de production et de consommation mondiaux » (Cerdeiro et al., 2021, p.3).

Par ailleurs, la Chine est importante en tant que producteur en expansion et en tant que fournisseur de services OSAT. La Chine a un avantage en termes de coûts dans ce segment de la chaîne d'approvisionnement, qui est un secteur très intensif en main-d'œuvre. Les plus grandes entreprises d'assemblage et de conditionnement de puces, comme ASE Group et Powertech Technology de Taïwan et Amkor Technology des États-Unis, ont des installations de production importantes en Chine, et les entreprises chinoises se développent rapidement dans le domaine de la production de semi-conducteurs. Souvent, les puces fabriquées aux États-Unis sont envoyées en Chine pour le traitement final (Mark & Roberts, 2023). Tout cela rend la Chine importante dans la chaîne d'approvisionnement, mais la dépendance croissante de l'industrie des semi-conducteurs vis-à-vis ces services chinois représente un risque pour les fabricants de puces dans le monde entier. Les décideurs américains doivent être prudents dans leur approche de la menace posée par la Chine et éviter d'agir trop rapidement sur de nombreux fronts, car cela pourrait involontairement nuire aux maillons clés de la chaîne d'approvisionnement complexe des semi-conducteurs.

Il est donc essentiel que les contrôles à l'exportation soient conçus selon le modèle "small yard, high fences", c'est-à-dire l'application de réglementations strictes pour empêcher l'accès non autorisé aux produits spécifiques de l'industrie des semi-conducteurs. La métaphore met en évidence l'importance de trouver un équilibre entre la sécurité nationale et le besoin d'innovation et de commerce international en illustrant la nécessité de contrôler l'accès aux semi-conducteurs qui sont des technologies sensibles tout en permettant leur développement et leur utilisation dans

le cadre d'une économie mondiale. Ainsi, les contrôles les plus efficaces sont ceux qui ciblent des articles spécifiques, soit les semi-conducteurs ayant une utilisation finale ou un utilisateur final militaires, et sont adoptés de manière multilatérale (Ravi, 2023).

2.3.2.2 Conséquences économiques sur les entreprises européennes et asiatiques

Les nouveaux contrôles à l'exportation ont frustré les alliés des États-Unis et provoqué des ondes de choc dans l'économie mondiale de la haute technologie. Ils ont initialement créé une grande confusion quant à la portée de la FDPR, qui applique les contrôles à l'exportation aux produits qui utilisent des SME ou logiciels américains fabriqués à l'étranger. Étant donné que la technologie américaine est largement utilisée dans les chaînes d'approvisionnement en semi-conducteurs, les États-Unis ont la capacité de contrôler les ventes de manière extraterritoriale en autorisant ou en bloquant les exportations (Benson, 2023). Les règles extraterritoriales ont été historiquement utilisées de manière très limitée dans le contexte des contrôles des exportations russes, mais uniquement en temps de guerre. En revanche, leur utilisation extensive dans le cadre des nouvelles réglementations du 7 octobre 2022 indique une volonté beaucoup plus grande des États-Unis de tirer parti de leur pouvoir de marché pour imposer des restrictions à l'échelle mondiale (Kilcrease, 2023).

Les nouvelles règles américaines ont causé des problèmes aux entreprises européennes, qui ont été troublées par leur application. ASML et Lam Research ont dû retirer leurs employés américains des projets en Chine pour se conformer aux règles. Pour de nombreuses entreprises de semi-conducteurs, les revenus provenant de la Chine sont cruciaux. La Chine est de loin le plus grand marché pour les entreprises sud-coréennes Samsung Electronics et SK Hynix, un fabricant de puces mémoires (Gooding, 2022). Par ailleurs, ASMI, une entreprise néerlandaise spécialisée dans la production de SME, a déclaré aux investisseurs que jusqu'à 40 % de ses ventes en Chine pourraient être impactées, bien que des données plus récentes indiquent que ce chiffre est plus proche de 15 à 20 %. Au premier trimestre 2022, la Chine représentait 34% des ventes de SME d'ASML. Les entreprises européennes font valoir que sans les revenus de la Chine, le financement de la R&D sera difficile (Hmaidi & Arcesati, 2022). Les entreprises européennes et asiatiques craignent le coût de la démondialisation. La chaîne d'approvisionnement des puces est efficace, car elle est globale et intégrée. Si les chaînes d'approvisionnement se fragmentent et que de plus en plus de

pays optent pour l'autosuffisance, les coûts des puces augmenteront. L'industrie européenne a besoin de plus en plus de puces, non seulement dans les secteurs de haute technologie, mais aussi dans des secteurs à plus faible technologie, tels que l'automobile, qui sont transformés par l'automatisation et la numérisation (Hmaidi & Arcesati, 2022).

Il est important de considérer les répercussions économiques sur les entreprises étrangères, d'autant plus que les mêmes alliés clés ont exprimé des préoccupations concernant le *Inflation Reduction Act*, promulgué le 16 août 2022, et ses dispositions favorisant les fabricants américains de véhicules électriques. Ces dispositions enfreignent les obligations commerciales des États-Unis et ont provoqué une forte réaction en Corée du Sud, dont les constructeurs automobiles seront particulièrement touchés. Les responsables européens et japonais ont également exprimé de sérieuses préoccupations. Les responsables politiques américains seraient naïfs de considérer ces événements comme étant indépendants. Ensemble, ils suscitent des doutes quant à l'engagement des États-Unis envers ses alliés et partenaires, ainsi qu'un certain cynisme à l'égard du soutien des États-Unis à un système commercial international fondé sur des règles (Kilcrease, 2023).

2.3.3 Réactions potentielles de la Chine vis-à-vis des nouveaux contrôles des exportations annoncés

La Chine n'a pas encore réagi de manière substantielle aux contrôles d'exportation qui ciblent son industrie des puces, probablement pour deux raisons. Tout d'abord, la Chine comprend que répondre à ces contrôles en prenant des mesures punitives telles que des boycottages ou des restrictions à l'exportation serait contre-productif, car cela inciterait les États-Unis et leurs alliés à intensifier leurs efforts en matière de contrôles sur l'industrie des semi-conducteurs, ce qui aurait pour conséquence de restreindre encore plus l'accès des entreprises chinoises aux principaux composants dont elles ont besoin. Deuxièmement, les failles actuelles dans les contrôles d'exportation américains semblent avoir atténué l'impact des contrôles sur certaines industries chinoises dépendantes des puces. À court terme, la Chine cherchera probablement des moyens de contourner les restrictions tout en renforçant ses propres capacités de conception et de fabrication de puces domestiques. Elle pourrait également commencer à cibler les entreprises de puces américaines où des alternatives étrangères existent (Browne & Durkee, 2023).

La seule action que la Chine a entreprise à ce jour est la soumission d'une demande à l'Organisation mondiale du commerce (OMC) pour des consultations sur leur différend avec les États-Unis qui pourraient prendre plusieurs années. Le ministère du Commerce de la Chine accuse les États-Unis de « généraliser le concept de sécurité nationale et d'abuser des mesures de contrôle des exportations, ce qui entrave le commerce international normal des puces et menace la stabilité de la chaîne d'approvisionnement industrielle mondiale » (Rousselot, 2023). L'*Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT) de 1994* qui fait partie des textes juridiques de l'OMC comprend des dispositions qui peuvent être définies de manière large et qui autorisent les pays à mettre en place des restrictions dans l'intérêt de leur sécurité nationale. Par conséquent, il est possible que la Chine rencontre des difficultés à faire valoir ses arguments dans ce différend. De plus, les décisions prises par l'Organe de règlement des différends peuvent faire l'objet d'un appel auprès de l'OMC. Cependant, les États-Unis empêchent le tribunal d'appel de fonctionner en refusant de remplacer les juges dont le mandat est arrivé à terme. Ainsi, les plaintes déposées auprès de l'OMC peuvent ne pas être résolues, y compris celles de la Chine. Selon Martijn Rasser, directeur du programme sur la technologie et la sécurité nationale au *Center for New American Security*, ce différend « souligne le peu d'options dont dispose Pékin pour contrer les actions des États-Unis. Il s'agit essentiellement d'un geste symbolique de la part de Pékin. Je ne pense pas que les dirigeants chinois s'attendent à ce que cela leur soit favorable. Mais c'est l'une des rares possibilités d'action dont ils disposent, alors ils l'ont prise » (Feng & Scott, 2022).

Bien que la Chine n'ait pas encore atteint le point de basculement de la riposte dans des domaines où elle a un levier significatif, le durcissement des restrictions et la fermeture des failles des nouveaux contrôles pourraient finalement la pousser à le faire. Ainsi, il est important de considérer les actions possibles que la Chine pourrait émettre en réaction aux contrôles à l'exportation sur les semi-conducteurs dans l'analyse de l'efficacité de ces contrôles.

2.3.3.1 Concentration de la Chine sur la fabrication de puces matures

Par ailleurs, la nouvelle politique américaine a pour objectif de cibler spécifiquement les capacités de production de puces avancées inférieures à 14 nm ou 16 nm des sociétés chinoises et de leurs fournisseurs internationaux. Ces types d'usines de pointe ne sont actuellement utilisées que par un petit nombre de fabricants de puces chinois. En cherchant à limiter l'accès de la Chine aux semi-

conducteurs avancés, les États-Unis encouragent la Chine à se concentrer sur des formes plus matures (>28 nm) de fabrication de puces, où les points d'étranglement sont moins importants et où la Chine détient déjà une part importante du marché. Les puces matures sont moins complexes, mais demeurent les plus demandées sur le marché (Yang, 2023). Les puces matures sont omniprésentes dans notre quotidien. Alors que les puces les plus avancées sont utilisées dans des technologies critiques, les puces matures sont utilisées dans la production de la plupart des automobiles, des avions, des appareils électroménagers, de l'électronique grand public, des systèmes d'automatisation des usines, des systèmes militaires et des appareils médicaux. Ces appareils jouent un rôle central dans l'économie manufacturière américaine. Cela signifie que des perturbations dans la disponibilité des puces matures ont un impact négatif sur l'industrie manufacturière américaine et sur les activités économiques associées (Shivakumar et al., 2023a, p.2). Ces puces n'ont pas besoin de technologies de fabrication avancées, ce qui permet à la Chine d'augmenter sa production sans avoir à imposer des technologies coûteuses ou dont l'accès est bloqué par les États-Unis. L'objectif des États-Unis n'est pas de paralyser complètement les capacités de production de semi-conducteurs de la Chine, ce qui pourrait mener à des représailles importantes, mais d'infliger des souffrances uniquement dans des domaines comme les technologies les plus avancées qui pourraient alimenter les superordinateurs, l'IA et les armes avancées de la Chine (Yang, 2023). Néanmoins, la crise actuelle de la chaîne d'approvisionnement mondiale des semi-conducteurs qui est essentiellement due à la disponibilité insuffisante de puces matures a montré que les pénuries de puces matures peuvent également être économiquement dévastatrices. Au début de l'année 2022, le DOC a publié les résultats d'une enquête sur la pénurie de puces et a constaté que les entreprises étaient confrontées aux pénuries les plus graves non pas dans le domaine des puces avancées, mais dans celui des puces matures de 40 nm et plus. L'absence de ces puces a entraîné des perturbations significatives dans l'économie des États-Unis, ce qui a conduit à une analyse plus approfondie de l'importance stratégique des puces considérées matures ou anciennes. Bien que leur nom puisse prêter à confusion, les puces dites « matures » ne sont pas des technologies dépassées. Les termes tels que « matures » et « anciennes » ne reflètent pas leur état actuel, car ces types de puces sont continuellement améliorés pour satisfaire les nouvelles exigences et applications. Des innovations récentes incluent l'utilisation de semi-conducteurs en carbure de silicium, qui devraient jouer un rôle clé dans la transition vers une économie plus écologique. Les puces matures resteront donc très pertinentes pour les industries et les technologies

émergentes longtemps dans le futur (Shivakumar et al., 2023a p.1-2). Par conséquent, identifier les puces matures comme distinctes des puces avancées en termes de taille de transistor pourrait limiter notre compréhension de leur importance stratégique et économique.

Ainsi, les récentes restrictions à l'exportation visant à limiter la capacité de la Chine à fabriquer des puces avancées pourraient laisser à la Chine le soin d'innover dans les puces grand public, ce qui représenterait une grande vulnérabilité pour les États-Unis et ses alliés (Shivakumar et al., 2023a, p.2). D'ailleurs, les données sur les investissements annoncés en mars 2023 montrent que la Chine et Taïwan détiennent environ 60% de la capacité mondiale de production de puces de 20 à 45 nm, avec 27% uniquement en Chine. Si l'on inclut les nouvelles usines qui devraient être mises en service, la Chine et Taïwan pourraient ensemble représenter jusqu'à 80% de la capacité mondiale de fabrication de puces de 20 à 45 nm au cours des trois à cinq prochaines années. Les concepteurs de puces américains dépendent presque entièrement des fonderies étrangères pour la fabrication de puces de 20 à 45 nm. Pour les puces de 50 à 180 nm, la situation est similaire. La Chine a actuellement environ 30% de la capacité de production mondiale de puces de 50 à 180 nm, mais ce pourcentage pourrait augmenter à 35% au cours des cinq prochaines années si toutes les usines chinoises annoncées en mars 2023 sont construites comme prévu. En dix ans, la Chine pourrait contrôler environ 46% de la capacité mondiale de production de puces de 50 à 180 nm pour les concepteurs de puces qui n'ont pas leur propre usine (Kleinhans et al., 2023).

L'augmentation de la capacité de production de puces matures en Chine a des implications importantes pour les fabricants d'équipements chinois et étrangers. Pour les fabricants chinois de voitures électriques, de robots industriels, de drones, d'appareils IoT, d'appareils médicaux et d'autres produits, la croissance à volume élevé et à faible marge de la fabrication de puces matures en Chine permet de réduire les coûts de production et d'isoler les chaînes d'approvisionnement des équipementiers chinois des perturbations externes. En même temps, la croissance de la capacité de la Chine et sa compétitivité en termes de coûts incitent les fabricants d'équipement étrangers à se tourner vers la Chine pour se procurer des puces matures bon marché tout en concentrant leurs ressources sur le développement de technologies de pointe. Cette dynamique peut susciter des préoccupations chez les décideurs américains quant à la dépendance de la chaîne d'approvisionnement à l'égard de la Chine dans les domaines des "anciennes technologies" (Kleinhans et al., 2023). Si, par exemple, la Chine stimule la production de puces matures, en

faisant baisser les prix et en dépassant les entreprises américaines et occidentales, la forte dépendance des pays occidentaux à l'égard des fournisseurs chinois pour ces puces pourrait en être le résultat final (Schueller, 2023). Les experts américains ont déjà exprimé leur préoccupation quant au risque de domination potentielle de la Chine. Matt Pottinger, ancien conseiller adjoint à la sécurité nationale des États-Unis, a souligné que si la Chine renforçait sa capacité à fabriquer des puces matures, cela lui « donnerait un pouvoir coercitif sur tous les pays et toutes les industries – militaires ou civiles – qui dépendent des puces de 28 nm, ce qui représente une très grande partie de l'univers des puces » (Shivakumar et al., 2023a, p.6). C'est pour cette raison que le *CHIPS and Science Act* a alloué 10 milliards \$US pour la fabrication de puces matures (Kleinhans et al., 2023).

Toutefois, pour dépasser la Chine dans ce segment du marché, il faudra du temps, des ressources et une tolérance politique pour des prix plus élevés. Pour mettre en perspective, dans les trois à cinq prochaines années, la Chine devrait ajouter presque autant de nouvelles capacités de production de puces de 50 à 180 nm que le reste du monde réuni. De plus, si les États-Unis décidaient de réduire leur dépendance envers la Chine pour l'approvisionnement en puces matures, ils devraient toujours faire face aux risques liés à la fabrication de puces à Taïwan, qui est essentielle pour la capacité de fonderies des États-Unis et de leurs partenaires, en raison de la possibilité d'une crise entre les deux rives du détroit (Kleinhans et al., 2023).

L'importance des puces matures pour le bon fonctionnement de l'économie moderne ne fera que croître. Les États-Unis doivent donc envisager toutes les possibilités que la Chine acquière une position avantageuse dans la chaîne de valeur des puces matures, ce qui constituerait une conséquence involontaire majeure des contrôles à l'exportation (Allen, 2022a). Les mesures restrictives mises en place par les États-Unis sur les fabricants de puces chinois entraîneront des décisions difficiles pour le PCC, les gouvernements locaux et les conseils d'administration des entreprises. Ils devront déterminer comment aider l'industrie chinoise des puces à se libérer de la dépendance aux États-Unis, ce qui pourrait signifier se concentrer sur la production de puces matures plutôt que de continuer à essayer de rivaliser avec les États-Unis dans des domaines plus innovants et de pointe (Kleinhans et al., 2023). Le *National Defense Authorization Act* pour l'année fiscale 2023 (NDAA) a récemment adopté une mesure visant à empêcher la domination des entreprises chinoises dans la fabrication de puces matures. L'amendement, signé le 23 décembre 2022, interdit aux entrepreneurs gouvernementaux de fournir des produits contenant des puces

provenant des entreprises chinoises SMIC, YMTC et ChangXin Memory Technologies (CXMT) au gouvernement fédéral américain. Il garantit au gouvernement américain un certain pouvoir d'achat pour les entreprises non chinoises afin de maintenir les lignes de production de ces semi-conducteurs. Cependant, ces nouvelles dispositions n'empêchent pas les entreprises américaines, étrangères ou les gouvernements étrangers d'acheter ces puces pour une utilisation dans des produits qui ne sont pas liés à l'approvisionnement du gouvernement américain (Rasser & Wolf, 2022).

2.3.3.2 Couper l'approvisionnement en terres rares et en minéraux critiques ?

La Chine envisage certainement d'autres réponses à long terme contre les contrôles à l'exportation sur les semi-conducteurs des États-Unis. Une de ces réponses pourrait être d'utiliser son influence dans les chaînes d'approvisionnement en minéraux critiques incluant les terres rares (Khan, 2021). Pour produire des puces logiques de haute technologie, il est nécessaire d'utiliser au moins 300 matériaux différents, tels que des minéraux, des gaz industriels et des produits chimiques. Bien que ces matériaux ne représentent qu'une petite partie de l'industrie des semi-conducteurs, ils sont essentiels pour la production dès le début. Selon la SIA, il n'y a souvent pas d'alternatives connues à ces matériaux qui répondent à nos besoins, ce qui rend l'approvisionnement sûr et continu en ces matériaux critiques extrêmement important pour l'industrie des semi-conducteurs (Dwivedi & Wischer, 2022). Les terres rares sont utilisées dans la fabrication de semi-conducteurs, mais sont également essentielles dans plusieurs autres secteurs stratégiques. Qu'il s'agisse d'avions à réaction ou d'armement, de téléphones intelligents, de disques durs, de véhicules électriques et de lampes D.E.L., d'éoliennes ou de raffinage du pétrole, tout dépend de ces 17 métaux que composent les terres rares (Ahmed, 2022). Bien que leur nom suggère le contraire, la plupart des terres rares sont en réalité relativement abondantes. Toutefois, le processus d'extraction et de transformation de ces éléments en matériaux utilisables est coûteux et peut causer des dommages à l'environnement. Pendant de nombreuses années, la Chine a exploité sa main-d'œuvre relativement peu coûteuse et ses lois environnementales peu contraignantes pour acquérir un avantage concurrentiel sur le marché mondial et devenir le principal fournisseur de terres rares (ChinaPower Project, 2020). Aujourd'hui, la Chine possède 40% des réserves mondiales de terres rares, mais produit 70% de l'approvisionnement en matières premières. Dans le traitement en aval, techniquement complexe

et dangereux, la Chine exerce un contrôle quasi total de 90%. Près de 60% des terres rares importées par les États-Unis sont utilisées comme catalyseurs dans le processus de raffinage du pétrole, tandis que la dépendance de l'armée envers ces éléments est toute aussi critique. Les avions de chasse, les bombes intelligentes, les drones, les missiles de croisière, les systèmes de ciblage laser et les radars dépendent des terres rares, de composants fabriqués à partir d'éléments de terres rares et de matériaux qui sont presque exclusivement fabriqués en Chine (Ahmed, 2022). Par exemple, chaque avion militaire F-35, conçu pour les attaques au sol et les missions de supériorité aérienne, contient 920 livres d'éléments de terres rares d'origine chinoise. Sur les 35 minéraux critiques et métaux identifiés comme essentiels au progrès et à la sécurité nationale par l'Institut d'études géologiques des États-Unis, la Chine était classée comme principal producteur de 16 éléments, dont le tungstène et le gallium, nécessaires à la production de semi-conducteur. En revanche, les États-Unis ne sont les principaux producteurs que de deux des 35 éléments identifiés (Sharma, 2022). La dépendance des États-Unis à l'égard des importations dépasse 75% pour 23 de ces minéraux dont 12 dépendent à 100% de la Chine. Il n'existe pas encore de solution de remplacement viable pour ces minéraux et une pénurie de ces éléments pourrait mettre en péril le statut de superpuissance des États-Unis. De plus, la concentration du marché aux mains de la Chine rend les perturbations de la chaîne d'approvisionnement des terres rares plus probables en raison des risques géopolitiques (Dwivedi & Wischer, 2022).

La Chine a clairement démontré sa volonté d'utiliser son influence dans l'industrie mondiale des terres rares pour atteindre ses objectifs politiques. Bien que de nombreux pays cherchent à réduire leur dépendance à l'égard des exportations chinoises de terres rares afin de minimiser les perturbations potentielles de la chaîne d'approvisionnement, ils demeurent néanmoins fortement tributaires de ces exportations. Notamment, en 2010, lors d'un différend tendu avec Tokyo au sujet des îles contestées, Senkaku et Diaoyu, la Chine a utilisé les exportations de terres rares comme arme politique en limitant les exportations vers le Japon pendant deux mois. Cette mesure est un exemple notable du fait que la Chine est capable d'utiliser les terres rares comme outil politique (ChinaPower Project, 2020). En 2019, au début de la guerre commerciale entre la Chine et les États-Unis, la Commission nationale chinoise du développement et de la réforme, qui supervise la politique économique de l'État, a averti que « si quelqu'un veut utiliser des produits fabriqués à partir de terres rares pour freiner le développement de la Chine, alors le peuple de la base révolutionnaire soviétique et l'ensemble du peuple chinois ne seront pas contents » (Dwivedi &

Wischer, 2022). Ce qui est encore plus préoccupant, c'est que la domination de la Chine sur les matériaux critiques est susceptible de se poursuivre, en raison de l'importance du contrôle qu'elle a sur les réserves minérales mondiales (Dwivedi & Wischer, 2022).

Si des restrictions sur les exportations de terres rares n'étaient qu'effectives à court et moyen terme, la possibilité que la Chine utilise son influence sur les chaînes d'approvisionnement en terres rares dans le cadre du conflit technologique avec les États-Unis demeure probable. Une chose qui est certaine, toutefois, est que les États-Unis doivent prendre des mesures pour empêcher la Chine d'utiliser les terres rares comme levier pour réagir à ses actions, telles que ses nouveaux contrôles à l'exportation sur les semi-conducteurs. Les États-Unis doivent agir en conséquence pour séparer leurs industries stratégiques des terres rares chinoises. Les nouveaux contrôles à l'exportation créés davantage d'urgence pour que les États-Unis prennent les mesures nécessaires afin d'atténuer les risques de représailles de la Chine qui pourraient se traduire par des perturbations de l'offre chinoise de terres rares (Foss & Koelsch, 2022).

Si les États-Unis ont accordé la priorité à la fabrication des semi-conducteurs par le biais de projets de loi comme le *CHIPS and Science Act*, l'accent mis sur la fabrication néglige l'importance des minéraux critiques. Sans financement spécifique pour les minéraux critiques, la chaîne d'approvisionnement américaine de semi-conducteurs continue de dépendre des minéraux contrôlés par des entreprises chinoises. Même si les objectifs de production actuels sont atteints, la forte dépendance envers les marchés de l'Asie de l'Est continue de présenter des risques significatifs à long terme. Il est crucial que les États-Unis développent leur propre capacité de production de minéraux critiques pour éviter une forte dépendance envers le marché chinois. En l'absence de cela, la capacité américaine de production de semi-conducteurs et, par extension, la sécurité nationale, sont fortement tributaires des actions de la Chine (Dwivedi & Wischer, 2022). Le Pentagone fait depuis longtemps pression pour développer des mines de terres rares en Australie, au Burundi ou au Myanmar afin de réduire la dépendance à l'égard de la Chine. Toutefois, il faudrait au moins dix ans pour égaler la capacité de production chinoise puisqu'il faut environ dix ans pour qu'une mine de terres rares atteigne un bon rendement. C'est aussi un projet qui demande de grandes ressources financières, soit au moins 1 milliard \$US en investissement. Malgré cela, avec le temps, les États-Unis seraient probablement en mesure de reconstruire les chaînes d'approvisionnement en terres rares. Depuis le différend avec le Japon en 2010, le Japon a diminué sa dépendance envers

les terres rares chinoises d'environ un tiers. Ces éléments seront pris en compte par la Chine dans sa décision d'imposer des restrictions à l'accès à ses terres rares, mais la Chine pourrait également considérer qu'une restriction temporaire à l'accès des États-Unis aux terres rares est un coût raisonnable pour affaiblir le secteur technologique américain (Demarais, 2022).

2.3.3.3 Les perturbations mondiales d'un conflit à Taïwan

Une autre conséquence potentielle des contrôles à l'exportation des États-Unis sur la Chine est le risque d'une invasion de Taïwan, le plus grand producteur mondial de puces, par la Chine. Au fil des années, Taïwan a acquis une position de plus en plus dominante dans le secteur des semi-conducteurs. Cependant, cette croissance a été accompagnée d'une augmentation des tensions avec la Chine continentale. La Chine continue de souhaiter l'unification avec le continent de Taïwan, qu'elle revendique comme sien, considérant cet événement comme inévitable et crucial pour le renouveau national. Dans son discours du Nouvel An en 2019, le président Xi Jinping a appelé Taïwan à reconnaître que cette réunification avec la Chine « doit et va » se faire, tout en avertissant que l'utilisation de la force militaire n'est pas totalement exclue. Il est de plus en plus probable que la Chine cherche à unifier Taïwan en utilisant des moyens militaires, car elle continue d'augmenter ses exercices militaires près du détroit de Taïwan. En 2021, la Chine a effectué 950 vols au-dessus de la zone d'identification de défense aérienne de Taïwan, soit presque deux fois plus qu'en 2020, et a enregistré 56 vols en une seule journée le 4 octobre 2021 (Arcuri & Lu, 2022). Les récentes tensions dans le détroit de Taïwan ont suscité des inquiétudes quant à un possible conflit entre la Chine et Taïwan, ainsi que des interrogations sur les répercussions économiques mondiales de cette situation. Il est impossible de prédire comment un tel conflit se déroulerait, ce qui rend difficile toute estimation de ses conséquences économiques et commerciales. Cependant, les risques d'une crise impliquant Taïwan ont augmenté dernièrement, ce qui rend ces questions plus importantes que jamais pour les dirigeants politiques et les chefs d'entreprises. Taïwan est devenu un acteur majeur dans l'industrie des semi-conducteurs, et les États-Unis et la Chine dépendent maintenant tous deux fortement de l'île pour obtenir des puces. TSMC est particulièrement importante, car elle détient 53% du marché mondial de la production de semi-conducteurs. En fait, TSMC est tellement dominante sur le marché qu'en 2019, elle a fourni 92% des puces les plus avancées (Saillofest,

2022). Aucune autre entreprise de semi-conducteurs au monde ne peut égaler l'expertise de TSMC en matière de fabrication, d'efficacité et de gestion innovante.

La domination de Taïwan dans la fabrication de puces a fait de l'île un point d'étranglement d'une grande valeur stratégique dans la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs. Le département d'État américain a récemment commandé une étude qui a révélé que si l'industrie des puces de Taïwan était perturbée par un blocus hypothétique de la part de la Chine, cela pourrait entraîner des pertes annuelles impressionnantes de 2 500 milliards \$US pour l'économie mondiale (Powers-Riggs, 2023). Plusieurs estiment que Taïwan est protégé par un « bouclier de silicium » en raison de sa domination dans l'industrie des semi-conducteurs. Selon cette théorie, si la Chine devait entreprendre une action militaire contre Taïwan, les pays seraient plus enclins à soutenir Taïwan militairement, économiquement ou diplomatiquement en raison de la dépendance mondiale à l'égard des puces taïwanaises (Arcuri & Lu, 2022). Tout d'abord, la forte dépendance du secteur technologique chinois envers les fonderies taïwanaises signifie que les dirigeants du PCC doivent tenir compte des conséquences économiques et militaires d'une invasion potentielle, ce qui peut les pousser à faire preuve de retenue (Powers-Riggs, 2023). TSMC produit elle seule 10% de la production nationale de puces chinoises dans ses usines de Shanghai et de Nanjing et en exporte 60% depuis Taïwan (Cronin, 2022). Malgré la présence d'un écosystème croissant d'entreprises de conception technologique de classe mondiale en Chine (comme Baidu et Alibaba) et d'un programme gouvernemental massif favorisant la production locale de puces, la Chine n'a pas réussi à construire une base compétitive pour la fabrication de puces. Tant que les entreprises chinoises ne trouveront pas d'alternatives aux fournisseurs taïwanais, les objectifs de développement économique de la Chine seront étroitement liés à la paix et à la stabilité dans le détroit de Taïwan. La deuxième couche de sécurité est due à la dépendance des pays tiers, y compris des grandes puissances économiques telles que les États-Unis, le Japon et l'UE, envers l'industrie des semi-conducteurs de Taïwan. Ces pays ont un intérêt économique crucial à préserver l'autonomie de Taïwan. En plus des raisons morales, stratégiques et politiques de protéger Taïwan, le besoin de puces de pointe garantit que la préservation des fonderies taïwanaises, et donc que la souveraineté de l'île, reste une préoccupation vitale pour une grande partie du monde (Powers-Riggs, 2023).

Les conséquences d'une invasion chinoise de Taïwan et de l'arrêt de sa production de puces, étant donné le niveau de domination du marché par Taïwan, pourraient être désastreuses sur l'ensemble

de l'économie mondiale. Si un blocus se produisait, l'impact économique le plus important à l'échelle mondiale viendrait d'une interruption de commerce de Taïwan avec le reste du monde, en particulier pour les semi-conducteurs. Les perturbations liées aux chaînes d'approvisionnement mondiales, en particulier dans les secteurs majeurs qui utilisent des puces comme l'électronique, l'automobile et l'informatique, auraient des conséquences graves sur l'économie globale (Vest et al., 2022). La disponibilité de biens et d'équipements contenant des puces taïwanaises est cruciale pour de nombreuses industries, y compris le commerce électronique, la logistique, le divertissement et d'autres secteurs qui emploient collectivement des dizaines de millions de personnes. Une pénurie de pièces de rechange et de composants d'infrastructures publiques essentielles, telles que les télécommunications et les appareils médicaux, pourrait se produire. Dans l'ensemble, les impacts sociaux et économiques d'une telle pénurie sont incalculables, mais ils seraient probablement catastrophiques (Vest et al., 2022). Bien que les États-Unis aient une certaine capacité d'autosuffisance dans la production de semi-conducteurs pour les technologies militaires, de nombreux systèmes de défense américains, tels que les avions de chasse, les radars et les systèmes de défense antimissile avancés, dépendent de puces commerciales produites à Taïwan. Si les installations de fabrication taïwanaises étaient perturbées en raison du conflit avec la Chine, cela pourrait causer des points d'étranglement catastrophiques dans la capacité militaro-industrielle des États-Unis, affaiblissant gravement leur sécurité nationale et leur capacité de combat. Cependant, les conséquences économiques mondiales seraient encore plus importantes que les considérations militaro-technologiques. Les puces fabriquées par TSMC se retrouvent dans chaque nouvel iPhone d'Apple et dans de nombreux semi-conducteurs utilisés dans les voitures modernes. De plus, le déploiement de l'infrastructure 5G et de l'IoT dépend fortement de la disponibilité de microprocesseurs avancés, que seules quelques entreprises, dont TSMC, ont la capacité de produire. Il existe de nombreuses autres industries et technologies essentielles qui seraient gravement affectées par des perturbations dans la production de puces à Taïwan (Arcuri & Lu, 2022).

Certains experts estiment que la dépendance de la Chine à l'égard de TSMC sert moins de bouclier protecteur que d'appât, incitant potentiellement les dirigeants du PCC à prendre le contrôle de l'entreprise afin de contrôler la chaîne d'approvisionnement technologique stratégique. De plus, les restrictions sur l'industrie chinoise des semi-conducteurs et la vulnérabilité croissante de l'économie chinoise face aux contraintes d'approvisionnement sont des facteurs qui pourraient

pousser la Chine à envisager une action militaire directe contre Taïwan. Puisque TSMC est fortement tributaire des intrants américains dans son processus de fabrication, les nouvelles règles permettent aux États-Unis d'interdire à TSMC de fabriquer des puces d'IA avancées pour les acheteurs chinois, ce qui pourrait entraîner des conséquences catastrophiques pour les industries émergentes de l'IA et des superordinateurs en Chine, qui dépendent fortement de l'accès aux puces de pointe de TSMC (Powers-Riggs, 2023). Selon George Calhoun, un expert dans le segment high-tech de l'industrie des technologies sans fil et contributeur Forbes a avancé que si une guerre avec la Chine venait à éclater, « elle résulterait d'une douleur économique aiguë, infligée à la Chine par les actions des États-Unis visant à les priver de la ressource physique la plus essentielle du XXI^e siècle : les semi-conducteurs » (Calhoun, 2021). Jusqu'à présent, la Chine n'a pas été suffisamment convaincue de prendre des mesures militaires contre Taïwan en raison des risques de conflit avec les États-Unis. Cependant, la crise des semi-conducteurs pourrait changer la donne. TSMC étant un acteur dominant de l'écosystème mondial des semi-conducteurs, une telle prise de contrôle pourrait renforcer la position géopolitique de la Chine, en plus de combler la pénurie d'approvisionnement. Cela pourrait être une raison suffisamment convaincante pour Pékin de risquer un conflit ouvert avec les États-Unis et d'en finir avec Taïwan (Calhoun, 2021). Si la Chine décidait d'envahir Taïwan, cela aurait un impact considérable sur l'industrie mondiale des semi-conducteurs. TSMC serait particulièrement touchée, car ses usines seraient probablement rendues inopérantes par une force militaire ou une invasion. Cette perturbation se propagerait rapidement à travers les chaînes d'approvisionnement mondiales, rendant les fabricants incapables de produire des produits courants. Si TSMC ne peut pas produire de puces, l'économie mondiale risque de s'effondrer. Si TSMC peut toujours produire des puces, mais que la Chine dicte les conditions d'accès, les entreprises qui dépendent de TSMC et d'autres sociétés taïwanaises de semi-conducteurs seront soumises aux exigences du PCC (Ramaswamy & Pompeo, 2022).

Afin de conserver son alliance avec Taïwan, les États-Unis doivent mettre en avant des efforts pour soutenir les capacités d'autodéfense de Taïwan et les négociations commerciales en cours entre les États-Unis et Taïwan afin de montrer son engagement envers la sécurité et la prospérité de Taïwan. Étant donné les défis actuels pour maintenir un équilibre délicat entre les deux côtés du détroit, il est crucial que les États-Unis et Taïwan travaillent ensemble pour éviter toute détérioration de leurs relations (Powers-Riggs, 2023).

2.4 La nécessaire coopération des alliés des États-Unis

Les nouvelles règles de contrôle des exportations ont été imposées unilatéralement par les États-Unis, sans l'accord de leurs alliés, après des discussions qui ont échoué plus tôt en 2022. Contrairement aux mesures de contrôle imposées à la Russie ces dernières années et qui ont été étendues après que la Russie ait envahi l'Ukraine, les États-Unis n'ont pas réussi à obtenir l'adhésion de ses alliés à ses nouvelles règles avant de les publier, même après avoir travaillé intensément avec eux pendant plusieurs mois avant l'annonce (Benson, 2023). Depuis son entrée en poste, l'administration Biden a discuté avec ses homologues des Pays-Bas et du Japon des restrictions sur les SME. Puisqu'ensemble, les Pays-Bas, le Japon et les États-Unis fournissent 90% des SME, des contrôles sur de tels points d'étranglement seraient le moyen le plus efficace d'affecter les efforts d'indigénisation des semi-conducteurs de la Chine. Néanmoins, ces pourparlers n'ont pas abouti à un accord et les États-Unis ont pris des mesures unilatérales (Rasser & Wolf, 2022). Cependant, le gouvernement américain sait que s'il finit par cavalier seul, les restrictions à l'exportation sur les semi-conducteurs ne fonctionneront probablement pas aussi bien. Après l'annonce des contrôles du 7 octobre 2022, un haut fonctionnaire américain a reconnu que « les contrôles unilatéraux que [les États-Unis] mettent en place perdront de leur efficacité avec le temps si d'autres pays ne se joignent pas à [eux] » (Shivakumar et al., 2022). En effet, compte tenu du caractère intégré de l'industrie mondiale des semi-conducteurs, le soutien des alliés et des partenaires des États-Unis sera essentiel pour que ces mesures soient couronnées de succès.

2.4.1 L'Arrangement Wassenaar

Tout en reconnaissant que les actions du BIS soient motivées par des préoccupations stratégiques, les alliés et certaines entreprises de semi-conducteurs réclament la mise en place d'un nouveau régime international de contrôle des exportations plus efficace qui coordonne mieux l'action politique et permet aux entreprises de gérer leurs investissements et de planifier leurs activités sur le long terme. Ce nouveau régime remplacerait l'actuel accord de Wassenaar, qui est considéré comme obsolète et inefficace pour contrôler l'exportation de technologies sensibles (Shivakumar et al., 2023b).

L'Arrangement de Wassenaar est un système de contrôle des exportations volontaire et multilatéral complet. Il a été signé en 1996 après la fin de la Guerre froide par une coalition de pays qui comprenait d'anciens membres du Pacte de Varsovie, de nouveaux États indépendants, des alliés de l'OTAN et des pays européens non alignés. Cet accord a été le premier accord multilatéral au monde à traiter du contrôle des exportations d'armes conventionnelles et de produits, logiciels et technologies à double usage militaire et civil. Dans le cadre de l'Accord de Wassenaar, les États membres doivent établir une liste d'articles soumis à des contrôles à l'exportation. Pour les biens figurant sur la liste, chaque pays doit réglementer les exportations à travers sa propre législation nationale. Malgré son importance, l'Accord de Wassenaar rencontre des obstacles dans son application en raison du contexte international actuel. De plus, comme de nombreux accords internationaux, Wassenaar est handicapé par un mécanisme de mise en œuvre inadéquat. Les États membres ne disposent pas des outils nécessaires pour contraindre les autres pays membres à respecter les dispositions relatives au contrôle des exportations. Cette difficulté est en partie due au fait que la définition des technologies à double usage est ambiguë, car de nombreuses technologies apparemment inoffensives peuvent avoir des applications militaires. En conséquence, les pays hésitent à réglementer leurs exportations pour des raisons de sécurité nationale intangibles (Shivakumar et al., 2023b).

2.4.2 Vers un nouveau cadre de coopération

Pour réussir sa politique ambitieuse en matière de semi-conducteurs, les États-Unis auront besoin du soutien de leurs alliés. Les entreprises préviennent déjà que si les alliés des États-Unis ne mettent pas en place des contrôles complémentaires sur les exportations, les sanctions américaines ne feront que pousser les acheteurs chinois à remplacer les produits et SME américains par des composants comparables provenant d'autres pays. Cependant, certains des principaux alliés des États-Unis, tels que les gouvernements européens, sud-coréen et taïwanais, n'ont pas encore mis en place des mesures similaires. Les entreprises de ces pays sont des sources clés de conception, d'équipement, de technologie, de matériaux et de savoir-faire spécialisés pour la fabrication des puces les plus avancées (Shivakumar et al., 2022). En raison de la complexité et de l'interdépendance de la chaîne d'approvisionnement, il est essentiel que les pays alliés s'engagent également à restreindre l'accès de la Chine aux matériaux, équipements et puces de pointe. Si les entreprises chinoises peuvent

s'approvisionner auprès de ces pays, l'efficacité des sanctions de la politique américaine sera limitée dans le temps (Kelley, 2022).

Cependant, convaincre les alliés de se joindre à la décision unilatérale des États-Unis peut être difficile. Tout comme les fabricants américains de puces et de SME, les entreprises européennes, japonaises et sud-coréennes dépendent fortement du marché chinois pour leurs activités. Il pourrait donc s'avérer ardu de les persuader de renoncer à cette source de revenus (Mark & Roberts, 2023). La nouvelle stratégie américaine a des implications économiques pour ses alliés, ce qui empêche leur soutien.

L'opinion de l'Europe sur la Chine s'est durcie dans la dernière année en raison de la complicité du PCC dans l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Les partenaires asiatiques de Washington sont également conscients des menaces posées par la Chine, mais cherchent encore à gérer les tensions géopolitiques croissantes sans perturber leurs relations commerciales avec la Chine. Cependant, l'augmentation du scepticisme envers la Chine ne garantit pas un accord avec les États-Unis sur des mesures spécifiques. Les principaux partenaires pourraient accepter de renforcer certains contrôles à l'exportation, mais il est peu probable qu'ils acceptent une approche qui exclut de vastes secteurs de l'économie chinoise comme le fait les États-Unis (Kilcrease, 2023).

Le fait de ne pas réussir à convaincre les alliés de suivre les États-Unis pourrait également se retourner contre les États-Unis, car les entreprises étrangères pourraient facilement s'emparer des parts de marché américaines perdues (Mark & Roberts, 2023). Les entreprises européennes, japonaises et coréennes pourraient opter pour le concept de « substitution », en remplaçant les technologies américaines soumises aux nouveaux contrôles à l'exportation par des technologies équivalentes développées par des entreprises étrangères (Shivakumar et al., 2023b). En ne prenant pas une approche multilatérale, cela laisse à la Chine trop de possibilités de saper ou de contourner les mesures prises (Mark & Roberts, 2023). C'est une préoccupation réaliste et une conséquence involontaire potentielle des nouveaux contrôles à l'exportation des États-Unis. L'administration Biden a pris un risque calculé à cet égard. Il est possible d'être optimiste quant à la possibilité que d'autres pays suivent l'exemple des États-Unis en raison du durcissement de l'attitude à l'égard de la Chine par les pays alliés et des préoccupations croissantes concernant les capacités technologiques de la Chine. Cependant, il y a un obstacle à surmonter, à savoir le désir des entreprises de ces pays de continuer à vendre des produits en Chine, en particulier les types

d'articles que les entreprises américaines ne sont désormais plus en mesure de vendre (Rasser & Wolf, 2022).

Par ailleurs, les États-Unis devraient également s'attaquer aux frictions causées par l'expansion unilatérale des contrôles extraterritoriaux des exportations, qui peut être perçue par les partenaires comme des « mesures coercitives ou d'intimidation » (Hmaidi & Arcesati, 2022). Un discours s'est rapidement imposé selon lequel ces contrôles à l'exportation, et en particulier la FDPR qui permet aux États-Unis de contrôler des entreprises situées à l'extérieur des États-Unis dans certaines circonstances, montre que les États-Unis essaient de maintenir leur position de pouvoir dans la chaîne d'approvisionnement en semi-conducteurs (Danzman & Kilcrease, 2022). Le message sous-jacent de l'administration Biden était que l'Europe et le Japon devaient suivre les directives des États-Unis. D'ailleurs, un responsable japonais aurait qualifié cette attitude de manque de respect à la souveraineté du Japon. Le gouvernement américain prend un risque en agissant de manière unilatérale pour imposer des sanctions à la Chine, sans consulter ses partenaires. En effet, les entreprises étrangères sont particulièrement affectées par les contrôles à l'exportation lorsqu'ils ont une portée extraterritoriale.

Les entreprises européennes ont été profondément perturbées par la manière dont les nouvelles règles américaines s'appliqueraient à elles (Hmaidi & Arcesati, 2022). Cette approche unilatérale rapide peut sembler attrayante à court terme, mais elle risque de fâcher les alliés des États-Unis. Si les États-Unis continuent de s'appuyer sur des contrôles unilatéraux, il sera de plus en plus difficile de travailler avec leurs alliés. Dans le passé, les règles extraterritoriales ne s'appliquaient généralement qu'à une seule entreprise chinoise, Huawei. Cependant, les États-Unis ont désormais étendu l'utilisation des règles extraterritoriales à des secteurs entiers en Chine. Bien que les règles extraterritoriales aient été utilisées de manière extensive dans le cadre des contrôles des exportations russes, elles n'ont été utilisées que comme une mesure extraordinaire en temps de guerre. En revanche, les États-Unis ont adopté une attitude beaucoup plus agressive dans l'utilisation des règles extraterritoriales dans les contrôles du 7 octobre 2022, ce qui indique leur volonté de profiter de leur pouvoir économique pour imposer des restrictions mondiales. Ainsi, ce qui était autrefois une pratique rare est devenu une pratique courante (Kilcrease, 2023).

Le 27 janvier 2023, l'administration Biden a obtenu un accord avec les Pays-Bas et le Japon pour restreindre les exportations de certains SME de pointe pour la fabrication de puces avancées vers

la Chine. L'accord, qui fait suite à des réunions de haut niveau avec des responsables de la sécurité nationale à Washington, contribuera à étendre la portée des restrictions imposées unilatéralement par l'administration Biden sur l'industrie des semi-conducteurs chinoise. Les entreprises basées dans les deux pays alliés, notamment ASML, Nikon et Tokyo Electron, seront soumises à certains contrôles à l'exportation adoptés par les États-Unis en octobre 2022. Les détails de l'accord n'ont pas été dévoilés, mais il semble être destiné à mettre sur un pied d'égalité les industries technologiques des deux pays, en empêchant les entreprises japonaises et néerlandaises de profiter de parts de marché en Chine, qui ont été laissées vacantes par les entreprises américaines (The Japan Times, 2023). Les Pays-Bas, le Japon et les États-Unis produisant ensemble la grande majorité des SME au monde, ces pays constituent un point d'étranglement technologique majeur dans les efforts déployés par la Chine pour développer une industrie nationale des puces avancées, ce qui confère aux États-Unis et à leurs alliés un effet de levier considérable (Rasser & Wolf, 2022).

En mars 2023, les gouvernements néerlandais et japonais ont annoncé leur intention de mettre en place de nouveaux contrôles à l'exportation pour une série de technologies de semi-conducteurs qui couvrent celles de la Chine. Dans une lettre adressée au Parlement le 8 mars, le ministre du Commerce des Pays-Bas a annoncé de nouvelles mesures de contrôle à l'exportation de semi-conducteurs. Ces mesures ne visent pas uniquement la Chine, mais étendent les justifications des contrôles sur les produits à double usage au-delà des règles établies dans l'Arrangement de Wassenaar. Les Pays-Bas ont informé la Commission européenne de ces nouvelles mesures, exprimant leur volonté de les intégrer aux réglementations européennes sur le contrôle des exportations, bien qu'elles aient été initialement mises en place au niveau national (Allen et al., 2023). Par ailleurs, le 31 mars 2023, le Japon a annoncé qu'il allait imposer des contrôles à l'exportation sur 23 types de SME pour aligner ses contrôles commerciaux en matière de technologie aux efforts déployés par les États-Unis pour réduire la capacité de la Chine à fabriquer des puces de pointe. De la même manière que les Pays-Bas, le Japon ne mentionne pas explicitement la Chine dans son annonce, mais vise à empêcher l'utilisation de sa technologie avancée à des fins militaires. Ces contrôles seront effectifs à partir de juillet 2023 et réduiront l'accès de la Chine à un plus grand nombre de produits des entreprises japonaises qui fabriquent des SME (Kelly & Uranaka, 2023). Afin d'assurer l'efficacité du nouveau régime de contrôle des exportations de semi-conducteurs initié par les États-Unis, les Pays-Bas et le Japon devront considérer attentivement les technologies à cibler. Les contrôles néerlandais et japonais ne

devraient pas directement reproduire ceux des États-Unis. L'objectif devrait plutôt être que chaque pays se concentre sur les technologies dans lesquelles ses entreprises sont des producteurs dominants et qui sont les plus dépendantes de la Chine. Par exemple, des contrôles à l'exportation des États-Unis sur les SME ont été imposés sur des outils exclusivement disponibles auprès de fournisseurs américains. Il sera donc, en premier lieu, essentiel que le Japon et les Pays-Bas mettent en place des contrôles similaires à long terme dans ce domaine pour éviter que les entreprises de ces pays ne remplacent simplement les technologies américaines. Cependant, en deuxième lieu, il est tout aussi important que le Japon et les Pays-Bas contrôlent les technologies disponibles exclusivement auprès de Tokyo Electron et d'ASML (Kilcrease, 2023). Même si de nombreux détails demeurent peu clairs à ce stade, l'accord sur le contrôle des exportations de semi-conducteurs entre les États-Unis, le Japon et les Pays-Bas représente une avancée diplomatique importante pour ces trois pays. Malgré tout, il reste encore du travail à faire (Allen & Benson, 2023).

Les États-Unis doivent consacrer plus de ressources diplomatiques qu'auparavant pour s'assurer d'une participation multilatérale. Les enjeux sont importants. Si les États-Unis ne parviennent pas à obtenir le soutien des autres grands acteurs de la chaîne d'approvisionnement de semi-conducteurs, les nouveaux contrôles à l'exportation risquent de désavantager les entreprises américaines tout en ne ralentissant que temporairement les capacités chinoises de conception et de fabrication de puces avancées. Bien que la stratégie de l'administration Biden ait été conçue en tenant compte de ces risques, elle nécessitera des mesures actives pour assurer le soutien de ses partenaires (Shivakumar et al., 2023b). Les impacts à long terme du nouveau régime de contrôles des exportations dépendront fortement de la mesure dans laquelle les alliés des États-Unis adoptent des restrictions complémentaires. Les sanctions et les contrôles à l'exportation ont le plus grand impact, tout en causant le moins de dommage aux entreprises américaines, lorsque plusieurs pays agissent ensemble.

L'Allemagne est un leader dans la production de composants utilisés dans les SME, tandis que la Corée du Sud est à la fois un leader dans la fabrication de puces et un petit producteur sophistiqué de SME. Les deux pays doivent adhérer au nouvel accord pour éviter une rupture dans la chaîne d'approvisionnement mondiale des semi-conducteurs. Idéalement, il serait préférable que l'ensemble de l'UE y adhère également (Allen & Benson, 2023). Les partenaires européens et

asiatiques devront relever le défi de mettre en place des contrôles similaires dans leur cadre juridique existant. Contrairement aux États-Unis, qui ont une autorité plus souple pour imposer des contrôles créatifs sur les exportations, d'autres pays sont limités par les pratiques et les autorités juridiques en place, qui ne permettent que la mise en place de contrôles convenus dans le cadre de régimes multilatéraux. Les pays devront interpréter de manière extraordinaire leur cadre juridique existant pour dresser une liste publique de technologies commerciales qui posent des problèmes de sécurité nationale (Kilcrease, 2023). Si la menace de nouveaux contrôles extraterritoriaux peut atteindre des objectifs politiques à court terme, elle ne résoudra pas les inquiétudes des alliés quant au coût de la dépendance à l'égard de la technologie américaine, qui encouragera ces pays à développer des solutions de remplacement. Pour répondre aux avancées technologiques chinoises, les responsables américains doivent travailler avec leurs partenaires pour développer une compréhension commune de la meilleure façon de traiter la menace que pose la Chine pour leur sécurité nationale (Danzman & Kilcrease, 2022).

3. L'avenir des relations sino-américaines

Les nouvelles restrictions à l'exportation sur les semi-conducteurs haut de gamme et les SME représentent un tournant majeur dans la guerre technologique entre les États-Unis et la Chine, ainsi que dans leurs relations bilatérales. Si l'efficacité de ces contrôles peut être mise en doute, ce qui est certain, c'est que les relations sino-américaines seront affectées par ces nouveaux contrôles. D'ailleurs, le 6 mars 2023, le président Xi Jinping a déclaré dans un discours que la Chine était victime « d'un endiguement et d'une répression généralisés de la part des pays occidentaux et dirigés par les États-Unis » (Martin, 2023). Deux jours plus tard, la directrice du renseignement national américain, Avril Haines, a qualifié les remarques de Xi Jinping de « critiques les plus publiques et les plus directes que nous ayons vues de sa part jusqu'à présent » en ajoutant que le PCC « représente à la fois la principale menace et la plus lourde de conséquences pour la sécurité nationale et le leadership des États-Unis dans le monde » (Martin, 2023). Les narratifs que partagent les deux pays révèlent de plus en plus de méfiance mutuelle et ne font qu'accentuer les divisions entre eux, ce qui pourrait rendre plus difficile la recherche d'une solution pacifique pour coexister sur le long terme. Bien que le pessimisme quant aux relations entre les États-Unis et la Chine ne soit pas nouveau, la situation s'est rapidement dégradée depuis que le président Biden a tenté d'améliorer ces relations lors de sa rencontre avec Xi Jinping lors du Sommet du G20 en Indonésie en novembre 2022. Les tensions se sont intensifiées avec l'affaire du ballon chinois, abattu en février 2023 et qui a suscité une vive réaction nationale aux États-Unis. En outre, le secrétaire d'État Anthony Blinken a annulé un voyage à Pékin qui était censé prolonger la rencontre en tête-en-tête de Biden et Xi au sommet du G20 (Martin, 2023). La relation entre les États-Unis et la Chine est à son plus bas niveau depuis plusieurs années et semble être prise dans une spirale descendante. Actuellement, la Chine ne semble pas faire d'efforts pour améliorer la situation. En fait, son soutien à la Russie dans le cadre de la guerre en Ukraine a contribué à la détérioration des relations avec les États-Unis. La Chine est motivée par la conviction que son partenariat avec la Russie l'aidera à se protéger contre l'hostilité des États-Unis. L'issue et le moment de la fin de la guerre en Ukraine pourraient avoir une influence importante sur les relations entre les États-Unis et la Chine (The Guardian, 2023).

En outre, l'administration Biden n'a pas l'intention d'arrêter ses contrôles à l'exportation sur l'industrie des semi-conducteurs de la Chine. Les États-Unis n'ont pas présenté de plan concret

pour résoudre la guerre technologique avec la Chine et n'ont pas demandé d'amélioration du comportement commercial du PCC, ni donné d'indication sur la levée des sanctions. Les nouvelles sanctions américaines ont renforcé la conviction des dirigeants du PCC que les États-Unis utilisent leur pouvoir sur les technologies de base pour endiguer le développement technologique de la Chine. Pour aggraver davantage les tensions entre les États-Unis et la Chine, les responsables politiques américains pourraient chercher des moyens nationaux pour faire face à la Chine, tels que des projets de loi exigeant que les plans d'investissement gouvernementaux évitent les entreprises chinoises, et des menaces de radier complètement les entreprises chinoises des bourses américaines (Siripurapu & Berman, 2022). La nouvelle loi américaine *CHIPS and Science Act* et l'extension des contrôles à l'exportation ont pour l'instant éliminé toute perspective de trouver un terrain d'entente entre les États-Unis et la Chine sur la politique stratégique en matière de semi-conducteurs. Le gouvernement américain, sous l'administration Biden, semble déterminé à freiner le développement de la Chine dans ce domaine ainsi que dans les technologies stratégiques associées, qu'elles soient civiles ou militaires. Il est peu probable que cela ne change sous une administration républicaine. De son côté, le PCC considère que ces contrôles élargis visent à maintenir l'hégémonie technologique américaine et à entraver le développement des pays émergents et en développement (S. Hsu et al., 2022, p.49). En raison des différences fondamentales dans les modèles de gouvernance politique, économique et sociale des États-Unis et de la Chine, ainsi que de la conviction de leurs dirigeants respectifs que leur modèle est supérieur, il est peu probable que les profonds désaccords entre les deux pays soient résolus à court terme. Selon M. Wu, Directeur du Centre Fairbank, des conflits continueront d'émerger, car « l'une des parties cherche à changer le statu quo, tandis que l'autre cherche à le préserver » (Evans, 2022).

Il se pourrait que l'objectif ultime des États-Unis dans sa récente décision d'interdire les exportations de puces avancées vers la Chine soit de modifier certaines pratiques chinoises, en particulier celles qui semblent ne pas respecter les accords de l'OMC ou autres accords internationaux ou bien il pourrait s'agir d'entraver le développement économique de la Chine et de l'empêcher de défier l'hégémonie des États-Unis. Selon le professeur Ross du Boston College, la réponse des États-Unis à la montée en puissance de la Chine est « d'être le numéro un. Un point c'est tout » (Evans, 2022). Les États-Unis maintiennent que l'interdiction de vendre des puces avancées est très ciblée. Néanmoins, ces produits ont un double usage civil et militaire et ils sont très présents dans divers secteurs de l'économie chinoise, ce qui signifie qu'il y a un élément

d'endiguement de la montée en puissance de la Chine et de l'économie chinoise en tant que puissance technologique. Pour Meia Nouwens, analyste principale à l'Institut national d'études stratégiques, « l'objectif [des États-Unis] n'est pas seulement de maintenir l'écart actuel entre [les États-Unis et la Chine], mais d'essayer de le creuser. Évidemment, cela a provoqué un redoublement d'efforts de la part de la Chine pour assurer sa résilience dans ce domaine, pour surmonter sa dépendance [à l'égard des États-Unis] » (Rizzi, 2023). À travers les récentes déclarations officielles et politiques des États-Unis, on constate que les États-Unis « doivent dominer l'ordre mondial et ne pas permettre à la Chine d'influencer l'ordre mondial » (Evans, 2022). La guerre entre les États-Unis et la Chine n'est pas qu'une guerre technologique, mais aussi une guerre commerciale et idéologique et les semi-conducteurs sont l'un des enjeux centraux de cette guerre.

En réfléchissant à l'orientation future des relations entre les États-Unis et la Chine, selon Winston Lord, ancien ambassadeur des États-Unis en Chine, les États-Unis devraient accepter l'existence d'une bipolarité et ensuite compétitionner avec la Chine. Ce dernier adopte une perspective plus optimiste à l'égard des relations entre la Chine et les États-Unis :

La clé du succès et de meilleures relations avec la Chine est d'investir localement d'abord : sauver la démocratie des États-Unis, réinvestir dans l'avenir pour être compétitifs, puis s'aligner avec d'autres pays pour avoir plus de poids face à la Chine et, en plus, rivaliser pacifiquement n'est pas seulement la meilleure voie pour les États-Unis et [la] politique [des États-Unis], mais elle gagnera le respect et l'attention de la Chine (Evans, 2022).

Cependant, les relations entre la Chine et les États-Unis risquent de demeurer tendues pour une longue période. Il est peu probable que les relations entre les États-Unis et la Chine s'améliorent rapidement. Xi Jinping a mis l'autosuffisance en science et technologie en tête de ses priorités et investi dans les semi-conducteurs pour atteindre cet objectif. Les sanctions américaines pourraient finir par stimuler ce qu'elles sont censées empêcher : le développement d'industries chinoises stratégiques. La menace de sanctions futures incite les dirigeants d'entreprises étrangères à retarder les décisions importantes en matière d'investissement et d'embauche en Chine. Les entreprises technologiques chinoises risquent également de retarder leurs investissements et leur expansion dans les pays occidentaux en attendant de voir ce qui se passera entre autres avec TikTok. Les États-Unis agissent si rapidement qu'ils n'ont pas toujours réussi à persuader leurs alliés de former un front uni, comme c'est le cas avec les contrôles émis en octobre et annoncés avant que les Pays-

Bas, la Corée du Sud et le Japon n'aient apporté leur soutien. Les sanctions américaines pourraient finalement entraîner un cycle de réciprocité, où la Chine et les États-Unis se livrent à une série de représailles mutuelles (The Economist, 2023b). Pour éviter cette éventualité, les États-Unis doivent veiller à adopter une approche concertée et cohérente avec leurs alliés sur la façon de faire face à la menace que pose la Chine pour sa sécurité nationale et pour celle de ses alliés. En travaillant avec leurs alliés, les États-Unis peuvent renforcer leur position diplomatique et économique vis-à-vis de la Chine, tout en évitant une escalade dangereuse des tensions entre les deux pays. Dans la guerre technologique concernant les puces, les États-Unis ont donc besoin de la coopération de leurs alliés européens et asiatiques, tels que l'Allemagne, la Corée du Sud et Taiwan dans l'imposition de contrôles à l'exportation de technologies de semi-conducteurs afin d'assurer l'efficacité de leurs propres contrôles.

Conclusion

Les implications géopolitiques et de sécurité nationale des semi-conducteurs sont complexes et entraînent des répercussions mondiales importantes considérant leur importance critique pour de nombreuses industries, y compris les industries militaires, automobiles et de télécommunications. Les semi-conducteurs sont au cœur de la croissance économique et constituent un élément essentiel de l'innovation technologique (Miller, 2023). En outre, ils jouent un rôle crucial dans le rattrapage militaire de la Chine. La politique de fusion-militaire a permis de restructurer le secteur scientifique et technologique de la Chine afin de stimuler à la fois le développement économique et militaire de la Chine (Allen, 2022a). Les efforts considérables de Xi Jinping pour moderniser l'APL en intégrant notamment l'IA dans ses systèmes militaires pourraient lui permettre de rattraper l'armée américaine (Takagi, 2022). Ainsi, si l'avantage des États-Unis dans l'industrie des semi-conducteurs n'est pas maintenu, cela représente une menace directe à la sécurité nationale des États-Unis (Shivakumar & Wessner, 2022). Cette dimension géopolitique importante des semi-conducteurs qui sont au cœur de la bataille entre les États-Unis et la Chine pour la domination technologique risque d'entraîner une fragmentation accrue des chaînes d'approvisionnement mondiales et causer des perturbations dans le commerce international.

Bien que les États-Unis aient une position forte sur l'ensemble de la chaîne de valeur, ils font face à une diminution de leurs capacités de pointe en matière de fabrication de puces, le moteur de la croissance constante de l'industrie (Allison et al., 2021). Une domination de l'industrie des semi-conducteurs par la Chine pourrait entraîner des répercussions économiques, politiques et militaires graves pour le reste du monde. Ainsi, depuis les dernières années, les États-Unis cherchent à limiter la capacité de la Chine à acquérir des technologies liées aux semi-conducteurs par l'imposition de restrictions à l'exportation vers la Chine. Ces mesures ont comblé les lacunes des réglementations en vigueur, élargi la portée des entreprises concernées et, peut-être plus crucial encore, étendu les restrictions à un plus grand nombre de niveaux de la chaîne d'approvisionnement (Sheehan, 2022). Néanmoins, la stratégie antérieure des États-Unis consistant à maintenir simplement la Chine quelques générations en arrière dans l'industrie des semi-conducteurs a atteint ses limites. L'interdépendance de la chaîne d'approvisionnement laisse les entreprises de semi-conducteurs vulnérables aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement pouvant provenir des fournisseurs, dont ceux de la Chine, ce qui pourrait gravement restreindre la capacité des États-Unis à construire

et à maintenir des infrastructures critiques sécurisées et des systèmes de défense avancés (Corrado, 2022, p.75). De plus, les investissements massifs de la Chine via les politiques du National IC Plan et du MIC2025 ont permis de positionner la Chine parmi les six plus grands acteurs de l'industrie des semi-conducteurs et concentre le marché au profit de la Chine et aux dépens des États-Unis. De cette manière, alors que l'interdépendance des acteurs de la chaîne d'approvisionnement a fait progresser les capacités de chaque acteur de manière significative, les États-Unis tentent de mettre fin à ce compromis en nuisant aux capacités chinoises et en retardant la capacité du pays à s'approprier la chaîne d'approvisionnement. Les énormes mesures incitatives du PCC dans l'industrie des semi-conducteurs mettent en lumière les ambitions de la Chine à garantir sa position en tant que puissance mondiale dans les industries de haute technologie en réduisant peu à peu sa dépendance vis-à-vis les technologies américaines (Institute for Security & Development Policy, 2018, p.1). À cet égard, le 7 octobre 2022, de nouveaux contrôles à l'exportation de semi-conducteurs ont été mis en place pour répondre aux préoccupations de sécurité nationale liées à la Chine, en limitant l'accès de la Chine à des technologies critiques fabriquées aux États-Unis (Shivakumar et al., 2022). Les nouveaux contrôles à l'exportation constituent un changement significatif dans la politique américaine puisqu'ils cherchent désormais à paralyser ou du moins retarder la Chine dans le développement de son industrie nationale des semi-conducteurs de pointe.

C'est dans ce contexte que cet essai cherchait à répondre à la question suivante : **dans quelles mesures les restrictions à l'exportation imposées par les États-Unis sur la Chine dans l'industrie des semi-conducteurs permettront-elles aux États-Unis de maintenir leur domination dans cette industrie pour protéger leur sécurité nationale?** À la lumière de cette analyse, il est possible de conclure que si l'efficacité à court terme des nouveaux contrôles peut être démontrée, leur impact à long terme pourrait être inefficace, voire nuisible. L'efficacité à long terme de ces nouvelles restrictions dépendra de la manière dont ils seront appliqués, de la réponse de la Chine à ces mesures, ainsi que de la coopération des alliés pour imposer des restrictions à l'exportation complémentaires.

En effet, alors que les préoccupations des États-Unis sont centrées sur la sécurité nationale, leur politique visant à freiner la Chine, par opposition au renforcement des capacités nationales, pourrait faire plus de mal que de bien. Les contrôles à l'exportation pourraient finalement pousser le PCC à développer ses propres technologies de pointe. Les entreprises chinoises pourraient être

encouragées à investir davantage dans la R&D pour réduire leur dépendance vis-à-vis des technologies américaines et pour gagner en autonomie technologique. Effectivement, pour faire face à l'impact négatif de la politique d'endiguement des États-Unis, la Chine doit continuer à améliorer ses propres capacités technologiques. Les contrôles à l'exportation américains accélèrent donc un découplage technologique entre la Chine et les États-Unis. Toutefois, maintenir une forte interdépendance économique avec la Chine peut être utile pour limiter ses impulsions politiques et mieux contrôler son accès aux technologies avancées. Également, des restrictions généralisées sur l'exportation de puces avancées peuvent nuire à la compétitivité des entreprises américaines en ouvrant la porte à des alternatives étrangères aux technologies américaines (Danzman & Kilcrease, 2022). Par conséquent, il pourrait s'avérer plus efficace d'éviter les interdictions générales sur le commerce et l'investissement dans les semi-conducteurs et d'opter plutôt pour des restrictions soigneusement calibrées, notamment sur les semi-conducteurs ayant des applications militaires (Mark & Roberts, 2023).

De plus, bien que la Chine n'ait pas eu de réaction substantielle vis-à-vis des nouveaux contrôles à l'exportation, il est essentiel de prendre en compte les options de représailles dont elle dispose. Cela permet de mieux évaluer les conséquences potentielles de ces contrôles pour les États-Unis. D'abord, la Chine pourrait se concentrer davantage sur la fabrication de puces matures, car elle est consciente de l'importance stratégique de ces puces pour son économie, ce qui pourrait renforcer sa position en tant que leader mondial dans ces puces, ainsi que la dépendance des États-Unis et des pays étrangers à la Chine pour ce type de puces (Shivakumar et al., 2022, p.2). Ensuite, la Chine pourrait utiliser sa position dominante dans la production de terres rares et de minéraux critiques pour exercer une pression sur les États-Unis qui dépendent de ces ressources, afin de les forcer à reconsidérer leur position (ChinaPower Project, 2020). Cette stratégie pourrait entraîner des conséquences économiques importantes pour les États-Unis puisque les terres rares sont essentielles dans la chaîne de production de plusieurs secteurs stratégiques. Enfin, la Chine pourrait envisager une invasion de Taïwan pour s'emparer de l'île, qui est considérée par la Chine comme un territoire lui appartenant. Une telle action pourrait déclencher une réaction militaire des États-Unis et une escalade des tensions régionales (Saillofest, 2022). Il est important de souligner que ces scénarios ne sont pas inévitables, mais dépendent des choix politiques de la Chine et de ses relations avec les États-Unis et avec les autres pays concernés. Dans l'ensemble, les gouvernements

doivent prendre en considération ces risques et envisager des stratégies alternatives pour minimiser les répercussions négatives sur l'économie mondiale.

Les États-Unis devront continuer à travailler avec leurs partenaires et à promouvoir la coopération internationale pour établir des normes de sécurité vis-à-vis des semi-conducteurs, tout en investissant dans la R&D pour maintenir leur avantage technologique. Il est essentiel que les États-Unis et ses alliés trouvent un équilibre entre la protection de leur technologie et de leur sécurité nationale, tout en favorisant la coopération et les relations économiques. Des accords bilatéraux et multilatéraux peuvent être nécessaires pour réglementer les exportations de technologies critiques telles que les semi-conducteurs, tout en permettant un accès équitable et régulé aux marchés mondiaux. La coopération internationale est donc essentielle pour garantir la sécurité nationale tout en favorisant la croissance économique et la prospérité (Kelley, 2022). Sans la coopération des alliés dans l'élaboration de politiques complémentaires de contrôles des exportations des semi-conducteurs vers la Chine, les nouvelles règles américaines seront inefficaces et contre-productives.

Le cas des semi-conducteurs illustre le fait que les pays ne peuvent pas facilement gérer l'interdépendance des chaînes d'approvisionnement, en particulier lorsqu'elles sont caractérisées par des dépendances complexes. Bien que certaines entreprises puissent détenir des positions stratégiques dans la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs et maintiennent des points d'étranglement technologiques spécifiques, elles ne peuvent conserver ces positions que grâce à une concurrence constante. Cela créer une structure de chaîne d'approvisionnement qui est plus susceptible d'évoluer au fil du temps et difficile à contrôler par un seul acteur. De ce fait, il est essentiel pour les États-Unis de prendre rapidement des mesures pour établir un consensus avec ses alliés sur une approche commune de la concurrence technologique avec la Chine qui permette de mieux comprendre le rôle approprié des contrôles à l'exportation dans la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs (Danzman & Kilcrease, 2022). Une stratégie mieux coordonnée contribuera à réduire considérablement le risque que d'autres acteurs combler le vide laissé par les États-Unis, mais aussi de rendre plus dévastateurs les contrôles imposés à la Chine. Il sera beaucoup plus difficile pour la Chine de reproduire seule les capacités de plusieurs pays (Danzman & Kilcrease, 2022).

Bien que l'on puisse remettre en question l'efficacité des contrôles, une chose est certaine : ces nouveaux contrôles auront un impact sur les relations sino-américaines. Les tensions entre les États-Unis et la Chine concernant les puces entraîneront la division de la chaîne d'approvisionnement mondiale en deux camps distincts (Lin & Hsiao, 2023). Comme l'a déclaré le secrétaire d'État américain, Antony Blinken en octobre 2022, « nous sommes à un point d'inflexion. Le monde de l'après-guerre froide est arrivé à son terme et une compétition intense est en cours pour façonner l'avenir. La technologie est au cœur de cette compétition » (U.S. Department of State, 2022). La décision prise par le Japon et les Pays-Bas de se joindre aux États-Unis pour adopter de nouvelles mesures de contrôle des exportations de semi-conducteurs est une indication claire que le marché mondial des semi-conducteurs entre dans une nouvelle ère où les préoccupations géopolitiques et de sécurité nationale seront aussi importantes que les forces du marché. Les relations sino-américaines sont aujourd'hui plus incertaines que jamais, en raison de leurs intérêts divergents dans de nombreux domaines, ce qui accentue les tensions et les frictions dans leurs relations. Les États-Unis et leurs alliés doivent se préparer à des représailles plus importantes de la part de la Chine, qui sont déjà en cours.

Bibliographie

- Ahmed, S. (2022). *US controls advanced chips, but China has another card*. The Daily Star. Page consultée le 10 mars 2023. <https://www.thedailystar.net/opinion/views/news/us-controls-advanced-chips-china-has-another-card-3115316>
- Allen, G. C. (2022a). *Choking off China's Access to the Future of AI*. Page consultée le 28 janvier 2023. <https://www.csis.org/analysis/choking-chinas-access-future-ai>
- Allen, G. C. (2022b). *The Only Way the U.S. Can Win the Tech War with China*. Time. Page consultée le 22 février 2023. <https://time.com/6234566/how-us-win-the-tech-war-with-china/>
- Allen, G. C., & Benson, E. (2023). *Clues to the U.S.-Dutch-Japanese Semiconductor Export Controls Deal Are Hiding in Plain Sight*. Page consultée le 10 mars 2023. <https://www.csis.org/analysis/clues-us-dutch-japanese-semiconductor-export-controls-deal-are-hiding-plain-sight>
- Allen, G. C., Benson, E., & Putnam, M. (2023). *Japan and the Netherlands Announce Plans for New Export Controls on Semiconductor Equipment*. Page consultée le 12 avril 2023. <https://www.csis.org/analysis/japan-and-netherlands-announce-plans-new-export-controls-semiconductor-equipment>
- Allen, G. C., Benson, E., & Reinsch, W. A. (2022). *Improved Export Controls Enforcement Technology Needed for U.S. National Security* (p. 16). Page consultée le 18 février 2023. <https://www.csis.org/analysis/improved-export-controls-enforcement-technology-needed-us-national-security>
- Allison, G., Klyman, K., Barbesino, K., & Yen, H. (2021). *The Great Tech Rivalry : China vs the U.S.* Page consultée le 31 janvier 2023. https://www.belfercenter.org/sites/default/files/GreatTechRivalry_ChinavsUS_211207.pdf
- Allison, G., & Schmidt, E. (2022). *Semiconductor Dependency Imperils American Security*. Belfer Center for Science and International Affairs. Page consultée le 11 février 2023. <https://www.belfercenter.org/publication/semiconductor-dependency-imperils-american-security>
- Alsop, T. (2023). *Global semiconductor market size 2023*. Statista. Page consultée le 5 février 2023. <https://www-statista-com.acces.bibl.ulaval.ca/statistics/266973/global-semiconductor-sales-since-1988/>
- Arcuri, G., & Lu, S. (2022). *Taiwan's Semiconductor Dominance : Implications for Cross-Strait Relations and the Prospect of Forceful Unification | Perspectives on Innovation | CSIS*. Page consultée le 3 mars 2023. <https://www.csis.org/blogs/perspectives-innovation/taiwans-semiconductor-dominance-implications-cross-strait-relations>

- Arcuri, G., & Shivakumar, S. (2022). *Moore's Law and Its Practical Implications*. Page consultée le 1^{er} février 2023. <https://www.csis.org/analysis/moores-law-and-its-practical-implications>
- Austry, J. (2020). *Les semi-conducteurs, un enjeu géopolitique mondial au cœur des faiblesses de la stratégie industrielle chinoise – Nemrod ECDS*. Page consultée le 31 janvier 2023. <https://nemrod-ecds.com/?p=4832>
- Bateman, J. (2022). *Maintaining a Military Edge Over China - U.S.-China Technological "Decoupling" : A Strategy and Policy Framework*. Carnegie Endowment for International Peace. Page consultée le 19 février 2023. <https://carnegieendowment.org/2022/04/25/maintaining-military-edge-over-china-pub-86901>
- Bauer, H., Burkacky, O., Kenevan, P., Lingemann, S., Pototzky, K., & Wiseman, B. (2020). *Semiconductor design and manufacturing : Achieving leading-edge capabilities*. McKinsey & Company. Page consultée le 2 février 2023. <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/semiconductor-design-and-manufacturing-achieving-leading-edge-capabilities>
- Bekkevold, J. I. (2022). 5 Ways the U.S.-China Cold War Will Be Different From the Last One. *Foreign Policy*. Page consultée le 28 janvier 2023. <https://foreignpolicy.com/2022/12/29/us-china-cold-war-bipolar-global-order-stability-biden-xi/>
- Benson, E. (2023). *Bargaining Chips : US Allies and Export Controls*. The Diplomat. Page consultée le 28 février 2023. <https://thediplomat.com/2022/12/bargaining-chips-us-allies-and-export-controls/>
- BIS. (2022). *Commerce Implements New Export Controls on Advanced Computing and Semiconductor Manufacturing Items to the People's Republic of China (PRC)*. Office of Congressional and Public Affairs. Page consultée le 18 février 2023. <https://www.bis.doc.gov/index.php/documents/about-bis/newsroom/press-releases/3158-2022-10-07-bis-press-release-advanced-computing-and-semiconductor-manufacturing-controls-final/file>
- Boswall, P. (2022). *The global semiconductor industry is interconnected, like it or not*. The China Project. Page consultée le 31 janvier 2023. <https://thechinaproject.com/2022/07/07/the-global-semiconductor-industry-is-interconnected/>
- Brown, D. (2022). Why China could win the new global arms race. *BBC News*. Page consultée le 12 février 2023. <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-59600475>
- Browne, L., & Durkee, Z. (2023). The Current State of U.S.-China Chip Competition. *The Diplomat*. Page consultée le 10 avril 2023. <https://thediplomat.com/2023/04/the-current-state-of-u-s-china-chip-competition/>

- Calhoun, G. (2021). *War With China? The Economic Factor That Could Trigger It*. Forbes. Page consultée le 4 mars 2023. <https://www.forbes.com/sites/georgecalhoun/2021/09/12/war-with-china-the-economic-factor-that-could-trigger-it/>
- Capri, A. (2020). *Semiconductors at the Heart of the US-China Tech War*. Page consultée le 27 janvier 2023. <https://research.hinrichfoundation.com/hubfs/Capri%20Report%20-%20Jan%202020/Hinrich%20Foundation%20report%20-%20US-China%20tech%20war%20and%20semiconductors%20-%20January%2031%202020.pdf>
- Cerdeiro, D. A., Eugster, J., Mano, R. C., Muir, D., & Peiris, S. J. (2021). *Sizing Up the Effects of Technological Decoupling* (2021(069); IMF Working Papers, p. 39).
- Cherney, M. A. (2022). *New US chip export restrictions affect TSMC, Nvidia, Intel—Protocol*. Protocol. Page consultée le 21 février 2023. <https://www.protocol.com/enterprise/chip-export-restrictions-tsmc-intel>
- Chiang, M.-H. (2022). *Exposing China's Semiconductor Vulnerabilities*. The Heritage Foundation. Page consultée le 7 février 2023. <https://www.heritage.org/asia/commentary/exposing-chinas-semiconductor-vulnerabilities>
- Chiang, M.-H., & Walsh, E. (2023). *Chinese Exports Controls Overdue : Implementation and Oversight Is Key*. The Heritage Foundation. Page consultée le 29 janvier 2023. <https://www.heritage.org/technology/commentary/chinese-exports-controls-overdue-implementation-and-oversight-key>
- China State Council. (2014). *Guideline for the Pomotion of the Development of the National Integrated Circuit Industry*. Page consultée le 6 février 2023. <https://members.wto.org/CRNAttachments/2014/SCMQ2/law47.pdf>
- ChinaPower Project. (2020). *Does China pose a threat to global rare earth supply chains? ChinaPower Project*. Page consultée le 10 mars 2023. <https://chinapower.csis.org/china-rare-earths/>
- Corrado, J. (2022). *Clash or Consensus? : The Conflicting Economic and Security Imperatives of Semiconductor Supply-Chain Collaboration in the Indo-Pacific*. *Journal of Indo-Pacific Affairs*. Octobre 2022. pp. 74-94.
- Crawford, N. (2022). *A major leap towards decoupling in the advanced semiconductor industry*. IISS. Page consultée le 21 février 2023. <https://www.iiss.org/blogs/analysis/2022/11/a-major-leap-towards-decoupling-in-the-advanced-semiconductor-industry>
- Cronin, R. (2022). *Semiconductors and Taiwan's "Silicon Shield"*. *Stimson Center*. Page consultée le 3 mars 2023. <https://www.stimson.org/2022/semiconductors-and-taiwans-silicon-shield/>
- Daly, J. (s. d.). *Chip shortage could undermine national security*. Protocol. Page consultée 3 février 2023. <https://www.protocol.com/sponsored-content/chip-shortage-could-undermine-national-security>

- Danzman, S. B., & Kilcrease, E. (2022). The Illusion of Controls : Unilateral Attempts to Contain China's Technology Ambitions Will Fail. *Foreign Affairs*. Page consultée le 22 février 2023. https://www.foreignaffairs.com/united-states/illusion-controls?check_logged_in=1&utm_medium=promo_email&utm_source=lo_flows&utm_campaign=registered_user_welcome&utm_term=email_1&utm_content=20230222
- Demarais, A. (2022). When Sanctions Work Too Well : Why Decoupling from China Would Backfire. Dans *Backfire : How Sanctions Reshape the World Against U.S. Interests*. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/dema19990>
- Dwivedi, S., & Wischer, G. D. (2022). *Critical Materials Can Make or Break America's Semiconductor Supply Chains*. The National Interest; The Center for the National Interest. Page consultée le 11 mars 2023. <https://nationalinterest.org/blog/techland-when-great-power-competition-meets-digital-world/critical-materials-can-make-or-break>
- Egan, B. (2022). *New US Semiconductor Export Controls Signify Dramatic Shift in Tech Relations With China*. Just Security. Page consultée le 15 février 2023. <https://www.justsecurity.org/83744/new-us-semiconductor-export-controls-signify-dramatic-shift-in-tech-relations-with-china/>
- Ernst, D. (2021). Supply Chain Regulation in the Service of Geopolitics : What's Happening in Semiconductors? *Center for International Governance Innovation*. No. 256. Août 2021. p.40.
- Evans, J. (2022). The Future of U.S.-China Relations : Competition, Coexistence, Cooperation. *Fairbank Center for Chinese Studies*. Page consultée le 21 mars 2023. <https://fairbank.fas.harvard.edu/research/blog/the-future-of-us-china-relations-a-summary-of-coexistence-2-0/>
- Executive Office of the President. (2022). *Revitalizing the U.S. Semiconductor Ecosystem* (N° 20502; p. 33). President's Council of Advisors on Science and Technology. Page consultée le 18 mars 2023. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/09/PCAST_Semiconductors-Report_Sep2022.pdf
- Fang, F. (2023). The Chinese Semiconductor Industry under U.S. New Export Limit. *The Economics Review*. Page consultée le 15 mars 2023. <https://theeconreview.com/2023/01/23/the-chinese-semiconductor-industry-under-u-s-new-export-limit/>
- Feng, L., & Scott, L. (2022). *China Launches WTO Dispute Over US Chip Export Controls*. VOA. Page consultée le 8 mars 2023. <https://www.voanews.com/a/china-launches-wto-dispute-over-us-chip-export-controls/6885310.html>
- Ferry, J., & Layton, R. (2021). *Maintaining U.S. Leadership in Semiconductors and Countering China's Threats*. Page consultée le 31 janvier 2023. https://prosperousamerica.org/wp-content/uploads/2021/03/CTT_CPA_Semiconductor_White_Paper_3.20.21_FINAL-1.pdf

- Financial Times. (2022). How the US chip export controls have turned the screws on China. *Financial Times*. Page consultée le 21 février 2023. <https://www.ft.com/content/bbbdc7dc-0566-4a05-a7b3-27afd82580f3>
- Foss, M. M., & Koelsch, J. (2022). *Of Chinese Behemoths : What China's Rare Earths Dominance Means for the US*. Baker Institute. Page consultée le 11 mars 2023. <https://www.bakerinstitute.org/research/chinese-behemoths-what-chinas-rare-earth-dominance-means-us>
- Global Times. (2023). *US chip ban to spur China's tech breakthroughs : Experts—Global Times*. Global Times. Page consultée le 29 mars 2023. <https://www.globaltimes.cn/page/202301/1284381.shtml>
- Gooding, M. (2022). The US wants to muzzle China's semiconductor industry. It could end up shooting itself in the foot. *Tech Monitor*. Page consultée le 1 mars 2023. <https://techmonitor.ai/technology/silicon/china-semiconductor-us-sanctions-nvidia-amd>
- Goujon, R., Dudley, L., & Kratz, A. (2022). Freeze-in-Place : The Impact of US Tech Controls on China. *Rhodium Group*. Page consultée le 22 février 2023. <https://rhg.com/research/freeze-in-place/>
- Grimes, S., & Du, D. (2020). China's emerging role in the global semiconductor value chain. *Telecommunications Policy*, No. 46. Vol. 2, 14. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.101959>
- Hmadi, A., & Arcesati, R. (2022). *Why Europe Struggles With US Export Controls on China*. The Diplomat. Page consultée le 28 février 2023. <https://thediplomat.com/2022/12/why-europe-struggles-with-us-export-controls-on-china/>
- Hsu, K. T. T. (2022). Taiwan as a Partner in the U.S. Semiconductor Supply Chain. *Wilson Center*, p.18. Page consultée le 3 février 2023. https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/2022-09_Taiwan_SemiconductorSupplyChain_Hsu.pdf
- Hsu, S., Chong, J.-I., Daniels, R., Hargis, S. M., & Lee, J. (2022). *The Role of High Technology in U.S.-China Relations*. The Carter Center. <https://www.cartercenter.org/resources/pdfs/peace/china/finding-firmer-ground-the-role-of-high-technology-in-u.s.-china-relations.pdf>
- Hunt, W., Khan, S. M., & Peterson, D. (2021). *China's Progress in Semiconductor Manufacturing Equipment*. Center for Security and Emerging Technology. p.68.
- Institute for Security & Development Policy. (2018). *Made in China 2025*. Page consultée le 7 février 2023. <https://isdpeu.org/content/uploads/2018/06/Made-in-China-Backgrounder.pdf>
- Jorgensen, B. (2022). China to Consume 21% of its Domestic Chip Output by 2026. *EPS News*. Page consultée le 5 février 2023. <https://epsnews.com/2022/05/19/china-to-consume-21-of-its-domestic-chip-output-by-2026/>

- Kasu, A. (2022). *The Implications of a Burgeoning Technology War Between China and the U.S.* American Security Project. Page consultée le 12 février 2023. <https://www.americansecurityproject.org/the-implications-of-a-burgeoning-technology-war-between-china-and-the-u-s/>
- Kelley, H. (2022). *New US Export Controls Need Allied Support.* The Diplomat. Page consultée le 5 mars 2023. <https://thediplomat.com/2022/11/new-us-export-controls-need-allied-support/>
- Kelly, T., & Uranaka, M. (2023). Japan restricts chipmaking equipment exports as it aligns with US China curbs. *Reuters*. Page consultée le 4 avril 2023. <https://www.reuters.com/technology/japan-restrict-chipmaking-equipment-exports-aligning-it-with-us-china-curbs-2023-03-31/>
- Khan, S. M. (2020). *U.S. Semiconductor Exports to China : Current Policies and Trends.* Center for Security and Emerging Technology. Page consultée le 12 février 2023. <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/U.S.-Semiconductor-Exports-to-China-Current-Policies-and-Trends.pdf>
- Khan, S. M. (2021). *Securing Semiconductor Supply Chains* (p. 71). Center for Security and Emerging Technology. Page consultée le 10 mars 2023. <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/Securing-Semiconductor-Supply-Chains-Policy-Brief.pdf>
- Kilcrease, E. (2023). *How to Win Friends and Choke China's Chip Supply.* War on the Rocks. Page consultée le 27 janvier 2023. <https://warontherocks.com/2023/01/how-to-win-friends-and-choke-chinas-chip-supply/>
- Kleinhans, J.-P., Goujon, R., Hess, J., & Dudley, L. (2023). Running on Ice : China's Chipmakers in a Post-October 7 World. *Rhodium Group*. Page consultée le 18 avril 2023. <https://rhg.com/research/running-on-ice/>
- Lama, N. (2022). *Measuring U.S-China Technological Decoupling, and What it Means for the Future.* Columbia Political Review. Page consultée le 28 janvier 2023. <http://www.cpreview.org/blog/2022/7/measuring-us-china-technological-decoupling-and-what-it-means-for-the-future>
- Li, Z. (2023). *The Future of the China-US Chip War.* The Diplomat. Page consultée le 21 mars 2023. <https://thediplomat.com/2023/03/the-future-of-the-china-us-chip-war/>
- Lin, C., & Hsiao, V. (2023). The Impact of US CHIPS and Science Act on the Trilateral Relationship Between the US, China and Taiwan. *Institute of New Europe*. Page consultée le 25 mars 2023. <https://ine.org.pl/en/the-impact-of-us-chips-and-science-act-on-the-trilateral-relationship-between-the-us-china-and-taiwan-2/>
- Mark, J., & Roberts, D. T. (2023). *United States—China semiconductor standoff: A supply chain under stress.* Atlantic Council. Page consultée le 25 février 2023. <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/united-states-china-semiconductor-standoff-a-supply-chain-under-stress/>

- Martin, P. (2023). *U.S.-China Downward Spiral Raises Fresh Fears of Eventual Conflict*. Time. Page consultée le 22 mars 2023. <https://time.com/6261695/china-us-conflict-fears/>
- McBride, J., & Chatzky, A. (2019, mai 13). *Is 'Made in China 2025' a Threat to Global Trade?* Council on Foreign Relations. Page consultée le 28 mars 2023. <https://www.cfr.org/backgrounders/made-china-2025-threat-global-trade>
- Miller, C. (2022). *Chip War : The Fight for the World's Most Critical Technology*. Scribner. Page consultée le 31 janvier 2023. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ulaval/detail.action?docID=7084315>
- Miller, C. (2023). *Semi-conducteurs : Chine et États-Unis dans la nouvelle ère de la guerre. Le Grand Continent*. Page consultée le 31 janvier 2023. <https://legrandcontinent.eu/fr/2023/01/12/semi-conducteurs-chine-et-etats-unis-dans-la-nouvelle-ere-de-la-guerre/>
- Packard, C. (2022). *New U.S. Semiconductor Export Controls Warrant Caution | Cato at Liberty Blog*. CATO Institute. Page consultée le 18 février 2023. <https://www.cato.org/blog/new-us-semiconductor-export-controls-warrant-caution>
- Powers-Riggs, A. (2023). *Taipei Fears Washington Is Weakening Its Silicon Shield*. Foreign Policy. Page consultée le 3 mars 2023. <https://foreignpolicy.com/2023/02/17/united-states-taiwan-china-semiconductors-silicon-shield-chips-act-biden/>
- PRC State Council. (2015). *Notice of the State Council on the Publication of « Made in China 2025 »*. Page consultée le 7 février 2023. https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/t0432_made_in_china_2025_EN.pdf
- Ramaswamy, V., & Pompeo, M. (2022). *China's Threat to Taiwan Semiconductors*. *Wall Street Journal*. Page consultée le 15 février 2023. <https://www.wsj.com/articles/investing-silicon-semiconductors-chips-taiwan-invasion-tsmc-china-intel-blackrock-asset-manager-11665408814>
- Randall, S. (2022). *Why is China investigating semiconductor "Big Fund"?* TechNode. Page consultée le 7 février 2023. <http://technode.com/2022/08/12/silicon-why-is-china-investigating-the-state-backed-semiconductor-big-fund/>
- Rasser, M., & Wolf, K. (2022). *The Right Time For Chip Export Controls*. Lawfare. Page consultée le 15 février 2023. <https://www.lawfareblog.com/right-time-chip-export-controls>
- Ravi, S. (2023). *SIA Comments : Export Controls Should Protect National Security Without Undermining Innovation*. Semiconductor Industry Association. Page consultée le 21 février 2023. <https://www.semiconductors.org/sia-comments-export-controls-should-protect-national-security-without-undermining-innovation/>
- Reinsch, W. A. (2022). *Export Control : Too Much or Too Little?* Center for Security and International Studies. Page consultée le 18 février 2023. <https://www.csis.org/analysis/export-control-too-much-or-too-little>

- Rizzi, A. (2023). *Is a war between the US and China likely in this decade?* EL PAÍS. Page consultée le 22 mars 2023. <https://english.elpais.com/international/2023-03-20/is-a-war-between-the-us-and-china-likely-in-this-decade.html>
- Rousselot, S. (2023). *La Chine riposte face aux sanctions américaines sur les semi-conducteurs*. Portail de l'IE. Page consultée le 12 mars 2023. <http://portail-ie.fr/analysis/4214/la-chine-riposte-face-aux-sanctions-americales-sur-les-semi-conducteurs>
- Saillofest, M. (2022). Guerre technologique : 10 points sur les semi-conducteurs. *Le Grand Continent*. Page consultée le 28 janvier 2023. <https://legrandcontinent.eu/fr/2022/11/08/guerre-technologique-10-points-sur-les-semi-conducteurs/>
- Scharre, P. (2023). *Decoupling Wastes U.S. Leverage on China*. Foreign Policy. Page consultée le 21 février 2023. <https://foreignpolicy.com/2023/01/13/china-decoupling-chips-america/#:~:text=Over%2090%20percent%20of%20chips,share%20of%20global%20semiconductor%20production.>
- Schneider, J. (2021). China's Chip Industry : Running Faster But Still Falling Behind. *Rhodium Group*. Page consultée le 7 février 2023. <https://rhg.com/research/china-chips/>
- Schueller, M. (2023). Disengagement from China : United States and European Union Policies Compared. *German Institute for Global and Area Studies (GIGA)*. p.10. <https://doi.org/10.57671/GFAS-23012>
- Sharma, V. B. (2022). *China Is Rapidly Monopolizing Rare Earth Elements, Why The World Must Act Now To Stop The Dragon*. Latest Asian, Middle-East, EurAsian, Indian News. Page consultée le 21 février 2023. <https://eurasianimes.com/the-world-must-come-together-to-stop-chinas-monopoly/>
- Sheehan, M. (2022). *Biden's Unprecedented Semiconductor Bet*. Carnegie Endowment for International Peace. Page consultée le 29 janvier 2023. <https://carnegieendowment.org/2022/10/27/biden-s-unprecedented-semiconductor-bet-pub-88270>
- Sheng, W. (2021). *China spends more importing semiconductors than oil* · TechNode. TechNode. Page consultée le 5 février 2023. <http://technode.com/2021/04/29/china-spends-more-importing-semiconductors-than-oil/>
- Shivakumar, S., & Wessner, C. (2022). *Semiconductors and National Defense : What Are the Stakes?* Page consultée le 11 février 2023. <https://www.csis.org/analysis/semiconductors-and-national-defense-what-are-stakes>
- Shivakumar, S., Wessner, C., & Howell, T. (2022). *A Seismic Shift : The New U.S. Semiconductor Export Controls and the Implications for U.S. Firms, Allies, and the Innovation Ecosystem*. Center for Security and Emerging Technology. Page consultée le 14 février 2023. <https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs->

public/publication/221114_Shivakumar__ExportControlImplications_v2.pdf?1SyaKGTy
hKCu0jkMw1ePtAkAPoSOW4f1

Shivakumar, S., Wessner, C., & Howell, T. (2023a). *The Strategic Importance of Legacy Chips*. Center for Security and Emerging Technology. Page consultée le 12 mars 2023. <https://www.csis.org/analysis/strategic-importance-legacy-chips>

Shivakumar, S., Wessner, C., & Uno, H. (2023b). *Toward a New Multilateral Export Control Regime*. Page consultée le 29 janvier 2023. <https://www.csis.org/analysis/toward-new-multilateral-export-control-regime>

SIA. (2022). *China's Share of Global Chip Sales Now Surpasses Taiwan's, Closing in on Europe's and Japan's*. Semiconductor Industry Association. Page consultée le 4 février 2023. <https://www.semiconductors.org/chinas-share-of-global-chip-sales-now-surpasses-taiwan-closing-in-on-europe-and-japan/>

Siripurapu, A., & Berman, N. (2022). *The Contentious U.S.-China Trade Relationship*. Council on Foreign Relations. Page consultée le 21 mars 2023. <https://www.cfr.org/background/contentious-us-china-trade-relationship>

Slotta, D. (2022). *China : Integrated circuit import value 2022* | Statista. Statista. Page consultée le 5 février 2023. <https://www.statista.com/statistics/873128/china-integrated-circuit-import-value/>

Sun, H. (2019). U.S.-China Tech War. *China Quarterly of International Strategic Studies*, No. 5. Vol. 2, p.197-212. <https://doi.org/10.1142/S237774001950012X>

Takagi, K. (2022). *Xi Jinping's Vision for Artificial Intelligence in the PLA*. The Diplomat. Page consultée le 19 février 2023. <https://thediplomat.com/2022/11/xi-jinpings-vision-for-artificial-intelligence-in-the-pla/>

The Economist. (2023a). The history and limits of America's favourite new economic weapon. *The Economist*. Page consultée le 15 mars 2023. <https://www.economist.com/united-states/2023/02/08/the-history-and-limits-of-americas-favourite-new-economic-weapon>

The Economist. (2023b). America's commercial sanctions on China could get much worse. *The Economist*. Page consultée le 4 avril 2023. <https://www.economist.com/briefing/2023/03/30/americas-commercial-sanctions-on-china-could-get-much-worse>

The Guardian. (2023). The Guardian view on China-US relations : Can the downwards spiral be halted? *The Guardian*. Page consultée le 22 mars 2023. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2023/mar/09/the-guardian-view-on-china-us-relations-can-the-downwards-spiral-be-halted>

The Japan Times. (2023). *Biden wins deal with Japan and Netherlands on China chip export limit*. The Japan Times. Page consultée le 7 mars 2023.

<https://www.japantimes.co.jp/news/2023/01/28/business/tech/us-china-chip-export-controls-japan-netherlands/>

- Thorbecke, C. (2022). *Why the global chip shortage threatens the economy, national security and Americans' « status quo »*. ABC News. Page consultée le 11 février 2023. <https://abcnews.go.com/Technology/global-chip-shortage-threatens-economy-national-security-americans/story?id=82399618>
- U.S. Department of State. (2022). Secretary Antony J. Blinken Remarks to the Press. *United States Department of State*. Page consultée le 4 octobre 2023. <https://www.state.gov/secretary-antony-blinken-remarks-to-the-press-3/>
- Valerio, P. (2023). Taiwan Already Has 3nm Chips; Why the U.S. Lags. *EPS News*. Page consultée le 3 février 2023. <https://epsnews.com/2023/01/09/taiwan-already-has-3-nm-chips-why-the-u-s-lags/>
- Varas, A., & Varadarajan, R. (2020). *How Restrictions to Trade with China Could End US Leadership in Semiconductors* (p. 30). Boston Consulting Group. Page consultée le 25 février 2023. https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG-How-Restricting-Trade-with-China-Could-End-US-Semiconductor-Mar-2020_tcm9-240526.pdf
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (2020). *Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing* (p. 32). Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association. Page consultée le 19 février 2023. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/09/Government-Incentives-and-US-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-Sep-2020.pdf>
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (2021). *Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era* (p. 53). Boston Consulting Group (BCG) and Semiconductor Industry Association (SIA). Page consultée le 5 février 2023. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf
- Vest, C., Kratz, A., & Goujon, R. (2022). The Global Economic Disruptions from a Taiwan Conflict. *Rhodium Group*. Page consultée le 4 mars 2023. <https://rhg.com/research/taiwan-economic-disruptions/>
- Waldie, B. (2022). How Military-Civil Fusion Steps Up China's Semiconductor Industry. *DigiChina*. Page consultée le 11 février 2023. <https://digichina.stanford.edu/work/how-military-civil-fusion-helps-chinas-semiconductor-industry-step-up/>
- Wang, C.-J. (2022). China's Semiconductor Breakthrough. *The Diplomat*. Page consultée le 7 février 2023. <https://thediplomat.com/2022/08/chinas-semiconductor-breakthrough/>
- Xianying, L., Menghao, D., Shuang, Y., & Fuyan, R. (2022). *Overview of U.S. new export control rules on semiconductor*. King & Wood Mallesons. Page consultée le 28 mai 2023. <https://www.kwm.com/content/kwm/cn/en/insights/latest-thinking/overview-of-us-new-export-control-rules-on-semiconductor.html>

- Yang, Z. (2022). *Corruption is sending shock waves through China's chipmaking industry*. MIT Technology Review. Page consultée le 8 mars 2023. <https://www.technologyreview.com/2022/08/05/1056975/corruption-chinas-chipmaking-industry/>
- Yang, Z. (2023). *Chinese chips will keep powering your everyday life*. MIT Technology Review. Page consultée le 1^{er} mars 2023. <https://www.technologyreview.com/2023/01/04/1066136/chinese-legacy-chips-advantage/>
- Zhang, K. H. (2023). U.S.-China Economic Links and Technological Decoupling. *The Chinese Economy*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/10971475.2023.2173399>