

Evaluation intermédiaire du Programme Nano 2022

Juillet 2022

Public

Rapport d'évaluation intermédiaire

Final

Mandataires

Secrétariat Général Pour l'Investissement (SGPI) – Direction de l'évaluation

Direction Générale des Entreprises (DGE)

Service de l'économie numérique – Sous-direction de l'électronique et du logiciel

Service de la compétitivité, de l'innovation et du développement des entreprises – Sous-direction de la prospective, des études et de l'évaluation économique

Principaux interlocuteurs

Olivier SAUTEL – Deloitte Finance

Benoit Masquin – G.A.C. Group

Olivier Coulon – DECISION Etudes & Conseil

Préambule

Limites et portée de notre intervention

1. Nous déclarons dans le cadre de l'émission du présent rapport que nous agissons de façon indépendante et objective.
2. Les opinions figurant dans ledit rapport sont le fruit de notre étude et de notre expérience et s'appuient exclusivement sur les conclusions déduites à partir de notre analyse. En toute bonne foi, nous considérons que les conclusions présentées dans ce rapport sont exactes, compte tenu de l'information mise à notre disposition.
3. Ce rapport doit être lu dans son intégralité. Nous ne sommes pas responsables pour toute partie de ce rapport qui serait citée de manière sélective ou utilisée de façon isolée ou pour tout résumé ou reformulation du rapport préparé par d'autres.

Les données et les informations contenues dans ce rapport

4. Les résultats de nos travaux s'appuient également sur les éléments identifiés au cours de nos recherches ainsi que sur le travail de recoupement que nous effectuons. Cette obligation de moyens est constitutive de notre méthode de recherche. Néanmoins, nous ne garantissons pas la véracité et l'exhaustivité des informations contenues dans les bases de données et autres sources d'information disponibles. De plus, certaines des informations sont issues de publications Internet. Nous n'acceptons aucune responsabilité pour les inexactitudes et les opinions contenues dans ces publications.
5. Notre intervention a été limitée par le temps disponible, le périmètre des travaux qui nous ont été confiés et l'information mise à notre disposition. Nous ne pourrions être tenus responsables pour les éléments non couverts ou omis dans notre rapport en raison de l'accès restreint aux sources d'information et du caractère limité des travaux qui nous ont été confiés.
6. Au cours des recherches menées dans le domaine public, des informations ont été recueillies durant une période de temps limitée, à savoir entre le 13 septembre 2021 et le 4 mars 2022. Ainsi, nous n'avons pas identifié les informations publiées avant ces dates et qui auraient été supprimées des sources publiques, ainsi que les informations publiées postérieurement à ces dates. Nous ne sommes soumis à aucune obligation de veille ou de mise à jour des informations recueillies et n'avons pas l'obligation de vous avertir d'un quelconque changement.
7. Deloitte Finance n'assume aucune responsabilité quant aux événements intervenus après la date d'émission du rapport. Nos recherches ont été menées dans les sources publiques en français, la langue locale d'activité de la DGE et en anglais. La majorité des informations identifiées et fournies dans ce rapport a été recueillie à partir de sources publiées en langue française. S'agissant des sources publiées en langue anglaise, nous avons traduit les parties pertinentes dans le cadre du présent rapport et nous n'acceptons aucune responsabilité quant aux erreurs liées à la traduction.
8. Les informations et données obtenues au cours de notre mission ont été traitées de manière confidentielle. Au cours de la collecte, de l'analyse et de la revue, aucune donnée source n'a été modifiée ou supprimée. Les informations collectées durant notre mission ont été utilisées uniquement aux fins pour lesquelles elles ont été collectées.

Table des matières

SYNTHESE	9
1. Un programme affecté par des difficultés de mise en place, ainsi que par la crise COVID	10
2. Bien qu'affectées par les retards, les réalisations du programme Nano 2022 à fin 2021 respectent une trajectoire encourageante.....	11
3. Le programme a mobilisé des investissements importants, notamment en R&D et FID	12
4. Le programme implique des niveaux importants d'activité et d'emploi pour les bénéficiaires.....	15
5. Des coopérations de recherche publique-privée facilitées malgré une configuration très verticale et majoritairement bilatérale	16
6. Un poids socio-économique accru dans les territoires d'implantation.....	16
CHAPITRE I : CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉVALUATION	18
1. Description du dispositif Nano 2022 et de son cadre réglementaire.....	19
2. Objectifs, périmètre, temporalité et données utilisées dans le cadre de l'évaluation	27
CHAPITRE II : PRÉSENTATION DU SECTEUR DE LA MICROÉLECTRONIQUE ET DES 6 CHEFS DE FILE	30
1. Panorama des tendances économiques du secteur de la microélectronique	31
1.1 Fondamentaux du secteur de la microélectronique	32
1.2 L'écosystème microélectronique européen dans la compétition mondiale	37
2. Benchmark des politiques étatiques de soutien à la microélectronique à travers le PIEEC de 2018	54
2.1 Allemagne	55
2.2 Italie	55
2.3 Royaume-Uni	55
2.4 Autriche	55
3. Perspectives des filières aval.....	59
3.1 Perspectives 2018-2023.....	59
3.2 Liens matriciels technologies-produits.....	66
4. Présentation des 6 chefs de file	70
CHAPITRE III : EFFETS DU PROGRAMME NANO 2022 SUR LES BÉNÉFICIAIRES	73
1. Précisions méthodologiques relatives aux informations et données collectées	74
2. Le programme s'est déroulé dans un contexte difficile qui a significativement impacté ses conditions de mise en place et ses effets	76
2.1 Des délais dans la mise en place du programme.....	76
2.2 Des difficultés intervenues au cours du programme	77
3. Positionnement des bénéficiaires sur les différents champs technologiques du PIEEC.....	77
4. Effets du programme Nano 2022 sur l'effort d'investissement (notamment en R&D et FID)	80
4.1 Le programme a mobilisé des investissements et des financements bien au-delà des aides accordées	80
4.2 Le programme a stimulé la R&D des bénéficiaires et leur innovation	86
4.3 Le programme a des effets positifs sur la FID des chefs de file.....	91
5. Effets du Programme Nano 2022 sur la production et l'emploi des bénéficiaires.....	97
5.1 Les produits issus de Nano 2022 sont une source croissante de chiffre d'affaires et de valeur ajoutée pour les bénéficiaires.....	97
5.2 Les produits issus de Nano 2022 ont représenté une part non négligeable de l'emploi des bénéficiaires et de leurs fournisseurs.....	99
6. Effets du programme Nano 2022 sur la structuration de la filière et les dynamiques de coopération... ..	104
6.1 Le programme contribue à renforcer la structuration de la filière, mais des progrès restent à faire dans l'implication des acteurs avals	104
6.2 Le programme est marqué par une forte verticalité.....	107

6.3	Le programme a toutefois soutenu les dynamiques collaboratives, notamment entre recherche publique et privée.....	109
7.	Effets environnementaux du Programme Nano 2022	113
7.1	Impacts liés à l'amélioration des performances environnementales des puces.....	113
7.2	Impacts liés à l'évolution des techniques de production	114
7.3	Impacts environnementaux de scope 2 (via les émissions associées au mix énergétique) liés à la relocalisation de la production en Europe	116
8.	Trajectoires attendues des indicateurs	117
CHAPITRE IV : RETOMBÉES ECONOMIQUES AU NIVEAU REGIONAL ET NATIONAL		121
1.	Les acteurs du programme Nano 2022 ont un ancrage territorial fort, qui en fait des acteurs significatifs en matière d'emplois et de contributions fiscales locales	122
2.	Les achats réalisés par les bénéficiaires sont en moyenne majoritairement locaux, mais des retombées économiques nationales sont perceptibles	126
CHAPITRE V : CONCEPTION ET PILOTAGE DU PROGRAMME		130
1.	Un programme national dans un contexte européen	131
2.	Un programme vertical.....	132
3.	Une feuille de route ciblée en termes de recherche.....	133
4.	Une dimension écosystémique insuffisamment marquée.....	134
5.	Un programme au calendrier difficile.....	135
6.	Un programme très souple avec une charge de reporting légère au niveau des bénéficiaires.....	136
7.	Un pilotage national reconnu comme performant, mais un enjeu entre pilotage technique / stratégique 137	
8.	Une prise en compte insuffisante de la vision des impacts et des retombées	138
9.	Difficulté à avoir une vision globale inter-programme.....	139
CONCLUSION		140
ANNEXES		142
Annexe 1.	Présentation détaillée des liens matriciels technologies-produits.....	142
Annexe 2.	Présentation détaillée des chefs de file.....	147
Annexe 3.	Présentation détaillée de la contribution locale de l'activité des chefs de file.....	158
Annexe 4.	Présentation de la stratégie de collecte des données et statistiques de collecte.....	166
Annexe 5.	Construction des indicateurs de suivi et partis-pris méthodologiques	168
Annexe 6.	Résultats associés aux indicateurs de suivi	170
Annexe 7.	Présentation de la méthodologie Input-output	173
Annexe 8.	Liste des acteurs interrogés.....	176

Acronymes

ADAS	<i>Advanced Driver-Assistance Systems (Système Avancé d'Aide à la Conduite)</i>
ANR	Agence Nationale de la Recherche
CAO	Conception Assistée par Ordinateur
CAPEX	<i>Capital Expenditure (Dépense en Capital)</i>
CIR	Crédit Impôt Recherche
CMOS	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor (Semi-Conducteurs Complémentaires à l'Oxyde de Métal)</i>
COFIL	Comité de Pilotage
CPER	Contrat de Plan État-Région
DGE	Direction Générale des Entreprises
DISEXP	Dispositif d'Expertise
ECSEL	<i>Electronic Components and Systems for European Leadership (Composants et Systèmes Electroniques pour un Leadership Européen)</i>
EDA	<i>Electronic design automation (Automatisation de la Conception Electronique)</i>
EMS	<i>Electronic Manufacturing Services (Services de Fabrication Electronique)</i>
Enquête BMO	Enquête Besoins en Main-d'Œuvre
eNVM	<i>Embedded Non-Volatile Memory (Mémoires Non-Volatiles Embarquées)</i>
ESIA	<i>European Semiconductor Industry Association (Association européenne de l'industrie des semi-conducteurs)</i>
ETI	Entreprise de Taille Intermédiaire
ETP	Equivalent Temps Plein
EUV	<i>Extreme Ultraviolet Lithography (Lithographie Extrême Ultraviolet)</i>
FDSOI	<i>Fully Depleted Silicon On Insulator (Silicium sur Isolant Totalement Appauvri)</i>
FEDER	Fonds Européen de Développement Régional
FID	<i>First Industrial Deployment (Premier Déploiement Industriel)</i>
FII	Fond pour l'Innovation et l'Industrie
GES	Gaz à Effet de Serre
IA	Intelligence Artificielle
IDM	<i>Integrated Device Manufacturer (Fabricant d'Appareils Intégrés)</i>
IIOT	<i>Industrial Internet of Things (Internet Industriel des Objets)</i>
IoT	<i>Internet of Things (Internet des Objets)</i>
IPCEI (PIIEC)	<i>Important Project of Commun European Interest (Projet Important d'Intérêt Européen Commun)</i>
IRT	Institut de Recherche Technologique

JU	<i>Joint Undertaking</i> (Entreprises communes)
KDT	Key Digital Technologies (Technologies digitales clés)
MEMS	<i>Micro-Electro-Mechanical Systems</i> (Systèmes Microélectromécaniques)
MMIC	<i>Monolithic Microwave Integrated Circuit</i> (Circuits Intégrés Monolithiques Hyperfréquences)
NFC	<i>Near Field Communication</i> (Communication en Champ Proche)
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i> (Fabricant d'Équipement d'Origine)
OPEX	<i>Operating expense</i> (dépenses d'exploitation)
PCB	Printed Circuit Board (Fabricants de Circuits Imprimés)
PFC	Perfluorocarbures
PIA	Plan d'Investissement Avenir
PME	Petite et Moyenne Entreprise
R&D	Recherche et Développement
RDI	Recherche, Développement et Innovation
RF	Radio Fréquence
RIA	Research and Innovation Actions (Actions de Recherche et d'Innovation)
SiP	<i>System-In-Package</i> (Système dans un Boîtier)
SOI	Silicium sur Isolant
TF	Technology Field (Champ technologique)
TRL	<i>Technology Readiness Level</i> (Niveaux de Maturité Technologique)
WSTS	<i>World Semiconductor Trade Statistics</i> (Statistiques du commerce mondial des semi-conducteurs)

Synthèse

L'évaluation intermédiaire du programme Nano 2022 vise à analyser le bon déroulement du programme, en s'assurant que les indicateurs de suivi du programme sont bien alignés avec ses objectifs. Plus précisément, il s'agit :

- de mesurer les indicateurs relatifs à l'effort de R&D à l'innovation, et à l'emploi des bénéficiaires
- d'apprécier les dynamiques collaboratives entre bénéficiaires des aides
- de mesurer les possibles impacts environnementaux associés au programme
- de mesurer les potentiels effets au-delà des bénéficiaires, notamment les effets d'entraînement du programme au travers de la stimulation d'activités économiques régionales et nationales,

Le programme Nano 2022 ambitionne de renforcer la compétitivité de l'industrie nanoélectronique en répondant aux besoins en termes d'innovation et de développement de l'appareil productif des filières applicatives situées en aval du processus d'innovation, notamment l'automobile, les objets connectés (notamment de l'Internet of Things ou IoT), l'aérospatial et la défense.

La particularité du programme Nano 2022 par rapport aux générations antérieures du programme réside dans l'intégration d'un volet permettant de financer le premier déploiement industriel (First Industrial Deployment ou FID) des technologies qui auront atteint des niveaux de maturité compatibles, et pour les produits issus d'activités de recherche et développement financés dans le cadre du programme Nano 2022.

Le programme Nano 2022 est porté par plusieurs financeurs, dont l'Etat français à hauteur de 886 millions d'euros, ainsi que les collectivités locales et territoriales, et l'Union européenne à travers le dispositif ECSEL pour environ 200 millions d'euros de financements publics supplémentaires. Il finance 82 projets sur les 5 champs technologiques¹ visés par le programme, portés par 6 chefs de file² et le CEA.

Ce rapport présente les résultats de l'évaluation à mi-parcours du programme Nano 2022.

¹ Les composants numériques à basse consommation, les composants de puissance, les capteurs intelligents, les équipements de fabrication et les technologies composites

² STMicroelectronics, Soitec, Lynred, Murata, UMS et X-Fab.

1. Un programme affecté par des difficultés de mise en place, ainsi que par la crise COVID

Le programme Nano 2022 a été marqué, pour certains acteurs, par des difficultés ayant affecté son déroulé et son efficacité.

La principale source de difficulté remontée concerne **le délai de mise en place du programme**.

En effet, le programme s'inscrit dans le cadre nouveau des *Important Project of Common European Interest ou IPCEI* (en français : Projet Important d'Intérêt Européen Commun, PIEEC) ; **ce qui a impliqué des procédures spécifiques et relativement longues**. Ce cadre nouveau a induit des délais importants entre les phases de discussion, de validation par la Commission Européenne et de la signature de l'Avenant à la Convention entre l'Etat et la Caisse des dépôts permettant l'organisation de son financement et de sa gouvernance, avant d'engager les démarches de contractualisation. La contractualisation n'est finalement intervenue qu'en 2019³ pour la majorité des chefs de file, et en 2020 pour l'essentiel des autres bénéficiaires (voire en 2021 pour certains partenaires).

Ces retards ont induit plusieurs difficultés pour les bénéficiaires :

- Réduction du temps disponible pour mener les projets de R&D ;
- Effets en cascade dans les projets plus complexes et multipartenaires, notamment pour les laboratoires qui jouent un rôle d'expertise amont dans le cadre des projets (la caractérisation des matériaux devant être utilisés pour la fabrication, par exemple)
- Prises de risque lorsque des partenaires ont dû engager des dépenses avant la contractualisation.

Une deuxième source de difficulté est exogène au programme et concerne les effets de la crise sanitaire

Le confinement du 17 mars au 11 mai 2020 (et dans une moindre mesure celui du 30 octobre au 15 décembre 2020) a mécaniquement conduit à la suspension de l'ensemble des travaux qui nécessitaient des équipements. Ces retards ont pu être amplifiés par les contraintes opérationnelles en sortie de confinement, puisque les entreprises ont parfois été contraintes de prioriser des activités courantes pour servir les clients dont la livraison avait déjà été retardée.

Enfin, une troisième source de difficulté remontée était **le US BAN de l'entreprise Huawei et 70 de ses filiales par le département du Commerce des Etats-Unis**, qui a remis en cause certains projets exploitant des technologies américaines et destinées à des producteurs chinois⁴.

Malgré l'absorption d'une bonne part de ces retards par certains bénéficiaires, la trajectoire prévisionnelle du programme en a été affectée, notamment concernant les montants de financements perçus, les investissements et l'emploi.

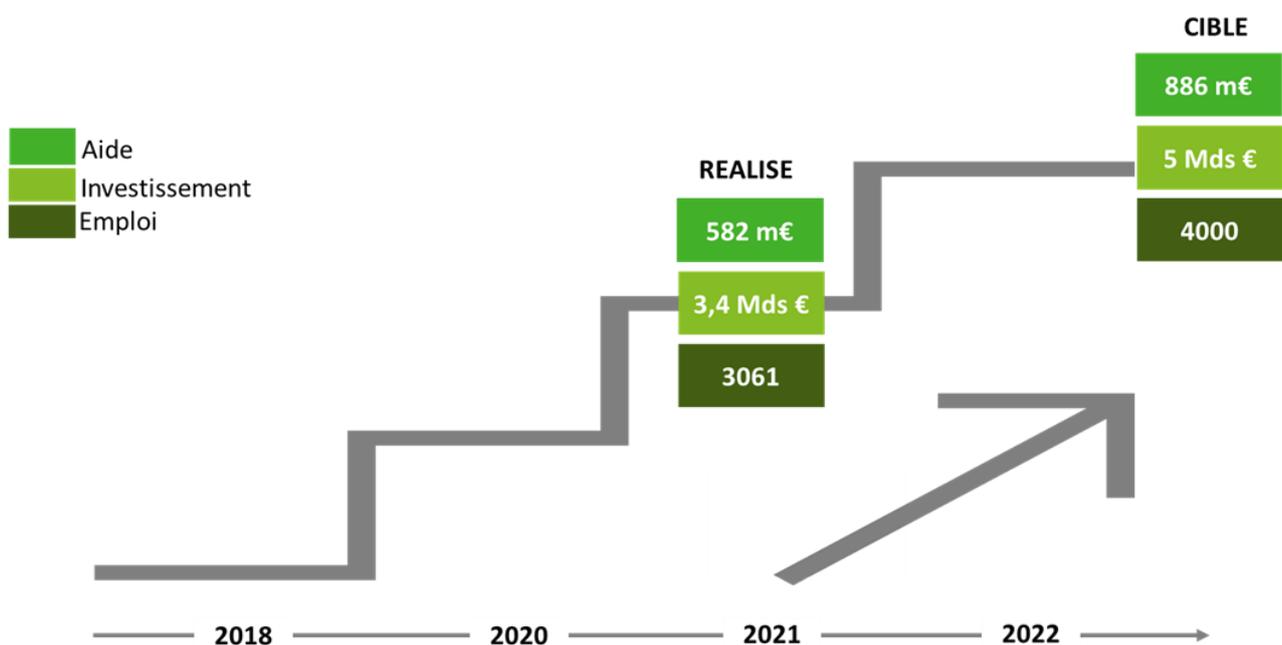
³ CEA, contractualisation en 2019 et début des travaux en 2018. ST, non précisé. UMS, Q4 de 2020. X-FAB, mi 2019. Lynred, convention cadre territoriale AuRa en juin 2020 et contractualisation cadre Etat signée en janvier 2021.

⁴ « Les dispositions visant à interdire l'accès des chinois à certaines technologies ont entraîné des conséquences. Sur les produits Radio fréquence, des clients chinois ont été concernés par l'exclusion, ce qui a conduit au décalage ou à l'annulation de projets à Crolles et Tours. Cela a affecté 4 grande familles de produits (sur une quinzaine) et l'interruption d'un projet Ecsel » (ST Microelectronics).

2. Bien qu'affectées par les retards, les réalisations du programme Nano 2022 à fin 2021 respectent une trajectoire encourageante

Les financements versés à fin 2021 ont atteint 65 % de l'objectif total visé de 886 millions d'euros. Les prévisions pour 2022 ciblent un taux de versement de 83 %, lequel se situera en deçà du financement initial prévu par le programme, écart qui devrait être comblé après 2022 lorsque tous les travaux réalisés en exécution du programme auront été réalisés et payés. Les retards identifiés dans le programme ont pu conduire à des décalages dans le versement de ces aides⁵.

Figure 1. Trajectoire des indicateurs de suivi du programme



Source : Données issues du questionnaire, Calculs Deloitte

Concernant **les investissements réalisés**, la valeur cumulée estimée pour l'ensemble des acteurs tend à respecter la trajectoire prévisionnelle. En effet, à date, 68 % de l'investissement prévu a été réalisé, et les acteurs prévoient une réalisation à hauteur de 94 % en 2022. L'interprétation de ces résultats doit également tenir compte des retards observés dans les financements qui ont entraîné un décalage dans le lancement des travaux.

Les impacts en termes d'emplois apparaissent eux en retrait par rapport à la cible, avec un total de 3 061 ETP annoncés en 2021, et des prévisions incomplètes pour 2022, pour une cible de 4 000 emplois. Ce résultat est cependant à nuancer, puisqu'une grande partie des produits ne sont pas encore entrés en phase de production en raison des retards observés, ce qui peut expliquer le plateau observé entre le ralentissement de la création d'emplois R&D et la montée en puissance des emplois de production.

⁵ Et notamment les travaux réalisés en exécution de projets ECSEL qui se déroulent sur 3 ans.

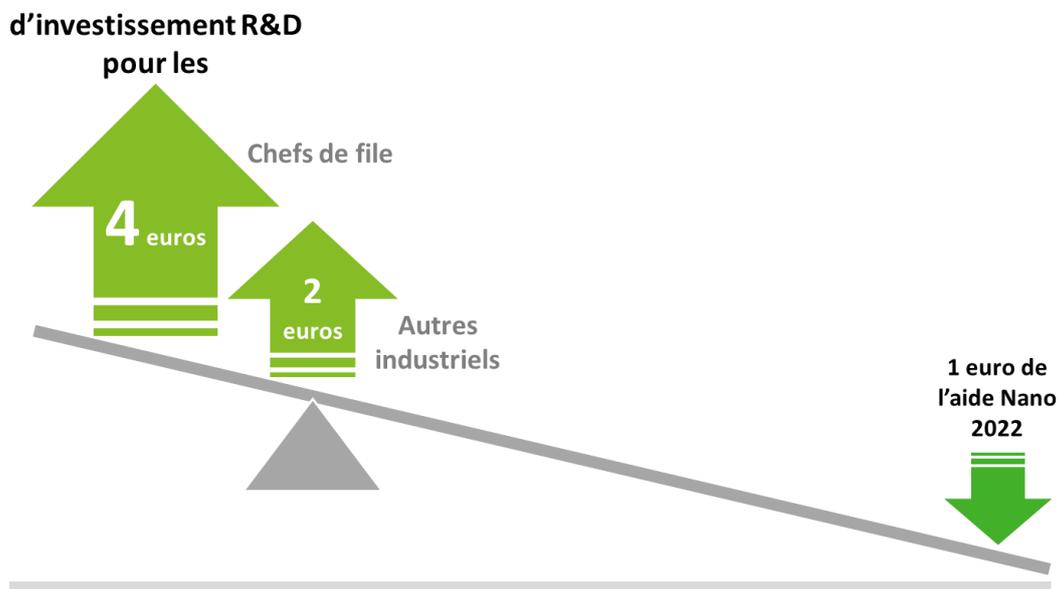
3. Le programme a mobilisé des investissements importants, notamment en R&D et FID

Le programme a mobilisé des investissements conséquents pour l'ensemble des industriels

Les bénéficiaires répondants reportent un montant total d'aides octroyées de 571 millions d'euros. Les financements octroyés à ces projets ont contribué à un effort d'investissement significatif en termes de recherche et développement, de FID et d'équipements. Ainsi, quatre des six chefs de file ont réalisé 1 127 millions d'euros d'investissements dans le cadre du programme Nano 2022 sur la période 2018-2022, dont 64 % sont des investissements R&D et près de 27 % consacrés à la FID. Les autres bénéficiaires industriels ont également réalisé des investissements conséquents sur la période, avec un montant total investi de 318 millions d'euros, dont 294 millions d'euros en recherche et développement (92 %).

Les aides à la R&D et l'innovation visent la concrétisation d'effets d'incitation sur l'investissement au niveau des bénéficiaires. Cet effet, ou effet de levier, intervient lorsque le volume de R&D réalisé est supérieur aux subventions versées via l'aide publique (par opposition à l'effet de substitution et à l'effet d'éviction). Les données rassemblées montrent ainsi que, pour chaque euro de financement octroyé aux chefs de file, environ 4,6 euros d'investissement sont réalisés dans le cadre du programme Nano 2022 (en moyenne pondérée par le montant des aides accordées). Ce chiffre est de près de 2 euros d'investissement par euro de financement pour les autres bénéficiaires industriels.

Figure 2. Ratios entre l'aide Nano 2022 et les investissements associés

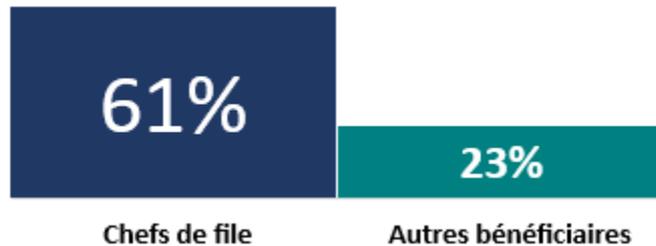


Source : Données issues du questionnaire, Calculs Deloitte

Il n'est pas possible au stade de l'évaluation intermédiaire de contrôler le lien causal entre l'aide et ces investissements supplémentaires, ce qui nécessiterait d'établir la situation contrefactuelle en l'absence d'aide pour mesurer les effets potentiels de substitution ou d'éviction. Néanmoins, plusieurs éléments déclaratifs tendent à confirmer que le programme a eu un effet significatif sur l'existence des projets (pour les partenaires académiques), et sur leur ampleur et leur rapidité de mise en place (pour les partenaires industriels).

Le programme représente une proportion importante de la R&D des bénéficiaires

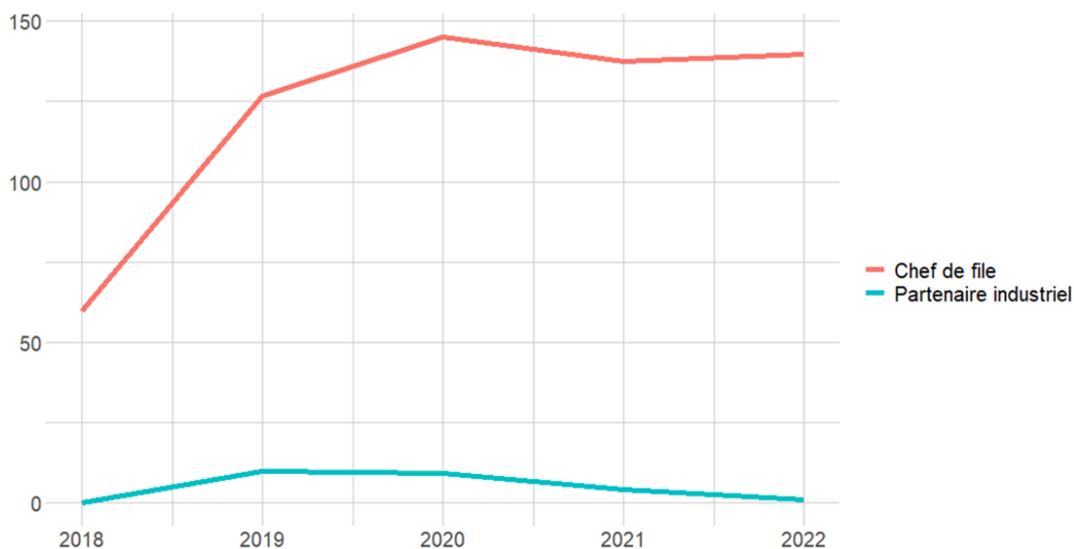
Le ratio entre l'investissement annuel moyen en R&D réalisé par les bénéficiaires dans le cadre du programme et leur investissement total en R&D représente⁶ :



L'investissement en R&D dans le cadre du programme représente donc une part très significative de la R&D totale des bénéficiaires, montrant ainsi l'aspect central et structurant des projets soutenus par le programme Nano 2022, tout particulièrement dans le cas des chefs de file.

En effet, l'analyse des investissements dans le temps met clairement en évidence une montée en charge au cours des deux premières années du programme. Les investissements en R&D ont notamment atteint leur pic en 2020 et les bénéficiaires prévoient globalement de maintenir un niveau d'investissement similaire entre 2021 et 2022.

Figure 1. Evolution de l'investissement R&D moyen



Source : Données bénéficiaires, Calculs Deloitte

Le programme Nano 2022 a permis la réalisation de progrès technologiques importants. Les niveaux de TRL (Technology Readiness Level)⁷ atteints par l'échantillon d'acteurs sur les produits en cours de développement vont de l'échelle 2 « Les concepts d'emploi et/ou des propositions d'application ont été formulés », à l'échelle 9 « Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre des missions opérationnelles réussies ».

⁶ Pondérée par le montant des aides reçues.

⁷ Voir Annexe 6 pour la liste des 9 échelles TRL.

Les niveaux atteints par ces produits sont en revanche hétérogènes et varient à la fois par type de bénéficiaire et par champ technologique.

Type de bénéficiaire

Sur les 44 produits renseignés par les chefs de file,

- 27 % ont atteint le niveau 6 « *Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système* ».
- 11 % sont au niveau 8 « *Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations* ».
- Et 18 % ont atteint le niveau 9 « *Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre des missions opérationnelles réussies* ».

Pour ce qui concerne les autres partenaires industriels :

- Seuls 3 % des produits développés se situent au niveau 2 de l'échelle TRL ;
- 19 % en sont au niveau 7 « *Démonstration d'un système prototype en environnement opérationnel* »
- 23 % des produits ont atteint le niveau 9.

Champs technologiques

- Les produits du champ des composants à basse consommation ayant atteint le niveau de TRL 9 représentent 11 % de la totalité des produits en développement dans le cadre du programme.

Dans le champ des *composants à basse consommation*, 11 % des produits ont atteint le TRL 6, « *Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système* ».

Le programme représente une part importante de dépenses en FID des bénéficiaires

Le financement de la première industrialisation est un élément novateur dans le cadre du programme, la FID représentant un coût très significatif dans le domaine des semi-conducteurs. La FID représente ainsi 68 % de l'ensemble des dépenses prévues sur l'ensemble du programme du PIEEC au niveau européen. Certains produits développés dans le cadre du programme sont déjà passés en phase de FID pour 5 chefs de file. Pour STMicroelectronics, les investissements FID concernent notamment deux grandes familles de travaux :

- L'amélioration des technologies et des produits : il s'agit de technologies qui sont en phase de prototypes avancés, et qui ne sont pas au rendement. L'enjeu concerne l'amélioration des procédés de fabrication afin d'atteindre un rendement compétitif, avec un passage 50 % à 80-85 %. Ces améliorations sont effectuées à l'aide de traitements de big data et d'analyses statistiques permettant d'identifier les points de fragilité, pour ensuite trouver des solutions via des opérations de R&D. Ceci concerne 2/3 des travaux FID qui sont menés.
- La science manufacturing et ordonnancement de l'usine : il s'agit de définir un meilleur ordonnancement des travaux faits au sein d'une usine qui ne dispose que de quelques équipements de lithographie qui sont très coûteux et utilisés par toutes les lignes de production. Ceci requiert de mettre en place des boucles dans les lignes de production, ce qui nécessite une gestion complexe car toutes les technologies sont produites en même temps.

Ces chefs de file indiquent avoir dépensé en moyenne 47 millions d'euros par an en FID (montants CAPEX), soit un poids moyen dans le total de l'investissement de l'ordre de 27 %. Parmi ces derniers :

- 60 % annoncent que c'est est en phase avec le planning envisagé au départ
- 40 % ont, quant à eux, évoqué certaines difficultés rencontrées dues à des retards dans la qualification en vue de la commercialisation des produits, ou encore des retards imputables à l'impact de la COVID-19. La crise sanitaire et ses répercussions ont pu entraîner des ralentissements liés à la fois au manque de ressources en interne et chez les partenaires (académiques, industriels, fournisseurs). Enfin, un chef de file a remonté des difficultés d'ordre technique, plus directement lié au programme.

4. Le programme implique des niveaux importants d'activité et d'emploi pour les bénéficiaires

Les produits issus de Nano 2022 sont une source croissante de chiffre d'affaires et de valeur ajoutée

Certains projets des chefs de file⁸ et autres industriels du programme ont déjà abouti à une production et à de la vente. Ces derniers ont ainsi dégagé un chiffre d'affaires total de 777 millions d'euros sur la période 2018 – 2021, dont 767 millions d'euros par les chefs de file. Au niveau annuel,

- Le chiffre d'affaires moyen par chef de file est de 58 millions d'euros sur la période 2018 – 2021 ;
- Pour les autres industriels, celui-ci s'élève à 127 000 €.

La majeure partie de ce chiffre d'affaires est réalisée à l'export : 96 % pour les chefs de file, et 18 % pour ce qui concerne les autres industriels sur la période 2018-2021.

La valeur ajoutée issue des produits du programme Nano 2022 est de près de 238 millions d'euros sur la période 2018-2021, soit 31 % du chiffre d'affaires Nano 2022. Ce montant inclut une valeur ajoutée de 8 millions d'euros pour les partenaires industriels. En moyenne annuelle par bénéficiaire sur la période 2018 – 2021⁹, la valeur ajoutée associée aux produits Nano 2022 est de :

- 9 millions d'euros pour les chefs de file et,
- 99 mille euros pour les partenaires industriels.

Les produits issus de Nano 2022 impliquent un niveau d'emploi important pour les bénéficiaires

Les activités des bénéficiaires soutenues dans le cadre du programme Nano 2022 ont eu des retombées en termes d'emplois, aussi bien dans le secteur de la recherche que dans le secteur productif. Les effectifs impliqués dans le cadre du programme Nano atteignent en moyenne 330 ETP pour les chefs de file, dont 252 impliqués dans des projets R&D, soit près de 12 % de l'effectif moyen annuel ETP.

Il s'agit ainsi d'un effectif global annuel moyen associé au programme Nano 2022 qui s'élève à 1 650 emplois directs pour ce qui concerne les 5 chefs de file répondants.

La masse salariale consacrée au programme Nano 2022 représente, en moyenne, 16 % de la masse salariale des chefs de file, 33 % de celle des partenaires académiques et 5 % des autres partenaires industriels.

Les niveaux d'emploi concernés ont cependant pu être amoindris par l'ampleur des difficultés de recrutement, et un effet inflationniste sur les salaires a pu être observée

50 % des acteurs ayant répondu indiquent avoir eu des difficultés liées au recrutement des collaborateurs. Ces difficultés de recrutement ont ainsi pu avoir un effet sur l'exécution du programme. Ces difficultés incluent :

- Une forte tension autour des profils techniques ;
- Les difficultés liées à la pandémie COVID-19, notamment en raison de l'impossibilité de mettre les chercheurs, notamment post-doctorants, en télétravail, ainsi qu'au fait que certaines thèses ont été prolongées afin de ne pas pénaliser les doctorants concernés.

⁸ Il s'agit de 5 chefs de file sur 6.

⁹ Pondérée par les montants de financement reçus,

Ces difficultés de recrutement ont eu trois types d'impacts :

- Un allongement des délais en raison de la difficulté à composer les équipes nécessaires ;
- Une priorisation des tâches essentielles (avec un effet sur les publications par exemple) ;
- Une tension à la hausse sur les salaires, venant ainsi :
 - o réduire la capacité du programme à soutenir la compétitivité des bénéficiaires et,
 - o provoquer des effets pervers sur les non-bénéficiaires.

5. Des coopérations de recherche publique-privée facilitées malgré une configuration très verticale et majoritairement bilatérale

La dimension verticale du programme a peu favorisé les coopérations entre acteurs secondaires

Le programme est resté marqué par une logique de fonctionnement très verticale, à la fois dans la sélection des partenaires par les chefs de file, mais également dans la structuration du programme, avec une prééminence des relations bilatérales. Ce type de fonctionnement permet de limiter les risques liés à la confidentialité des travaux et de réduire les coûts et difficultés de coordination et peut permettre d'accélérer les développements. En revanche, cela conduit également à limiter les possibilités de développement du réseau et la connaissance réciproque des acteurs et compétences françaises. Cela amoindrit ainsi l'impact du programme sur la structuration de la filière.

Les objectifs du programme de combiner acteurs industriels et académiques est atteint, et STMicroelectronics et le CEA-Leti sont des acteurs centraux

Les collaborations des chefs de file avec les partenaires montrent la présence de nœuds répartis au sein de plusieurs sous-graphes avec comme acteur central le chef de file (clusters) et le CEA-Leti comme lien central entre ces différents chefs de file (à l'exception de X-Fab). Sans surprise, STMicroelectronics et le CEA-Leti apparaissent comme les nœuds centraux du programme.

Malgré la dimension verticale et le relativement faible nombre de partenaires par bénéficiaire, les répondants reconnaissent en majorité que le programme leur a permis de soutenir le développement des réseaux et la création de partenariats au niveau régional pour certains acteurs, et que le programme jouerait un rôle important pour de futurs partenariats.

6. Un poids socio-économique accru dans les territoires d'implantation

Les financements Nano 2022 ont été octroyés à des acteurs dont l'activité participe au dynamisme économique et social de leurs territoires. Les communes et régions d'implantation des acteurs bénéficiaires du programme jouissent notamment des ressources versées sous formes d'impôts locaux par les établissements présents. Les entreprises soutenues contribuent également à l'emploi local des territoires d'implantation.

Les achats réalisés par les acteurs au sein de leur territoire sont également une source de dynamisme local, puisque produisant des retombées positives le long des chaînes de valeur. L'importance de l'implantation territoriale des acteurs-chefs de file du programme Nano 2022 a été évaluée à la fois en termes d'emploi, d'impôts locaux et d'économie locale à travers les achats réalisés.

Une contribution socio-économique non négligeable

Figure 2. Contribution socio-économique territoriaux de l'activité des chefs de file et du CEA



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

L'activité des chefs de file dans les territoires représente ainsi un poids moyen de 0,7 % dans l'emploi de ces territoires, le poids relatif étant particulièrement marqué pour les régions Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur, et une contribution médiane à la fiscalité communale de 11 %. La part des effectifs consacrés à Nano 2022 dans l'emploi total des bénéficiaires étant significatif (entre 3 et 16 % selon les zones), on peut en déduire que le soutien au programme Nano contribue de manière significative au rayonnement important de ces acteurs sur leurs territoires.

Au-delà du territoire d'implantation, l'activité des bénéficiaires de Nano 2022 contribue également à soutenir d'autres acteurs situés en France par le jeu des effets d'entraînements induit par les consommations intermédiaires des acteurs de Nano 2022. Les achats réalisés en France par les acteurs produisent, par conséquent, des retombées positives tout au long des chaînes de valeurs, à l'échelle locale et nationale, à la fois sur la production, le PIB et l'emploi.

Sur le périmètre des activités associées au programme Nano 2022 (qui va au-delà du supplément d'activité imputable à l'aide, qui n'est pas quantifié à ce stade), les effets d'entraînement peuvent ainsi être estimés, sur une base annuelle, à 501 millions d'euros en consommations intermédiaires directes et indirectes, et à 135 millions d'euros supplémentaires si l'on inclut les consommations réalisées à partir de la masse salariale distribuée.

En termes de valeur ajoutée, ces effets peuvent être estimés à près de 327 millions d'euros en cumulant les trois types d'effets.

Chapitre I : Contexte et objectifs de l'évaluation

1. Description du dispositif Nano 2022 et de son cadre réglementaire

Le programme Nano 2022 est un programme d'aide à la R&D et FID d'une durée de 5 ans (1er janvier 2018 – 31 décembre 2022) décliné sur 5 champs technologiques.

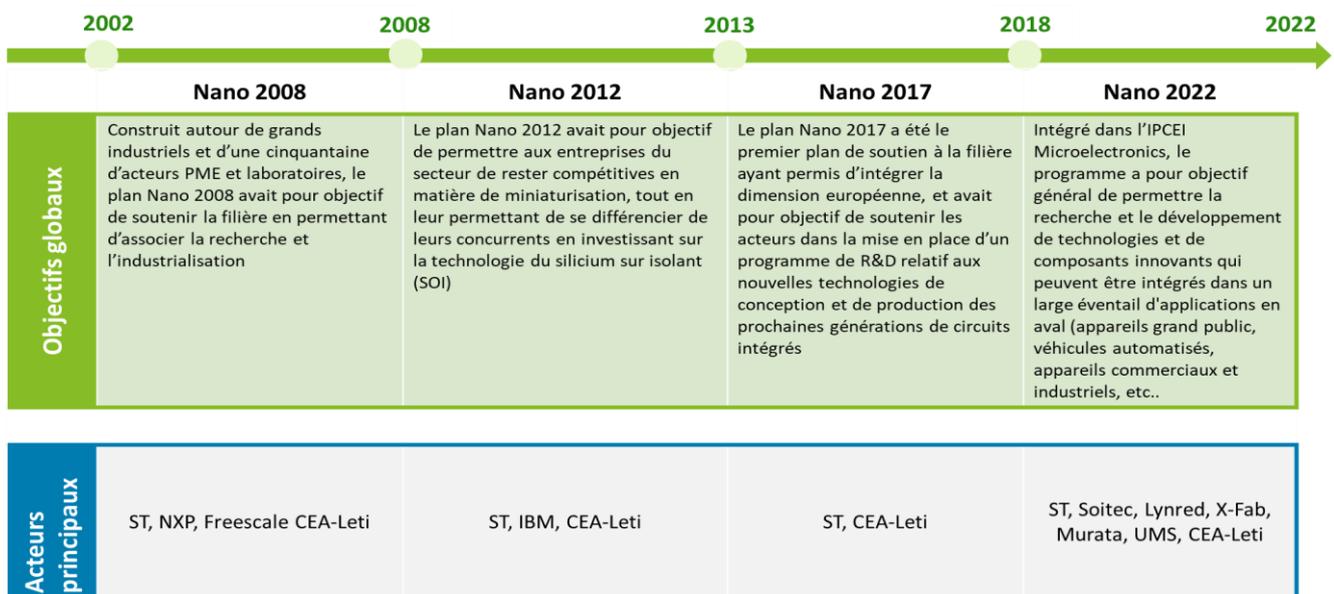
Son objectif est de développer la recherche et la première industrialisation de composants électroniques innovants avec pour finalité :

- Le renforcement de la compétitivité de l'industrie nanoélectronique en termes d'innovation ;
- Le développement de l'appareil productif ;
- La réponse aux besoins des filières applicatives, notamment pour les secteurs de l'automobile, des objets connectés (notamment de l'IoT), de l'aérospatial et de la défense, et favoriser l'intégration des produits développés dans le processus d'innovation de ces secteurs situés en aval.

Le plan Nano 2022 s'inscrit ainsi en complément de trois autres générations de soutien public au secteur de la microélectronique :

- **Le programme Nano 2008**, qui a constitué la première initiative de soutien au secteur, et dont l'objectif global était d'aider à la conception et la production dans la miniaturisation des plaquettes (~300 nm), avec un investissement de l'ordre de 2 milliards \$.
- **Le programme Nano 2012**, qui visait à soutenir les efforts de miniaturisation des plaquettes (~32/22 nm), ainsi que le développement d'applications spécifiques à des composants de cette taille.
- **Le programme Nano 2017** est la 3^{ème} génération du soutien au secteur et visait à soutenir la R&D relative aux nouvelles technologies de conception et de déploiement des prochaines générations de circuits intégrés.

Figure 3. Le soutien à la nanoélectronique à travers les divers plans Nano



Source : Illustration Deloitte, sur la base d'informations recueillies via la DGE¹⁰

¹⁰ <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/numerique/enjeux/soutien-la-nanoelectronique>

Le programme Nano 2022 prend ainsi la suite du programme Nano 2017 qui avait été lancé en 2013 et qui avait pour double objectif :

- De permettre à STMicroelectronics et ses partenaires de mettre en place un programme de R&D relatif aux nouvelles technologies de conception et de production des prochaines générations de circuits intégrés ;
- De permettre au cluster Crolles-Grenoble de se positionner en tant que leader au niveau mondial dans le domaine des technologies CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor).

Le plan Nano 2022 présente la spécificité de pouvoir financer le premier déploiement industriel (FID). Ce dernier sera réservé aux technologies qui auront atteint des niveaux de maturité compatibles et prolonge donc la phase de R&D d'ores-et-déjà financée dans le cadre du programme.

Présentation du PIIEC, pilier central du programme Nano 2022

Le programme Nano 2022 décline et prolonge en France *l'Important Project of Common European Interest Microelectronics* – IPCEI Microelectronics (en français : Projet Important d'Intérêt Européen Commun Microélectronique – PIIEC Microélectronique). Le PIIEC représente un nouvel outil européen de coopération transnationale en matière de R&D ciblé sur des projets d'intérêt majeur pour la croissance, l'emploi et la compétitivité européens présentant des risques importants et des imperfections de marché rendant impossible leur mise en place dans des conditions de marché¹¹. Son cadre est défini par la Communication de la Commission Européenne 2014/C 188/02, sur les « critères relatifs à l'analyse de la compatibilité avec le marché intérieur des aides d'État destinées à promouvoir la réalisation de projets importants d'intérêt européen commun. »

Le PIIEC permet notamment de financer la première industrialisation des technologies développées dans le cadre du projet, ce qui représente une évolution très significative dans les règles de financement. A noter que le FID représente une part importante des dépenses prévues dans le cadre de la notification (5 365 M€ de coûts estimés de FID dans le cadre de l'ensemble du PIIEC contre 2 529 M€ pour les coûts de R&D¹², soit près de 68 % des dépenses totales).

Le PIIEC Microélectronique a été validé par la Commission Européenne le 18 décembre 2018 et rassemble quatre pays européens : l'Allemagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni, auxquels l'Autriche s'est jointe ultérieurement. La France représente une part significative du programme puisque les coûts éligibles des acteurs français représentent 1 999 M€ sur les 7 895 M€ de l'ensemble du PIIEC¹³.

Il a pour objectif général *«de permettre la recherche et le développement de technologies et de composants innovants (par exemple, des puces, des circuits intégrés et des capteurs) qui peuvent être intégrés dans un large éventail d'applications en aval. Il s'agit d'appareils grand public, par exemple les appareils ménagers et les véhicules automatisés, et d'appareils commerciaux et industriels, par exemple les systèmes de gestion des batteries utilisées pour la mobilité électrique et le stockage de l'énergie (...) le projet devrait stimuler des recherches et des innovations supplémentaires en aval, notamment en ce qui concerne le vaste domaine de l'internet des objets et les voitures connectées ou sans conducteur¹⁴. »*

Le programme ambitionne ainsi de lever les verrous technologiques rencontrés par les acteurs du secteur de la microélectronique, et de favoriser l'adoption des nouvelles technologies développées par les industriels situés en aval de la filière qui représentent le principal levier de croissance, en leur permettant de développer et d'améliorer de nouvelles applications, notamment dans le secteur de l'automobile, celui de l'IoT et ceux de l'aérospatial, de la défense et la sécurité.

¹¹ Communication on Important Projects of Common European Interest (IPCEI) - 2014/C 188/02

¹² Notification du PIIEC du 3.12.2018 (C(2018) 8864 final)

¹³ Notification du PIIEC du 3.12.2018 (C(2018) 8864 final)

¹⁴ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6862



Automobile	IoT	Aérospatial, défense et sécurité
Composants de puissance destinés à l'électrification des véhicules. Il s'agit également de l'intégration de composants qui intègrent de l'intelligence artificielle, incluant des systèmes d'assistance à la conduite, etc.	Systèmes autonomes et connectés (objets connectés, téléphones, ordinateurs avec des composants de basse consommation, capteurs et composants de communication performants (5G, par exemple), intelligence artificielle, incluant des systèmes d'assistance à la conduite.	Composants spécifiques, incluant des composants numériques ASIC et FPGA durcis aux radiations, des capteurs infrarouges, etc.

Source : Illustration Deloitte

Le PIEEC Microélectronique définit **cinq champs technologiques** (ou TF : *Technology Field*)

- **TF1** : Composants numériques de basse consommation
- **TF2** : Composants de puissance
- **TF3** : Capteurs intelligents
- **TF4** : Equipements optiques avancés
- **TF5** : Semi-conducteurs composés

Figure 4. Champs technologiques couverts par le programme Nano 2022 et bénéficiaires

Energy efficient chips	Power semiconductors	Smart Sensors	Advanced optical equipment	Compound materials
CEA-Leti	3-D Micromac*	CEA-Leti	AMTC*	AZUR Space Solar Power
Cologne Chip	AP&S International	CorTec	Carl Zeiss	CEA-Leti
Globalfoundries	AT&S	Elmos Semiconductors		Integrated Compound Semiconductors
NXP Semi-conductors Austria	CEA-Leti	Fondazione Bruno Kessler		IQE
RacylCs	Elmos Semiconductors	Infineon		Newport Wafer Fab
Soitec	Infineon	Robert Bosch		SPTS Technologies
ST Micro-electronics	Infineon Austria	ST Micro-electronics		OSRAM
X-FAB	MURATA	TDK-Micronas		SYNRED
	Robert Bosch	LYRED		Soitec
	SEMIKRON	X-FAB		ST Micro-electronics
	ST Micro-electronics			
	X-FAB			

Source : www.ipcei-me.eu/partners/

Le projet comprend 29 partenaires directs, dont 7 français, en charge de coordonner l'activité de recherche sur les 40 projets interreliés qui composent l'IPCEI et qui sont les chefs de file du programme NANO 2022. Par la suite Sofradir et Ulis ont fusionné au sein de Lynred, et la société United Monolithic Semiconductors SAS (UMS) a été intégrée parmi les chefs de file.

Le programme national correspond ainsi à la déclinaison du PIIEC Microélectronique.

Nano 2022 et la feuille de route Contrat stratégique de Filière Industrie Electronique

Le positionnement des bénéficiaires sur les champs technologiques du programme est à mettre en lien avec la feuille de route Contrat Stratégique de Filière Industrie Electronique 2018-2022 (mars 2019)¹⁵.

Feuille de route Contrat Stratégique de Filière Industrie Electronique 2018-2022 (mars 2019)	NANO2022
6 axes structurants initiaux (2019)	
Axe 1 - Maîtrise des technologies clés	
Développer les briques technologiques stratégiques pour les composants, objets ou sous-systèmes utilisés par les industries applicatives :	X
Dont Technologie des semiconducteurs (miniaturisation, consommation, puissance...) ;	X
Dont Technologies type sécurité, Intelligence Artificielle, connectivité, faible consommation, puissance, logiciel embarqué, calcul, capteur, Radio Fréquence ;	X
Dont Technologies d'intégration, d'assemblage, ...	X
Participer et avoir un leadership dans les organes de standardisation et de lobbying au niveau mondial pour guider l'évolution des standards et être en avance de phase ;	O
Intégrer la dimension européenne forte dans les deux projets PIIEC et CPS qui s'inscrivent donc dans ce contexte comme des éléments majeurs de mise en valeur de nos solutions aux niveaux européen et mondial.	X
Industrie électronique du futur	
De faire progresser la compétitivité de l'électronique made in France pour servir les besoins des marchés existants et des nouveaux usages du Smart World ;	X
De stimuler l'investissement des acteurs de la production électronique en limitant le risque sur les choix technologiques et en accélérant le ROI	X
De renforcer les connexions entre l'industrie de fabrication et la recherche pour anticiper les ruptures et développer la compétitivité à long terme ;	X
D'affirmer une position de leadership en Europe et à l'international sur cet enjeu phare pour la filière.	X
Transformation numérique des entreprises	
Compétences et emplois	
L'attractivité des métiers de l'électronique, de la microélectronique et du logiciel embarqué	O
Action à l'échelle européenne	

¹⁵ Une mise en lien avec la décomposition au niveau européen a également été envisagée, mais les données de financement ne sont pas disponibles (confidentielles) par champs technologique.

Réindustrialisation globale pour l'électronique européenne qui permettra de contribuer plus largement à la compétitivité de l'ensemble de l'industrie.	X
Agir collectivement face aux géants mondiaux.	X
Intelligence Artificielle	
Le hardware, le logiciel doivent être optimisés et la capacité d'industrialisation est également fondamentale pour obtenir des solutions compétitives	
L'objectif est donc de contribuer aux plans Intelligence Artificielle de chacune de ces filières et à bien d'autres filières utilisant cette révolution technologique (marché industriel, automobile, aéronautique...)	
<i>Note de lecture : Le vert illustre une forte contribution de NANO 2022 à la feuille de route, l'orange, une contribution relative et le gris, l'absence de contribution.</i>	

Le programme NANO 2022 apparaît bien aligné avec la feuille de route, notamment s'agissant de 3 axes, la maîtrise des technologies clés, l'industrie électronique du futur et l'action à l'échelle européenne. Il n'est pas positionné sur les actions de nature plus écosystémiques de type Digital Innovation Hubs ou la mise en place et la diffusion des référentiels de la filière sur la conception / industrialisation, qui recouvrent largement l'axe transformation numérique des entreprises. Pour autant, son action en termes de développement de réseau représente une contribution à cet axe.

S'agissant de la question des compétences et du développement de la main d'œuvre, c'est un élément absent du programme en dépit de son impact important sur les besoins de main d'œuvre. S'agissant enfin de l'intelligence artificielle, bien que cela ne soit pas l'objectif premier du programme, certains projets (comme ceux de MIOS ou Asygn) visent à exploiter les potentialités offertes par l'IA pour traiter les informations sur les capteurs IoT produits.

La feuille de route a été complétée dans le cadre du plan de relance en 2021. Bien que ces compléments soient postérieurs au programme, il est intéressant de les considérer.

3 axes structurants complémentaires (dans la cadre de France Relance, 2021)	NANO 2022
Lancement de nouveaux projets d'innovation au service de la transition numérique et énergétique : l'électronique de puissance pour améliorer les rendements du véhicule électrique et les technologies d'IA embarquée et frugale en ressources	X
Mobilisation renforcée de la filière et de l'Etat en faveur de la souveraineté technologique et industrielle de l'Europe , par un soutien aux implantations industrielles, à la création de filières d'avenir souveraines et au développement de compétences clés	X
Une coopération renforcée pour réaliser le fort potentiel d'emploi dans la filière et favoriser un recrutement plus inclusif (attractivité des jeunes et des publics en reconversion / insertion, plan égalité femmes-hommes, hybridation des formations avec les filières partenaires)	O

Le programme NANO 2022 s'inscrit naturellement dans l'objectif de développement de l'électronique de puissance, ainsi que dans celui de mobilisation en faveur de la souveraineté technologique et industrielle de l'Europe, que ce soit par le soutien aux acteurs pour développer des produits innovants et compétitifs ou par certains projets, comme celui d'UMS, qui visent à favoriser le développement de nouvelles activités industrielles, en l'occurrence, la capacité à réaliser le packaging des semi-conducteurs.

Le programme occupe une place particulière dans le cadre du dispositif de financement de la recherche et de l'innovation dans le domaine des semi-conducteurs

Pour les bénéficiaires du programme, NANO 2022 occupe une place singulière dans le dispositif de financement de la recherche.

- **Crédit Impôt Recherche ou CIR (pour les seuls industriels)** : pour les bénéficiaires, le CIR joue un rôle de réduction générale des coûts de recherche et d'innovation (de l'ordre de 30 % des dépenses de R&D éligibles). Il est important et joue un rôle complémentaire à celui de NANO 2022.
- **Joint Undertaking (JU ECSEL / KDT JU)** : ces programmes européens de recherche collaboratifs présentent un haut degré de coopération internationale. Ils permettent de soutenir des projets de R&D et de développer le réseau des bénéficiaires. En revanche, le reproche est souvent fait à ces projets de permettre une moindre confidentialité des travaux, ce qui conduit une partie des industriels à ne pas financer leurs recherches les plus stratégiques par ce biais.

Il convient de noter que le dispositif NANO 2022 n'est pas exclusif du CIR ou des projets européen ECSEL / KDT, même si les subventions perçues au titre de NANO 2022 sont déductibles de l'assiette du CIR afin de prévenir tout double subventionnement.

S'agissant du financement européen au titre de la JU ECSEL / KDT JU, ces financements peuvent pleinement s'articuler et générer des effets de levier additionnels. En effet, comme évoqué précédemment, la Commission Européenne ne finance pas directement les bénéficiaires du programme. En revanche, les projets réalisés dans le cadre de la Joint Undertaking peuvent faire l'objet d'un cofinancement entre les Etats membres et la Commission Européenne.

Dans cette perspective, une partie des travaux prévus dans le cadre du dispositif NANO peut être reportée dans un projet européen et bénéficier d'un co-financement européen. Dans le cadre d'une grande entreprise, cela permet de passer d'un taux de financement de 25 % à 50 % dans le cadre d'un projet de recherche (RIA).

Par ailleurs les bénéficiaires peuvent également obtenir des financements, mais sur des assiettes différentes de celles couvertes par le programme NANO 2022 :

- **Agence Nationale de la Recherche ou ANR** : le programme ANR présente un intérêt pour conduire des recherches très en amont. Toutefois, les laboratoires ont indiqué que les recherches dans le domaine des semi-conducteurs avaient beaucoup de difficultés à être retenues dans le cadre de projets ANR. Par ailleurs, des laboratoires ont indiqué qu'en comparaison des projets ANR, la proximité avec les industriels permise par le programme NANO 2022 était très appréciable.
- **Financement d'équipements de recherche** pour les laboratoires de recherche : ces financements, par exemple, réalisés dans le cadre du dispositif FEDER (Fonds Européen de Développement Régional) sont importants en raison de l'importance du coût de ces équipements pour les laboratoires de recherche, qui ne sont pas couverts dans le cadre du programme.
- **IRT NANOIELEC** : un outil de soutien à la recherche partenariale entre le secteur privé et le secteur public.
- **FID** : c'est une grande nouveauté du programme en comparaison des dispositifs de financement classiques de la recherche et du développement qui ne financent pas les phases d'industrialisation des produits, même lorsqu'il existe des enjeux techniques particuliers.

Acteurs et modalités d'intervention du programme Nano 2022

Le programme Nano 2022 finance, au moyen de subventions, 76 bénéficiaires industriels et académiques, couvrant des entreprises de tailles diverses, des laboratoires de recherche et des industriels des filières aval directes.

Le programme se décline en 82 projets réalisés par des bénéficiaires industriels et académiques situés dans 11 régions en France, et coordonnées par 6 chefs de file. Ces six entreprises chefs de file industriels ont ainsi la charge

du pilotage des projets de R&D et de FID. A ces six premiers chefs de file, s’ajoute le CEA, également bénéficiaire direct du PIIEC et qui a un rôle transverse dans le cadre du programme.



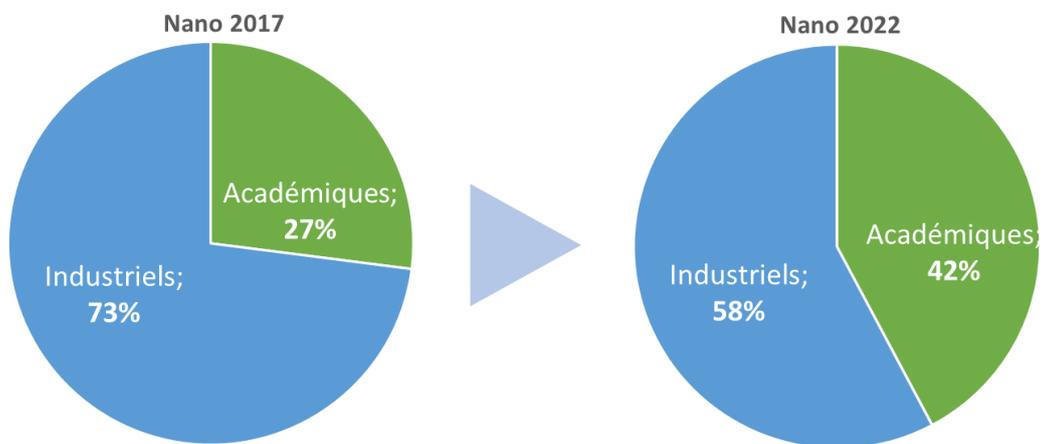
Le programme s’inscrit également dans des dynamiques territoriales et une logique d’encouragement des dynamiques collaboratives, ce qui pourrait faire bénéficier aux autres acteurs de l’écosystème d’externalités positives.

Le programme Nano 2022 a été financé par plusieurs acteurs publics :

- **L’Etat français à hauteur de 886,5 millions** d’euros à travers un effort combiné :
 - De la DGE pour le compte du ministère de l’économie et des finances
 - Du Plan d’investissement avenir (PIA), incluant un prêt de la Caisse des dépôts et de Consignation
 - Du Fond pour l’innovation et l’industrie (FII)
- **Des collectivités territoriales**, en particulier autour de cinq régions : l’Auvergne Rhône-Alpes, la région Provence-Alpes-Côte-D’azur, la Normandie, la Bretagne et le Centre-Val-de-Loire, mais également d’autres régions telles que la Nouvelle-Aquitaine, Bourgogne-Franche-Comté, le département de l’Isère, ainsi que des métropoles telles que Grenoble-alpes métropole, le Grésivaudan, le Grand-Annecey, Tours métropole et Aix-Marseille-Provence métropole. Ces acteurs totalisent un financement de 74 millions d’euros ;
- **De l’Union européenne** à travers le dispositif *ECSEL*, à hauteur de 85 millions d’euros.

Ces financements octroyés dans le cadre du programme Nano 2022 visent un montant total d’investissements prévus s’élevant à 5 milliards d’euros sur la période 2018-2022. Par rapport à 2017, les aides octroyées via le Programme National ont augmenté de 104 %, les aides octroyées dans le cadre de Nano 2017 étaient de près de 435 millions d’euros sur la période 2013-2017 pour près de 2 milliards d’euros d’investissements R&D réalisés sur la période.

Figure 5. Proportion de l’aide Nano par catégorie de bénéficiaire



Source : Données DGE, Calculs Deloitte

La part de l’aide destinée aux partenaires académiques a également augmenté entre les deux dernières générations Nano, passant de 27 à 42 %.

STMicroelectronics et le CEA sont de très loin les bénéficiaires les plus importants en termes de montants octroyés : 41 % de l’aide totale est allouée à STMicroelectronics et 40 % concernant le CEA¹⁶.

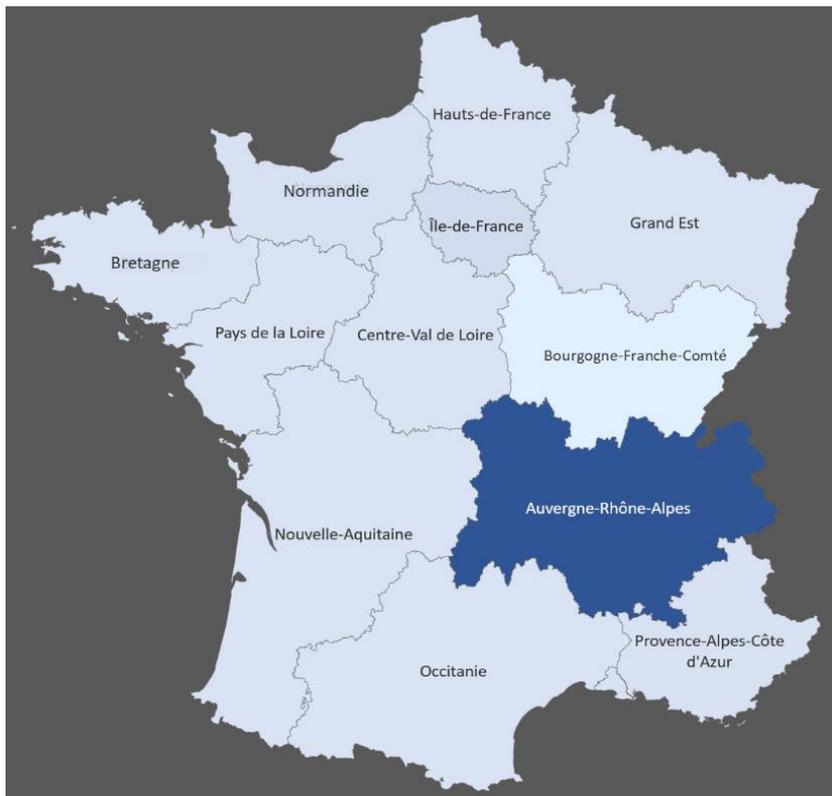
Comparé à Nano 2017, cette part est en baisse pour ST Microelectronics, ce qui reflète l’arrivée dans le programme de nouveaux bénéficiaires industriels (la proportion de l’aide de STMicroelectronics dans le montant total accordé aux industriels est passé de 95 % pour Nano 2017 à 71 % pour Nano 2022).

La part du CEA est en revanche en augmentation (de 25 à 40 %), le CEA restant de très loin le premier partenaire académique (avec 95 % des aides accordées aux partenaires académiques) et profitant dès lors de l’augmentation de la part consacrée aux partenaires académiques.

Les chefs de file totalisent près de 56 % de la totalité de l’aide.

Les sites industriels, correspondant aux investissements réalisés dans le cadre de Nano 2022, sont majoritairement situés dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, notamment STMicroelectronics, SOITEC, le Lynred et le CEA-Leti. Les autres déploiements industriels des chefs de file s’effectuent en régions PACA, Centre Val de Loire, Bretagne (STMicroelectronics), Ile-de-France (X-FAB, UMS, Lynred), et Normandie (Murata).

Figure 6. Localisation des projets financés par Nano 2022



Les entités financées dans le cadre du programme Nano 2022 et qui sont localisées dans la région Auvergne-Rhône-Alpes se trouvent au sein d’un écosystème grenoblois déjà très engagé sur des projets de recherche et d’innovation, notamment au travers des pôles de compétitivité Minalogic (technologies du numérique) et Tenerrdis (nouvelles technologies de l’énergie), et des IRT tels que Nanoelec. Elles sont aussi présentes dans l’écosystème d’entreprises et de laboratoires académiques lyonnais au travers des pôles LyonBiopole (innovations technologiques dans le secteur de la santé), Techtera (filrière textile française), l’IRT BioAster, etc. Les régions Ile-de-France et Provence-Alpes-Côte d’Azur sont les deuxièmes régions ex-aequo en termes d’entités bénéficiaires du programme Nano 2022. Le programme Nano finance des projets situés dans l’ensemble des régions en France métropolitaine.

Source : Données DGE (aides demandées et localisation) géographique

¹⁶ Cette concentration de l’aide autour de ces deux entités permet d’atteindre sur la plupart des questions un très bon niveau de représentativité en termes de pourcentage des financements, ces deux acteurs ayant répondu de façon relativement précise à la plupart des questions.

2. Objectifs, périmètre, temporalité et données utilisées dans le cadre de l'évaluation

L'évaluation à mi-parcours du programme NANO 2022 vise principalement à fournir des éléments d'analyse pour le décideur public. Les attendus sont de trois ordres :

- Une **quantification des résultats et premiers effets du programme**, en termes de R&D et de FID, de performances économiques des bénéficiaires, de retombées économiques (dans chaque région et au niveau national) ;
- Une **mise en perspective du programme** au regard des pratiques et des performances d'autres politiques publiques internationales en matière de création d'emploi en France ou de gain de marché notamment à l'exportation ;
- Une **analyse des modalités de gouvernance** du programme interrogeant en particulier le fonctionnement de ses différentes instances de décision et de suivi¹⁷.

Une attention particulière est portée à l'articulation entre le programme NANO 2022 et ses trois prédécesseurs dans la mesure où ils ont déjà soutenu une grande partie des acteurs bénéficiaires. L'enjeu est d'éviter les doubles comptes en cherchant à dissocier l'impact du programme NANO 2017 des effets attribuables à NANO 2022.

En dehors des travaux prévus dans le cadre du PIIEC, qui correspondent au volet programme national de NANO 2022 « *d'autres travaux complémentaires pourront être retenus dans le plan Nano 2022, à la discrétion du COPIL. Ces travaux complémentaires pourront notamment répondre aux enjeux industriels locaux et prendre la forme de projets communs cofinancés par l'Etat et les collectivités territoriales. Ils pourront également prendre la forme de travaux collaboratifs européens, notamment via les dispositifs Eureka et ECSEL* ». ¹⁸

Le **périmètre thématique de l'évaluation** porte sur le programme national, déclinaison du PIIEC en France et sur les différentes extensions européennes.

Le volet européen du programme (ECSEL et PENTA/EURIPIDES) a déjà permis de financer plus de 40 partenaires français présents dans 11 projets européens sur la période 2018-2023. Tous ces projets s'inscrivent dans la feuille de route technologique Nano 2022 et couvrent des travaux variés comprenant des niveaux de TRL de niveaux différents :

- [5G GaN2](#) (2018-2022) : réduire les coûts, la consommation d'énergie et la puissance des systèmes d'antennes actives pour la 5G
- [OCEAN12](#) (2018-2022) : développer de nouveaux processeurs qui exploiteront le FDSOI (Fully Depleted Silicon on Insulator) pour diminuer la consommation d'énergie.
- [WakeMeUP](#) (2018-2021) : mettre en place une ligne pilotée pour les microcontrôleurs avancés avec mémoire volatile intégrée.
- [Ai4Di](#) (2019-2022) : évaluer la pertinence des méthodes d'intelligence artificielle (IA) dans l'industrie numérique.
- [HELIAUS](#) (2019-2022) : développer des systèmes de perception thermique intelligents.
- [Madeln4](#) (2019-2022) : développer de nouvelles générations d'équipements de métrologie.
- [TEMPO](#) (2019-2022) : balayer les options technologiques, couvrant les mémoires émergentes et l'intégration 3D, et les associer aux paradigmes de l'informatique neuromorphique contemporaine (DNN) et exploratoire (SNN).
- [VIZTA](#) (2019-2022) : développer des modules de capteurs optiques spécifiques destinés à la vision 3D.

¹⁷ Ces instances comprennent le Comité de pilotage (COPIL), un comité d'Orientation Stratégique (COOR) et un Dispositif d'Expertise (DISEXP)

¹⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038260906>

- [ANDANTE](#) (2020-2023) : Assurer le développement des technologies, IPs et accélérateurs pour la mise en œuvre d'architectures neuromorphiques et réseaux de neurones profonds (DNN) favorisant l'analyse de données en local sur les nœuds terminaux d'un réseau IoT, en réduisant ainsi la consommation globale du réseau à travers un échange plus limité des données avec le cloud (le nuage).
- [BEYONDS](#) (2020-2023) : construire une chaîne d'approvisionnement sur la technologie SOI (Silicon on Insulator) par radiofréquence, permettant de nouveaux domaines RF (Radio Frequency) pour la détection, la communication, la radio 5G et au-delà.
- [iRel40](#) (2020-2023) : améliorer la fiabilité des systèmes électroniques tout au long de la chaîne de valeur.

L'évaluation porte sur les travaux réalisés et résultats obtenus sur la période 2018-2021. Toutefois, une ouverture a été considérée afin de mettre en perspective les résultats attendus du programme.

Cette période implique nécessairement une évaluation de nature préliminaire des impacts du programme et en particulier, des résultats et impacts de son volet FID ou de leur application dans les filières aval. En effet, ces programmes sont caractérisés par une montée en charge progressive, qui ne permet pas à mi-parcours d'appréhender les impacts les plus aval.

Les données utilisées dans le cadre de l'évaluation ont été collectées suivant une stratégie à deux niveaux :

1. Collecte auprès des bénéficiaires, des chefs de file et des opérateurs publics

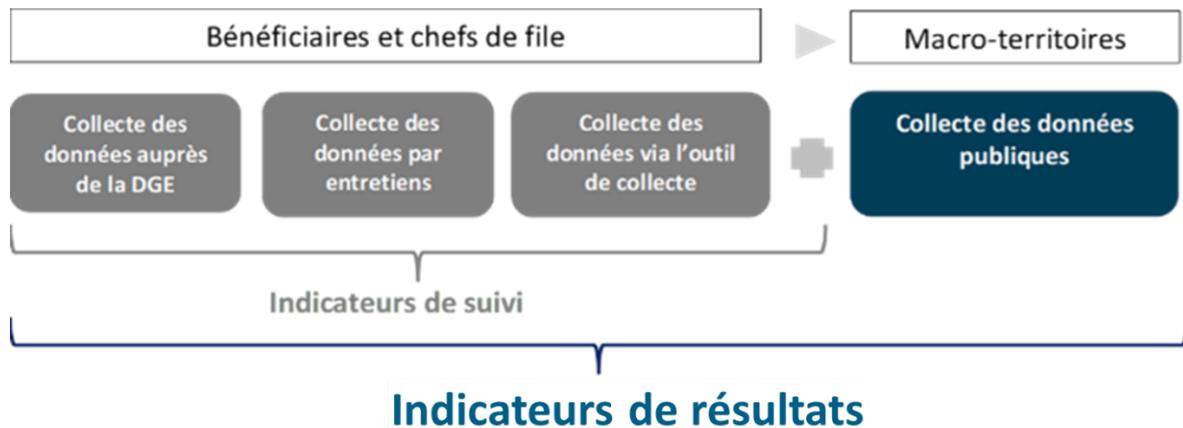
La démarche a consisté à collecter des données relatives aux bénéficiaires à la fois auprès de la DGE et à travers un outil de collecte de données en ligne accompagné par des entretiens - l'objectif global étant de construire une base de données dynamique d'indicateurs d'activités et de suivi des acteurs du programme.

- Collecte des données auprès de la DGE : les données concernant l'identité des bénéficiaires ainsi que les montants des financements octroyés par la DGE, les collectivités et ECSEL ont été fournis par la DGE. Parmi les informations transmises figurent également des données concernant les différents partenaires de chacun des six chefs de file, ainsi que celles des collectivités. Les montants des financements Nano 2017 ont également été fournis.
- Collecte des données via un questionnaire en ligne : afin de centraliser les informations pertinentes auprès des bénéficiaires directs du programme Nano 2022, une interface de collecte de données et informations a été développée à l'aide du langage SQL. L'interface a été mise à disposition de la DGE et pourra servir de base unique pour la collecte d'informations dans le temps.
- Collecte des données via les entretiens : des entretiens ont été menés auprès d'une quarantaine d'acteurs, à la fois bénéficiaires et collectivités locales, afin de préciser les différentes informations de ces acteurs, ainsi que de recueillir les points de vue des acteurs et collectivités locales sur la gouvernance du programme. Ces entretiens ont été conduits suivant un guide d'entretien validé par la DGE.

2. Collecte de données publiques macro-territoriales

L'objectif qui sous-tend la collecte des données publiques est de construire des indicateurs sur l'environnement macro-territorial dans lequel évoluent les bénéficiaires, afin d'évaluer les retombées du programme. Ainsi, un ensemble de données publiques à la fois économiques, sociales, environnementales (évolution de la consommation énergétique, consommation d'eau, d'électricité, volumes d'intrants polluants, volumes de déchets produits et émissions de gaz à effet de serre par catégorie de produits) et liées à l'innovation ont été collectées.

Figure 7. Résumé de la stratégie de collecte des données



Afin de répondre aux questions de l'évaluation, la suite du rapport est organisée en quatre chapitres.

- **Le Chapitre II** présente le secteur de la microélectronique avec une mise en exergue des six chefs de file du programme Nano 2022. Le chapitre présente également les liens matriciels entre technologies et produits ;
- **Le Chapitre III** propose une évaluation des effets du programme sur différents champs : la R&D et l'innovation, l'emploi, la production, ainsi que les indicateurs environnementaux ;
- **Le Chapitre IV** présente les indicateurs macro-territoriaux et insiste sur l'impact de l'activité des bénéficiaires sur les territoires des acteurs, notamment en termes de fiscalité et d'emploi local ;
- **Le Chapitre V** s'intéresse à la conception et au pilotage du programme vu des acteurs. Des recommandations sont formulées afin d'améliorer le fonctionnement du programme ;

Chapitre II : Présentation du secteur de la microélectronique et des 6 chefs de file

1. Panorama des tendances économiques du secteur de la microélectronique

La production de composants microélectroniques s'appuie sur une chaîne de valeur¹⁹ complexe et fortement internationalisée qui démarre de la recherche pour aller jusqu'à la distribution en passant par la fabrication (cf. figure 10).

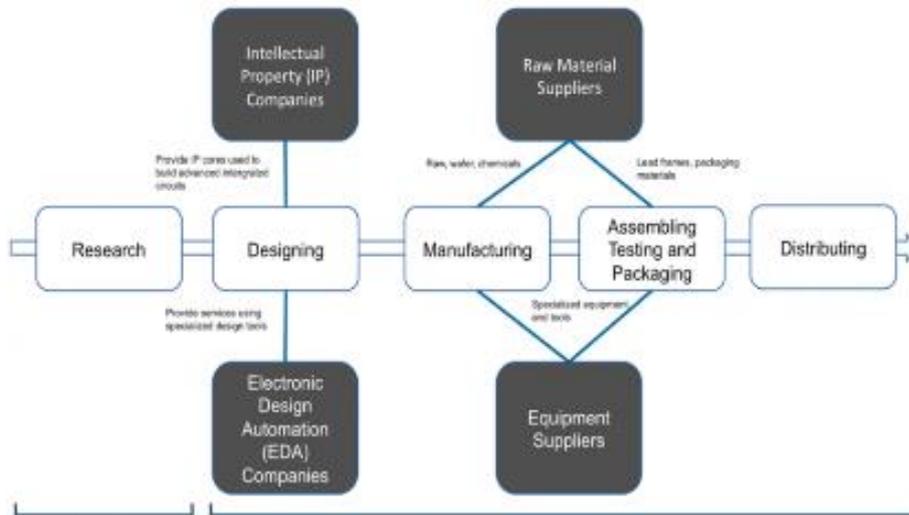
Cette chaîne de valeur est complétée par d'autres activités telles que celles effectuées par :

- Les sociétés de propriété intellectuelle qui développent et cèdent sous licence des « blocs » de circuits préconçus que les entreprises de semiconducteurs intègrent ensuite dans leurs propres conceptions de puces (design) ;
- Les sociétés d'automatisation de la conception électronique (EDA) qui fournissent la conception assistée par ordinateur (CAO) et d'autres services de design de semiconducteurs ;
- Les fabricants de matériaux qui fabriquent notamment des plaquettes et des matériaux d'emballage ;
- Les équipementiers qui fournissent des équipements et machines spécialisés.

L'écosystème de la microélectronique est également constitué d'un maillage d'entités de R&D de haut-niveau, constitué par des laboratoires, des écoles, des universités et des pôles de compétitivité ou des clusters technologiques. En Europe, les trois principaux organismes de recherche sont l'IMEC, le CEA Leti et le Fraunhofer Institute. En France, les principaux clusters technologiques se trouvent à Paris Saclay, Grenoble ou encore Sophia Antipolis.

Le secteur plus large des composants électroniques inclut -outre la microélectronique- les fabricants de composants passifs (connectique, résistances, condensateurs, etc.), les fabricants de circuits imprimés (PCB) et les distributeurs de composants électroniques.

Figure 8. Chaîne de valeur de l'industrie microélectronique



Source : DECISION Etudes & Conseils, ESIA

En aval de la chaîne de valeur des composants électroniques se trouvent l'assemblage de cartes électronique puis la fabrication de systèmes électroniques complets (smartphones, unité de contrôle électronique automobile, etc.).

¹⁹ La chaîne de valeur se définit dans ce cas comme l'ensemble des activités industrielles ou de services nécessaires à la fabrication des composants microélectroniques.

Les activités d’assemblage de cartes et de fabrication de systèmes complets sont réalisées soit directement par des fabricants de systèmes (OEM), soit par des sous-traitants électroniques pour compte de tiers (EMS).

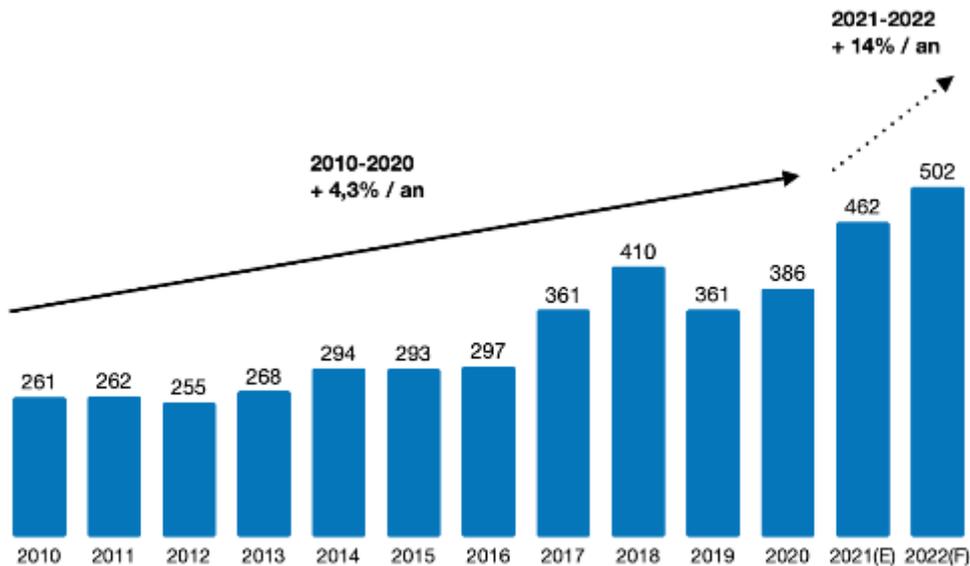
1.1 Fondamentaux du secteur de la microélectronique

1.1.1 Une croissance forte depuis 2020

Le secteur de la microélectronique est un secteur dynamique dont la croissance annuelle moyenne a été de 4,3 % sur la période 2010-2020 (cf. figure 11, contre seulement 2,6 % pour le PIB mondial. Au-delà d'une demande structurelle croissante, le secteur se caractérise par une forte volatilité des prix de certaines familles de semiconducteurs (telles que les mémoires) qui peut faire évoluer brusquement la valeur de la production mondiale.

Ainsi en 2018, la production mondiale de semiconducteurs a augmenté de près de 14 % pour atteindre 410 milliards d'euros puis a chuté de 12 % en 2019 à 361 milliards. En dépit de la crise du COVID, la production a connu une hausse de 6,8 % en 2020 tirée en particulier par la forte demande mondiale pour certains biens numériques comme les PC. Le redémarrage des économies couplé au phénomène de pénurie de composants, qui a engendré des hausses de prix, devrait permettre au secteur d'atteindre son plus haut historique à près de 462 milliards d'euros (+20 %) en 2021. Le World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) prévoit une croissance annuelle moyenne de 14 % du marché mondial des semiconducteurs entre 2020 et 2022, tandis que le FMI prévoit une croissance de 8,8 % pour le PIB mondial en dollars à prix courants sur la même période.

Figure 9. Évolution du marché mondial de semiconducteurs (en milliards d'euros)



Source : WSTS, DECISION Etudes & Conseils

Au niveau européen selon l'European Semiconductor Industry Association (ESIA), les ventes annuelles de semiconducteurs en Europe se sont élevées à 32,85 milliards d’euros en 2020, en baisse de 7,6 % par rapport à 2019. Alors que le marché a connu une augmentation en 2020, seule l’Europe a affiché un marché en recul cette année notamment à cause de son positionnement sur les marchés électroniques automobiles et industriels qui ont été sévèrement impactés par le retournement économique lié à la crise sanitaire²⁰. Le marché américain s'est

²⁰ 61 % des systèmes électroniques produits en UE27 en 2020 sont dédiés aux marchés automobiles ou industriels.

démarqué en augmentant de 19,6 % en 2020 grâce à une plus grande part de sa production électronique dédiée à l'informatique²¹. La Chine est restée le plus grand marché de semiconducteurs avec des ventes totalisant 131 Mds d'euros en 2020 (en augmentation de 5 % par rapport à 2019), pour une production d'équipements électroniques qui s'est élevée à 693 Mds d'euros la même année²². Les ventes annuelles ont également augmenté en 2020 en Asie-Pacifique / reste du monde (+5,2 %) et au Japon (+1,1 %).

En 2019, le marché européen avait baissé de 2,3 % par rapport à 2018 pour s'élever à 35,5 milliards d'euros. 2018 avait été elle une année de croissance pour le marché européen qui avait progressé de 7,2 % par rapport à l'année 2017 et avait atteint 36,4 milliards d'euros.

Figure 10. Ventes mensuelles de semiconducteurs en Europe (€)



Note: 3/12 = Percent change of a three-month period compared to a similar period twelve months before
 12/12 = Percent change of a twelve-month period compared to a similar period twelve months before

Source : ESIA (basé sur le WSTS)

A l'instar du marché européen, les ventes de semiconducteurs en France en 2020 ont été affectées par la baisse de l'activité industrielle due à la crise sanitaire et à son exposition aux marchés électroniques automobiles et industriels qui ont fortement baissé cette année-là. Les ventes de composants microélectroniques en France ont ainsi reculé de 11 % à 1,575 milliard d'euros selon l'AcSiel²³. Cette baisse a été de 8 % pour les ventes directes aux clients finaux et de 18 % pour les ventes à la distribution.

Parmi les grandes familles de produits, la crise a entraîné une forte contraction annuelle sur les ventes de circuits MOS Logic (-22 %) et de discrets (-29 %). Les capteurs / actionneurs et de circuits MOS Micros ont été relativement moins touchés avec des baisses respectives de -5 % et de -7 % tandis que les ventes de circuits analogiques ont augmenté de 9 % à la faveur du très fort rebond au second semestre 2020.

²¹ Près de 40 % des systèmes électroniques produits aux USA en 2020 sont dédiés à l'informatique. 30 % North Am 2020 = Cons audio + Cons PC + Phones + Infra telcos.

²² Les producteurs d'équipements électroniques sont les acheteurs de semiconducteurs, qu'ils intègrent dans leurs équipements. La Chine s'est positionnée comme le premier pays pour la production d'équipements électroniques. Elle est ainsi devenue le premier marché mondial de semiconducteurs. Elle utilise désormais sa position de premier marché de semiconducteurs pour favoriser la production de semiconducteurs sur son sol.

²³ ACSIEL Alliance Electronique

En 2018, le marché français avait augmenté de + 0,9 % pour atteindre 1,887 milliard d'euros puis avait subi le retournement conjoncturel mondial du secteur en 2019 pour reculer de 6 % et s'établir à 1,77 milliard.

En ce qui concerne 2021, le marché français a bénéficié de la forte demande mondiale et de la hausse des prix liée aux pénuries de composants pour établir un solide premier trimestre 2021 en croissance de 24 % par rapport au dernier trimestre 2020 tiré notamment par les secteurs informatiques ainsi que l'industriel et les smart cards.

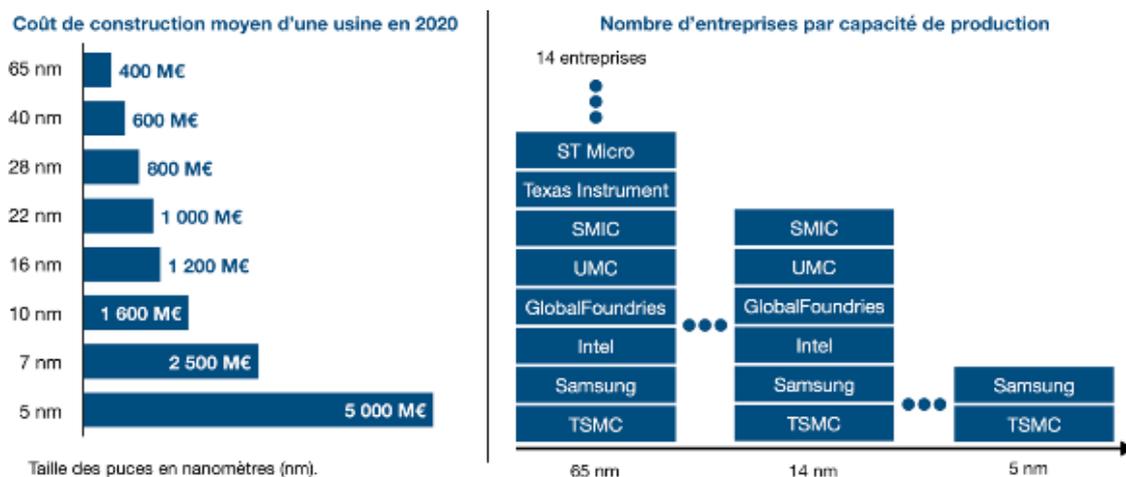
1.1.2 Des investissements en forte hausse depuis 2020 qui ont lieu principalement à l'extérieur de l'Europe

La microélectronique est une industrie hautement capitalistique dont le coût des machines et des investissements nécessaires à la fabrication de semiconducteurs augmente de façon exponentielle à mesure de la progression de la *Loi de Moore* (cf. figure 13). La Loi de Moore correspond au principal moteur de l'innovation dans le secteur de la microélectronique depuis l'origine de cette industrie dans les années 1950 et décrit un doublement du nombre de transistors par puce de microprocesseur tous les 2 ans. Ce phénomène permet à la fois la miniaturisation de l'électronique et la baisse constante du prix des puces électroniques, permettant leur diffusion à un nombre croissant d'usages. Cependant, elle arrive à son terme et le doublement du nombre de transistors par puce nécessite des investissements en machine outils toujours plus coûteux.

Le coût d'une usine de production de processeurs de dernière génération atteint plusieurs milliards d'euros, sans compter les coûts de R&D associés en amont et les coûts d'exploitation en aval²⁴. En conséquence, le nombre d'entreprises capables de supporter de tels niveaux d'investissements est toujours plus faible : seuls le taïwanais TSMC et le sud-coréen Samsung sont aujourd'hui capables de fabriquer des processeurs de 5 nanomètres. Intel (E-U), GlobalFoundries (E-U), UMC (Taïwan) et SMIC (Chine) restent dans la course avec un retard plus ou moins prononcé.

Cette tendance impacte les fabricants de processeurs mais également ceux de mémoires. Ainsi, seuls les cinq leaders mondiaux des mémoires sont aujourd'hui capables de produire les technologies les plus avancées (3D multicouches) : les coréens Samsung et SK Hynix, les américains Micron et Western Digital, et le japonais Kioxia.

Figure 11. La progression exponentielle du coût des usines de semiconducteurs de dernière génération engendre une réduction année après année du nombre d'entreprises disposant de capacités de production de pointe

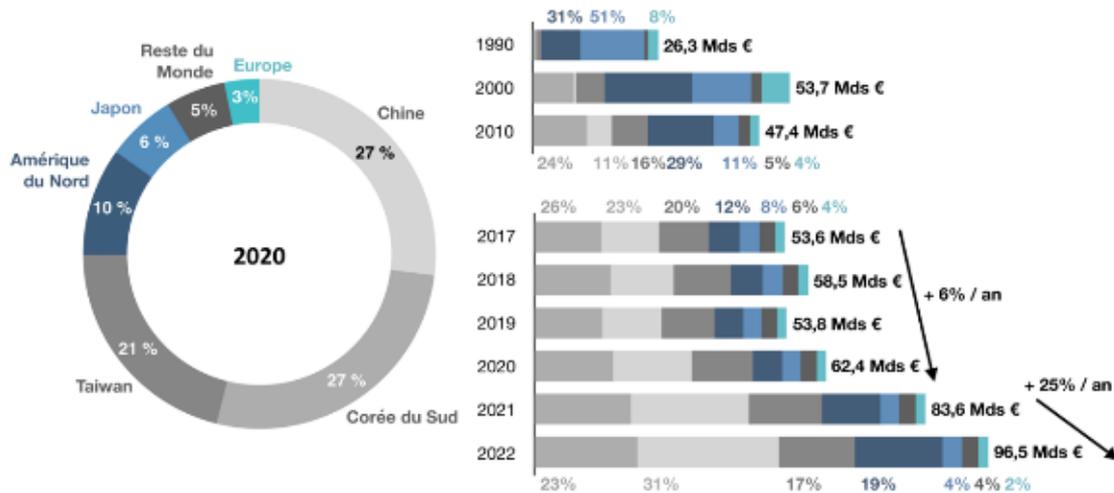


Source : DECISION Études & Conseil

²⁴ Jusqu'à 20 milliards de dollars pour la première usine de processeurs de 3 nanomètres du Taïwanais TSMC.

En 2019, l'Europe n'a accueilli que 2 Mds d'euros d'investissement sur son sol, se positionnant en bas de classement en termes d'attractivité. Une tendance qui s'est poursuivie en 2020 avec 2,1 Mds d'euros. En matière d'investissements, l'Europe ne représente ainsi que 3 % du total mondial en ce qui concerne les équipements de fabrication de semi-conducteurs en 2020 (cf. figure 14). Bien que le montant en valeur absolue des investissements européens augmente légèrement d'année en année, la part de l'UE dans le monde baisse progressivement car le montant mondial des investissements augmente quant à lui très fortement : +8 %/an sur la période 2018-2020.

Figure 12. Évolution des investissements en équipements pour la fabrication de composants microélectroniques



Source : DECISION Études & Conseil, SEMI, IC Insights, éléments financiers des entreprises.

En outre, **le montant des investissements prévus au niveau mondial pour la période 2020-2022 est inédit²⁵, en partie du fait de la pénurie actuelle de puces et de la forte demande de l'ensemble des secteurs de débouchés mais aussi du fait de la compétition sino-américaine dans ce domaine.** En effet, la Chine, qui ne représentait qu'une part marginale des investissements mondiaux au début des années 2000, est en 2020 le premier pays avec 27 % des investissements en 2020. Les États-Unis, qui ont été dépassés par Taïwan et la Corée du Sud au cours des années passées, réagissent face à la montée de la Chine avec de nombreux projets très importants sur le territoire (20 Mds \$ en Arizona par Intel, 17 Mds \$ au Texas par Samsung, 12 Mds \$ en Arizona par TSMC, etc.). Les investissements mondiaux devraient ainsi croître de 25 %/an en moyenne sur la période 2021-2022, portant la part de l'Europe à seulement 2 %, à moins que de nouveaux projets, comme par exemple ceux dans le cadre du prochain PIEEC sur la microélectronique, ne viennent changer la donne d'ici le début 2022 (une enveloppe de 8 Mds d'euros est régulièrement évoquée).

²⁵ SEMI *Worldwide Semiconductor Equipment Market July 2021*

- Depuis les années 1980, l'industrie microélectronique occidentale a largement délocalisé ses activités de production, principalement en Asie (tendance *fablite* et *fabless**). En cause : la présence d'une main d'œuvre suffisamment qualifiée et moins chère, des coûts de transports très faibles et le pari de relations géopolitiques internationales apaisées durables. La présence d'un euro fort à partir des années 2000 a accentué ce phénomène en diminuant la compétitivité des exportations.
- Ce phénomène n'a pas concerné que l'industrie microélectronique, mais l'industrie électronique au sens large. Si bien qu'en 2020, plus de 40 % des systèmes électroniques sont par exemple produits ou assemblés en Chine. L'Asie représente donc le principal marché de débouchés des entreprises du semi-conducteur, ce qui les incite à localiser leur production au plus près de leurs clients, ce phénomène s'intensifiant d'année en année. Contrairement à l'Europe, les États-Unis ont maintenu des capacités de production significatives sur leur territoire dans presque tous les segments malgré la tendance *fabless*. En outre, depuis 2016, les États-Unis ont adopté une stratégie offensive visant à augmenter leurs capacités de production sur leur sol, d'une part en adoptant des sanctions judiciaires pour limiter l'attractivité de la Chine, d'autre part en subventionnant largement les leaders du secteur pour la construction d'usines de pointe (Intel, TSMC, Samsung, etc.). Les règles de protection de la concurrence au niveau de l'UE interdisent la subvention massive des activités de production, empêchant l'UE d'adopter une stratégie similaire à celle des États-Unis.

* Les tendances « *Fablite* » (entreprise faible en usine) et « *Fabless* » (entreprise sans usine), sont des stratégies d'entreprises qui consistent pour des fabricants de semi-conducteurs à externaliser leurs usines de fabrication à des acteurs spécialisés (nommés « *fondeurs* »), pour ne se concentrer que sur le design de puces.

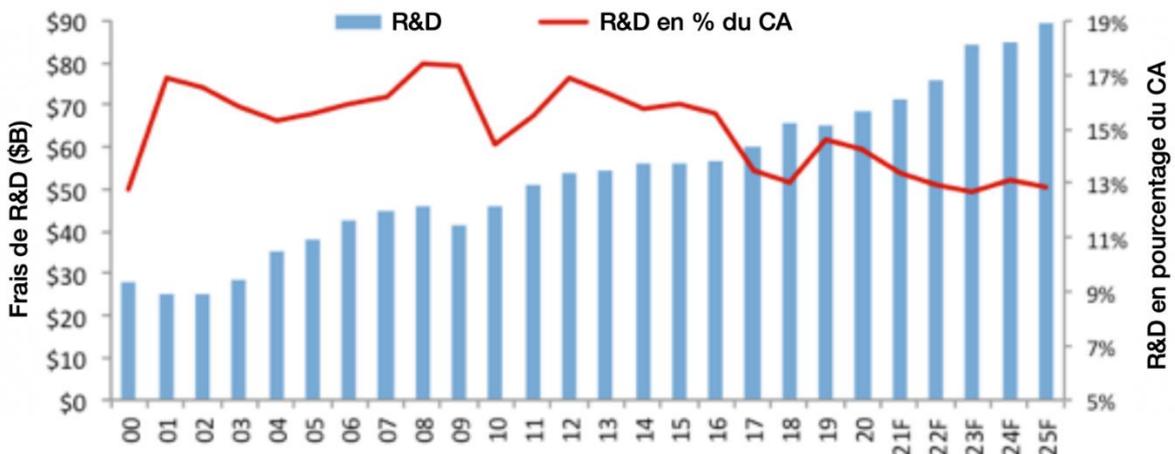
1.1.3 Des dépenses de R&D toujours croissantes

Le secteur des semi-conducteurs se caractérise par des changements technologiques rapides et la nécessité de maintenir des investissements élevés dans la recherche et le développement de nouveaux matériaux, de processus de fabrication innovants ainsi que dans la conception de puces et de boîtiers de plus en plus complexes.

Après avoir augmenté de 7 % en 2018 et baissé de 1 % en 2019, les dépenses totales de R&D dans les semi-conducteurs ont progressé de 4 % en 2020 pour atteindre un nouveau niveau record de 68,4 milliards de dollars dans le monde. Un chiffre supérieur au taux de croissance annuel moyen de 3,6 % entre 2013 et 2018 et ce malgré les incertitudes économiques liées à la crise sanitaire du COVID-19.

Les dépenses de R&D devraient redevenir dynamiques dans les prochaines années pour répondre par exemple aux enjeux technologiques en vue de gains en performance en matière d'empilement de puces 3D, de résolution et d'adaptation aux applications finales de complexité croissante.

Figure 13. Évolution des frais de R&D dans l'industrie des semi-conducteurs dans le monde



Source : IC Insights

Les dépenses de R&D dans les semi-conducteurs se répartissent dans trois grands champs d'innovation microélectronique :

1. Les innovations « **More Moore** » visant à permettre la poursuite de la Loi de Moore, c'est-à-dire à améliorer les performances des circuits CMOS traditionnels, principalement par leur miniaturisation.
2. Les innovations « **More than Moore** » qui visent à mieux intégrer et miniaturiser plusieurs technologies et/ou composants au sein d'un même système microélectronique : composants de puissance, capteurs, MEMS, analogiques / radiofréquences, micro-photonique (interconnexions photoniques, circuits intégrés photoniques...), électronique organique, etc. Ces systèmes microélectronique sont alors appelés « hétérogènes ». La miniaturisation des systèmes microélectroniques hétérogènes fait appel à des progrès en matière de packaging avancé et de substrats innovants de la part des fabricants de PCB (SiP, System-in-package).
3. Les innovations « **Beyond CMOS** » ou « **Other than Moore** » qui visent à remplacer l'architecture et/ou les matériaux utilisés dans les circuits CMOS traditionnels par d'autres architectures et/ou matériaux.

Les acteurs européens, qui ont du mal à se maintenir dans la course « More Moore », tendent à se spécialiser dans la R&D associée au More than Moore.

Du côté des leaders mondiaux, Intel a continué de dominer tous les autres fournisseurs de semi-conducteurs en termes de dépenses de R&D en 2020, représentant environ 19 % du total de l'industrie. Cependant, les réductions de coûts et la réorganisation de l'entreprise liées à ses retards technologiques ont entraîné une baisse de 4 % des dépenses de R&D d'Intel en 2020 à environ 12,9 milliards de dollars. En 2019, Intel avait déjà réduit ses dépenses de R&D de 1 % lorsque sa part était de 22 % du total de l'industrie. Samsung, deuxième au classement, a lui augmenté ses dépenses de R&D de 19 % en 2020 pour atteindre 5,6 milliards de dollars, en partie parce que le géant sud-coréen de la mémoire a intensifié le développement de ses processeurs logiques de pointe (de 5 nm et moins) pour rivaliser avec TSMC, le leader de la fonderie de circuits intégrés, qui a augmenté ses dépenses en recherche et développement de 24 % à près de 3,7 milliards de dollars l'année dernière.

1.2 L'écosystème microélectronique européen dans la compétition mondiale

1.2.1 Le paysage industriel mondial : les États-Unis dominant et l'Asie se développe

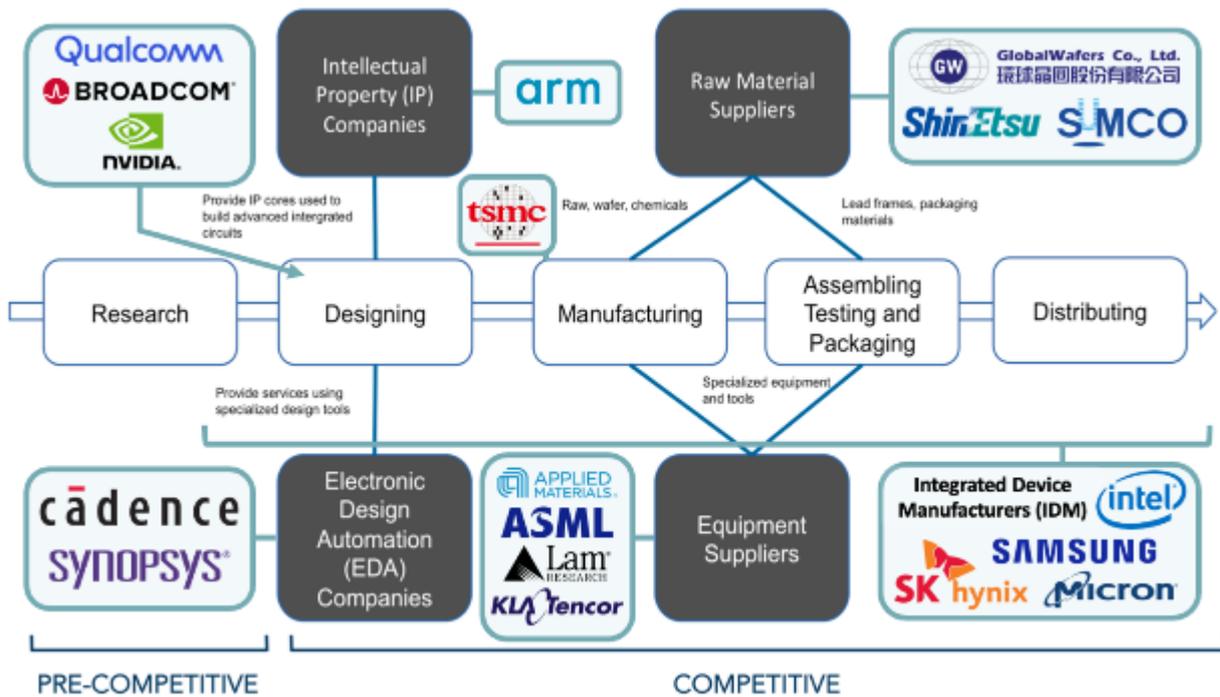
La microélectronique est une industrie concentrée et dominée par un petit nombre de pays (cf. figure 16) :

- Les États-Unis sont le pays qui regroupe le plus grand nombre d'acteurs clefs à chaque étape de la chaîne de valeur et bénéficient d'une maîtrise de la quasi-totalité des étapes, à l'exception de certains matériaux et matières premières nécessaires à la fabrication de semiconducteurs.
- Taïwan et la Corée du Sud concentrent plus de 40 % de la production mondiale de semiconducteurs sur leur territoire et disposent de leaders dans la fabrication de semiconducteurs.
- Le Japon, en perte de vitesse depuis les années 1990, conserve 16 % de la production mondiale de semiconducteurs sur son territoire et des leaders mondiaux à plusieurs étapes de la chaîne de valeur.
- Enfin, la Chine concentre déjà 14 % de la production mondiale de semiconducteurs sur son sol avec la volonté de parvenir à une maîtrise souveraine de chaque étape clé de la chaîne de valeur, comme les États-Unis. Depuis 2016, les États-Unis tentent d'empêcher la Chine d'atteindre cet objectif, notamment à travers un mécanisme d'embargo sur un certain nombre d'entreprises chinoises et notamment SMIC et Huawei.²⁶

Une partie non négligeable et croissante de la production de semiconducteurs se situe également dans des pays d'Asie du sud-est (Singapour, Malaisie, Thaïlande, Vietnam, Philippines) notamment pour les étapes de fabrication de back-end. Il s'agit en grande partie de production délocalisée d'entreprises occidentales.

²⁶ Source: <https://www.bis.doc.gov/index.php/federal-register-notice>

Figure 14. Chaîne de valeur de l'industrie microélectronique, et leaders mondiaux à chaque maille



Source : DECISION, ESIA

En termes de panorama compétitif, l'Asie domine largement la production mondiale avec une part de marché qui représentait environ 73 % en 2020 (stable par rapport à 2018), comprenant la Chine qui a connu la dynamique de croissance la plus forte. Entre 2018 et 2020, la production chinoise de semi-conducteurs est passée de 12,7 % de la production mondiale à 15,3 % grâce au développement de SMIC. Les autres acteurs clés des régions sont les fondeurs taïwanais TSMC et UMC, dont les chiffres d'affaires ont fortement progressé au cours des deux dernières années grâce à leurs investissements dans des capacités de production avancées. TSMC a investi 17,24 Mds de dollars dans ses usines en 2020 et a prévu de dépenser entre 25 et 28 milliards de dollars en 2021.

Figure 15. Panorama des acteurs de la microélectronique dans le monde en 2021



Source: DECISION Etudes & Conseil, IC Insights

En 2020 et avec 64,7 milliards d'euros de chiffre d'affaires, l'américain Intel est redevenu leader mondial au détriment du coréen Samsung. Ce dernier a pâti du retournement du marché des mémoires, tout comme ses concurrents coréen SK Hynix et américain Micron. A l'inverse, le fondeur taiwanais TSMC a vu ses ventes bondir de 15,2 % par an en moyenne entre 2018 et 2020 portées par la demande en puces de dernières générations pour la 5G, les applications automobiles, etc. Avec 15,3 % de croissance moyenne par an sur la période, l'américain Nvidia a bénéficié de son bon positionnement sur les processeurs pour cartes graphiques pour faire son entrée dans le top 10 mondial.

Il est à noter que l'européen ASML s'arroge la 9ème place grâce à la position de leader mondial qu'il a acquise dans la fourniture de machines de lithographie EUV (extrême ultraviolet) nécessaires à la fabrication des semi-conducteurs les plus avancés.

Tableau 1. Écosystème microélectronique : évolution des ventes des 10 leaders mondiaux 2018-2020

TOP	Nationalité	Entreprise	Positionnement sur la chaîne de valeur	CA 2018 (M€)	CA 2020 (M€)	Croissance annuelle moyenne 2018-2020
1	États-Unis	Intel	IDM	61 180	64 694	2,8 %
2	Corée du Sud	Samsung	IDM	68 763	52 952	-12,2 %
3	Taiïwan	TSMC	Fonderie	29 949	39 765	15,2 %
4	Corée du Sud	SK Hynix	IDM	32 190	23 175	-15,2 %
5	États-Unis	Micron	IDM	27 079	18 963	-16,3 %
6	États-Unis	Qualcomm	Fabless	14 345	16 962	8,7 %
7	États-Unis	Applied Materials	Equipements de production	15 105	15 060	-0,1 %
8	États-Unis	Broadcom	Fabless	15 925	14 941	-3,1 %
9	Néerlandais	ASML	Equipements de production	10 944	13 979	13,0 %
10	États-Unis	Nvidia	Fabless	10 463	13 906	15,3 %

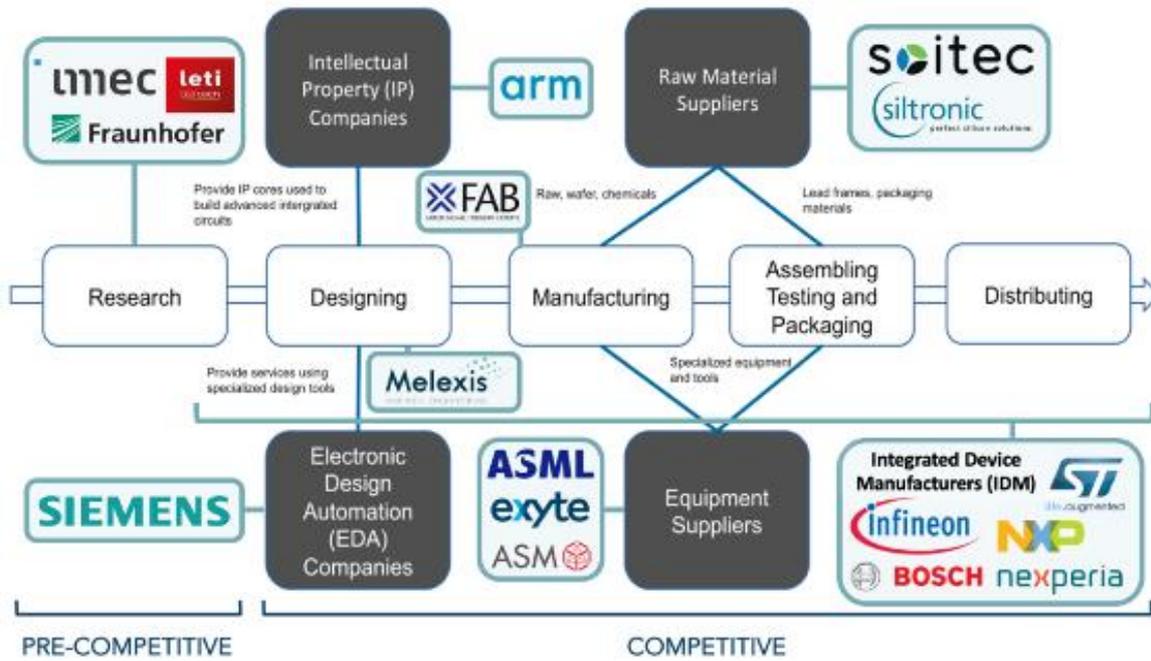
Source : DECISION Études & Conseil, IC Insights, éléments financiers des entreprises

1.2.2 Le paysage industriel européen : des forces en R&D, lithographie et technologies embarquées

L'industrie microélectronique européenne, qui ne dispose plus de fabricants de mémoires majeurs et qui est plus tournée vers les marchés embarqués / professionnels que grand public, n'a pas souffert comme l'industrie mondiale en 2019, en bénéficiant même d'une croissance record de +9,7 %, grâce notamment à la bonne performance de l'industrie automobile européenne (+4,4 % de croissance du CA des cinq leaders européens²⁷ en 2019) (cf. figure 17). En revanche, les segments embarqués ont été très touchés par les restrictions associées à la crise du COVID en 2020 (industrie automobile, aéronautique, etc.), si bien que la production de microélectronique de l'UE27 a subi un recul de -15,4 % en 2020.

²⁷ Volkswagen, Daimler, BMW, Stellantis et Renault.

Figure 16. Chaîne de valeur de l'industrie microélectronique et leaders européens à chaque échelon

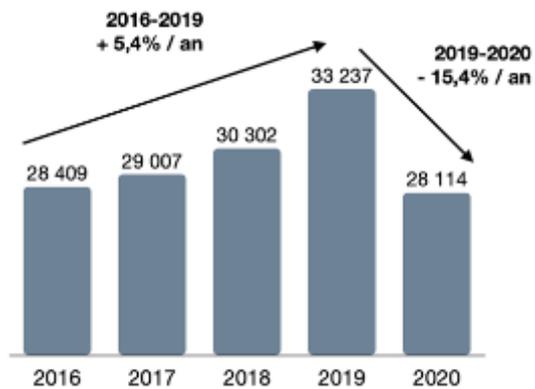


Source : DECISION, ESIA

Tableau 2. Industrie microélectronique de l'UE27 : Chiffres clés

Indicateur	Année	Valeur
Marché	2020	41 Mds €
Production	2020	28 Mds €
% Monde	2020	10%
PME & TPE % Production	2020	~ 20-30%
Croissance annuelle moyenne	2018-2020	-2,4%
Emploi	2020	~ 150 000
Nombre d'entreprises	2020	~ 5 400

Évolution de la production sur le territoire de l'EU27 (millions d'euros)



Source : DECISION Études & Conseil, éléments financiers des entreprises, Eurostat (Prodcop, SBS).

Comme l'industrie mondiale des semi-conducteurs, l'écosystème européen des semi-conducteurs est concentré. Les trois principaux producteurs de semi-conducteurs sont le franco-italien STMicroelectronics, l'allemand Infineon et le néerlandais NXP²⁸. Ces acteurs sont des IDM²⁹, c'est-à-dire qu'ils se positionnent sur l'ensemble de la chaîne de valeur depuis le design jusqu'à l'assemblage et le test, bien qu'une partie croissante de leurs activités de

²⁸ Ces trois acteurs représentent environ un tiers (34 %) de la production qui a lieu sur le sol de l'UE7 en 2020, soit près de 10 Mds €. En revanche, leur CA mondial cumulé atteint 26 Mds € en 2020, car seul un tiers de leur production mondiale est réalisée sur le sol de l'UE27.

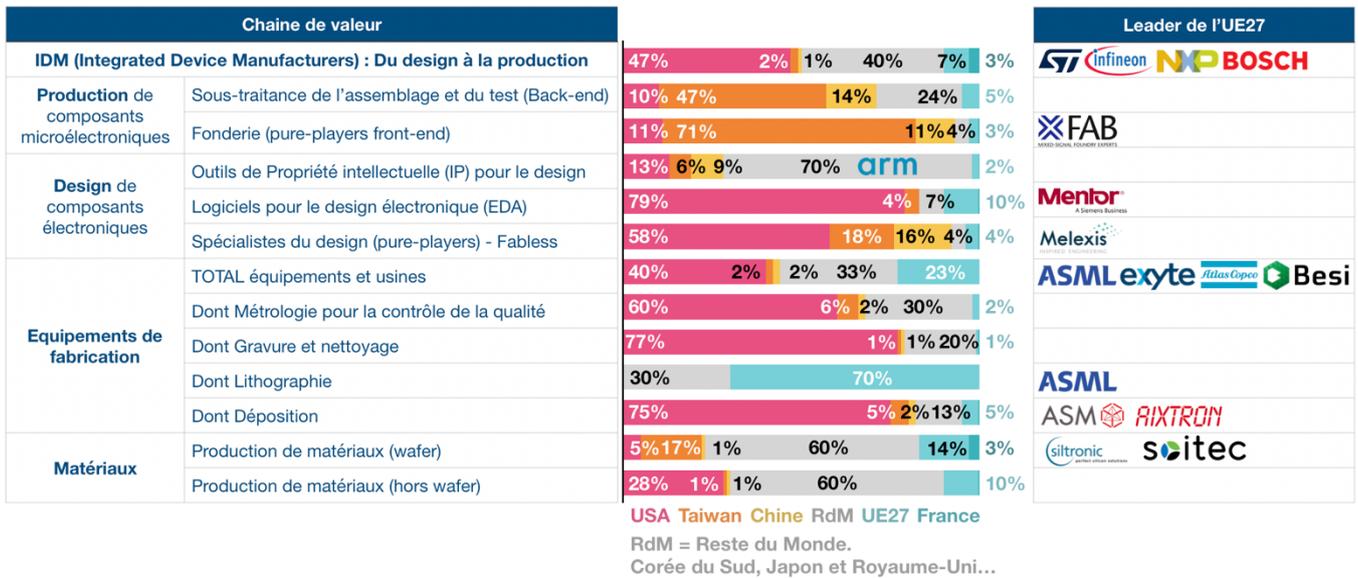
²⁹ Integrated Device Manufacturers. Par opposition à un IDM, une entreprise fabless ne fait que du design, tandis qu'une fonderie ne fait que de la production pour compte de tiers.

production soient externalisées vers des fonderies de semiconducteurs avancées (TSMC, Samsung, Intel), du fait de leur difficulté à se maintenir dans la course au *More Moore*. A titre d'exemple, ST Microelectronics externalise en 2020 environ 30 % de sa production.

Outre ces trois grandes entreprises, l'Union Européenne (UE) bénéficie de quelques Entreprises de Taille Intermédiaires (ETI)³⁰ telles que Nexperia³¹, Dialog Semiconductor³² (fabless), Melexis (fabless) ou encore X-Fab (fonderie). Ces acteurs sont historiquement principalement au service du fort écosystème européen de production de systèmes électroniques embarqués/professionnels (mobilité, aéronautique-défense-sécurité, équipements industriels, énergie, santé), et trouvent des débouchés à l'export dans des segments grand public afin d'augmenter leurs perspectives de croissance³³.

Bosch est l'un des rares conglomérats européens de l'industrie électronique à avoir maintenu des capacités de production de semiconducteurs en interne (avec Thales, ex-Thomson, ou encore Idemia, ex Safran/Oberthur). Sa filiale Bosch Semiconductors représente une activité estimée à 2 milliards d'euros de production, dont une grande partie est consommée en interne par les autres filiales de Bosch (notamment pour l'automobile et l'électroménager).

Figure 17. Poids de l'Europe à chaque étape de la chaîne de valeur microélectronique



Source : DECISION Études & Conseil, IC Insights

La force de l'écosystème européen se situe en particulier au niveau de la production d'équipements pour la fabrication de semi-conducteurs, principalement grâce à la présence du néerlandais ASML qui bénéficie d'une position de leader mondial sur les machines de lithographie extrême ultraviolet (EUV) nécessaires à la production des semi-conducteurs les plus avancés. Parmi les autres champions européens, on trouve les allemands Exyte et Aixtron ainsi que les néerlandais ASM International et BE Semiconductor Industries (BESI).

L'écosystème européen de fournisseurs de matériaux pour semiconducteurs (y compris de tranches de silicium) est de taille modeste au niveau international et compte deux champions : l'allemand Siltronic et le français Soitec.

³⁰ Entreprise de Taille Intermédiaire (ETI) : CA compris entre 50 et 1 500 M€ ou effectifs compris entre 250 et 5 000 personnes.

³¹ Le néerlandais Nexperia a été racheté par la société chinoise Wingtech Technology en 2018.

³² L'allemand Dialog Semiconductor a été racheté par le Japonais Renesas en 2021.

³³ Après Nokia, Apple est aujourd'hui le premier client de ST Microelectronics et la bonne performance de ST en 2021 s'explique entre autres par le lancement à succès de l'iPhone 12.

L'Europe est également un leader mondial de la R&D, principalement grâce à la réussite de la recherche fondamentale, fortement soutenue par la Commission Européenne à travers les entreprises communes comme ECSEL. L'IMEC, les Instituts Fraunhofer et le CEA LETI sont des centres de R&D à la pointe de nombreuses technologies de semi-conducteurs attirant de nombreux leaders mondiaux pour nouer des partenariats de recherche (partenariat IMEC-TSMC, etc.).

Enfin, l'Europe compte deux acteurs importants sur d'autres segments de la chaîne de valeur : l'allemand Siemens Mentor (EDA), et l'autrichien AT&S (PCB et packaging).

Tableau 3. Écosystème microélectronique : évolution des ventes des 10 leaders de l'UE27 2018-2020

TOP	Nationalité	Entreprise	Positionnement sur la chaîne de valeur	CA 2018 (M€)	CA 2020 (M€)	TCAM* 2018-2020
1	Pays-Bas	ASML	Equipements de production	10 944	13 979	13,0 %
2	France / Italie	ST	IDM	8 451	8 914	3 %
3	Allemagne	Infineon	IDM	6 653	8 567	6,2 %
4	Pays-Bas	NXP	IDM	8 236	7 540	-4,3 %
5	Allemagne	Exyte	Equipements de production	3 531	3 534	0,0 %
6	Allemagne	Bosch	IDM	-	~ 2 000	-
7	Pays-Bas	ASM International	Equipements de production	818	1 328	27,4 %
8	Chine (Pays-Bas)	Nexperia	IDM	-	1 225	-
9	Allemagne	Siltronic	Matériaux (Wafer)	1 457	1 207	-9,0 %
10	Japon (Allemagne)	Dialog Semiconductor	Fabless	1 262	1 205	-2,3 %

* TCAM : Taux de croissance annuel moyen

Source : DECISION Études & Conseil, IC Insights, éléments financiers des entreprises

1.2.3 Une UE qui peine à se maintenir dans la compétition mondiale

L'écosystème industriel de l'UE est relativement faible au niveau mondial puisque l'Europe ne représente plus que 5 à 10 % de la production³⁴ aussi bien en termes de chiffre d'affaires des entreprises européennes que de production réalisée par des usines sur le sol européen.

Depuis la fin des années 1990, les capacités de production de semi-conducteurs installées sur le sol européen³⁵ ont presque stagné (<1 % de croissance annuelle), tandis que les capacités mondiales ont bénéficié d'une croissance annuelle de 7 %, si bien qu'en proportion l'Europe est passée de plus de 20 % des capacités de production mondiales à 5,7 % en 2020. La part de production de l'Europe n'a que peu varié entre 2018 et 2020, passant de 5,8 % à 5,7 %.

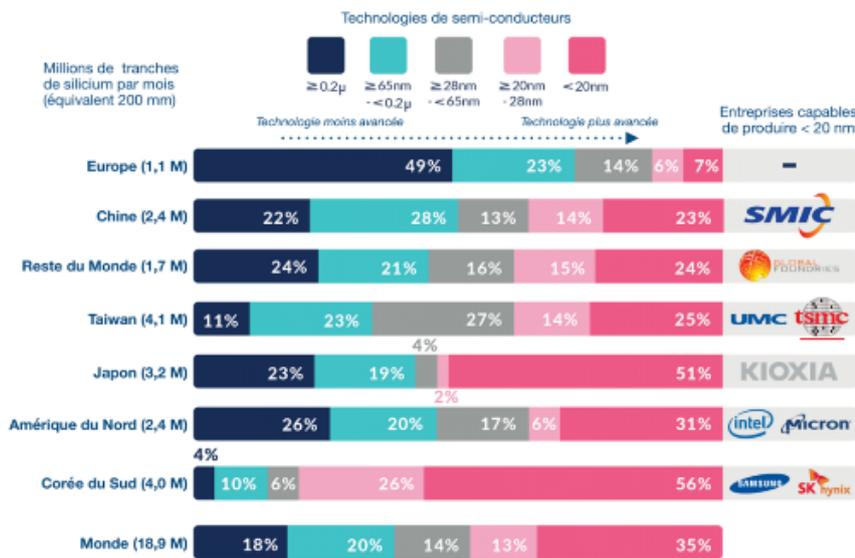
³⁴ Selon la source et les critères utilisés pour évaluer la production de l'UE.

³⁵ Capacités de production de wafer (équivalent 200mm installés).

Depuis une petite dizaine d’années, plus aucune entreprise européenne de semi-conducteurs ne se maintient dans la course mondiale des technologies More Moore (processeurs et mémoires) du fait de la croissance exponentielle des investissements requis (cf. tableau 2). La perte de la capacité de fabrication de technologies avancées de semiconducteurs par des entreprises européennes représente un risque pour la souveraineté et la résilience de l’industrie européenne au sens large.

D'autre part, l’Europe représente désormais moins de 7 % des capacités de production avancées mondiales (More Moore, < 20 nm), correspondant à la production de l’usine d’Intel en Irlande et de GF à Dresde et ne possède aucune entreprise capable de produire sous la barre des 20 nm.

Figure 18. Capacité de production de semiconducteurs par technologie en 2019



Source : DECISION Études & Conseil, IC Insights

En termes d’acteurs, les américains Intel et GlobalFoundries sont significativement implantés en Europe et possèdent les seules usines de fabrication de semiconducteurs avancés sur le sol européen (processeurs < 20 nm). GlobalFoundries est implanté à Dresde en Allemagne. Leur site de production devrait atteindre des capacités de 12 nanomètres à horizon 2024 grâce à un programme d’investissement conjoint avec Samsung. Intel détient les installations de production de semi-conducteurs les plus avancées d’Europe sur son campus de Leixlip (Irlande). Intel a annoncé en 2021 des investissements allant jusqu’à 20 milliards d’euros pour la construction de nouvelles usines en Europe au cours des prochaines années et tenterait de racheter GlobalFoundries.

Le graphique ci-dessous montre le positionnement des leaders européens sur les technologies « More Moore » fin 2017. On constate que ST Microelectronics est l’acteur européen qui dispose des capacités de production les plus avancées (28 nm), et que le 28 nm est déjà considéré -depuis au moins 5 ans- comme n’étant plus une technologie de pointe (« Leading edge »). L’UE dispose de fortes positions dans les technologies les moins avancées avec Infineon, ST et NXP.

Figure 19. Capacités de production installées par entreprise en décembre 2017 par géométrie minimum (classement en fonction des parts mondiales de capacités installées)

≥0.2μ "Large Features"			<0.2μ – ≥65nm "Mature"			<65nm – ≥28nm "Lagging Edge"			<28nm "Leading Edge"		
WW Share	Top 10 Relative	Top 10 in Capacity	WW Share	Top 10 Relative	Top 10 in Capacity	WW Share	Top 10 Relative	Top 10 in Capacity	WW Share	Top 10 Relative	Top 10 in Capacity
10%	[Bar]	TI	24%	[Bar]	TSMC*	18%	[Bar]	GlobalFoundries	27%	[Bar]	Samsung
8%	[Bar]	Infineon	7%	[Bar]	SMIC	16%	[Bar]	Samsung	18%	[Bar]	Micron*
6%	[Bar]	ON Semi	6%	[Bar]	UMC	14%	[Bar]	TSMC	17%	[Bar]	SK Hynix
6%	[Bar]	STMicro	6%	[Bar]	TI	10%	[Bar]	UMC	15%	[Bar]	Toshiba
5%	[Bar]	TSMC*	5%	[Bar]	STMicro	5%	[Bar]	SMIC	9%	[Bar]	TSMC
4%	[Bar]	Vanguard	4%	[Bar]	Samsung	5%	[Bar]	Powerchip	9%	[Bar]	Intel*
3%	[Bar]	UMC	4%	[Bar]	Powerchip	5%	[Bar]	STMicroelectronics	2%	[Bar]	GlobalFoundries
3%	[Bar]	Panasonic*	4%	[Bar]	Toshiba	5%	[Bar]	Winbond	1%	[Bar]	UMC
2%	[Bar]	Microchip	4%	[Bar]	GlobalFoundries*	4%	[Bar]	Macronix	1%	[Bar]	Nanya
2%	[Bar]	Toshiba	4%	[Bar]	Renesas	4%	[Bar]	HHGrace*	1%	[Bar]	Powerchip

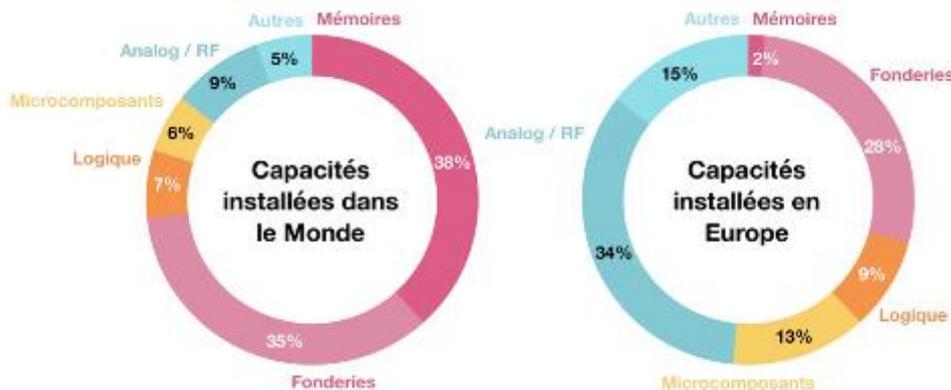
WW Share is each company's share of total industry capacity for that minimum geometry group.
Blue bars indicate the relative amount of capacity held by each company among the top 10 leaders.
*Includes shares of capacity from joint ventures.

Source : IC Insights.

Comme le montre le tableau ci-dessous, l'UE maintient en revanche sur son sol des capacités significatives de production de technologies moins avancées en matière de miniaturisation (dites More Moore). L'Europe est en effet à la pointe sur certaines technologies dites « More than Moore », spécifiques aux secteurs de débouchés embarqués et professionnels comme par exemple les microcontrôleurs, les produits RF et analogiques, les mémoires spécialisées ou les MEMS. Ces activités se sont bien portées sur la période 2018-2020 grâce à la croissance des marchés de débouchés destinés aux applications d'électronique embarquée.

Figure 20. Capacités de production installées en Europe et dans le Monde en décembre 2017

Types de composants	Plutôt associés à la tendance...	Forces de l'UE (associées au More than Moore)	Monde	Europe	%
Mémoires	More Moore	-	6 934	18	0 %
Composants dont la production est externalisée aux fonderies	More Moore	-	6 306	309	5 %
Composants logiques	Mixte	ASIC & FPGA	1 206	102	8 %
Microcomposants	Mixte	Microcontrôleurs	1 033	148	14 %
Analog / RF	Mixte	Puissance (IC, discrets, IGBT...), MEMS, optoélectronique, autres capteurs	1 616	381	24 %
Autres	More than Moore		989	163	16 %
TOTAL			18 084	1 121	6 %

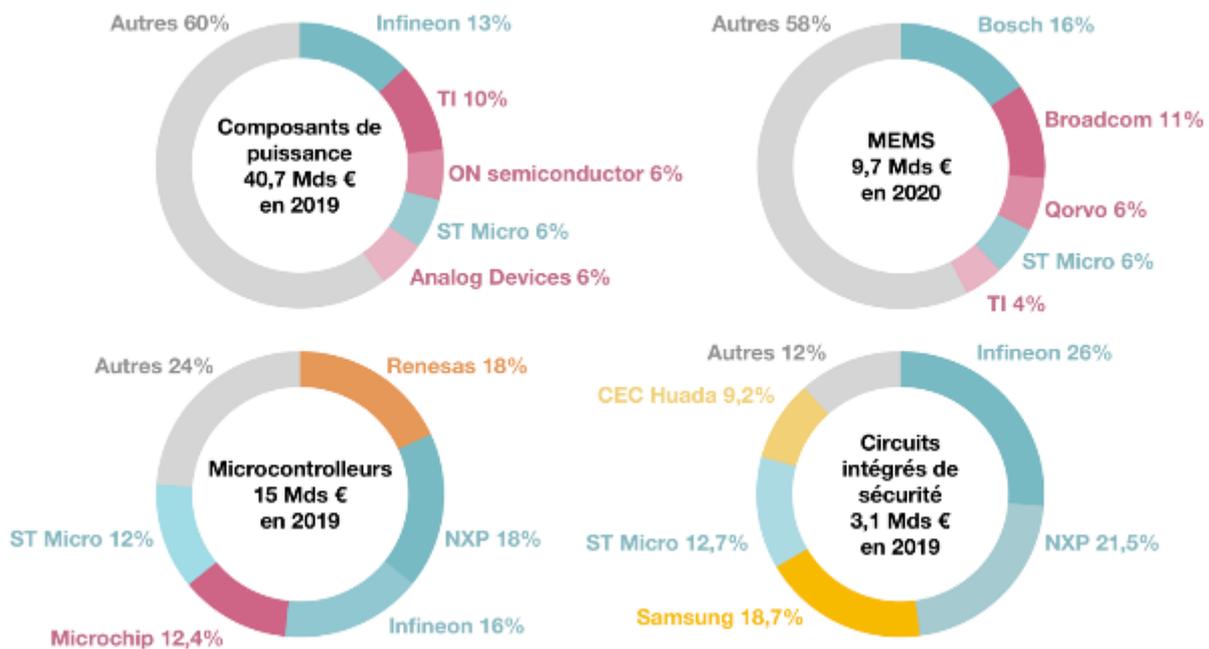


Source : DECISION Études & Conseil, IC Insights

Les acteurs européens sont en effet des leaders mondiaux sur la plupart des segments associés à la tendance More than Moore. Comme le montre l'ensemble des diagrammes ci-dessous, ST Microelectronics, Infineon, NXP et Bosch font partis du top 5 mondial sur quatre marchés clés autour du More than Moore :

1. **Les composants de puissance** : utilisés dans la production, la transmission, le stockage et l'utilisation de l'énergie électrique. Cette catégorie inclut des circuits intégrés pour la gestion d'alimentation, la surveillance de tension, la gestion de batteries, etc. et des composants discrets comme par exemple des thyristors, des diodes, des MOSFET, des IGBT.
2. **Les microcontrôleurs** : principalement utilisés dans les applications embarquées (automobile, industrielles, aérospatial-défense-sécurité et santé).
3. **Les MEMS** : utilisés principalement dans les capteurs. Les entreprises de l'UE représentent environ un tiers des ventes mondiales de MEMS, derrière les entreprises américaines (44 %), et devant le Japon (20 %) et la Chine (6 %). Outre Bosch et ST Microelectronics, le Japonais Murata se classe en 9^{ème} position en 2020 et le français Lynred en 24^{ème} position d'après Yole Développement.
4. **Les circuits intégrés de sécurité** : utilisés pour les applications de paiement, les cartes SIM et les documents d'identité. Ce chiffre exclut les contrôleurs NFC et les éléments sécurisés intégrés NFC.

Figure 21. Parts de marché mondiales sur 4 segments associés au More than Moore



Source : DECISION Études & Conseil

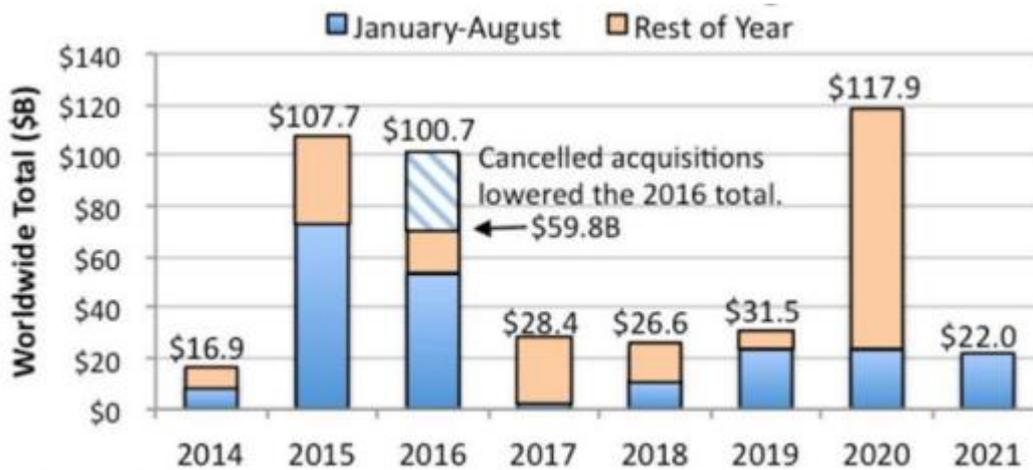
1.2.4 Une accélération des mouvements de fusions-acquisitions en 2020

Après deux années à respectivement 26,6 et 31,5 milliards de dollars en 2018 et 2019, les montants liés aux opérations de fusions-acquisitions ont plus que doublé pour atteindre environ 80 milliards en 2020. Au cours de cette période, les acquisitions dans l'industrie des semi-conducteurs ont été motivées par de grandes sociétés de circuits intégrés qui cherchaient à affiner leurs positions sur les marchés à forte croissance, tels que l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle intégrée, les voitures autonomes, les véhicules tout électrique, l'expansion de centres de données pour les services de cloud computing et la prolifération des capteurs et des systèmes connectés à l'Internet des objets.

L'année 2021 a vu se poursuivre cette tendance pour atteindre près de 22 Mds \$ de montants de fusions-acquisitions entre janvier et août.

Enfin, l'allemand Dialog Semiconductor, première entreprise fabless européenne, a été racheté par le japonais Renesas en août 2021 pour 4,8 Mds d'euros.

Figure 22. Montant des Fusions-Acquisitions dans l'industrie des semiconducteurs entre 2014 et août 2021



Source : IC Insights

* Pour l'année 2020, l'opération de rachat d'ARM par NVIDIA (environ 40 milliards de dollars) doit être retranchée du total puisque ce rachat a été abandonné.

L'année 2020 a été marquée par l'annonce de quatre grands accords :

- Le rachat en octobre 2020 de l'américain Xilinx par son homologue Advanced Micro Device (AMD) pour 35 Mds \$;
- Le rachat (concrétisé début 2021) de l'américain Analog Devices par un autre américain Maxim Integrated pour 20,5 Mds \$;
- Le rachat de l'américain Inphi (fournisseur d'interconnexions haut débit et de circuits intégrés à signaux mixtes) par son homologue Marvell Technology pour 10 Mds \$ qui a été finalisé en avril 2021 ;
- La vente en 2020 des filiales de mémoires flash NAND et de fabrication de plaquettes 300 mm en Chine d'Intel au coréen SK Hynix pour 9 Mds \$.

En 2019, la majorité des opérations signées ont été relatives aux circuits intégrés de connectivité sans fil et réseaux et finalisées par des fournisseurs de composants microélectroniques cherchant à ajouter des produits pour les applications automobiles et les marchés à forte croissance à leur catalogue. Par exemple, l'américain Marvell a annoncé la vente de son activité de connectivité Wi-Fi à NXP pour 1,7 milliard de dollars et a annoncé l'acquisition pour 650 millions de dollars des activités ASIC de GlobalFoundries ainsi que le rachat du Californien Aquantia, spécialiste des circuits de connectivité Ethernet multi-gig pour 452 millions de dollars.

Les fusions-acquisitions annoncées cette année résultent également de recentrages et d'arrêt d'activités telles que l'accord signé par Intel en juillet 2019 pour la vente de son activité de modems cellulaires à Apple pour environ 1 milliard de dollars.

Pour l'année 2018, les deux accords d'acquisition les plus importants (qui ont représenté environ 65 % du total des fusions-acquisitions de l'année) ont été l'acquisition en mai 2018 de Microsemi par Microchip Technology pour 8,35 milliards de dollars. Puis, en septembre 2018, Renesas Electronics a signé un accord pour racheter Integrated

Device Technology (IDT) pour 6,7 milliards de dollars afin de renforcer sa position dans les circuits intégrés automobiles pour les systèmes avancés d’assistance au conducteur et les véhicules autonomes.

D’autre part, annoncé en 2018 et effectif en 2019, le néerlandais Nexperia (ancienne division de NXP) est passé sous le contrôle du chinois Wingtech Technology pour 3,6 Mds \$.

Au total, plus de la moitié des 50 rachats les plus chers de l’histoire de l’industrie microélectronique ont eu lieu au cours des cinq dernières années traduisant le besoin des entreprises du secteur d’atteindre la taille critique pour faire face aux investissements nécessaires pour continuer à se développer et à faire face à des besoins en composants toujours croissants.

1.2.5 L’écosystème microélectronique français

1.2.5.1 Taille et évolution de l’écosystème français

Le secteur de la microélectronique représentait en France 28 882 emplois directs en 2020 pour un chiffre d’affaires de 4,7 Mds d’euros, dont 80 % réalisé à l’exportation.

Figure 23. Industrie microélectronique en France : Chiffres clés

Indicateur	Année	Valeur
Marché	2020	1,6 Mds €
Production	2020	4,7 Mds €
% Monde	2020	1,6%
PME & TPE % Production	2020	~ 20-30%
Croissance annuelle moyenne de la production	2018-2020	+3,5%
Emploi	2020	28 882
Croissance annuelle moyenne de l’emploi	2018-2020	+0%
Nombre d’entreprises	2020	283



Source : DECISION Études & Conseil, ACSIEL, éléments financiers des entreprises, Eurostat (Prodcop, SBS).

Sur la période 2018-2020, la production française a augmenté de façon stable à 3,5 % / an. L’écosystème français a donc particulièrement bien résisté à la crise du COVID en 2020, contrairement à l’écosystème européen (-15,4 % en 2020), en particulier grâce à la bonne performance de STMicroelectronics sur ses segments grands publics (Apple), mais aussi sur ses segments capteurs et MEMS. STMicroelectronics est l’unique grande entreprise à capitaux français³⁶ de l’industrie microélectronique et a bénéficié d’une croissance mondiale de son chiffre d’affaires de 6 % / an sur la période 2018-2020.

Outre STMicroelectronics, l’écosystème français compte un certain nombre d’Entreprises de Tailles Intermédiaires (ETI) :

- Soitec, un des leaders mondiaux dans les matériaux pour semi-conducteurs, a bénéficié d’une croissance de 39 % / an sur la période 2018-2020, portant son chiffre d’affaires mondial à 598 M d’euros.

³⁶ Les états français et italiens sont les actionnaires principaux de STMicroelectronics.

- XFab est la plus grande fonderie de semi-conducteurs en France, avec un CA de 418 M d'euros en 2020. Ce groupe belge, historiquement lié à l'entreprise fabless belge Melexis, dispose d'importantes capacités de production en France à Corbeil-Essonnes suite au rachat en 2016 d'Altis Semiconductor.
- Lynred est une joint-venture entre Thales et Safran. Lynred est l'un des leaders mondiaux des capteurs infrarouges derrière l'américain Teledyne Flir. Lynred est l'un des rares fournisseurs de détecteurs infrarouges mondiaux à couvrir l'ensemble de la bande spectrale infrarouge (du SWIR au VLWIR) et à couvrir l'ensemble des marchés : de la défense (~40 % des ventes) et l'aérospatial (10-15 %), et aux marchés civils (près de 50 %) (industriel, thermographie, surveillance, loisirs, détection de gaz, scientifique).
- United Monolithic Semiconductors (UMS) est une joint-venture créée en 1991 entre Thales et Airbus. UMS conçoit, fabrique et commercialise des produits et des solutions de circuits intégrés RF et à ondes millimétriques de pointe. UMS est spécialisée dans les circuits intégrés monolithiques hyperfréquences (MMIC) amplificateurs de Radio Fréquence (RF), et se considère comme le leader européen dans ce domaine. UMS recense 430 employés dans le monde, dont 218 en France, pour un CA mondial de 74 M € en 2020.
- Murata France est spécialisée dans la production de composants passifs intégrés sur silicium et en particulier de condensateurs 3D sur silicium. Cette filiale française du leader japonais des composants passifs provient du rachat en 2017 par Murata de l'entreprise française IPDiA, spin-off de NXP créée en 2009 et basée à Caen. Murata France a réalisé en 2020 un chiffre d'affaires estimé à 20 M € pour 160 employés.
- SERMA GROUP produit des services d'études et de conseil, de R&D et de conception (design) autour de la chaîne de valeur microélectronique. SERMA réalise un CA de 116 M € en 2020.

Outre ces ETI, la France dispose d'un tissu de PME :

- Dans le domaine du design : Greenwaves technologies, NanoXplore, Asygn, par exemple.
- Dans le domaine de la propriété intellectuelle (architectures, logiciels, etc.) : Magillem Design Services (racheté par Arteris IP en 2020), Xyalis, Qualtera (racheté par Synopsys en 2020), etc.
- Dans le domaine de la fabrication d'équipements : RIBER, RECIF Technologies, Ion Beam Services (IBM),
- Dans le domaine des matériaux : Cristal Innov, etc.

Air Liquide est positionné sur le segment des matériaux pour semi-conducteurs.

La France regroupe également plusieurs grandes entreprises du secteur aérospatial / défense / sécurité qui disposent en interne de capacités de production microélectronique tels que Thales, Airbus, Idemia ou Safran³⁷. Ces capacités sont de taille modeste en comparaison des volumes de production mondiaux, mais permettent de fournir de façon souveraine certaines applications propres à ces entreprises. Dans le domaine de la défense/sécurité, le choix de maintenir ces capacités de production en interne a été guidé par des préoccupations d'ordre régaliennes. Dans le secteur aérospatial, ce choix a aussi été guidé par la nécessité de répondre aux besoins très spécifiques de cette industrie (très faibles volumes associés à des caractéristiques très particulières comme la résistance à des fortes variations de températures).

D'autres leaders français en provenance des industries de débouchés se positionnent sur la filière microélectronique, comme Valeo.

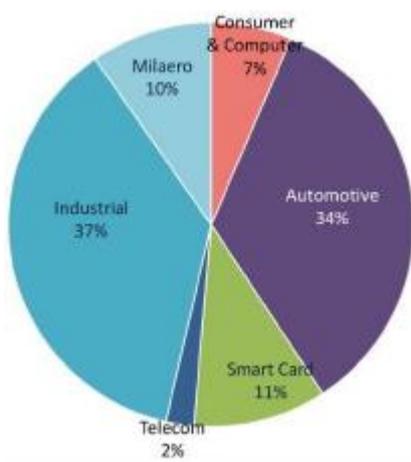
Le principal organisme de recherche français, le CEA Leti, est l'un des trois grands centres de R&D européen de renommée mondiale. La France bénéficie d'un fort écosystème de recherche gravitant autour de la filière sous la forme :

³⁷ Thales, Safran et Airbus sont d'ailleurs les actionnaires de deux chefs de file du plan Nano 2022 : Lynred et UMS.

- D'universités et d'écoles telles que l'ESIEE Paris, Grenoble INP, UGA, Ecole Centrale de Lyon, ISEN Méditerranée, INSA de Lyon, Lyon 1.
- D'instituts et de laboratoires tels que : INRIA, IEMN, INL, IMEP, FEMTO-ST, ICube, IMS-Lab, CEMES, LTMLab, CRHEA, C2N, Laboratoire Ampère, Polytech'Lab, XLIM, IMN Jean Rouxel.
- De start-up, spin-off et joint-ventures tels que : III-V Lab, Nexdot, CMP (Circuits Multi-Projets), InterDigital R&D.
- Des pôles de compétitivité tels que le Pôle Systematic ou le Pôle SCS.

Enfin, la France accueille également des sites de leaders mondiaux sur différents segments : ASML et Applied Materials (équipements), Siemens Mentor Graphics (Electronic Design Automation), etc.

Figure 24. Marché français des semiconducteurs en 2020. Répartition par grand segment applicatif



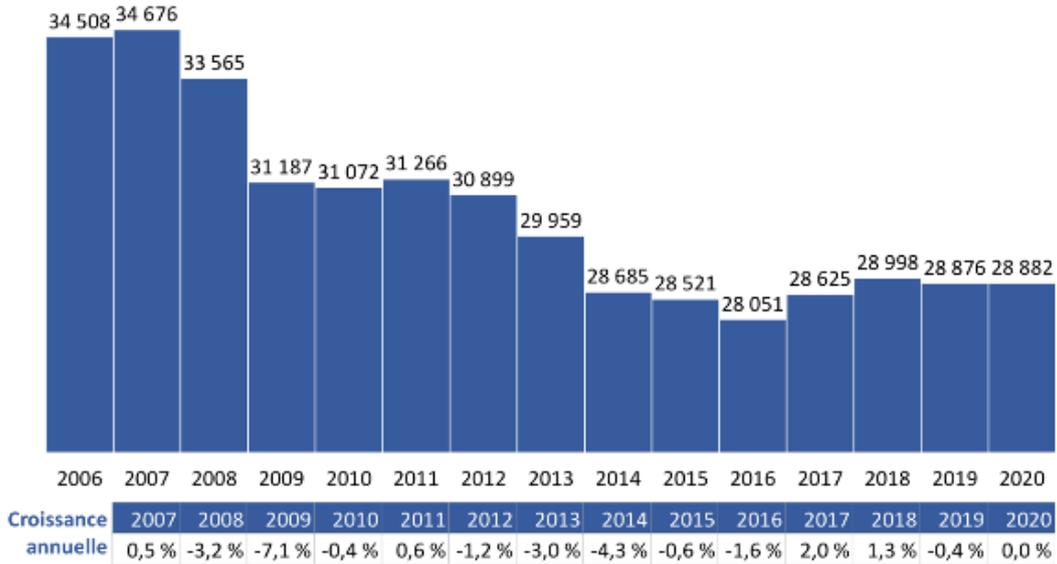
Source : Acsiel

Le marché français de la microélectronique est très largement dominé par l'automobile et l'industriel. En cinq ans, ces deux segments de marché ont gagné ensemble quatre points et représentent aujourd'hui 71 % du marché français. Le troisième secteur débouché a été celui des cartes à puces avec 11 % de parts de marché suivi par le secteur aéronautique/spatial/défense qui a représenté 10 % du marché français en 2020.

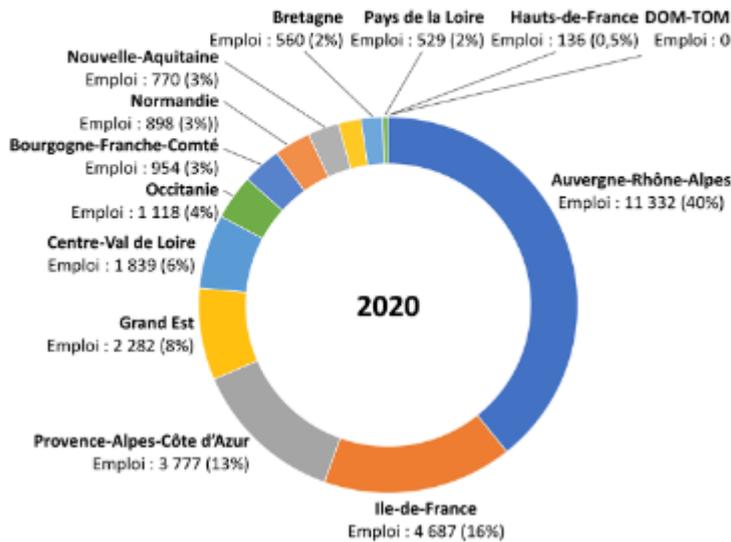
L'emploi de l'industrie microélectronique a stagné en France sur la période 2018-2020 (-116 emplois), après une chute presque constante sur la période 2007-2016 (-6 600 emplois), un plus bas en 2016 et un rebond en 2016-2018 (+950 emplois) (cf. figure 27).

En 2020, la région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA) regroupait à elle seule 40 % (39 % en 2018 et 33 % en 2006) des emplois nationaux dans le secteur. La région AURA regroupe donc année après année une part toujours plus importante de l'industrie microélectronique française en proportion des autres régions, alors même qu'elle a perdu des emplois dans le secteur depuis 2006 (-174 emplois, soit -0,1 % de baisse annuelle 2006-2020) et n'en a que peu gagné sur la période 2018-2020 (+174 emplois, soit 0,8 %/an).

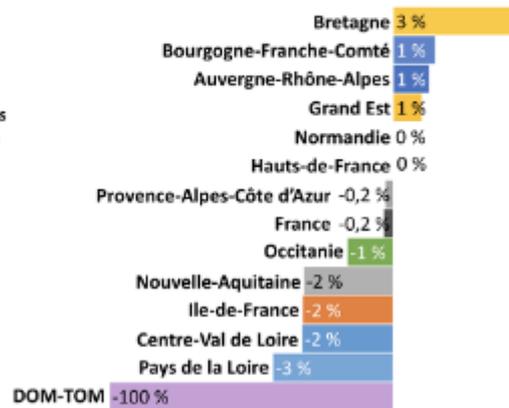
Figure 25. Industrie française de fabrication de composants électroniques - Evolution des effectifs de production de composants électroniques en France (2006-2020)



Répartition des effectifs par région française en 2020



Croissance annuelle moyenne des effectifs par région sur la période 2018-2020



Remarque méthodologique : Les chiffres indiqués ici en provenance de la base ACOSS correspondent au code NAF 2611 « Fabrication de composants électroniques ». Ce code correspond à la nomenclature statistique la plus proche de l'industrie microélectronique mais englobant d'autres types de composants. En effet, sont inclus dans ce code les composants électroniques passifs de même que les circuits imprimés (PCB). A contrario, ne sont pas pris en compte dans le code NAF 2611, les établissements qui fabriquent des composants microélectroniques mais dont ce n'est pas l'activité principale (exemple : site de Thales à Cholet), correspondant à l'activité microélectronique réalisée par les équipementiers en interne (Thales, Idemia, etc.). Enfin, ne sont pas non plus pris en compte les fabricants en amont de la chaîne de valeur microélectronique : fabricants de machines de fabrication de semi-conducteurs, de wafers, de matériaux... (RECIF, etc.).

Source : ACOSS, DECISION Études & Conseil

1.2.5.2 La France dans l'UE27

La France représente environ 13 % de la valeur ajoutée et des emplois de l'industrie microélectronique européenne (cf. figure 28).

Les pays bénéficiaires du premier PIEEC microélectronique sont aussi les pays européens disposant des industries microélectroniques les plus importantes à l'exception des Pays-Bas : Allemagne (35 % des emplois de l'UE27), la France (13 %), l'Italie (11 %), et l'Autriche (4 %).

L'Allemagne concentre à elle seule un tiers de la valeur ajoutée et des emplois de l'industrie microélectronique de l'UE27. L'Allemagne est également l'Etat membre qui voit son nombre d'employés le plus augmenter sur la période 2008-2018 (+11 400 emplois, +2 %/an). En effet, l'Allemagne concentre sur son sol de très loin les industries automobiles et industrielles européennes les plus fortes, mais aussi les plus exportatrices vers les marchés en croissance comme la Chine. Or, l'automobile et l'industriel ont été les deux segments les plus porteurs au niveau mondial pour l'électronique sur l'ensemble de la période 2008-2018. L'industrie microélectronique allemande a donc été portée par ses débouchés industriels.

Les Pays-Bas se situent en deuxième position, et leur position est sous-évaluée par Eurostat dans le diagramme ci-dessous car ces chiffres ne prennent en compte ici que la fabrication de composants électroniques à l'exclusion de la fabrication d'équipements. Or, les Pays-Bas bénéficient de la présence des deux leaders européens en la matière : ASM International mais surtout ASML. A contrario, le chiffre de valeur ajoutée déclaré aux Pays-Bas est probablement surestimé par la présence de nombreux sites de fabricants européens aux Pays-Bas pour des raisons fiscales. C'est notamment le cas de ST Microelectronics N.V. (pour Naamloze Vennootschap) qui est une entreprise de droit néerlandais alors même que les Etats français et italiens sont ses actionnaires principaux. ST Microelectronics déclare plus de 25 % de son chiffre d'affaires mondial aux Pays-Bas alors que moins de 2 % de ses salariés y sont présents. En prenant en compte ces deux biais qui jouent en sens opposés, le chiffre de 15 % de la valeur ajoutée semble plausible et le chiffre de 3 % correspondant aux emplois est vraisemblablement sous-évalué si l'on inclut les fabricants d'équipements pour semi-conducteurs.

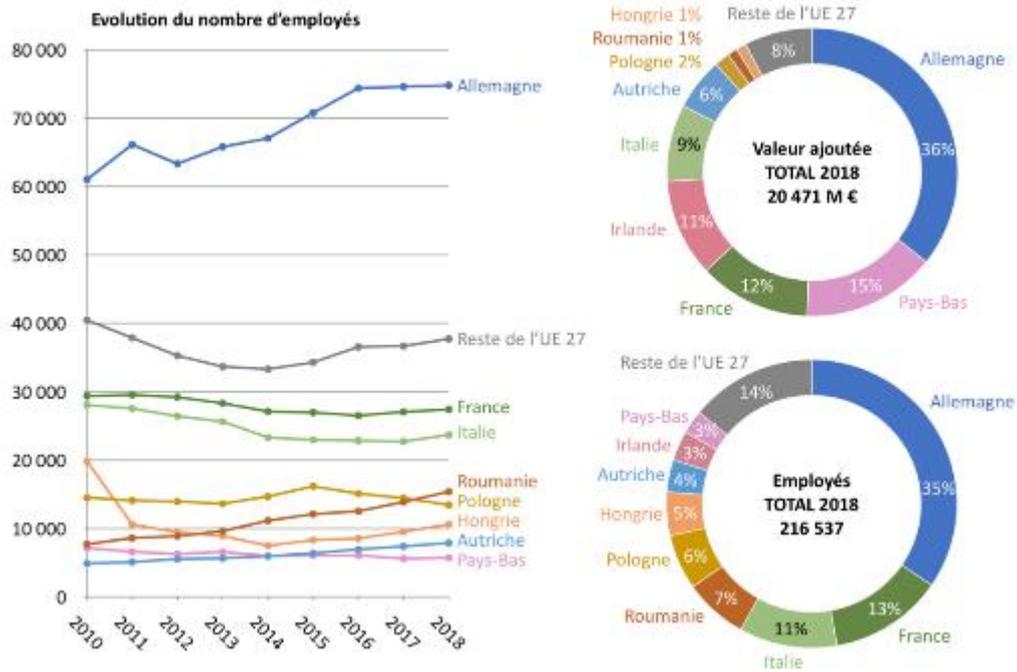
La France est en troisième position à un niveau similaire à celui de l'Italie. Si ces deux pays voient leurs emplois diminuer de manière quasiment constante depuis 10 ans, l'Italie perd des emplois à un rythme plus soutenu que la France (- 7 150 emplois sur la période 2008-2018, soit -3 %/an). Si la France bénéficie des bonnes performances de son secteur aérospatial-défense-sécurité sur la période (le premier de l'UE), les industries automobile et industrielles françaises se sont portées moins bien qu'en Allemagne, et la France n'est pas parvenue à faire émerger de champion sur les segments grand public ou infrastructures (télécoms, serveurs...).

L'Irlande apparait en quatrième position entre la France et l'Italie principalement du fait de la présence sur son territoire du siège d'Intel ainsi que du grand site de production d'Intel à Leixlip, près de Dublin (pour des raisons fiscales). Le site d'Intel à Leixlip est le site de production de semi-conducteurs le plus avancé d'Europe : il produit des processeurs de 14 nm depuis 2014. Intel souhaite se positionner en « fondeur » de l'Europe. En d'autres termes, Intel souhaite à terme que les trois grands IDM européens (ST, Infineon et NXP) lui externalisent leur production et ne prennent plus en charge que le design. Les emplois en Irlande sont très faibles en comparaison de la valeur ajoutée déclarée, probablement du fait d'une stratégie de remontée des ventes d'Intel en Europe vers son site irlandais. La production réelle qui a lieu en Irlande est sans doute plus proche de 3 % du total de l'UE (chiffre de l'emploi), que de 15 % (chiffre de la valeur ajoutée déclarée).

L'Autriche se situe en cinquième position avec 6 % de la valeur ajoutée de l'EU27 et des emplois en forte croissance sur la période 2008-2018 (+ 2800 emplois, +4,4 %/an). Infineon dispose notamment de capacités importantes de production en Autriche : deux centres de R&D à Graz et Linz, mais surtout le grand site de production de Villach. L'Autriche dispose également de la dernière grande entreprise fabricant des circuits imprimés (PCB) en Europe : AT&S.

La Roumanie, la Pologne et la Hongrie sont les autres Etats membres disposant d'une industrie microélectronique de taille significative (18 % des emplois de l'UE27 au total), mais ne disposent pas d'un tissu industriel national fort. Les emplois dans ces pays sont en grand majorité des emplois associés à la production d'usines d'entreprises étrangères. Les emplois en Roumanie progressent fortement sur la période 2008-2018 (+ 5 900 emplois, +5 %/an).

Figure 26. Industrie microélectronique : évolution des pays de l’UE27



Source : Eurostat, DECISION Études & Conseil

En 2017, l’industrie de fabrication de composants et de cartes électroniques de l’ensemble des Etats membres de l’UE27 représentait 4 300 M d’euros de dépenses de R&D au total, soit 3,7 % du total des frais de R&D de l’industrie manufacturière de l’UE27.

Le premier pays européen pour les dépenses de R&D est l’Allemagne, avec 37 % des dépenses en 2017. La France est deuxième (29 %), l’Italie troisième (13 %), et l’Autriche quatrième (12 %).

Comme le montre le tableau ci-dessous (cf. tableau 4), les pays membres du PIEEC ont un taux de R&D moyen (R&D/CA), compris entre 7 % et 13 %. Ces taux de R&D sont 3 à 9 fois plus élevés que les taux de R&D de l’industrie manufacturière au sens large dans chacun de ces pays. La France et l’Autriche ont les taux de R&D les plus élevés.

Au sein de l’industrie microélectronique de l’UE, les taux de R&D varient fortement selon les types d’acteurs. Les entreprises sans usine (fabless), spécialisées dans le design, ont par nature un taux de R&D très élevé. Les fonderies, dont l’activité principale est la production, ont des taux des R&D moins élevés. Les IDM, qui couvrent l’ensemble de la chaîne de valeur, ont des taux dans la moyenne.

Tableau 4. Dépenses de R&D, composants et cartes électroniques, entre pays de l'UE27 en 2017

Pays	Industries manufacturières			Industrie de fabrication de composants et cartes électroniques		
	Chiffre d'affaires (M€)	Dépenses de R&D des entreprises (M€)	%	Chiffre d'affaires (M€)	Dépenses de R&D des entreprises (M€)	%
Allemagne	2 193 358	58 494	2,7 %	21 699	1 583	7,3 %
France	1 021 247	16 071	1,6 %	9 571	1 240	13,0 %
Italie	965 031	10 153	1,1 %	6 090	556	9,1 %
Pays-Bas	345 980	4 809	1,4 %	5 939		
Autriche	191 204	5 163	2,7 %	4 163	527	12,7 %
Hongrie	109 582	573	0,5 %	3 077	5	0,2 %
Irlande	226 193	1 248	0,6 %	2 742	118	4,3 %
Pologne	321 926	1 242	0,4 %	2 591	2	0,1 %

Source : OECD BERD, Eurostat SBS, DECISION Études & Conseil.

Note explicative – Illustration pour l'Allemagne : L'industrie manufacturière allemande consacre 2,7 % de son CA en dépenses de R&D. Ce ratio monte à 7,3 % pour l'industrie de fabrication de composants et cartes électroniques. L'industrie de fabrication et cartes électroniques représente 1 % du CA de l'industrie manufacturière allemande, mais 2,7 % du total des dépenses de R&D. Autrement dit, le poids de l'industrie de fabrication de composants et cartes électroniques en Allemagne en termes de dépenses de R&D est trois fois (x 3) plus important qu'en termes de CA.

Remarque méthodologique : Du fait d'un manque de données disponibles, ces chiffres couvrent l'industrie des composants électroniques mais également celle de l'assemblage de cartes électroniques. Les ratios correspondant à l'industrie du semi-conducteur sont plus élevés selon toute probabilité. C'est le cas notamment pour les trois leaders européens (ST Microelectronics 12,5 % ; Infineon 13 % et NXP 18 % en 2020).

2. Benchmark des politiques étatiques de soutien à la microélectronique à travers le PIIEC de 2018

Lancé fin 2018 par la Commission Européenne, le PIIEC (ou IPCEI en anglais) a pour objectif de favoriser la recherche et le développement dans le secteur de la microélectronique identifiée comme d'importance stratégique dans un certain nombre d'États membres, mais aussi de financer le premier déploiement industriel (FID) de technologies développées dans le cadre du programme qui auront atteint des niveaux de maturité compatibles.

C'est le principal véhicule de financement au niveau européen en faveur de la recherche et de l'innovation dans le secteur et il fait intervenir 29 chefs de file issus de quatre États membres : la France, l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni.

A l'horizon 2024 (avec des échéances différentes pour chaque sous-projet), les quatre États participants financeront jusqu'à 2,3 milliards d'euros dans ce projet d'intérêt commun qui vise à générer 6 milliards d'euros supplémentaires d'investissements privés.

Plus particulièrement, outre la France qui a financé à hauteur de 886,5 millions d'euros, l'Allemagne a demandé un financement allant jusqu'à 820 millions d'euros, l'Italie, un financement allant jusqu'à 524 millions d'euros et le Royaume-Uni un financement allant jusqu'à 48 millions d'euros.

Les participants directs, les États membres qui les soutiennent et les différents domaines couverts par le PIIEC Microélectronique sont les suivants :

Energy efficient chips	Power semiconductors	Smart Sensors	Advanced optical equipment	Compound materials
CEA-Leti	3-D Micromac*	CEA-Leti	AMTC*	AZUR Space Solar Power
Cologne Chip	AP&S International	CorTec	Carl Zeiss	CEA-Leti
Globalfoundries	AT&S	Elmos Semiconductors		Integrated Compound Semiconductors
NXP Semi-conductors Austria	CEA-Leti	Fondazione Bruno Kessler		IQE
RacyICs	Elmos Semiconductors	Infineon		Newport Wafer Fab
Soitec	Infineon	Robert Bosch		SPTS Technologies
ST Micro-electronics	Infineon Austria	ST Micro-electronics		OSRAM
X-FAB	MURATA	TDK-Micronas		SYNRED
	Robert Bosch	LYNRED		Soitec
	SEMIKRON	X-FAB		ST Micro-electronics
	ST Micro-electronics			
	X-FAB			

Name in "italic" = SME
*associated partner

Source : www.ipcei-me.eu

2.1 Allemagne

Avec 820 millions d'euros octroyés pour l'Allemagne via le PIIEC microélectronique, dont la majorité sera attribuée par le ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMWi), une vingtaine d'entreprises allemandes recevront des aides pour le développement de nouvelles usines et de nouveaux produits de fabrication de microélectronique.

Dans ce cadre, Bosch a bénéficié d'une aide de 140 millions d'euros pour construire une nouvelle usine hautement automatisée et entièrement connectée par la technologie mobile 5G pour fabriquer des puces assemblées en 300 mm. Inaugurée en juin 2021, cette usine située à Dresde sur un espace couvrant 76 000 mètres carrés (dont 10 000 de salles blanches) devrait être pleinement opérationnelle d'ici la fin de 2021 pour fournir des puces en particulier pour l'industrie automobile.

De son côté, Bosch a investi environ 1 milliard d'euros pour moderniser son site. Employant actuellement 250 salariés hautement qualifiés, ce sont jusqu'à 700 personnes qui y travailleront quand l'usine aura atteint sa pleine capacité.

2.2 Italie

Pour l'Italie, une entreprise (STMicroelectronics) et un organisme de recherche (Fondazione Bruno Kessler) participeront directement au PIIEC microélectronique.

Pour soutenir sa mise en œuvre, l'Italie a prévu d'allouer 410,2 millions d'euros pour la période 2019-2024, auxquels s'ajouteront 325,85 millions d'euros décrétés en juillet 2021.

2.3 Royaume-Uni

Membre de l'UE au moment de la signature du PIIEC microélectronique, le Royaume-Uni s'est positionné pour participer au projet afin de recevoir une aide européenne de 48 millions d'euros pour quatre entités qui font partie du groupe « matériaux composés » à savoir : Integrated Compound Semiconductors, IQE, Newport Wafer Fab et SPTS Technologies.

2.4 Autriche

L'Autriche est venue tardivement se greffer au PIIEC microélectronique. Ainsi, en décembre 2020, la Commission européenne a approuvé l'octroi par l'Autriche d'une aide d'État de 146,5 millions d'euros aux technologies de semi-conducteurs à Infineon Technologies, NXP Semiconductor et AT&S qui devraient elles débloquer 530 millions d'euros d'investissements supplémentaires.

Ces trois entreprises effectueront des recherches supplémentaires, en particulier dans les domaines de la sécurité, de l'efficacité énergétique et de l'intégration des technologies d'emballage pour la microélectronique.

Etats-Unis
Selon la Semiconductor Industry Association (SIA), aux Etats-Unis les dépenses fédérales dans les programmes de recherche spécialement ciblés sur les semi-conducteurs représentent 1,5 Md de dollars annuels et les fonds fédéraux pour des thèmes de recherche liés aux semi-conducteurs (sciences des matériaux, informatique, ingénierie et mathématiques appliquées) représentent environ 20 Mds de dollars.

Engagés dans une course technologique pour ne pas se faire dépasser par la Chine dans la production de composants, les Etats-Unis ont adopté en juin 2021 le CHIPS for America Act qui comprend 52 milliards de dollars d'investissements fédéraux pour financer la recherche, la conception et la fabrication de composants microélectroniques.

La loi CHIPS doit déboucher sur d'importants investissements au ministère de la Défense, à la National Science Foundation et au ministère de l'Énergie pour promouvoir la recherche sur les semi-conducteurs et favoriser les percées technologiques dans la micro-électronique. La loi prévoit notamment d'établir un Centre national de technologie des semi-conducteurs pour mener des recherches et le prototypage de puces avancées, ainsi qu'un centre sur le packaging de semiconducteurs avancés.

Le Congrès américain envisage également une législation appelée la loi FABS qui établirait un crédit d'impôt pour l'investissement dans les semi-conducteurs.

Au-delà de ces financements fournis au niveau national, des aides sont également fournies par les États ou les collectivités territoriales. Par exemple, le 18 avril 2019, le gouverneur du Texas Greg Abbott a annoncé un soutien à Texas Instruments pour la construction de sa nouvelle usine de 300mm à Richardson : 5 M\$ dans le cadre du Texas Enterprise Fund ainsi que des déductions fiscales pour près de 380 M\$. Deuxième exemple, Samsung, qui envisage d'investir 17 milliards de dollars à Austin au Texas dans une nouvelle usine, pourrait bénéficier de 805,5 millions de dollars d'abattements fiscaux combinés sur 20 ans.

Corée du Sud

En mai 2021, le président sud-coréen a dévoilé une nouvelle politique industrielle nationale des semi-conducteurs visant à assurer la position de leader du pays dans le domaine des puces d'ici 2030. Nommée « K-Belt Semiconductor Strategy » en raison de son accent sur les clusters géographiques, le plan comprend de larges crédits d'impôt allant jusqu'à 50 % pour la R&D et 16 % pour la fabrication, soit 886 millions de dollars de prêts à long terme et 1,3 milliard de dollars d'investissements fédéraux en R&D. Le plan inclut également des réglementations assouplies et des infrastructures améliorées. Selon la SIA, ces nouveaux allègements fiscaux pour les entreprises microélectroniques sud-coréennes pourraient représenter entre 55 à 65 milliards de dollars d'incitations au cours des trois prochaines années. Citant les efforts des États-Unis et de la Chine pour doubler leur industrie des puces électroniques, le président Moon a souligné que la Corée « a besoin d'investissements préventifs pour diriger la chaîne d'approvisionnement mondiale et faire de cette opportunité la nôtre ».

Chine

Le développement de l'industrie de la microélectronique a longtemps été une priorité pour la Chine, mais il a pris une urgence renouvelée au cours des dernières années, et la Chine s'est fixé un objectif national explicite d'atteindre l'auto-suffisance dans tous les segments de la chaîne de valeur microélectronique dans son récent 14ème plan quinquennal. Depuis 2018, la Chine a financé la construction de plus de 52 usines grâce à une série de mesures de soutien, notamment des subventions, des prises de participation, des prêts avantageux et des allègements fiscaux. En plus de la création d'un National IC Fund doté de 50 milliards de dollars, la Chine a annoncé plus de 15 fonds IC locaux dédiés à l'injection de capitaux dans les sociétés chinoises de semi-conducteurs, pour un montant de plus de 100 milliards de dollars. D'après la SIA, le gouvernement chinois détient environ 40 % de ces 100 plus grandes sociétés de semi-conducteurs, un ratio inégalé dans aucun autre pays. En août 2020, la Chine a étendu ses politiques fiscales préférentielles pour les semi-conducteurs, qui incluent une exonération d'impôt sur les sociétés pouvant aller jusqu'à 10 ans pour les fabricants de semi-conducteurs, qui pourrait être évaluée à plus de 20 milliards de dollars supplémentaires.

En 2020, Chine a dépensé un montant record de 213,6 milliards de yuans (28,8 milliards d'euros) en subventions à l'industrie, dont 10,6 milliards de yuans (1,43 milliard d'euros) à 113 entreprises du secteur de la microélectronique. Un chiffre en augmentation de 14 % par rapport à 2019 et 12 fois plus important qu'il y a dix ans.

Ainsi, le principal fabricant chinois de puces SMIC a reçu en 2020 un peu moins de 2,5 milliards de yuans (337 millions d'euros) en plus des 1,94 milliard d'euros de financement provenant des deux fonds soutenus par l'État chinois. Pékin a également subventionné les fabricants d'équipements de production Naura et Advanced Micro dans le contexte où les tensions commerciales avec les Etats-Unis restreignent l'accès aux équipements incluant des technologies américaines.

Types d'aides :

- **Prises de participation** : la Chine dispose de deux fonds nationaux totalisant 50 milliards de dollars.
- **Incitations fiscales** : la Chine offre un remboursement de TVA de 13 % pour les achats d'équipements de circuits intégrés s'ils figurent parmi une liste de 29 fabricants de circuits intégrés chinois. En août 2020, la Chine a annoncé des incitations fiscales améliorées pour l'industrie microélectronique comme suit :
 1. Une exonération d'impôt sur les sociétés de 10 ans pour les entreprises produisant des puces inférieures à 28 nm ;
 2. Une exonération de l'impôt sur les sociétés pendant 5 ans pour les entreprises produisant des puces inférieurs à 65 nm ;
 3. Une exonération fiscale de 2 ans suivie d'un taux d'imposition de 50 % sur 3 ans pour les entreprises produisant des puces inférieurs à 130 nm ;
 4. Une exemption de droits sur les importations d'équipements et de matériaux pour la production de puces inférieures à 65 nm.
- **Terrain** : les gouvernements locaux offrent des terrains industriels gratuitement ou à prix réduit pour soutenir la fabrication de semiconducteurs. Selon l'OCDE, des fabricants de puces en Chine ont acheté des terrains pour moins d'un tiers de leur valeur.
- **Prêts avantageux** : selon l'OCDE, les quatre principales sociétés de microélectronique soutenues par l'État ont reçu un total de 4,85 milliards de dollars de prêts inférieurs au marché de la part des institutions financières chinoises entre 2014 et 2018. Et entre 2006 et 2020, les banques d'État chinoises ont accordé 10,1 milliards de dollars de prêts à faible taux d'intérêt aux deux principales sociétés chinoises de microélectronique.
- **Subventions à la localisation** : la Chine a de nombreuses subventions gouvernementales qui financent les concepteurs de puces chinois pour qu'ils utilisent les fonderies locales. De nombreux programmes de R&D chinois sont financés uniquement s'ils ont recours à de contraintes de la fabrication nationale.

Résumé du conflit Sino-américain autour de la chaîne de valeur microélectronique

Dans son Plan « Made in China 2025 », publié en Mai 2015, la Chine annonçait pour la première fois publiquement sa volonté de maîtriser souverainement l'ensemble de la chaîne de valeur microélectronique. Pour parvenir à cet objectif, la Chine dispose de trois atouts :

1. La Chine produit sur son territoire plus de 40 % des systèmes électroniques vendus dans le monde. De fait, la Chine est donc le premier marché mondial de semiconducteurs.
2. En aval, la Chine est également le premier marché mondial de systèmes électroniques avec les États-Unis.
3. En amont, la Chine bénéficie de positions dominantes sur un grand nombre de matières premières nécessaires à la fabrication de composants microélectroniques.

Pour rappel, le seul pays qui dispose d'une maîtrise souveraine de l'ensemble de la chaîne de valeur sont les États-Unis, et ce depuis la naissance de cette industrie dans les années 1950. Le seul pays à avoir menacé cette domination avant la Chine est le Japon. De 1985 à 1995, le Japon -porté par l'essor de l'électronique grand public- produit plus de composants microélectroniques sur son territoire que les États-Unis (pic à 45 % de la production mondiale en 1990). Les États-Unis avaient alors fait usage d'outils réglementaires et commerciaux extraterritoriaux à l'encontre du Japon afin de regagner

leur position dominante – avec succès car dès les années 1995, les États-Unis redevenaient le premier producteur mondial et le Japon retombait sous la barre des 35 %.

Le phénomène se reproduit aujourd'hui avec la Chine, les tensions étant aggravées par le fait que les États-Unis ont entretemps laissé plus de 40 % de la production mondiale se délocaliser à Taiwan et en Corée du Sud, deux pays très proches géographiquement de la Chine.

Pour empêcher la Chine de mettre en place des capacités souveraines, les États-Unis placent depuis 2016 mais surtout depuis 2018 un nombre exponentiel d'entreprises chinoises sous embargo international de façon unilatérale (+3 entreprises en 2016, +11 en 2018, +38 en 2019, +85-90 en 2020...). Ces embargos concernent également un nombre croissant de biens et services. Parmi les entreprises sous-embargos, on trouve une majorité d'entreprises liées à l'industrie électronique et microélectronique : Huawei, Xiaomi, SMIC, ZTE, Sugon, Hikvision, Dahua Technology, Hefei Meiling, Nanchang O-Film Tech, China, Electronics Technology Group Corporation, etc.

Ces embargos ont deux conséquences :

1. Côté chinois :

- Les embargos ont poussé les entreprises chinoises à maximiser leurs stocks de composants par anticipation, aggravant de fait la pénurie mondiale de composants.
- Les embargos poussent la Chine à investir des montants plus importants que prévu pour produire en interne ce qui ne peut être importé, augmentant la facture et les délais pour le gouvernement chinois. Mais l'autre effet des embargos est l'augmentation à terme du nombre d'étapes de la chaîne de valeur qui seront maîtrisées par des entreprises nationales en Chine.
- Enfin, les embargos poussent le gouvernement chinois à rechercher des partenaires -comme la France ou l'Union Européenne- qui accepteraient de produire sur leur sol à destination du marché chinois en contournant l'embargo américain.

2. Côté européen : L'embargo prive les entreprises européennes des débouchés du marché chinois – premier marché mondial de semiconducteurs et premier marché à l'export de l'UE avant le début des sanctions (30 % de la production de l'UE était exportée vers la Chine en 2018, soit 9 Mds €). Huawei était par exemple le sixième client de ST Microelectronics en 2018. Tous les leaders européens sont concernés : ASML, Infineon, NXP, etc. Dans le même temps, des entreprises américaines se voient exemptées par l'administration américaine d'embargo grâce à l'octroi de licences à l'export (Intel, AMD...), générant de fait une distorsion de concurrence vis-à-vis de leurs concurrents européens.

Au-delà de la microélectronique au sens strict, les embargos américains à l'encontre de la Chine visent également à ralentir la progression de la Chine dans trois segments débouchés :

1. Les **smartphones, tablettes, PC et serveurs**, segments sur lesquels les acteurs chinois (Huawei, Xiaomi, BBK electronics, Lenovo...) menacent la domination mondiale des acteurs américains (Apple, Dell, HP, Microsoft...).
2. La **5G/6G**, segment sur lequel les acteurs chinois (Huawei, ZTE) menacent la souveraineté américaine. Les États-Unis ne disposent d'aucun leader en la matière et les seuls concurrents de Huawei en la matière sont les européens Ericsson et Nokia (Alcatel). A telle enseigne que le procureur général des États-Unis Bill Barr réfléchissait publiquement en 2018 à la prise de contrôle d'un des deux champions européens par les États-Unis à travers « une participation majoritaire, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un consortium de sociétés privées américaines et alliées ».
3. Les **superordinateurs**, segments dont les applications d'ordre militaire sont stratégiques et sur lesquels les acteurs chinois (Huawei, Sugon ...) menacent la domination mondiale des acteurs américains (Dell EMC, IBM, Cray, HPE et Intel).

3. Perspectives des filières aval

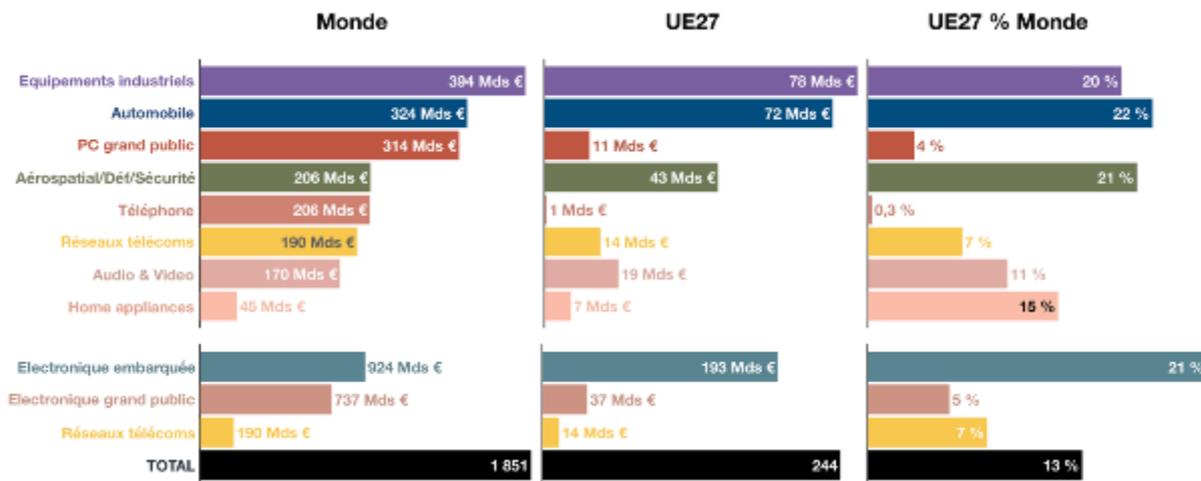
3.1 Perspectives 2018-2023

Le diagramme ci-dessous compare la production de systèmes électroniques au niveau mondial et de l'EU27 en 2020 et qui correspond aux marchés de débouchés de la microélectronique en UE.

Pour une meilleure compréhension des tendances, le segment électronique grand public est subdivisé en quatre segments : PC grand public, téléphones, produits audio & vidéo et électroménager. Au total, le segment électronique grand public qui a connu une période de faible croissance entre 2015 et 2020 a représenté 737 Mds d'euros de production en 2020, dont environ 5 % réalisés en Europe.

De leur côté, les segments d'électronique embarquée ayant pour débouchés les secteurs industriel, automobile et aérospatial-défense-sécurité ont représenté 924 Mds d'euros de production en 2020. Si l'on ajoute les 190 Mds d'euros de production d'équipements de réseaux télécoms, l'électronique ayant des débouchés professionnels a représenté 1 114 Mds d'euros en 2020. Force de l'UE, la production d'électronique embarquée en Europe atteint 21 % de la production mondiale.

Figure 27. Marché mondial des systèmes électroniques et pourcentage de production dans l'UE27 par segment en 2020 (Milliards d'euros)



Source : DECISION Études & Conseil

En 2020, la crise du COVID a généré des changements dans les tendances de marché :

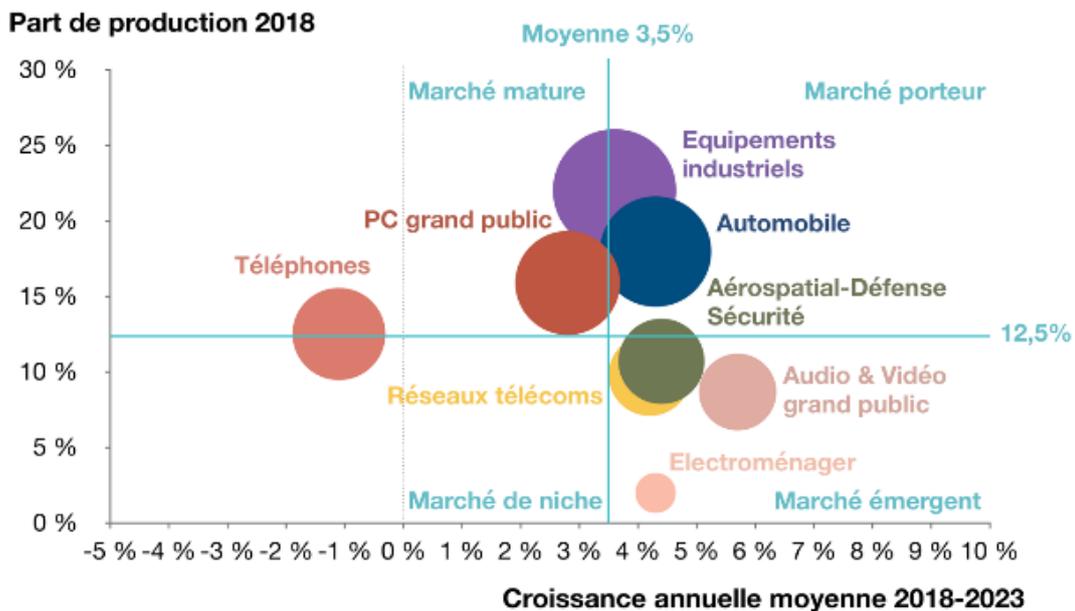
- Les confinements ont entraîné des arrêts des usines plus ou moins longs selon les régions du monde mais qui ont au global généré une forte récession sur les grandes filières avales des segments embarqués : automobile, équipements industriels, et aéronautique. En conséquence, cette récession s'est répercutée sur les systèmes électroniques qui servent ces filières qui étaient les plus dynamiques ces cinq dernières années.
- A contrario, la crise sanitaire a redynamisé la demande en produits d'électronique grand-public que cela soit les produits audio & vidéo ou l'électroménager. La demande mondiale des ménages est venue contrebalancer l'effet crise sur ces segments et les mesures distancielles ainsi que le télétravail ont même généré une très forte demande de PC (+8 %/an en 2020) alors que la croissance du segment était atone depuis près de 8 ans.

La forte demande liée au redémarrage des économies au deuxième semestre 2020 a engendré une pénurie de puces au niveau mondial qui favorise les segments grands publics au détriment des segments embarqués. En effet, les segments grands publics sont les plus grands consommateurs de composants électroniques en volume, en particulier ceux les plus avancés et donc les plus chers. En conséquence, en période de pénurie, les fabricants de puces ont tendance à favoriser leurs principaux clients - à savoir les producteurs d'électronique grand public - au détriment des fabricants d'électronique embarquée, qui ont en plus pour habitude de travailler en flux tendus, c'est-à-dire sans stocks afin d'améliorer leurs besoins en fonds de roulement³⁸. La pénurie actuelle a donc un effet double :

- Elle augmente les prix des composants et donc la croissance en valeur de l'ensemble des segments pour la période 2021-2022 a minima.
- Mais elle génère des arrêts de production dans les filières aval de l'électronique embarquée (en particulier l'automobile), venant ainsi freiner la croissance de ces segments.

A horizon 2023, la pénurie de puces devrait être terminée aux vues des investissements actuels en fonderies à travers le monde. A moins d'un rebond de la crise du COVID, la tendance structurelle devrait reprendre le dessus : forte croissance des systèmes embarqués et plus faible croissance des systèmes grands publics.

Figure 28. Perspectives de croissance mondiale des systèmes électroniques par segment sur la période 2018-2023



Source : DECISION Études & Conseil

Les segments embarqués (aérospatial-défense, sécurité et automobile) correspondent aux forces de l'UE. En matière d'électronique de santé (non représentée ici), l'UE27 dispose en 2020 du deuxième écosystème industriel derrière les États-Unis. La croissance des systèmes embarqués depuis le début de la décennie 2010 permet à l'UE de préserver sa part de production mondiale qui devrait stagner entre 13 et 14 % sur la période 2018-2023.

³⁸ En particulier l'industrie automobile.

3.1.1.1 Automobile

Ce segment regroupe l'ensemble de l'électronique embarquée dans les voitures dont les unités de contrôle électroniques et les capteurs embarqués quelles que soient leurs fonctions : contrôle moteur, châssis (gestion de trajectoire), sécurité à bord, confort, infotainment, aide à la conduite (ADAS), etc.

Figure 29. Perspectives de la filière des systèmes électroniques automobiles sur la période 2018-2023 (Mds d'euros)

Région	2018	2019	2020	2021	2022	2023	18-23
Monde	326	339	324	351	377	400	
		3,9 %	-4,5 %	8,5 %	7,3 %	6,2 %	4,3 %
UE27	75	78	72	79	86	92	
		4,5 %	-7,9 %	9,9 %	8,6 %	7,2 %	4,5 %
UE27 % Monde	23 %	23 %	22 %	23 %	23 %	23 %	

Source : DECISION Études & Conseil

Sur la période 2018-2021, trois segments tirent la croissance de l'électronique automobile, générant une croissance structurelle pour ce marché :

1. L'infotainment incluant les ordinateurs de bord et écrans associés, les systèmes de navigation et audio, etc.
2. L'assistance à la conduite - ADAS : intégration croissante sur toutes les gammes d'outils de conduite autonome de niveau 1 et 2 avec détection de lignes blanches, assistance au parking, etc.
3. L'électronique associée au contrôle moteur, qui progresse pour deux raisons. D'une part, une meilleure gestion des moteurs thermiques est nécessaire pour que les fabricants restent dans les normes d'émission de plus en plus strictes, nécessitant des outils de contrôle électroniques. D'autre part, les véhicules électriques nécessitent plus de composants électroniques que les véhicules thermiques, en particulier des composants de puissance.

Ces trois facteurs de croissance structurelle devraient se maintenir sur la décennie à venir, à moins que la croissance des applications d'infotainment et d'ADAS ne soient restreintes par les régulateurs pour des raisons écologiques. Ajouté à la croissance du marché chinois qui représente déjà près d'un tiers du marché automobile mondial, les perspectives de croissance de l'électronique automobile sont très bonnes pour les années à venir.

Cette croissance structurelle, qui a eu lieu sur la période 2015-2019, a été freinée en 2020 par la récession mondiale de l'industrie automobile du fait du COVID. Depuis, deux tendances conjoncturelles s'opposent : la pénurie de composants, qui touche en particulier les segments embarqués comme l'automobile, génère une hausse des prix favorable à la croissance en valeur de l'électronique automobile. Mais cette pénurie freine également, la croissance du marché automobile au sens large en volume, et donc celle de l'électronique automobile par ricochet. La pénurie devrait durer au moins jusqu'à la fin 2022, après quoi la situation devrait se normaliser.

3.1.1.2 Equipements industriels

Ce segment est principalement composé des systèmes électroniques qui équipent les usines et les bâtiments industriels, dont les machines-outils, les robots, etc. (42 % du total), des systèmes d'électronique de puissance principalement utilisés dans des secteurs comme l'énergie et le transport ferroviaire (13 %). Le segment de l'électronique industrielle inclut également les outils de test et mesure dont les clients sont également les industries manufacturières (32 % du total), les panneaux solaires (8 %), et les LED à usage industriel (5 %).

Figure 30. Perspectives de la filière des systèmes électroniques pour équipements industriels sur la période 2018-2023 (Mds €)

Région	2018	2019	2020	2021	2022	2023	18-23
Monde	399	419	394	430	453	476	
		4,9 %	-6,0 %	9,2 %	5,3 %	5,0 %	3,7 %
UE27	79	83	78	84	87	91	
		4,9 %	-6,3 %	7,2 %	4,1 %	4,0 %	2,8 %
UE27 % Monde	20 %	20 %	20 %	19 %	19 %	19 %	

Source : DECISION Études & Conseil

Après plusieurs années de croissance pour le secteur de l'électronique industrielle tirées par des nouvelles générations d'équipements incluant un contenu en électronique en hausse et une demande structurelle forte liée à la transformation digitale des usines, des besoins croissants dans l'automatisation des bâtiments, etc., l'arrêt de nombreuses usines provoqué par la crise du COVID en 2020 a fortement perturbé la production mondiale. Selon nos estimations, le marché a baissé de 6 % en 2020 (après avoir progressé de près de 5 % en 2019).

Avec -10 %, la demande mondiale de robots industriels a particulièrement chuté en 2020 (après avoir déjà connu une baisse de -11 % en 2019 liée au ralentissement des besoins des usines automobiles) pour s'établir à 18,1 Mds d'euros de production. Cependant, le marché devrait connaître un rebond de 15 % en 2021 et jusqu'en 2025 le taux de croissance annuel moyen devrait être de 9,5 % selon nos prévisions.

Au global et à l'horizon 2025, la production d'équipements électroniques pour l'industrie devrait croître de 7,6 % par an en moyenne. En Europe, cette tendance devrait s'établir à 6,1 %, légèrement inférieure à la moyenne mondiale.

3.1.1.3 Aérospatial / Défense / Sécurité

Ce segment regroupe l'électronique dédiée à l'aéronautique (avionique, etc.), au spatial (satellites, etc.) et à la défense, mais aussi la sécurité (cartes à puces et autres produits autour de l'identification / authentification des personnes ou des objets, alarmes, caméras, détection de mouvement, outils de géolocalisation pour la sécurité, etc.).

Figure 31. Perspectives de la filière des systèmes électroniques aérospatial – défense – sécurité sur la période 2018-2023 (Mds €)

Région	2018	2019	2020	2021	2022	2023	18-23
Monde	194	205	206	217	228	240	
		5,3 %	0,9 %	4,9 %	5,4 %	5,3 %	4,4 %
UE27	41	44	43	46	49	51	
		6,0 %	-1,1 %	6,1 %	5,7 %	5,1 %	4,4 %
UE27 % Monde	21 %	21 %	21 %	21 %	21 %	21 %	

Source : DECISION Études & Conseil

Avec 206,5 Mds € en 2020, la production d'électronique dédiée à ces trois segments n'a augmenté que de 0,9 %, marquée par la brutale chute du marché aérospatial (-13,1 % en 2020) qui a été compensée par la bonne tenue des marchés électroniques de défense et de sécurité à 4,5 % chacun.

L'Europe, particulièrement bien positionnée dans la production d'équipements pour l'aéronautique, a subi de plein fouet le retournement du marché aérien en 2020 et a vu sa production diminuer de 15,9 % au cours de cette année. Le bon positionnement des acteurs européens devrait lui permettre de connaître des croissances annuelles moyennes supérieures à celles au niveau mondial (10,1 % par an en Europe jusqu'en 2025 contre 9,6 % / an dans le monde).

L'électronique de défense européenne bénéficie, de son côté, de la bonne santé des acteurs européens du secteur portée par leurs succès à l'export et la hausse des budgets d'équipements militaires de nombreux pays européens. Ainsi après avoir augmenté de 9,2 % en 2019, la production électronique européenne pour la défense a continué de croître de 5,6 % en 2020 ignorant la crise. Une tendance qui devrait se poursuivre au cours des cinq prochaines années.

Après avoir augmenté de 7 % en 2019, la production d'électronique réalisée en Europe pour la sécurité a ralenti à 2,5 % en 2020. Une ré-accélération est prévue dès 2021 et qui devrait continuer jusqu'en 2025 à un rythme annuel d'environ 7,3 % grâce aux développements des solutions de cybersécurité en particulier.

3.1.1.4 *Electronique grand public*

Le segment de l'électronique grand public regroupe quatre types de produits :

1. Les PC grand public (portables et fixes, tablettes, périphériques associés).
2. Les téléphones (fixes et portables).
3. Les produits audio & vidéo grands publics (TV, écrans, chaîne hifi, etc.).
4. L'électroménager (réfrigérateurs, lave-vaisselle, etc.).

Marqués par des années d'atonie, les marchés des PC et des smartphones ont connu des tendances de marché opposées en 2020. D'un côté, avec 291 Mds d'euros, la production de PC a connu sa plus forte croissance depuis près de 10 ans avec +7,9 %. Une hausse inattendue portée par le besoin des ménages de renouveler leurs équipements et des entreprises d'équiper leurs employés pour le travail à distance (+9 % des ventes en unités à 305 millions).

A l'inverse, le marché des smartphones n'a pas expérimenté le même succès. Avec une baisse de 10 % du nombre de smartphones vendus en 2020 à 1 331 millions d'unités, la production s'est contractée de 7,5 % en valeur pour atteindre 205,6 Mds d'euros. Un marché qui devrait rebondir en 2021 si les pénuries de composants n'interfèrent pas dans les chaînes de production. Même si la 5G devrait augmenter le prix moyen des appareils, la croissance devrait rester très modeste au cours de prochaines années à cause de la saturation du marché (-1 % de croissance annuelle à l'horizon 2023).

La croissance des produits audio & vidéo et électroménager a résisté à la crise du COVID en 2020. Les ménages, confinés, ont surconsommé ce type d'équipements par rapport aux années antérieures, venant contrebalancer l'effet crise. Si bien que les ventes ont stagné en 2020 mais n'ont pas reculé. Depuis, la pénurie de puces entraîne une hausse des prix qui génère une croissance en valeur particulièrement forte de ces deux segments.

La production d'électroménager en Europe subit une décroissance structurelle depuis plusieurs années. Les sites de production sont en très grande majorité détenus par des entreprises étrangères qui tendent à délocaliser la production en particulier vers l'Asie.

Figure 32. Perspectives de la filière de l'électronique grand public sur la période 2018-2023 (Mds €)

Région	Filière avale	2018	2019	2020	2021	2022	2023	18-23
Monde	PC grand public	288	291	314	325	327	332	
			0,8 %	7,9 %	3,6 %	0,7 %	1,3 %	2,9 %
	Téléphones	227	222	206	222	222	215	
			-2,1 %	-7,5 %	7,9 %	-0,1 %	-3,1 %	-1,0 %
	Audio & Vidéo grand public	157	170	170	183	196	207	
			8,0 %	-0,2 %	8,0 %	6,7 %	5,8 %	5,7 %
UE27	Electroménager	43	45	45	48	51	53	
			4,3 %	0,6 %	6,5 %	5,5 %	4,5 %	4,3 %
	TOTAL Electronique grand public	716	728	734	778	795	806	
			1,7 %	0,9 %	6,0 %	2,2 %	1,4 %	2,4 %
	PC grand public	11	11	11	12	12	12	
			-0,3 %	3,7 %	2,9 %	0,7 %	1,0 %	1,6 %
UE27	Téléphones	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	
			-7,7 %	-11,1 %	2,6 %	-4,7 %	-2,2 %	-4,6 %
	Audio & Vidéo grand public	19	20	18	20	21	21	
			5,7 %	-8,1 %	6,0 %	4,7 %	3,8 %	2,4 %
	Electroménager	7,1	6,8	6,7	6,6	6,5	6,5	
			-3,4 %	-2,0 %	-1,0 %	-1,0 %	-0,5 %	-1,6 %
TOTAL Electronique grand public		38	39	37	38	39	40	
			2,0 %	-3,8 %	3,7 %	2,4 %	2,2 %	1,3 %
UE27 % Monde		5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	

Source : DECISION Études & Conseil

3.1.1.5 Réseaux télécoms

La production pour les réseaux télécoms regroupe à la fois les équipements fixes et mobiles destinés aux opérateurs et les systèmes de communication, notamment internet pour les entreprises.

Figure 33. Perspectives de la filière des réseaux télécoms sur la période 2018-2023 (Mds €)

Région	2018	2019	2020	2021	2022	2023	18-23
Monde	178	189	190	200	208	218	
		6,1 %	0,8 %	5,0 %	4,4 %	4,6 %	4,2 %
UE27	13	14	14	14	15	16	
		5,5 %	-0,7 %	3,1 %	3,6 %	4,4 %	3,2 %
UE27 % Monde		8 %	7 %	7 %	7 %	7 %	

Source : DECISION Études & Conseil

Avec 6,1 % de croissance en 2019 pour 189 Mds d'euros de valeur, le marché est porté par le déploiement des nouveaux réseaux mobiles 5G. L'année 2020 a été une année particulière avec un ralentissement de la croissance à 0,8 % dans le monde mais le marché devrait rebondir en 2021 et dans les années à venir grâce aux besoins dans cette technologie dans toutes les zones du globe.

L'Europe, qui possède deux leaders mondiaux dans le secteur avec Nokia et Ericsson, ne produit qu'une faible part de la production mondiale. Mais les problèmes liés à la souveraineté des données numériques pourraient permettre aux deux acteurs de relocaliser une partie de leur production ainsi que de gagner des parts de marché si les difficultés du leader Huawei se poursuivent.

3.1.1.6 IoT

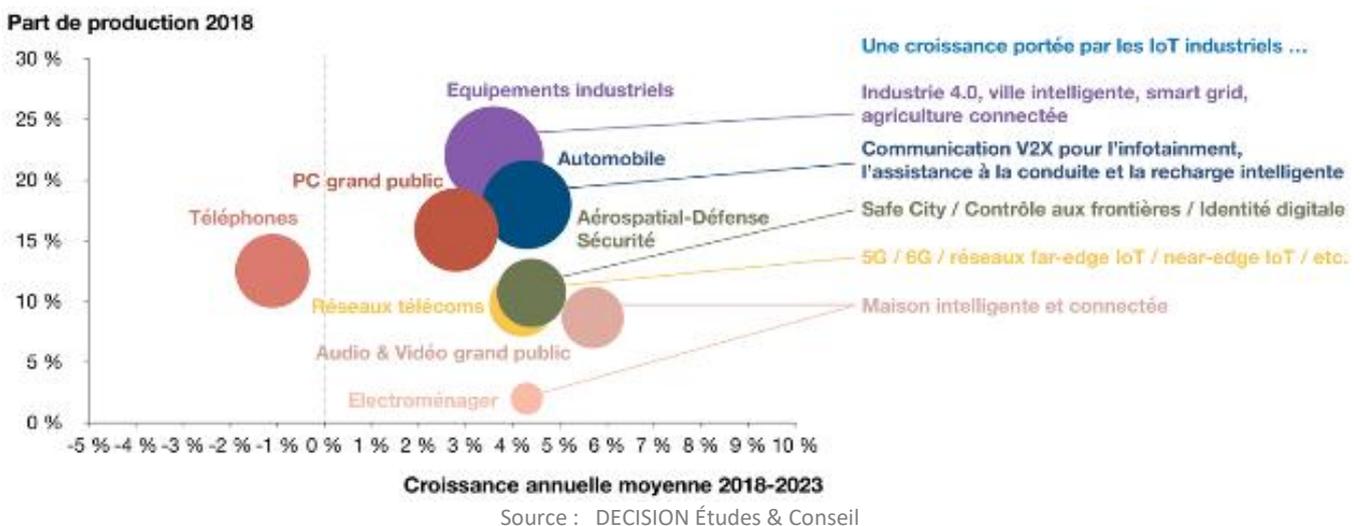
Le développement de l'Internet des Objets (objets connectés ou IoT) est une tendance qui touche presque tous les segments des systèmes électroniques depuis 20 ans. Cette tendance décrit le déploiement de capacités de connectivité au sein des systèmes électroniques, générant des réseaux d'objets connectés de plus en plus importants, qui peuvent eux-mêmes s'interconnecter.

On distingue deux tendances au sein de la croissance des IoT :

- L'émergence de l'IoT grand public en deux temps** : sur la période 2005-2015, les téléphones qui deviennent des smartphones, le développement des PC portables, puis des tablettes, l'interconnexion des produits d'électronique grand public avec les smartphones et le réseau internet, etc. Cette tendance a soutenu la croissance des segments grand public jusqu'au milieu des années 2010. Depuis 2015, une tendance apparaît du côté d'autres produits électroniques grand public tels les montres, l'électroménager connecté, etc. qui redynamise ces segments.
- L'émergence des IoT industriels** depuis les années 2010. Les systèmes électroniques embarqués deviennent depuis une dizaine d'années des objets connectés : Industrie 4.0, communication Vehicle-to-X (V2X) en automobile (Vehicle to Smartphone, Vehicle to Vehicle, Vehicle to Infrastructure...), ville connectée et intelligente, etc. Les IoT industriels sous-tendent la croissance des systèmes embarqués, mais également la croissance de segments grand public (audio & vidéo et électroménager avec la maison connectée). Cette tendance devrait se poursuivre tout au long de la décennie 2020.

Le diagramme ci-dessous montre les estimations et prévisions de croissance des systèmes électroniques à l'échelle mondiale sur la période 2018-2023. On constate que tous les marchés, qui tirent la croissance de l'industrie électronique, sont associés aux développements des IoT industriels.

Figure 34. Perspectives de croissance mondiale des systèmes électroniques par segment sur la période 2018-2023



Le déploiement de réseaux télécoms dédiés est nécessaire pour pérenniser la croissance des IoT industriels dans de nombreux segments :

- Le secteur privé investit dans le déploiement de réseaux privés (on-remise edge).
- Le secteur public investit quant à lui avec les opérateurs télécoms dans le déploiement de réseaux 5G/6G mais également de réseaux near-edge and far-edge permettant la mise en place de serveurs au plus près des objets connectés pour permettre le bon fonctionnement de leurs applications en temps réel.

La croissance des IoT industriels est donc également un moteur de la croissance des réseaux télécoms, mais aussi des serveurs informatiques (non étudiés ici).

Enfin, les IoT industriels ont généré un nouveau marché : celui des plateformes digitales dédiées aux réseaux d’IoT industriels. Ce marché, estimé à 5 Mds \$ en 2020 par IoT Analytics avec une croissance à deux chiffres prévue sur la période 2020-2025, est pour le moment dominé par les hyperscalers américains mais les fabricants européens de systèmes d’électronique embarquée développent de plus en plus d’offres dédiées : Bosch, Siemens, Schneider Electric, Ericsson, etc.

3.2 Liens matriciels technologies-produits

Capteurs intelligents	
Analyse générale	<p>Les capteurs intelligents sont le plus souvent basés sur une combinaison de produits CMOS et de MEMS. La composante intelligence artificielle (smart) requiert l’utilisation de processeurs particulièrement puissants mais aussi de mémoires embarquées. Le packaging avancé, l’intégration hétérogène, l’intégration de composants micro-photoniques (verres, filtres, polariseurs) et l’intégration 3D sont des champs d’innovations particulièrement porteurs pour les capteurs intelligents.</p> <p>Le champ de PIEEC comprend les capteurs optiques, les capteurs MEMS de mouvements, les capteurs de champs magnétiques, d’autres types de capteurs (piézoélectriques, thermiques, acoustiques, tactiles...), et l’intégration des capteurs dans des systèmes microélectroniques.</p> <p>Le marché mondial des capteurs intelligents est estimé à 20-25 Mds € en 2018 par DECISION et devrait atteindre 30-35 Mds € en 2023 avec une croissance annuelle moyenne de 7-8 %/an. Le marché mondial des MEMS est estimé à 2,7 Mds € en 2018 et devrait atteindre 3,6 Mds € en 2023 avec une croissance annuelle moyenne de 6,1 % sur la période.</p> <p>L’évolution du marché des capteurs intelligents dépend également du déploiement à plus ou moins grande échelle de réseaux de communications 5G/6G et near-edge / far-edge sur les territoires.</p>
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Xfab, Lynred, CEA-Leti, Bosch, Infineon, TDK, Elmos...
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025
Automobile	Fort
Equipements industriels	Fort
Aérospatial / Défense / Sécurité	Fort
Réseaux télécoms	Faible
Electronique grand public	Moyen
IoT	Fort

Composants numériques à basse consommation			
Analyse générale	<p>Dans le cadre du PIEEC, sont principalement considérés dans la catégorie des composants numériques favorisant la basse consommation : le progrès technique dans la fabrication de composants FDSOI permettant une plus faible consommation (28 à 12 nm et substrats associés), le progrès technique dans la fabrication de composants RF (Radio Fréquence) permettant une plus faible consommation, et la fabrication de mémoires non-volatiles embarquées (eNVM). Ces trois catégories de produits sont destinées à différents types de marchés à horizon 2025. Sur ces segments, ST Microelectronics détient environ 15 % des parts de marché au niveau mondial. On trouve aussi les composants POI, Photonics SOI...</p>		
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Soitec, Xfab, Murata, CEA-Leti, GlobalFoundries, Racyics, Cologne Chips.		
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025		
	Composants FDSOI	Mémoires non-volatiles embarquées (eNVM)	Composants RF
Automobile	Fort	Fort	Moyen
Equipements industriels	Fort	Fort	Moyen
Aérospatial / Défense / Sécurité	Faible	Faible	Faible
Réseaux télécoms	Faible	Faible	Fort
Electronique grand public	Moyen (Haut de gamme – Basse consommation – RF 5G à ondes millimétriques)	Moyen (mémoires caches smartphones & tablettes)	Fort
IoT	Fort	Fort	Fort

Composants de puissance	
Analyse générale	<p>Les composants de puissance regroupent des composants discrets (Thyristors, diodes, MOSFET, IGBT...), des circuits intégrés et les composants de puissance dits « intelligents » au sens où ils intègrent dans une même puce différents circuits ayant une solution technologique remplissant différentes fonctions : analogique, logique et puissance (exemple : Bipolaire CMOS DMOS (BCD), Double DMOS (DDMOS)). Les matériaux innovants GaN et SiC sont particulièrement utilisés dans les applications de puissance.</p> <p>Les composants de puissance sont utilisés pour la production, la transmission, le stockage et l'utilisation de l'énergie électrique : gestion de l'alimentation, surveillance de tension, gestion de batteries, etc. En conséquence, ils se destinent principalement aux marchés « professionnels » qui font appel à de fortes puissances électriques : automobile, industrie, aérospatial / défense / sécurité, voir certains IoT industriels.</p> <p>Le marché mondial des composants de puissance est estimé par DECISION à 40,7 Mds € en 2019, dominé par des américains (TI 10 %, Onsemi 6 %, Analog Devices 6 %, Vishay), des européens (Infineon 13 %, ST 6 %, Nexperia), et des Japonais (Mitsubishi Electric, Renesas, Toshiba, Fuji Electric). Il devrait croître au taux annuel de 4,3 % à horizon 2025 selon Yole, principalement du fait des modules IGBT, des MOSFET sur silicium et des composants SiC.</p>

Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Murata, Xfab, Infineon, Bosch...
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025
Automobile	Fort
Equipements industriels	Fort
Aérospatial / Défense / Sécurité	Fort
Réseaux télécoms	Faible
Electronique grand public	Faible
IoT	Moyen

Equipements optiques	
Analyse générale	<p>Les équipements optiques avancés regroupent dans le cadre du PIEEC des équipements optiques et des masques optiques requis dans le fonctionnement des machines de lithographie ultra-violet (EUV), servant à la fabrication de semiconducteurs avancés.</p> <p>Les principales entreprises concernées dans le cadre du PIEEC sont les entreprises allemandes Zeiss et AMTC. Par ailleurs, le néerlandais ASML est le leader européen et mondial dans la fabrication d'équipements de lithographie ultra-violet (EUV).</p> <p>Les perspectives de marché associées à ce segment correspondent aux investissements réalisés au niveau mondial en matière de machines de lithographie EUV. Le marché mondial des équipements de lithographie pour semiconducteurs est estimé par DECISION à 15 Mds € en 2020, et le marché des équipements pour la fabrication de wafer est estimé à 64 Mds € en 2020. A horizon 2025, ces deux marchés devraient respectivement croître à un taux annuel moyen de 8 % et 13 %.</p>
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	Zeiss et AMTC (Advanced Mask Technology Center).
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025
Automobile	Moyen
Equipements industriels	Moyen
Aérospatial / Défense / Sécurité	Faible
Réseaux télécoms	Fort
Electronique grand public	Fort
IoT	Moyen

Semi-conducteurs composés		
Analyse générale	<p>Les semiconducteurs composés sont des semiconducteurs qui ne sont pas basés uniquement sur du Silicium (Si), mais sur plusieurs éléments du tableau de Mendeleïev : II-III (SiC...), II-IV (GaN...), II-VI (CdSe...), IV-IV (GaAs...), III-V (InP)... Dans le cadre du PIEEC, le champ des semiconducteurs avancés regroupe la fabrication de tranches épitaxiales (épi-wafers) de semi-conducteurs III-V, II-VI et IV-IV de diamètres toujours plus élevés et la fabrication de substrats et d'équipements de fabrication associés, avec des applications microélectroniques et photoniques (Photonique sur Silicium SiPh...).</p> <p>Les semiconducteurs composés forment un marché émergent qui représentait moins de 1 % des capacités mondiales de production de semiconducteurs jusqu'en 2018 selon DECISION. Il représente 1-2 Mds € en 2020 et devrait bénéficier d'une croissance de plus de 10 % au moins à horizon 2025. Sur l'ensemble des semiconducteurs composés, ST déclare détenir environ 5 % des parts du marché mondial en 2021.</p>	
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Soitec, Lynred, CEA-Leti, OSRAM...	
Potentiel de marché dans la filière averse à horizon 2025		
Filières averse	SiC	GaN
Automobile	Fort	Moyen
Equipements industriels	Fort	Faible
Aérospatial / Défense / Sécurité	Fort	Fort
Réseaux télécoms	Faible	Fort
Electronique grand public	Faible	Fort
IoT	Moyen	Faible

4. Présentation des 6 chefs de file

STMicroelectronics			 life.augmented	
<p>Le groupe STMicroelectronics est né de la fusion entre l'italien SGS Microelettronica et le français Thomson Semiconducteurs en 1987. STMicroelectronics est aujourd'hui le premier fabricant de composants électroniques en Europe et le 14ème dans le monde en termes de ventes. En ce qui concerne l'industrie européenne au sens large, ST Microelectronics est la deuxième entreprise européenne derrière le néerlandais ASML.</p> <p>Le groupe emploie plus de 45 000 personnes à l'échelle mondiale, dispose de 16 unités de R&D avancées, de 39 centres de conception, de 13 sites de production et de 78 bureaux de vente dans 36 pays. En France, ST est implanté à Crolles et Grenoble en Isère, et également à Rousset dans les Bouches-du-Rhône et à Tours en Indre-et-Loire.</p> <p>Les produits de STMicroelectronics sont aujourd'hui essentiellement orientés vers les marchés embarqués (industrie et IoT industriels, automobile, aéronautique & défense, etc.), représentant environ 60-70 % de son chiffre d'affaires en 2020 avec des clients comme Bosch, Continental, Mobileye (Intel), ou encore Tesla. STMicroelectronics développe également des composants pour les marchés dits « grands publics » notamment les smartphones.</p>				
Investissements réalisés en France en 2020 (% total)			46 %	
Dépenses de Recherche, Développement et Innovation (RDI) en France en 2020 (% total)			53 %	
Emplois en France (% total)			24 %	
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
AURA	Front-end, R&D	Crolles, Grenoble, Bernin, Le Bourget-du-lac	6109 (13 %)	1070
PACA	Front-end, R&D, développements logiciels	Rousset, Sophia Antipolis, Toulon	2899 (6 %)	244
Centre-Val de Loire	Front-end, R&D	Tours	1285 (3 %)	79
Pays-de-la-Loire	R&D	Le Mans	231 (<1 %)	0
Bretagne	Back-end, R&D	Rennes	219 (<1 %)	5
Ile-de-France	Siège, ventes & marketing, R&D	Paris	215 (<1 %)	0
Occitanie	R&D	Toulouse	-	-

Sources : Rapports annuels et remontées d'information dans le cadre de l'évaluation intermédiaire du plan Nano 2022.

Soitec				
<p>Le groupe Soitec, né en 1992 (spin off du CEA Leti), est spécialisé dans les matériaux semiconducteurs innovants, notamment le silicium sur isolant (SOI), et dans les solutions de transfert de couches de matériaux semiconducteurs.</p> <p>En France, le groupe est implanté au sein du pôle d'innovation en nanotechnologies de Grenoble en Isère. Il dispose d'un centre de R&D consacré aux recherches sur les matériaux semiconducteurs innovants pour l'électronique ainsi que du plus grand centre de production mondial de plaques de SOI, situés à Bernin (à proximité de Grenoble). Le groupe emploie 1 582 personnes à l'échelle mondiale dont plus de 1 000 en France.</p>				

SOITEC offre des produits très innovants sur le marché des matériaux (substrats) pour semi-conducteurs et est en concurrence avec des acteurs positionnés sur des technologies plus matures (comme les substrats à base de silicium). Les principaux concurrents de SOITEC sont Global Wafers (Twa), Sumco (Jap), Shin-Etsu (Jap) ou encore Siltronic.				
Emplois en France (% total)				88 %
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
AURA	Siège, production, R&D	Bernin, Grenoble	1226 (88 %)	~120

Sources : Rapports annuels et remontées d'information dans le cadre de l'évaluation intermédiaire du plan Nano 2022.

XFab				
XFab est la plus grande fonderie française et européenne de semiconducteurs. En tant que fonderie, XFab est spécialisée dans la gravure de plaquettes de semi-conducteurs (<i>front-end manufacturing</i>). XFab offre également un ensemble complet de prototypage et conception IP et accompagne ses clients dans le développement de leurs produits.				
XFab est un groupe germano-belge né en 1992. En 2016, XFab s'implante en France (Corbeil-Essonnes) en rachetant Altis Semiconductor.				
En 2020, XFab dispose de 6 sites de fabrication à travers le monde. Chacun des sites réalise de la R&D. Le site français d'Altis Semiconductor était spécialisé sur le marché grand public. Le site français d'XFab dessert encore aujourd'hui majoritairement les marchés grands publics d'XFab, notamment à travers le segment RF qui bénéficie de débouchés potentiels avec le déploiement de la 5G.				
Emplois en France (% total)				20 %
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
Ile-de-France	Production	Corbeil-Essonnes, R&D	779 (20 %)	87

Sources : Rapports annuels et remontées d'information dans le cadre de l'évaluation intermédiaire du plan Nano 2022.

Lynred				
Sofradir (Société française de détecteurs infrarouge) a été créée en 1986 par des équipes en provenance du CEA-Leti sous la forme d'une joint-venture à 50/50 entre Thomson-CSF (désormais Thales), et Sagem (désormais Safran), avec l'ambition de devenir le leader français et européen des capteurs infrarouges haute-performance et sur-mesure à destination des secteurs de la défense et du spatial. En 2008, Sofradir rachète Electrophysics, renommé Sofradir EC, à Fairfield aux États-Unis dans le but de se positionner sur le marché nord-américain.				
En 2018, Ulis et Sofradir, les deux leaders français des capteurs infrarouges, fusionnent pour former la marque Lynred. Les actionnaires de Lynred sont toujours Thales (50 %) et Safran (50 %). Au moment de la fusion en 2018, Sofradir représente 60 % du CA et 75 % des emplois du nouveau groupe.				
Grâce à la fusion, Lynred devient l'un des rares fournisseurs de détecteurs infrarouges mondiaux à couvrir l'ensemble de la bande spectrale infrarouge (du SWIR au VLWIR) et à couvrir l'ensemble des marchés : de l'aérospatial et défense jusqu'à l'industrie, la sécurité, les loisirs, les bâtiments connectés et l'automobile. La fusion permet également de mutualiser les services de R&D. Aujourd'hui, le segment défense représente environ 40 % des ventes de Lynred, l'aérospatial 10-15 % et aux marchés civils (près de 50 %) (industriel, thermographie, surveillance, loisirs, détection de gaz, scientifique).				
Lynred emploie un millier de salariés dont la grande majorité sont localisés sur le site isérois (Veurey-Voroize). Le siège social de Lynred est situé à Palaiseau et le troisième site du groupe est celui de Fairfield aux États-Unis. Lynred réalise 85 % de son CA à l'export.				

Sources : Rapports annuels et remontées d'information dans le cadre de l'évaluation intermédiaire du plan Nano 2022.

Murata France				 <small>INNOVATOR IN ELECTRONICS</small>
<p>Murata est une grande entreprise à capitaux japonais, qui fait partie du Top 10 des producteurs de composants électroniques passifs dans le monde (condensateurs, composants piézoélectriques, etc.). Murata est le premier fabricant de composants passifs à destination des marchés de l'électronique embarquée (automobile, industriel, médical, etc.) et est également un leader sur le marché des MEMS (9^{ème} mondial), avec un CA estimé à 345 M d'euros en 2020 dans les MEMS.</p> <p>La filiale française du groupe japonais Murata provient du rachat en 2017 par Murata de l'entreprise française IPDiA, spin-off de NXP créée en 2009 et basée à Caen.</p> <p>Murata France a réalisé en 2020 un chiffre d'affaires estimé à 20 M d'euros pour 160 employés, dont 150 basés à Caen sur l'ancien site d'IPDiA. Murata dispose également d'un bureau commercial situé au Plessis Robinson.</p> <p>Le site de Caen, nommé <i>Murata Integrated Passive Solutions</i>, dispose d'une salle blanche, d'une unité de production de plaquettes de silicium de 150 mm et d'un centre de R&D. Il est spécialisé dans la production de composants passifs intégrés sur silicium et en particulier de condensateurs 3D sur silicium. Par rapport aux composants passifs discrets traditionnels, l'intégration sur silicium améliore la miniaturisation et les performances électroniques. Le site propose une gamme de circuits électroniques à destination des marchés embarqués : le marché médical, mais aussi les marchés industriel, aérospatial-défense, automobile et des infrastructures de télécommunication.</p>				
Emplois en France (% total)				0,2 %
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
Normandie	Production	Caen	150 (0,2 %)	36

Sources : Rapports annuels et remontées d'information dans le cadre de l'évaluation intermédiaire du plan Nano 2022.

United Monolithic Semiconductors (UMS)				 <small>United Monolithic Semiconductors</small>
<p>United Monolithic Semiconductors (UMS) est une joint-venture créée en 1991 entre Airbus et Thales. UMS est une entreprise française de taille intermédiaire (ETI), recensant 410 employés dans le monde, dont 218 en France, pour un CA mondial de 82 M d'euros en 2021.</p> <p>UMS conçoit, fabrique et commercialise des produits et des solutions de circuits intégrés RF et à ondes millimétriques de pointe. UMS est spécialisé dans les circuits intégrés monolithiques hyperfréquences (MMIC) amplificateurs de Radio Fréquence (RF), et se considère comme le leader européen dans ce domaine. Les concurrents de l'entreprise sont ON Semiconductor, Texas Instruments, NXP, Microchip, Skyworks ou Microwave Technology.</p> <p>UMS est également une fonderie de semiconducteurs spécialisée dans les marchés : défense & spatial, télécommunications (5G), automobile (radars), industriels (instrumentation et mesure, médical).</p> <p>Le siège social et le principal site de production d'UMS est situé en France à Villebon-sur-Yvette. Ce site réalise la conception, la découpe, le conditionnement et les tests des MMIC. UMS dispose d'un second site de production à Ulm, en Allemagne, qui conçoit et produit les technologies semi-conductrices III-V GaAs et GaN sur une ligne de fabrication de plaquettes de diamètre 4 pouces. Les deux sites incluent des activités de R&D. UMS dispose également de bureaux de ventes en Europe (Italie, Finlande, Royaume-Uni, Lituanie), et dans le reste du monde (États-Unis, Turquie, Israël, Afrique du Sud, Inde).</p>				

Sources : Rapports annuels et remontées d'information dans le cadre de l'évaluation intermédiaire du plan Nano 2022.

Chapitre III : Effets du programme Nano 2022 sur les bénéficiaires

1. Précisions méthodologiques relatives aux informations et données collectées

L’appréciation intermédiaire des effets du programme Nano 2022 sur les bénéficiaires se fonde sur les données collectées durant la campagne de collecte. L’analyse de ces données présente un double enjeu :

- **Un premier enjeu est lié à la complétude des données** renseignées par les acteurs.

Une grande partie des analyses présentées se fonde sur les données fournies par les bénéficiaires en réponse au questionnaire en ligne qui leur a été adressé. En l’occurrence, le questionnaire a été transmis à 76 entités concernées par les 82 projets financés, parmi lesquelles 18 PME, 21 ETI, 6 grandes entreprises et 31 laboratoires de recherche.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de répondants et le taux de réponse qui en découle, par type de bénéficiaire.

Figure 35. Taux de réponse par type d’entité bénéficiaire

Type de bénéficiaire	Nombre d’entités	Nombre de répondants	Taux de réponse
Chef de file	6	5	83 %
Partenaire académique	31	24	77 %
Partenaire industriel	39	21	54 %
TOTAL	76	50	66 %

Source : Données issues de la campagne de collecte - Deloitte

Les réponses obtenues ont ainsi concerné **66 % des bénéficiaires**, dont 5 chefs de file³⁹ (STMicroelectronics, Murata, Soitec, Lynred et X-Fab), 20 laboratoires académiques, 24 partenaires industriels et le CEA.

L’importance des financements octroyés varie fortement en fonction des projets et des bénéficiaires. Les chefs de file concentrent une grande partie des financements octroyés, avec des variations importantes entre les différents chefs de file. Il est donc important de vérifier, au-delà de la représentativité en termes de nombre de répondants, quelle est la représentativité en termes de montants d’aides. Pour cela, la part des aides cumulées que représentaient les répondants par rapport au total des aides distribuées a été évaluée pour chaque type de bénéficiaire.

Le tableau ci-dessous détaille donc la représentativité des répondants aux questionnaires, en complétant l’analyse de représentativité par une analyse en pourcentage du montant d’aides perçues, puis en pourcentage des effectifs couverts.

³⁹ Les données n’ont pas pu être collectées pour l’UMS dont le financement représente moins de 1% de l’aide totale octroyée par l’Etat (l’UMS est exclusivement financé par l’Etat français, incluant le dispositif ECSEL).

Tableau 5. Répartition des aides et effectifs par type de bénéficiaire

Type de bénéficiaire	Nombre de répondants	Aide octroyée (en M euros)	Représentativité (en % des financements demandés)	Représentativité ⁴⁰ (en % des effectifs)
Chef de file	5	280	98 %	83 %
Partenaire académique	24	284	99 %	77 %
Partenaire industriel	21	7,6	63 %	54 %
TOTAL	50	571	98 %	66 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Les répondants ayant finalisé le questionnaire couvrent ainsi un montant d'aide de 571 millions d'euros à fin 2021 (sur 886 millions d'euros d'aides totales), au sein d'une soixantaine de projets⁴¹ (sur une enveloppe de 82 projets). Les données collectées couvrent donc **98 % des aides demandées (incluant le CEA), grâce notamment à une couverture quasi-complète des aides octroyées aux chefs de files et partenaires académiques.**

Ce niveau de réponse concerne le fait d'avoir répondu au questionnaire, ce qui ne signifie pas nécessairement que toutes les informations demandées ont été transmises. Le taux de réponse varie ensuite selon les questions et le type d'informations demandées. Ainsi, par exemple, les réponses des laboratoires de recherche aux questions relatives aux informations financières (budget, masse salariale globale, montants d'investissement) sont souvent incomplètes. Cette incomplétude est en partie liée à la structure des laboratoires, qui sont souvent sous plusieurs tutelles, rendant ainsi difficile la collecte de l'information par les responsables de projets. De la même façon, les informations estimées ou prévisionnelles (sur 2021/2022) sont disponibles pour une partie seulement des acteurs. En revanche, les questions de nature qualitative (telles que celles liées au développement du réseau avec plusieurs choix de réponse) sont remplies par la quasi-totalité des répondants.

Pour éviter tout biais dans l'interprétation, l'assiette couverte par les réponses obtenues est systématiquement indiquée dans l'analyse des indicateurs, à la fois en pourcentage du nombre de bénéficiaires par catégorie et en part des financements distribués, tout en choisissant de manière privilégiée des résultats unitaires (basés sur la moyenne ou la médiane).

- **Un second enjeu est lié à l'hétérogénéité des acteurs.**

Le programme Nano 2022 couvre un ensemble d'acteurs ayant des caractéristiques différentes en termes de statut (industriel, centre de recherche) et de tailles (ETI, PME, grands groupes), et l'intensité de l'aide varie beaucoup selon les bénéficiaires. Les résultats doivent donc prendre en compte cette hétérogénéité et ne pas rassembler de manière uniforme tous ces acteurs.

Afin de répondre à cet enjeu, la méthodologie adoptée consiste :

- d'une part, à distinguer les résultats par catégorie d'acteur (chef de file, autres industriels, partenaires académiques),
- d'autre part à proposer des indicateurs médians afin de neutraliser l'impact des valeurs extrêmes, mais également des moyennes pondérées par la part des financements reçus pour refléter au mieux l'impact observé relativement à l'intensité de l'aide distribuée.

⁴⁰ Le taux de réponse est calculé sur la base des aides demandées (communiquées par la DGE). Il est déterminé par le ratio entre les aides demandées par les bénéficiaires ayant répondu et l'aide totale demandée.

⁴¹ Les données obtenues au niveau projet ne sont pas exhaustives et comportent des incomplétudes difficiles à résoudre : par exemple, certains acteurs citent NANO 2022 ou IPCEI ou REGION NANO 2022 en tant que projets.

2. Le programme s'est déroulé dans un contexte difficile qui a significativement impacté ses conditions de mise en place et ses effets

Le programme NANO 2022 a été marqué par de nombreuses difficultés qui ont pu affecter son déroulé et ses résultats et impacts.

2.1 Des délais dans la mise en place du programme

NANO 2022 s'est inscrit dans un cadre particulier et novateur en comparaison aux précédents programmes : celui des IPCEI. Ces dispositifs impliquent des procédures particulières et relativement longues :

- 1) Le dispositif NANO 2022 a nécessité la construction d'un programme de recherche, structuré autour des chefs de files, avec de nombreux partenaires ;
- 2) Ces partenaires ont dû être identifiés en fonction des attendus du programme et des intérêts en matière de collaboration sans que le détail du projet ne soit validé ou que les montants alloués ne soient arrêtés ;
- 3) Une fois le programme formalisé, ce dernier a été soumis pour approbation à la Commission Européenne ;
- 4) Une fois cette validation obtenue, des procédures lourdes de contractualisation ont été engagées, impliquant différents financeurs.

Cette mise en place a induit des délais importants. En effet, alors que les discussions ont commencé dès 2017, le programme n'a été validé par la Commission Européenne que fin 2018 (Décision SA.46705 du 18/12/2018⁴²) et l'Avenant à la Convention entre l'Etat et la Caisse des dépôts permettant l'organisation de son financement et de sa gouvernance est paru le 22 mars 2019. Les démarches de contractualisation ont été ensuite engagées et se sont conclues pour la majorité des chefs de file en 2020⁴³ (avec une certaine hétérogénéité) et pour la majorité des autres partenaires, en 2020 (pour certains partenaires, la contractualisation a été finalisée en 2021).

Ces délais ont induit plusieurs difficultés pour les bénéficiaires :

- **Une contraction du temps laissé pour la réalisation des projets de R&D.** Les projets ne pouvant dépasser l'année 2022, sauf exception, le temps effectif de recherche après contractualisation a été raccourci pour de nombreux partenaires à 3 ans (et moins) au lieu de 4-5 ans sur une période de programmation complète. Ce temps réduit est une source de difficultés pour les laboratoires en limitant la capacité de recrutement de doctorants sur le programme. Or, l'impossibilité de recruter des doctorants réduit les impacts du programme sur les gains de compétences, le volume d'emploi créé et la qualité des recherches⁴⁴.
- **Des retards, qui ont pu avoir des effets en cascade dans les projets les plus complexes.** C'est le cas notamment lorsque les retards ont affecté le travail des partenaires académiques situés en amont du projet, par exemple la caractérisation des matériaux devant être utilisés pour la fabrication.
- **Des prises de risques et arbitrages lorsque des partenaires ont engagé des dépenses avant la contractualisation.** Une partie des partenaires industriels a ainsi engagé des dépenses en amont de la

⁴² https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases1/201952/277344_2120331_191_2.pdf

⁴³ CEA, contractualisation en 2019 et début des travaux en 2018 (le CEA a pu commencer de manière dérogatoire avant la contractualisation afin d'éviter un choc financier). STMicroelectronics n'a pas précisé. UMS a indiqué une date de début au dernier trimestre de l'année 2020, X-FAB une date de contractualisation à mi 2019. Lynred ayant indiqué une date à fin 2020.

⁴⁴ Les laboratoires ont en effet indiqué qu'ils ne pouvaient engager un doctorant sans disposer d'une durée d'au moins 3 années universitaires. En l'absence de doctorant, les laboratoires ont eu recours à des ingénieurs de recherche (sur une durée temporaire) et des postdoctorants. Toutefois, ces personnes étant employables, elles présentent un risque significatif de quitter l'équipe de recherche rapidement, ce qui implique des difficultés dans la conduite des projets.

contractualisation, même en l'absence de lettres de confort. Dans un cas extrême, un partenaire n'a pu au final, déclarer ses dépenses sur une année en raison de la contractualisation trop tardive par rapport à la date d'engagement des dépenses.

2.2 Des difficultés intervenues au cours du programme

Deux grands types de difficultés ont été identifiés en cours du programme : la pandémie de COVID 2019 et l'US BAN.

- **La pandémie de COVID 2019 a conduit à un confinement du 17 mars au 11 mai 2020 pendant lequel l'ensemble des travaux qui nécessitaient des équipements ont été suspendus** (ce fût également le cas dans une moindre mesure avec le confinement du 30 octobre au 15 décembre 2020). Du fait de l'incapacité à accéder aux équipements de recherche et aux lignes de production, les projets ont pu prendre du retard. Par ailleurs, à la sortie du confinement, des lignes de production initialement dédiées au programme de R&D ont parfois été réallouées à la production courante, pour répondre aux besoins des clients dont la livraison avait déjà été retardée. Ceci a entraîné des retards supplémentaires.
- **L'US BAN a dans certains cas limité les débouchés de marché et donc la pertinence de certains projets** (cf. chapitre III, section 2 pour plus de détails sur le conflit Sino-américain sur les semi-conducteurs). Les Etats-Unis placent depuis 2016, un nombre exponentiel d'entreprises chinoises sous embargo international de façon unilatérale (+3 entreprises en 2016, +11 en 2018, +38 en 2019, +85-90 en 2020). Cet embargo prive les entreprises européennes des débouchés du marché chinois – premier marché mondial de semi-conducteurs et premier marché à l'export de l'UE avant le début des sanctions (30 % de la production de l'UE était exportée vers la Chine en 2018, soit 9 Mds €). Huawei était par exemple le sixième client de ST Microelectronics en 2018. Aussi, certains projets NANO 2022 qui exploitent des technologies américaines destinées à des producteurs chinois sur cette liste noire ont été remis en cause en raison de la disparition de leurs débouchés.

Ces difficultés remontées au lancement du programme puis dans sa mise en œuvre sont confirmées dans les réponses au questionnaire. La majorité des partenaires (industriels ou académiques) soulève en effet des difficultés en termes de délais de lancement des projets. Parmi les 26 partenaires académiques ayant répondu, 19 d'entre eux (représentant 99 % des aides reçues) ont indiqué avoir eu des difficultés dans les délais au lancement des projets. Ce chiffre est de 66 % pour les partenaires industriels et de 17 % pour les chefs de file qui semblent moins touchés par ces difficultés.

Les industriels ont plus souvent remonté, en revanche, des difficultés d'ordre technique. En effet, 9 partenaires industriels (représentant 59 % des aides de cette catégorie) ont indiqué avoir rencontré ce type de difficultés. C'est aussi le cas parmi les chefs de file, puisque ceux ayant signalé ces mêmes difficultés représentent 74 % des aides perçues.

A noter que la plupart des bénéficiaires ont indiqué avoir réussi à absorber ces délais sans que cela n'affecte de manière trop importante le programme.

3. Positionnement des bénéficiaires sur les différents champs technologiques du PIEEC

Les bénéficiaires du programme Nano 2022 sont positionnés sur les cinq champs technologiques dont les objectifs sont décrits ci-après :

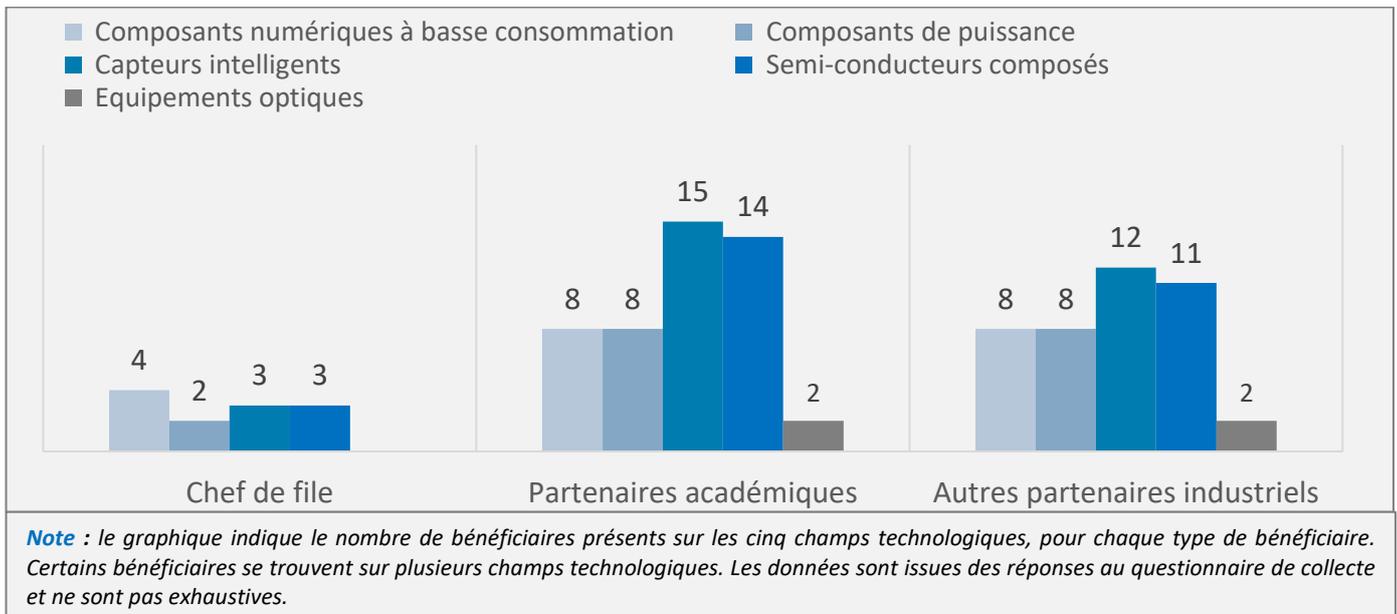
Composants numériques de basse consommation	Développer de nouvelles solutions permettant d’améliorer la performance énergétique des puces, dans le but de réduire, par exemple, la consommation énergétique globale des appareils électroniques, y compris ceux installés dans les voitures.
Composants de puissance	Développer de nouvelles technologies de composants pour les appareils intelligents ainsi que pour les véhicules électriques et hybrides, afin d’augmenter la fiabilité des dispositifs semi-conducteurs finaux permettant d’améliorer la performance énergétique des puces.
Capteurs intelligents	Travaux sur le développement de nouveaux capteurs optiques, de mouvement ou de champ magnétique avec des performances améliorées et une précision accrue. Des capteurs intelligents contribueront à améliorer la sécurité des voitures grâce à une réaction plus fiable et plus rapide pour permettre à une voiture de changer de voie ou éviter un obstacle.
Equipements optiques avancés	Développer des technologies plus performantes destinées aux futures puces haut de gamme.
Semi-conducteurs composés	Développer de nouveaux matériaux composites (au lieu du silicium) et des dispositifs adaptés à des puces plus avancées.

Source : <https://www.ipcei-me.eu/what-is/project-structure/>

Ces champs technologiques sont complémentaires et interdépendants : les puces, par exemple, ne sont pas vendues seules, mais font partie d’un système intégré. Ces systèmes requièrent une combinaison de processus et de technologies qui sont couverts par les différents domaines du programme.

Le graphique ci-dessous présente la répartition de l’ensemble des bénéficiaires répondants par champ technologique.

Figure 36. Positionnement des acteurs sur les 5 champs technologiques



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Les bénéficiaires de l’échantillon sont ainsi positionnés sur l’ensemble des champs technologiques avec toutefois, une moindre présence sur les équipements optiques. On observe également un poids plus important de

l'implication des industriels (hors chef de file) sur les capteurs intelligents et les semi-conducteurs. Ces champs technologiques offrent une capacité de différenciation plus importante vis-à-vis de la capacité de miniaturisation des grands leaders (Intel, Samsung, SK Hynix, etc.).

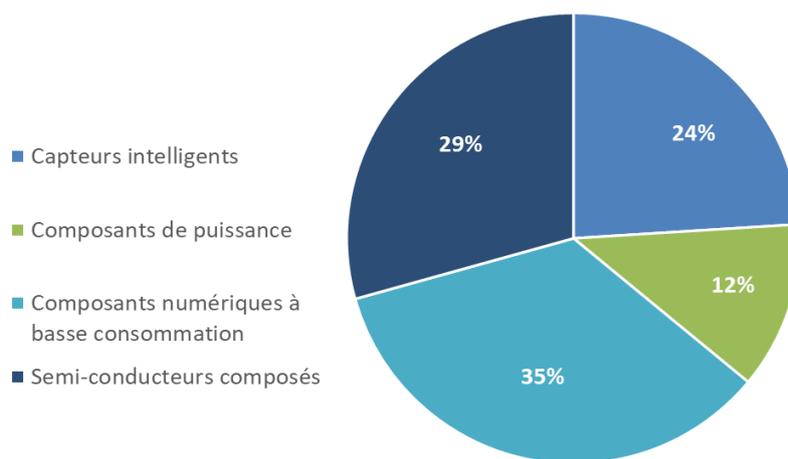
Sur le plan opérationnel, l'intervention est structurée via 82 projets de recherche, développement et de déploiement industriel. En pratique, un projet peut être conduit par plusieurs partenaires. De façon symétrique, un partenaire peut engager plusieurs projets. C'est notamment le cas des chefs de file, d'acteurs académiques et en particulier du CEA qui joue un rôle très transverse dans le cadre du programme, ainsi que de certains bénéficiaires industriels comme NAWA technologies en PACA qui produit des supercondensateurs de taille réduite à la fois pour MIOS (sur un projet visant à équiper le réseau de distribution de l'eau potable d'objets connectés intelligents pour permettre l'analyse de modèles de consommation grâce à des technologies d'Intelligence Artificielle) et pour EDITAG (sur une solution IoT visant à permettre aux industriels de réduire leurs coûts opérationnels, d'optimiser l'utilisation des moyens industriels et d'améliorer leur productivité).

Les produits pour lesquels une information est disponible couvrent quatre des cinq champs technologiques du programme, (le champ absent étant celui des équipements optiques)⁴⁵.

Les informations obtenues couvrent un total de 75 produits développés par 24 bénéficiaires, incluant les chefs de file (à l'exception de l'UMS) et d'autres partenaires industriels tels que Traxens, EZUS Lyon, Nawa Technologies, MIOS et Xyalis. Parmi ces produits, 37 % sont développés par STMicroelectronics dans les catégories suivantes : 28FDSOI ULP/RF, eNVM E40 / eNVM E34, E²PROM, Manufacturing Science, GaN, RF Filter & Protection, Capteurs optiques et RF (BiCMOS). Parmi les autres produits figurent notamment le NAWAcap POWER, qui est un composant de puissance développé par Nawa Technologies, XT011, XH018 bulk le SOI 180nm qui sont des capteurs intelligents développés par X-Fab France, mais également le GOTsuite⁴⁶ de Xyalis.

Au total, 35 % des produits sont classés dans le champ des composants numériques à basse consommation, 29 % dans celui des semi-conducteurs composés, 24 % dans celui des capteurs intelligents et 12 % sont des composants de puissance.

Figure 37. Répartition des produits des bénéficiaires sur les champs technologiques



Source : Données issues du questionnaire de collecte, Calculs Deloitte

La répartition par champ technologique varie selon le type de bénéficiaire. Les chefs de file sont particulièrement actifs dans le champ des composants numériques à basse consommation (49 % de leurs produits, contre 35 % de

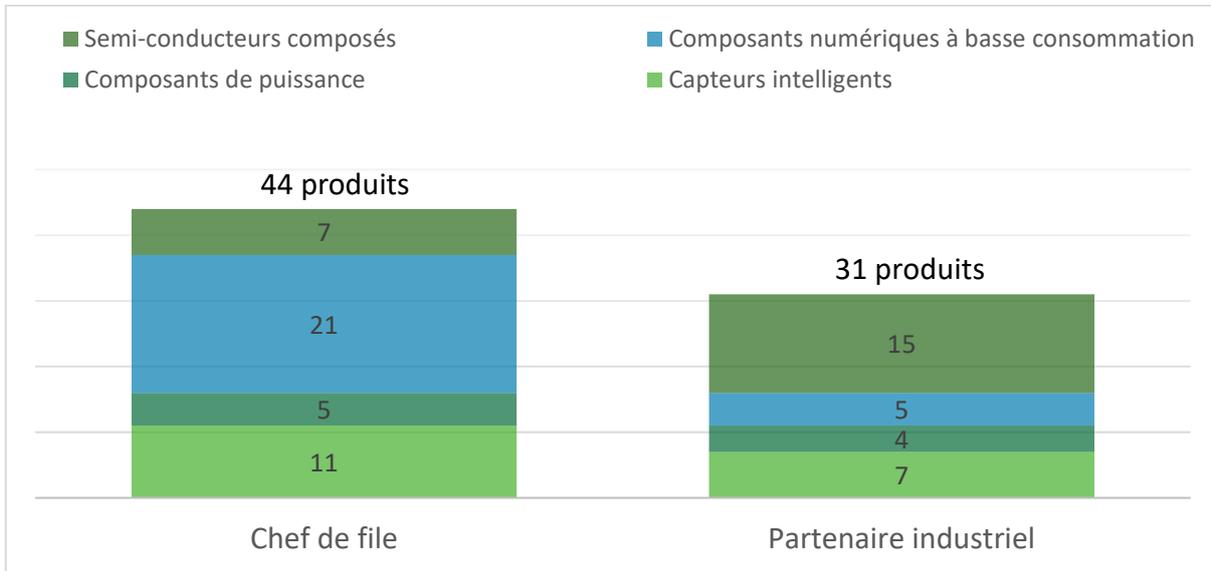
⁴⁵ Les réponses au questionnaire ne couvrent en revanche pas la totalité des projets et produits concernés par le programme, comme présenté à la section 1 du présent chapitre.

⁴⁶ Ce produit couvre l'ensemble des champs technologiques.

l'échantillon total), et moins présent en revanche sur le champ des semi-conducteurs composés (14 % contre 28 % pour l'ensemble de l'échantillon).

Le graphique ci-dessous détaille la répartition des produits par champ, en distinguant les chefs de file des autres bénéficiaires.

Figure 38. Nombre de produits développés par les répondants par type de de bénéficiaire



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

4. Effets du programme Nano 2022 sur l'effort d'investissement (notamment en R&D et FID)

L'effort d'investissement dans le cadre du programme Nano 2022 peut porter à la fois sur des investissements de type R&D ou de type FID. La section 4.1 fait un point sur les efforts globaux d'investissement, puis un focus est réalisé sur les efforts R&D (section 4.2) puis FID (section 4.3).

4.1 Le programme a mobilisé des investissements et des financements bien au-delà des aides accordées

Les données collectées auprès des bénéficiaires montrent que 50 projets ont été financés pour un montant total d'aides octroyées de 571 millions d'euros. A titre de comparaison, les pôles de compétitivité MINALOGIC et SYSTEMATIC ont totalisé 42 et 67 projets financés⁴⁷ entre 2012 et 2016 dans le cadre des projets FUI (Fonds Unique Interministériel), pour des montants respectifs de 79 et 107 millions d'euros.

Les financements octroyés à ces projets ont servi à l'investissement, notamment en termes de recherche et développement, en CAPEX (qui correspond aux dépenses d'investissement correspondant à des immobilisations

⁴⁷ L'ensemble de ces projets ont été co-financés par les collectivités territoriales et l'Etat.

corporelles telles que les machines et équipements, et incorporelles telles que les brevets ou les logiciels) et pour la phase de FID.

4.1.1 Les aides accordées se sont accompagnées d'investissements complémentaires importants

Les bénéficiaires se sont engagés dans les projets financés bien au-delà de l'aide accordée :

- Les quatre chefs de file (sur six) ayant renseigné les investissements réalisés et qui cumulent 86 % des aides allouées aux chefs de file, ont investi 1 127 millions d'euros dans le cadre du programme Nano 2022 ;
- Les 12 autres industriels ayant répondu ont investi 318 millions d'euros sur la période⁴⁸ ;

Ces investissements se sont concentrés à 64 % sur des investissements R&D et 27 % sur la FID pour les chefs de file, et à 92 % sur la R&D pour les autres industriels.

Tableau 6. Montants d'investissement cumulé par type de bénéficiaire sur la période 2018-2021

	Investissement total (M €)	dont investissement R&D (M €)	dont investissement FID (M €)
Chef de file	1 127	725 (64 %)	190 (27 %)
Partenaires académiques	1 350	1 109	---
Autres industriels⁴⁹	318	294 (92 %)	---
Cumul	2 495	1 847	190

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Les rapports entre les financements obtenus par les bénéficiaires et l'investissement réalisé dans le cadre du programme sur la période 2018 - 2021 sont présentés ci-dessous.

Tableau 7. Moyenne annuelle des investissements réalisés par euro de financement accordé, par type de bénéficiaire

Type de bénéficiaire	Investissement par euro de financement (moyenne pondérée)	Investissement par euro de financement (moyenne simple)	Investissement par euro de financement (médiane)
Chef de file	4,6	3,9	4,1
Partenaire académique	2,2	0,9	0,9
Partenaire industriel	2,0	1,8	0,7

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Concernant les chefs de file, il apparaît que pour chaque euro de financement, environ 4,6 euros d'investissement sont réalisés dans le cadre du programme Nano 2022 (en moyenne pondérée par le montant des aides accordées). Ce chiffre est de près de 2 euros d'investissement par euro de financement pour les autres bénéficiaires industriels, mais avec des disparités importantes et un ratio bien plus élevé que les autres chez quelques acteurs. Cela se traduit par une valeur médiane bien inférieure, à 0,7 € d'investissement par euro de financement.

⁴⁸ Ces données statistiques excluent un partenaire industriel pour lequel des valeurs extrêmes ont été identifiées.

⁴⁹ Les autres industriels n'ont pas été questionnés sur leurs investissements en FID.

Un rapport équivalent à celui des industriels non-chefs de file est observé chez les partenaires académiques pour lesquels l'effet est de 2,2 euros d'investissements par euro de financement. Notons que la moyenne pondérée des partenaires académiques est presque entièrement déterminée par le CEA-LETI, qui est à la fois l'acteur qui a le plus investi (relativement à l'aide) et qui capte la grande majorité des aides demandées. Cela se traduit par une valeur moyenne non-pondérée nettement plus faible, à 0,9 € d'investissement par euro de financement (contre 2,2 € en moyenne pondérée).

Les partenaires académiques et les investissements complémentaires

Les partenaires académiques ont plusieurs sources de financement qui proviennent à la fois des pouvoirs publics, mais également des industriels. A l'inverse de ces derniers, les partenaires académiques ne peuvent pas investir sur fonds propres. C'est le cas du CEA-Leti qui est un partenaire académique classé ayant un statut similaire à celui des chefs de file. Le ratio observé entre les investissements réalisés et l'aide octroyée provient essentiellement de ce partenaire, qui a renseigné des niveaux d'investissement associés à Nano assez significatifs. Ces investissements ont pu provenir, en grande majorité, d'aides européennes et de financements de la part des industriels. Le ratio calculé dans ce cas est donc vraisemblablement hybride au sens où il combine des investissements sur fonds propres et des investissements issus d'autres aides.

4.1.2 Les aides accordées aux bénéficiaires sont abondées par d'autres sources de financement

Le financement accordé dans le cadre de Nano 2022 a également pu faciliter l'obtention d'autres sources de financements, qu'ils soient publics, sous forme de subventions et de crédits d'impôt, ou privés, sous forme de prêts (voir encadré).

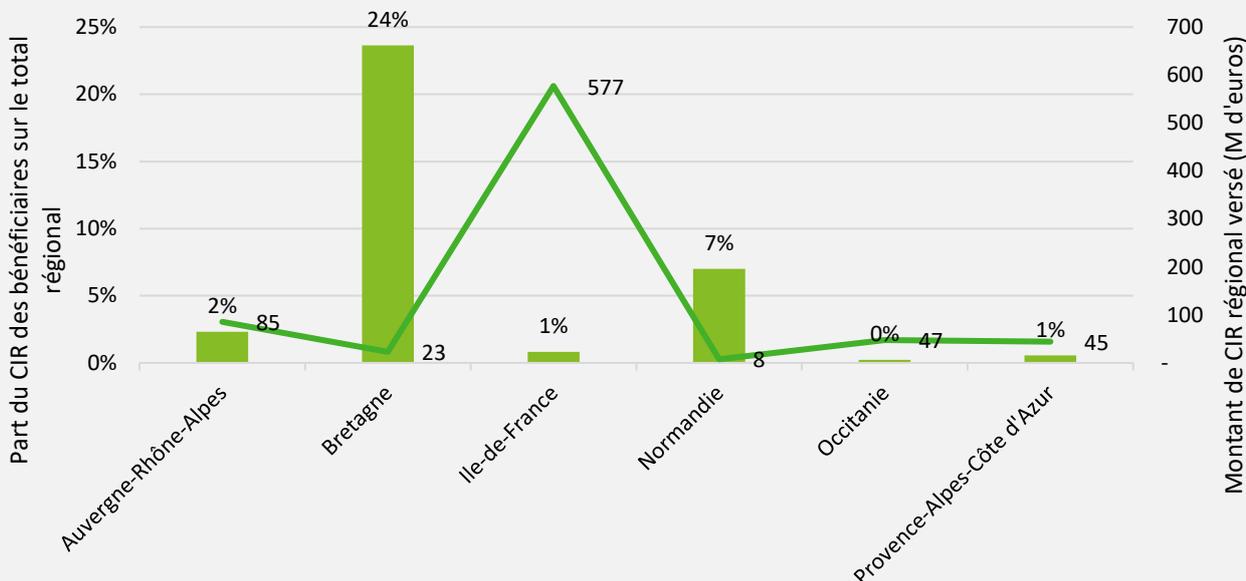
Le crédit impôt recherche perçu par les bénéficiaires dans le cadre du programme :

Les bénéficiaires ont perçu des montants de CIR qui peuvent être significatifs au regard des montants versés au niveau national et régional. Nous avons analysé par région la part de CIR perçue par les bénéficiaires dans le CIR versé à l'ensemble des entreprises de l'industrie électrique et électronique. Nous nous appuyons pour cela sur les données de la base GECIR de juin 2017 fournissant des données de 2014. Il n'a pas été possible d'obtenir des données plus récentes. De plus, cette base ne donnant pas de statistiques croisées, nous avons supposé que les montants de CIR versés à l'industrie électrique et électronique suivent la répartition régionale de l'ensemble des industries.

Au niveau national, le montant annuel moyen⁵⁰ perçu par les bénéficiaires représente 13 % de l'ensemble des crédits impôts recherche perçus par les entreprises de l'industrie électrique et électronique. La société STMicroelectronics compte pour 11 % de ce total national. Au niveau des régions, la part de CIR perçue par les bénéficiaires par rapport au CIR régional est très variable. A noter que STMicroelectronics a été retiré de ces statistiques régionales en raison de l'impossibilité d'allouer les montants de CIR au niveau régional.

⁵⁰ Pondéré par les aides demandées.

Figure 39. Part du CIR annuel moyen des bénéficiaires sur le total versé à leur région dans le secteur de l'industrie électrique et électronique en 2014



Source : Données acteurs et base GECIR juin 2017, MESRI-DGRI-C1 - Calculs Deloitte

La part de CIR attribuée aux bénéficiaires est particulièrement importante en Bretagne puisqu'ils représentent presque un quart du CIR ayant été versé aux entreprises de l'industrie électrique et électronique. Toutefois, cette région ne pèse que 23 Millions d'euros en termes de montant de CIR versé à ce secteur sur un total de 875 millions d'euros.

Les rapports entre les financements versés par Nano 2022 et les autres sources de financements obtenus sont présentés ci-dessous :

Tableau 8. Financement complémentaire obtenu, par euro de financement accordé dans le cadre du programme Nano

Type de bénéficiaire	Moyenne de financement CIR par euro de financement	Moyenne des prêts par euro de financement	Moyenne des avances remboursables par euro de financement	Moyenne des autres subventions par euro de financement	Total
Chef de file	0,08	0	0,00	0,20	0,3
Partenaire académique	-	-	-	-	---
Partenaire industriel	0,72	0,26	0,06	0,22	1,3

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Ainsi, chaque euro de financement Nano est associé à 0,3 euros supplémentaires provenant d'autres sources de financement pour les chefs de file, et 1,3 euro pour les autres industriels.

4.1.3 Éléments préliminaires d’appréciation de l’effet incitatif de Nano 2022

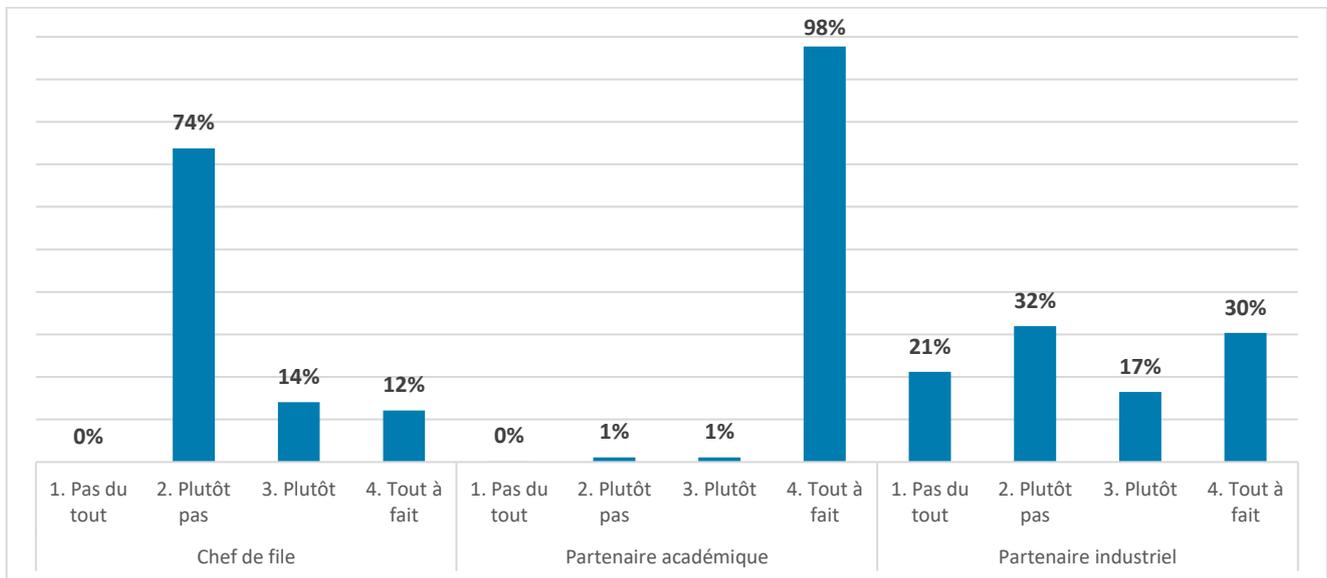
Le rapport entre les financements obtenus via le programme et les montants investis donne une indication sur de possibles effets incitatifs du programme. Toutefois, ces ratios ne peuvent être caractérisée comme étant des effets de levier de l’aide apportée par Nano 2022 qu’à condition d’établir la situation contrefactuelle, c’est-à-dire ce qu’aurait été la trajectoire d’investissement et de financement par d’autres sources en l’absence du programme Nano 2022.

L’établissement de ce contrefactuel et de la quantification de l’effet causal de l’aide sur les investissements n’entre pas dans le cadre de cette évaluation intermédiaire. Cependant, le questionnaire et les entretiens fournissent des éléments qualitatifs déclaratifs concernant l’impact spécifique de l’aide sur le comportement des bénéficiaires⁵¹.

- Ainsi, 10 bénéficiaires académiques, représentant 98 % des financements accordés par les bénéficiaires répondants, sont « tout à fait d’accord » avec le fait que les développements technologiques portés n’auraient pas été possibles sans l’aide Nano. Ainsi, selon ces bénéficiaires, les investissements réalisés dans le cadre du programme Nano n’auraient, dans leur grande majorité, pas été réalisés sans les financements du programme.
- De la même manière, 15 bénéficiaires industriels représentant 47 % des financements Nano des partenaires industriels ayant répondu sont « plutôt » ou « tout à fait » d’accord avec l’affirmation précédente. Ce chiffre est de 26 % pour les chefs de file, qui seraient donc moins dépendants des financements Nano pour lancer les développements technologiques concernés par ce programme. Ces derniers sont en revanche tous « plutôt » ou « tout à fait d’accord » avec le fait que ces développements se seraient réalisés avec une moindre ambition et sur un temps plus long.

Le graphique ci-dessous récapitule ces résultats pour chaque type de bénéficiaire.

Figure 40. Le développement technologique n'aurait pas été réalisé (En % d'aide demandée)



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Les entretiens avec les bénéficiaires ont également permis d’identifier plusieurs types d’effets sur les bénéficiaires : un effet d’encouragement à la prise de risque, un effet d’accélération et un effet d’amplification des efforts de recherche.

⁵¹ Voir les détails des résultats Annexe 6.

Amplitude des efforts de recherche : Ce serait l'effet le plus direct de NANO 2022. Le soutien public permet aux bénéficiaires, à la fois publics et privés, d'augmenter leurs efforts de R&D sur les projets existants et ainsi réduire les risques d'échec du projet soit en accélérant leur mise en œuvre soit en lançant de projets de recherche supplémentaires pour pallier des blocages techniques.

« Au global, l'effort de R&D aurait été bien moins important en l'absence du programme, ce qui aurait dégradé le rythme d'innovation et remis en cause une partie des développements, jugés les plus risqués et au final, dégradé leur position de marché (...) Dans un contexte de progression rapide des concurrents, notamment asiatiques, le retard pris pour le passage du 17 microns au 12 microns sur les micro-bolomètres se serait accru et cela aurait fragilisé leur positionnement commercial sur un marché très porteur. »

« Moins d'efforts de R&D sur le développement des générations futures (POI, SiC). Sur le SiC, ils n'auraient probablement pas fait aussi bien et aussi rapidement. L'outil a permis de financer la recherche amont, mobilisable toute la suite. »

Cet effet est très prégnant sur les laboratoires publics de recherche (financés à 100 % hors CEA) qui dépendent fondamentalement de ce type de programme. Il faut noter également un rôle du programme pour maintenir la taille critique de certains laboratoires de recherche dans un contexte de coûts d'infrastructure et d'équipement particulièrement importants (CEA, C2N, EMSE). Le coût de ces infrastructures et équipements nécessite leur adossement à des grosses équipes de recherche. En assurant une base pérenne de financement, le programme NANO 2022 permet d'atteindre et de sécuriser cette taille critique, et donc de pérenniser d'autres investissements et programme de recherche.

« Le poids NANO 2022 est très important car c'est cela qui permet d'avoir une taille critique. Sans NANO, les choses n'auraient pas les mêmes volumes. L'écart irait jusqu'à remettre en cause la taille du LETI. C'est un domaine où la masse critique des acteurs joue fortement. »

Par ailleurs, il y a également un effet plus indirect : en favorisant une meilleure visibilité des structures de recherche et des relations plus étroites avec les industriels (allant jusqu'à prendre la forme de laboratoires communs de recherche), le programme contribue à la dynamique de projets des laboratoires au-delà des seuls projets estampillés Nano 2022.

Incitation à la prise de risque et à des travaux plus amont : le programme NANO 2022 a permis d'après les bénéficiaires d'engager des travaux plus risqués et plus amont. Ainsi, pour Lynred, « les risques sur le 2k² étaient importants et les travaux n'auraient pas été engagés ». Pour SOITEC, aucune activité sur la MicroLED (GaN) n'aurait été engagée en raison des risques (d'ailleurs avérés, vu qu'il n'y a pas de chiffre d'affaires associé pour le moment).

C'est également le cas pour certains acteurs publics comme le CEA. En l'absence de NANO 2022, « les actions plus exploratoires n'auraient pas pu être réalisées », car elles dépendent fondamentalement des financements publics, c'est moins le cas pour les travaux plus applicatifs pour lesquels des financements privés peuvent être obtenus.

Coopération en matière de recherche : le programme permet de stimuler les liens entre laboratoires publics et privés dans le cadre de la recherche et constitue un puissant levier afin de soutenir la valorisation de la recherche. Dans ce cadre, de nouveaux partenariats ont été conclus. Il permet également de renforcer les coopérations de recherche entre acteurs privés, nécessaires afin de soutenir la structuration de la filière et le renforcement de la chaîne de valeur. Ainsi, pour Lynred, « le programme permet de développer des coopérations de recherche se traduisant par un renforcement du caractère innovant des produits ou une réduction des délais de mise sur le marché ». De même, SOITEC a travaillé avec un partenaire pour lequel les opportunités pouvaient être initialement sujettes à interrogations, mais au final, la collaboration permet de développer de nouvelles solutions industrielles.

Développement des équipements de recherche et de l'écosystème : le soutien à l'écosystème a été majoritairement le fait des projets de coopération qui ont permis de toucher d'autres industriels que ceux du programme national. Toutefois, des effets ont également été observés s'agissant de certains acteurs intermédiaires, comme CIMPACA. Selon eux, le programme a permis un remplacement d'équipements vieillissants et d'apporter des réponses à des membres et des acteurs d'extérieur sur des montants très importants. Cela n'aurait pas été fait sans ces financements selon les répondants. A noter qu'un financement attribué au niveau d'une région a contribué à une partie de ces actions sur un autre programme.

Investissement de capital : s'agissant des investissements (CAPEX), l'effet déclencheur du programme apparaît plus incertain, car les taux de financement restent limités (seuls les amortissements des investissements réalisés et qui interviennent pendant la phase de première industrialisation sont éligibles). Toutefois, le programme a pu avoir un effet d'accélération, les investissements ayant été autrement réalisés sur un temps beaucoup plus long. Par ailleurs, certains acteurs soulignent également un effet sur la localisation des choix d'investissement.

Conclusion : il apparaît vraisemblable qu'en l'absence du programme les développements technologiques auraient été bien inférieurs aux développements observés, même s'il ne faut pas exclure une possible compensation partielle entre financement public et financement privé dont l'ampleur devra être estimée par des méthodes statistiques plus poussées au cours de l'analyse finale.

4.2 Le programme a stimulé la R&D des bénéficiaires et leur innovation

4.2.1 Le programme a représenté une part importante des dépenses de R&D des bénéficiaires

La majorité des dépenses d'investissement ont été orientés vers la recherche et le développement. Les dépenses d'investissement du programme sont constituées à 70% de dépenses en R&D pour les chefs de file et les autres partenaires industriels.

Tableau 9. Investissements des acteurs par type

Type de bénéficiaire	Investissement total programme (M euros)	Investissement R&D du programme (M euros)	Taux de réponse (en % d'effectifs)	Taux de réponse (en % des financements demandés)
Chef de file	1 127	725	67 %	86 %
Partenaire industriel	318	294	38 %	56 %
TOTAL	1 444	1 019	42 %	85 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Les données collectées montrent que les industriels ont dépensé annuellement 4,3 millions d'euros en R&D en moyenne sur la période 2018-2021. Ces sommes investies en recherche et développement représentent une part significative des dépenses totales en R&D des bénéficiaires. En effet, la dépense annuelle moyenne en R&D dans le cadre du programme représente en moyenne (pondérée par le montant des aides reçues) 61 % des dépenses R&D total chez les chefs de file, et 23 % de la R&D totale pour les autres industriels. Parmi les chefs de file, cette part moyenne est même de 95 % lorsqu'elle n'est pas pondérée par le montant des aides. Cette différence entre moyenne simple et pondérée illustre le fait que la plupart des acteurs concentre la quasi-totalité de leur R&D sur des projets soutenus par Nano 2022, alors que l'un des acteurs les plus aidés investit également significativement

dans d’autres programmes de recherche et a donc une intensité relative des dépenses Nano 2022 significativement plus faible (ce qui fait redescendre la moyenne pondérée par le niveau d’aide).

Quel que soit l’indicateur retenu, le constat est le même : Nano 2022 représente une part significative de la R&D totale des bénéficiaires, signe que les projets soutenus sont centraux et structurants pour les bénéficiaires et tout particulièrement pour les chefs de file.

Tableau 10. Part des investissements R&D Nano

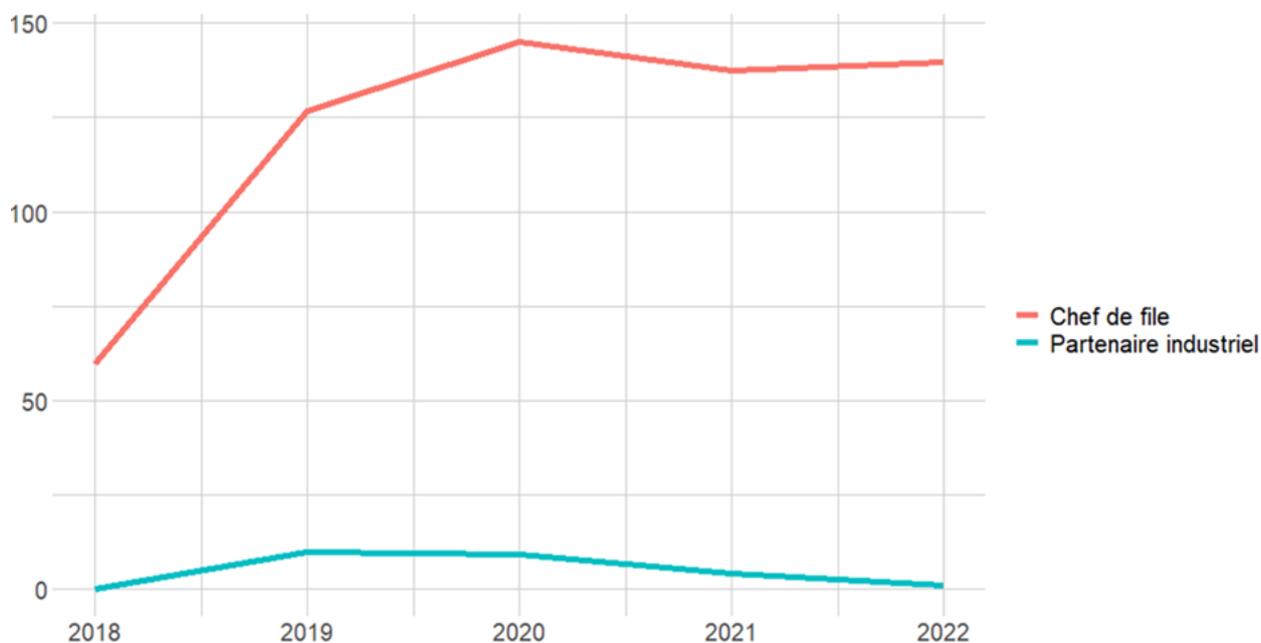
Type de bénéficiaire	Part investissement R&D du programme dans l'investissement R&D total	
	Moyenne pondérée par les aides obtenues	Moyenne simple
Chef de file	61 %	95 %
Partenaire industriel	23 %	21 %

Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Le graphique ci-dessous présente l’évolution des dépenses annuelle moyenne en recherche et développement réalisé dans le cadre du programme Nano 2022.

L’analyse des dépenses R&D dans le temps met en évidence une montée en charge au cours des deux premières années du programme. Les dépenses en R&D ont atteint leur pic en 2020 et les bénéficiaires prévoient globalement de maintenir un niveau d’investissement similaire entre 2021 et 2022.

Figure 41. Evolution de l’investissement annuel moyen R&D dans le cadre du programme



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Ces dépenses d’investissement en recherche et développement sont également importantes au regard du chiffre d’affaires des bénéficiaires ou de leur dépense d’investissement total moyen. Les chefs de file dépensent en

moyenne pondérée par les aides demandées environ 17% de leur chiffre d'affaires annuel moyen en R&D dans des projets en lien avec le programme, contre 10 % pour les autres industriels.

Tableau 11. Part de l'investissement moyen annuel Nano 2022 en R&D sur le chiffre d'affaires moyen annuel

Type de bénéficiaire	Effort de recherche moyen des bénéficiaires		Taux de réponse	
	Moyenne pondérée par les aides obtenues	Moyenne simple	Taux de réponse (en % des effectifs)	Taux de réponse (en % des financements demandés)
Chef de file	17 %	31 %	67%	86%
Partenaire industriel 52	10 %	9 %	26%	44%

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Les montants octroyés ont également permis le recrutement de personnels de recherche, et ont concouru à une production scientifique conséquente.

Parmi les répondants, 211 personnes en équivalent temps plein (ETP) ont été recrutées en qualité de chercheurs, dont 147 en qualité de thésards sur la période 2018 – 2021 (cf. tableau 7). Le nombre de thèses apparaît dans le cadre des entretiens comme un minorant du potentiel réel du programme. Pour de nombreux acteurs académiques interrogés, les retards pris au lancement du programme ont rendu impossible le recrutement de doctorants. En effet, 3 années universitaire sont nécessaires pour une thèse et le laboratoire doit pouvoir assurer le financement de la thèse sur l'ensemble de la période (lorsque cette dernière est adossée à un projet et non à une bourse de recherche). Aussi, en l'absence d'une durée de financement suffisamment longue, les bénéficiaires ont indiqué avoir été contraints à des solutions alternatives comme le recrutement de post-doctorants, d'ingénieurs de recherche sur des durées courtes ou une plus grande implication des chercheurs déjà en poste. Ces solutions sont considérées comme sous-optimales en raison de la difficulté de recruter et de conserver les post-doctorants et ingénieurs de recherche longtemps dans un contexte de tension sur le marché de l'emploi, d'un taux de rémunération supérieur (ce qui, pour un volume de subvention donné, implique un moindre volume horaire) et d'une moindre capacité à exploiter le programme pour renforcer le capital humain des étudiants. À l'inverse, pour certains acteurs interrogés, les profils ainsi recrutés ont eu le mérite d'être directement opérationnels et les postes proposés ont pu représenter un tremplin vers l'emploi dans l'industrie.

Tableau 12. Chercheurs et thèses par type de bénéficiaire

Type de bénéficiaire	Nombre de chercheurs recrutés (cumul)	Nombre de thèses CIFRE (cumul)	Nombre thèses Ministère (cumul)	Nombre de thèses total (cumul)	Taux de réponse sur le recrutement chercheurs (en % des financements demandés)	Taux de réponse recrutement thésards (en % des financements demandés)
Chef de file	107	8	-	8	50 %	14 %
Partenaire académique	74	28	111	139	55 %	98 %
Partenaire industriel	30	-	-	-	23 %	38 %
TOTAL	211	36	111	147	38 %	50 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

⁵² Ces données statistiques excluent trois partenaires industriels pour lesquels des valeurs extrêmes ont été identifiées.

Ces recrutements ont participé à une production scientifique évaluée à 1 165 publications (au sein de revues à comité de lecture et dans des actes de congrès ou « *conference proceedings* »), 921 brevets soumis ou acceptés et 122 dessins et modèles sur la période 2018-2021.

Tableau 13. Nombre total (cumul) de publications et de brevets associés à Nano 2022 sur 2018-2021

Type de bénéficiaire	Nombre de publications ⁵³	Nombre de co-publications	Nombre de brevets	Nombre de dessins	Nombre de livrables	Nombre de licences	Taux de réponse (en % des financements demandés)
Chef de file	190	166	688	-	249	51	98 %
Partenaire académique	960	209	220	115	189	-	99 %
Partenaire industriel	15	6	13	7	90	1	46 %
TOTAL	1 165	381	921	122	528	52	97 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

A noter que le volume de publications a pu être affecté par la pandémie de COVID 19, en raison de la réduction des conférences et donc des actes de congrès. Bien qu’une partie des conférences ait été maintenue via des systèmes de visioconférence, de nombreux répondants ont indiqué un effet du COVID sur leur participation et donc sur la préparation d’actes de congrès, qui sont comptabilisés comme publication.

Un autre facteur ayant pu contribuer à réduire le nombre de publications vient des retards initiaux qui ont conduit certains acteurs à privilégier la réalisation des travaux au détriment des publications. A noter que certains acteurs ont indiqué, au contraire, que la période du COVID avait laissé plus de temps pour la rédaction des publications (notamment chez les académiques). Pour les acteurs, la fin du programme (année 2022 et 2023) devrait permettre d’augmenter le nombre de publications. Enfin, les acteurs ont souligné l’impact des difficultés de recrutement qui ont limité la capacité à engager ce type de travaux considérés comme non prioritaires, notamment chez les industriels.

S’agissant des brevets, il est apparu que les retards liés au COVID ou au démarrage tardif du programme ont pu avoir un impact sur le nombre de brevets soumis. Une nouvelle fois, ces acteurs ont indiqué qu’un effet de rattrapage devrait se matérialiser sur la fin de programme. Il convient également de noter que les brevets mentionnés par les acteurs correspondent principalement à des brevets soumis et non acceptés. Pour autant, ces derniers ont indiqué que les brevets soumis étaient très rarement refusés, bien que des demandes de modifications des revendications puissent être sollicitées.

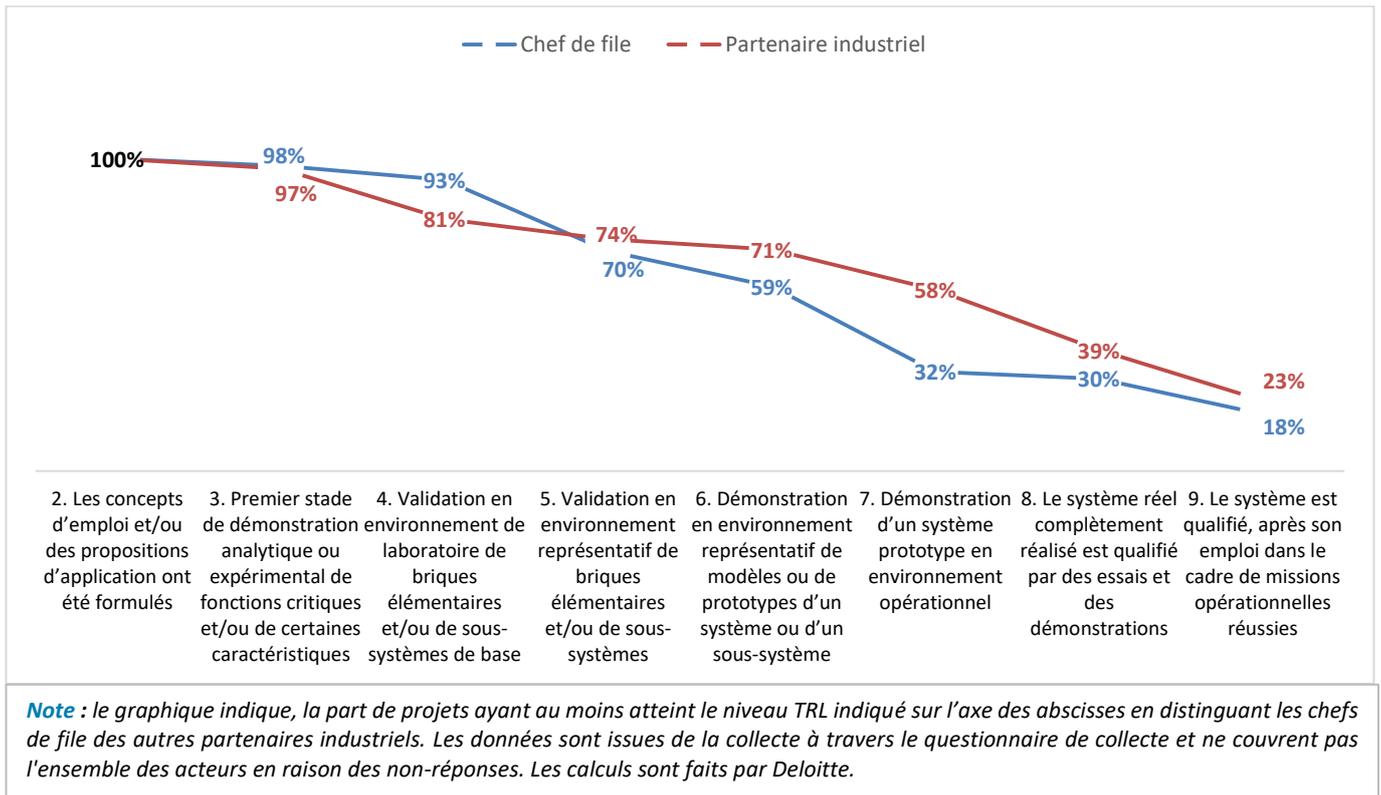
Conclusion : *Le programme Nano 2022 permet de soutenir l’innovation des bénéficiaires, en mobilisant des montants d’investissement R&D, ainsi qu’un volume de brevets et publications importants.*

⁵³ Les chiffres peuvent présenter un biais en raison de la présence de doubles comptes dans les co-publications et les brevets. Ces biais ne sont pas identifiables en l’absence d’information sur le copublicant.

4.2.2 Le programme a contribué à stimuler l'innovation par la R&D

Les progrès technologiques que le programme Nano 2022 a permis d'atteindre peuvent être mesurés en comparant les niveaux de TRL actuels aux niveaux de TRL de départ et les niveaux de TRL cible des projets financés. L'absence de niveaux de TRL de départ dans le cadre de la présente évaluation rend en revanche impossible de mesurer ces progrès. Dans ce contexte, seule une analyse descriptive sur les projets peut être réalisée.

Figure 42. Distribution des niveaux de TRL atteints des projets par type de bénéficiaire



Les niveaux de TRL des projets des répondants varient du niveau 2 « Les concepts d'emploi et/ou des propositions d'application ont été formulés », au niveau 9 « Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre des missions opérationnelles réussies ».

Sur les 43 produits renseignés par les chefs de file, 28 % ont atteint le niveau 6, contre 12 % au niveau 8 et 19 % qui ont atteint le niveau 9 et seuls 6 % des projets sont au niveau 2.

23 % des produits des autres partenaires industriels ont au moins atteint le niveau 9 alors que 58% des projets ont au moins atteint le niveau 7, traduisant une certaine hétérogénéité dans les niveaux atteints, par type de bénéficiaire. Concernant les chefs de file, le nombre de projets ayant atteint au moins le niveau 7 est de 32 %, contre 18 % des projets qui ont au moins atteint le niveau 9. La répartition de ces niveaux de TRL par champs technologique couvert par le programme est fournie dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14. Niveaux de TRL des produits Nano par champ technologique

Niveau TRL	Capteurs intelligents	Composants de puissance	Composants numériques à basse consommation	Semi-conducteurs composés	Tous champs
2. Les concepts d'emploi et/ou des propositions d'application ont été formulés	1 %	0 %	1 %	0 %	3 %

3. Premier stade de démonstration analytique ou expérimental de fonctions critiques et/ou de certaines caractéristiques	3 %	3 %	1 %	3 %	9 %
4. Validation en environnement de laboratoire de briques élémentaires et/ou de sous-systèmes de base	4 %	3 %	3 %	7 %	16 %
5. Validation en environnement représentatif de briques élémentaires et/ou de sous-systèmes	3 %	3 %	3 %	0 %	8 %
6. Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système	5 %	3 %	9 %	4 %	21 %
7. Démonstration d'un système prototype en environnement opérationnel	4 %	0 %	1 %	4 %	9 %
8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	1 %	1 %	5 %	5 %	13 %
9. Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies	3 %	0 %	11 %	7 %	20 %
Total	24%	12 %	35 %	29 %	100 %

Note : le tableau présente, pour chaque niveau de TRL (de 2 à 9) et chaque champ technologique, la part de projets qui ont atteint ce niveau. Les cellules de couleur « vert foncé » représentent les proportions les plus hautes (> 20 %), alors que les cellules de couleur « vert intermédiaire » indiquent des valeurs intermédiaires (entre 10 % et 19 %). Les cellules de couleur « vert clair » indiquent les valeurs entre 5 % et 9 %, et les cellules de couleur blanche indiquent les propositions en deçà de 5%. Les données sont issues de la collecte à travers le questionnaire de collecte et ne couvrent pas l'ensemble des acteurs en raison des non-réponses. Les calculs sont faits par Deloitte.

Les composants à basse consommation avec un niveau de TRL 9 représentent 11 % des produits. 9 % des produits consistent également en des *composants à basse consommation* mais sur l'échelle TRL 6, correspondant à la « démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système ».

Par ailleurs, les retours des entretiens indiquent que le programme a été globalement conforme en termes de trajectoire de R&D et de livrables attendus. Toutefois, les difficultés sur la mise en place, sur le déroulement du programme (COVID, US BAN) ou les difficultés techniques ont conduit à certains réajustements. Ces ajustements font l'objet d'une discussion directe avec la Direction Générale des Entreprises lors des échanges qui ont lieu chaque année sur les réalisations et le programme de travail de l'année suivante. Ce processus, souple, a permis de réajuster les orientations de R&D lorsque cela était nécessaire. En revanche, cela implique également que le respect du nombre de livrables produits est peu informatif sur les déviations intervenues dans le cadre du programme. Enfin, un grand nombre de livrables correspond à des rapports, dont le nombre est peu informatif sur les développements technologiques réels.

4.3 Le programme a des effets positifs sur la FID des chefs de file

4.3.1 Des phases de R&D et de FID articulées dans le cadre du programme (et hors programme)

Le financement de la première industrialisation est un élément à la fois novateur et crucial du programme car la FID représente une part substantielle des coûts dans le domaine des semi-conducteurs. A titre illustratif, sur l'ensemble du programme du PIEEC au niveau européen, la FID représente un montant estimé à 5 365 M€ contre 2 529 M€ pour la dépense de R&D, soit 68 % de l'ensemble des dépenses prévues. La R&D permet d'aboutir à un produit prêt à être industrialisé, mais le produit n'est pas pour autant prêt à être commercialisé. Il nécessite en

effet d'être amélioré à l'épreuve de l'industrialisation et sa ligne de production nécessite d'être retravaillée pour correspondre au mieux aux contraintes du produit.

Ainsi, comme l'indique la Commission Européenne : « *Selon les États membres, la FID dans cet IPCEI permettra le développement de nouveaux produits à fort contenu de recherche et d'innovation et/ou le déploiement de processus de production fondamentalement innovants. Le succès de la FID d'une nouvelle technologie et de ses produits connexes nécessitera un niveau élevé de R&D&I intégrée sur une base continue.* »⁵⁴

Le lien entre R&D et FID est d'ailleurs au cœur du dispositif. Ainsi, « *les dépenses d'investissement et de fonctionnement (CAPEX et OPEX) liées à la première industrialisation peuvent être éligibles, pour autant que le déploiement industriel fasse suite à une activité de RDI⁵⁵ et contienne lui-même une composante RDI très importante qui constitue un élément intégral et nécessaire à la mise en œuvre réussie du projet. Les dépenses de fonctionnement doivent être liées à cette composante du projet.* » (IPCEI guide).

En pratique, les travaux de type FID conduits dans le cadre de Nano 2022 ont répondu à 3 grands types d'objectifs :

- Améliorer les technologies et les produits : cela correspond aux technologies qui sont en phase avancée de prototypage, mais qui ne disposent pas encore du rendement permettant leur commercialisation. Pour atteindre ce rendement, il est nécessaire d'améliorer les procédés de fabrication afin d'atteindre un rendement compétitif. Par exemple, les produits en phase de FID avec un rendement de 50 % doivent monter à 80-85 % afin de pouvoir être pleinement commercialisés. L'amélioration de ces processus de production repose sur la production de volumes de lots importants (dont seule une partie sera commercialisable) et sur des techniques d'analyse statistique poussées afin d'identifier les points de fragilité. Des opérations de R&D sont ensuite réalisées afin de trouver les solutions techniques permettant d'améliorer le processus de production. Une grande partie des coûts de cette phase correspond aux lots produits mais non commercialisables.
- Optimiser les processus de fabrication (science du manufacturing et ordonnancement de l'usine) : une partie des équipements utilisés pour la production des semi-conducteurs sont très coûteux (équipement de lithographie par exemple). Une usine possédant plusieurs lignes de production en parallèle cherchera donc à mutualiser ces équipements, ce qui impose une organisation particulière et complexe de ces lignes de production. Ceci fait donc l'objet de travaux de R&D afin d'optimiser la gestion, l'ordonnancement et la maintenance des lignes.
- Acquisition ou amélioration des équipements, développement d'une nouvelle ligne de production : c'est par exemple le cas de Lynred qui a défini des équipements en co-développement avec les équipementiers et en fait l'acquisition en phase de FID pour la production avec des fonctionnalités additionnelles. Ils ont développé des procédés de fabrication de grande dimension pour l'un des produits développés dans le cadre de NANO 2022 avec les machines nécessaires pour réaliser des produits de grande dimension.

Pour les bénéficiaires, le dispositif a permis d'augmenter les volumes de production des lots et ainsi d'accélérer la phase d'apprentissage permettant d'atteindre plus rapidement un produit commercialisable et ainsi d'améliorer la compétitivité.

STMicroelectronics estime ainsi que le temps de développement aurait été de l'ordre de 25 % supérieur en l'absence du programme, ce qui aurait fait perdre des fenêtres de marché. L'entreprise aurait également été contrainte de se focaliser davantage sur certains marchés (pour ne pas être en retard), ce qui aurait impliqué des pertes d'opportunité. A l'inverse, pour SOITEC, il aurait été, dans tous les cas, nécessaire de réaliser la première

⁵⁴ European Commission, C (2018) 8864 final.

⁵⁵ Le premier déploiement industriel ne doit pas nécessairement être réalisé par la même entité que celle qui a réalisé l'activité de RDI, à condition que la première acquiert les droits d'utilisation des résultats de l'activité de RDI précédente, et que l'activité de RDI et le premier déploiement industriel soient tous deux couverts par le projet et notifiés ensemble.

industrialisation de leurs produits, mais les conditions de réalisation auraient été très différentes, car les choix d'investissement sur les lignes de production auraient changé (possiblement avec un investissement à l'étranger).

4.3.2 Importance des effets du programme sur les dépenses de FID

Les 5 chefs de file ont déclaré que certains produits développés dans le cadre du programme sont déjà passés en FID. Pour STMicroelectronics, il s'agit de plusieurs produits positionnés sur les échelles TRL de 6 à 9 et que l'aide Nano 2022 a servi à améliorer. Ces produits incluent l'ULP compris dans le champ des composants numériques à basse consommation, mais également du M40 et d'autres produits dans les champs des composants de puissance, des capteurs intelligents et des semi-conducteurs composés (BiCMOS9 < 30GHz, BiCMOS9 < 100GHz). Le Substrat POI (150mm) est également un produit passé en première industrialisation s'agissant de Soitec, et d'une « Démonstration d'une filière préindustrielle mixte 6 pouces en technologie PIC5 » s'agissant de Murata France. Pour ces deux chefs de file, il s'agit de la création de nouveaux produits. La table ci-dessous récapitule les produits passés en première industrialisation pour ces trois chefs de file.

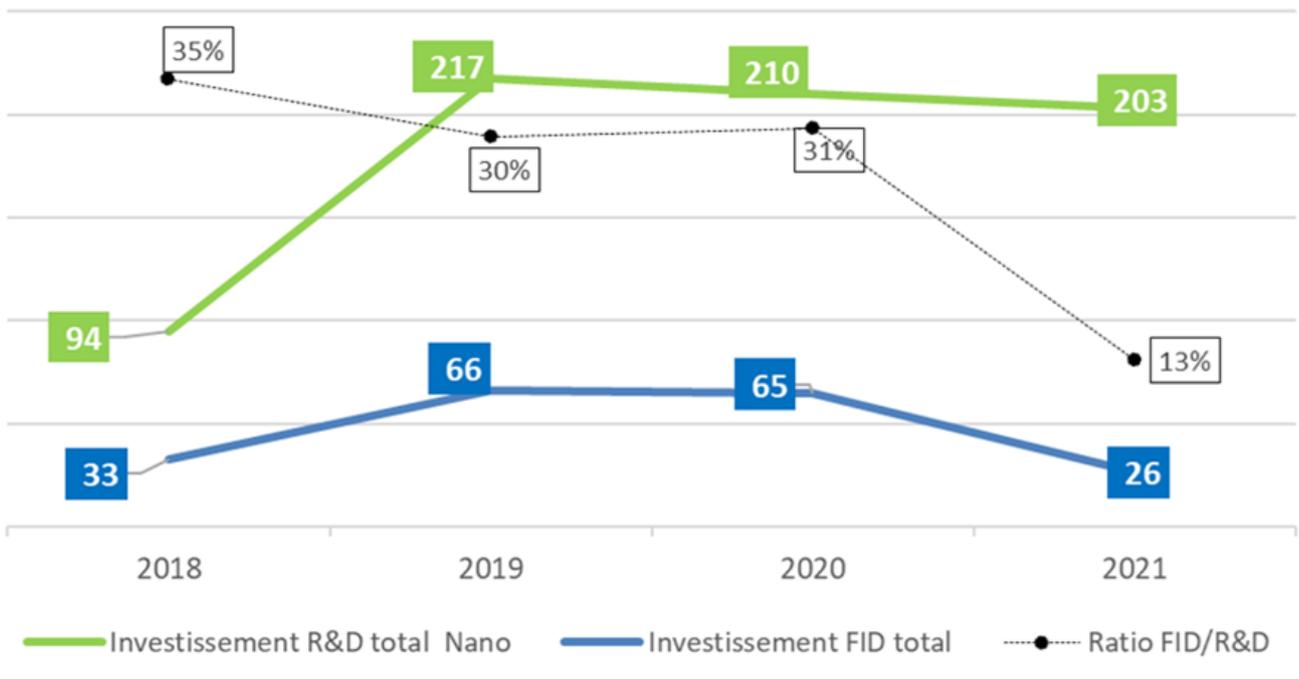
Tableau 15. Liste des produits des chefs de file répondants en phase première industrialisation

Produit	Champs technologique	Echelle TRL	Apport de l'aide	Chef de file
Démonstration d'une filière préindustrielle mixte 6 pouces en technologie PIC5	Composants numériques à basse consommation	8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	Création d'un nouveau produit	MURATA INTEGRATED PASSIVE SOLUTIONS
substrat POI (150mm)	Composants numériques à basse consommation	8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	Création d'un nouveau produit	SOITEC
ULP	Composants numériques à basse consommation	9. Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
M40	Composants numériques à basse consommation	9. Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
E40 ULP/RF Gen 1	Composants numériques à basse consommation	8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
F9V-Grand public	Composants numériques à basse consommation	9. Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
Si	Composants de puissance	6. Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
< 30GHz	Composants de puissance	6. Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
Capteurs optiques -FSI	Capteurs intelligents	9. Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics

Capteurs optiques - BSI	Capteurs intelligents	7. Démonstration d'un système prototype en environnement opérationnel	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
Analyse spectrale - /AL/UV/IR	Capteurs intelligents	6. Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d'un système ou d'un sous-système	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
BiCMOS9 < 30GHz	Semi-conducteurs composés	8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics
BiCMOS55 (<100GHz)	Semi-conducteurs composés	8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	Amélioration d'un produit déjà commercialisé	STMicroelectronics

Ces chefs de file indiquent avoir dépensé en moyenne 47 millions d'euros par an en FID (montants CAPEX), soit un poids moyen dans le total de l'investissement de l'ordre de 27 %. Le lancement de la phase de FID est en phase avec le planning envisagé au départ pour 3 de ces 5 chefs de file. Les 2 autres ont en revanche évoqué certaines difficultés rencontrées dues à des retards dans la qualification en vue de la commercialisation des produits, ou encore des retards imputables à l'impact de la covid-19. La crise sanitaire et ses répercussions ont pu entraîner des ralentissements liés à la fois au manque de ressources en interne et chez les partenaires (académiques, industriels, fournisseurs). Enfin, un chef de file a remonté des difficultés d'ordre technique, plus directement liées au programme.

Figure 43. Investissements R&D et FID dans le cadre du programme Nano 2022 (montants en M €)



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Alors que la FID représentait 30 % des dépenses de R&D en 2019, cette part a fortement baissé en 2021, ne représentant plus que 13 %, soit une baisse de 17 points en grande partie attribuable à la baisse du volume de FID réalisé.

Articulation entre NANO 2017 et NANO 2022 : pour une PME comme Asygn, qui a participé aux deux programmes, « *les interlocuteurs et les sujets sont différents. Il n’y a donc pas de difficultés ou de risques de recoupement* ». La distinction est beaucoup moins nette pour une structure comme STMicroelectronics dont l’agenda stratégique de recherche est très large. A ce titre, la présence de dépenses de FID dès 2018 indique un effet de NANO 2017 et plus généralement des travaux hors programme NANO 2022 sur les efforts de première industrialisation financés. Ce lien existe également pour la R&D, l’innovation ayant une composante incrémentale importante.

A l’échelle du programme, ST représente le principal acteur concerné par la question de la contribution des travaux conduits dans NANO 2017 sur les résultats de NANO 2022. En effet, hormis ST aucun autre chef de file industriel n’a participé au programme socle de NANO 2017, même si certains ont pu participer à des projets européens associés à NANO 2017 (SOITEC dans plusieurs projets européens et Ulis sur le projet POLIS).

4.3.3 Illustration d’investissements significatifs en FID soutenus par le programme

Des investissements significatifs en lien avec le programme ont été réalisés par certains acteurs. Afin d’illustrer ces investissements et le rôle du programme, deux cas pratiques relatifs à la société SOITEC et NAWA Technologies seront présentés.

Plan d’investissement décidé par SOITEC

La société SOITEC producteur de substrats pour la fabrication de semi-conducteurs est principalement basée à Bernin, près de Grenoble, mais possède également une usine en Asie, à Singapour, destinée à augmenter les capacités de production des 300 mn SOI (RF et FD).

L’entreprise a rencontré des difficultés en 2015-2016, mais elle a depuis connu une croissance importante portée par ses produits RF-SOI et FD-SOI. Cette croissance et le développement de nouveaux produits, notamment dans le cadre de NANO 2022, se sont traduits par un besoin supplémentaire d’espaces de production.

En parallèle, la société a choisi de renforcer ces liens avec le CEA (dont elle issue) via une démarche assez unique de relocalisation de ses activités de R&D. En juillet 2018, Soitec et le CEA-Leti ont annoncé la constitution d’une plateforme commune de développement, le [Substrate Innovation Center](#), au sein des installations du Leti. En 2020, le SOITEC LAB est créé et gère les deux activités de R&D installées sur le site du Leti :

- Une activité de service de prototypage avancé qui se déroule sur le Substrate Innovation Center ;
- Les activités de mise au point des procédés et de prototypage grâce à la ligne pilote de développement SiC co-financée en partenariat avec Applied Materials.

La relocalisation des activités de R&D qui s’en est suivie a permis de libérer un bâtiment pouvant être réexploité pour accompagner les développements de nouvelles lignes de production.

Principale déviation identifiée en termes d’investissement par rapport au projet NANO 2022, le bâtiment FAB 5G, prévu en extension de Bernin 2, ne sera pas réalisé dans l’immédiat, mais dans le cadre du prochain IPCEI. L’ensemble de la production relative au POI se concentrera à Bernin -3 ((qui servait notamment à la R&D précédemment).

Le programme a joué un rôle significatif dans le plan d’investissement de l’entreprise. Les travaux de R&D ont permis d’avancer sur le développement de 5 substrats innovants. Le FDSOI, le Photonics SOI et le RFSOI sont déjà des produits existants, qui ont porté la croissance de l’entreprise, mais qui continue d’être améliorés notamment afin de permettre de soutenir des niveaux de gravure plus faibles ou l’ajouts de nouvelles fonctionnalités. Le Carbure de silicium et le Piezo On Insulator (POI) pourraient représenter de nouveaux relais de croissance à l’avenir

et permettre une diversification de l'activité⁵⁶. Ainsi, SOITEC a conclu un accord avec Qualcomm Technologies afin d'augmenter le volume de production des plaques POI qui seront utilisées pour les filtres RF de Qualcomm Technologies destinés aux modules front end RF des smartphones. Le POI est le premier succès depuis le SOI. Également basé sur la technologie smart cut, mais avec des matériaux piézoélectriques. A l'inverse, InGaNOS était un produit qui devait partir en production, mais aucun business model viable n'a été identifié à ce stade.

En termes d'investissements, le programme via le financement de la première industrialisation, complété par un prêt de 200M€ a soutenu l'industrialisation des produits. Ainsi, au-delà de la création du Substrate Innovation Center, le plan d'investissement de l'entreprise a concerné trois bâtiments :

- **Bernin-1** : Augmenter la capacité de production annuelle de 50 000 plaques de 200 mm pour la porter à 950 000 plaques
- **Bernin-2** : Travaux préparatoires concernant l'extension du bâtiment existant devraient commencer en vue de porter ultérieurement la capacité de production totale de l'usine de 650 000 à 800 000 plaques de 300 mm par an (FD SOI, Photonique SOI, RF SOI).
- **Bernin-3** : Auparavant utilisé pour les travaux de R&D, l'usine devait être réallouée à la production pour substrats POI 150mm (filtres RF), même si une activité de R&D sera poursuivie (sur les équipements de production).

Ainsi en l'absence du programme, l'entreprise considère qu'elle n'aurait pas planifié les investissements massifs pour le POI (Bernin 3 serait resté une ligne de R&D) et aurait probablement réalisé la commercialisation du POI ailleurs (en Asie). Le POI est stratégique en termes de potentiel de croissance et de diversification. Il représente une extension du cœur de l'activité de SOITEC (le SOI) avec un même socle technologique (la technologie Smart Cut™), mais appliquée à d'autres matériaux). Aussi, la production nécessitait des investissements importants et spécifiques, qui ont bénéficié d'un soutien de Nano 2022 sous la forme du prêt de 200 M€.

Plan d'investissement de Nawa Technologies

La société française Nawa Technologies a été créée en 2013. Elle fabrique des supercondensateurs de haute densité d'énergie à partir d'une technologie novatrice de nanotubes en carbone alignés verticalement. Ces produits contribuent à l'amélioration des cellules de batteries actuelles ou futures, tant en vitesse de recharge qu'en durée de vie (avec des applications notamment dans l'automobile et l'IOT).

Le soutien apporté par NANO 2022 a notamment permis de soutenir la diversification des produits (développement de supercondensateurs de petites tailles adaptés aux solutions IoT). Cette diversification a été réalisée dans le cadre de projets collaboratifs afin de répondre aux besoins d'autres partenaires :

- Le projet LEANPOD dirigé par l'entreprise EDITAG, s'inscrit dans le cadre des démarches d'industrie 4.0 et plus précisément de l'Industrial Internet of Things (IIOT). Il vise à améliorer la supervision des flux de matières dans un environnement industriel non ou partiellement robotisé grâce à des capteurs IoT hybrides et modulaires. L'enjeu pour NAWA est de développer des supercondensateurs de très faible dimension pour alimenter les capteurs (de l'ordre de 1 FARADS en règle générale pour l'IOT).
- Le projet SMART CITY dirigé par l'entreprise MIOS a pour objectif d'équiper le réseau de distribution de l'eau potable d'objets connectés intelligents pour permettre l'analyse de modèles de consommation grâce à des technologies d'Intelligence Artificielle⁵⁷. Comme précédemment NAWA doit fournir un supercondensateur de faible dimension pour alimenter les capteurs.

⁵⁶ Les substrats innovants POI sont conçus pour la fabrication de la dernière génération de filtres 4G/5G à ondes acoustiques de surface (SAW), incorporent un mécanisme de compensation de la température et permettent l'intégration de plusieurs filtres sur une même puce. (source SOITEC)

⁵⁷ <https://deliberations.ampmetropole.fr/documents/metropole/deliberations/2020/05/29/DECISION/D0B5G.pdf>

A côté de ces deux projets, qui permettent à l'entreprise de tester de nouveaux marchés sur des supercondensateurs de faible dimension, un gros projet d'investissement a été engagé afin de soutenir le financement de sa ligne de production, achat de machines, mise en place et tests. L'objectif est d'engager un processus de pleine industrialisation sur cette technologie récente, avec un démarrage de production prévue au cours de l'année 2022.

Dans cet exemple, l'investissement a été réalisé grâce à une levée de fonds de 18,3 millions d'euros en 2021⁵⁸, mais également par un appui de la Région Sud d'un montant de 1 million d'euros au titre de l'accélération du développement de l'entreprise⁵⁹.

D'après le bénéficiaire, sans l'aide, l'entreprise aurait été amenée à investir, mais cela aurait probablement requis une levée de fonds additionnelle. Cette levée de fonds aurait été complexe et aurait pris du temps. Or, les délais de mise sur le marché jouent un rôle très important notamment dans l'automobile à l'heure actuelle, pour le développement des batteries.

Ce cas illustre le rôle d'autres acteurs et en particulier des collectivités territoriales dans le financement des bénéficiaires y compris s'agissant des dépenses d'investissement. A contrario, il illustre également la difficulté à établir précisément l'impact spécifique de l'aide dans la décision d'investissement, dans un contexte où l'aide a représenté une part finalement modeste dans le montant total des investissements et des levées de fonds.

Il illustre également le rôle particulier que joue le programme en termes de R&D. Les travaux réalisés ont permis le développement de nouveaux types de supercondensateurs, de très petites tailles qui bénéficient à d'autres partenaires. L'enjeu pour NAWA repose moins ici sur l'ampleur des développements, que sur la possibilité de disposer de prototypes et de démonstrateurs, sur lesquels des retours clients peuvent être obtenus afin d'améliorer les produits en vue de leur commercialisation ultérieure. Le programme joue alors un rôle de facilitateur permettant une coopération entre acteurs.

5. Effets du Programme Nano 2022 sur la production et l'emploi des bénéficiaires

5.1 Les produits issus de Nano 2022 sont une source croissante de chiffre d'affaires et de valeur ajoutée pour les bénéficiaires

Bien que la plupart des produits développés dans le cadre du programme ne sont pas encore au stade de la production, certains projets menés par les chefs de file ont d'ores et déjà abouti à une production et à de la vente. Nano 2022 a donc des retombées économiques concrètes.

L'aide a participé à la création d'un produit pour 70 % des 46 projets enquêtés. Les autres ont connu soit une accélération du développement du produit (9 %), soit une amélioration d'un produit déjà commercialisé (22 %)⁶⁰. Parmi les 32 projets pour lesquels le programme a apporté une aide en termes de création de nouveaux produits, 10 d'entre eux ont atteint les échelles TRL 8 ou 9 désignant respectivement les étapes où le système réel complètement réalisé est « qualifié par des essais et des démonstrations » et « qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies », c'est-à-dire ayant franchi et réussi l'étape de démonstration d'un système prototype en environnement opérationnel⁶¹.

⁵⁸ <https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/financer-sa-croissance/0700783345932-batteries-nawa-leve-18-3-millions-pour-equiper-les-vehicules-electriques-346867.php>

⁵⁹ Région PACA, Délibération DELIBERATION N° 19-937 du 13 décembre 2019.

⁶⁰ Voir Annexe 6, Tableau 23 pour la répartition du type d'aide au développement apporté aux projets Nano.

⁶¹ Voir Annexe 6, Tableau 24 pour la répartition des niveaux de TRL par projet Nano.

Tableau 16. Chiffre d'affaires des produits Nano par année par type de bénéficiaire (en M €)

Type de bénéficiaire	2018	2019	2020	2021	Total
Chef de file	110	258	285	114	767
Partenaire industriel	0,7	3	3	3	10
TOTAL	111	261	288	117	777

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Les chefs de file répondants ont ainsi dégagé un chiffre d'affaires total de 767 millions d'euros pour des produits associés à Nano sur la période 2018 - 2021. Le chiffre d'affaires annuel moyen par bénéficiaire⁶² se monte à 58 millions d'euros sur la même période. Concernant les autres industriels, le chiffre d'affaires annuel moyen s'élève à 127 000 €.

Le tableau ci-dessous montre que ce chiffre d'affaires a été en grande partie réalisé à l'export.

Tableau 17. Chiffre d'affaires à l'export des produits Nano par année par type de bénéficiaire (K euros)

Type de bénéficiaire	2018	2019	2020	2021	Total
Chef de file	108	253	278	103	742
Partenaire industriel	-	0,2	0,3	1	2
TOTAL	108	253	2798	104	744

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Le chiffre d'affaires des produits associés à Nano 2022 réalisé à l'export représente 96 % du chiffre d'affaires global concernant les chefs de file, et 18 % de celui des autres partenaires industriels sur la période 2018-2021.

Le tableau ci-dessous présente les montants de valeur ajoutée associés aux produits Nano 2022.

Tableau 18. Valeur ajoutée des produits Nano par année par type de bénéficiaire (K euros)

Type de bénéficiaire	2018	2019	2020	2021	Total
Chef de file	42	77	90	20	230
Partenaire industriel	1	2	2	3	8
TOTAL	43	80	92	23	238

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

⁶² Pondéré par le montant des aides attribuées.

Les chefs de file ont renseigné un montant de valeur ajoutée issu du programme Nano de 238 millions d’euros sur la période 2018-2021. Ce montant est de 8 millions d’euros pour les partenaires industriels. La valeur ajoutée moyenne annuelle par bénéficiaire sur la période 2018 – 2021⁶³ est de 9 millions d’euros pour les chefs de file et 99 mille euros pour les partenaires industriels. Les produits issus de Nano 2022 sont donc des produits à valeur ajoutée importante au regard du taux de valeur ajoutée annuel moyen pondéré par les aides demandées que l’on estime sur la période 2018 – 2021 à 37% pour les chefs de file⁶⁴. A titre de comparaison, l’INSEE estime que le taux de valeur ajoutée moyen pour le secteur de fabrication d’équipements électrique est de 29,2 %⁶⁵.

Illustration d’un développement commercial au sein d’une PME - Greenwaves Technologies

C’est une société de semi-conducteurs *fabless* (qui n’a pas d’usine) basée à Grenoble. Elle conçoit des processeurs RISC-V ultra-basse consommation, qui interprètent et transforment des sources de données riches telles que des images, des sons et des signaux radar en utilisant l’IA et le traitement du signal, avec des applications dans les équipements connectés (oreillettes, domotique, capteurs, etc.). Dans le cadre du programme, l’entreprise a développé la deuxième génération de ses processeurs GAP8, intitulé GAP9 qui permet notamment de réduire les bruits. En dépit de certains retards intervenus au cours du projets liés à la complexité des processus de R&D et d’industrialisation, son prototype est qualifié en 2022, avec quelques ventes en fin d’année ayant permis de générer du chiffre d’affaires. En 2023, la phase de commercialisation devrait commencer d’autant que les discussions commerciales sont bien entamées.

5.2 Les produits issus de Nano 2022 ont représenté une part non négligeable de l’emploi des bénéficiaires et de leurs fournisseurs

5.2.1 Poids de l’emploi consacré au programme Nano 2022 sur l’emploi des bénéficiaires

Les activités des bénéficiaires soutenues dans le cadre du programme Nano 2022 ont eu des retombées économiques en termes d’emploi (en dépit des difficultés de recrutement présentées dans la section précédente) aussi bien dans le secteur de la recherche que dans le secteur productif.

La moyenne des effectifs annuels liés au projet Nano par bénéficiaire sur la période 2018-2021 est de 330 pour les chefs de file, dont 252 impliqués dans des projets R&D, alors que l’effectif annuel moyen (ETP) est de 2 779. Ces chiffres sont cohérents avec les premières statistiques relatives à l’emploi généré par le programme, qui faisaient état de 230 emplois générés pour les chefs de file et le CEA⁶⁶.

Sur un échantillon de répondants représentant 98 % des aides octroyées aux partenaires académiques, l’emploi associé aux produits Nano s’élève à 579 postes au total, sur un effectif de 4 318 personnes.

Tableau 19. Emploi Nano par type de bénéficiaire

Type de bénéficiaire	Effectifs annuels moyens ETP	Effectifs annuels moyens impliqués dans des projets R&D Nano 2022	Effectifs annuels moyens impliqués dans la production Nano 2022	Représentation des répondants en pourcentage d’aides demandées
Chef de file	13 896	1 261	389	98 %
Partenaire académique	4 318	579	7	98 %

⁶³ Pondérée par les montants de financement reçus.

⁶⁴ Ces résultats exploitent les données de deux chefs de file pour qui les données sont exploitables. Ils représentent 18% des aides demandées.

⁶⁵ INSEE – Ratios de l’industrie par activité en 2019.

⁶⁶ <https://www.entreprises.gouv.fr/fr/numerique/enjeux/nano-2022>

Partenaire industriel	6 194	67	7	52 %
------------------------------	-------	----	---	------

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Le programme Nano 2022 a également été à l'origine de plusieurs recrutements qui ont concerné toutes les catégories socio-professionnelles : au total, 15 % de ces emplois sont des chercheurs, 40 % des ouvriers et 21 % sont des recrutements de cadres et professions intellectuelles supérieures. Toutefois, les chiffres cumulés de recrutements sont à ce stade sous-estimés car plusieurs bénéficiaires importants n'ont pas fourni leurs données à ce niveau de détail, notamment parmi les partenaires académiques⁶⁷ et chefs de file⁶⁸.

Tableau 20. Recrutements associés au programme Nano 2022

Type de bénéficiaire	Nombre de bénéficiaires répondants employeurs	Recrutements cadres et professions intellectuelles supérieures	Recrutements chercheurs	Recrutements professions intermédiaires	Recrutement employés	Recrutement ouvriers	Taux de réponse en % de financement
Chef de file	3	269	107	201	126	553	23 %
Partenaire académique	16	8	74	4	-	-	3 %
Partenaire industriel	9	19	30	1	-	-	33 %
TOTAL	28	296	212	206	126	553	15 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Concernant la masse salariale, celle correspondant aux emplois « Nano » représente de 13 à 16 % de la masse salariale globale des chefs de file, et de 22 à 33 % de la masse salariale des partenaires académiques (selon que l'on pondère ou non par le montant des aides). Ce pourcentage est bien plus faible parmi les autres partenaires industriels (5 à 10 %).

Tableau 21. Masse salariale Nano par type de bénéficiaire

Type de bénéficiaire	Part de la masse salariale Nano sur la masse salariale totale (moyenne simple)	Part de la masse salariale Nano sur la masse salariale totale (moyenne pondérée)
Chef de file	16 %	13 %
Partenaire académique	33 %	22 %
Partenaire industriel	5 %	10 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

La masse salariale consacrée au programme représente ainsi une part non négligeable de la masse salariale totale.

5.2.2 Les effets sur l'emploi ont été limités par les difficultés de recrutement

50 % des répondants a indiqué rencontrer un certain nombre de difficultés de recrutement :

- Concernant les chefs de file, il s'agit de 3 d'entre eux sur 5 ;
- Pour ce qui concerne les partenaires académiques, il s'agit de 17 sur 21 d'entre eux (qui représentent 84 % des financements Nano 2022) qui indiquent avoir rencontré ces difficultés de recrutement.

⁶⁷ CEA-LETI

⁶⁸ STMicroelectronics, l'UMS et Murata

Tableau 22. Statistiques sur les difficultés de recrutement

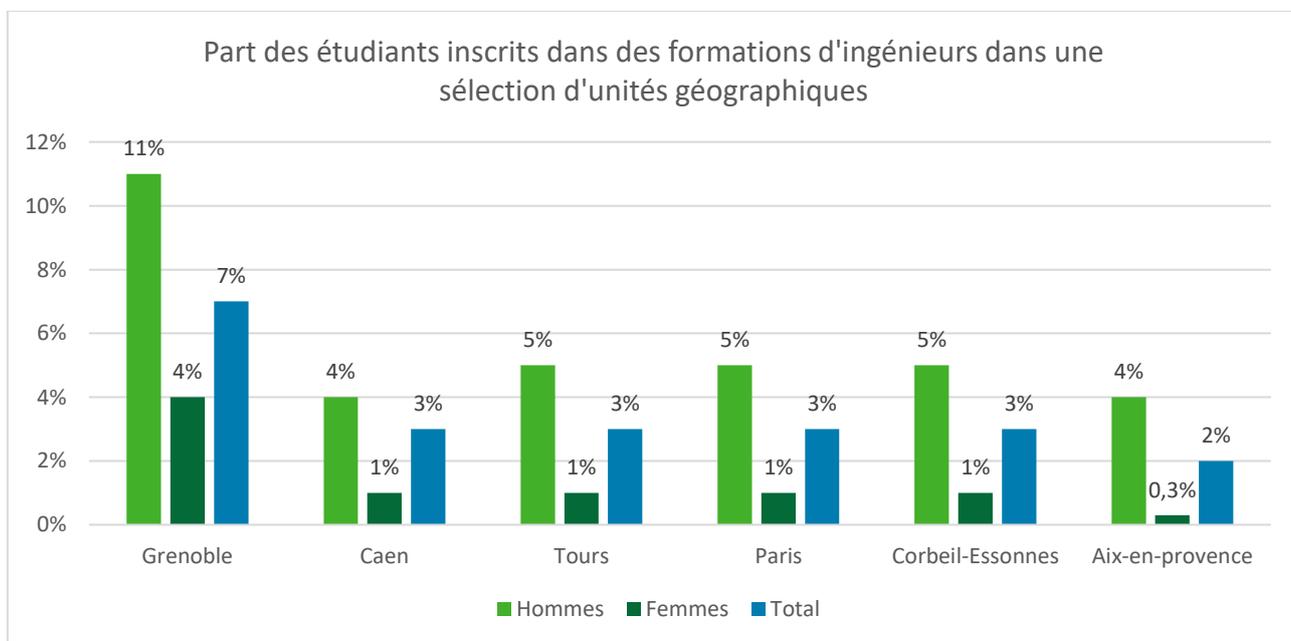
Type de bénéficiaire	Nombre de répondants	Taux de réponse (en % des aides demandées)	Taux de réponse (en % des effectifs)	% de répondants ayant eu des difficultés de recrutement
Chef de file	5	98 %	83 %	60 %
Partenaire académique	26	100 %	84 %	65 %
Partenaire industriel	21	55 %	54 %	28 %
Total	52	98 %	68 %	50 %

Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Ces difficultés de recrutement ont ainsi pu entraîner un effet limitant sur l’emploi et les recrutements des bénéficiaires du programme.

Parmi les difficultés rencontrées, les acteurs identifient celles liées à une **forte tension autour des profils techniques** (physique, par exemple), notamment sur les bassins d’emploi, ce qui entraîne une forte concurrence entre les entreprises industrielles situées dans le même bassin (celui de Grenoble, par exemple). Ceci, dans un contexte où les métiers scientifiques et techniques souffrent d’un manque d’attractivité. C’est particulièrement le cas pour les publics féminins : les femmes ne représentent que 26 % des cadres recrutés dans le cadre du programme par les chefs de files et bénéficiaires.

Les difficultés de recrutement recourent le déficit généralisé de profils d’ingénieurs. Selon les chiffres du MESRI, seuls 8 % des étudiants inscrits en 2021 l’étaient dans les formations d’ingénieur dans le privé, et seulement 5 % dans le public. Ces chiffres présentent cependant une certaine hétérogénéité entre les femmes et les hommes, puisque sur la totalité des hommes inscrits la même année, 15 % l’étaient en formation ingénieur contre seulement 4 % des femmes parmi les inscrites dans le privé. Ces chiffres sont de 8 % et 2 % pour les femmes et les hommes inscrits dans le public. Si l’on se concentre sur la part des femmes parmi les étudiants inscrits dans les formations d’ingénieurs, il s’agit de 27 % de la totalité des étudiants inscrits.



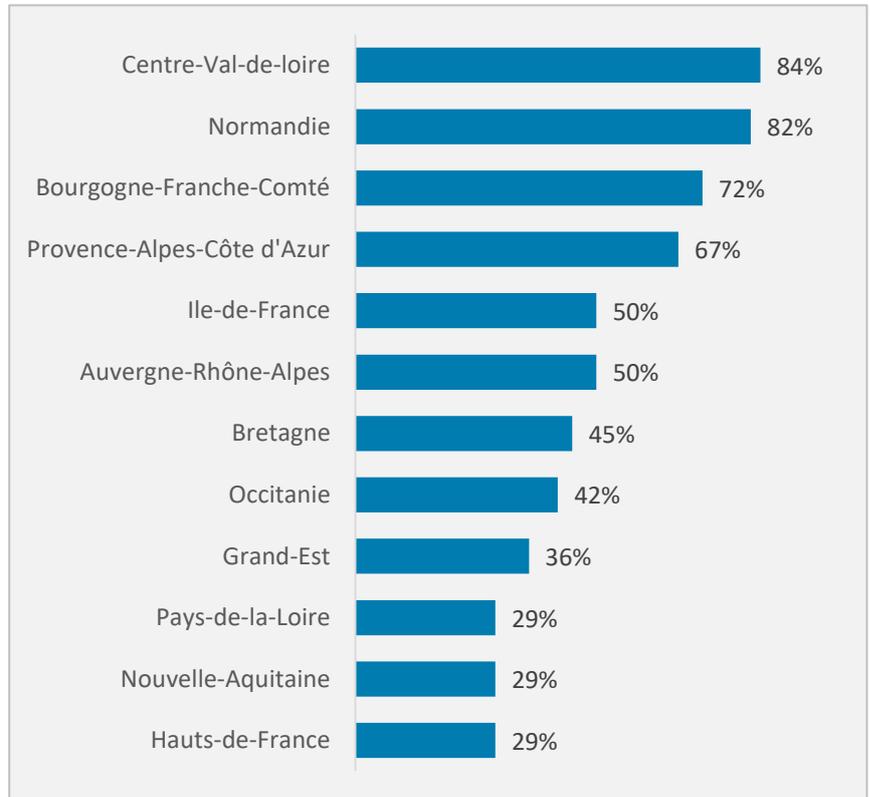
Source : Données MESRI, Calculs Deloitte

Ces statistiques sont cohérentes avec celles observées dans la commune de Grenoble, puisque 7 % seulement des étudiants inscrits dans les établissements universitaires en 2021 l'étaient dans des formations d'ingénieur (11 % des hommes et 4 % des femmes).

Figure 44. Part des projets de recrutement jugés difficiles

Les difficultés de recrutement rencontrées sont également reflétées dans l'enquête BMO 2021 effectuée par Pôle Emploi qui juge qu'en moyenne, dans les régions françaises (France métropolitaine), 51 % des projets de recrutement de profils « Ingénieurs et cadres d'étude, recherche et développement (industrie) » ont été jugés difficiles, avec une disparité régionale.

Au niveau du secteur, l'enquête BMO 2021 révèle que 40 % des projets de recrutement sont jugés difficiles en France et sont compatibles avec les difficultés de recrutement relevées par l'enquête sur l'industrie manufacturière (42 %). Au niveau régional, cette part est de 26 % en région Auvergne-Rhône-Alpes, 60 % en Provence-Alpes-Côte d'Azur, et jusqu'à 100 % dans les régions de Normandie et du Centre Val-de-Loire.



Source : Enquête BMO 2021

Au niveau du secteur⁶⁹, l'enquête BMO 2021 révèle que 40 % des projets de recrutement sont jugés difficiles en France et sont compatibles avec les difficultés de recrutement relevées par l'enquête sur l'industrie manufacturière (42 %). Au niveau régional, cette part est de 26 % en région Auvergne-Rhône-Alpes, 60 % en Provence-Alpes-Côte d'Azur, et jusqu'à 100 % dans les régions de Normandie et du Centre Val-de-Loire.

Certains acteurs sont ainsi obligés de se tourner vers des recrutements à l'étranger afin de combler ce manque d'attractivité. 3 chefs de file ont rapporté qu'ils ont été obligés de recruter des employés production et R&D en provenance de l'étranger, alors que deux chefs de file reportent avoir recruté des profils support en provenance de l'étranger. 15 des partenaires académiques ayant répondu ont également reporté avoir recruté des employés R&D en provenance de l'étranger (sur 25 réponses), ainsi que 6 partenaires industriels (sur 20 réponses).

⁶⁹ Le secteur considéré est celui de l'Équipement électrique, électronique, informatique et machines, et les métiers concernés sont ceux des « Agents de maîtrise et assimilés des industries de process », « Agent de maîtrise et assimilés en fabrication de matériel électrique, électronique » et « Ingénieurs et cadres d'étude R&D » dans le secteur industriel. <https://statistiques.pole-emploi.org/bmo/bmo?fe=E2Z80,C2Z80,N0Z90&fg=CK&la=0&pp=2021&ss=1>

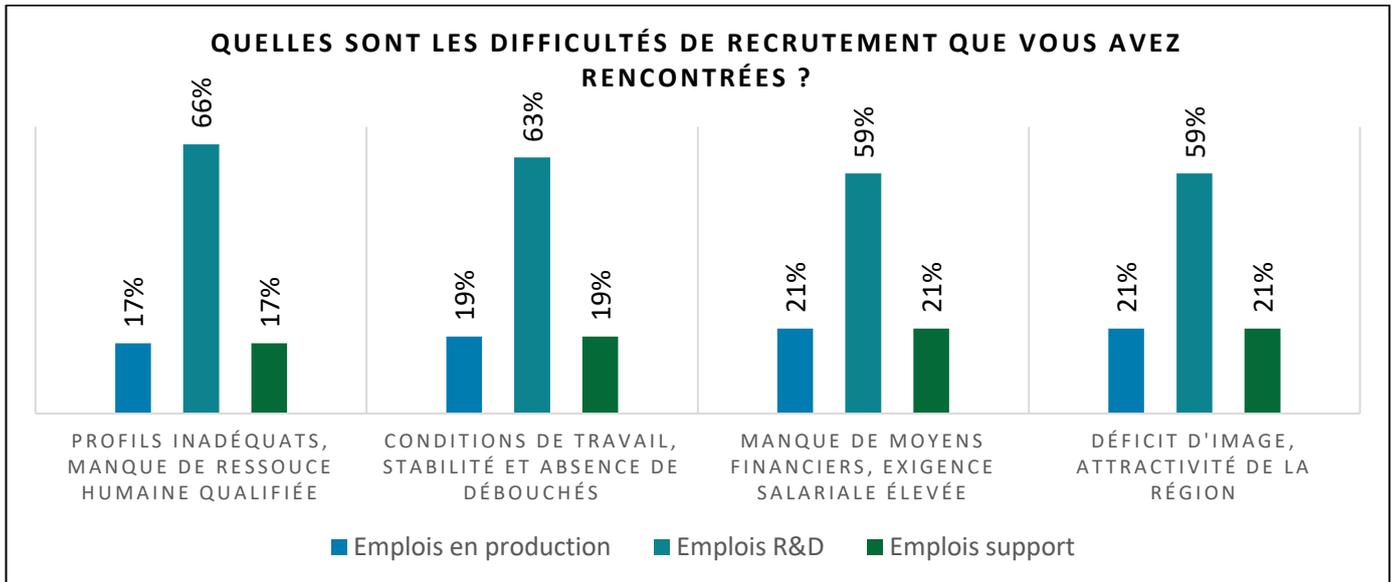
Les difficultés de recrutement ont été exacerbées par la pandémie. Il était notamment impossible de fonctionner en télétravail pour certains postes (notamment les post-doctorants), et certaines thèses ont dû être prolongées afin de ne pas pénaliser les doctorants concernés, au détriment de la création de

« Les difficultés majeures rencontrées : notification tardive du financement, norme HRS4R du CNRS ainsi que les procédures d'entrée sur le CEA rallongent les délais de recrutement (entre 4 et 5 mois), les salaires proposés par le CNRS sont peu attractifs. »

« Les grilles salariales, calquées sur la fonction publique, empêchent toute latitude pour tenter de se rapprocher des conditions offertes par les employeurs privés. Par ailleurs, la procédure d'embauche est longue et incertaine (autorisation d'accès ZRR...). Les personnels en CDD sont des ressources volatiles. »

postes supplémentaires. Enfin, les retards dans les versements des financements Nano ont également pu décaler les recrutements, notamment pour les partenaires académiques. Pour ces mêmes acteurs, le manque d'attractivité des salaires et la précarité des emplois proposés ont été cités comme des barrières supplémentaires au recrutement.

Ces difficultés de recrutement dépendent cependant du type d'emploi demandé. Les acteurs ont en effet été interrogés spécifiquement sur les difficultés liées à divers aspects tels que l'exigence salariale, le manque d'attractivité de la région, mais aussi l'inadéquation des profils, par exemple.



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Les emplois en R&D semblent ainsi rencontrer plus de difficultés de recrutement que les emplois en production et en support. Quel que soit le motif considéré, les emplois de R&D en pâtissent le plus à chaque fois (59 à 66 % selon les difficultés, contre 17 à 22 % pour les emplois en production et en support).

Ces difficultés de recrutement ont eu trois types d'impacts :

- Un allongement des délais en raison de la difficulté à composer les équipes nécessaires
- Une priorisation des tâches essentielles (avec un effet sur les publications par exemple)

- Une hausse des salaires, venant réduire la capacité du programme à soutenir la compétitivité des bénéficiaires et se traduisant par des effets pervers sur les non-bénéficiaires
- Un moindre impact sur l'emploi de travailleurs nationaux pour les emplois les plus qualifiés, en raison de la difficulté de trouver la main d'œuvre nécessaire et du report vers de la main d'œuvre étrangère.

« L'industrie des semi-conducteurs recrute beaucoup. Cela fait partie des choses qui ont pu conduire au retard sur certains jalons. Nous avons aussi du mal à déposer les brevets, à remplir les dossiers, etc. Cela nous ralentit et crée de la pression. Si nous avions le bon staffing, nous aurions pu déposer plus de brevets. »

Conclusion : *Les difficultés de recrutement ont pu limiter les impacts du programme Nano 2022 sur l'emploi des bénéficiaires.*

6. Effets du programme Nano 2022 sur la structuration de la filière et les dynamiques de coopération

6.1 Le programme contribue à renforcer la structuration de la filière, mais des progrès restent à faire dans l'implication des acteurs aval

La notion de filière fait historiquement référence aux différentes opérations nécessaires pour passer d'une matière première à un produit fini avec tous les enjeux de coordination que cela implique. Dans la littérature économique, la filière renvoie notamment à la théorie des coûts de transaction. Cette analyse apporte une justification à l'utilisation du concept de filière en montrant qu'à côté du « marché » et de la « hiérarchie » (contrôle interne), des formes hybrides de coordination peuvent constituer dans certaines configurations un mode de coordination efficace de la chaîne de valeur en limitant notamment une partie des coûts de transaction⁷⁰. Elle se caractérise par des interdépendances très fortes entre les acteurs de la chaîne de valeur et la présence d'organes ou de dispositifs de coordination.

La structuration des filières connaît un regain d'intérêt, en particulier depuis 2008, avec les états généraux de l'automobile (2008) suivis des états généraux de l'industrie (2009). Les pouvoirs publics privilégient en effet des mesures pour favoriser les solidarités interentreprises et coordonner leur soutien afin que l'ensemble de la chaîne de valeur en bénéficie et non pas simplement certains segments. Ce type de structuration est également essentiel afin de soutenir des améliorations de performance globale dans un contexte de fragmentation importante de la chaîne de valeur. Le cas de l'aéronautique est emblématique de ce type de fonctionnement, dans la mesure où les révisions des modèles d'aéronefs sont contraintes notamment par les délais de certifications, ce qui impose des innovations coordonnées le long de la chaîne de valeur pour être incorporées dans l'aéronef.

Plus généralement, la structuration de la filière permet de développer une coordination et un partenariat permettant de sortir des logiques de court terme pour viser des performances supérieures à moyen terme. Elle prend une nouvelle dimension dans le cadre des enjeux de souveraineté, où l'objectif est de sécuriser les approvisionnements sur l'ensemble de la chaîne de valeur, en particulier s'agissant des composants critiques.

La question de la structuration de la filière des semi-conducteurs est particulièrement saillante sur ces deux derniers enjeux :

⁷⁰ Thibaut Bidet-Mayer, Louisa Touba « À quoi servent les filières ? », La Fabrique de l'industrie, 2013

- Le programme NANO 2017 avait ainsi illustré la nécessité et les enjeux d'une coordination stratégique pour faire émerger les technologies SOI ;
- La crise du COVID et l'impact du manque de semi-conducteurs sur des secteurs aval (notamment l'automobile), mais également les tensions sino-américaines ont montré l'importance d'une sécurisation en matière d'approvisionnement, en lien avec les industries aval.

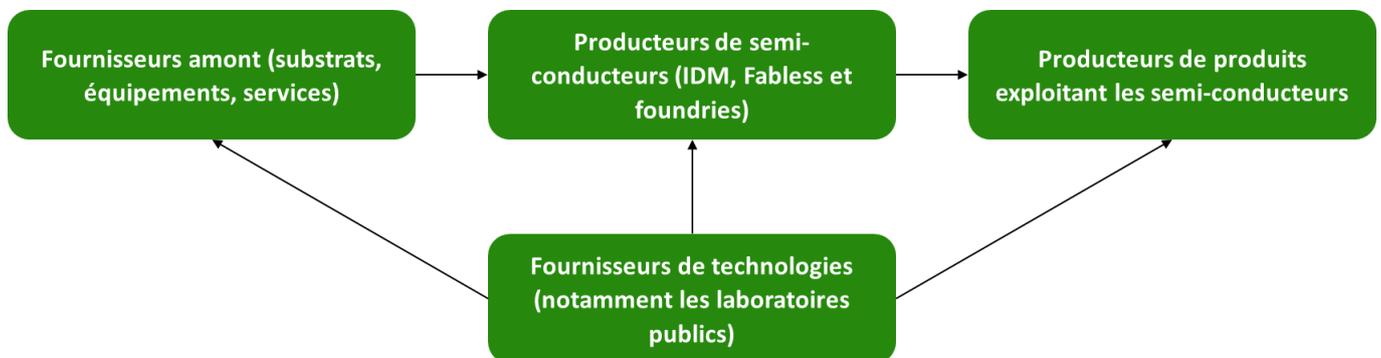
Plusieurs éléments du programme NANO ont joué positivement dans sa capacité à renforcer la structuration de la filière.

C'est le cas de la couverture du programme en termes de types de bénéficiaires et de projets.

Les bénéficiaires sont situés sur l'ensemble de la chaîne de valeur des semi-conducteurs⁷¹, ce qui est de nature à renforcer les liens entre les différents maillons de la chaîne :

- Les fabricants de semiconducteurs constituent la cible principale du programme et comprennent soit des fabless (entreprise concevant des semi-conducteurs mais ne possédant pas d'usine pour les produire), soit des producteurs (IDM et Foundry). Ces derniers correspondent principalement aux chefs de file (mais pas uniquement).
- En amont de la production des semi-conducteurs industriels, des fabricants améliorent leurs produits et développent des solutions contribuant à la compétitivité des producteurs de semi-conducteurs. Ils exploitent également par eux-mêmes les solutions développées. Ces industriels comprennent à la fois les équipements et solutions permettant de fabriquer les semi-conducteurs et les intrants directs de cette fabrication (et notamment les substrats).
- Les industriels en aval développent leur propre solution en capitalisant sur les produits développés et sur des relations étroites avec les producteurs de semi-conducteurs.

Figure 45. Typologie des bénéficiaires



Source : Illustration G.A.C. Group

Ainsi, le programme intervient non seulement sur la chaîne de valeur des semi-conducteurs, mais également en aval de la fabrication des semi-conducteurs, comme c'est le cas des à travers les sociétés Genes'ink, Gorgy Timing ou EDITAG, Thales, Airbus. Ces acteurs en aval correspondent à deux types d'acteurs :

- Des industriels représentant les consommateurs potentiels, qui vont ainsi exprimer leurs besoins, tester les produits et faire des retours.

⁷¹ La chaîne de valeur des semi-conducteurs peut être présentée de deux manières. Dans un premier cas, l'accent est mis sur le processus allant de la R&D à la production. Dans un second, il est mis plus classiquement sur la transformation des matières premières pour la production des semi-conducteurs et leur commercialisation. Dans le cas particulier de la compréhension de la filière des semi-conducteurs, ce second aspect sera privilégié.

- Des industriels qui vont développer un produit utilisant les semi-conducteurs et bénéficier pour cela d'aide à la R&D et à l'industrialisation.

La présence de ces acteurs a été un élément nouveau au regard des anciens programmes. Cela permet de renforcer la chaîne de valeur et de créer de nouveaux produits. Notons cependant que si le principe de cette ouverture est un point positif, l'ouverture à des produits/acteurs aval est restée dans les faits limitée, le programme restant largement centré sur les semi-conducteurs.

Par ailleurs, le programme pousse au développement de briques de compétences et de segments de la chaîne de valeur qui contribueront à renforcer la sécurité d'approvisionnement. C'est notamment le cas d'UMS qui ambitionne de redévelopper une expertise française dans le domaine du packaging via notamment des solutions 2D et 3D. Ces dernières adressent les problèmes liés à l'intégration de technologies de semi-conducteurs hétérogènes et permettent ainsi de concevoir des systèmes complètement intégrés.

Le programme permet également de soutenir la structuration de la filière en renforçant les liens entre acteurs, notamment industriels et laboratoires académiques. C'est une dimension particulièrement importante dans le cadre du programme. Des acteurs interrogés ont ainsi indiqué avoir découvert de nouveaux partenaires, y compris en local, et/ou avoir noué des partenariats plus étroits à l'occasion du programme (cf. supra, sur l'analyse des coopérations).

Enfin, un autre aspect de la structuration des filières vient de la capacité du programme à favoriser l'utilisation de technologies développées par les acteurs amont et à favoriser la coordination sur des choix technologiques. Comme pour NANO 2017 (quoique de manière moins critique), le programme permet ainsi de favoriser l'usage des technologies SOI pour la production de semi-conducteurs en France. Ce support s'avère précieux pour répondre aux enjeux croissants de consommation des semi-conducteurs, notamment dans le cadre de l'IoT, au vu de l'avantage concurrentiel que détiennent ces technologies sur ce point.

Un autre exemple de ce type d'apport vient du CMP ([Circuits Multi-Projets®](#)), qui permet d'accéder à des partages de masques (nécessaires pour la gravure des semi-conducteurs sur les wafers) associés à des mises à disposition gratuites de brevets par STMicroelectronics. Plus généralement, la concentration des financements sur les axes de recherche qui ont été définis devrait voir un effet en termes de structuration de la filière par l'homogénéisation des choix technologiques.

Cette propension du programme à renforcer la structuration de la filière n'a toutefois pas que des avantages, et peut être questionnée sur deux aspects :

- Les chefs de file jouant un rôle déterminant dans la sélection des bénéficiaires, ce parti pris leur donne un pouvoir d'influence important, qui ne se justifie pas par leur rôle dans la filière. Ainsi, en comparaison de l'aéronautique, les contraintes sur les rythmes d'innovation sont moins prégnantes dans le cadre des semi-conducteurs où les générations de produits ont des durées de vie courtes et sont renouvelées fréquemment. Par ailleurs, il n'existe pas d'intégration verticale aussi marquée que dans l'aéronautique où les grands donneurs d'ordre donnent l'impulsion et intègrent les différents composants. Le rôle des chefs de file s'explique finalement principalement par leur positionnement dans la chaîne de valeur et par le dimensionnement de leurs besoins d'investissement, plutôt que par leur propension naturelle à structurer la filière.
- La focalisation excessive sur les thématiques NANO 2022 peut conduire à rejeter des voies de recherche intéressantes et à assécher la capacité d'innovation. En effet pour les bénéficiaires interrogés l'enveloppe permettant de financer la part française des projets ECSEL est dépendante du programme NANO 2022. Ainsi, selon ces mêmes bénéficiaires, il est difficile pour un acteur ne s'inscrivant pas dans ce programme de pouvoir accéder à des financements européens, même si en pratique, il existe toujours des possibilités de financements hors NANO 2022.

6.2 Le programme est marqué par une forte verticalité

Le programme NANO 2022 est conçu selon une logique verticale.

Cette logique verticale est tout d'abord liée au processus de sélection.

Le programme Nano 2022 n'a pas été construit sur la base d'un appel à manifestation d'intérêt pour l'ensemble des bénéficiaires. Les chefs de file ont choisi, en lien avec l'Etat français et dans une moindre mesure les collectivités territoriales, la liste des bénéficiaires. Cette liste a été construite en fonction :

- Des impératifs des projets, dans la mesure où la réussite des développements requérait des briques technologiques et compétences permettant de répondre aux défis technologiques ;
- Des liens qui préexistaient et qui permettent de faciliter la coopération ;
- Des liens à créer vis-à-vis d'acteurs stratégiques pour le développement de l'entreprise (cela a notamment été évoqué s'agissant des liens avec des laboratoires) ;
- De la qualité des projets proposés par les partenaires et de leur stratégie (notamment pour les partenaires aval) ;

[Le chef de file] *nous a mis au courant, y compris des thématiques attendues. Il y a une dimension directive très forte dans le cadre du programme.*

Les points de vue sont contrastés quant à l'importance des réseaux pour la participation au programme. Sur 53 répondants au questionnaire, 21 partenaires (40 % des répondants) estiment que l'appartenance aux pôles de compétitivité a été déterminante, ou plutôt déterminante pour leur participation au programme Nano 2022. En revanche, le reste des entreprises estime que leur appartenance aux pôles n'a pas été déterminante pour leur participation au programme. Le questionnaire révèle également que pour une majorité d'acteurs, ni l'appartenance à l'IRT NANOelec ni celle à des fédérations professionnelles n'ont été déterminantes pour leur participation au programme. En revanche, l'appartenance des entités répondantes à d'autres réseaux tels que Renatech et Renatech+, l'AENEAS, la plateforme CERTEM ou encore BpI Excellence a été considérée comme très déterminante à leur participation au programme pour 27 % des entités.

Dans le cadre des entretiens, il est apparu que ces réseaux ont davantage joué un rôle en amont, afin de permettre aux acteurs de se connaître, mais qu'ils sont peu intervenus au moment de la sélection des bénéficiaires.

La dimension verticale s'est prolongée par le rôle central des chefs de file.

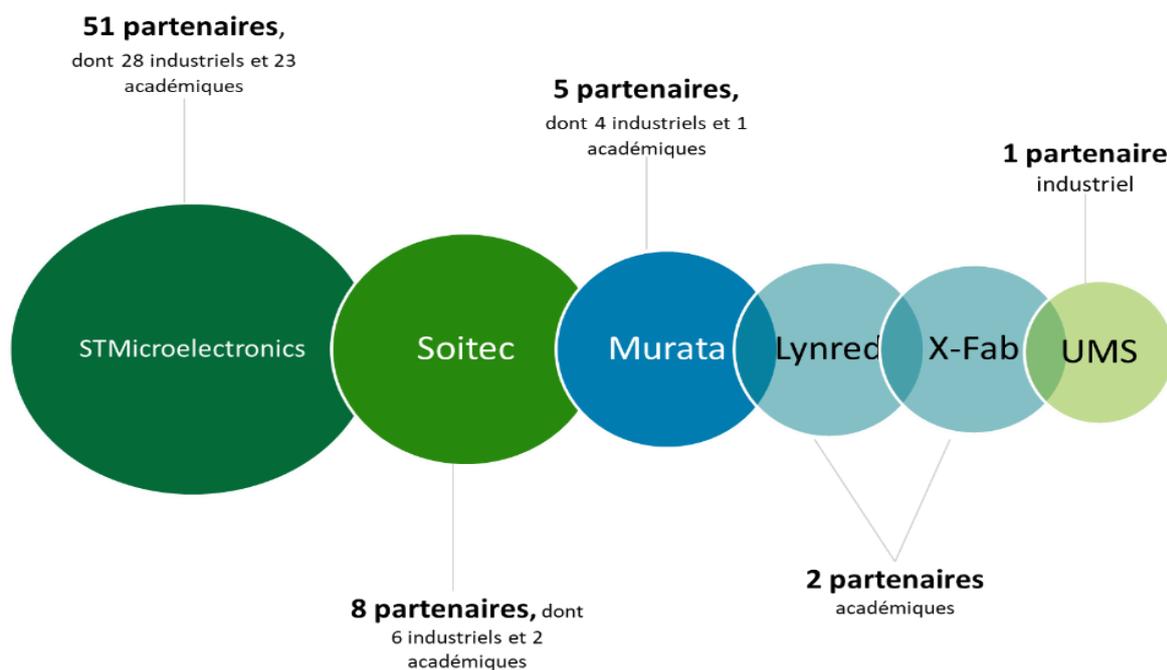
Le programme Nano 2022 est conduit par les chefs de file qui coordonnent les activités des partenaires bénéficiaires concernés, STMicroelectronics étant le chef de file avec le plus de partenaires industriels et académiques (au nombre de 51 contre seulement 8 pour Soitec et 5 partenaires pour le Murata, par exemple).

Le programme Nano 2022 est conduit par les chefs de file qui coordonnent les activités des partenaires bénéficiaires concernés, STMicroelectronics étant le chef de file avec le plus de partenaires industriels et académiques -51 contre seulement 8 pour Soitec et 5 pour Murata, par exemple (cf. figure 48).

En termes de fonctionnement, le programme est resté marqué par cette logique très verticale avec une prééminence des relations bilatérales entre chefs de files et partenaires. En effet, la représentation ci-dessous montre ces relations bilatérales quasi-exclusives avec les chefs de file. Les collaborations de ces derniers avec les partenaires montrent la présence de nœuds répartis ou sein de plusieurs sous-graphes avec comme acteur central le chef de file (clusters) et le CEA-Leti comme lien central entre ces différents chefs de file, à l'exception de X-Fab.

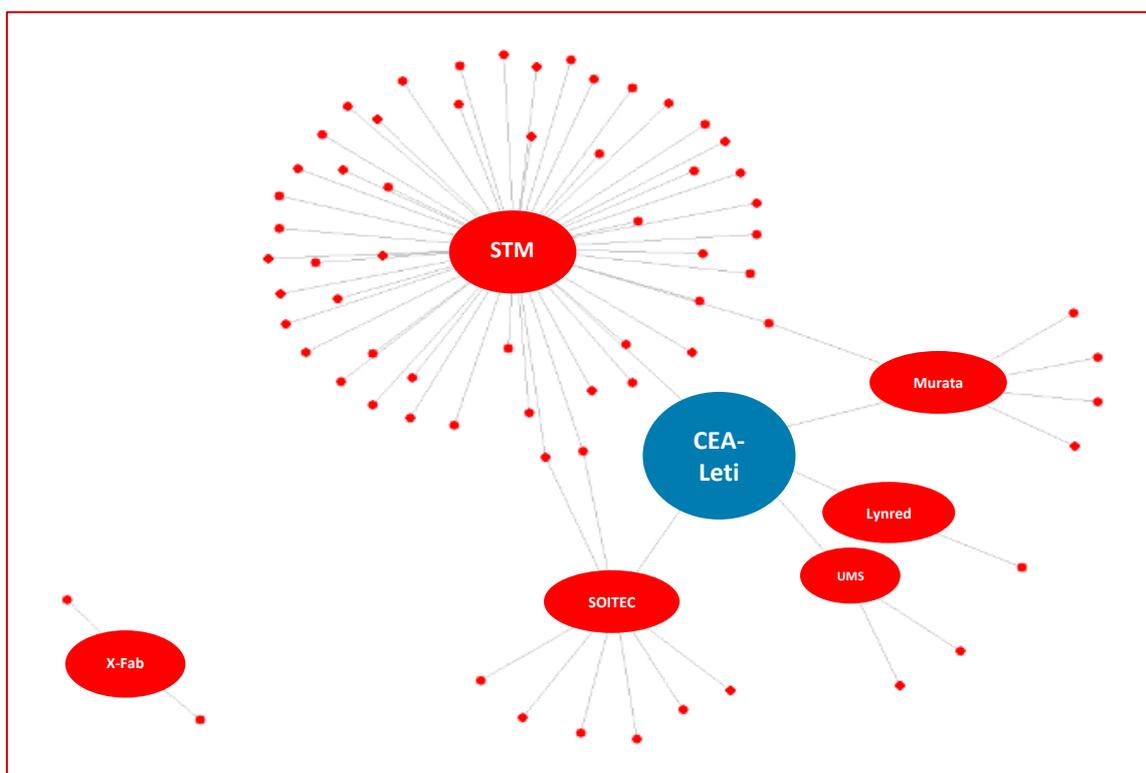
En effet, non seulement X-Fab n'a pas de liens de collaboration avec les autres chefs de file et le CEA, mais ses partenaires ne semblent également pas en avoir avec les autres acteurs, ce qui le positionne comme relativement isolé de l'écosystème avec comme seuls partenaires XLIM et l'ESIEE

Figure 46. Répartition des partenaires par chef de file (hors CEA-Leti)



Source : Illustration Deloitte

Figure 47. Réseaux de collaboration d'acteurs du programme en France



Source : Données DGE, Représentation Deloitte

Ce réseau de collaborations induit par le programme Nano 2022 peut être analysé sous l'angle des caractéristiques classiquement étudiées dans la théorie des graphes :

- **Densité du réseau** : la densité d'un réseau correspond au ratio entre le nombre de liens effectifs, et le nombre de liens potentiels. Le réseau de partenaires pris dans son ensemble dans le cadre de Nano 2022 présente une densité de 1 %, ce qui est relativement faible, traduisant également cette verticalité des relations.
- **Centralité du réseau** : cette mesure permet d'identifier les « key-players » au sein d'un réseau. La centralité d'un réseau permet de mesurer le degré potentiel d'influence ou d'équité d'un acteur au sein du réseau, permettant par exemple d'identifier les hubs. Lorsque l'on se concentre sur la « betweenness centrality », ceci permet d'identifier les « gatekeepers » qui sont garants de l'information. Dans le cadre de Nano 2022 et lorsque la centralité est mesurée au niveau de chaque sous-graphe, l'acteur le plus central est STMicroelectronics, suivi par le CEA-Leti.

Au-delà des aspects liés aux partenariats, le programme Nano 2022 a permis aux divers acteurs de soutenir les dynamiques de collaboration, non seulement avec les partenaires avec lesquels les projets sont menés, mais également avec d'autres partenaires au niveau des réseaux régionaux, nationaux ou européens.

Ces dynamiques de collaboration étaient soit présentes en amont de la participation des entreprises au programme, ou pendant les travaux.

Ce type de fonctionnement permet de limiter les risques liés à la confidentialité des travaux et permet de réduire les coûts et difficultés de coordination et peut permettre d'accélérer les développements. En revanche, cela conduit également à limiter les possibilités de développement du réseau et la connaissance réciproque des acteurs et des compétences françaises.

6.3 Le programme a toutefois soutenu les dynamiques collaboratives, notamment entre recherche publique et privée

Le programme Nano 2022 ambitionne de créer ou renforcer les collaborations entre recherche publique et privée⁷². En l'occurrence, 48 % des partenariats conclus par les chefs de file l'ont été avec des laboratoires académiques, en plus du partenariat de l'ensemble des chefs de file avec le CEA-Leti. Cette proportion est de seulement 20 % (1 partenaire sur 5) pour Murata, 25 % pour Soitec (1 partenaire sur 4), 45 % pour STMicroelectronics (presque un partenaire sur 2) et 100 % pour le Lynred and X-Fab.

Le CEA-Leti, partenaire académique d'envergure internationale, joue un rôle central dans le programme puisqu'il collabore avec la quasi-totalité des chefs de file (à l'exception de X-Fab) et des autres partenaires académiques et industriels, occupant ainsi une place centrale dans l'écosystème des bénéficiaires.

Le programme a-t-il permis de développer les réseaux et de favoriser la création de partenariats ?

Pendant le programme, le développement des réseaux et la création de partenariats au niveau régional ont été soutenus. En effet, 38 % des entreprises répondantes estiment que le programme leur a « tout à fait » permis de développer leurs réseaux et de créer des partenariats. Cette dynamique partenariale est plus marquée au niveau national (72 % des répondants jugeant que le programme leur a « plutôt » ou « tout à fait » permis de développer des partenariats nationaux) qu'au niveau européen (44 % faisant le même type de réponse pour des partenariats européens).

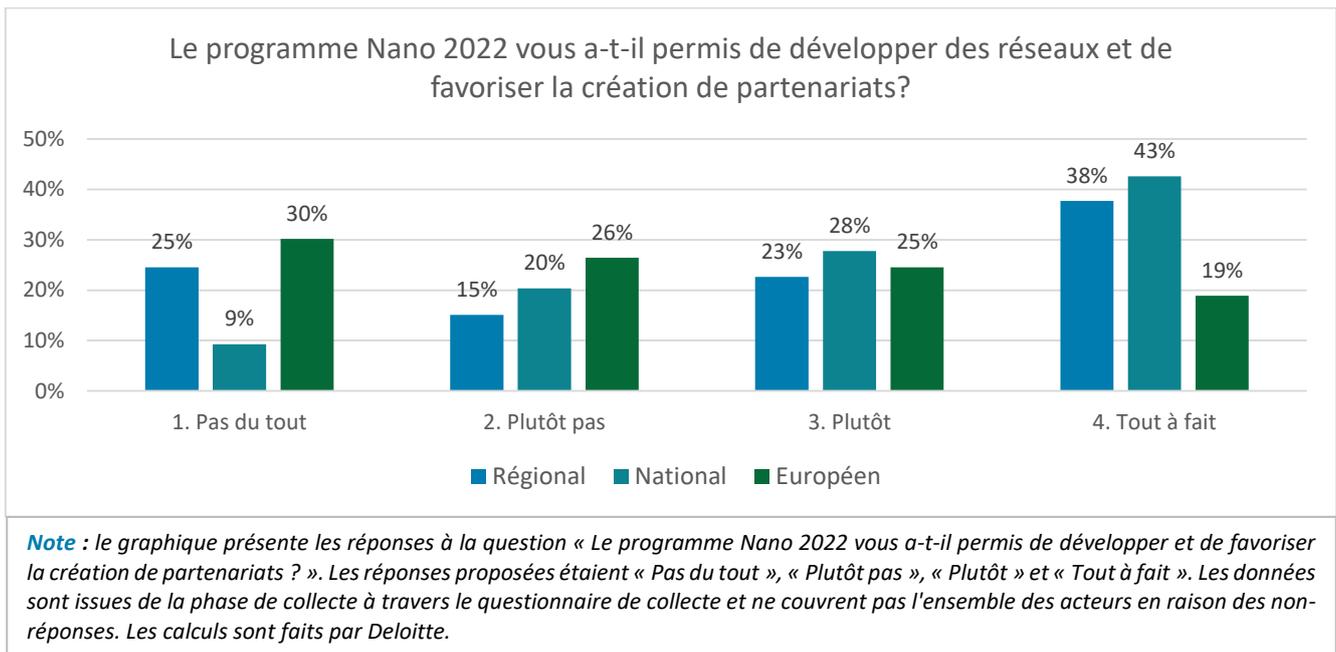
⁷² Ces dynamiques collaboratives sont parfois explicitement exigées dans le cadre d'autres programmes ou dispositifs, tels que celui des pôles de compétitivité. Par exemple, les projets des pôles de compétitivité qui étaient financés par le FUI (Fonds Unique Interministériel) jusqu'en 2016 exigeaient la présence d'au moins trois partenaires, parmi lesquels au moins un laboratoire de recherche participant.

Pour les bénéficiaires, la dimension verticale du programme et la difficulté d'échanger de manière transverse a pu limiter le développement des partenariats en particulier au niveau européen :

- Au niveau européen, le dispositif IPCEI prévoit des temps d'échange et de présentation des travaux entre les chefs de file. Toutefois, ces échanges ont été rendus plus difficiles par l'épidémie de COVID19 qui a limité les rencontres entre les bénéficiaires.
- Au niveau national, les échanges sont menés entre chefs de file d'une part, ce qui a permis de renforcer leurs liens, puis, sous l'impulsion des chefs de files entre partenaires. Cependant, l'absence de généralisation de ces temps d'échange a limité les interactions entre acteurs et les partenariats en découlant.
- Au niveau régional, des temps d'échanges ont pu être organisés dans certaines régions par les chefs de file, ainsi que les collectivités en Région Auvergne-Rhône-Alpes (sur les impacts territoriaux du programme). De même, les projets de nature plus collaboratifs conduits en PACA ont également permis d'après les bénéficiaires, de faire naître de nouvelles collaborations. A l'inverse, dans certaines régions (Auvergne-Rhône-Alpes en particulier), les acteurs ont déjà une bonne connaissance de l'écosystème et les impacts ont pu être plus limités.

Au global, l'impact en termes de développement de réseau semble manifeste, notamment au niveau national et dans une moindre mesure au niveau régional, mais il a été limité par la structure même du programme.

Figure 48. Développement des réseaux et création de partenariats

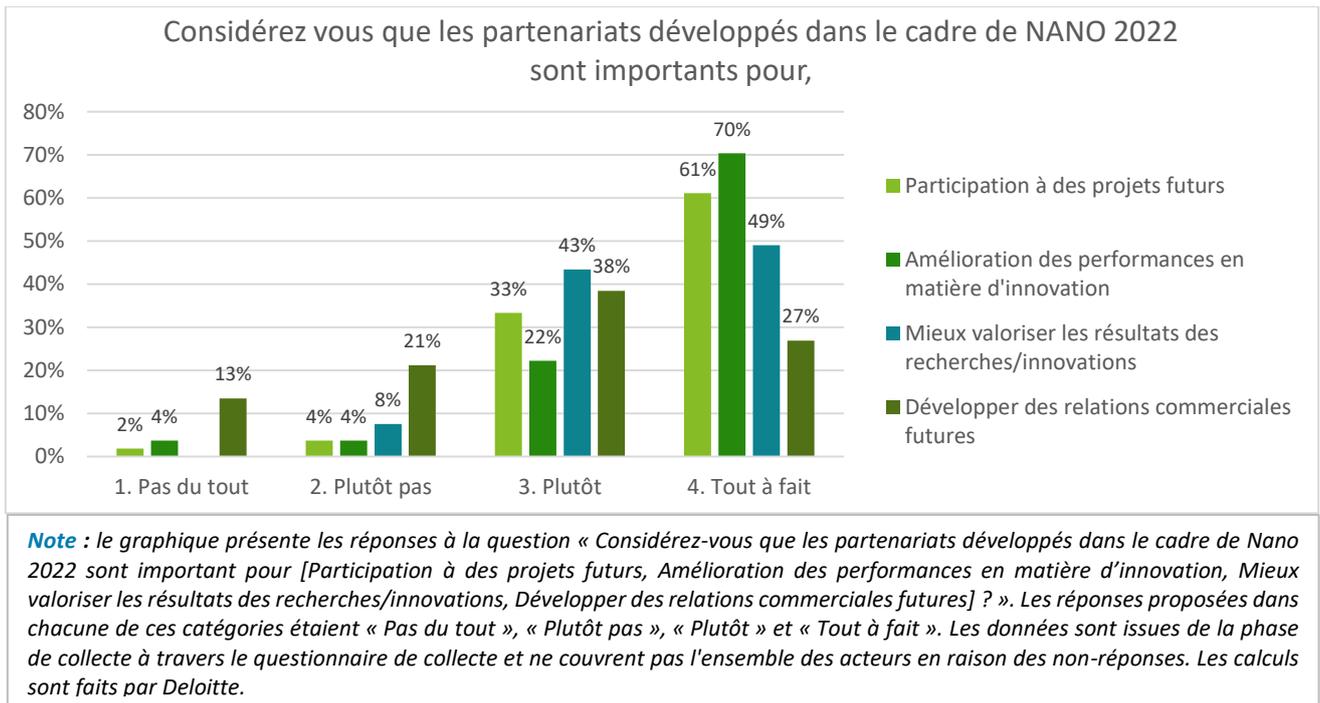


Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Importance des partenariats construits dans le cadre de Nano 2022

Les partenariats qui ont été construits dans le cadre du programme sont jugés **importants** par les acteurs, à la fois pour la conduite de leurs activités au travers des projets financés, et en termes de perspectives futures.

Figure 49. Importance des partenariats du programme Nano 2022



Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

En effet, les partenariats permettent, pour 70 % des répondants, d'améliorer « tout à fait » leurs performances en matière d'innovation. Seuls 2 % des répondants estiment que le programme ne contribuera pas à améliorer leurs performances en matière d'innovation. Les répondants estiment également à 49 % que ces partenariats leur permettent de mieux valoriser les résultats de leurs recherches.

Pour ce qui concerne les perspectives futures, les répondants estiment à 61 % que leurs partenariats leur permettront de participer à des projets européens de recherche, ou à de futurs programmes similaires à Nano 2022. Et 27 % des répondants estiment que les partenariats leur permettront de développer des relations commerciales futures.

Illustration d'un développement commercial au sein d'une PME - Asygn :

Créée en 2008 par essaimage du Leti et de STMicroelectronics, Asygn est basée à Grenoble et conçoit des capteurs à très basse consommation, à haute performance de mesure, à longue portée, circuits RF, convertisseurs rapides, entre autres.

Dans le cadre de NANO 2022, la société développe un dispositif de suivi de trafic routier qui repose sur un système de caméra et un algorithme d'Intelligence artificielle. L'avantage de ce capteur de suivi de trafic vient de son autonomie, d'où la nécessité d'avoir une solution à très basse consommation permettant de soutenir le réseau de neurones.

Pour parvenir à ce résultat, des collaborations ont dû être nouées, notamment en dehors du programme. Tout d'abord avec une société en charge du développement et de la fabrication de la caméra, mais également avec un département qui a joué le rôle de cas d'usage. Ce dernier sera peut-être leur premier client. Les contacts pris ont été de première importance. L'industriel ayant été contacté pour développer la caméra, sera leur partenaire demain.

Une autre dimension de ces partenariats est portée par les 11 projets européens rentrant dans le périmètre de l'évaluation. Ces projets ont permis à 272 bénéficiaires, dont 53 Français, de 31 pays de collaborer ensemble dans le domaine des semi-conducteurs en tant que partenaires ou tiers associés aux projets (source Cordis). Ces 53 acteurs différents ont réalisé 93 participations dans les 11 projets européens. En moyenne, chaque partenaire a

ainsi participé un peu moins de 2 fois à un projet européen et a pu collaborer avec un peu plus de 5 partenaires. Il s'agit donc d'un mode de fonctionnement très différent du programme national, qui est fondamentalement coopératif. Cette moyenne, de près de 2 participations par acteur masque des disparités importantes. Certains acteurs sont très impliqués dans les projets européens (comme STMicroelectronics qui totalise 23 participations et le CEA qui en totalise 10). A noter que, parmi ces projets européens, 7 d'entre eux⁷³ sont portés par un coordinateur français, ce qui apparaît très singulier.

Conclusion 1 : *Le programme est marqué par une forte verticalité des partenariats formels au sein des projets. Cela tient au processus de sélection et à la structuration des projets qui en découlent, et est confirmé par l'analyse de réseau des partenariats formels.*

Conclusion 2 : *En dépit de cette verticalité, les acteurs du programme mettent en avant l'influence positive du programme sur leur dynamique de coopération.*

Conclusion 3 : *En particulier, les objectifs de coopération entre recherche publique et recherche privée tendent à être remplis.*

⁷³ 5G_GaN2, OCEAN12, WAKeMeUP, HELIAUS, VIZTA, ANDANTE, BEYOND5.

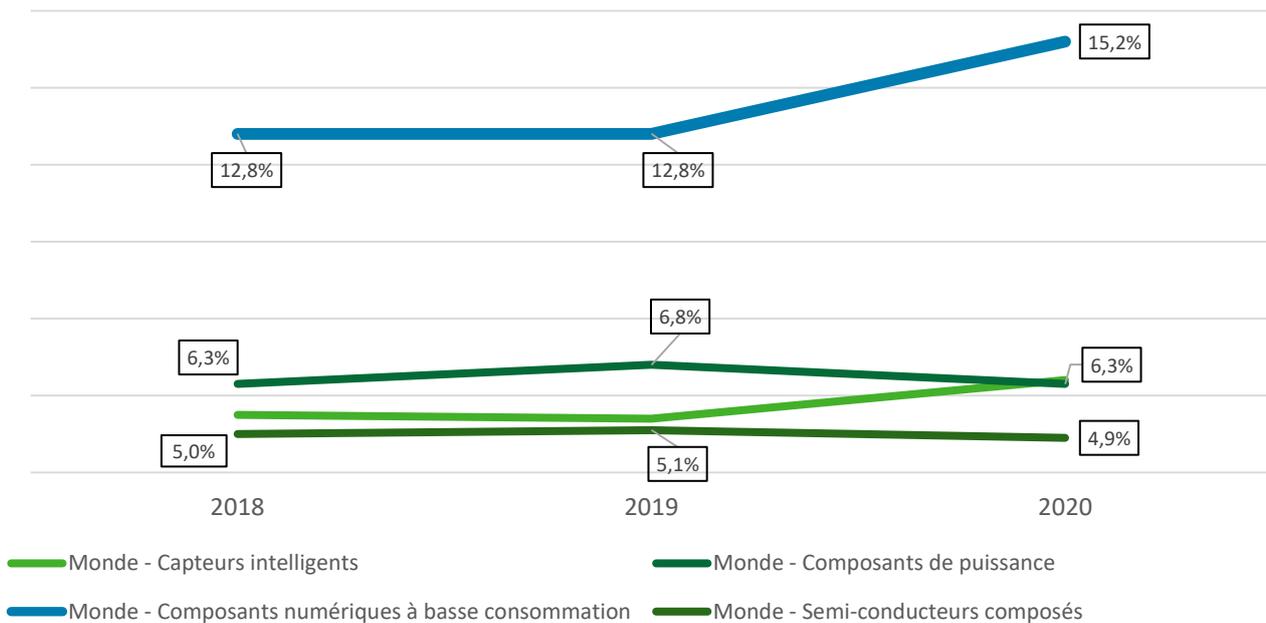
7. Effets environnementaux du Programme Nano 2022

7.1 Impacts liés à l'amélioration des performances environnementales des puces

L'amélioration de la performance environnementale des puces représente une dimension essentielle du programme et est notamment au cœur du premier domaine technologique « Energy efficient chips⁷⁴ », qui vise à développer des composants électroniques plus économes. Les acteurs français sont d'ailleurs très représentés dans ce domaine de travail avec le CEA, STMicroelectronics, X-FAB et SOITEC.

Aussi, les performances environnementales des puces constituent un élément essentiel de mesure des impacts environnementaux des produits développés dans le cadre du programme. Selon STMicroelectronics, principal acteur soutenu, la consommation d'énergie est un élément fondamental à prendre en compte, car la société fabrique des puces embarquées notamment à destination des applications telles que les voitures. En effet, selon le *Dow Jones Industry Index*, STMicroelectronics est l'une des meilleures sociétés de semi-conducteurs en termes environnemental. STMicroelectronics possède des parts de marché importantes, notamment dans le champ des composants de puissance à basse consommation, avec une part de marché monde qui était de 15 % en 2020.

Figure 50. Part de marché de STMicroelectronics par champs technologique (Monde)



Source : Données STMicroelectronics, Calculs Deloitte

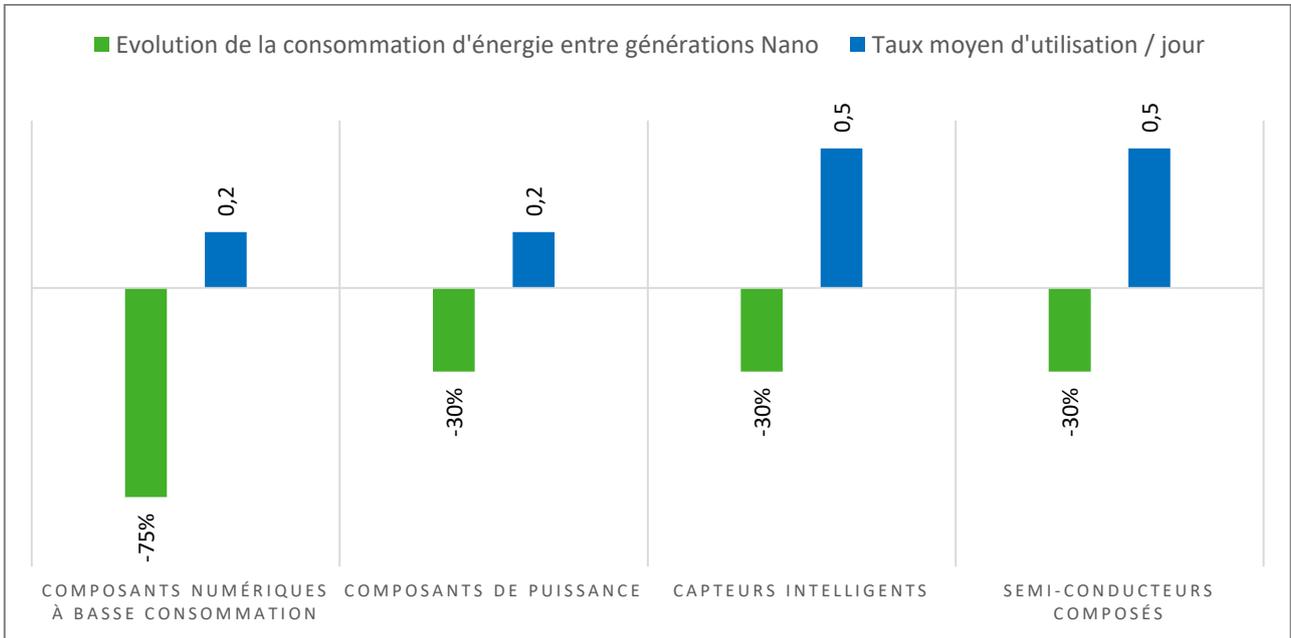
STMicroelectronics ambitionne ainsi de fabriquer des puces qui consomment le moins d'énergie possible. C'est plus généralement un élément essentiel dans le cadre de l'ensemble des semi-conducteurs exploités dans le cadre de l'Internet des Object, les différents capteurs et composants électroniques ne pouvant être alimentés. Ainsi, la réduction de la consommation d'énergie répond à un impératif aussi bien commercial qu'économique.

Pour STMicroelectronics, la consommation d'énergie par rapport aux générations antérieures à Nano 2022 a significativement diminué, avec des évolutions allant de -30 % sur les semi-conducteurs composés, les capteurs

⁷⁴ Composants numériques de basse consommation.

intelligents et les composants de puissance, à -75 % sur les composants numériques à basse consommation qui ont un taux moyen d'utilisation de 20 %/jour et une espérance de vie de 10 ans.

Figure 51. Evolution de la consommation moyenne d'énergie pour STMicroelectronics



Source : Données STMicroelectronics, Calculs Deloitte

7.2 Impacts liés à l'évolution des techniques de production

Les données concernant l'évolution des techniques de production ne peuvent être présentées au niveau agrégé, en raison à la fois de taux faibles de réponse, et de différences dans la méthodologie de mesure des impacts liés aux techniques de production.

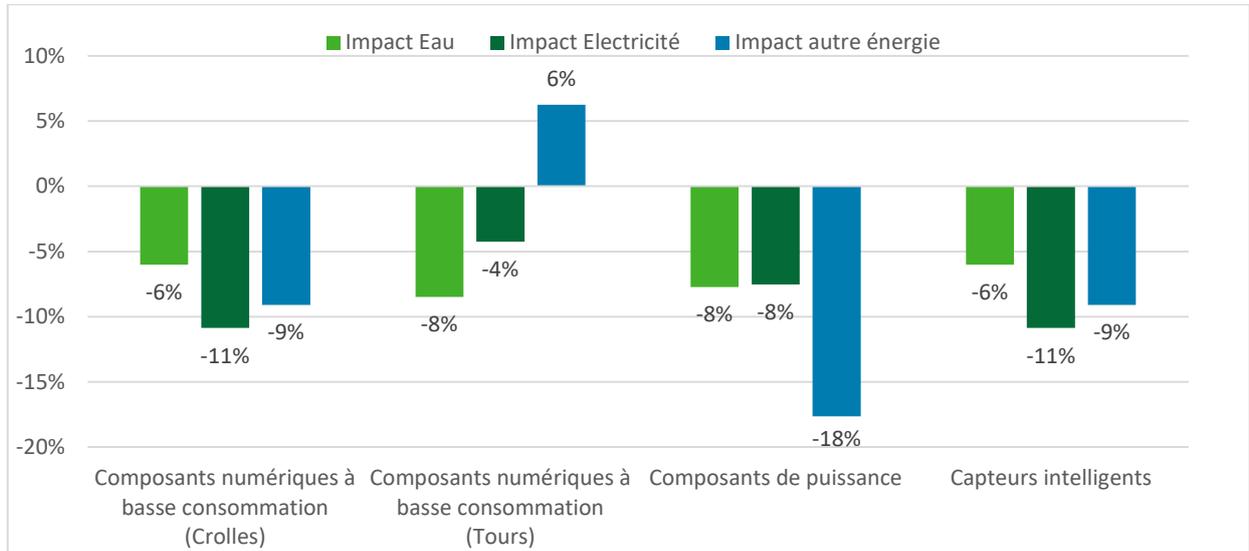
Les résultats présentés se concentrent, par conséquent, sur les déclarations environnementales par site de STMicroelectronics qui dispose d'un rapport annuel détaillant les différents postes de consommation environnementale. Les données présentées sont fournies par champs technologique.

Les résultats de l'évaluation montrent des impacts importants en termes de consommation d'eau et d'électricité pour l'ensemble des champs technologiques : en effet, dans le cadre du programme Nano 2022,

- une réduction de la consommation d'eau allant de 6 % à 8 % est observée,
- celle-ci est de de 4 % à 11 % sur la consommation d'électricité.

Illustration SOITEC : l'entreprise affirme avoir « baissé la consommation d'énergie de 30 % en 5 ans et que « 100% » de l'énergie consommée est d'origine renouvelable (achat d'énergie verte, qui en local est fortement produite à partir d'hydroélectricité. Une réduction également de la consommation d'eau de 13 % avec beaucoup de travail sur le recyclage de l'eau, par exemple en la nettoyant après usage (équipement de nettoyage et ozoneur) ». Des efforts sont également faits pour suivre en temps réel les consommations avec des plateformes en ligne permettant d'optimiser la consommation.

Figure 52. Comparaison des postes de consommation en énergie et en eau pour STMicroelectronics⁷⁵

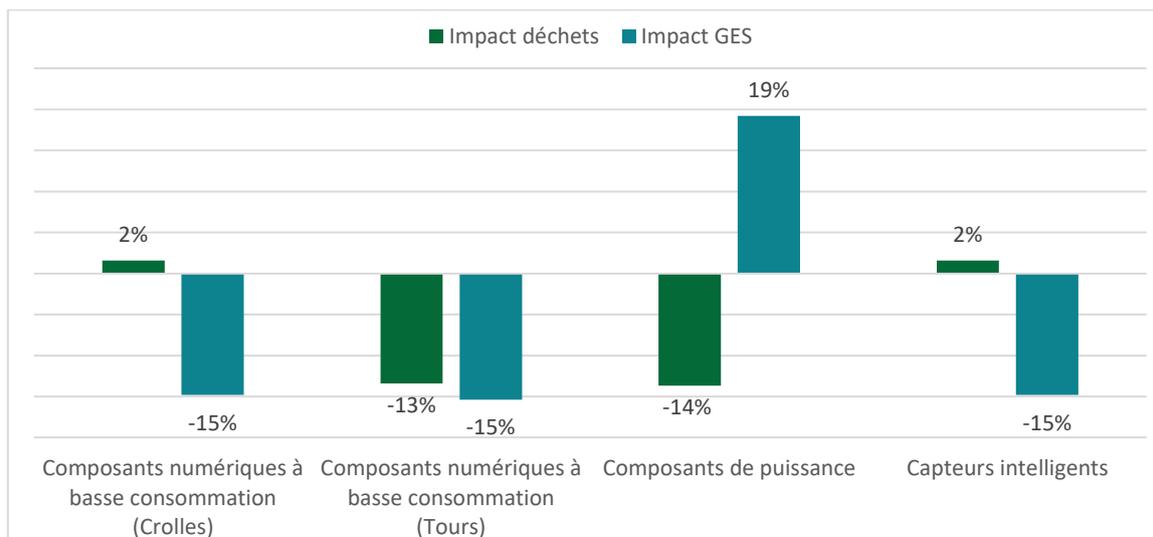


Source : Données STMicroelectronics, Calculs Deloitte

S’agissant de la consommation d’eau des actions en faveur du recyclage de l’eau ont été menées, notamment sur les sites de Crolles et Tours. Ceci leur permet notamment d’utiliser de l’eau traité pour des usages ayant besoin d’une eau moins pure.

Des réductions d’environ 13 % sur les volumes de déchets pour les composants numériques à basse consommation sont également observés sur le site de Tours, ainsi que sur les composants de puissance.

Figure 53. Comparaison des postes déchets et d’émissions de gaz à effet de serre (GES) pour STMicroelectronics



Source : Données STMicroelectronics, Calculs Deloitte

⁷⁵ Les données sont issues des déclarations de STMicroelectronics.

Les émissions de gaz à effet de serre sont également réduites pour les composants numériques à basse consommation, ainsi que les capteurs intelligents (~15 % de réduction). En revanche, les composants de puissance ont vu leurs émissions augmenter par rapport à leur niveau d'avant le programme. La réduction des émissions de GES est également liée au fait que STMicroelectronics réalise des investissements destinés à traiter les perfluorocarbures (PFC), qui sont des gaz ayant un potentiel élevé en matière de réchauffement climatique. Une dimension importante de ces gains environnementaux est liée à la quantité globale des semi-conducteurs produits et au taux d'utilisation des capacités de production. En effet, une partie de l'impact environnemental ne dépend directement de la production unitaire de semi-conducteurs (cela peut correspondre par exemple le chauffage de l'usine, la maintenance des lignes). Dans ce cas, un volume plus important de production permet de réduire l'impact environnemental par semi-conducteur.

« La baisse de la consommation par plaque produite a été de 63 %, même si cela s'explique également par le taux remplissage des usines (effet d'échelle) »

7.3 Impacts environnementaux de scope 2 (via les émissions associées au mix énergétique) liés à la relocalisation de la production en Europe

Illustration par un projet – UMS Semi-conducteur – Projet Smart 3 : le projet porté par l'entreprise UMS dans le cadre de NANO 2022 est une bonne illustration de la capacité du programme à favoriser la relocalisation des activités de production. Ce projet vise à permettre le retour en Europe de technologies d'intégrations avancées. L'ensemble de cette industrie a pour différents motifs été transférée en Asie sur les 20 dernières années par l'industrie européenne des semi-conducteurs. Dans le cadre de NANO 2022, le chef de file travaille sur socle technologique permettant l'intégration avancée des composants et se poursuit notamment en lien avec d'autres financements (France 2030) (pas compris cette phrase ni à quoi elle sert).

Au-delà de cet aspect de relocalisation, la dimension environnementale est (quelle est la source de cette citation ?) « adressée à la fois dans la partie développement technologique et développement produit à l'issue de leur industrialisation. Pour le premier point, les travaux conduits visent à la mise au point d'un procédé beaucoup plus économe vis-à-vis des volumes de produits entrant dans leur constitution (polymère réduit d'un facteur 3 à 5 en quantité) mais également des métaux (Or, Cu, métaux rares). D'un point de vue application, si l'on prend le cas des systèmes dédiés à la connectivité (5G, liaison point à point, liaison de type montante vers satellite), l'impact sera très important sur la consommation électrique ; A débit constant, il est possible d'estimer une réduction de 30 à 40% de la consommation électrique d'une antenne 5G par exemple.

Les technologies d'intégration permettent d'envisager des architectures systèmes qui présentent de bien meilleures performances, notamment environnementales. EX : Pour la 4G, on avait 5/6 composants avec des boîtiers séparés dans l'antenne. Demain, il y aura 1 seul boîtier, pas forcément plus grand. Cela va conduire à des systèmes plus économes en termes de consommation d'énergie et de matériaux.

Le processus de production complet est envisagé en France dans le cadre d'une approche souveraine. Par rapport à un cas hypothétique de localisation en Asie, cet aspect est ainsi un premier point favorable sur une réduction de l'empreinte CO2 lié au transport. En complément, le processus de production ou recette utilisera en termes de servitude des volumes d'eau, d'électricité et de gaz réduit. Par exemple, il est envisagé un processus de recyclage complet des volumes d'eau conduisant à une consommation quasi-nulle. »

Les émissions de CO2 des entreprises sont traditionnellement classifiées en 3 scopes :

- **scope 1** les émissions émises directement par l'entreprise, dans le cadre de ses activités de production et de commercialisation ;

- **scope 2** : les émissions liées à l'énergie consommée,
- **scope 3** : les émissions indirectes correspondant à toutes les émissions des partenaires amonts et aval de l'entreprise, c'est-à-dire les émissions liées à l'utilisation de produits de l'entreprise en aval et les émissions associés aux intrants utilisés par l'entreprise en amont

L'amélioration de l'empreinte environnementale par la relocalisation de la production passe principalement par un effet de scope 2. Selon les acteurs, les effets de scope 1 peuvent exister en raison du plus haut niveau d'exigence environnementale dans les usines françaises, mais ils restent secondaires par rapport à un effet de scope 2 imputable au différentiel de mix énergétique. L'usage d'électricité très peu carbonée, comme c'est le cas en France, peut faire une différence significative sur l'empreinte totale du process et contribuer à la décarbonation du produit. L'impact « transport est en revanche limité : les semi-conducteurs émettent peu de gaz à effet de serre pour leur transport en raison de leur faible taille.

Cet effet de scope 2 dépend de l'intensité de la consommation d'électricité de la production, qui peut varier assez fortement selon le type de pièce. A ce stade, aucun suivi systématique de ces émissions et de leurs comparaisons selon les pays n'est réalisé, ce qui limite la capacité à évaluer ces impacts environnementaux.

8. Trajectoires attendues des indicateurs

Les objectifs fixés par les aides octroyées dans le cadre du programme concernent à la fois l'innovation des acteurs, mais également l'emploi direct associé au programme. L'aide octroyée est fixée selon une enveloppe globale de la part de l'Etat français et contractualisée avec les bénéficiaires du programme. Le tableau ci-dessous présente les objectifs en termes d'aide, d'investissement et d'emploi.

Figure 54. Objectifs du programme Nano 2022 en termes de financements, d'investissements et d'emploi

	Objectifs
Enveloppe de l'aide octroyée (M €)	886
Investissements (M €)	5 000
Retombées attendues en termes d'emplois (ETP)	4000

Source : Données DGE et <https://www.entreprises.gouv.fr>

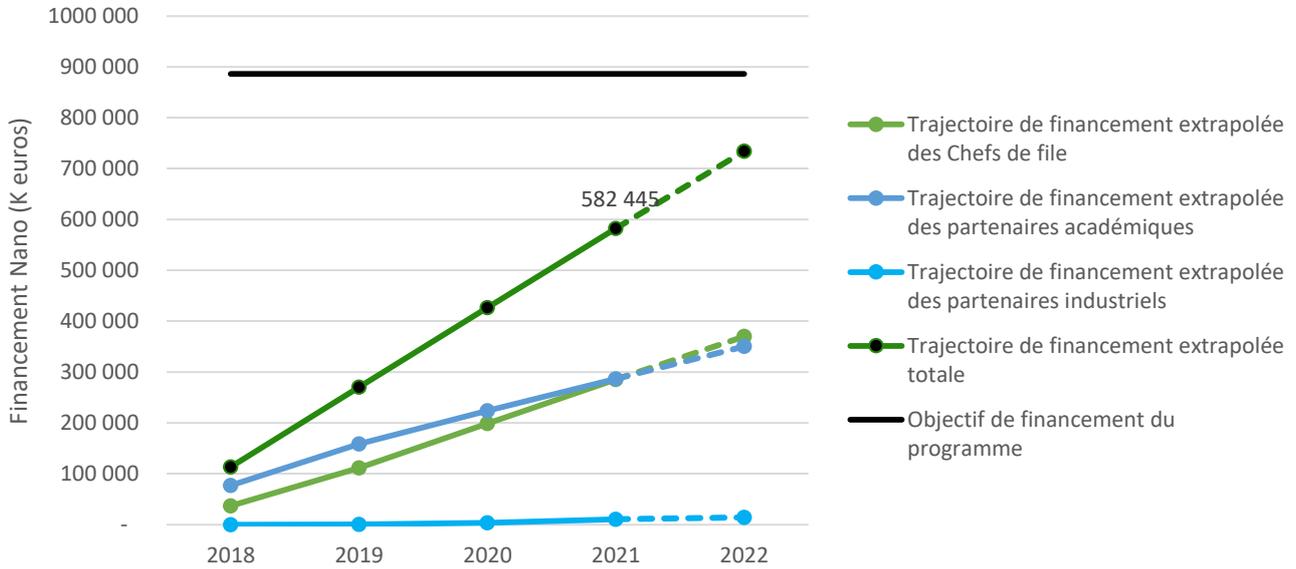
En raison d'incomplétudes dans les réponses des acteurs, notamment concernant les prévisions en termes de chiffre d'affaires, de valeur ajoutée et de brevets/publications, seules les trajectoires observées et attendues des indicateurs de **financement**, **d'investissements** et **d'emploi ont pu être** déterminées. Il a par ailleurs été nécessaire d'extrapoler les données des répondants pour apprécier la capacité à atteindre les objectifs cibles, qui concernent la totalité des acteurs et projets. Ces trajectoires et les écarts à la cible doivent donc être interprétés avec prudence.

En termes de financement, la trajectoire suit une linéarité entre 2018 et 2021, avec des aides versées estimées à 65 % de l'enveloppe d'aides de 886 M€⁷⁶. A noter également que les retards identifiés dans le programme ont pu

⁷⁶ Ces données excluent en revanche les prêts BPI France qui sont octroyés dans le cadre du programme.

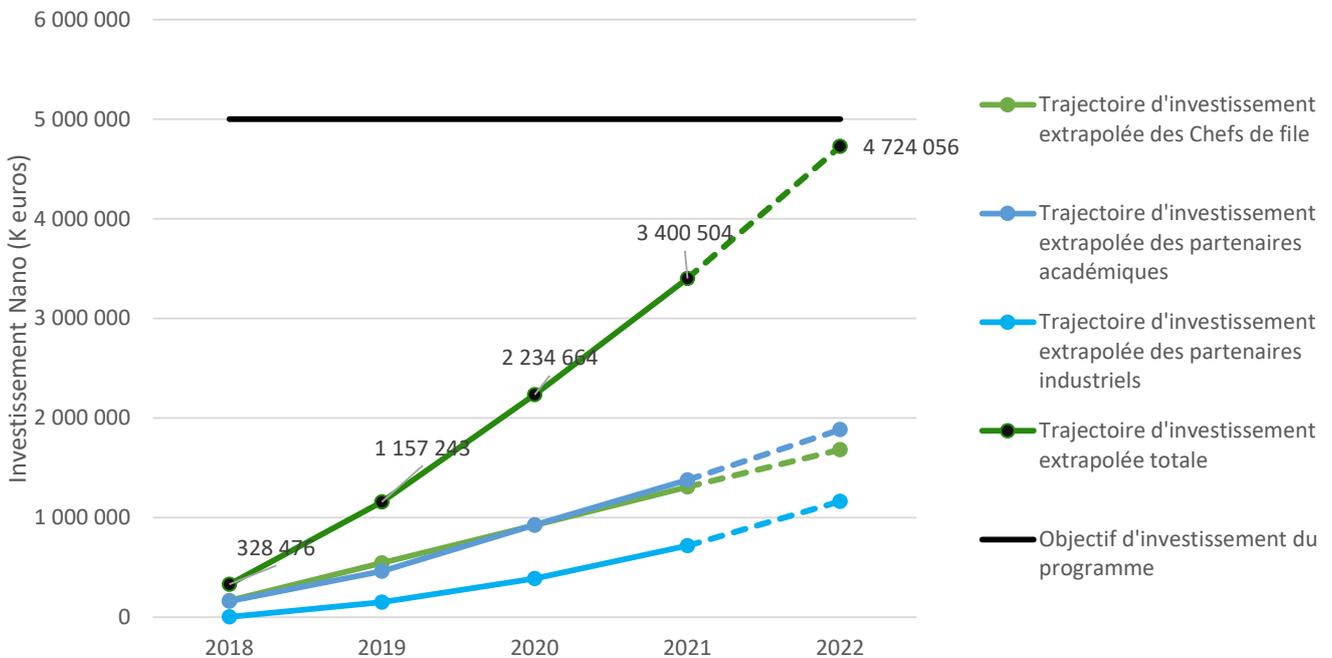
conduire à des décalages dans les aides versées. La question de la possibilité de la poursuite des travaux en 2023 est à ce titre un élément essentiel pour apprécier la trajectoire des aides.

Figure 55. Trajectoire des aides Nano 2022



Source : Acteurs bénéficiaires, Extrapolations et calculs Deloitte

En termes d'investissements, la valeur cumulée estimée pour l'ensemble des acteurs montre une bonne progression puisqu'en 2021, 68 % de l'investissement a été réalisé, et les prévisions de 2022 font état d'une réalisation des investissements à hauteur de 94 % de l'objectif. Trajectoire des investissements Nano 2022.

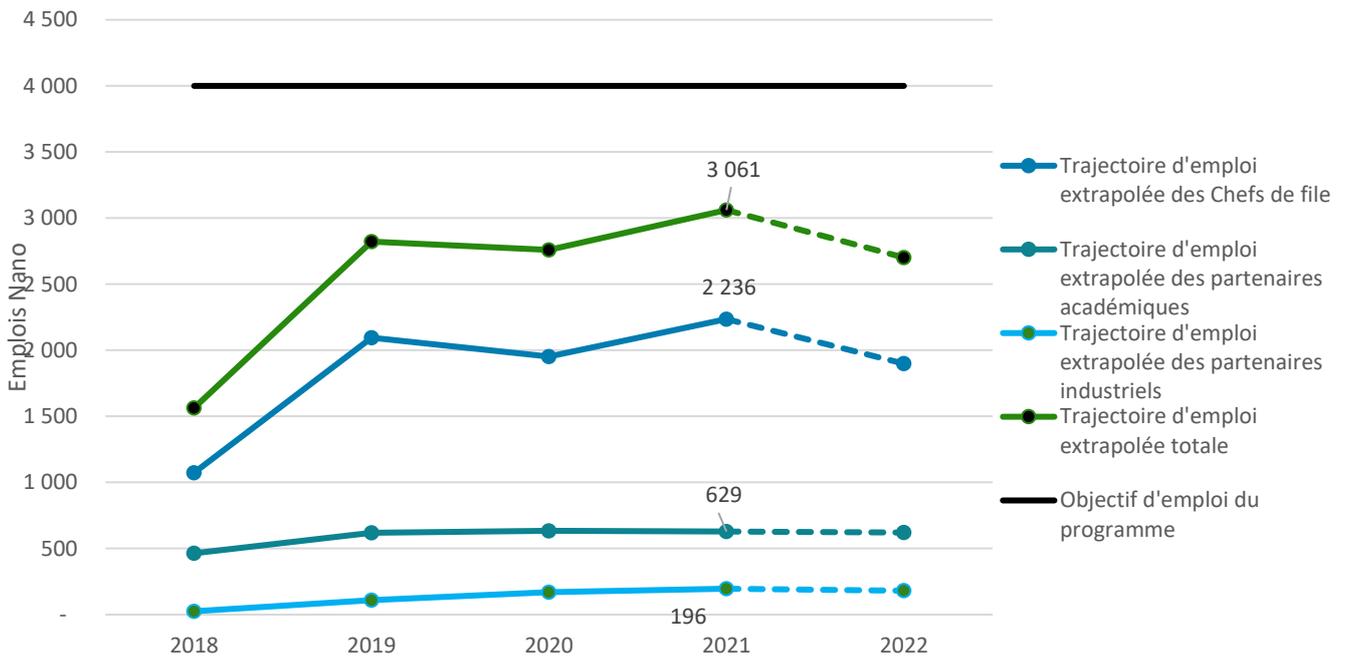


Source : Acteurs bénéficiaires, Extrapolations et calculs Deloitte

L'interprétation de ces résultats doit, en revanche, tenir compte des retards dans les financements entraînant un décalage dans le début des travaux qui ont été remontés par certains acteurs. Cette trajectoire est linéaire à partir de 2019 lorsque le cumul des investissements sur tous les types d'acteurs est pris en compte, mais présente des non-linéarités, notamment pour les partenaires académiques et les autres industriels entre 2018 et 2020.

En termes d'emplois directs attendus, les données de 2020 font état de plus de 3 000 emplois qui ont été associés au programme Nano 2022 sur l'année 2021, avec plus de 2 200 emplois associés aux chefs de file, et 620 emplois pour les partenaires académiques (majoritairement le CEA) et 180 emplois pour les autres industriels. Le nombre total d'emplois apparaît ainsi inférieur à la cible issue de documentations de la DGE.

Figure 56. Trajectoire de l'emploi Nano 2022 (ETP)



Source : Acteurs bénéficiaires, Extrapolations et calculs Deloitte

Cet écart à la cible est toutefois sujet à deux incertitudes.

- La première concerne le niveau de la cible de 4 000 emplois. Le document dont est issu ce chiffre ne précise pas la méthodologie adoptée, ni le périmètre exact ayant conduit à cette estimation (s'agit-il par exemple d'un cumul d'emplois créés, d'un équivalent ETP moyen, ou d'un nombre d'emplois récurrents à l'issue du programme).
- La seconde incertitude concerne l'extrapolation des données d'emplois actuelles.

En effet, ces chiffres sont en grande partie le reflet de chefs de file, dont STMicroelectronics qui prévoit une baisse de l'emploi prévisionnel en 2022. Etant donné que certains acteurs (Soitec) ne présentent pas ces chiffres, la baisse observée chez STMicroelectronics a dû être extrapolée aux autres acteurs.

Cette prudence est d'autant plus importante :

- Que les créations d'emplois lors de la première phase du dispositif sont essentiellement tirées par les emplois de R&D. Dans le cadre du dispositif Nano 2017, c'est à partir de la 4ème année que les emplois liés à la production sont devenus majoritaires
- Que le programme a démarré avec retard pour de nombreux bénéficiaires et a été marqué de difficultés significatives, comme le COVID, qui ont pu décaler ce seuil.

- Que l'estimation des emplois liés à la production est plus complexe que l'estimation des emplois de R&D (puisque'il faut identifier la part des emplois travaillant sur les seuls produits liés à Nano 2022), ce qui est de nature à affaiblir la qualité des réponses.

Toutefois, une attention particulière devra être portée sur ce point dans l'évaluation finale.

Conclusion : les indicateurs liés au financement Nano 2022, aux investissements réalisés dans le cadre du programme et à l'emploi direct semblent suivre une trajectoire alignée avec les objectifs annoncés.

Chapitre IV : Retombées économiques au niveau régional et national

Les données présentées jusqu'ici étaient centrées sur les bénéficiaires du programme Nano 2022.

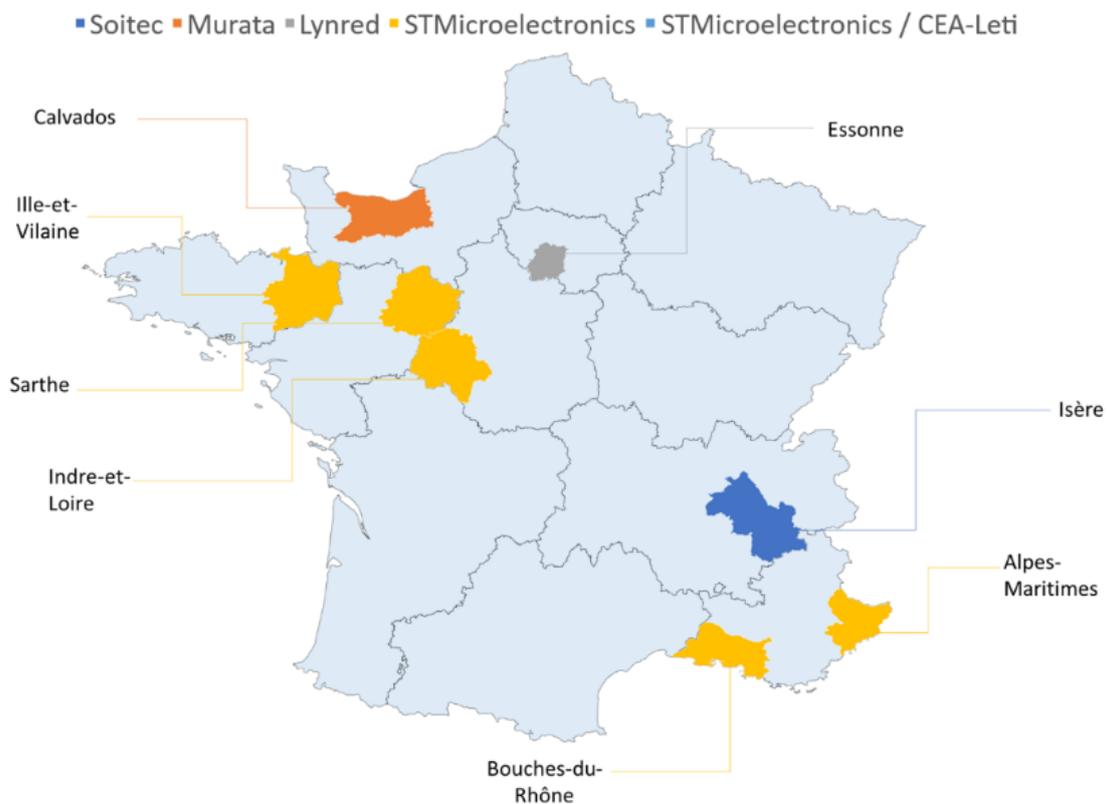
Ce chapitre vise à élargir l'approche, en considérant la façon dont l'aide apportée et le programme Nano 2022 contribuent au soutien de l'activité au-delà des bénéficiaires, compte tenu de l'implantation des acteurs dans leurs territoires et des effets d'entraînement de l'activité associée aux acteurs du programme Nano 2022 :

- La section 1 présente l'ancrage territorial des acteurs du programme et leurs poids relatifs dans leurs territoires en matière d'emplois et de contributions fiscales
- La section 2 quantifie les effets d'entraînement imputables aux consommations intermédiaires

1. Les acteurs du programme Nano 2022 ont un ancrage territorial fort, qui en fait des acteurs significatifs en matière d'emplois et de contributions fiscales locales

Les chefs de file cumulent 9 principaux sites de production répartis dans les cinq régions que sont l'Auvergne-Rhône-Alpes (sites de Bernin, Crolles, Grenoble et Veurey-Voroize), l'Île-de-France (sites de Corbeil-Essonnes et Palaiseau), le Provence-Alpes-Côte d'Azur (site du Rousset), la Normandie (site de Caen), la Bretagne (site de Rennes) et le Centre-Val-de-Loire (site de Tours). La carte et le tableau ci-dessous rappellent ces implantations.

Figure 57. Départements d'implantation des sites des chefs de file et du CEA-Leti

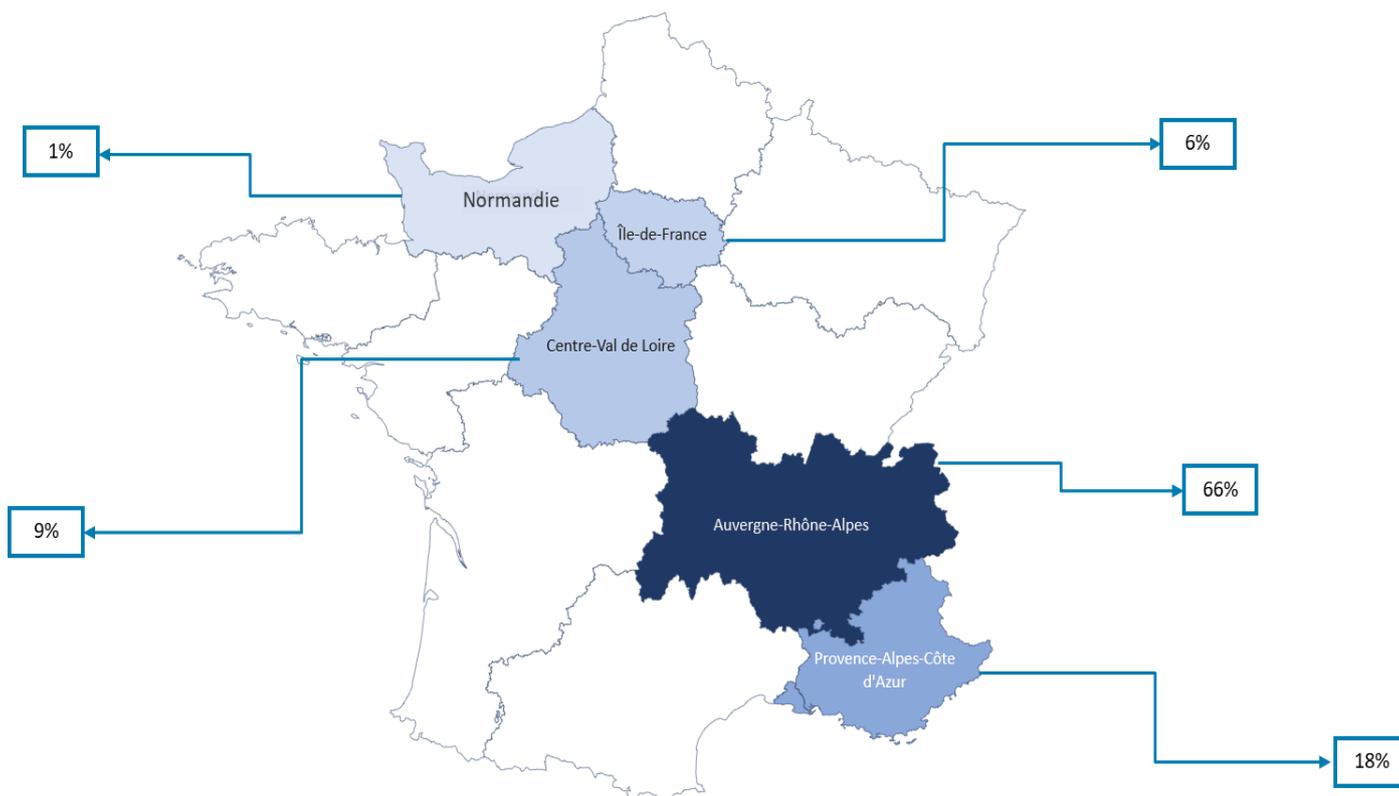


Source : Données acteurs, Calculs Deloitte

Site	Département	Région
Bernin	Isère	Auvergne-Rhône-Alpes
Caen	Calvados	Normandie
Corbeil-Essonnes	Essonne	Ile-de-France
Crolles	Isère	Auvergne-Rhône-Alpes
Grenoble	Isère	Auvergne-Rhône-Alpes
Le Mans	Sarthe	Pays-de-la-Loire
Palaiseau	Essonne	Ile-de-France
Paris	Paris	Ile-de-France
Rennes	Ille-et-Vilaine	Bretagne
Rousset	Bouches-du-Rhône	Provence-Alpes-Côte d'Azur
Sophia	Alpes-Maritimes	Provence-Alpes-Côte d'Azur
Tours	Indre-et-Loire	Centre-Val-de-Loire
Veurey-Voroize	Isère	Auvergne-Rhône-Alpes

L'importance relative des acteurs dans leur territoire peut être appréhendée à partir des emplois. La carte ci-dessous présente la répartition des 14 600 emplois des chefs de file dans les différentes régions concernées.

Figure 58. Répartition de l'emploi des acteurs par région d'implantation



Source : Données acteurs, calculs Deloitte

En termes de poids dans l’emploi local, les estimations révèlent que les bénéficiaires représentent en moyenne 0,7 % de l’emploi total des régions d’implantation (détail dans le tableau ci-dessous).

Tableau 23. Retombées des activités des chefs de file dans leurs régions d’implantation

	% emploi dans la région
<i>Auvergne Rhône-Alpes</i>	0,7 %
<i>Centre-Val-de-Loire</i>	0,6 %
<i>Ile-de-France</i>	0,2 %
<i>Normandie</i>	0,1 %
<i>Provence-Alpes-Côte d'Azur</i>	2 %

Source : Données acteurs et INSEE, calculs Deloitte

Au niveau communal, les estimations révèlent qu’en moyenne, les bénéficiaires représentent 21 % des emplois des communes dans lesquelles ils sont implantés, avec une valeur médiane de 4 %. Les activités des acteurs implantés dans les communes de Bernin, Crolles, du Rousset et de Veurey-Voroize représentent respectivement 54 %, 46 %, 41 % et 37 % de l’emploi local des communes, contre 4 % dans la commune de Corbeil-Essonnes, 0,4 % à Palaiseau et 2 % à Tours.

Tableau 24. Retombées des activités des chefs de file dans les communes d’implantation

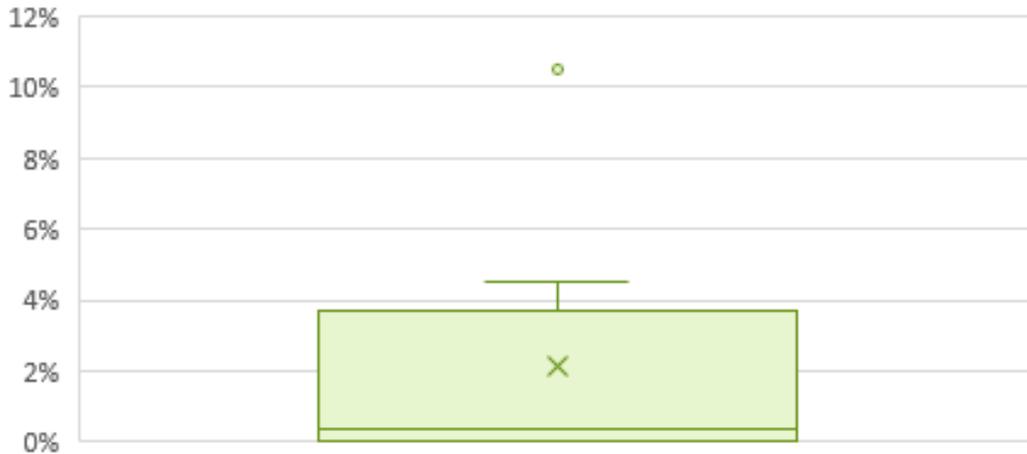
Site	% emploi dans la commune
<i>Bernin</i>	54 %
<i>Crolles</i>	46 %
<i>Rousset</i>	41 %
<i>Veurey-Voroize</i>	37 %
<i>Corbeil-Essonnes</i>	4 %
<i>Palaiseau</i>	0,4 %
<i>Tours</i>	2 %

Source : Données acteurs et INSEE, calculs Deloitte

Dans ce contexte, l’aide apportée par Nano 2022 contribue à soutenir des acteurs à l’implantation territoriale forte. A titre illustratif, si l’on retient uniquement les emplois des bénéficiaires directement associés au programme Nano 2022, ces emplois représentent en moyenne 2 % des emplois totaux de la commune d’implantation (avec une valeur médiane de 0,3 %⁷⁷).

⁷⁷ L’annexe 3 du rapport présente la contribution de l’activité de chacun des chefs de file du programme et du CEA sur l’emploi dans leurs communes d’implantation.

Figure 59. Part des emplois associés au programme Nano 2022 dans l’emploi local



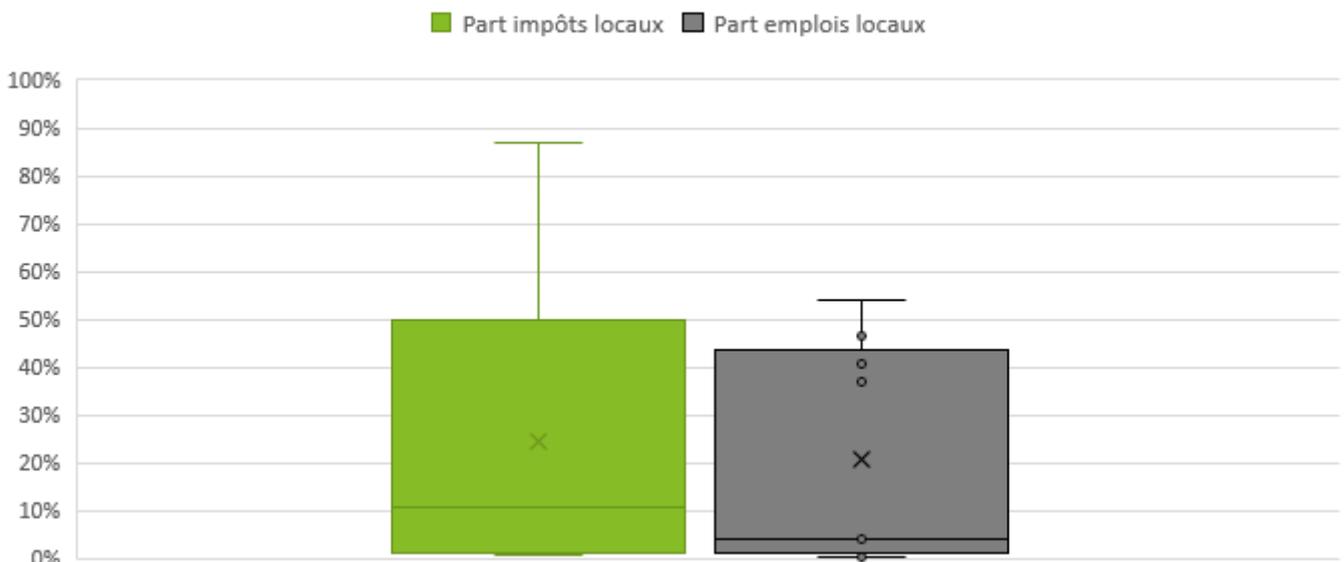
Source : Données acteurs et INSEE, Calculs Deloitte

L’importance des bénéficiaires dans leurs territoires peut aussi être appréhendée à partir des recettes fiscales qu’ils génèrent dans leurs communes d’implantation.

La part médiane que représente les impôts locaux versés par les bénéficiaires dans le total des recettes de la commune s’élève à 11 %, avec une part allant jusqu’à 87 % pour la commune de Bernin (Soitec) ou encore de 37 % pour la commune de Crolles (STMicroelectronics).

Le graphique ci-dessous présente ainsi la distribution de la part des emplois et des impôts locaux que représentent les bénéficiaires au sein de leurs communes.

Figure 60. Contribution des acteurs dans les impôts et les emplois des communes d’implantation



Source : Données acteurs et INSEE, calculs Deloitte

Enfin, une dernière façon de mesurer l'implantation territoriale des bénéficiaires consiste à mesurer la part de leurs consommations intermédiaires qui sont réalisées localement, et qui viennent donc supporter l'activité économique d'autres acteurs locaux.

Ces données ont été collectées auprès des chefs de file et du CEA. Ces acteurs réalisent en moyenne 62 % de leurs achats totaux en France. Parmi ces achats réalisés en France, la part d'achats réalisés dans la région d'implantation des sites de production s'élève en moyenne à 60 %⁷⁸, témoignant ainsi d'une dimension locale relativement importante.

Le programme NANO 2022 vient donc supporter l'activité d'acteurs qui représentent une part significative de l'activité des territoires sur lesquels ils sont implantés.

2. Les achats réalisés par les bénéficiaires sont en moyenne majoritairement locaux, mais des retombées économiques nationales sont perceptibles

Au-delà du territoire d'implantation, l'activité des bénéficiaires de Nano2022 contribue à soutenir d'autres acteurs situés en France par le jeu des effets d'entraînement de Nano 2022. Les achats réalisés en France par les acteurs produisent des retombées positives tout au long des chaînes de valeur, à l'échelle locale et nationale.

A l'aide d'une modélisation de type Input-Output, décrite plus en détail à l'annexe 6, et des données relatives aux consommations intermédiaires des chefs de file et du CEA, il est possible d'estimer la contribution de l'activité des bénéficiaires aux chaînes de valeur situées en amont en France, via trois types d'effets :

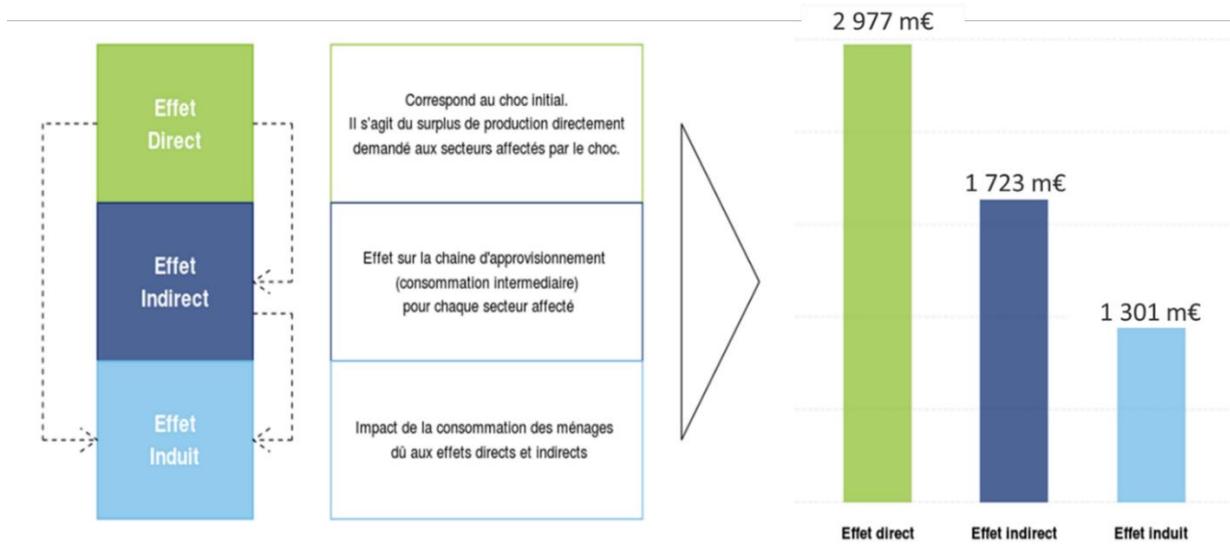
- Les effets directs correspondent aux consommations intermédiaires des acteurs, se traduisant par un surplus de production/d'activité de tous les secteurs fournisseurs des acteurs bénéficiaires de Nano 2022 (*e.g.* les achats de ST Microelectronics en matériels électriques) ;
- Les effets indirects correspondent aux consommations intermédiaires en cascade qui sont créées par la demande initiale des bénéficiaires de Nano 2022 auprès de leurs fournisseurs (*i.e.* les achats de véhicules du fournisseur de ST Microélectronique en matériel électrique) ;
- Les effets induits correspondent aux consommations supplémentaires réalisées à partir de la masse salariale distribuée par les chefs de file et le CEA.

Dans un premier temps, ces effets sont calculés à partir de la totalité de l'activité et donc des achats des bénéficiaires. Les résultats de la modélisation montrent que les activités des chefs de file et du CEA contribuent de façon directe à la production à hauteur de 2 977 millions d'euros⁷⁹. Les effets indirects et induits sont respectivement estimés à 1 723 m€ et 1 301 m€.

⁷⁸ Avec une valeur médiane de 47%.

⁷⁹ Ces impacts ont été estimés en considérant les flux sur un nombre restreint de secteurs dont les informations ont été demandées aux bénéficiaires. Pour certains acteurs, l'identification de la totalité des achats n'a pas été possible en raison de l'indisponibilité des données sous Diane et Siren. Des extrapolations ont ainsi été faites afin de compléter les résultats sur la base de ratios de données réelles (masse salariale).

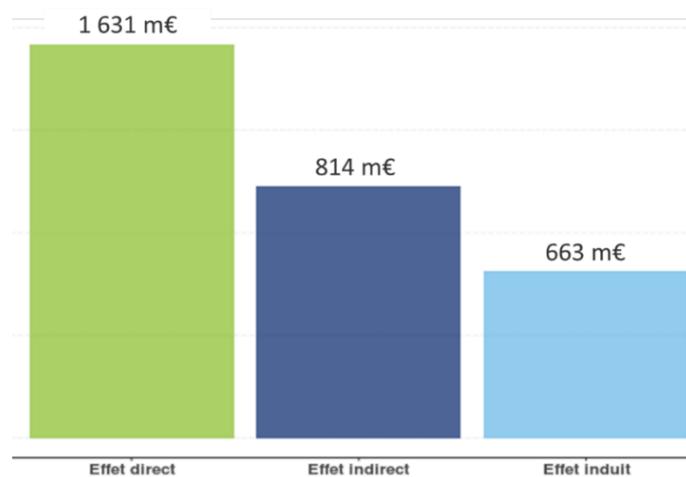
Figure 61. Retombées de l'activité des bénéficiaires en termes de production



Source : Données acteurs et INSEE, Calculs Deloitte

Les activités des acteurs soutiennent le PIB national avec une contribution totale en termes de valeur ajoutée de 3,108 milliards d'euro, incluant des effets directs de 1,6 milliard d'euros, comme le résume le graphique ci-dessous.

Figure 62. Retombées de l'activité des bénéficiaires en termes de valeur ajoutée

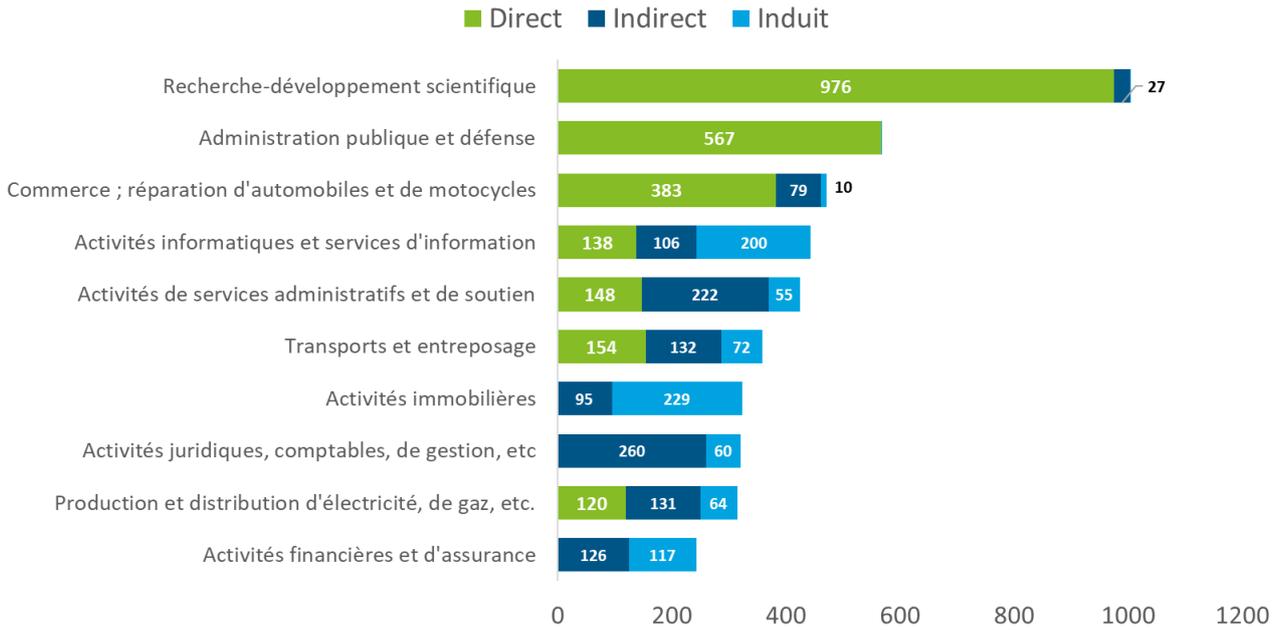


Source : Données acteurs et INSEE, Calculs Deloitte

Ces effets d'entraînement profitent d'abord au secteur de la Recherche et Développement scientifique, en cohérence avec la forte intensité en activités de recherche et développement du secteur de la microélectronique.

Les autres secteurs directement bénéficiaires incluent l'administration publique, le secteur du commerce, celui des activités informatiques et services d'information, mais également des secteurs tels que le transport et l'entreposage.

Les effets indirects les plus conséquents sont observés dans les secteurs des activités juridiques et comptables, celui des activités de services administratifs alors que les effets induits sont relativement plus importants dans le secteur des activités immobilières, celui des activités financières et d'assurance.

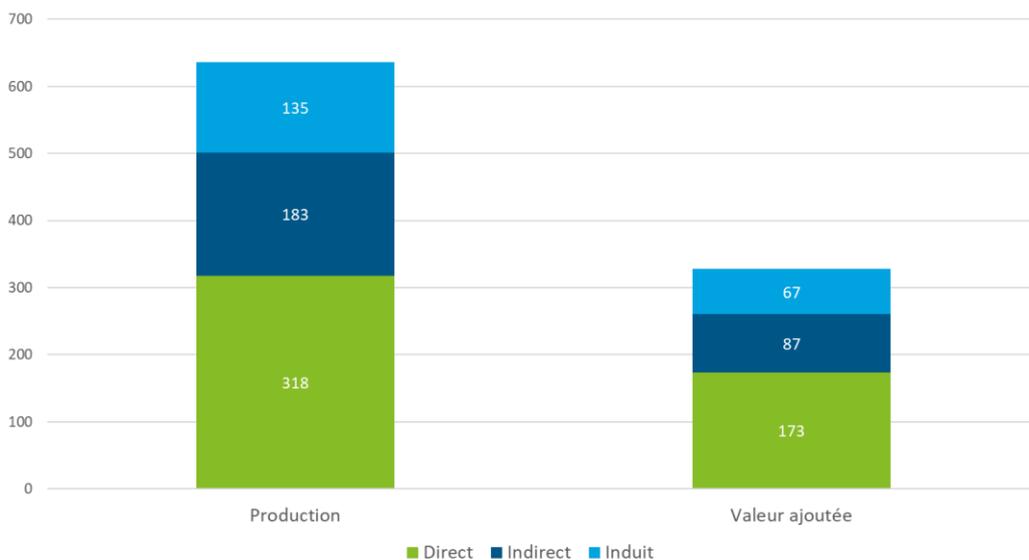


Source : Données acteurs et INSEE, Calculs Deloitte

Ces effets d’entraînement correspondent à l’intégralité de l’activité des chefs de file et du CEA. Pour estimer l’effet associé au périmètre de l’activité soutenue par le programme Nano 2022, nous avons réalisé une approximation de ces effets d’entraînement sous l’hypothèse que le chiffre d’affaires associé au programme NANO 2022 entraînerait les mêmes effets d’entraînement que le reste de l’activité.

Sous cette hypothèse, le graphique ci-dessous présente les effets d’entraînements direct, indirects et induits de l’activité associée au programme Nano 2022 (pour rappel, l’activité en question ne correspond pas au chiffre d’affaires incrémental imputable à l’aide, cet effet n’étant pas connu, mais à l’ensemble de l’activité réalisée sur les produits soutenus par Nano 2022).

Figure 63. Estimation des retombées potentielles du programme (production et valeur ajoutée m€)



Source : Données acteurs et INSEE, Calculs Deloitte

L'activité soutenue par Nano 2022 peut ainsi être estimée, sur une base annuelle, à 501 millions d'euros en consommations intermédiaires directes et indirectes, et à 135 millions d'euros supplémentaires si l'on inclut les consommations réalisées à partir de la masse salariale distribuée.

En termes de valeur ajoutée, ces effets peuvent être estimés à près de 327 millions d'euros en cumulant les trois types d'effets (directs, indirects et induits).

Chapitre V : Conception et pilotage du programme

1. Un programme national dans un contexte européen

Rappel : Le programme s'inscrit dans un cadre européen avec des bénéficiaires proposés par les différents Etats membres et validés par la Commission Européenne. Ces bénéficiaires correspondent globalement aux chefs de file au niveau français. Il est ensuite décliné en programme national au sein de chaque Etat membre participant avec l'inclusion d'autres bénéficiaires. Il y a alors un double niveau de gestion du programme :

- Au niveau européen par le « Supervisory board », comprenant, des représentants des Etats membres, de la commission européenne et par un Facilitation Group (incluant des représentants des 5 technology fields), qui suit les réalisations globales du programme et veille à l'existence d'externalités.
- Au niveau Français, par le Comité de pilotage du programme, le DISEXP, le service instructeur et les collectivités territoriales, en lien avec les chefs de file industriels qui jouent un rôle clé dans le pilotage du programme.

Les entretiens conduits n'ont pas permis d'identifier des synergies européennes significatives. Seules des présentations de leurs projets par les chefs de file ont été mentionnées ; or, ces présentations ont été basculées en visioconférence en raison du COVID, limitant les possibilités de rencontres et d'échanges.

Des collaborations européennes plus importantes sont permises par les extensions européennes du programme via les 13 projets ECSEL et le projet FA4.0 cluster PENTA. Toutefois, ces extensions n'impliquent pas de partenariats ou d'échanges entre chefs de file (ou autres bénéficiaires) sur les travaux de l'ensemble du programme socle, mais simplement sur les parties de ce programme couvertes par les projets européens.

Avantage : l'organisation du programme permet de sécuriser la participation des acteurs nationaux et de structurer des chaînes de valeur au niveau national (cf. infra), en favorisant les acteurs nationaux de la chaîne de valeur et orientant les acteurs vers la feuille de route de NANO 2022 définie par les chefs de file.

Inconvénients / Limites :

- Limite les possibilités de partenariats et la capitalisation des connaissances au niveau européen.
- Limite la capitalisation sur les forces de la filière au niveau européen, les chefs de file n'étant pas incités à solliciter des partenaires dans d'autres Etats Membres.
- Difficultés à obtenir des retours de la Commission Européenne sur les travaux réalisés.
- Une incertitude sur l'interprétation des règles dans d'autres pays européens, qui pourrait potentiellement se traduire par des distorsions de concurrence. Ainsi, la définition précise des dépenses éligibles dans le cadre du FID (notamment la prise en compte comptable des amortissements) interroge certains participants sur un soutien à la FID plus avantageux en Allemagne. Ceci peut s'expliquer par le caractère novateur des dépenses de FID pour lesquelles l'absence d'expérience commune favorise l'hétérogénéité.

Propositions :

- **Renforcer la connaissance des acteurs, travaux et pratiques dans les autres Etats membres.** Cette connaissance de l'état de l'art et de l'écosystème européen pourrait alimenter la filière française. Elle permettrait un pilotage plus homogène au niveau européen et favoriserait le renforcement de la filière européenne. De manière opérationnelle, une mission pourrait être confiée aux missions économiques et/ou un groupe de travail organisé entre les ministères en charge du pilotage du PIEEC.
- Informer l'écosystème français des projets dans les autres pays pour faciliter leur positionnement sur les futurs IPCEI et les accompagner (réseau et éventuellement enveloppe réservée). Au-delà des bénéficiaires directs, les projets dans le cadre de l'IPCEI et en particulier les projets d'investissement nécessitent de nombreuses compétences / produits / services. Accompagner le positionnement des acteurs français permettrait d'alimenter un renforcement de la filière en France et de la structuration au niveau européen.

2. Un programme vertical

Rappel : Le programme national est structuré autour de l'activité des différents chefs de file. Dans ce cadre, les projets (et les relations) s'inscrivent soit dans une relation client/fournisseurs, très verticale, soit dans une perspective plus applicative avec une verticalité plus faible.

Avantages :

- La verticalité permet un pilotage fin drivé par les intérêts du chef de file, et les besoins et applications industrielles
- La verticalité participe à structurer une chaîne de valeur. Les bénéficiaires en amont développent des solutions innovantes adaptées aux besoins des industriels en aval et sont plus susceptibles de nouer des relations commerciales durables.

Inconvénients / Limites :

- Le programme socle présente peu de transversalité entre les bénéficiaires, particulièrement lorsque le projet s'inscrit dans une logique client / fournisseur. Ceci limite les possibilités de capitalisation et les bénéfices du projet en termes de développement du réseau et de nouvelles opportunités. A noter que certains chefs de file ont essayé de développer des actions pour pallier cette limite (événements rassemblant certains bénéficiaires).

Point de vigilance :

En cas de changement des priorités stratégiques du chef de file, les projets doivent soit être réorientés ou peuvent perdre une grande partie de leur valeur.

Propositions

- Créer un espace d'échanges, de valorisation des travaux au niveau national (événements) pour renforcer la connaissance réciproque des acteurs de la filière française et favoriser l'émergence de collaborations. Le format de cet espace d'échanges doit être discuté avec les bénéficiaires car il sera marqué par plusieurs enjeux. Parmi ceux-ci, celui de la confidentialité des travaux et des stratégies des acteurs et celui du choix du nombre et du type de participants aux discussions.
- Dans le cadre des futurs IPCEI, un budget particulier pourrait être réservé pour un acteur filière avec la mission de construire et d'animer des démarches transversales d'échanges. Ces activités seraient réalisées en lien avec les chefs de file et devraient viser (i) une meilleure dissémination des résultats, (ii) une meilleure connaissance réciproque des acteurs et de leur positionnement, (iii) le développement de nouveaux projets de recherche et/ou d'affaires. Cet acteur pourrait en particulier s'occuper d'animer l'espace d'échanges évoqué ci-dessus.

3. Une feuille de route ciblée en termes de recherche

Présentation : Dans le cadre du programme, les travaux de R&D apparaissent largement axés sur les feuilles de routes technologiques des chefs de file industriels. De manière générale, les thèmes abordés sont ceux définis en amont dans le cadre de la construction du programme du PIEEC.

Avantage :

- Cette conception du programme contribue à structurer la filière autour de points forts français et à renforcer la coordination des feuilles de route en matière de recherche et développement. Cette articulation participe à la structuration d'une filière française des semi-conducteurs.
- Elle permet également d'améliorer le pilotage du programme en alignant les intérêts du pilote sur les intérêts du programme (aboutir à une réussite des travaux technologiques et permettre une exploitation des technologies).

Limites :

- Risque d'assèchement d'autres viviers de développement pour la filière, comme les travaux qui visent la poursuite de la miniaturisation des semi-conducteurs, alors qu'ils peuvent être reconnus comme stratégiques par ailleurs.
- Le ciblage amont conduit également à réduire les possibilités de pilotage stratégique du programme en termes de priorités, de projets à sélectionner que ce soit au niveau de l'état ou des régions.
- Les choix réalisés lors de la définition de la roadmap apparaissent manquer de transparence pour certains acteurs interrogés.

Propositions :

- Afin de limiter les contraintes liées à la feuille de route stratégiques des chefs de file tout en restant dans le cadre du programme, la possibilité de faire participer des bénéficiaires français auprès de chefs de file européens devrait être expertisée. Ce point pourrait utilement être traité dans le cadre d'échanges entre les ministères pilotes au niveau européen et pourrait constituer un élément positif pour la Commission en renforçant le marché européen.
- A budget global constant, le dimensionnement des programmes doit prendre en compte la nécessité de conserver des financements permettant d'accompagner les projets européens de la filière même lorsqu'ils ne rentrent pas dans les orientations du programme. Ces financements devraient permettre de prévenir l'assèchement des capacités de recherche et la perte d'entreprises innovantes dynamiques.
- La diffusion large d'appels à manifestation d'intérêt permettant de faire remonter les projets constitue un levier important afin de prévenir une sélection de bénéficiaires qui repose de manière excessive sur les réseaux d'acteurs avec des risques sur la qualité de la sélection des projets et sur une concentration des financements excessives sur quelques acteurs.

4. Une dimension écosystémique insuffisamment marquée

Présentation : Le programme a peu de visées écosystémiques alors que par son dimensionnement ses effets sont de nature à structurer des écosystèmes. Il faut toutefois noter certains développements de nature écosystémique, comme la plateforme technologique CIM PACA⁸⁰ et du CMP⁸¹. Les acteurs de réseaux classiques (pôles de compétitivités, IRT) ne sont pas parties prenantes, ni les structures d'enseignement. Les thèmes de la formation et du recrutement ne sont d'ailleurs pas abordés alors même qu'ils jouent un rôle essentiel pour le programme.

Avantage

- L'absence de développement de la dimension écosystémique du programme a permis de limiter les délais de mise en œuvre initiaux, dans un contexte de manque d'expérience et de temps sur le montage du programme.

Inconvénients / Limites :

- L'absence de dimension écosystémique réduit la capacité du programme à avoir une action en profondeur sur la filière des semi-conducteurs, s'agissant de la création d'entreprises, de l'accès à des équipements partagés, etc. L'absence de dimension écosystémique ne permet pas non plus d'anticiper ou de réagir rapidement aux difficultés rencontrées par le programme par exemple s'agissant des recrutements, ce qui est de nature à renforcer les effets inflationnistes identifiés dans le cadre de NANO 2017 et à favoriser des recrutements hors France. Cela conduit enfin à réduire les retombées du programme, qui représentent pourtant un élément clé pour la Commission Européenne.

Propositions :

- Renforcer la capacité des secteurs aval à participer (de manière financée ou non) au programme ou à être informés des résultats afin de stimuler des projets futurs
- Impliquer les collectivités et les chefs de file en amont sur l'importance des écosystèmes territoriaux pour favoriser une meilleure adaptation de l'offre de compétences aux besoins des entreprises.
- Impliquer les acteurs de réseau afin de renforcer la capacité du programme à exercer un impact sur l'écosystème
- Ouvrir des financements sur une ligne visant à renforcer l'écosystème (formation, plateforme, etc.) dans le cadre du programme ou via une articulation concertée avec les fonds FEDER et CPER (qui représentent les principaux leviers de financement pour ce type d'action).

⁸⁰ Créé par 4 membres fondateurs (ST, Gemalto/Thales, STS, Ecole des Mines de St Etienne campus de Gardanne), CIM PACA permet la mise en commun des équipements qui sont utilisés par ces acteurs pour faire du prototypage et de la R&D. D'autres membres peuvent y adhérer comme le CEA LETI, partenaires TPE, principalement des startups qui n'ont pas les équipements. CIM PACA fait également de la prestation de services pour des entreprises qui ne sont pas membres

⁸¹ Le Circuit Multiprojets (MPW en anglais) est une structure permettant la fabrication de prototypes sur des procédés industriels à des coûts très attractifs (un même masque étant par exemple partagé entre plusieurs acteurs afin de réduire les coûts des tests) avec une expertise technique dans la fourniture de MPW et de services connexes pour le prototypage des universités, des laboratoires de recherche et des entreprises industrielles. Le CMP peut gérer, en coopération avec les fonderies de semi-conducteurs, la production de faibles volumes, c'est-à-dire environ de quelques dizaines à quelques milliers de pièces (source : site internet du CMP).

5. Un programme au calendrier difficile

Présentation : Le programme a été marqué par des délais importants entre les premières discussions (2018) et la contractualisation de nombreux bénéficiaires. Ces délais, notamment liés au temps de validation du programme par la Commission Européenne et par sa mise en place ensuite au niveau français, ont affecté les projets. Par ailleurs, les bénéficiaires ont remonté un manque de transparence et d'informations dans le processus rendant plus difficile l'anticipation et l'organisation du lancement des travaux.

Les difficultés ont conduit également à un traitement hétérogène des bénéficiaires et des territoires, car tous n'ont pas pu être contractualisés sur un temps assez court. Les difficultés ont été plus marquées dans certains territoires et notamment en PACA qui a travaillé étroitement sur le montage de projet, avec une logique de consortia plutôt que de demandes individuelles.

Inconvénients :

- Les délais ont conduit à une réduction du temps prévu pour la réalisation des travaux pour de nombreux bénéficiaires (cf. infra)
- Difficultés pour procéder aux recrutements dans le cadre du programme (pour les thèses, mais pas seulement)
- Création d'un contexte d'incertitude chez les bénéficiaires qui ont été parfois en situation de risques, en engageant de travaux en amont de la contractualisation.

Propositions :

- Rendre plus transparent le processus en termes de calendrier pour les bénéficiaires et pour les collectivités afin que le programme puisse être pleinement pris en compte dans les anticipations budgétaires et faciliter la prise en compte des contraintes de fonctionnement des collectivités.
- Anticiper une partie des difficultés sur la contractualisation pour limiter les risques de décalage par la préparation en amont des conventionnements entre l'Etat et les collectivités, des lignes de financements et des documents contractuels.
- Un renforcement des équipes ou l'externalisation de certaines tâches moins stratégiques pourrait être envisagé afin de disposer d'une capacité de traitement plus importante au moment du lancement du programme et réduire ainsi les délais.

6. Un programme très souple avec une charge de reporting légère au niveau des bénéficiaires

Présentation : Le système de reporting du programme apparaît souple et bien conçu pour les bénéficiaires grâce d'une part à l'usage des templates qui permettent de savoir facilement quelles informations doivent être complétées et d'autre part au rôle du chef de file qui consolide les rendus et les transmet à la DGE. Le rôle des chefs de file est aussi globalement salué dans la perspective du pilotage tant pour la coordination des travaux, que pour la clarté de l'expression des besoins et pour les retours formulés. Ceci illustre le bon fonctionnement de la logique verticale et de l'alignement des intérêts du chef de file avec les enjeux du programme évoqué précédemment. Cela est d'ailleurs plus particulièrement marqué dans les relations amont où le chef de file a un intérêt aux résultats du programme.

Il faut noter que la disponibilité de la DGE a été saluée par plusieurs personnes interrogées ayant rencontré des difficultés, même si dans d'autres cas, la DGE apparaît plus distante, voire invisible (chez certains laboratoires notamment).

Avantages :

- La charge de reporting apparaît au global plus faible que dans la plupart des programmes et en particulier, les programmes H2020.
- Le programme a fait preuve de souplesse afin de s'adapter aux changements d'orientation induits par les difficultés lors du programme (COVID, US BAN) ou par l'échec de certaines pistes de recherche.

Inconvénients :

- Une capacité de contrôle plus limitée, mais pas de déviations identifiées (même si l'évaluation n'a pas pour objet de contrôler les réalisations de chacun).
- La souplesse et les changements d'orientations apparaissent indispensables afin d'éviter les voies sans issues dans un contexte de prises de risque technique et commerciale, mais doivent rester limités en raison de la perte des efforts engagés.

Point de vigilance :

- Le dispositif de contrôle apparaît d'autant mieux fonctionner que les intérêts du chef de file sont alignés avec ceux du projet. En cas de moindre vigilance / fragilité du chef de file, le contrôle pourrait être moins sécurisé car dépendant uniquement du volontarisme du chef de file.

Proposition :

- Créer un lien plus visible entre DGE et bénéficiaires non-chef de file pour signaler un double niveau de contrôle. De manière opérationnelle, les bénéficiaires pourraient envoyer directement une fiche projet contenant les informations essentielles (nature du projet, description du projet, TRL de départ, TRL objectif, volume du projet, impact attendu pour eux et pour la filière/collectivité) ainsi que leur rapport à la DGE. Cette dernière pourrait en retour faire un commentaire, même limité sur la validation des travaux. Cela aurait le double intérêt de montrer l'implication de la DGE et de créer un lien de contact pour répondre plus facilement aux difficultés des bénéficiaires
- Plateforme de dépôt : outil permettant aux structures de faciliter le suivi des informations, d'échanger ou de déposer des informations. La plateforme devrait être sécurisée afin de contrôler l'accès aux informations.

7. Un pilotage national reconnu comme performant, mais un enjeu entre pilotage technique / stratégique

Présentation : Le pilotage au niveau national repose sur 3 instances clés :

- Le service instructeur est en relation directe avec les bénéficiaires chefs de file pour la formalisation des travaux de l'année à venir et procède à l'évaluation des réalisations. Il rédige les rapports d'instruction qu'il transmet au DISEXP
- Le DISEXP, interministériel, échange en amont avec le service instructeur sur le contenu des annexes techniques proposées chaque année par les chefs de file, ainsi que sur le contenu des bilans des travaux exécutés pendant l'année n-1 rédigés par les chefs de file et transmis au service.
- Le COPIL, également interministériel, pilote globalement le programme et valide les rapports d'instruction (permettant le conventionnement) et d'exécution (permettant de donner lieu aux paiements).

Points forts :

- Le pilotage par la DGE a été salué par tous les acteurs interrogés qui soulignent une professionnalisation de la gestion. La DGE apparaît comme l'expert technique susceptible de contrôler au sein de l'Etat les travaux engagés.
- La structuration du pilotage avec le service instructeur, le DISEXP et le COPIL apparaît bien fonctionner, chacune des strates ayant son rôle en pleine complémentarité des autres.
- La dimension interministérielle du pilotage est également reconnue comme indispensable par tous les acteurs interrogés et les réunions du comité de pilotage sont considérées comme efficaces. Les acteurs participant au comité de pilotage peuvent avoir des attentes différentes, ce qui induit une complexité plus grande dans la gestion, mais le comité de pilotage semble y répondre globalement.

Points de vigilance

- Le positionnement du COPIL a fait l'objet d'une remarque relative à la possibilité de donner des inflexions plus significatives sur les orientations de recherche (et donc des bénéficiaires / projets à valider) et pas seulement de la validation d'un bénéficiaire ou des travaux => évolution vers une dimension plus stratégique.
- Le rôle central de la DGE dans le dispositif de conception et de pilotage du programme peut se traduire par des charges de gestion particulièrement importantes au moment du lancement des programmes.
- Assurer un maintien de la programmation des travaux de l'année N à la fin N-1.

Proposition

- Renforcement ponctuel des équipes / externalisation de certaines tâches moins stratégiques lors de la contractualisation (cf. infra)

8. Une prise en compte insuffisante de la vision des impacts et des retombées

Présentation : Les collectivités territoriales ont une attente forte sur les impacts du programme et sur les retombées pour les territoires. Or, le reporting reste fortement axé sur les travaux en cours et sur les résultats du programme. Même dans le cadre des temps d'échanges, les comités de suivi, le contenu reste technique et difficile à absorber pour les interlocuteurs.

Avantage :

- En se centrant sur les résultats techniques, le reporting est plus léger pour les bénéficiaires.

Faiblesse :

- Une plus grande difficulté à construire un dialogue avec les financeurs et notamment les collectivités territoriales qui ont besoin d'éléments plus détaillés sur les enjeux stratégiques, les perspectives de l'entreprise pour leur propre démarche de contrôle et d'échanges.

Propositions :

- S'inspirer de la démarche « [Pathway to impact](#) » établie au niveau européen pour les projets Horizon Europe afin de définir les impacts et retombées (économiques, y compris sur les territoires) visés par les entreprises et construire le narratif, les jalons et les indicateurs de performance (en nombre limité) permettant de les atteindre. Ces éléments, qui sont préparés en amont des travaux de R&D, au moment de la préparation du dossier ou de la contractualisation pourraient être diffusés aux collectivités.
- Cette question des impacts devrait également être plus marquée au cours des comités de suivi afin de réaliser une mise à jour du narratif et des jalons envisagés et un suivi des indicateurs de résultats et d'impacts.

9. Difficulté à avoir une vision globale inter-programme

Présentation :

- Le programme NANO 2022 et l'IPECI apparaissent aujourd'hui comme une pièce du soutien au secteur des semi-conducteurs. D'autres programmes d'ampleur (IPECI 2, Plan de relance, France 2030) visent également à soutenir le secteur et peuvent se combiner.
- A côté de ces programmes d'autres types de financement régionaux existent (financements CPER, FEDER et aides à l'innovation décidées sur d'autres lignes budgétaires) pour financer les industriels, laboratoires, acteurs de réseaux, plateformes technologiques, etc.

Inconvénients :

- La multiplication des programmes induit un risque de sur-focalisation sur certains thèmes ou acteurs
- Les collectivités ont une vision limitée du cadre général de ces différents dispositifs et peuvent recevoir des demandes de financement avant d'être pleinement informées des dispositifs.
- Les enjeux écosystémiques seront d'autant plus marqués que le volume des financements augmentera.

Propositions :

- Basculer sur une logique inter-programme dans le cadre des relations avec les collectivités dans la réflexion sur des problématiques écosystémiques. Ce basculement peut être opéré dans un cadre bilatéral via des échanges, des notes d'informations ou dans un cadre plus global d'un groupe de travail impliquant l'ensemble des parties-prenantes publiques de la filière et permettant de discuter des enjeux de la filière et de l'écosystème.

Construire une gouvernance globale à l'ensemble des programmes. La gouvernance retenue dans le cadre du programme NANO 2022 apparaît bien fonctionner même si elle doit être retravaillée dans ses relations avec les collectivités territoriales et pourrait servir de base pour une démarche plus globale.

Conclusion

Le programme Nano 2022 a pour objectif de soutenir les industriels du secteur de la microélectronique en leur octroyant des aides destinées à la recherche et développement, ainsi qu'à la première industrialisation.

En soutenant ces industriels dans leurs activités de R&D et d'industrialisation, le programme Nano 2022 vise à positionner les bénéficiaires au sein d'un écosystème d'innovation performant, permettant de promouvoir le développement de composants électroniques innovants, et à favoriser leur intégration dans le processus d'innovation des filières situées en aval. Il s'agit plus précisément des secteurs de l'automobile, de l'IoT et les secteurs aérospatial et de la défense / sécurité.

Le programme s'inscrit dans le cadre du PIEEC Microélectronique, et a la particularité de financer la première industrialisation (FID), ce qui constitue une évolution majeure de ce plan de soutien en comparaison des générations précédentes de Nano.

L'évaluation intermédiaire du programme Nano 2022 a mis en évidence un certain nombre d'éléments, à la fois de gouvernance mais également de performances, qui permettent d'apprécier le bon déroulé du programme à mi-parcours.

- **S'agissant du déroulé du programme**, les acteurs qui ont bénéficié des aides ont rencontré un certain nombre de difficultés. Celles-ci sont liées, d'une part, à la mise en place du programme Nano 2022 et inhérentes à son inscription dans le cadre du PIEEC Microélectronique et des procédures associées, et d'autre part, à la crise du COVID-19. A ces difficultés, s'est ajouté le US BAN qui a contraint les industriels à reporter ou annuler des projets, induisant également une limitation du temps consacré à la R&D.

Malgré ces difficultés, les retards ont pu être absorbés, au moins en partie, par les bénéficiaires dans leur ensemble afin de mener à bien les projets. Les trajectoires des indicateurs de suivi laissent à penser que les investissements annoncés seront atteints, mais les impacts en termes d'emplois pourraient être retardés du fait des délais de mise en production.

- **Concernant les dynamiques observées en matière d'innovation**, l'évaluation a mis en évidence des dynamiques encourageantes, notamment pour ce qui concerne la R&D et la FID. Les chefs de file et les industriels ont réalisé des investissements conséquents. Ainsi, les investissements en R&D associés au programme représentent entre 64 % et 92 % de l'investissement total des bénéficiaires. Pour les chefs de file, l'investissement en FID représente 17 % de l'investissement total.

Le ratio moyen d'investissement par euro de financement s'élève ainsi à 4,6 euros pour les chefs de file et à 2 euros pour les autres industriels.

Ce ratio suggère la présence d'un effet incitatif de l'aide. Il n'est pas possible de le quantifier au stade de l'évaluation intermédiaire (une analyse statistique et économétrique permettant d'estimer le contrefactuel serait nécessaire). Mais plusieurs éléments déclaratifs vont en ce sens : pour une large majorité d'acteurs les développements technologiques auraient été bien inférieurs aux développements observés en l'absence du programme, même s'il ne faut pas exclure une possible compensation partielle entre financement public et financement privé.

- **En termes d'emplois**, les dynamiques observées au niveau des bénéficiaires présentent des caractéristiques positives lorsque celles-ci sont prises au regard des objectifs visés par le programme, à la fois sur les effectifs de R&D et les effectifs alloués à la production des produits visés par le programme.
- **L'appréciation des dynamiques collaboratives** au sein du programme laisse apparaître un certain paradoxe. Pour une majorité d'acteurs, le programme a effectivement permis d'améliorer les dynamiques de coopération. En particulier, le programme a atteint son objectif de coopération entre acteurs industriels et académiques. En revanche, le programme est marqué par une dimension très verticale, à la fois dans le mode de sélection et dans l'organisation des projets. Cette verticalité limite les relations de partenariat, et consacre le rôle central de ST Microelectronics et du CEA.
- **Au niveau environnemental**, STMicroelectronics a enregistré une baisse significative de sa consommation d'énergie par rapport aux générations antérieures au programme Nano 2022, même si une partie de ces réductions de consommation liée à la miniaturisation peut être compensée par une hausse du nombre de semi-conducteurs dans les équipements. A cela s'ajoutent les réductions constatées de consommations d'eau et d'électricité en lien avec le programme.

Ce résultat ne peut en revanche être généralisé à l'ensemble des bénéficiaires, puisque fondé sur les seules observations de STMicroelectronics.

- **Au-delà des bénéficiaires**, l'évaluation à mi-parcours du programme révèle que les acteurs de Nano 2022 participent, au travers de leurs activités, au dynamisme des territoires dans lesquels sont ancrés les principaux sites de production, avec notamment une participation relative importante de ces acteurs aux emplois et aux ressources fiscales des communes d'implantation. Les activités soutenues par le programme Nano 2022 sont également à l'origine d'effets d'entraînement significatifs pour le reste de l'économie française, estimés à près de 327 millions d'euros de valeur ajoutée en base annuelle.

L'ensemble des résultats présentés dans l'évaluation à mi-parcours se fonde sur les éléments déclarés par les répondants. Ils permettent de confirmer le bon avancement du programme, et son importance structurante pour les acteurs concernés. L'estimation de l'effet causal de l'aide apportée devra être démontré à l'aide de méthodes d'estimation économétriques.

Annexes

Annexe 1. Présentation détaillée des liens matriciels technologies-produits

Capteurs intelligents		
Analyse générale	<p>Les capteurs intelligents sont le plus souvent basés sur une combinaison de produits CMOS et de MEMS. La composante intelligence artificielle (smart) requiert l'utilisation de processeurs particulièrement puissants et mais aussi de mémoires embarquées. Le packaging avancé, l'intégration hétérogène, l'intégration de composants micro-photoniques (verres, filtres, polariseurs) et l'intégration 3D sont des champs d'innovations particulièrement porteurs pour les capteurs intelligents.</p> <p>Le champ de PIEEC comprend les capteurs optiques, les capteurs MEMS de mouvements, les capteurs de champs magnétiques, d'autres types de capteurs (piézoélectriques, thermiques, acoustiques, tactiles...), et l'intégration des capteurs dans des systèmes microélectroniques.</p> <p>Le marché mondial des capteurs intelligents est estimé à 20-25 Mds € en 2018 par DECISION et devrait atteindre 30-35 Mds € en 2023 avec une croissance annuelle moyenne de 7-8 %/an. Le marché mondial des MEMS est estimé à 2,7 Mds € en 2018 et devrait atteindre 3,6 Mds € en 2023 avec une croissance annuelle moyenne de 6,1 % sur la période.</p> <p>L'évolution du marché des capteurs intelligents dépend également du déploiement à plus ou moins grande échelle de réseaux de communications 5G/6G et near-edge / far-edge sur les territoires.</p>	
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Xfab, Lynred, CEA-Leti, Bosch, Infineon, TDK, Elmos...	
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière aval à horizon 2025	Application(s) dans les filières avales
Automobile	Fort	Assistance à la conduite (ADAS) pour les capteurs « intelligents », sécurité (airbag, ESP...).
Equipements industriels	Fort	Industrie 4.0 et applications associées : maintenance prédictive, gestion des stocks, ou encore contrôle qualité en temps réel.
Aérospatial / Défense / Sécurité	Fort	<p>Dans le domaine de la défense, la DARPA américaine travaille notamment depuis les années 1990 sur le concept de « smart dusts », facilement déployables et difficilement détectables, permettant de collecter et fusionner des informations sur un théâtre d'opération en temps réel.</p> <p>Dans le domaine de la sécurité, les capteurs intelligents sont de plus en plus utilisés pour la surveillance de bâtiments, aussi bien auprès de particuliers (maison connectée), que pour la surveillance d'infrastructures critiques (aéroports, usines...). Les capteurs connectés permettent aussi l'utilisation de solutions de biométrie et de biométrie comportementale.</p> <p>Assistance à la conduite de véhicules de drones à des fins de défense ou de sécurité.</p>
Réseaux télécoms	Faible	

Electronique grand public	Moyen	En particulier, intégration probable dans les smartphones haut de gamme à l'horizon 2023, jeux vidéo.
IoT	Fort	Implants dans le domaine de la santé pour un suivi en temps réel de données de santé, surveillance de données environnementale et / ou climatiques en temps réel, smart city, smart-agriculture, AR/VR...
Composants numériques à basse consommation		
Analyse générale	<p>Dans le cadre du PIEEC, sont principalement considérés dans la catégorie des composants numériques favorisant la basse consommation : le progrès technique dans la fabrication de composants FDSOI permettant une plus faible consommation (28 à 12 nm et substrats associés), le progrès technique dans la fabrication de composants RF (Radio Fréquence) permettant une plus faible consommation, et la fabrication de mémoires non-volatiles embarquées (eNVM). Ces trois catégories de produits sont destinées à différents types de marchés à horizon 2025. Sur ces segments, ST Microelectronics détient environ 15 % des parts de marché au niveau mondial. On trouve aussi les composants POI, Photonics SOI...</p> <p><u>Composants FDSOI</u> : la technologie silicium sur isolant (SOI) fait référence à l'utilisation d'un substrat en couches de silicium-isolant-silicium à la place des substrats de silicium en vrac conventionnels dans la fabrication de semi-conducteurs. Dans les dispositifs FDSOI (Fully Depleted Silicon On Insulator), la couche de surface en silicium est très fine, de sorte que la commutation induite électriquement des électrons supporte moins d'interférences, ce qui entraîne des vitesses de commutation plus élevées. En matière de consommation énergétique, la mise à l'échelle de la technologie FDSOI permet de fournir une alternative économe en énergie à la technologie FinFET.</p> <p>Les acteurs engagés dans le FDSOI au niveau mondial sont Soitec, le japonais SEH et le taiwanais GlobalWafers (substrats), GlobalFoundries, Samsung et bientôt peut-être le taiwanais Mediatek (fonderies), ST et NXP (IDMs), et peut-être bientôt Qualcomm ou Google (fabless). Les applications du FDSOI sont principalement dans les segments professionnels (automobile, industrie, IoT industriels...), mais aussi dans des composants RF pour les smartphones. Le marché des composants RF de smartphone 5G à ondes millimétriques, de plus en plus pénétré par la technologie FDSOI, devrait représenter plus de 2 Mds € en 2025 au niveau mondial.</p> <p><u>Mémoires non-volatiles embarquées (eNVM)</u> : une mémoire non-volatile permet la sauvegarde de l'information en l'absence d'alimentation. Embarquée signifie que la mémoire est intégrée dans un système plus large, comme par exemple un microcontrôleur (MCU) ou un système sur puce (SoC). Autrement dit, les eNVM sont particulièrement utiles pour des applications intermittentes et/ou pour lesquelles l'intérêt de rang 1 n'est pas la capacité de stockage et la miniaturisation mais plutôt la faible consommation énergétique (automobile, IoT en particulier, applications industrielles). Le marché mondial représente près de 30 Mds € en 2021, dont déjà 40 % basés sur des technologies 28/22 nm à destination des marchés automobiles, industriels, aérospatial et IoT (mémoires embarquées dans des SoC ou MCU), les 60 % restants étant destinés aux marchés grand public (en particulier smartphones et tablettes). La proportion dédiée aux applications professionnelles augmente chaque année. Les technologies émergentes eNVM les plus porteuses sont les STT-MRAM (Spin-Transfer Torque Magnetic RAM), PCM (Phase Change Memory) et RRAM (Resistive RAM), avec une valeur de marché totale estimée à 6 Mds € en 2023, car elles pourraient permettre la prochaine génération d'IoT et dispositifs edge-AI grâce à leurs caractéristiques basse consommation. ST Microelectronics est à ce stade le seul acteur majeur engagé dans la technologie PCM. Il embarque ses PCM dans des MCU principalement à destination du marché automobile, en collaboration avec GlobalFoundries. Samsung a été la première entreprise à annoncer la production commerciale de produits IC basés sur STT-MRAM.</p> <p>Parmi les acteurs impliqués dans ce segment, on trouve aussi les IDM américains Intel et Micron, les principales fonderies (TSMC, UMC), NXP en partenariat avec Samsung, les Japonais Panasonic et Fujitsu, ainsi qu'un certain nombre d'entreprises IP américaines, comme Everspin, Avalanche, Spin Memory (MRAM), Crossbar et Adesto (RRAM), Nantero (NRAM)...</p>	

	<p>Sur le sous-segment des EEPROM, les principaux acteurs sont ST, les américains ON Semiconductor et Microchip, le Chinois Giantec Semiconductor et le Japonais Rohm.</p> <p><u>Composants RF basse consommation</u> : les technologies RF sont les différentes technologies impliquées dans les communications sans fil, entre autres le WiFi, la voix mobile et les communications de données. Elles couvrent le large spectre radiofréquence de 3Hz à 3THz et la grande variété de technologies pour générer et détecter les ondes radio.</p> <p>Le marché des composants RF au sens large représente environ 15 Mds € en 2020. Les principaux producteurs de composants RF sont les américains Qorvo, Skyworks Solutions, Broadcom, Qualcomm et GlobalFoundries ainsi que le Japonais Murata. En Europe, les leaders sont dans l'ordre Infineon, NXP et ST. ST Microelectronics produits des composants RF en technologie RF-SOI à Crolles, CMOS à Rousset et RF GaN à Catania en Italie. GlobalFoundries dispose de trois usines de composants RF à Singapour et d'une usine aux USA.</p> <p>Le sous-segment des composants RF-SOI représente un marché mondial d'environ 40 M € en 2020, sur lequel ST est leader.</p>		
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Soitec, Xfab, Murata, CEA-Leti, GlobalFoundries, Racyics, Cologne Chips.		
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025		
	Composants FDSOI	Mémoires non-volatiles embarquées (eNVM)	Composants RF
Automobile	Fort	Fort	Moyen
Equipements industriels	Fort	Fort	Moyen
Aérospatial / Défense / Sécurité	Faible	Faible	Faible
Réseaux télécoms	Faible	Faible	Fort
Electronique grand public	Moyen (Haut de gamme – Basse consommation – RF 5G à ondes millimétriques)	Moyen (mémoires caches smartphones & tablettes)	Fort
IoT	Fort	Fort	Fort

Composants de puissance	
Analyse générale	<p>Les composants de puissance regroupent des composants discrets (Thyristors, diodes, MOSFET, IGBT...), des circuits intégrés et les composants de puissance dits « intelligents » au sens où ils intègrent dans une même puce différents circuits ayant une solution technologique remplissant différentes fonctions : analogique, logique et puissance (Exemple : Bipolaire CMOS DMOS (BCD), Double DMOS (DDMOS)). Les matériaux innovants GaN et SiC sont particulièrement utilisés dans les applications de puissance.</p> <p>Les composants de puissance sont utilisés pour la production, la transmission, le stockage et l'utilisation de l'énergie électrique : gestion de l'alimentation, surveillance de tension, gestion de batteries, etc. En conséquence, ils se destinent principalement aux marchés « professionnels » qui font appel à de fortes puissances électriques : automobile, industrie, aérospatial / défense / sécurité, voir certains IoT industriels.</p>

	Le marché mondial des composants de puissance est estimé par DECISION à 40,7 Mds € en 2019, dominé par des américains (TI 10%, Onsemi 6 %, Analog Devices 6 %, Vishay), des européens (Infineon 13 %, ST 6 %, Nexperia), et des japonais (Mitsubishi Electric, Renesas, Toshiba, Fuji Electric). Il devrait croître au taux annuel de 4,3 % à horizon 2025 selon Yole, principalement du fait des modules IGBT, des MOSFET sur silicium et des composants SiC.	
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Murata, Xfab, Infineon, Bosch...	
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025	Application(s) dans les filières avales
Automobile	Fort	Véhicules électriques ou hybrides (chargeur, onduleur, convertisseur)
Equipements industriels	Fort	Éoliennes, panneaux solaires, systèmes de stockage d'énergie associés, transport ferroviaire, recharge de véhicules électriques ou hybrides, LEDs, réseaux électriques (HVDC, UPS) ...
Aérospatial / Défense / Sécurité	Fort	Radars, contrôle moteur...
Réseaux télécoms	Faible	-
Electronique grand public	Faible	Applications d'électroménager.
IoT	Moyen	IoT industriels associés à des applications de puissance.

Equipements optiques		
Analyse générale	<p>Les équipements optiques avancés regroupent, dans le cadre du PIEEC, des équipements optiques et des masques optiques requis dans le fonctionnement des machines de lithographie ultra-violet (EUV), servant à la fabrication de semiconducteurs avancés.</p> <p>Les principales entreprises concernées dans le cadre du PIEEC sont les entreprises allemandes Zeiss et AMTC. Par ailleurs, le néerlandais ASML est le leader européen et mondial dans la fabrication d'équipements de lithographie ultra-violet (EUV).</p> <p>Les perspectives de marché associées à ce segment correspondent aux investissements réalisés au niveau mondial en matière de machines de lithographie EUV. Le marché mondial des équipements de lithographie pour semiconducteurs est estimé par DECISION à 15 Mds € en 2020, et le marché des équipements pour la fabrication de wafer est estimé à 64 Mds € en 2020. A horizon 2025, ces deux marchés devraient respectivement croître à un taux annuel moyen respectivement de 8 % et 13 %.</p> <p>Dans la concurrence internationale sur ce segment, les entreprises américaines dominent, avec notamment MKS Instrument (équipements optiques), et Advanced Energy Industries (masques).</p>	
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	Zeiss et AMTC (Advanced Mask Technology Center).	
Filières avales	Potentiel de marché dans la filière avale à horizon 2025	Application(s) dans les filières avales
Automobile	Moyen	

Equipements industriels	Moyen	Les équipements optiques avancés sont requis pour la fabrication de semiconducteurs avancés. En conséquence, leur pénétration de marché à horizon 2025 est celle des semiconducteurs avancés (<20 nm) à cet horizon.
Aérospatial / Défense / Sécurité	Faible	
Réseaux télécoms	Fort	
Electronique grand public	Fort	
IoT	Moyen	

Semi-conducteurs composés

Analyse générale	<p>Les semiconducteurs composés sont des semiconducteurs qui ne sont pas basés uniquement sur du Silicium (Si), mais sur plusieurs éléments du tableau de Mendeleïev : II-III (SiC...), II-IV (GaN...), II-VI (CdSe...), IV-IV (GaAs...), III-V (InP)... Dans le cadre du PIEEC, le champ des semiconducteurs avancés regroupe la fabrication de tranches épitaxiales (épi-wafers) de semi-conducteurs III-V, II-VI et IV-IV de diamètres toujours plus élevés et la fabrication de substrats et d'équipements de fabrication associés, avec des applications microélectroniques et photoniques (Photonique sur Silicium SiPh...).</p> <p>Les semiconducteurs composés forment un marché émergent qui représentait moins de 1 % des capacités mondiales de production de semiconducteurs jusqu'en 2018 selon DECISION. Il représente 1-2 Mds € en 2020 et devrait bénéficier d'une croissance de plus de 10 % au moins à horizon 2025. Sur l'ensemble des semiconducteurs composés, ST déclare détenir environ 5 % des parts du marché mondial en 2021.</p> <p><u>SiC</u> : le marché des composants SiC avoisine les 500 M € en 2020 et devrait croître annuellement d'environ 30 % à horizon 2025. ST Microelectronics est le premier producteur de composants SiC, devant Infineon, Cree (US), Rohm (Japon)... Xfab produit des composants SiC pour 29 M € en 2020 (6 % de parts de marché), avec une croissance de 60 % par rapport à 2019. Xfab investit dans ses capacités de production de SiC en 150 mm avec une expansion de son site de Lubbock au Texas.</p> <p><u>GaN</u> : le marché des composants GaN avoisine les 700 M € en 2020 et devrait croître annuellement d'environ 70 % à horizon 2025. Les acteurs présents sur ce marché sont Power Integrations (US), Navitas (Ireland), EPC (US), GaN Systems (Canada), Transphorm (US), Infineon...</p>
Principaux acteurs concernés (PIEEC)	ST Microelectronics, Soitec, Lynred, CEA-Leti, OSRAM...

Potentiel de marché dans la filière aval à horizon 2025		
Filières avales	SiC	GaN
Automobile	Fort	Moyen
Equipements industriels	Fort	Faible
Aérospatial / Défense / Sécurité	Fort	Fort
Réseaux télécoms	Faible	Fort
Electronique grand public	Faible	Fort
IoT	Moyen	Faible

Annexe 2. Présentation détaillée des chefs de file

STMicroelectronics


Le groupe STMicroelectronics est né de la fusion entre l'italien SGS Microelettronica et de français Thomson Semiconducteurs en 1987. STMicroelectronics est aujourd'hui le premier fabricant de composants électroniques en Europe et le 14ème dans le monde en termes de ventes. En ce qui concerne l'industrie européenne au sens large, ST Microelectronics est la deuxième entreprise européenne derrière le néerlandais ASML.

Le groupe emploie plus de 45 000 personnes à l'échelle mondiale, dispose de 16 unités de R&D avancées, de 39 centres de conception, de 13 sites de production et de 78 bureaux de vente dans 36 pays. En France, ST est implanté à Crolles et Grenoble en Isère, et également à Rousset dans les Bouches-du-Rhône et à Tours en Indre-et-Loire et Rennes en Ile et Vilaine.

ST fabrique une large gamme de composants : composants discrets et à usage général, circuits intégrés spécifiques à une application (« ASIC »), dispositifs entièrement personnalisés, dispositifs semi-personnalisés et produits standard spécifiques à une application (« ASSP ») pour les applications analogiques, numériques et à signaux mixtes, etc.).

ST utilise une large gamme de technologies traditionnelles et émergentes : CMOS, FD-SOI, Bi-CMOS, RF-SOI, BCD, VIPower, SiC, GaN, MEMS, mémoires embarquées, capteurs optiques, etc. Avec des ventes estimées à 611 M d'euros par Yole, ST est le quatrième fabricant mondial de MEMS en 2020 derrière Bosch, Broadcom et Qorvo.

Les produits de STMicroelectronics sont aujourd'hui essentiellement orientés vers les marchés embarqués (industrie et IoT industriels, automobile, aéronautique & défense, etc.), représentant environ 60-70 % de son chiffre d'affaires en 2020 avec des clients comme Bosch, Continental, Mobileye (Intel), ou encore Tesla. Sur le marché automobile, STMicroelectronics occupe une 5ème place mondiale pour fournir des composants comme des MCU ou des composants de puissance. Ses principaux concurrents sont Infineon, NXP, Renesas et Texas Instruments. Sur le segment de l'industriel, ST possède de solides positions au niveau mondial en particulier sur les composants de puissance discrets (3ème), les circuits intégrés analogiques (5ème), et les MCU et MPU (5ème) où la concurrence est représentée par Infineon, Texas Instruments, Intel et Analog Devices.

STMicroelectronics développe également des composants pour les marchés dits « grands publics » notamment les smartphones. Ainsi, Apple est devenu en 2020 le premier client du groupe représentant 24 % des ventes en 2020, grâce notamment au succès de l'iPhone 12. Sur le segment des MEMS qui trouvent des débouchés à la fois dans l'électronique grand-public comme les smartphones ou dans l'embarqué avec l'automobile, ST fait partie du top 3 mondial avec Broadcom et Bosch.

Porté par la forte croissance des marchés embarqués (en particulier automobile), mais aussi grâce à une forte progression des ventes à Apple (764 M d'euros en 2017 contre 2 130 M d'euros en 2020), ST a ainsi connu une croissance annuelle moyenne de 8,5 % sur la période 2015-2020.

En 2021, les perspectives de croissance sont très bonnes pour ST qui enregistre une croissance de 39 % sur le premier semestre par rapport au premier semestre 2020. Cette croissance est due aux segments de ST dédiés aux marchés « embarqués » (automobile, industriel, énergie), tirés par une hausse des prix du fait de la pénurie de composants en cours.



Année	Employés	Chiffre d'affaires (M€)
2017	45 468	7 274
2018	45 953	8 415
2019	45 554	8 343
2020	46 016	8 914
2021	-	10 520

Source: DECISION Etudes & Conseil, rapports annuels

Investissements réalisés en France en 2020 (% total)				46%
Dépenses de Recherche, Développement et Innovation (RDI) en France en 2020 (% total)				53%
Emplois en France (% total)				24%
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
AURA	Front-end, R&D	Crolles, Grenoble, Bernin, Le Bourget-du-lac	6109 (13%)	1070
PACA	Front-end, R&D, développements logiciels	Rousset, Sophia Antipolis, Toulon	2899 (6%)	244
Centre-Val de Loire	Front-end, R&D	Tours	1285 (3%)	79
Pays-de-la-Loire	R&D	Le Mans	231 (<1%)	0
Bretagne	Back-end, R&D	Rennes	219 (<1%)	5
Ile-de-France	Siège, ventes & marketing, R&D	Paris	215 (<1%)	0
Occitanie	R&D	Toulouse	-	-

Le groupe Soitec, né en 1992 (spin off du CEA Leti), est spécialisé dans les matériaux semiconducteurs innovants, notamment le silicium sur isolant (SOI), et dans les solutions de transfert de couches de matériaux semiconducteurs.

En France, le groupe est implanté au sein du pôle d'innovation en nanotechnologies de Grenoble en Isère. Il dispose d'un centre de R&D consacré aux recherches sur les matériaux semiconducteurs innovants pour l'électronique ainsi que du plus grand centre de production mondial de plaques de SOI, situés à Bernin (à proximité de Grenoble). Le groupe emploie 1 582 personnes à l'échelle mondiale, dont plus de 1 000 en France.

Pour Soitec, 2016 met fin à plusieurs années consécutives de difficultés financières grâce à un recentrage stratégique et à une nouvelle organisation. Ce recentrage porte sur le business semiconducteurs uniquement et s'accompagne d'un nouveau positionnement sur quatre marchés porteurs : smartphone, automobile, objets connectés et cloud & infrastructures. Cela a permis au groupe de redresser son chiffre d'affaires dès 2017. Ce rebond s'explique par le succès croissant des produits RF SOI principalement pour les smartphones et des produits FDSOI pour des applications liées à la mobilité et à la faible consommation d'énergie comme les smartphones, l'automobile et les objets connectés. Après une période de stagnation du chiffre d'affaires entre 2011 et 2017, la nouvelle stratégie de Soitec porte ses fruits et l'entreprise voit presque ses ventes tripler entre 2016 et 2020, avec un taux de croissance annuel moyen de 29 %. En 2020-2021, le groupe subit la crise de la COVID avec une baisse de son chiffre d'affaires de -2,4 %. Par ailleurs, les effectifs de Soitec sont en constante augmentation depuis 2017.

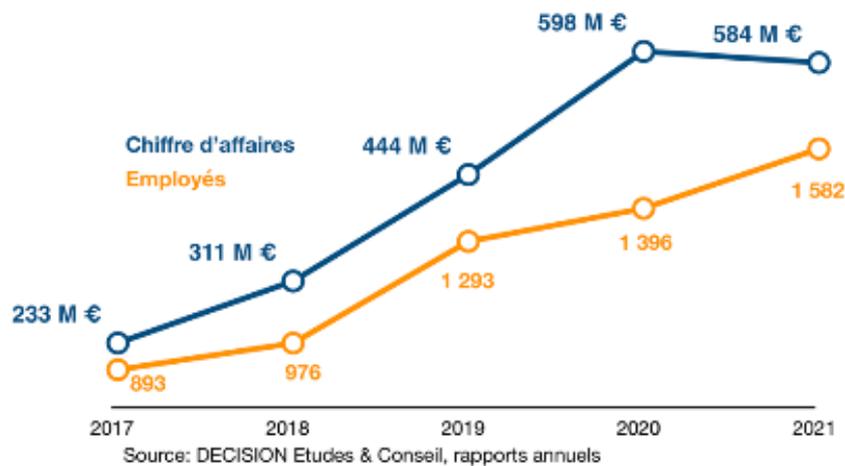
Afin de répondre à la forte demande de plaques de silicium sur isolant (FD SOI), Soitec a engagé depuis 2018 un vaste plan d'investissement. Il est destiné à augmenter les capacités de production de ses usines à Bernin et à Singapour.

D'autre part, Soitec a récemment initié une politique de diversification sur de nouveaux matériaux, en particulier le piézoélectrique sur silicium (POI) et un substrat à base de carbure de silicium (SiC). Ces nouveaux matériaux offrent de nouvelles opportunités et permettront d'étendre son marché dans les circuits radiofréquences ou encore les composants électroniques de puissance.

La collaboration entre Soitec et le CEA-Leti a été ininterrompue depuis la création de l'entreprise et la mise en place d'un laboratoire commun. Les activités amont ont été renforcées par la création de Soitec Lab, entité basée sur le site du CEA-Leti pour y assurer développement et prototypage avancé.

Des équipes mixtes collaborent également au sein du Substrate Innovation Center pour le développement des nouvelles technologies mais aussi pour valider les nouveaux concepts de substrats en utilisant des composants électroniques innovants et jusqu'à la démonstration de la valeur au niveau système et applications.

SOITEC offre des produits très innovants sur le marché des matériaux (substrats) pour semi-conducteurs et est en concurrence avec des acteurs positionnés sur des technologies plus matures (comme les substrats à base de silicium). Les principaux concurrents de SOITEC sont Global Wafers (Twa), Sumco (Jap), Shin-Etsu (Jap) ou encore Siltronic.



Emplois en France (% total)				88%
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
AURA	Siège, production, R&D	Bernin, Grenoble	1226 (88%)	~120

XFab est la plus grande fonderie française et européenne de semi-conducteurs. En tant que fonderie, XFab est spécialisée dans la gravure de plaquettes de semi-conducteurs (front-end manufacturing). XFab offre également un ensemble complet de prototypage et conception IP et accompagne ses clients dans le développement de leurs produits. Cette activité de prototypage représente 10 à 15 % de ses revenus, le reste étant de la pure fonderie. En UE, XFab est la quatrième entreprise en termes de capacités de production de circuits intégrés, derrière les trois grands IDMs : ST Microelectronics, Infineon et NXP.

XFab est un groupe germano-belge né en 1992 de la privatisation partielle de l'entreprise allemande Kombinat Mikroelektronik Erfurt et de son rachat par la holding belge Xtrion. Xtrion détient aujourd'hui 48 % d'XFab. Cette holding détient également 50 % du groupe belge fabless Melexis, qui se trouve être également le principal client d'XFab avec 39 % de ses ventes en 2020. Les groupes XFab (fonderie) et Melexis (design et back-end) sont donc très liés, aussi bien d'un point de vue commercial que capitalistique. La holding financière malaisienne Sarawak Technology est le second actionnaire d'XFab avec 11,4 % des parts. En 2016, XFab s'implante en France (Corbeil-Essonnes) en rachetant Altis Semiconductor.

En 2020, XFab dispose de 6 sites de fabrication à travers le monde. Chacun des sites réalise de la R&D.

- Trois sites en Allemagne : Erfurt, Dresde et Itzehoe. Ces sites regroupent environ un tiers des emplois d'XFab.
- Un site en Malaisie (Kuching), qui représente environ 30 % des emplois d'XFab.
- Le site français de Corbeil-Essonnes, qui représente environ 25 % des emplois d'XFab.
- Un site aux États-Unis (Lubbock), qui représente environ 10 % des emplois d'XFab.

XFab dispose également de bureaux en Russie, au Japon et au Royaume-Uni.

En termes de produits, XFab est spécialisée dans la production de :

- Circuits intégrés analogiques / à signaux mixtes (~90 % de la production en 2020).
- Les systèmes micro-électromécaniques (MEMS) (~7 % de la production en 2020).
- Le carbure de silicium (SiC) (~4 % de la production en 2020).

XFab n'est pas une fonderie spécialisée dans les technologies More Moore dites « avancées », et ne dispose pas de capacité de production en dessous de 130 nm. XFab est en revanche spécialisé dans les technologies dites « More than Moore », particulièrement utilisées dans les marchés de débouchés « embarqués » : automobile, industriel, etc. XFab dispose de compétences uniques en France et rares au niveau de l'UE en métallisation du cuivre et en Radio Fréquence (RF).

Les principaux marchés de débouchés d'XFab sont dans l'ordre :

1. L'automobile représente environ 50 % du CA d'XFab. Les marchés porteurs sont notamment l'assistance à la conduite.
2. L'industriel (équipements industriels, transport ferroviaire, énergie...) représente 15 à 20 % du CA d'XFab. Les marchés porteurs sont notamment l'industrie 4.0.
3. Le médical représente 3 à 10 % des revenus d'XFab.
4. Les produits grands publics (smartphones, maison connectée, etc.) ne représentent dans leur ensemble que 20 à 30 % des revenus du groupe. Les produits d'XFab sur ce marché sont des capteurs, des composants de puissance (LED, composants de puissance pour batteries ou pour des moteurs de produits électroménager, etc.) et des composants RF (MEMS).

XFab vend majoritairement en Europe (>50 % de son CA), mais vend également en Amérique du Nord pour environ un quart de son CA et en Asie pour le dernier quart.

Le site français d'Altis Semiconductor était spécialisé sur le marché grand public. Le site français d'XFab dessert encore aujourd'hui majoritairement les marchés grands publics d'XFab, notamment à travers le segment RF qui bénéficie de débouchés potentiels avec le déploiement de la 5G. Dans le cadre du plan de relance soutenu par la BPI, XFab fait également migrer certaines productions dédiées à l'automobile depuis la Malaisie vers la France. XFab regroupait 992 employés en 2018 et 982 en 2019, pour un CA généré sur site de respectivement 98,8 M puis 90 M d'euros. En comparaison, les ventes d'XFab en France sont de 9,2 M en 2018, 7,5 M en 2019 et 8 M d'euros en 2020.

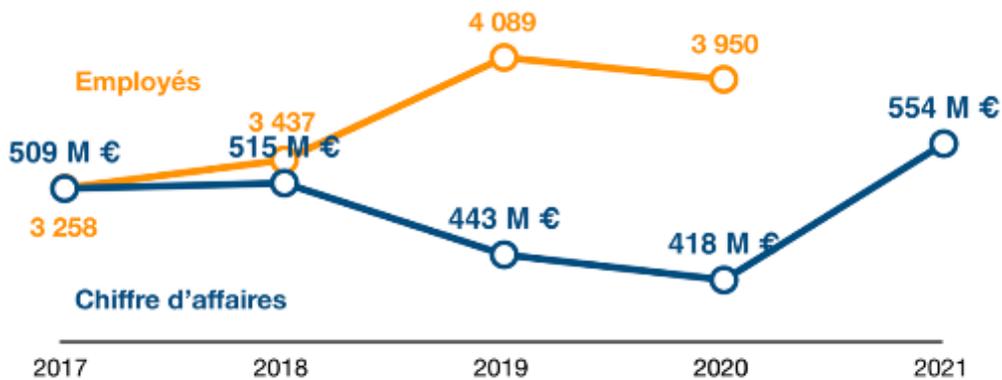
Sur la période 2018-2020, XFab remplace une partie des machines installées sur le site français du temps d'Altis Semiconductor par de nouvelles machines adaptées aux nouvelles technologies du groupe, notamment en remplacement de certaines technologies jusqu'alors réalisées sur le site de Malaisie -qui lui aussi évolue vers de nouvelles technologies. Cela représente un investissement de 34 M\$ entre 2018 et 2020. Cet investissement fait du site français l'une de quatre priorités du groupe sur la période 2018-2020, derrière les sites de Malaisie (60 M\$ d'investissement) et de Dresde (41 M\$ d'investissement), et devant l'usine du Texas (23 M\$ d'investissement).

Sur la période 2018-2020, XFab voit son CA baisser successivement de -14 % puis -6 %. Sur la même période, XFab augmente ses effectifs mondiaux de 7 %/an. Les difficultés d'XFab en 2019 et 2020 sont dues majoritairement à la forte baisse de ses revenus dans le secteur « grand public », duquel XFab souhaite partiellement se désengager. Le deuxième facteur est la baisse du marché automobile d'XFab dès 2019, non compensée par la croissance des segments industriel et médical. Au Q1 2021, XFab bénéficie au contraire d'une croissance record de +36 % portée par la hausse des prix des composants dans tous ses segments et en particulier dans le segment automobile, laissant présager une belle année 2021.

La stratégie d'XFab consiste à se recentrer sur les marchés de débouchés embarqués (automobile, industriel et médical), qui représentent déjà près de 80 % de son CA au Q1 2021.

L'un des principaux risques à long terme pour XFab est le maintien d'une industrie automobile européenne forte et capable d'exporter vers la Chine, premier marché automobile mondial représentant environ 30 % de ce marché à elle seule. La filière automobile européenne est vouée à représenter plus de la moitié des ventes d'XFab.

En termes de concurrence et en tant que fondeur XFab est en compétition sur les technologies digitales avec les leaders mondiaux que sont TSMC, UMC ou Global Foundries. Sur les technologies de composants analogiques, XFab est en concurrence avec d'autres fondeurs comme par exemple l'israélien Tower Semiconductors et le taïwanais Vanguard International Semiconductors (VIS) notamment pour les marchés télécommunication et grand-public. En ce qui concerne les segments débouchés automobile, industriel et médical, XFab fait face à une concurrence d'IDM que cela soit NXP, STMicroelectronics, Renesas, Infineon ou Microchip.



Source: DECISION Etudes & Conseil, rapports annuels

Emplois en France (% total)	20%
-----------------------------	-----

Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
Ile-de-France	Production	Corbeil-Essonnes, R&D	779 (20%)	87

Lynred



Sofradir (Société française de détecteurs infrarouge) a été créée en 1986 par des équipes en provenance du CEA-Leti sous la forme d'une joint-venture à 50/50 entre Thomson-CSF (désormais Thales), et Sagem (désormais Safran), avec l'ambition de devenir le leader français et européen des capteurs infrarouges haute-performance et sur-mesure à destination des secteurs de la défense et du spatial. En 2008, Sofradir rachète Electrophysics, renommé Sofradir EC, à Fairfield aux États-Unis dans le but de se positionner sur le marché nord-américain.

Ulis est créée en 2002 sous la forme d'une joint-venture entre Sofradir (85 %) et le CEA (15 %). Ulis se spécialise sur les capteurs infrarouges sur des segments à plus bas coûts destinés aux marchés industriels, de la sécurité, de l'automobile et des bâtiments connectés. Les capteurs fabriqués par Ulis sont non refroidis, standardisés et fabriqués en grands volumes, moins performants mais moins encombrants, moins consommateurs d'énergie et de coût bien moins élevé.

En 2018, Ulis et Sofradir, les deux leaders français des capteurs infrarouges, fusionnent pour former la société Lynred. Les actionnaires de Lynred sont toujours Thales (50 %) et Safran (50 %). Au moment de la fusion en 2018, Sofradir représente 60 % du CA et 75 % des emplois du nouveau groupe.

Grâce à la fusion, Lynred devient l'un des rares fournisseurs de détecteurs infrarouges mondiaux à couvrir l'ensemble de la bande spectrale infrarouge (du SWIR au VLWIR) et à couvrir l'ensemble des marchés : de l'aérospatial et défense jusqu'à l'industrie, la sécurité, les loisirs, les bâtiments connectés et l'automobile. La fusion permet également de mutualiser les services de R&D. Aujourd'hui, le segment défense représente environ 40 % des ventes de Lynred, l'aérospatial 10-15 et les marchés civils (près de 50 %) (industriel, thermographie, surveillance, loisirs, détection de gaz, scientifique).

Lynred emploie un millier de salariés, dont la grande majorité sont localisés sur le site isérois (Veurey-Voroize). Le siège social de Lynred est situé Palaiseau et le troisième site du groupe est celui de Fairfield aux États-Unis. Lynred réalise 85 % de son CA à l'export.

Le marché mondial de l'imagerie thermique (de la microélectronique jusqu'aux caméras), est estimé à 6,7 Mds d'euros et devrait bénéficier d'une croissance de 5 à 10 %/an sur la période 2020-2025 grâce à l'utilisation croissante d'imagerie thermique dans les nouveaux marchés : la sécurité, de l'industrie, du bâtiment connecté, de l'automobile (assistance à la conduite), voir directement dans des smartphones. La Chine est aussi le principal facteur de la croissance mondiale, et devrait représenter plus de 60 % du marché en 2025.

Le premier fabricant mondial de capteurs infrarouges est aujourd'hui l'américain Teledyne Flir qui réalise un CA de 1685 M d'euros en 2020 (en incluant non seulement la microélectronique mais aussi les systèmes optiques complets comme les caméras). Teledyne Flir est très centré sur les marchés Défense/Spatial/Sécurité, fortement soutenus par la commande publique américaine. Lynred se déclare être en seconde position. Le chinois Guide Infrared est également l'un des leaders et bénéficie d'une très forte croissance.

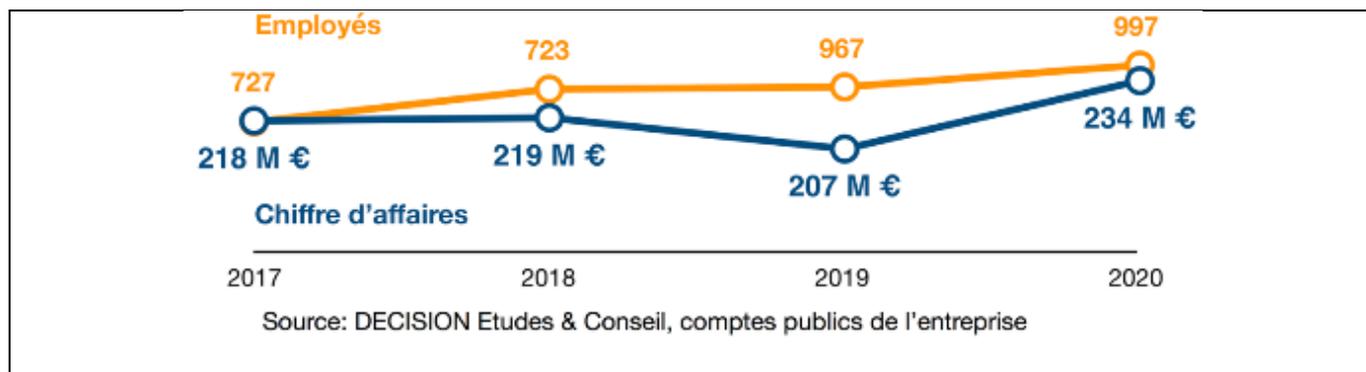
Sur le marché des capteurs infrarouges pour la défense et le spatial, qui représentent environ 50 % des ventes de Lynred, les principaux concurrents sont : les américains Teledyne Flir, L3, Lockheed Martin, Raytheon, l'anglais BAE Systems, l'italien Leonardo DRS, l'israélien Elbit Systems et les chinois Guide Infrared et Zhejiang Dali.

L'imagerie thermique repose notamment sur les MEMS. Lynred fait partie des 30 premiers fabricants de MEMS au niveau mondial et se classe en 5^{ème} position en UE27 derrière Bosch, STMicroelectronics, Infineon et NXP. Lynred réalise un CA estimé à 100 M d'euros en 2020 dans les détecteurs infrarouges (micro-bolomètres) à base de MEMS.

Lynred réalise une croissance moyenne de 3,7 %/an sur la période 2018-2020. Sur cette période, ses effectifs augmentent de 1,7 %/an en moyenne dans le monde.

Le principal risque pour Lynred sur la période 2020-2025 est la forte concurrence internationale avec l'arrivée d'un nombre croissant d'acteurs sur ce marché en forte croissance et en particulier l'émergence d'acteurs chinois fortement soutenus par leur gouvernement.

Lynred est cependant soutenu par ses actionnaires qui sont aussi des clients importants. Thales et Safran représentent environ 10% du CA de Lynred dans les caméras infrarouges refroidies et 10 % dans les détecteurs infrarouges non refroidis.



Murata France



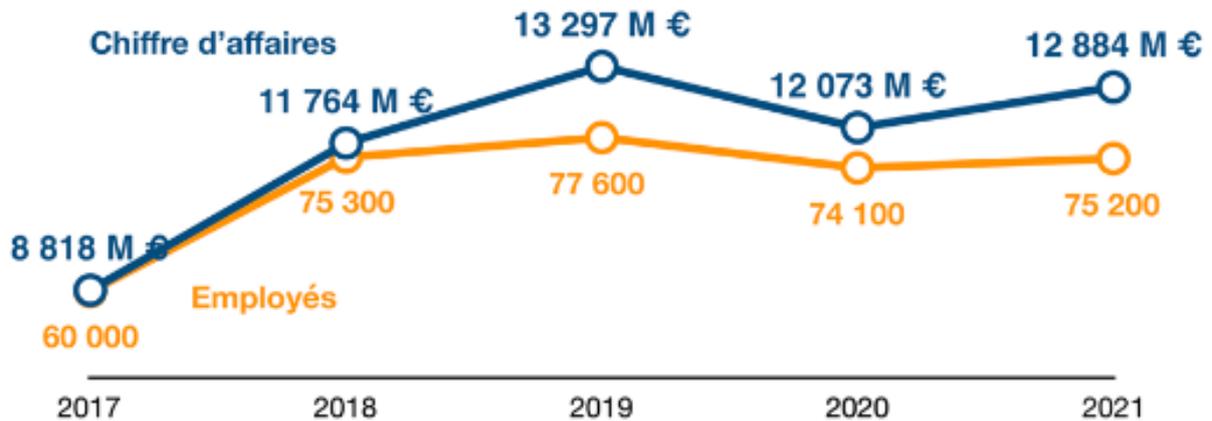
Murata est une grande entreprise à capitaux japonais, qui fait partie du top 10 des producteurs de composants électroniques passifs dans le monde (condensateurs, composants piézoélectriques, etc.), avec les japonais Kyocera et TDK, les américains Amphenol, Vishay et Kemet, et le taiwanais Yageo. Murata est le premier fabricant de composants passifs à destination des marchés d'électronique embarqués (automobile, industriel, médical, etc.) et est également un leader sur le marché des MEMS (9^{ème} mondial), avec un CA estimé à 345 M d'euros en 2020 dans les MEMS.

En 2020-2021, Murata réalise un CA mondial de 12,9 Mds d'euros et emploie 75 200 personnes dans le monde. Sur la période 2018-2021, Murata réalise une croissance moyenne de 3,5 %/an de son CA, avec une récession en 2019-2020 du fait de la crise du COVID et de son impact sur les segments de l'électronique embarquée (automobile, industriel, etc.). Le segment des condensateurs bénéficie d'une croissance moyenne de 11 %/an sur la période 2018-2021, tandis que le segment des composants piézoélectriques subit une récession de -8 %/an sur cette même période.

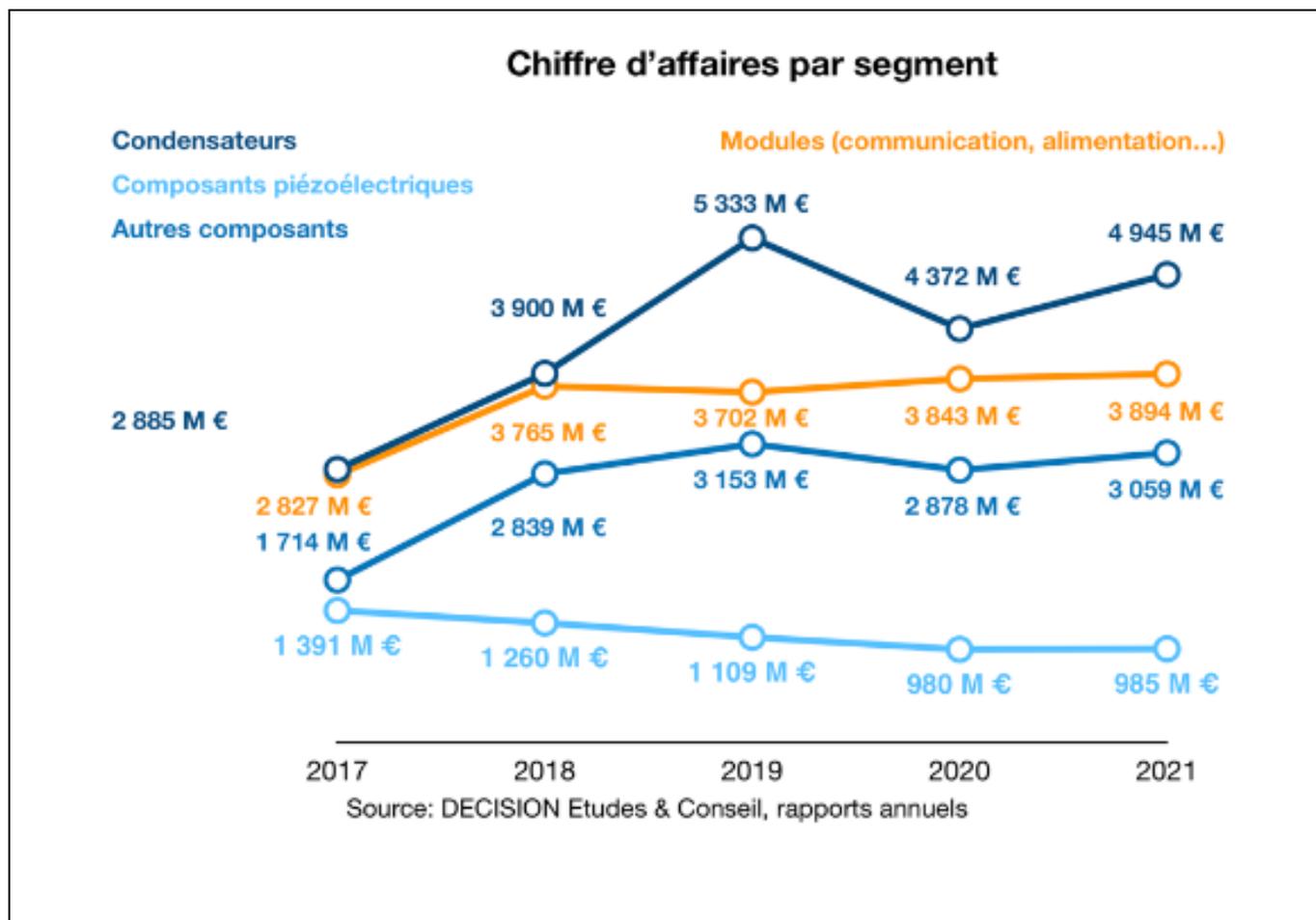
La filiale française du groupe japonais Murata, qui est l'un des chefs de file de la filière française dans le cadre du Plan Nano 2022, provient du rachat en 2017 par Murata de l'entreprise française IPDiA, spin-off de NXP créée en 2009 et basée à Caen.

Murata France a réalisé en 2020 un chiffre d'affaires estimé à 20 M d'euros pour 160 employés, dont 150 basés à Caen sur l'ancien site d'IPDiA. Murata dispose également d'un bureau commercial situé au Plessis Robinson.

Le site de Caen, nommé *Murata Integrated Passive Solutions*, dispose d'une salle blanche, d'une unité de production de plaquettes de silicium de 150 mm et d'un centre de R&D. Il est spécialisé dans la production de composants passifs intégrés sur silicium et en particulier de condensateurs 3D sur silicium. Par rapport aux composants passifs discrets traditionnels, l'intégration sur silicium améliore la miniaturisation et les performances électroniques. Le site propose une gamme de circuits électroniques à destination des marchés de l'électronique embarquée : le marché médical, mais aussi les marchés industriel, aérospatial-défense, automobile et des infrastructures de télécommunication.



Source: DECISION Etudes & Conseil, rapports annuels



Emplois en France (% total)				0,2%
Implantation dans les régions françaises				
Région	Activités	Site(s)	Employés en 2020 (% total)	Dont employés Nano 2022
Normandie	Production	Caen	150 (0,2%)	36

United Monolithic Semiconductors (UMS)



United Monolithic Semiconductors (UMS) est une joint-venture créée en 1991 entre Airbus et Thales. UMS est une entreprise française de taille intermédiaire (ETI), recensant 410 employés dans le monde, dont 218 en France, pour un CA mondial de 82 M d'euros en 2021.

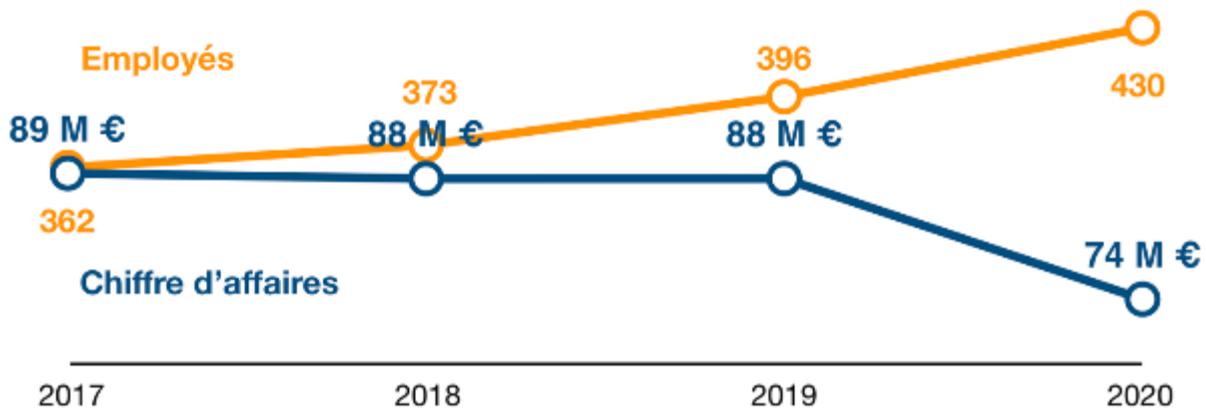
UMS conçoit, fabrique et commercialise des produits et des solutions de circuits intégrés RF et à ondes millimétriques de pointe. UMS est spécialisée dans les circuits intégrés monolithiques hyperfréquences (MMIC) amplificateurs de Radio Fréquence (RF), et se considère comme le leader européen dans ce domaine. Les concurrents de l'entreprise sont ON Semiconductor, Texas Instruments, NXP, Microchip, Skyworks ou Microwave Technology.

UMS est également une fonderie de semiconducteurs spécialisée dans les marchés :

1. Défense & Spatial
2. Télécommunication (5G)
3. Automobile (radars)
4. Industriels (instrumentation et mesure, médical)

Les solutions d'UMS sont basées sur les technologies RF-CMOS, GaAs & GaN et SiC. UMS propose également des solutions SIP (System-in-Package) innovantes basées sur l'intégration de technologies hétérogènes. Les processus internes GaAs et GaN d'UMS sont entièrement ouverts aux clients en mode fonderie, leur permettant de créer directement leurs propres solutions de produits via des services de fonderie complets.

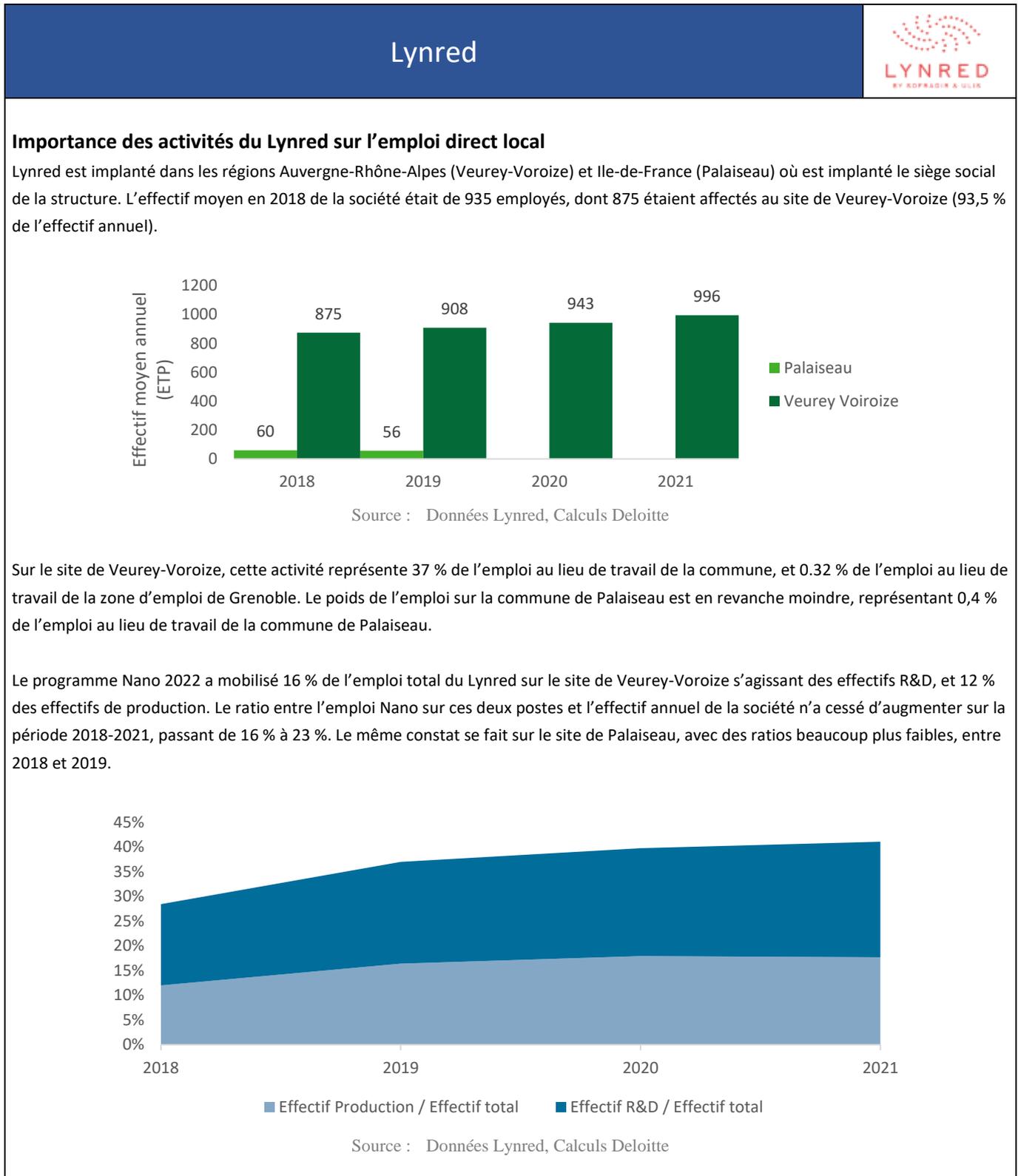
Le siège social qui est aussi le principal site de production d'UMS sont situés en France à Villebon-sur-Yvette. Ce site réalise la conception, la découpe, le conditionnement et les tests des MMIC. UMS dispose d'un second site de production à Ulm, en Allemagne, qui conçoit et produit les technologies semi-conductrices III-V GaAs et GaN sur une ligne de fabrication de plaquettes de diamètre 4 pouces. Les deux sites incluent des activités de R&D. UMS dispose également de bureaux de ventes en Europe (Italie, Finlande, Royaume-Uni, Lituanie), et dans le reste du monde (États-Unis, Turquie, Israël, Afrique du Sud, Inde).



Source: DECISION Etudes & Conseil, comptes publics de l'entreprise

Annexe 3. Présentation détaillée de la contribution locale de l'activité des chefs de file

Lynred au sein des écosystèmes Rhône-alpin et Francilien



Sur le site de Veurey-Voroize, le programme Nano 2022 est ainsi passé de 28 % de l’emploi total du Lynred (sur les effectifs R&D et production) en 2018, à 40 % de l’emploi total en 2021, représentant ainsi 11 % de l’emploi de la commune en 2018.

Retombées économiques de l’activité du Lynred sur l’économie locale

Lynred participe également activement à l’économie locale, plus particulièrement sur le site de Veurey-Voroize qui concentre plus de 90 % de l’activité. Cette participation à l’économie locale est faite non seulement au niveau de l’emploi local, mais également au niveau des achats effectués auprès des fournisseurs locaux.

En effet, l’essentiel des achats réalisés en France par Lynred sont faits au niveau régional (Auvergne-Rhône-Alpes), développant ainsi le dynamisme territorial. Par exemple, sur les achats concernés par les activités spécialisées, scientifiques et techniques, 89 % sont effectués auprès d’acteurs régionaux. Concernant le transport et l’entreposage, la totalité des achats de Lynred est faite au niveau régional. Ainsi, les fournisseurs appartenant à 6 des 16 secteurs d’activité auxquels appartiennent les fournisseurs de Lynred sont des acteurs régionaux. 72 % des fournisseurs de Lynred appartenant aux 12 secteurs restants sont localisés dans même région que le site de Veurey-Voroize Ce sont ainsi plusieurs millions d’euros qui sont directement injectés dans l’économie de Veurey-Voroize, induisant ainsi des impacts positifs sur les fournisseurs et les acteurs situés dans la chaîne de valeur.

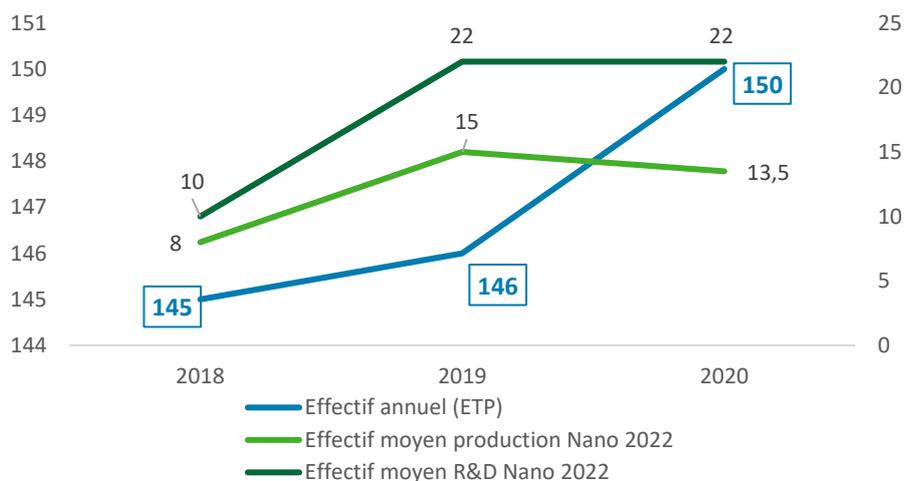
Murata France et son site situé à Caen

Murata France



Importance des activités du Murata France sur l’emploi direct local

Le site principal de production de Murata France (Murata Integrated Passive solutions) est basé à Caen en Normandie. Murata possède également un bureau commercial situé dans la région Ile-de-France (au Plessis Robinson). En 2018, l’effectif moyen (ETP) de la société sur le site de Caen était de 145 employés, chiffre qui a augmenté en 2020 puisque l’effectif était de 150 employés, soit une augmentation de 3 % de l’effectif.

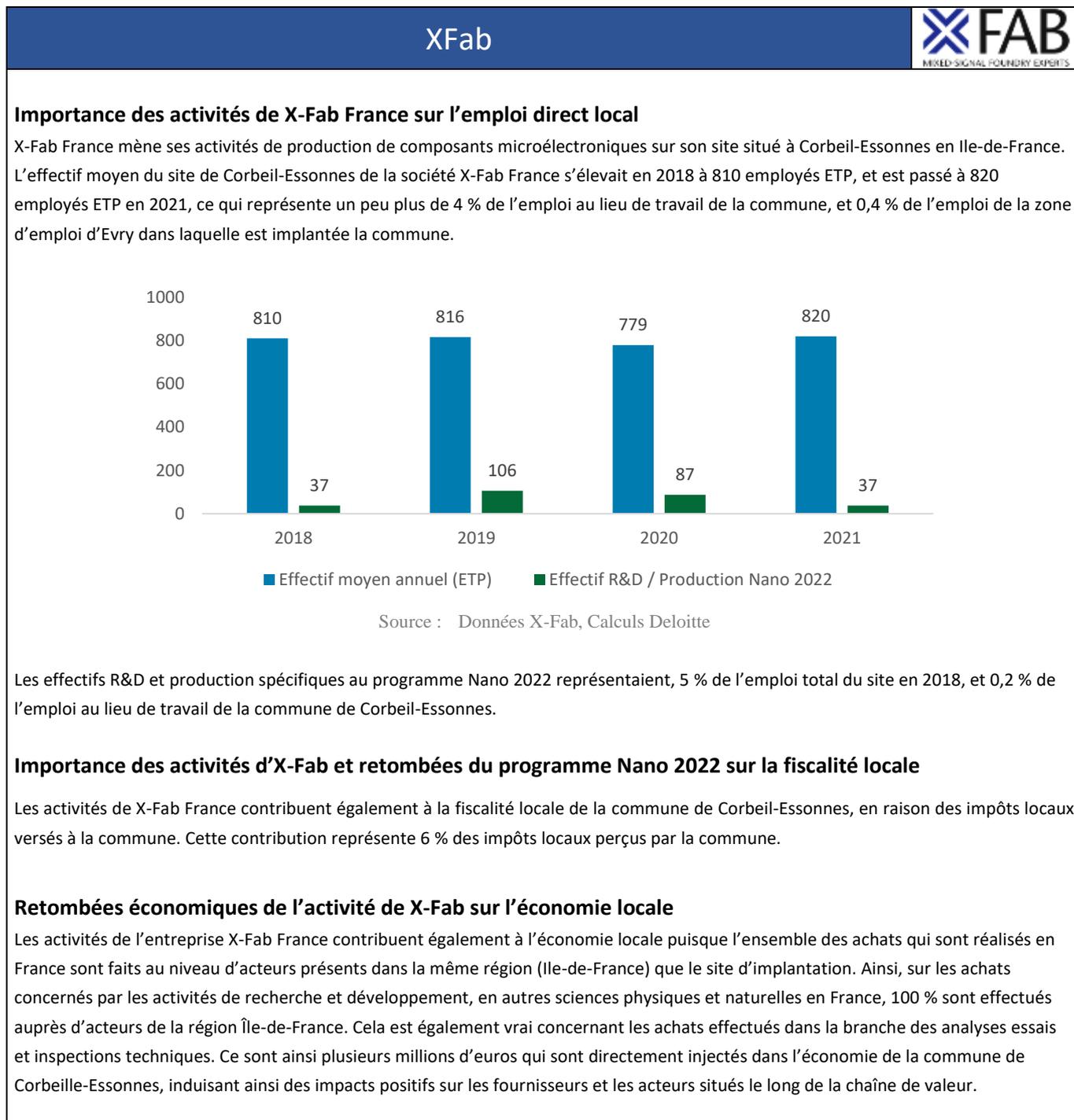


Source : Données Murata, Calculs Deloitte

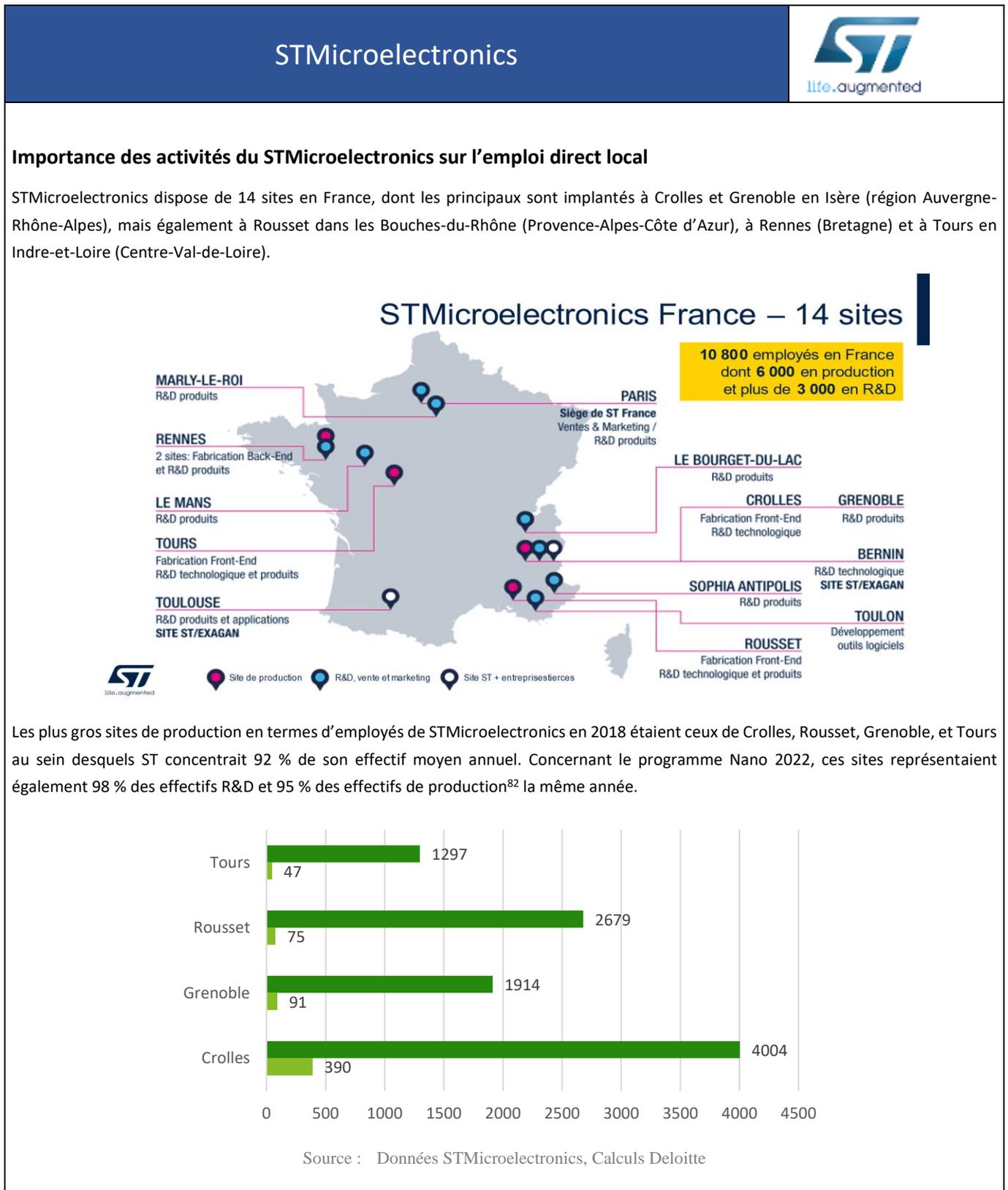
Le poids de l’emploi de Murata France dans la commune de Caen est de 0,2 % de l’emploi. L’effectif R&D consacré au programme Nano en 2018 était de 10 employés (7 % de l’effectif total du site) et de 8 employés production (6 % de l’effectif total du site), soit un ratio de 12 % de l’effectif total qui était alloué au projet Nano 2022 en 2018. Ce chiffre a augmenté les années suivantes, puisqu’il représentait 25 % de

l'emploi total en 2019 contre 24 % en 2020 en raison d'une baisse de l'effectif de production combinée à une hausse de l'effectif global du site. L'effectif Nano 2022 représente ainsi 0,02 % de l'emploi au lieu de travail de la commune de Caen.

X-Fab et son site de Corbeil-Essonnes (Ile-de-France)



STMicroelectronics et ses sites de Crolles, Grenoble, Rousset, et Tours



⁸² Il s'agit de l'effectif moyen de Production (ETP) intervenant dans le cadre du programme Nano 2022 pour la fabrication des lots RDI et FID uniquement.

Le site de STMicroelectronics situé à Crolles concentrait en 2018, 46 % de l’emploi au lieu de travail de la commune, et 1,4 % de l’emploi total de la zone d’emploi de Grenoble. Concernant le site de Grenoble, il s’agit de 2 % de l’emploi total au lieu de travail de la commune du même nom, et 0.7 % de l’emploi de la zone d’emploi. Au total, STMicroelectronics concentre 2,11 % de l’emploi de la zone d’emploi de Grenoble.

Au niveau des autres sites situés à Rousset et à Tours, STMicroelectronics concentre respectivement près de 40 % (Rousset) et 1,5 % (Tours) de l’emploi total de ces communes, correspondant à 1,6 % et 0,6 % de l’emploi des zones d’emploi d’Aix-en-Provence et Tours en 2018.

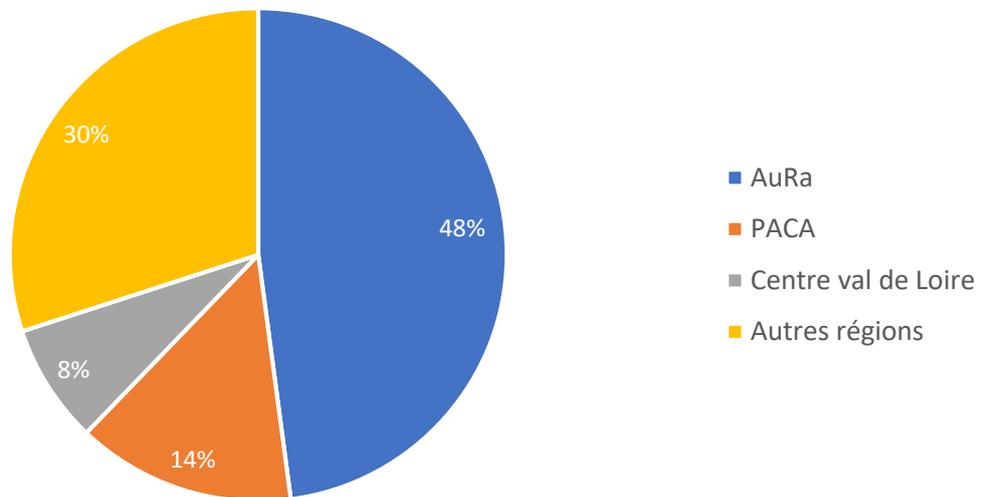
Importance des activités de STMicroelectronics et retombées du programme Nano 2022 sur la fiscalité locale

En termes de fiscalité locale, la contribution de STMicroelectronics sur les territoires où sont implantés ses sites est également significative. En effet, les impôts locaux⁸³ versés par l’entité aux communes correspondantes vont de 2 % (site de Grenoble) à 96 % (commune de Rousset) des impôts locaux liés aux produits perçus par les communes. STMicroelectronics représente ainsi un poids non négligeable dans l’emploi et la fiscalité locale de ces territoires.

Retombées économiques de l’activité de STMicroelectronics sur l’économie locale

Présentes sur plusieurs sites en France et à l’étranger, les activités de ST représentent une contribution non négligeable dans l’économie des régions dans lesquelles sont implantés ses sites, notamment à travers les divers achats auprès de fournisseurs locaux. Ainsi, en 2018, ce sont 63 % des achats globaux de ST qui sont réalisés en France, notamment auprès de fournisseurs tels qu’Applied Materials France situé dans le dans le département de l’Isère, Air Liquide, AlphaCreations ou Euris SARL. Les parts des achats de STMicroelectronics en France faits dans la commune de Crolles sont de 4.9 % (et 7.7 % dans la commune de Bernin). Cette part est de 3.5 % à Grenoble, 2.2 % à Rousset et 0.5 % à Tours. Ce sont, en revanche, 29 % des achats réalisés en France qui sont effectués dans le département de l’Isère et 48 % dans la région Auvergne-Rhône-Alpes dans son ensemble. 14 % des achats sont faits dans la région Provence-Alpes Côte d’Azur et 8 % dans la région Centre-Val-de-Loire.

Part des achats de STMicroelectronics dans les régions en France

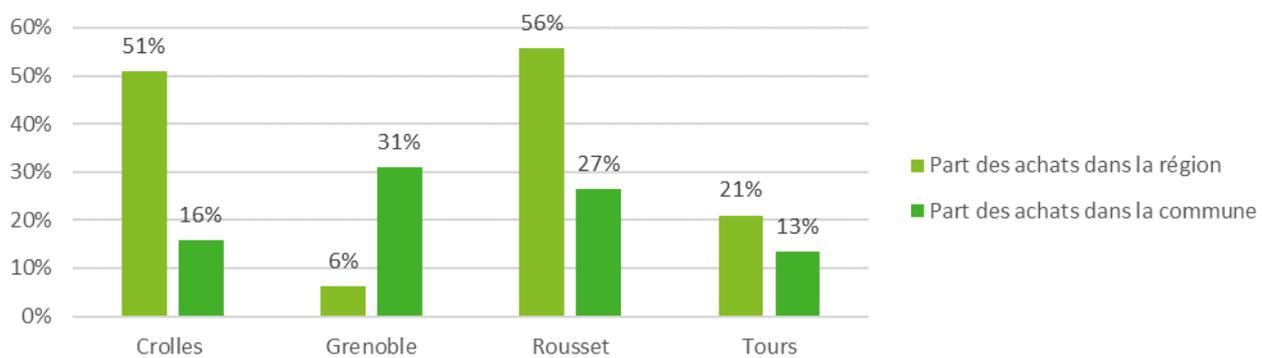


Source : Données STMicroelectronics, Calculs Deloitte

Les dynamiques territoriales sont également importantes au vu de la part des achats de STMicroelectronics réalisés au sein de la même commune et région que les sites de production de Crolles, Grenoble, Tours et du Rousset.

⁸³ Les impôts locaux par site ont été approximés à l’aide du ratio emploi par site sur l’emploi total.

Part des achats réalisés dans la même commune et région que le site de production



Source : Données STMicroelectronics, Calculs Deloitte

Soitec et son site de Bernin

Soitec



Importance des activités de Soitec sur l'emploi direct local

Soitec mène ses activités de production principalement sur ses sites situés en France, en Belgique et à Singapour. En France, le groupe Soitec opère dans ses usines situées dans la commune de Bernin dans la région Auvergne-Rhône-Alpes dans laquelle elle développe principalement des substrats SOI 200 et 300 mm, ainsi que des substrats POI.

Le site compte un total de 1 200 employés en 2020, et représente 54 % de l'emploi au lieu de travail de la commune de Bernin, et 0.4 % de l'emploi de la zone d'emploi de Grenoble. La contribution de Soitec dans l'emploi de la commune de Bernin est significative.

Retombées économiques de l'activité de Soitec sur l'économie locale

En France, Soitec fait des achats à la fois au niveau national, au niveau régional et à l'étranger. Les achats réalisés en France représentent 63 % des achats totaux de Soitec. Les achats réalisés dans la région Auvergne-Rhône-Alpes représentent 41 % des achats réalisés en France, alors que les achats réalisés dans le département de l'Isère représentent 12 % des achats totaux. Soitec a parmi ses fournisseurs, les mêmes entreprises que STMicroelectronics, comme Air Liquide, Applied Materials et EURIS SARL.

Importance des activités de Soitec et retombées du programme Nano 2022 sur la fiscalité locale

En termes de fiscalité locale, les activités de Soitec participent également activement au rayonnement du territoire de Bernin, puisque ce sont 87 % des impôts (en produits) de la commune qui représentent la part payée par Soitec. Soitec contribue activement au rayonnement du territoire de Bernin.

Le CEA-Leti dans le territoire Grenoblois

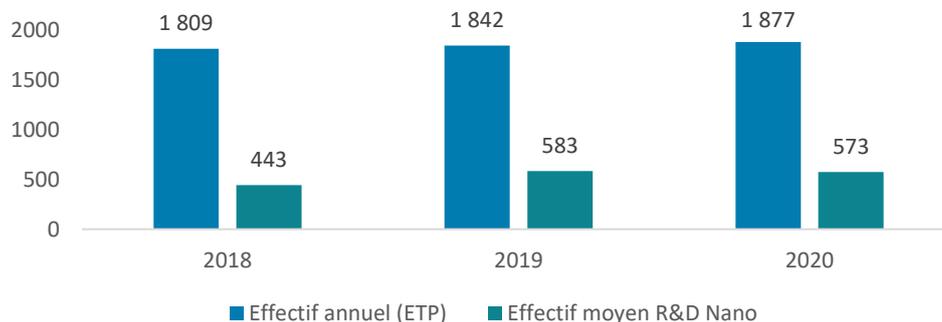
CEA-Leti



Importance des activités du CEA-Leti sur l'emploi direct local

Acteur central dans le cadre du programme Nano 2022, le CEA-Leti est partenaire de la quasi-totalité des chefs de file industriels (X-Fab n'est pas partenaire). Le CEA-Leti est présent à Grenoble avec un effectif moyen annuel de 1 810 emplois (ETP), ce qui représente près de 2 % de l'emploi de la commune.

La totalité de l'emploi consacré à Nano 2022 est de type R&D et représentait en 2018, 24 % de l'emploi total du CEA-Leti.



Source : Données CEA, Calculs Deloitte

L'emploi consacré à Nano 2022 représente ainsi, en 2018, près de 0,5 % de l'emploi total de la commune.

Le CEA-Leti représente ainsi un poids non négligeable dans l'emploi local de la commune de Grenoble.

Retombées économiques de l'activité du CEA-Leti sur l'économie locale

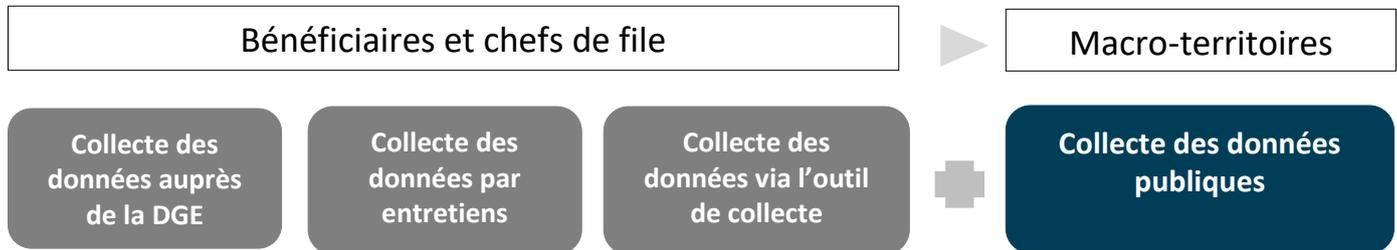
Les achats du CEA-Leti de Grenoble auprès de ses fournisseurs se font à 36 % dans la région Auvergne-Rhône-Alpes (et une moyenne de 46 % sur les secteurs d'activité). Ce sont ainsi plusieurs centaines de millions d'euros qui sont injectés dans la région, participant ainsi au dynamisme territorial.

Ainsi, les achats réalisés auprès de fournisseurs du secteur de la « Fabrications d'autres pompes et compresseurs » (code APE 2813Z) représentent 68 % des achats totaux réalisés en France. Les achats auprès du secteur de la recherche et développement en sciences physiques et naturelles représentent, quant à eux, 17 % des achats totaux réalisés en France.

Ceci positionne ainsi le CEA-Leti comme acteur de premier plan pour la collectivité territoriale grenobloise, et l'écosystème grenoblois dans sa totalité.

Annexe 4. Présentation de la stratégie de collecte des données et statistiques de collecte

Résumé de la stratégie de collecte des données



Afin de mener l'évaluation, des données ont été collectées suivant la stratégie décrite ci-dessus. Il s'agit d'une stratégie de collecte combinant des données disponibles au niveau des bénéficiaires, des chefs de file et de la DGE, mais également au niveau territorial et national. Ces données permettent de construire les indicateurs de suivi et de retombées des activités des bénéficiaires.

Données collectées auprès de la DGE

Les données collectées auprès de la DGE concernent les données d'identification des entreprises bénéficiaires, ainsi que le montant de l'aide demandée par les acteurs et ce, par projet. Ainsi, une liste de 82 bénéficiaires par chef de file a été fournie.

Des données concernant les bénéficiaires ainsi que les montants de l'aide Nano 2017 ont également été transmises.

Ces informations ont été utilisées afin de contacter les acteurs pour le remplissage du questionnaire de collecte, ainsi que pour la planification des entretiens avec des acteurs ciblés en concertation avec la DGE.

Données collectées par entretien

Des entretiens ont été conduits pour une quarantaine d'acteurs, incluant les chefs de file, le CEA, les collectivités territoriales et d'autres acteurs choisis en concertation avec la DGE.

Ces acteurs ont été interrogés suivant un guide d'entretien validé également en concertation avec la DGE.

Données collectées par questionnaire

Afin de compléter les informations transmises par la DGE et collectées via les entretiens, ainsi que pour construire les indicateurs de suivi du programme et répondre aux questions d'évaluation *in itinere*, une campagne de collecte des données par questionnaire en ligne a été mise en place. Divers champs thématiques ont été définis, incluant un champ lié aux informations financières, un champ lié à la production, à l'emploi, à la R&D, etc.

Divers enjeux ont été identifiés, liés à la phase de collecte :

- **L'enjeu lié à la complétude des données :**
- **L'enjeu lié à la prise en compte des spécificités des bénéficiaires :** les bénéficiaires étant des acteurs industriels PME, ETI et laboratoires académiques avec des réalités différentes, les questions posées se devaient d'être différenciées selon le statut du bénéficiaire. Par exemple, les informations concernant la production n'ont pas été demandées aux acteurs académiques puisque non pertinentes.

Un questionnaire a été construit et soumis à validation de la DGE, à la suite de laquelle le questionnaire en ligne a été développé. Il s'agit d'un outil permettant de centraliser les informations collectées, construit sous la forme d'une interface ergonomique avec un système de double authentification pour respecter la confidentialité des

informations transmises, et hébergé sur les sites sécurisés de Deloitte. La confidentialité des informations est également assurée à travers la signature multipartite d'un accord de confidentialité.

Le questionnaire a été construit avec plusieurs onglets qui s'adaptent selon le type de bénéficiaire répondant.

Onglets du questionnaire	Type d'acteur
Fiche d'identité	Tous
Données financières	Tous (avec une déclinaison différente pour les laboratoires académiques)
Production	Industriels
Emploi	Tous
R&D	Tous
FID	Chefs de file
Développement du réseau	Tous
Achats	Chefs de file
Indicateurs environnementaux	Chefs de file

Données issues de la statistique publique

La collecte via la statistique publique a été effectuée afin de construire les indicateurs macro-territoriaux, dans une logique de mesurer le poids du programme Nano 2022 dans les territoires des bénéficiaires.

Ainsi, plusieurs bases de données ont été collectées, la liste de celles-ci étant présentée dans le tableau ci-dessous.

Domaine	Sources	Période
R&D	INPI Open Data/OEB	2003-2016
R&D	INPI	2017 - 2020
R&D	DIRD / SIES / Observatoire des Territoires	2019
R&D	Observatoire des Territoires	2010-2019
R&D et autres financements	GE CIR / MESRI	2005-2019
R&D et autres financements	CORDIS	2014-2020
Autres programmes et subventions	Évaluation économétrique de l'impact des Instituts de Recherche Technologique (IRT) et des Instituts pour la Transition Énergétique (ITE) - Technopolis - 10/10/2019 (A partir de la page 6)	2019
Economique et social	INSEE/Observatoire des Territoires	2015-2018
Economique et social	URSSAF/INSEE/ESANE/ Observatoire des Territoires	2006 - 2020
Economique et social	DGFIP	2000-2018
Economique et social	INSEE, DADS	2016
Economique et social	FLORES	2018
Autres programmes et subventions	ANR/MESRI	2020
Environnement	INSEE/Observatoire des Territoires	2000-2019
Formations	MESRI	2002-2021
Réseau et autres	CORDIS, Outil ScanR (API) du MESRI	2016-2021
Réseau et autres	Comtrade - Douanes France	jusqu'en 2021

Annexe 5. Construction des indicateurs de suivi et partis-pris méthodologiques

Les indicateurs de suivi ont été construits sur la base des données renseignées par les bénéficiaires ainsi que sur les données publiques ayant pu être collectées. Les données des bénéficiaires ont été vérifiées et le cas échéant corrigées sur la base de données Diane et des liasses fiscales.

En l'absence de réponse de certains bénéficiaires à nos questions ou lorsque leurs données nous paraissaient incohérentes, certains bénéficiaires ont pu être écartés de nos analyses pour certains indicateurs. Les indicateurs se basent sur les données collectées pour les années 2018 – 2021.

Par ailleurs, les statistiques de cette étude sont potentiellement exposées à plusieurs biais. En effet, d'une part, certains bénéficiaires n'ont pas répondu au questionnaire qui leur a été envoyé. D'autre part, parmi les bénéficiaires ayant répondu, la plupart n'ont pas été en mesure de fournir des réponses complètes et suffisamment précises à l'ensemble des questions posées. Cette étude souffre donc d'un biais d'incomplétude.

Afin de pallier ce problème, nous avons précisé pour chaque indicateur le taux de réponse en pourcentage de l'effectif et en pourcentage d'aide demandée afin de tenir compte de l'importance des acteurs en termes de financement. Pour la plupart des indicateurs, nous avons également raisonné en termes agrégés, en privilégiant, lorsque cela nous semblait pertinent, des indicateurs utilisant des moyennes annuelles plutôt que de raisonner en cumul afin de moins s'exposer à l'incomplétude des données sur certaines années pour une variable donnée.

Le deuxième biais auquel pourrait s'exposer cette étude est celui de l'hétérogénéité des bénéficiaires. Le programme englobe un nombre important d'acteurs très différents de par leur mission (laboratoire de recherche, entreprises) et de par leur taille (PME, ETI, Grandes entreprises...). Nous avons ainsi présenté ces indicateurs en les distinguant en trois groupes afin de tenir compte des caractéristiques particulières des bénéficiaires. Les indicateurs sont donc présentés pour 3 types de bénéficiaires : les chefs de file, les partenaires académiques et les partenaires industriels.

Afin de tenir compte des différences au sein de chaque catégorie de bénéficiaires, l'agrégation des indicateurs pour chaque type de bénéficiaire a été calculée soit par une moyenne simple, soit par une moyenne pondérée par l'importance des financements demandés par les bénéficiaires, soit par une médiane. Pour certains indicateurs, ces 3 différentes mesures ont été cumulées afin d'avoir une vision fine à la fois sur le niveau de l'indicateur mais également sur sa répartition au sein de chaque catégorie de bénéficiaire.

L'étude présente également une estimation des trajectoires des indicateurs mise en relation avec les objectifs annoncés du programme Nano 2022. Ces trajectoires se basent de nouveau sur les données renseignées par les bénéficiaires pour la période 2018 – 2021 ainsi que sur les données prévisionnelles des bénéficiaires pour l'année 2022. Trois objectifs ont été analysés :

- Un objectif de financement des bénéficiaires
- Un objectif d'investissement des bénéficiaires dans le cadre du programme
- Un objectif de nombre d'emplois liés au programme.

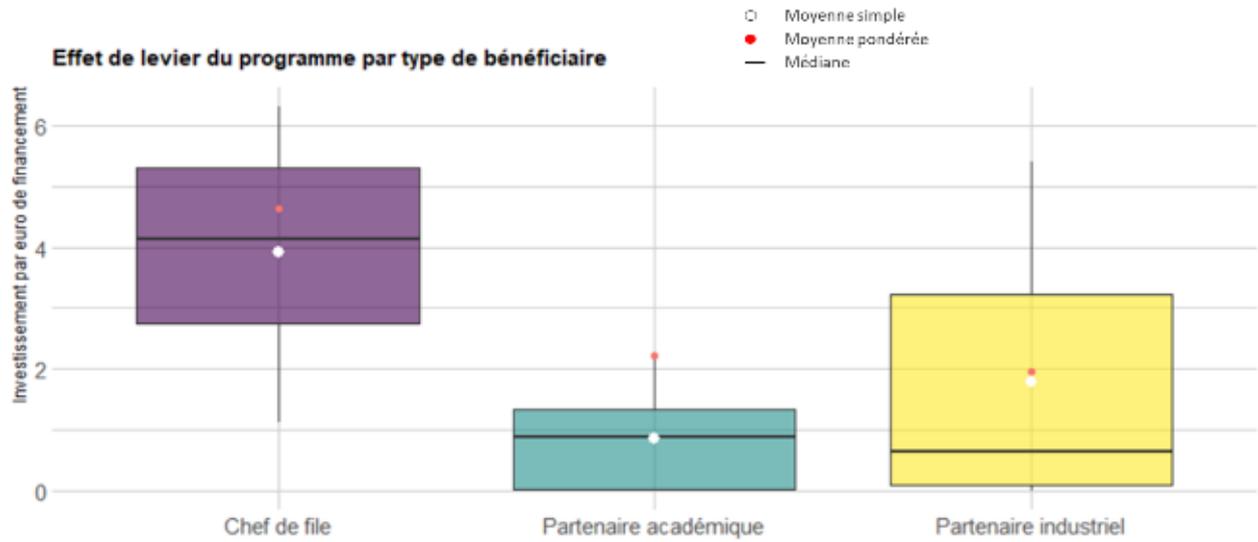
Pour ces trois objectifs, nous avons tout d'abord défini un niveau cible sur la base des attentes publiquement exprimées par les bénéficiaires et la DGE.

Les trajectoires de ces trois indicateurs ont ensuite été calculées en extrapolant linéairement les réponses fournies par les bénéficiaires avec le taux de réponse en pourcentage de financements demandés. Par exemple, si l'ensemble des partenaires industriels ayant répondu au questionnaire indiquent avoir investi 100 euros dans le cadre du programme Nano en 2019 et que ces bénéficiaires représentent 50 % des financements demandés par la totalité des partenaires industriels, on considère que les investissements réalisés par l'ensemble des partenaires industriels durant l'année 2019 est de 200 euros.

On peut ainsi construire une trajectoire pour ces indicateurs sur toute la durée 2018 – 2022 du programme et estimer si, sous les hypothèses exprimées ci-dessus, le programme devrait vraisemblablement atteindre ou non ces objectifs en 2022.

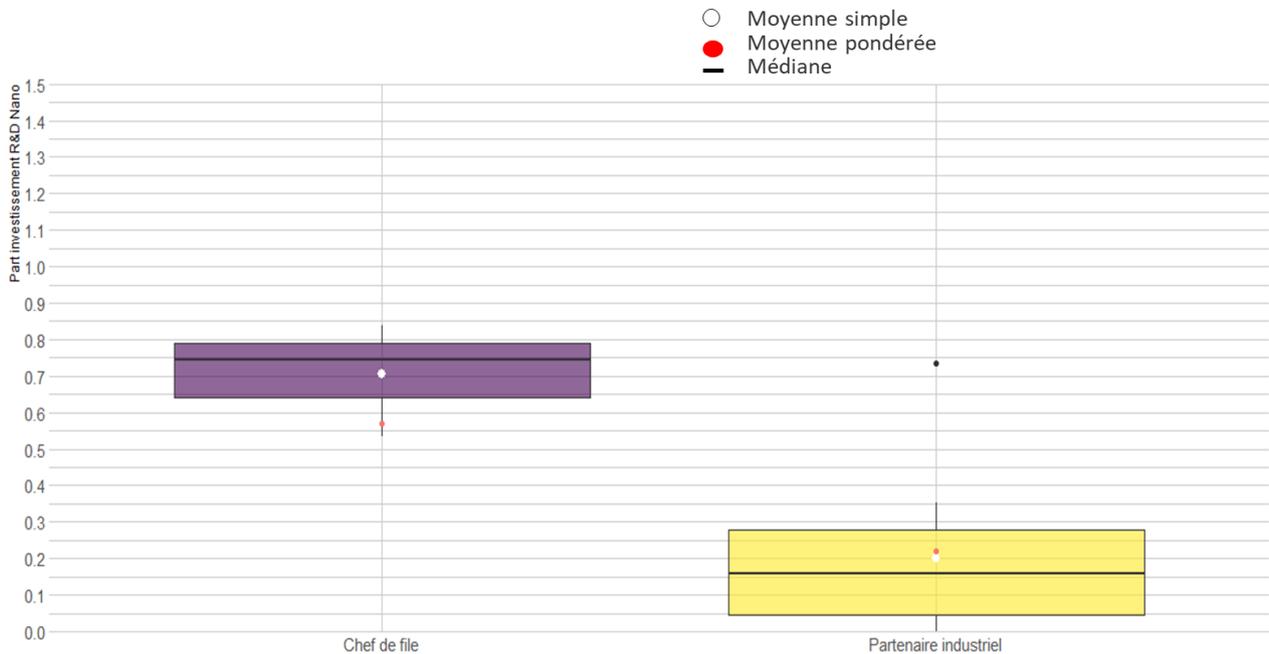
Annexe 6. Résultats associés aux indicateurs de suivi

Figure 64. Répartition du ratio investissements / aide du programme



Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Figure 65. Répartition de l'investissement R&D Nano 2022 dans l'investissement R&D total



Source : Données acteurs, calculs Deloitte

Figure 66. Le développement technologique aurait été réalisé avec une moindre ambition (En % d'aide demandée)

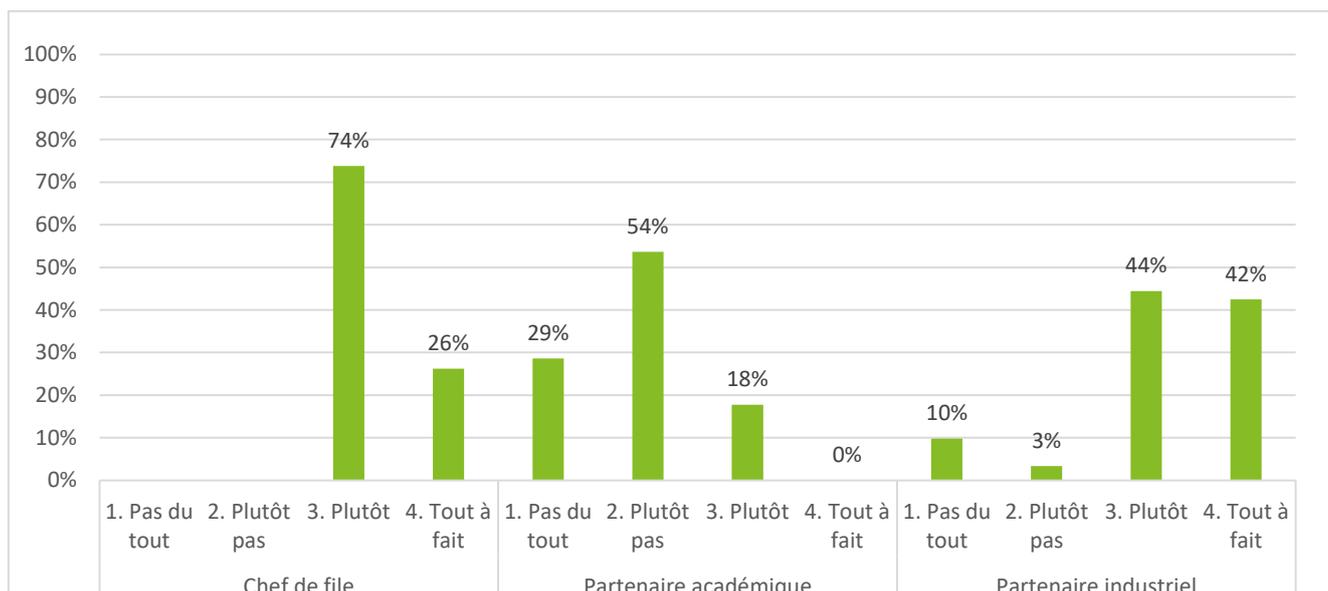


Figure 67. Le développement technologique aurait été réalisé de la même manière (En % d'aide demandée)

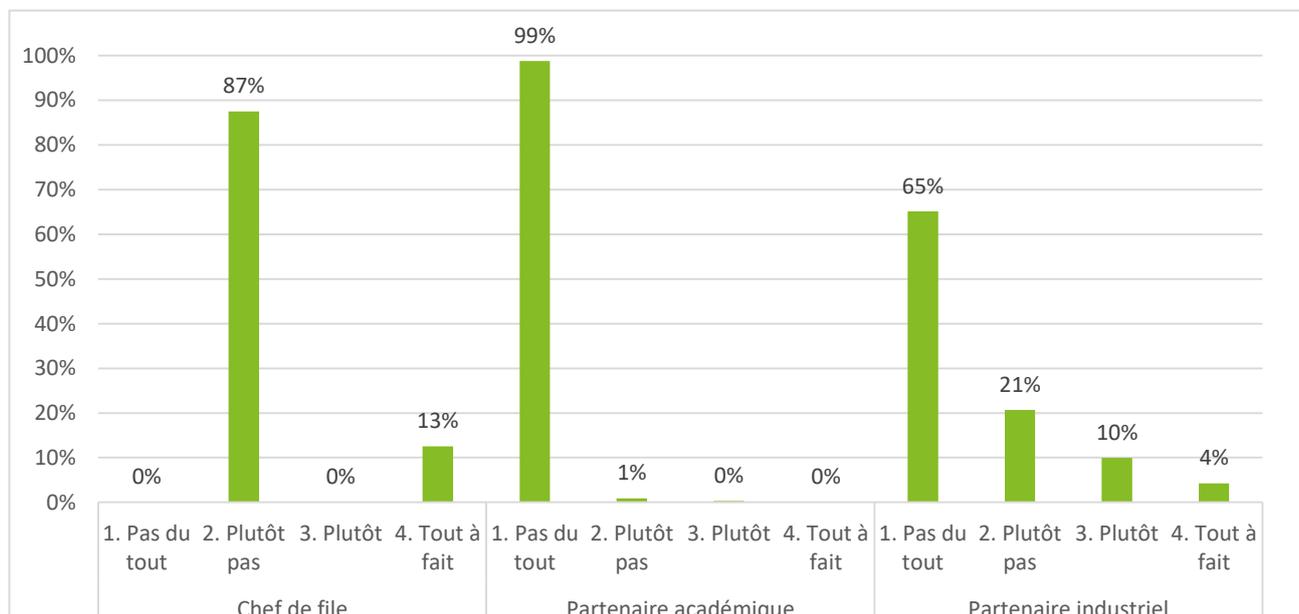


Figure 68. Le développement technologique aurait été réalisé sur un temps plus long (En % d'aide demandée)

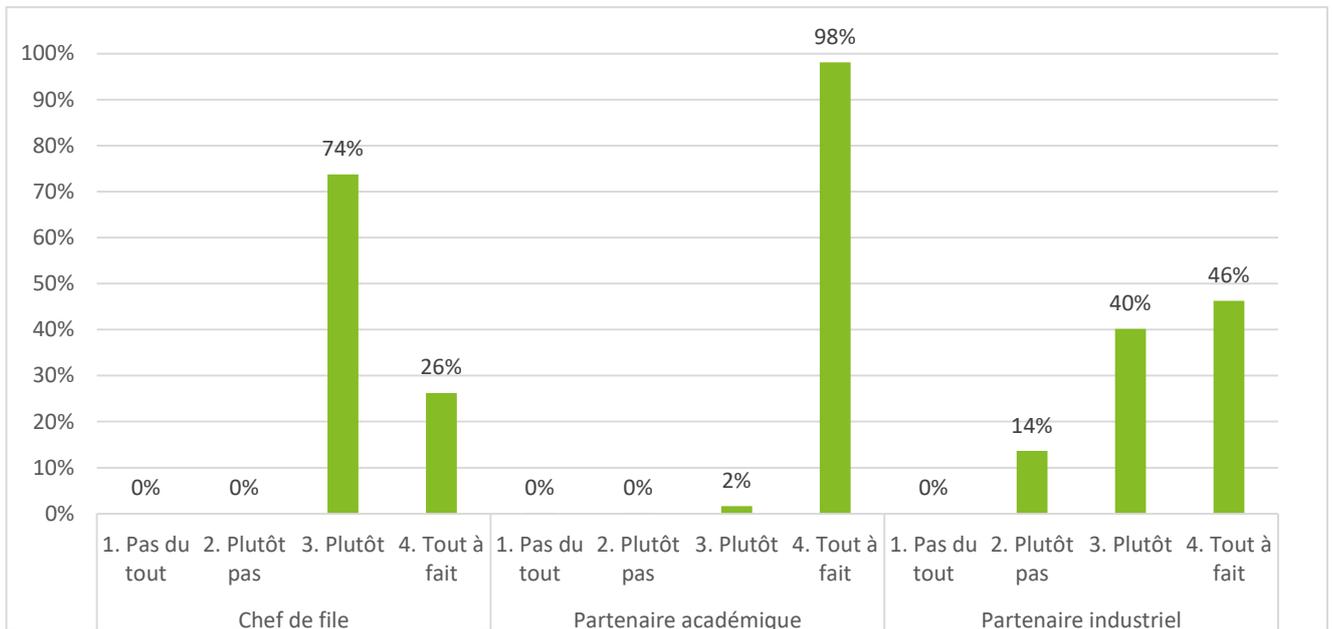


Tableau 25. Apport de l’aide au développement par projet Nano

Apport de l'aide au développement du produit	Effectif	Part effectif
Accélération	4	9%
Amélioration d'un produit déjà commercialisé	10	22%
Création d'un nouveau produit	32	70%

Tableau 26. Nombre de projets Nano associés aux différentes échelles de TRL

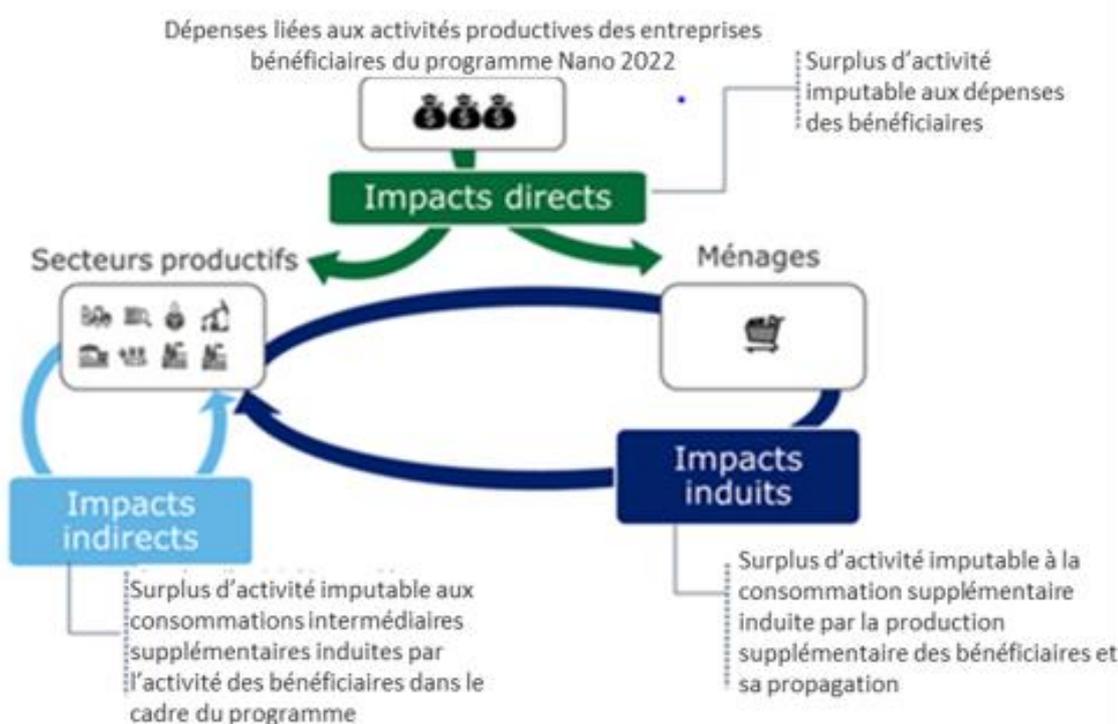
Echelle TRL atteinte	Effectif	Part effectif
2. Les concepts d’emploi et/ou des propositions d’application ont été formulés	2	6%
3. Premier stade de démonstration analytique ou expérimental de fonctions critiques et/ou de certaines caractéristiques	3	9%
4. Validation en environnement de laboratoire de briques élémentaires et/ou de sous-systèmes de base	2	6%
5. Validation en environnement représentatif de briques élémentaires et/ou de sous-systèmes	6	19%
6. Démonstration en environnement représentatif de modèles ou de prototypes d’un système ou d’un sous-système	5	16%
7. Démonstration d’un système prototype en environnement opérationnel	4	13%
8. Le système réel complètement réalisé est qualifié par des essais et des démonstrations	5	16%
9. Le système est qualifié, après son emploi dans le cadre de missions opérationnelles réussies	5	16%

Annexe 7. Présentation de la méthodologie Input-output

L'évaluation de la contribution économique des activités des chefs de file bénéficiaires du programme Nano 2022 se fonde sur l'identification de trois types d'effets :

- Des impacts économiques directs : ceux-ci incluent le revenu total direct qui est gagné par les chefs de file bénéficiaires grâce à la conduite de leurs activités et la vente de leurs produits.
- Des effets générés par les flux injectés par les chefs de file dans l'économie. Ces impacts économiques qui résultent des achats directs des chefs de file auprès de leurs fournisseurs et prestataires de services, qui eux-mêmes évoluent dans divers secteurs d'activités, (recherche et développement, assemblage, analyses, essais et inspections techniques, etc.) peuvent être divisés en trois catégories.
 - o **Des impacts directs** sur ces secteurs en question. Ces impacts représentent le chiffre d'affaires réalisé par ces prestataires et fournisseurs et sont directement fournis par les chefs de file comme données d'entrées de nos modélisations.
 - o **Des impacts indirects** sur les secteurs productifs qui résultent du fait que les fournisseurs et prestataires directs des chefs de file ont eux-mêmes d'autres fournisseurs et prestataires, qui eux-mêmes en ont d'autres, etc. Cette interdépendance sectorielle entre les différents secteurs de l'économie produisant des richesses au-delà de celles réalisées par les fournisseurs directs des chefs de file le long de la chaîne de valeur.
 - o **Des impacts induits** ou impacts indirects des ménages associés aux dépenses de consommation par les ménages du fait de l'augmentation de leurs salaires.

Figure 69. Représentation des différents flux et impacts générés par les dépenses des chefs de file et les consommations finales



Source : Illustration Deloitte

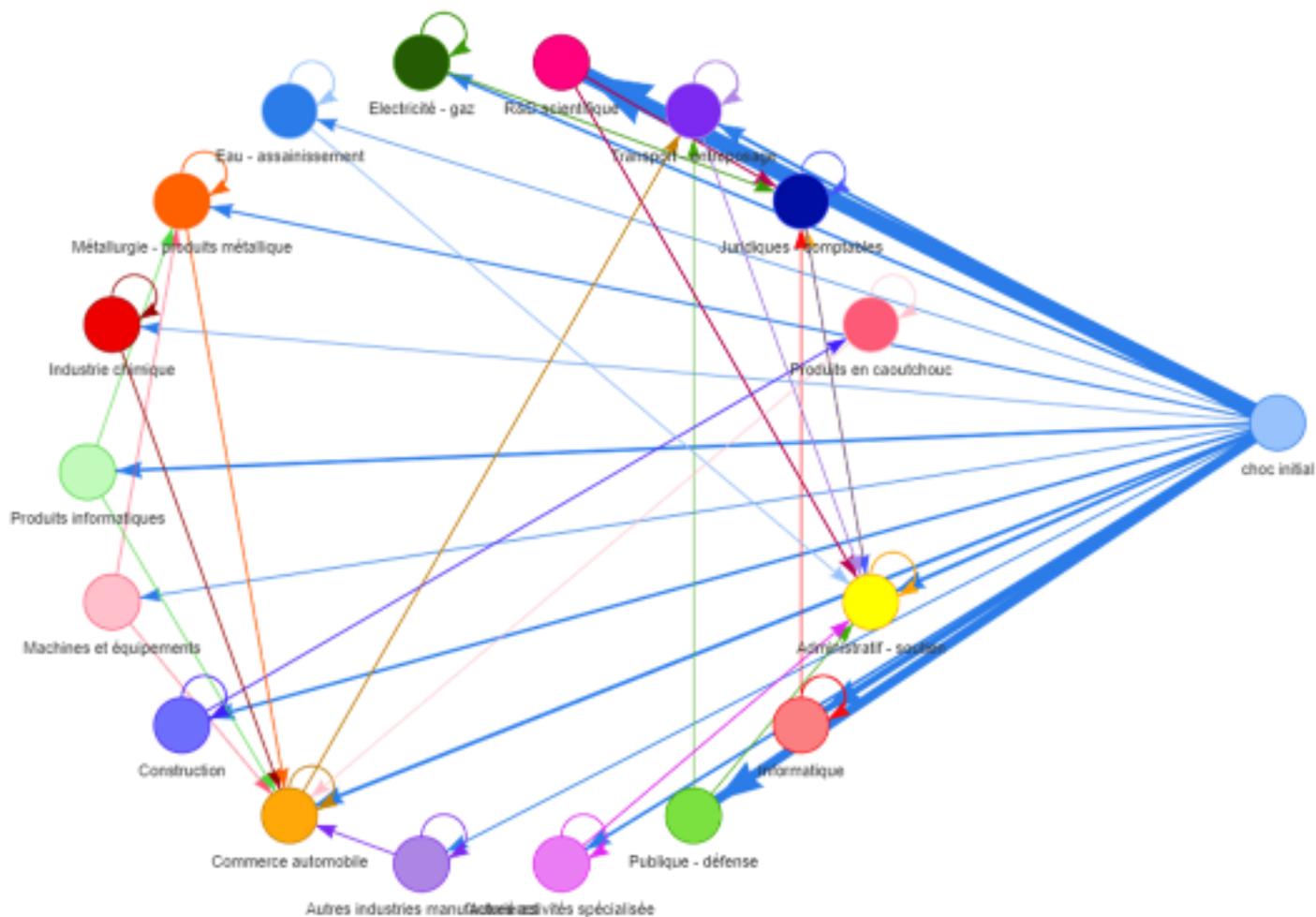
La méthodologie Input-Output introduite par Leontief est capable d'estimer ces effets générés par les flux injectés par les chefs de file dans l'économie française. Le modèle permet d'évaluer la valeur additionnelle introduite par les chefs de file dans les autres secteurs de l'économie, au-delà de celui des chefs de file.

Le modèle Input-Output est un puissant outil d'évaluation de la contribution économique d'une filière ou d'un secteur, ou d'un projet d'investissement sur les autres secteurs de l'économie. L'idée est de mesurer comment un secteur s'intègre dans l'économie, et comment les entreprises du secteur interagissent avec les entreprises des autres secteurs (relations B-to-B) ou avec les consommateurs (relation B-to-C) finaux (ou la demande finale en général).

Notre modélisation utilise les tables entrée-sortie de l'INSEE pour l'année 2017, avec 36 branches ou secteurs d'activités. Une correspondance entre les postes de dépenses des chefs de file effectuées au niveau national (donc excluant les exports) qui nous ont été fournies avec les montants correspondants et les secteurs d'activités de l'INSEE a été effectuée, et celle-ci est donnée dans le tableau ci-dessous.

Poste de dépenses	Code APE	Secteur INSEE
Recherche-développement en autres sciences physiques et naturelles	7219Z	Recherche de développement scientifique
Fabrication de composants électroniques	2611Z	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
Production et distribution de vapeur et d'air conditionné	3530Z	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
Travaux d'installation électrique dans tous locaux	4321A	Construction
Activités des agences de travail temporaire (intérim, etc.)	7820Z	Activités de services administratifs et de soutien
Entreposage et stockage non frigorifique	5210B	Transport et entreposage
Conception d'ensemble et assemblage sur site industriel d'équipements de contrôle des processus industriels	3320C	Autres industries manufacturières
Analyses, essais et inspections techniques	7120B	Activités spécialisées, scientifiques et techniques
Captage, traitement et distribution d'eau	3600Z	Production et distribution d'eau - assainissement, gestion des déchets et dépollution
Traitement et revêtement des métaux	2561Z	Métallurgie et fabrication de produits métalliques
Fabrication de gaz industriels	2011Z	Industrie chimique
Administration publique générale	8411Z	Administration publique et défense
Autres activités de soutien aux entreprises n.c.a.	8299Z	Activités de services administratifs et de soutien
Production et distribution d'eau - assainissement, gestion des déchets et dépollution		Production et distribution d'eau ; assainissement, etc.
Fabrication d'autres pompes et compresseurs	2813Z	Fabrication de machines et équipements n.c.a.
Travaux de menuiserie bois et PVC	4332A	Construction
Conception d'ensemble et assemblage sur site industriel d'équipements de contrôle des processus industriels	3320C	Autres industries manufacturières
Gestion d'installations informatiques	6203Z	Activités informatiques et services d'information
Réparation d'équipements électriques	3314Z	Autres industries manufacturières
Commerce de gros (commerce interentreprises) de produits chimiques	4675Z	Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles
Installation de machines et équipements mécaniques	3320B	Autres industries manufacturières
Travaux d'installation électrique dans tous locaux	4321A	Construction
Conseil en systèmes et logiciels informatiques	6202A	Activités informatiques et services d'information
Réparation de machines et équipements mécaniques	3312Z	Autres industries manufacturières

Figure 70. Illustration de l'interaction entre les différents flux injectés dans l'économie par l'activité des bénéficiaires (chefs de file) – rang 2



Source : Données acteurs et INSEE, Calculs Deloitte

Annexe 8. Liste des acteurs interrogés

Entretiens gouvernance

Type d'acteur	Structure	Interlocuteur
Etat	DGE/SEN	Fabien Boulanger
Etat	DGE/BABC	Tiphaine Le Pichon
Etat	DGA	Corinne Dumas
Etat	SGPI	Clément Jakymiw
Etat	DB	Cédric Peignat
Collectivités	Région AuRA	Laurent Malnoe
Collectivités	Région PACA	Bérandère Bonnaffoux
Collectivités	Région PACA	Sylvie Bertin
Collectivités	Métropole de Grenoble	Cyril Isabelle
Collectivités	Métropole de Tours	Valérie Sécheret
Industriel	Murata Integrated Passive Solutions	Frédéric Voiron Yann Poulain
Laboratoire de recherche	Laboratoire Ampère	Bruno Allard
Industriel	aPSI3D	Jacques Favre
Industriel	Etudes et Production Schlumberger	Alexis Pallain
Industriel	X-Fab France	Laurence Dassas
Laboratoire de recherche	ENSM (FEMTO-ST)	Thomas Baron
Industriel	GreenWaves Technologies	Joelap Cambonie
Industriel	STMicroelectronics	Jean-Luc Estienne
Industriel	ASML Brion	Laurent Depre
Industriel	ASYGN	Nicolas Delorme
Industriel	RECIF Technologies	Alain Jarre Yansley Rosemain
Laboratoire de recherche	Ecole de l'Institut Mines/ENSMSE	Stéphane Dauzère-Pérès
Industriel	Ion Beam Services (IBS)	Gregory Grosset
Industriel	Nawa technologies	Brendan Dunne
Laboratoire de recherche	Polytech/lab/université Sophia Antipolis	Cyril Luxey
Laboratoire de recherche	CEA-LETI	Eric Dupont-Nivet Marc Aid

Questionnaire

Partenaire/Acteur	Type	Partenaire/Acteur	Type
Laboratoire Ampère	Laboratoire de recherche	Interdigital R&D France (Technicolor)	Industriel
aPSI3D	Industriel	Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés (GREMI)/université d'Orléans	Laboratoire de recherche
Laboratoire des Technologies de la Microélectronique (CNRS/LTM)	Laboratoire de recherche	Laboratoire I-CUBE/université de Strasbourg	Laboratoire de recherche
Valeo Systèmes Contrôle Moteur (VSCM)	Industriel	IEMN/CNRS UMR 8520	Laboratoire de recherche
LYNRED	Chef de file	Airbus Defence & Space	Industriel
Institut Lavoisier de Versailles UMR CNRS 8180	Laboratoire de recherche	III-V lab	Industriel
X-Fab France	Chef de file	Laboratoire Charles Fabry/Institut d'Optique	Laboratoire de recherche
ESIEE	Laboratoire de recherche	Magillem Design Services (Arteris)	Industriel
SOITEC	Chef de file	Nexdot	Industriel
Applied Materials France	Industriel	IMS/université de Bordeaux	Laboratoire de recherche
Centre de recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses applications (CNRS-CRHEA)	Laboratoire de recherche	APSYS	Industriel

EZUS Lyon pour le laboratoire Cristal Innov	Laboratoire de recherche	LAAS/CNRS	Laboratoire de recherche
DOLPHIN design	Industriel	Institut des Matériaux Jean Rouxel (IMN)/CNRS	Laboratoire de recherche
GreenWaves Technologies	Industriel	CIMPACA Caractérisation	Industriel
INL-CNRS	Laboratoire de recherche	CIMPACA Micropacks	Industriel
Thalès DMS France	Industriel	Ecole de l'Institut Mines-Télécoms/ENSMSE	Laboratoire de recherche
STMicroelectronics SA, (Crolles2) SAS, (Grenoble2) SAS, (Alps) SAS, (Grand Ouest) SAS, (Rousset) SAS, (Tours) SAS	Chef de file	Centre de Recherches sur l'Hétéro-Epitaxie et des Applications (CRHEA)/CNRS	Laboratoire de recherche
ASYGN	Industriel	Ion Beam Services (IBS)	Industriel
Gorgy Timing	Industriel	INRIA Sophia Antipolis	Laboratoire de recherche
INL Lyon/CNRS	Laboratoire de recherche	ISEN Yncrea Méditerranée campus de Toulon	Laboratoire de recherche
Labo Ampère/INSA de Lyon (Insavalor)	Laboratoire de recherche	Laboratoire d'Electronique Antennes et Telecommunications (LEAT)/CNRS	Laboratoire de recherche
Labo Curien/université Jean Monnet St Etienne	Laboratoire de recherche	Maintenance Informatique Organisation et Services (MIOS)	Industriel
Mentor Graphics Development	Industriel	Nawa technologies	Industriel
Laboratoire Science et Surface/SERMA Technologies	Laboratoire de recherche	Polytech/lab/université Sophia Antipolis	Laboratoire de recherche
TIMA/INPG	Laboratoire de recherche	Traxens	Industriel
XYALIS	Industriel	CEA-LETI	CEA

A propos de Deloitte Economic Advisory

L'expertise économique au service de vos stratégies

L'équipe Economic Advisory exploite les données et mobilise les modèles de l'analyse économique pour caractériser et mesurer les impacts de vos décisions

Le développement des grands projets (infrastructures publiques, événements sportifs, investissements privés) passe nécessairement par une analyse préalable de leurs retombées. Dans cette étape, la difficulté consiste non seulement à estimer ex-ante les données prévisionnelles affectant l'équilibre du projet mais aussi d'arriver à identifier l'ensemble des impacts du projet et à leur attribuer une valeur monétaire.

De nombreuses études, notamment financières, souffrent encore de cette deuxième limite. L'exercice de la valorisation de l'ensemble des impacts (positifs ou négatifs, matériels ou immatériels) d'un projet n'est pas systématiquement fait, ou du moins avec rigueur.

Les méthodes économiques et les outils et méthodologies développés par l'équipe Economic Advisory répondent pleinement à cette problématique. Les impacts d'un projet sont identifiés et rigoureusement évalués en tenant compte des aléas.

Les innovations introduites par les économistes dans les évaluations de projet portent aussi sur un autre aspect. Les outils des économistes introduisent en effet la possibilité de mesurer l'impact d'un projet sur les autres secteurs du pays et d'en mesurer l'impact globale sur l'économie. A travers ses modèles dits d'Input-Output, Deloitte Economic Advisory quantifie les effets d'entraînement sur l'économie d'un événement culturel ou encore d'un investissement dans une grande infrastructure publique.

Comment mesurer l'impact économique d'une nouvelle route (accident, pollution, maintenance, etc.) ? Comment évaluer l'impact sur une ville d'une nouvelle centrale électrique? Comment mesurer les retombées économiques de l'organisation d'un grand événement sportif ? Comment quantifier les bénéfices liés à la dépollution d'un site ?

C'est à ce type de questions que notre équipe sait répondre afin de fournir une vision réaliste et complète des retombées économiques des projets.

Nos économistes s'appuient sur les outils les plus avancées de la théorie économique et les bonnes pratiques académiques. L'expérience acquise lors de nos nombreuses missions nous a permis de développer une méthodologie robuste et adaptée à vos besoins spécifiques.

Nos points forts

- La combinaison d'une expertise en économie industrielle permettant de caractériser finement les effets attendus et d'expertises de pointe en traitement de données permettant de les quantifier (constitution de base de données, exploitation de données publiques à un niveau très fin, analyse économétrique, interface de visualisation des résultats).
- L'expérience d'études d'impacts économiques dans différents contextes (ouverture à la concurrence d'un marché, grands projets d'investissements, fusion, décisions réglementaires), qui nous permet d'avoir une appréhension très complète des différents types d'impacts économiques d'un projet.
- Une grande expérience dans la production de rapports économiques rigoureux, destinés à l'expertise et à la contre-expertise, et reposant donc sur des méthodologies robustes explicités de façon pédagogique (rapports d'expertise remis auprès de tribunaux de commerce, de l'Autorité de la concurrence, de la Commission européenne, de grandes institutions internationales, de différents états...).

Pour en savoir plus

<https://www2.deloitte.com/fr/fr/pages/fusions-acquisitions/topics/economic-advisory.html>



Deloitte fait référence à un ou plusieurs cabinets membres de Deloitte Touche Tohmatsu Limited (« DTTL »), à son réseau mondial de cabinets membres et à leurs entités liées (collectivement dénommés « l'organisation Deloitte »). DTTL (également désigné « Deloitte Global ») et chacun de ses cabinets membres et entités liées sont constitués en entités indépendantes et juridiquement distinctes, qui ne peuvent pas s'engager ou se lier les uns aux autres à l'égard des tiers. DTTL et chacun de ses cabinets membres et entités liées sont uniquement responsables de leurs propres actes et manquements, et aucunement de ceux des autres. DTTL ne fournit aucun service aux clients. Pour en savoir plus, consulter www.deloitte.com/about. En France, Deloitte SAS est le cabinet membre de Deloitte Touche Tohmatsu Limited, et les services professionnels sont rendus par ses filiales et ses affiliés.