



GAC
GROUP

EVALUATION DU PROGRAMME NANO 2017

Rapport d'évaluation

En collaboration avec



Le 8 avril 2021

Table des matières

1	Enjeux et structuration de l'industrie des semiconducteurs	7
1.1	L'industrie des semiconducteurs, une industrie stratégique	7
1.2	La filière s'est profondément recomposée depuis les années 1970.....	9
1.3	L'Europe est aujourd'hui un acteur mineur du marché des semiconducteurs.....	10
2	Une industrie très intensive en recherche et développement	15
2.1	Des enjeux d'innovation importants qui imposent des investissements considérables	15
2.2	Deux technologies concurrentes face aux défis de la loi de Moore	17
3	Le soutien public à la filière est important	19
3.1	Une industrie bénéficiant d'un soutien public important.....	19
3.2	Politique publique française et européenne de soutien aux semiconducteurs.....	22
3.3	Présentation du programme NANO 2017	23
4	Le programme a eu un effet positif sur l'investissement en R&D du secteur, dans un contexte de stagnation	31
4.1	Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de coordonner les acteurs autour d'une vision stratégique partagée ?	31
4.2	Dans quelle mesure le programme a-t-il atteint ses objectifs en termes de production de technologies différenciantes ?	32
4.3	Dans quelle mesure le programme a-t-il permis d'augmenter les dépenses de R&D des bénéficiaires ?	33
4.4	Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de produire des résultats pour les bénéficiaires ?	37
4.5	Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de développer les pratiques d'open innovation ?.....	38
4.6	Dans quelle mesure le programme génère-t-il des effets de leviers ?	41
5	Le programme a permis d'entraîner des retombées socio-économiques sur le territoire	45
5.1	Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de générer des bénéfices économiques ?....	45
5.2	Dans quelle mesure le programme permet-t-il de générer des retombées sociales pour le territoire ?	48
5.3	Type d'emplois bénéficiant du programme	49
5.4	Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de générer des retombées fiscales ?.....	51
5.5	Dans quelle mesure le programme est-il rentable ?.....	52
6	Le programme a soutenu l'écosystème et la filière des semiconducteurs	55
6.1	Dans quelle mesure le programme NANO 2017 a-t-il permis le développement de l'écosystème grenoblois en micro-nanoélectronique ?.....	55

6.2	Dans quelle mesure le programme NANO 2017 exerce-t-il un effet structurant sur la filière et contribue à l'inter-filière ?.....	60
-----	---	----

7 Analyse évaluative du programme NANO 2017 **64**

7.1	STMicroelectronics et le CEA-Leti, des entités de très grande taille qui nécessitent d'être étudiées de manière individuelle.....	64
7.1.1	<i>Analyse comparative de STMicroelectronics, Infineon Technologies et NXP Semiconductors</i>	64
7.1.2	<i>Analyse comparative du CEA-Leti et du Fraunhofer de Berlin</i>	70
7.2	Méthodologie économétrique mise en œuvre pour étudier les effets du programme sur les PME et ETI de la nanoélectronique grenobloise.....	71
7.2.1	<i>Trois approches successives ont permis de mesurer l'efficacité du programme</i>	72
7.2.2	<i>Mise en œuvre des analyses</i>	73
7.3	Les bénéficiaires directs et indirects de Nano 2017 ont augmenté deux fois plus leurs dépenses de R&D entre 2012 et 2017 que les entreprises auxquelles elles ont été comparées.....	77
7.3.1	<i>Qui sont les bénéficiaires directs et indirects de Nano 2017 ?</i>	77
7.3.2	<i>Nano 2017 : un stimulant pour la R&D des bénéficiaires directs et indirects avec une augmentation annuelle moyenne de 4% par an des dépenses de R&D entre 2012 et 2017</i>	79
7.4	Le nombre d'emplois de R&D a progressé plus rapidement au sein du cluster Crolles-Grenoble qu'ailleurs en France entre 2012 et 2017.....	82
7.4.1	<i>Qui sont les entreprises du cluster Crolles-Grenoble ?</i>	82
7.4.2	<i>Des effets immédiats sur les emplois de recherche développement et une augmentation du chiffre d'affaires supérieure à partir de 2015 par rapport à 2012 dans le Cluster Crolles Grenoble</i>	84
7.5	En Auvergne-Rhône-Alpes, les exportations de la filière électronique ont progressé près de 1,5 fois plus vite que celles des autres secteurs entre 2012 et 2016.....	86
7.5.1	<i>L'électronique auvergnate-rhônealpine réalise un chiffre d'affaires moyen de 6 millions d'euros...</i>	86
7.5.2	<i>Une masse salariale de R&D qui augmente significativement plus dans l'électronique que dans les autres secteurs industriels en région Auvergne-Rhône-Alpes</i>	88

8 Annexes **92**

8.1	Annexe 1 : Présentation des bénéficiaires.....	92
8.2	Annexe 2 : Présentation des pays étudiés dans le cadre du benchmark.....	96
8.3	Annexe 3 : Panorama des dispositifs nationaux de soutien à l'innovation 2014-2015 (source : France Stratégie).....	97
8.4	Annexe 4 : Méthodologie de calcul des emplois indirects et induits soutenus par le programme NANO 2017 et des analyses de réseau.....	98
8.5	Annexe 5: Présentation de l'enquête en ligne LimeSurvey diffusée aux bénéficiaires de NANO 2017	101
8.6	Annexe 6 : Qualité des appariements.....	103
8.6.1	<i>Approche 1</i>	103
8.6.2	<i>Approche 2</i> :.....	103
8.6.3	<i>Approche 3</i> :.....	104
8.7	Annexe 7 : Résultats des analyses en double différences.....	106
8.7.1	<i>Approche 1</i>	106
8.7.2	<i>Approche 2</i> :.....	107
8.7.3	<i>Approche 3</i> :.....	108





Statut du document

Ce document constitue le rapport final de l'évaluation ex-post du programme NANO 2017 au 8 avril 2021.

Les propos tenus n'engagent que leurs auteurs : Marc Pattinson (mpattinson@group-gac.com), Benoit Masquin (bmasquin@group-gac.com), Camille Begon (cbegon@group-gac.com), Cyrus Farhangi (c.farhangi@collaborativepeople.fr), Jeremy Picot (j.picot@collaborativepeople.fr).

Nous remercions la Sous-Direction de la Prospective, des Études et de l'Évaluation Économique (SDP3E) et le Service de l'économie du numérique de la DGE, le SGPI ainsi que l'ensemble des membres du comité de pilotage pour leurs remarques durant l'évaluation.



PARTIE 1 : CONTEXTE GENERAL DE L'ÉVALUATION

Le programme NANO 2017 est un programme de soutien à la recherche et à l'innovation représentant un volume de près de 2 Md € de R&D, notamment financé par l'Etat, les collectivités territoriales et l'Union Européenne, pour soutenir la compétitivité de la filière française des semiconducteurs.

Ce programme s'est inscrit dans un contexte très particulier car :

1. Il est ciblé sur la filière des semiconducteurs qui représente une filière économique stratégique : les semiconducteurs et notamment les nano-semiconducteurs sont considérés comme une Key Enabling Technology (KET) par la Commission Européenne et la Direction Générale des Entreprises (DGE). En effet, les semiconducteurs sont exploités et contribuent au développement de nombreuses filières et technologies à fort enjeux.
2. La filière des semiconducteurs est une filière hautement concurrentielle au niveau mondial, dans laquelle les acteurs européens sont peu nombreux. La France représente l'un des pays clés en Europe pour cette industrie (avec notamment l'Allemagne, la Belgique, et l'Autriche), notamment par la présence autour de Grenoble d'un écosystème riche avec des acteurs de recherche, comme le CEA-Leti, et des acteurs industriels de premier plan, comme STMicroelectronics ou Soitec.
3. La filière est confrontée à des enjeux technologiques et économiques particulièrement importants : l'innovation a toujours été au cœur de l'activité de la filière, qui a permis de miniaturiser de manière considérable les composants électroniques et ainsi d'en augmenter la puissance de calcul. De plus en plus, cette stratégie de miniaturisation (guidée par la loi de Moore) trouve ses limites techniques et commerciales et les acteurs doivent ainsi innover et se différencier à partir de stratégies nouvelles.
4. La filière est traditionnellement très fortement soutenue par les Etats, avec des outils de politiques économiques (aides à la recherche, aide à l'investissement, aide à l'implantation, etc.). Ces soutiens traduisent l'importance de la concurrence que se livrent les Etats pour créer des champions nationaux et attirer des entreprises de semiconducteurs.

Ce contexte est important pour comprendre les spécificités du programme et le rôle stratégique qu'il a pu jouer et que l'évaluation ne pourra qu'imparfaitement prendre en compte. Toutefois, dans un souci de lisibilité, il a été détaillé en annexe 1.

Par ailleurs ce programme fait suite à deux précédents programmes : les résultats observés sur la période d'étude 2013-2022 seront ainsi influencés par les précédentes générations et inversement, les résultats du programme NANO 2017 se répercuteront sur la période de réalisation du programme NANO 2022 (2018-2022).

1 Enjeux et structuration de l'industrie des semiconducteurs

1.1 L'industrie des semiconducteurs, une industrie stratégique

Les semiconducteurs, des composants clés présents dans de nombreux produits et technologies

Aujourd'hui les composants semiconducteurs se retrouvent dans un nombre croissant de produits et objets du quotidien qui se dotent de fonctions de communication et de connectivité. Ils forment « le cerveau » des équipements électroniques modernes.

En France, la filière est une priorité de la politique industrielle depuis 20 ans. Pour la DGE¹, la nanoélectronique (qui sous-tend la production des semiconducteurs modernes) est l'une des technologies stratégiques pour la compétitivité des entreprises françaises à moyen terme : « *la nanoélectronique est stratégique car sa maîtrise conditionne le positionnement de la France dans*

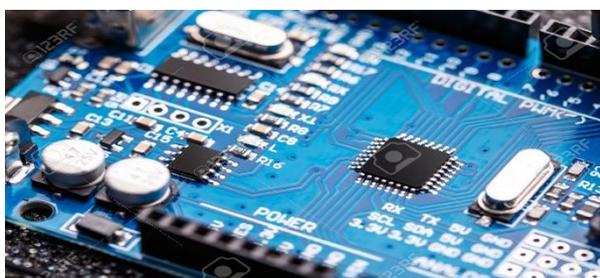


Figure 1: Microprocesseur intégré sur une carte de circuit

de nombreux domaines technologiques clés associés (...). Cette technologie, qualifiée de key enabling technology, est à la base de la chaîne d'innovation de nombreuses autres technologies telles que l'imagerie médicale, les capteurs ou la robotique. » (Étude DGE Op. Cite p. 596)

La nanoélectronique est ainsi liée à toutes les technologies clés à l'horizon 2020 intégrant ou utilisant des composants électroniques : Internet des objets, capteurs, réseaux électriques intelligents, robotique autonome, supercalculateurs, intelligence artificielle, dispositifs bio-embarqués, technologies d'imagerie pour la santé, systèmes embarqués sécurisés et sûrs, infrastructures de 5^{ème} génération, solaire photovoltaïque, authentification forte, etc. Ainsi, l'industrie des semiconducteurs adresse des secteurs aussi variés et stratégiques pour l'Europe que la santé, l'automobile, l'aéronautique, le spatial, l'énergie et l'industrie manufacturière.

Au-delà de son caractère pervasif, le secteur des semiconducteurs reste un secteur stratégique à plusieurs titres :

¹ DGE, TECHNOLOGIES CLÉS 2020 - Préparer l'industrie du futur ; https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/innovation/technologies-cles-2020/technologies-cles-2020.pdf

- **Sécurité des approvisionnements** : Une dépendance en matière d'approvisionnement sur des composants critiques de produits induit un risque pour les industriels (cf. exemple de HUAWEI dans l'encadré ci-dessous)
- **Sécurité et qualité de puces à caractère stratégique** : Les semiconducteurs sont également les composants essentiels aux équipements de sécurité et de défense avec des enjeux de sécurité (vulnérabilité aux attaques, sécurité des informations, etc.) et de fiabilité des équipements stratégiques.

Conflit sino-américain autour de HUAWEI

Dans le cadre du conflit commercial opposant les États-Unis et la Chine, des décrets ont été signés en Mai 2019 visant à limiter les exportations d'équipements technologiques américains auprès de Huawei. Cette dernière est inscrite sur la liste noire des entreprises à destination desquelles il est interdit d'exporter des produits américains, bien que des licences exceptionnelles puissent être fournies sous réserve d'autorisation. Ces restrictions concernaient aussi bien la partie hardware (Intel, Micron) que la partie software (avec notamment le système d'exploitation Android). Au total, le montant des achats de Huawei en composant américain s'élèverait à 10-11 Mds\$ par an.

Conséquence des difficultés d'approvisionnement et d'image, le géant chinois anticipe un recul de 40 à 60 % de ses ventes de smartphones à l'étranger. Après avoir repoussé le lancement de son smartphone pliable Mate X, il envisage d'arrêter les livraisons du dernier Honor 20 en cas de mauvaises ventes.

Cet exemple illustre le caractère stratégique des semiconducteurs et les risques associés en cas de dépendance excessive. La Chine s'est d'ailleurs fixée comme objectif de produire 40 % des semiconducteurs entrant dans la composition des produits fabriqués sur son territoire.

Un secteur économique dynamique

Après plusieurs années de faible croissance, les ventes mondiales de semiconducteurs ont augmenté de fortement en 2017 (+21,6 %) et en 2018 (+13,7 %). Le volume total des ventes représente ainsi 468 milliards de dollars en 2018, un record (cf. Figure 2). Cette croissance est observée dans toutes les grandes régions du monde : +16,4 % de vente pour les Amériques en 2018, +13,7% de vente pour l'Asie-Pacifique, +12,1 % de vente pour l'Europe et +9,2 % de vente pour le Japon.

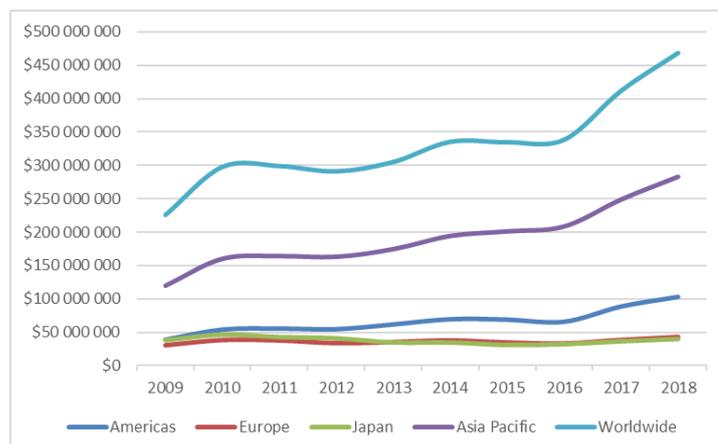


Figure 2 : Ventés mondiales des semiconducteurs (valeur mensuelle lissée, en milliers de dollars)

Source : World Semiconductor Trade Statistics (2019) - traitement : GAC

La croissance des ventes est portée depuis 2017 par le dynamisme de marchés applicatifs, notamment l'automobile, les objets connectés personnels (smartphones, montres connectées, etc.).

1.2 La filière s'est profondément recomposée depuis les années 1970

Présentation de la chaîne de valeur des semiconducteurs

La production des semiconducteurs repose sur une chaîne de valeur qui va depuis la recherche jusqu'à la distribution des semiconducteurs (cf. Figure 3). Cette chaîne de valeur est complétée par d'autres activités incluses dans l'écosystème des semiconducteurs :

- Les sociétés de propriété intellectuelle qui développent et cèdent sous licence des « blocs » de circuits préconçus que les entreprises en semiconducteur intègrent ensuite dans leurs propres conceptions de puces ;
- Les sociétés d'automatisation de la conception électronique (EDA) qui fournissent la conception assistée par ordinateur (CAO) et d'autres services de design des 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 comprend également un tissu de laboratoires, d'écoles, d'universités et de pôles de compétitivité et clusters technologiques spécialisés dans la conception, les matériaux, le développement d'outils complexes de production, etc.

Une tendance à la spécialisation verticale des acteurs

Depuis les années 1960 où « les firmes individuelles s'occupaient de toutes les fonctions en leur sein et utilisaient une « combinaison d'équipements faits maison » et d'équipements de laboratoires scientifiques, l'industrie a évolué vers un écosystème industriel (SIA Beyond borders p.9)² ».

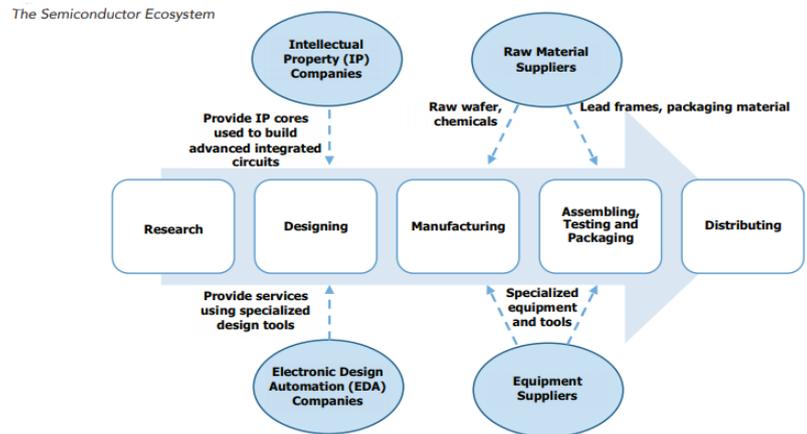


Figure 3 : L'écosystème de l'industrie des semiconducteurs

Source : Semiconductor Industry Association (2016)

²<https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2018/06/SIA-Beyond-Borders-Report-FINAL-June-7.pdf>

La création de cet écosystème s'est accompagnée d'une spécialisation verticale des acteurs³. La hausse de la demande a permis aux industriels de réaliser des économies d'échelles et de spécialisation. Les défis technologiques, la diminution des cycles de vie des produits ainsi que l'augmentation des coûts de R&D, contribuent également à faire évoluer la structure de l'industrie vers une plus grande spécialisation verticale des acteurs (cf. Figure).

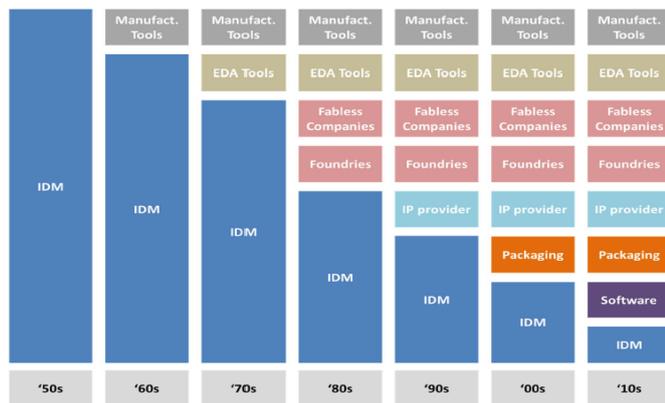


Figure 4 : Evolution des stratégies des acteurs dans l'industrie des

Source : Heide, Marcel, et al. (2014)

Cette spécialisation de la chaîne de valeur des semiconducteurs a ouvert la voie à trois grands types de positionnement marché pour les entreprises du secteur :

- Le modèle traditionnel intégré (« *Integrated Device Manufacturing* » ou IDM), dans lequel une entreprise gère la conception et la production de circuits intégrés ou de composants discrets.
- Le modèle *Fabless*, dans lequel une entreprise se concentre sur la conception et la commercialisation de systèmes complets en externalisant l'ensemble de leur production.
- Le modèle *Foundrie*, dans lequel une entreprise se concentre sur la fabrication en sous-traitance pour d'autres entreprises.
- Le modèle *Fab-lite* qui correspond à une situation intermédiaire où une partie significative des activités de production est externalisée, notamment pour les niveaux de gravure les plus fins qui requièrent des investissements importants dans les technologies de production et les usines de fabrication.

La répartition du chiffre d'affaires du secteur des semiconducteurs entre ces modèles est plutôt équilibrée. Toutefois, les modèles *Fabless*, *Foundries* et *Fab-lite* prennent une place de plus en plus grande dans l'industrie à mesure que les technologies évoluent et que les produits se complexifient, en raison du besoin constant et coûteux de moderniser les outils de production pour suivre les progrès technologiques.

1.3 L'Europe est aujourd'hui un acteur mineur du marché des semiconducteurs

Un poids des acteurs européens faible face à la concurrence mondiale

³ Jeffrey T. Macher and David C. Mowery, "Vertical Specialization and Industry Structure in High Technology Industries," *Business Strategy Over the Industry Lifecycle*, *Advances in Strategic Management*, Volume 21 (2004), 331–332

L'industrie des semi-conducteurs est très concurrentielle et s'articule principalement autour de 3 pôles : l'Asie, les Etats-Unis et l'Europe. Ainsi, dans le classement 2019 des plus grandes entreprises du secteur (cf. Table 1), 6 sont américaines, 6 sont asiatiques et 3 sont européennes. Le haut du classement est tenu depuis de nombreuses années par Intel, numéro 1 mondial. Le sud-coréen Samsung occupe la seconde marche du podium avec un positionnement large et une stratégie d'intégration de ses puces mémoires dans les smartphones. Le taiwanais TSMC (fondeur) s'impose également comme un des leaders du marché. **La place des acteurs européens reste marginale alors même que cette industrie joue un rôle stratégique.** Parmi les 3 leaders européens, Infineon, NXP et STMicroelectronics, seul Infineon se classe dans le Top 10.

Table 1 : Panorama des principaux vendeurs de semi-conducteurs mondiaux (1^{er} trimestre 2019)

Rank	Company	Headquarters	Sales (M\$)
1	Intel	Etats-Unis	15 799
2	Samsung	Corée du sud	12 867
3	TSMC (1)	Taiwan	7 096
4	SK Hynix	Corée du sud	6 023
5	Micron	Etats-Unis	5 475
6	Broadcom Inc. (2)	Etats-Unis	4 375
7	Qualcom (2)	Etats-Unis	3 722
8	TI	Etats-Unis	3 407
9	Toshiba/Toshiba Memory	Japon	2 650
10	Infineon	Europe	2 094
11	Nvidia	Etats-Unis	2 220
12	NXP	Europe	2 094
13	ST	Europe	2 066
14	HiSilicon (2)	Chine	1 755
15	Sony	Japon	1 746

Source : Company report, IC Insights 'Strategic review database

(1) Fondeur, (2) Fabless – voir ci-dessus

En France, le secteur a été marqué par le phénomène de désindustrialisation et est aujourd'hui très concentré dans la « Silicium vallée »

Un secteur qui a connu une consolidation importante entre 2012 et 2016

En 2017, le marché français des semi-conducteurs s'est élevé à près de 2 Mds € (Source : Xerfi) (soit 2,24 Mds \$ environ) contre 378 Mds \$ au niveau mondial. En lien avec les spécificités sectorielles de l'économie française, l'industrie, l'automobile et le secteur de la défense représentent les trois principaux débouchés des fabricants de semi-conducteurs. Ces trois marchés clients représentaient à eux seuls plus de 80% des ventes en 2017.

Le secteur des semiconducteurs français a connu un vaste mouvement de consolidation ces dernières années. Entre 2012 et 2016, le secteur a perdu environ 9,5% de ses établissements et de ses effectifs. (cf. Figure).

Cette érosion du tissu économique reflète notamment la stratégie de restructuration mise en place par les grandes entreprises dans le but de réduire les coûts et de gagner en compétitivité (Source : Xerfi). En effet, les fabricants évoluent dans un contexte de plus en plus difficile marqué par une forte concurrence asiatique et américaine et d'importantes pressions déflationnistes. Toutefois, depuis 2016, les forts taux de croissance du marché mondial permettent aux acteurs français d'investir dans leurs outils de production et de recruter.

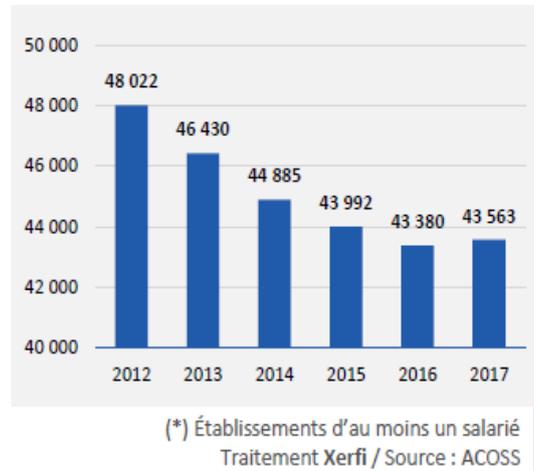
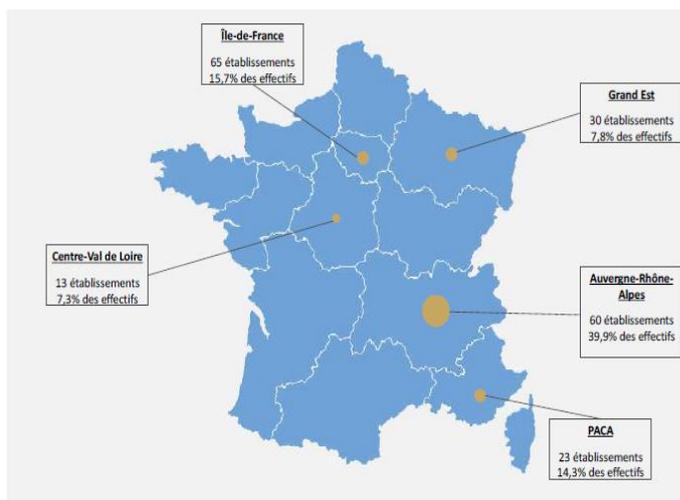


Figure 5 : Effectifs salariés du secteur des semiconducteurs en France

Un secteur très concentré en région Auvergne-Rhône-Alpes

Le secteur des semiconducteurs représentait en 2017 plus de 43 600 emplois à travers l'Hexagone (27 100 dans la fabrication de composants, 16 500 dans la fabrication de cartes électroniques) (Source : ACOSS). À ce titre, la filière française de l'électronique se caractérise par une forte concentration géographique : la région Auvergne Rhône Alpes abrite à elle seule 40% des effectifs de fabrication de semiconducteurs.



Note : la taille des bulles est proportionnelle à la part des effectifs dans le secteur
(*) Données concernant les établissements d'au moins un salarié / Traitement Xerfi / Source : ACOSS, données 2017

Figure 6 : Répartition géographique des fabricants composant électroniques en France

Cette région, et plus précisément le bassin grenoblois, jouit en effet d'une expertise historique dans l'industrie microélectronique. Il concentre aujourd'hui de nombreux acteurs de la micro-nanoélectronique. Porté par le CEA-Leti et des leaders industriels comme

STMicroelectronics (ST), l'écosystème grenoblois est riche de nombreuses PME et ETI dynamiques et attractives comme Soitec, Kalray, Docea Power, Mentor Graphics, etc. Il s'appuie également sur des organismes de formation et de recherche à la pointe dans leur domaine comme Minatec, un campus d'innovation en micro-nanotechnologie comprenant plus de 3 000 chercheurs, 1 200 étudiants et 600 industriels sur 20 hectares. Le territoire compte également des infrastructures de recherche et équipements industriels notamment des salles blanches, équipements de production et de test de pointe, etc. Au-delà de ces acteurs et infrastructures, l'écosystème, qui représente 19 000 emplois, bénéficie du pôle Minalogic (450 projets de R&D représentant 805 M € de R&D) ou de l'IRT Nanoelec qui contribue à la mise en relation des acteurs de recherche et des acteurs industriels.

Zoom sur deux acteurs clés du secteur : STMicroelectronics et Soitec

Les deux encadrés suivants présentent les entreprises STMicroelectronics et Soitec, qui sont les deux principaux bénéficiaires industriels du programme NANO 2017.

SOITEC

The logo for Soitec, featuring the word "soitec" in a lowercase, sans-serif font. The letter "o" is stylized with a blue and green circular graphic element.

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. Ses technologies sont utilisées dans la production de composants électroniques alliant performance, efficacité énergétique et compétitivité. En France, le groupe est implanté au sein du pôle d'innovation en micro-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 1600 personnes à l'échelle mondiale dont une majorité 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 s'accompagne du renforcement du business semiconducteur et 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 notamment par une forte croissance 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. Dès 2017, Soitec enregistre un taux de croissance de son chiffre d'affaires positif. Sur l'exercice 2017-2018, le groupe connaît une forte croissance avec + 31% de son chiffre d'affaires.

Afin de répondre à la forte demande de plaques de silicium sur isolant, Soitec a engagé depuis 2018 un vaste plan d'investissement. Il est destiné à augmenter les capacités de production de ses usines à Bernin, près de Grenoble en France et à Singapour. Par ailleurs, les effectifs de Soitec sont en constante augmentation depuis 2017.

Depuis peu, Soitec a 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.

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 compte parmi les premiers opérateurs mondiaux des semiconducteurs. Spécialisé dans la fabrication de large gamme de composants, en particulier des semiconducteurs (diodes, transistors, thyristors, amplificateurs, etc.), ST s'adresse à des marchés diversifiés (industrie, automobile, électronique grand public, data center, Internet des objets, etc.).

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, mais également à Rousset dans les Bouches-du-Rhône et Tours en Indre-et-Loire.

ST a connu des difficultés entre 2012 et 2016 en raison d'une conjoncture peu dynamique, de son positionnement sur des marchés à faible valeur ajoutée ainsi que de la fragilisation de segments historiques de la société. Cela a conduit ST à se repositionner sur le marché de l'automobile et des objets personnels connectés. Depuis 2017, la situation de ST s'est améliorée. Ainsi, en 2018, le chiffre d'affaires est en hausse de 15,8 % à 9,66 Mds \$ grâce à une forte croissance au second semestre de l'année par rapport au premier pour les marchés finaux de l'industrie, de l'automobile et de l'électronique personnelle.

Cette croissance s'accompagne d'extension des capacités de production sur le site de Crolles 2, spécialisé dans la fabrication des circuits intégrés. Une première extension a été réalisée en 2017 pour plus de 300 millions d'euros. Cette année, ST procède à une deuxième extension de son usine Crolles 2.

Les recrutements ont également repris sur le site de Crolles, entre 250 et 300 embauches nettes ont été prévues en 2017, accompagnées d'un recrutement de plus de 80 intérimaires, soit un total de 330-380 emplois nets créés. Sur le site de Grenoble, après un plan de départs volontaires et des mutations internes en 2017, la société a réembauché près de 100 personnes en 2018.

Conclusion : Le secteur des semiconducteurs, qui a bénéficié du programme NANO 2017, présente ainsi une dimension stratégique à la fois sur un plan économique, mais également en termes de préservation de savoir-faire et de sécurité qui ne peuvent être que très partiellement appréciés par des indicateurs quantitatifs ou qualitatifs. C'est en particulier le cas de STMicroelectronics, qui représente l'une des rares entreprises en Europe conservant un positionnement large sur l'ensemble de la chaîne de valeur (assimilable à un IDM).

Par ailleurs, il convient de noter que le programme s'est déroulé dans une situation conjoncturelle particulière, avec d'une part des fragilités marquées au sein de STMicroelectronics et de Soitec en début de programme et d'autre part, une tendance globale à la croissance du marché au niveau mondial qui a pu avoir une influence sur les résultats observés.



2 Une industrie très intensive en recherche et développement

2.1 Des enjeux d'innovation importants qui imposent des investissements considérables

Depuis plus de 60 ans, la « *loi de Moore* » régit la progression des circuits intégrés électroniques. Elle suppose un doublement du nombre de transistors par circuit tous les 18 mois afin de garantir l'évolution de leur puissance.

Différents axes de recherche face aux difficultés de la miniaturisation

La poursuite de la loi de Moore est de plus en plus remise en cause par les acteurs de la filière et la recherche sur les puces et autres composants logiques se concentre sur 3 axes principaux.

Le « more Moore » ou la poursuite de la miniaturisation

La réduction de la taille des transistors est déterminante pour augmenter le nombre de transistors. L'intérêt de la miniaturisation est multiple. D'abord, en raccourcissant l'espace entre la source et le drain, elle accélère le passage des électrons et augmente ainsi le nombre d'opérations réalisées par seconde tout en réduisant la consommation en énergie des transistors. Par ailleurs, la réduction de la taille des circuits permet la fabrication collective de centaines de puces sur chaque plaquette de silicium, abaissant leur coût unitaire. Enfin, la miniaturisation diminue l'encombrement des objets.

Cependant, la miniaturisation se heurte à des difficultés technologiques voire physiques croissantes. En raison de ces difficultés, ce sont plutôt les innovations au niveau des matériaux et des architectures qui devraient permettre d'augmenter les performances des circuits intégrés.

Le « more than Moore » ou l'intégration de plusieurs fonctions sur une puce

C'est l'ajout de fonctions non digitales aux composants telles que la radiofréquence, les capteurs, les composants haute tension, l'électronique de l'éclairage et les chargeurs de batterie, qui a joué un rôle décisif dans la diffusion de la microélectronique. Ces fonctions sont connues sous le nom de technologies « more than Moore » ou technologies dérivées. Cette tendance combine l'intégration d'éléments hétérogènes, les techniques d'encapsulation innovantes et les micro-empilements 3D.

Le « beyond CMOS » ou les recherches sur les technologies alternatives au CMOS

Les industriels du secteur et la communauté scientifique internationale se sont lancés depuis plusieurs années dans l'exploration de pistes nouvelles qui n'utilisent pas l'architecture classique du transistor CMOS et les techniques de fabrication de la microélectronique silicium.

La feuille de route de l'ITRS⁴ (International Technology Roadmap for Semiconductors) présente les quatre champs de recherche actuels : la spintronique, la photonique, l'électronique moléculaire et l'électronique quantique. Si toutes ces voies apparaissent prometteuses, elles restent pour l'instant du domaine de la recherche fondamentale, aucune ne s'est encore imposée comme une solution alternative crédible au silicium, ni en termes de performance, ni en termes de coût.

Des investissements considérables pour continuer d'augmenter les performances des puces

Actuellement, de nouvelles technologies sont développées et font l'objet de travaux d'intégration. Les processus de fabrication sont continuellement mis à jour. Ainsi, les industriels sont aujourd'hui capables de produire des transistors de 7 nm⁵. Le 5 nm et le 3 nm sont toujours au stade de la R&D mais devraient d'ici quelques années être utilisés par les industriels.

Toutefois, ces développements technologiques se heurtent à une double limite : une limite physique (l'intégration peut se poursuivre jusqu'aux limites de la physique, l'électron) et une limite économique (le coût de développement d'une technologie augmente de 30 % par nœud technologique).

Ainsi, les investissements d'équipement de production de puces électroniques vont de record en record. Selon le SEMI, ils devraient augmenter de 10,8% en 2018 pour atteindre 62,7 Mds \$, dépassant le pic historique de 56,6 milliards de dollars enregistré en 2017. Et l'augmentation devrait se poursuivre en 2019 avec une progression de 7,7% à 67,6 Mds \$. La Corée du Sud s'impose comme le plus gros investisseur avec un montant de près de 18 milliards de dollars en 2018, devant la Chine à 11,8 milliards de dollars et Taiwan à 10,7 Mds \$. L'Europe est en bas du podium avec des investissements en production d'environ 4 milliards de dollars en 2018 mais son effort a doublé par rapport aux années 2015 et 2016.⁶ Cela s'explique en partie par le fait qu'elle fait face depuis de nombreuses années à des difficultés pour rester dans la course au More Moore et ne suit donc pas l'inflation des investissements mondiaux. Toutefois elle a de nombreux atouts pour une stratégie alternative, le « More than Moore » ou le « Beyond CMOS ».



⁴ <https://www.semiconductors.org/resources/2015-international-technology-roadmap-for-semiconductors-itrs/>

⁵ Transistor en architecture FinFET

⁶ L'Usine Nouvelle, <https://www.usinenouvelle.com/article/vers-un-investissement-record-en-2018-dans-la-production-de-puces-electroniques.N717729>

2.2 Deux technologies concurrentes face aux défis de la loi de Moore

Le FinFET d'Intel et le FDSOI du CEA-Leti et de ses partenaires industriels

Alors que la taille des transistors atteint quelques dizaines de nanomètres dans les années 2000, les industriels observent d'importantes fuites de courant au niveau de la grille des transistors. Cela a pour conséquence de rendre le contrôle de leurs propriétés électriques difficile. Ainsi, pour poursuivre la miniaturisation, les acteurs de la microélectronique doivent inventer une architecture de transistor radicalement différente.

Intel propose en 2011 le **FinFET (Fin Field-Effect Transistor)** qui représente un changement de paradigme en microélectronique⁷. Le succès est immédiat car ce type de transistors permet de très bonnes performances en vitesse. Toutefois, le FinFET repose sur une architecture 3D, qui est relativement difficile à produire.

Le CEA-Leti et ses partenaires industriels ont fait le pari d'exploiter une technologie alternative, le **FDSOI (Fully Depleted Silicon On Insulator)**⁸. La structure planaire traditionnelle du FDSOI la rend moins onéreuse. Par ailleurs, la propriété unique de ce type de transistors sur film mince, lui permet de moduler à la demande le compromis vitesse/consommation tout en poursuivant le défi de la miniaturisation. Cette flexibilité permet d'adapter au plus fin la consommation des circuits en fonction des opérations à réaliser. Le FDSOI permet également d'utiliser des fréquences plus importantes notamment pour la 5G et les radars automobiles. Enfin, elle se distingue par sa fiabilité dans les calculs logiques, répondant ainsi aux besoins des marchés de l'automobile, de l'internet de objets, de l'intelligence artificielle et des microcontrôleurs.

L'écosystème du FDSOI en pleine expansion

Un véritable écosystème en matière de recherche et industriel s'est bâti afin de passer de la preuve de concept à la production industrielle. Né dans les salles blanches du CEA-Leti, la technologie FDSOI est développée industriellement au niveau du substrat par Soitec, une ETI essaimée du Leti. STMicroelectronics est le fabricant historique des processeurs FDSOI en 28nm.

Aujourd'hui, l'écosystème FDSOI se renforce sur l'ensemble de la chaîne de valeur et poursuit une logique de miniaturisation. De plus en plus d'acteurs industriels se positionnent sur cette technologie

⁷ Dans un transistor classique, les charges électriques circulent dans un canal planaire déposé sur un substrat ; à l'inverse, dans un transistor FinFET, ce canal est constitué d'un aileron de silicium de quelques nanomètres d'épaisseur, entouré par la grille du transistor, le rendant ainsi immunisé contre les fuites.

⁸ Pour enrayer les fuites de courant, la technologie FDSOI consiste à utiliser une très fine couche de silicium posée sur une fine couche d'oxyde de silicium isolant. Agissant comme une barrière, cette dernière est posée sur le substrat de silicium qui ne nécessite plus d'être dopé. Les performances du transistor peuvent être augmentées en appliquant une tension sur sa face arrière : c'est l'effet de substrat. La combinaison de cette tension et de la couche d'oxyde isolant agit alors comme une seconde grille.



dont le marché, aujourd'hui de faible volume, devrait être un relais de croissance important à l'avenir. La technologie a été adoptée par les deux acteurs majeurs de l'industrie, les fondeurs Samsung et GlobalFoundries. Le CEA-Leti poursuit les travaux de R&D sur le FDSOI et travaille avec STMicroelectronics sur des process de production en 28nm et 18nm et avec GlobalFoundries sur des process de production de 22nm et 12nm. Par ailleurs, l'écosystème continue de s'enrichir avec par exemple les sociétés SEH et Globalwafers (licenciés et concurrents de Soitec) qui représentent d'autres sources d'approvisionnement en substrats FDSOI.

Ce renforcement de l'écosystème est déterminant afin de sécuriser le développement de la technologie, notamment vis-à-vis des clients (caution d'acteurs de référence comme Samsung, diversification des sources d'approvisionnement, développement des bibliothèques, volume de production, etc.). Les possibilités de développements technologiques FDSOI restent encore importantes, bien que le nombre d'entreprises capables de développer des process technologiques et de production avancée soit de plus en plus faible.

Le FinFET, qui représente aujourd'hui un standard restera la technologie de choix pour les applications faisant appel à beaucoup de logique numérique et nécessitant des performances optimales. Toutefois et en dépit de cette hégémonie, il apparaît que le FDSOI peut émerger et se développer pour les composants nécessitant un excellent rapport qualité/prix et une faible consommation énergétique. Elle apparaît bien placée pour conquérir des parts de marché dans les applications IOT, connectivité 5G et automobile. L'enjeu pour la technologie FDSOI sera d'acquérir une crédibilité suffisante et des capacités d'intégration et de développement afin qu'elle puisse jouer le rôle de standard sur les segments de marché où elle est la plus pertinente.

Conclusion : L'industrie des semiconducteurs est soumise à de forts enjeux technologiques. La capacité des acteurs à répondre à ces enjeux est déterminante pour leur compétitivité et leur capacité de survie dans un contexte fortement concurrentiel. Si les acteurs majeurs du secteur, asiatiques et américains, poursuivent la course au More Moore, en dépensant toujours plus en R&D et équipements de production, les acteurs européens ont choisi de se concentrer sur l'alternative, le More than Moore et le Beyond CMOS pour lesquelles l'Europe compte de nombreux atouts. Il apparaît ainsi essentiel pour les acteurs de définir une stratégie en matière de recherche, de construire des partenariats forts notamment avec la recherche publique (en raison de la complexité technique et scientifique des projets). Cela est d'autant plus vrai pour les fabricants intégrés (IDM) qui doivent être performants sur l'ensemble de la chaîne de valeur et donc innover aussi bien sur la conception des semiconducteurs que sur leur fabrication.

3 Le soutien public à la filière est important

3.1 Une industrie bénéficiant d'un soutien public important

Le soutien à la recherche et au développement (R&D) est considéré comme un instrument légitime de politique économique. Classiquement, la justification économique de ce soutien vient de l'importance des externalités positives associées aux processus de R&D (notamment la diffusion des connaissances), qui conduiraient les acteurs à sous-investir en recherche. D'autres imperfections de marché sont identifiables comme les asymétries d'informations sur les gros investissements entre les perspectives et risques financiers pour les pourvoyeurs de fonds⁹. Par ailleurs, l'analyse économique a mis en avant l'importance croissante prise par l'innovation collaborative (*open innovation*) dans la capacité des acteurs à améliorer les produits et processus et plus généralement leur compétitivité (Chesbrough 2003¹⁰). La complexité des recherches, en particulier dans le secteur des semiconducteurs, impose de manière croissante le développement de partenariats, notamment avec des acteurs de la recherche publique. Toutefois, si l'ouverture apparaît essentielle, elle peut induire des risques (gestion de la PI des membres notamment), des difficultés de coordination, et de ce fait, peut être sous-exploitée.

En raison de ces différentes imperfections, le soutien à la R&D est largement pratiqué au niveau international et particulièrement dans le domaine des semiconducteurs et les différences dans les politiques d'innovation et les écosystèmes peuvent modifier significativement les conditions d'attractivité d'un pays pour l'accueil et le développement d'activités.

Toutefois, les interventions réalisées peuvent largement dépasser le champ du soutien à la R&D : aide à l'investissement industriel, aide à l'implantation, exonérations fiscales dérogatoires. Ces autres formes d'interventions pourraient relever d'une analyse basée sur des imperfections de marché, mais apparaissent comme plus souvent guidées par la volonté d'attirer les investisseurs et les entreprises de ce secteur.

Dans un document de travail destiné à analyser l'impact des distorsions de concurrence, l'OCDE a analysé le soutien public dont les acteurs clés du secteur ont bénéficié. Les résultats de 21 grandes entreprises opérant à travers la chaîne de valeur des semiconducteurs indiquent que le soutien public total a dépassé 45 milliards d'euros sur la période 2014-18. L'aide publique fournie sous forme d'endettement et de capitaux propres à des prix inférieurs à ceux du marché semble être particulièrement importante dans le contexte de l'industrie des semiconducteurs. Les autres types de

⁹ Hall, B.H. (2002), *The Financing of Research and Development*, Oxford Review of Economic Policy, Oxford University Press, vol. 18(1), pp. 35-51. 26 Banque de France (2002),

Financement des entreprises industrielles innovantes : contraintes financières et risque, Bulletin de la Banque de France – n°98 – Février 2002.

¹⁰ Chesbrough, H. "Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology" (2003)

soutien identifiés comprennent le soutien à la R&D et les incitations à l'investissement, qui ont profité à toutes les entreprises étudiées dans le rapport.

Ainsi, sur les 45 milliards de soutien public, entre 5 et 13,5 milliards d'euros sont destinés à 6 entreprises, dont 4 sont chinoises. Pour 2 de ces entreprises, SMIC et Tsinghua Unigroup, le soutien public total dépasse les 30% de leurs chiffres d'affaires annuels (cf. Figure 3). Le soutien aux acteurs européens apparaît moindre, 10% pour ST et environ 5% pour NXP et Infineon. L'industrie des semi-conducteurs est l'une des plus intensives en capital. Bien qu'il existe de bons arguments économiques pour le soutien à la R&D, cela peut avoir des conséquences sur les règles de commerce et de concurrence. Ainsi, le soutien massif des États asiatiques et américains provoque des distorsions de marché accompagnées par des politiques commerciales et concurrentielles pouvant désavantager les entreprises étrangères non soutenues. La question de la transparence et des formes que devraient prendre le soutien public au secteur est aussi soulignée.

Zoom sur le plan Made in China 2025 (MIC 2025)

En 2015, la Chine a annoncé un plan d'ampleur afin de moderniser les capacités industrielles chinoises. Ce plan, sur 10 ans, est ciblé sur 10 secteurs clés dont les nouvelles technologies de l'information, y compris semi-conducteurs. L'objectif est de remplacer une partie des importations par une production locale, notamment s'agissant des équipements de haute technologie. Les tensions commerciales entre les États-Unis et la Chine et les restrictions d'accès aux équipements américains ont joué plus récemment un rôle pour amplifier la démarche. A titre d'exemple, en 2020, environ 35% des puces entrant dans la fabrication des téléphones devront être produites localement et 40% en 2025. Parmi les actions engagées, 40 national et 48 provincial innovation centers 2025 devraient être créés afin de soutenir l'innovation. Un fonds pour les semi-conducteurs (21 Mds\$) a été constitué (notamment abondé par l'État ou des entreprises contrôlées) pour « aider à développer le premier processeur de smartphone de l'entreprise Xiaomi ». Les banques, contrôlées par l'État, fournissent également des prêts à taux faibles.

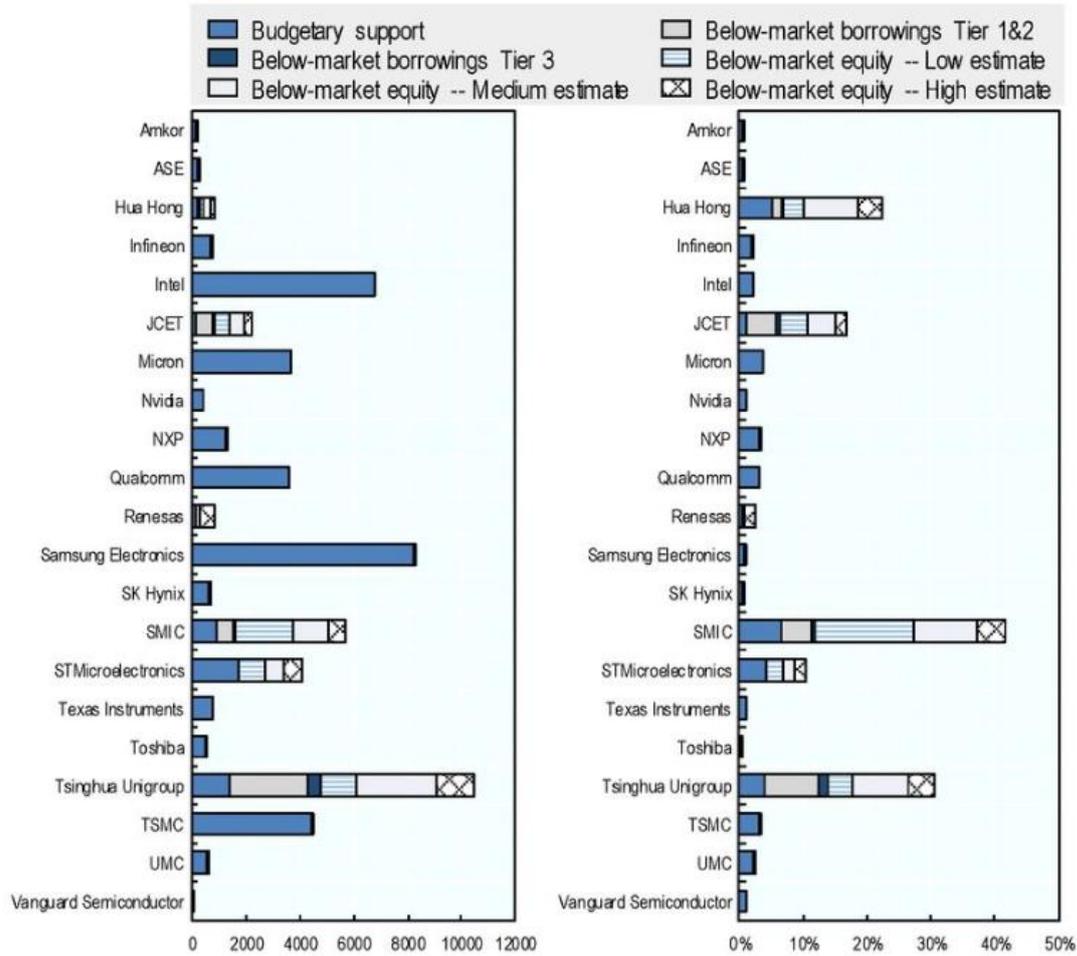
Zoom sur le soutien apporté par les États-Unis

Le secteur des semi-conducteurs est stratégique et dépend particulièrement du DoD (Department of Defense). Selon la Semiconductor Industry Association (SIA), les dépenses fédérales dans les programmes de recherche spécialement ciblés sur les semi-conducteurs représentent 1,5 Mds\$ 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\$. La SIA a proposé en 2019 de doubler ces dépenses. Dans ce contexte, un plan piloté par le DoD a été engagé « Microelectronics, Innovation for National Security and Economic Competitiveness » (MINSEC) avec la volonté affichée de « Maintenir le leadership américain dans le domaine de l'innovation et des technologies permise par les partenariats public / privé pour délivrer les prochaines générations de technologies et capacité » (i.e dans le domaine des semi-conducteurs). Ce programme est doté de 2,185 Mds\$ pour la période 2019-2023.

Au-delà de ces financements fournis au niveau fédéral, 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 en 300mm à Richardson : 5 M\$ dans le cadre du Texas Enterprise Fund ainsi que des déductions fiscales pour près de 380 M\$. Deuxième exemple, afin d'attirer un projet d'usine Foxconn de fabrication d'écran plat (de 9 à 10 Mds\$ d'investissement), l'État du Wisconsin a octroyé un soutien d'environ 4 Mds\$ comprenant des déductions fiscales diverses et des aides directes.

Figure 2. Total government support for all semiconductor firms studied amounted to more than USD 50 billion over the period 2014-18

Left: Total government support, 2014-18, USDmn, current
 Right: Total government support, 2014-18, % of firm revenue



Note: Data for Toshiba are for 2013-17 instead of 2014-18.
 Source: OECD calculations.

Figure 3 : Soutien public total entre 2014 et 2018 pour les 21 entreprises étudiées (source OCDE¹¹)

¹¹ Measuring distortions in international markets: The semiconductor value chain, OECD Trade Policy Papers No. 234

<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/8fe4491d-en.pdf?expires=1576834104&id=id&acname=guest&checksum=F754AB1BBB197F69CE2342E047C9BA8C>

3.2 Politique publique française et européenne de soutien aux semiconducteurs

Le soutien à la R&D dont bénéficient les entreprises du secteur des semiconducteurs comprend de nombreux instruments, notamment :

- Projets collaboratifs de R&D (FUI, PSPC) et appui à l'écosystème des pôles de compétitivité, en particulier via le pôle [MINALOGIC](#), basé à Grenoble
- Financement de l'[IRT NANOIEC](#), un outil de soutien à la recherche partenariale entre le secteur privé et le secteur public
- Programme National NANO 2017 qui représente environ 900 M€ de R&D et près de 400 M€ de subvention sur une durée de 5 ans
- Financement de projets collaboratifs européens de R&D, notamment via le partenariat public/privé JU ENIAC/[ECSEL](#)
- Financement de projets collaboratifs européens dans le cadre de CATRENE /PENTA. Ces projets sont de taille plus réduite et ont un financement différencié par rapport à ceux d'ENIAC/ECSEL.

Présentation du programme ENIAC/ECSEL

La Joint Undertaking (JU) ENIAC a été créée en 2008 pour mettre en œuvre l'initiative technologique conjointe prévue dans le cadre du 7ème programme cadre européen sur la nanoélectronique. C'est un partenariat public privé rassemblant la Commission Européenne, les États-membres et l'AENEAS, une association représentant les acteurs de la R&D dans le domaine de la micro-nanoélectronique. Son intervention passe par des appels à projets de dimension européenne : 9 appels à projets lancés entre 2008 et 2013 qui ont permis de soutenir 63 projets de recherche représentant 2,86 Mds€ de R&D, soutenus à hauteur de 934 M€ par les Etats et la JU. En 2013, dans le cadre de la mise en place du programme H2020, la Commission Européenne a proposé de poursuivre les travaux en consolidant les JU ENIAC et ARTEMIS (ciblé sur les logiciels embarqués) et la plateforme européenne de technologie sur l'intégration système (EPOS). Le nouveau partenariat public-privé s'intitule ECSEL Joint Undertaking. Entre 2014 et 2018, 14 appels à projets ont été lancés, qui ont permis de soutenir 78 projets de recherche représentant 4Mds€ de R&D, soutenus à hauteur de 1,9 Md€ par les Etats et la JU

Présentation du cluster CATRENE

Créé en 2008, le cluster CATRENE vise des projets plus petits qu'ENIAC et dispose d'un mode de fonctionnement plus souple. CATRENE a labellisé 69 projets de R&D dans plus de 20 pays. Dans le contexte de l'évolution d'ENIAC vers ECSEL et de l'évolution des attentes (basculement progressif vers un « application pull » plutôt qu'un « technological push »), CATRENE (2008-2011) a laissé la place à un nouveau cluster, PENTA. À noter que CATRENE ne soutient pas financièrement directement les projets, qui restent financés par les différents États membres. Sur la période Penta (call 1, 2, 3 2019 PENRA/EURIPIDES2 Call) 23 projets ont été labellisés.

3.3 Présentation du programme NANO 2017

Le programme NANO 2017 a été lancé par le Premier Ministre Jean-Marc Ayrault en juillet 2013 à Crolles. Le Premier Ministre indiquait alors : « *Votre entreprise (i.e. STMicroelectronics) a décidé de lancer en partenariat avec le CEA-Leti, l'Université de Grenoble, d'autres acteurs privés et publics, avec de grands groupes, mais aussi beaucoup de PME, cette nouvelle étape de son histoire industrielle.* »

« *Au-delà de ST, de son développement qui est une chance pour la France et l'Europe, le projet NANO 2017 est un projet d'intérêt général pour notre industrie dans une compétition, vous le savez, mondiale, toujours plus intense, où les protagonistes sont de moins en moins nombreux, ce qui signifie la nécessité de l'investissement public de l'Etat.* »

L'objectif de NANO 2017 est double¹² :

- Permettre à STMicroelectronics et à ses partenaires de développer un programme de R&D relatif aux nouvelles technologies de conception et de production des prochaines générations de circuits intégrés ;
- Permettre de positionner le cluster Crolles – Grenoble comme leader au niveau mondial dans le domaine des technologies CMOS (« Complementary Metal Oxide Semiconductor »).

Le programme NANO 2017 constitue la 3^{ème} génération de ce soutien. Précédemment, les programmes NANO 2008¹³ et NANO 2012¹⁴ avaient déjà permis de soutenir le secteur.



Figure 4 : Evolution des objectifs et partenaires des programmes NANO

¹² Convention du 22 décembre 2014 entre l'Etat et la Caisse des Dépôts et Consignations relative au programme d'investissements d'avenir (action : « NANO 2017 »)

¹³ NANO 2008 (2002-2007) a associé de manière étroite les activités de conception et de production autour des plaquettes de 300 mm. NANO 2008 comprenait 2 Mds \$ d'investissements notamment pour la construction de l'usine de Crolles 2 (Dans le détail, 1759 M\$ ont été investis sur Crolles 2 (pour des productions sur plaquette de 300 mm) et 123 M€ sur Grenoble.

¹⁴ NANO 2012 (2008-2012) a poursuivi les efforts de miniaturisation (notamment autour du 32nm et 22nm), le développement des applications spécifiques (mémoires embarquées et imageurs) et a visé à davantage exploiter la proximité entre les activités de STM à Crolles (production) et à Grenoble (conception et packaging).



Ces programmes s'apparentent à de grands programmes stratégiques et ont en commun un volet industriel prononcé et sont articulés principalement autour des technologies de production des semi-conducteurs (cf. Figure 4). Les différentes générations de programmes voient augmenter le nombre de partenaires associés notamment au sein de l'écosystème grenoblois.

Le programme NANO 2017 a pour objectif d'aider STMicroelectronics et ses partenaires à développer et maîtriser les nouvelles technologies essentielles pour la conception et la production des prochaines générations de circuits intégrés, avec un accent mis sur le développement des technologies permettant de produire à des niveaux de gravure plus fins (avec pour objectif le 14 nm) et une poursuite des efforts relatifs à la diversification des fonctions.

Périmètre du programme et de l'évaluation

L'objet de cette évaluation est le programme NANO 2017 au sens large, il comprend donc :

- Le Programme National.
- Des extensions européennes ENIAC/ECSEL avec les projets : TARANTO, 3CCAR, DEMETER, DEMO3S, ELESIS, PLACYD, PRIME, REFERENCE, VIDAP, WAYTOGO FAST, E450 LMDAP, INTEGRATE, PANACHE, PLACES2BE, POLIS, THINGS2DO.
- Quelques projets européens CATRENE/PENTA : APPSGATE, BENEFIC, DYNAMIC-ULP, HARP, H-INCEPTION, NEW PASS, OPEN ES, RESIST, SAM3, SIPOB-3D, TRACE, TSV HANDY, ULTRA HD4U, HADES, SERENE IOT.

Présentation des engagements du programme

Dans le cadre de la convention cadre du programme NANO 2017¹⁵ et de la réponse de la Commission Européenne à la notification du programme, plusieurs vecteurs de financement et types de financeurs sont identifiables :

- **Le Programme National joue un rôle central dans le programme** : sur 5 ans, il donne une visibilité aux acteurs et son dimensionnement le rend unique au regard des autres sources de financement publiques de la R&D. Il est financé par l'Etat ou des collectivités territoriales ;
- **Les extensions européennes ENIAC/ECSEL permettent de donner plus d'ambition au programme sur certaines briques technologiques** : plus de participants, plus d'internationalisation, plus de volume de R&D réalisée sur ces briques. Les projets ENIAC/ECSEL bénéficient de financements d'un acteur français (Etat ou collectivité territoriale) et de la JU ENIAC/ECSEL (fonds communautaires) ;
- **Les programmes Catrene / Penta représentent un instrument mineur dans le cadre de NANO 2017, mais jouent un rôle dans ce que l'on peut appeler les projets connexes au sein de NANO 2017.** Ils bénéficient à l'écosystème et participent aux démarches d'open innovation. Dans les projets CATRENE/PENTA, les partenaires français bénéficient de financements de l'Etat.

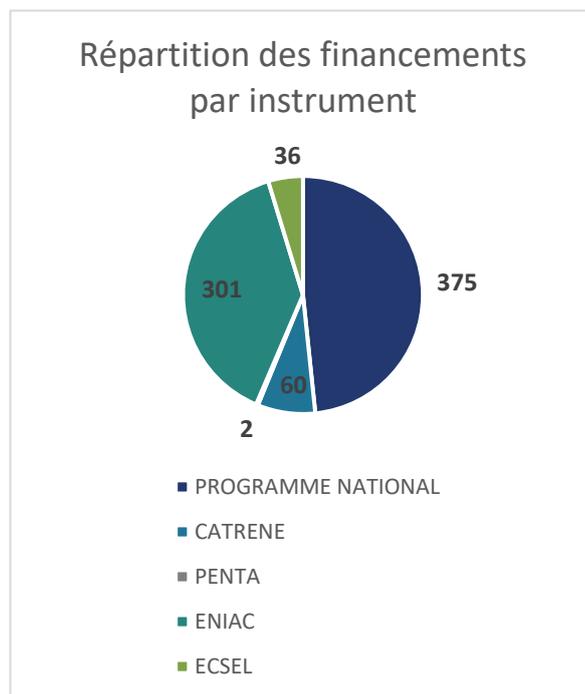


Figure 5 : Répartition des financements par instrument

Le taux de financement public des dépenses (par des subventions reçues dans le total des dépenses¹⁶) est fixé contractuellement et varie selon le statut de l'organisme (entreprise, laboratoire public, etc.) et la taille (PME, ETI, Grande entreprise).

Les principaux financeurs du programme

¹⁵ Programme de R&D coopératif NANO 2017 Convention cadre prise en application des articles L-1511-2et L-1511-6 CGCT

¹⁶ Ceci correspond au cas des subventions, dans le cas plus complexe des avances remboursables (dont le volume est négligeable dans le cadre du programme), se reporter à la notification du programme.

Le programme NANO 2017 s'est traduit par le versement de 775 M€ via les différents instruments précédemment évoqués et qui proviennent de différents financeurs : 556 M€ ont été versés de la part de l'Etat français pour le programme national et les extensions européennes, 87 M€ de la part des collectivités territoriales et 132 M€ de l'Europe (cf. Figure 12).

Les montants versés au titre du programme NANO 2017 correspondent ent bien aux montants des engagements annoncés lors de la Convention. Les différents soutiens apportés en soutien à la R&D conduite dans le programme NANO 2017 sont détaillés ci-dessous.

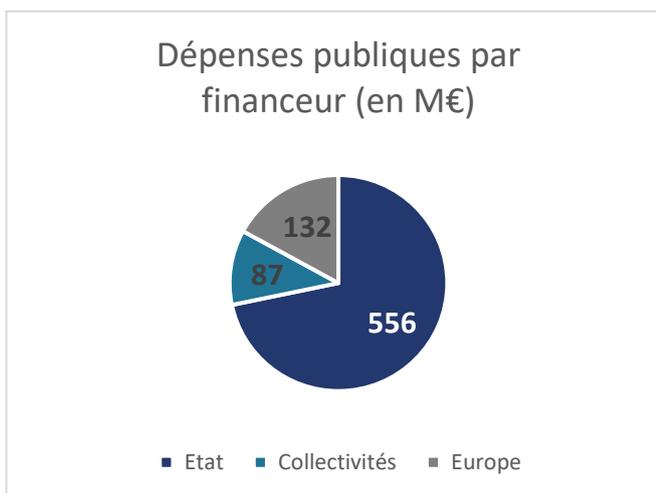


Figure 6 : Dépenses publiques par financeur (en M€)

Soutien octroyé par l'Etat français : Au titre de l'Etat, les dépenses éligibles sont aidées par des subventions et des avances remboursables à hauteur d'un montant maximal de 600 M€ par le Fonds de Compétitivité des Entreprises du Ministère de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique¹⁷. Par ailleurs, les dépenses éligibles peuvent bénéficier du Crédit d'Impôt Recherche mais la subvention perçue au titre de ces dépenses est déduite de l'assiette des dépenses de R&D éligibles au CIR.

Soutien au développement de la micro-nanoélectronique par les collectivités territoriales : Compte tenu de l'importance de la filière micro-nanoélectronique dans la région de Grenoble en termes d'emploi, d'attractivité territoriale et de dynamisme économique, les collectivités territoriales ont rejoint le projet au titre de financeur pour un total maximum de 93 M€ :

- 25 M€ pour le Conseil régional de Rhône-Alpes ;
- 28 M€ pour le Conseil général de l'Isère ;
- 28 M€ pour la Communauté de communes Le Grésivaudan ;
- 10 M€ pour la Métropole Grenoble Alpes Métropole ;
- 2 M€ pour la Communauté d'agglomération du Pays Voironnais.

Soutien au développement de la micro-nanoélectronique au niveau européen : Le programme NANO 2017 est financé à hauteur de 145 M€ sur fonds communautaires dans le cadre de l'initiative européenne ENIAC/ECSEL.

Versements, sources de financement et dynamiques des versements

¹⁷ Il est également précisé que le CEA Leti réinvestit totalement les recettes tirées des transferts de technologies dans ses activités principales. Ainsi, aucune autre aide d'Etat indirecte supplémentaire n'est octroyée à STMicroelectronics par l'intermédiaire de partenaire public.

La dynamique des financements n'est observable que pour les financements de l'Etat. Toutefois, il apparaît vraisemblable qu'elle suit une trajectoire similaire pour les collectivités. S'agissant des financements européens, la situation est légèrement différente, car les projets sont d'une durée de deux ans environ.

On observe une montée en charge assez nette sur 2013 – 2015, suivie d'une réduction progressive à partir de 2016 et une chute marquée en 2018. En revanche, il convient de souligner, que même si le programme s'arrête officiellement en 2017, des projets se sont poursuivis jusqu'en 2019 en raison de retards pris et dans une perspective de lissage vis-à-vis du programme NANO 2022.

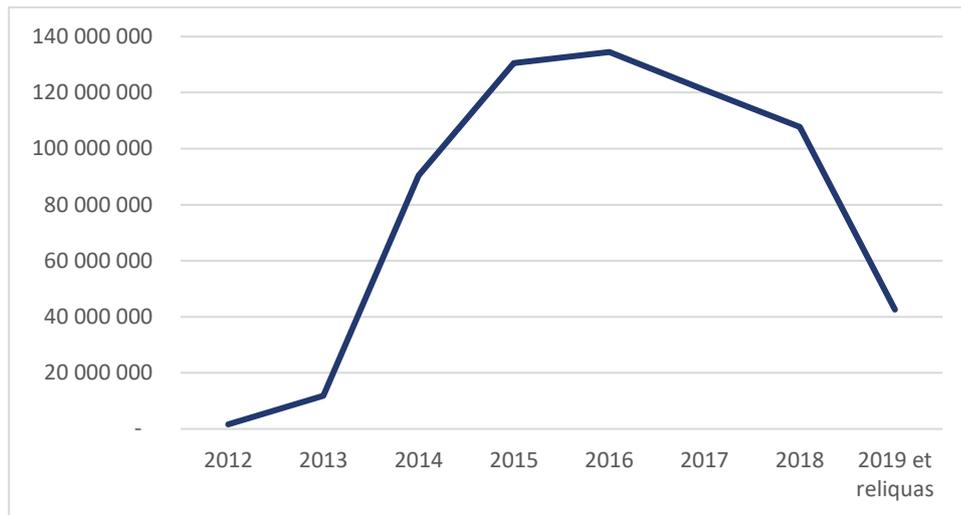


Figure 7 : Evolution des dépenses françaises au titre du programme

Caractéristiques des bénéficiaires

L'ensemble des 81 organisations bénéficiaires du programme NANO 2017 est constitué de 23 PME, 13 ETI, 12 grandes entreprises et 29 laboratoires de recherche publique.

Les entreprises bénéficiaires du programme de soutien de la nanoélectronique ont réalisé en 2017 un chiffre d'affaires de plus de 9 milliards d'euros, dont plus de la moitié à l'export. Ce chiffre d'affaires, a décliné de manière importante entre 2010 et 2014 (de 13%, soit une baisse de 3% par an). Depuis 2014, le chiffre d'affaires de l'ensemble des bénéficiaires a connu un net rebond avec une hausse de 12 % entre 2014 et 2017. Cette hausse a permis de dépasser à nouveau les 9 milliards d'euros en 2016, sans toutefois retrouver le niveau de 2010. Sur la période, une large moitié du chiffre d'affaires réalisé par l'ensemble des acteurs l'est grâce aux exportations.

Les trois quarts du chiffre d'affaires réalisé par les bénéficiaires du programme NANO 2017 sont attribuables aux grandes entreprises. Parmi celles-ci, STMicroelectronics réalisait entre 2009 et 2013 de 45% à 55% du chiffre d'affaires généré par les bénéficiaires. Après 2013, cette part s'est réduite à 35% environ¹⁸.

¹⁸ Source : Base DIANE.



Les entreprises de taille intermédiaire réalisent environ 23% du chiffre d'affaires généré par les bénéficiaires de NANO 2017. Les petites et microentreprises génèrent les 2% restants. Globalement sur la période, l'évolution des chiffres d'affaires respectivement réalisés par les microentreprises, les PME, les ETI et les grandes entreprises bénéficiaires de NANO 2017 suivent la tendance globale : une diminution entre 2010 et 2014 de 3% par an en moyenne puis un regain d'activité entre 2014 et 2017 avec une croissance de 4% par an en moyenne. Aucune catégorie d'entreprises ne se démarque par une variation de chiffre d'affaires plus importante ou plus faible que les autres sur la période 2009 - 2017¹⁹.

Ces évolutions du chiffre d'affaires s'accompagnent de variations semblables des effectifs salariés des entreprises bénéficiaires du programme NANO 2017. A ce titre, après avoir augmenté de 22% entre 2009 et 2012, le nombre de postes occupés au sein de la filière nanoélectronique a diminué de 26% en 2014. Ce déclin a rapidement été rattrapé par une augmentation des effectifs de 37% entre 2014 et 2016. Le nombre de postes n'a jamais été aussi élevé au sein de la filière et a atteint 57 472 en 2017.

¹⁹ Source : Insee, Fichier approché des résultats d'Esane (FARE), traitement Collaborative People ; données au niveau entreprises. Airbus est exclu de cette analyse.



PARTIE 2 : ÉVALUATION QUANTITATIVE DU PROGRAMME NANO 2017

Cette évaluation vise à comprendre dans quelle mesure le programme NANO 2017 a bien atteint ses objectifs et si les modalités choisies ont été efficaces. Trois grandes questions ont été retenues (qui sont ensuite détaillées en sous questions opérationnelles) :

- Le programme a-t-il atteint ses objectifs de renforcement des efforts de recherche, d'innovation, de développement économique des bénéficiaires ?
- Le programme a-t-il permis de stimuler le développement économique du territoire et de positionner le cluster Grenoble-Crolles comme un pôle leader dans le domaine des semi-conducteurs ?
- Est-ce que le programme a eu des effets de leviers ? Quel est le coût de cette politique par rapport à ses bénéfices ?

Note méthodologique

La réponse à ces questions a été construite principalement par l'exploitation de base de données publics (INSEE, CORDIS), privées (Diane) et par des collectes de données directement auprès des bénéficiaires STMicroelectronics, Soitec et le CEA, s'agissant de données détaillées et l'ensemble des partenaires dans le cadre d'une enquête. Cette collecte de données a également été complétée par une dizaine d'entretiens auprès des acteurs institutionnels du territoire et par des échanges approfondis lors de journées de travail sur place avec STMicroelectronics, Soitec et le CEA.

La présentation de cette partie repose sur la chaîne de l'innovation qui correspond à la logique d'intervention du programme.

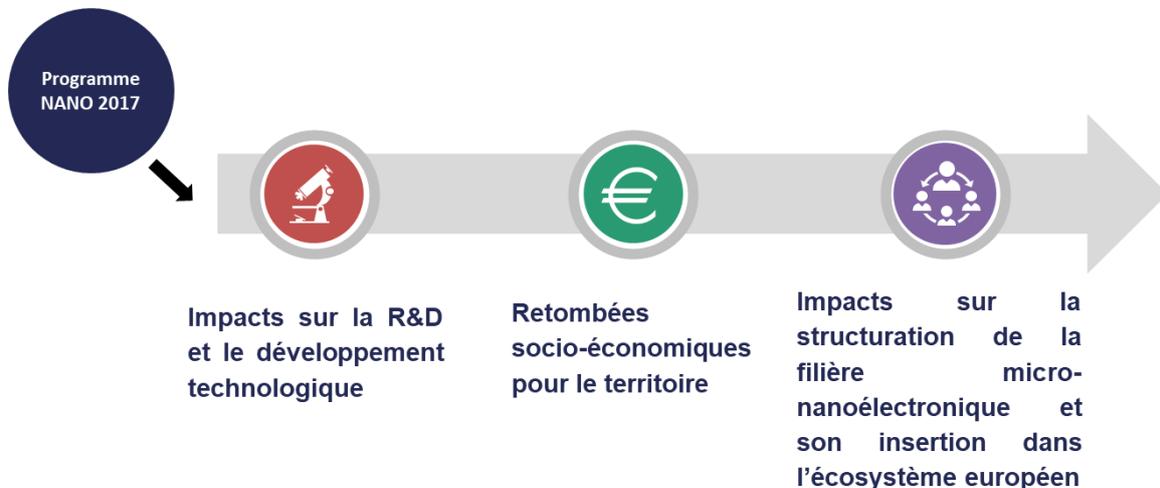


Figure 8 : Chaîne de l'innovation simplifiée guidant la présentation des résultats du programme

4 Le programme a eu un effet positif sur l'investissement en R&D du secteur, dans un contexte de stagnation

La concurrence et le rythme des évolutions technologiques dans le secteur des semiconducteurs se traduisent par des efforts d'innovation particulièrement importants et qui tendent à croître selon une progression géométrique d'un facteur de l'ordre de 1,5 par génération (passage d'un nœud au suivant) pour les technologies de production et pour le design.

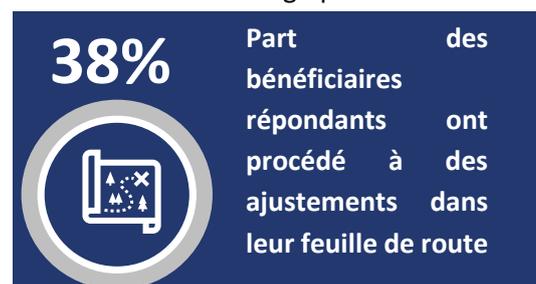
Ainsi, les entreprises du secteur investissent généralement plus de 10 % de leur chiffre d'affaires en R&D, avec des investissements pouvant représenter jusqu'à 30 % du chiffre d'affaires. Plus précisément, l'intensité en R&D des entreprises dépend de leur positionnement sur le marché : autour de 10 % pour les fondeurs, entre 10 et 20 % pour les IDM et supérieur à 20 % pour les Fabless. Sur la période du programme STMicroelectronics a consacré en moyenne 18% de son chiffre d'affaires à sa R&D (source : Rapports d'activité de STMicroelectronics 2014-2018). Soitec a consacré 12% de son chiffre d'affaires à la R&D. Ces deux acteurs présentent des niveaux d'investissement dans la moyenne des acteurs ayant le même positionnement marché qu'eux.

4.1 Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de coordonner les acteurs autour d'une vision stratégique partagée ?

Le programme NANO 2017 correspond à un programme impliquant 81 partenaires en France, et construit autour d'une feuille de route technologique partagée entre acteurs académiques (en particulier le CEA-Leti) industriels (en particulier STMicroelectronics) et les pouvoirs publics. Plus précisément la feuille de route qui a guidé le programme est celle du programme socle, les extensions européennes pour la plupart étant lancées après. A noter que la majeure partie des participants ont plutôt rejoint le programme sur la base de leur intérêt et compétences avec une faible influence sur la feuille de route.

Cette coordination est au cœur du développement de la technologie du FDSOI qui constitue un point de jonction marquant entre les principaux acteurs participants au programme et particulièrement pour les 3 principaux bénéficiaires évoqués ci-dessus. En effet, la maturation de cette technologie a requis à la fois des développements technologiques sur les plaques de silicium, les techniques de gravure, la conception et le design des puces, y compris le développement de bibliothèques de design permettant de faciliter son exploitation, etc.

Le programme a joué un rôle dans le développement de ces différentes briques par la construction d'une vision cohérente et partagée entre les différents acteurs autour de ces enjeux. Cela a d'ailleurs conduit certains d'entre eux à



modifier leur feuille de route scientifique et ainsi à mieux se coordonner autour de cette vision.

4.2 Dans quelle mesure le programme a-t-il atteint ses objectifs en termes de production de technologies différenciantes ?

Les objectifs visés dans le Programme National, ainsi que dans les extensions européennes ont bien été atteints. Ainsi, dans le cadre des réponses au questionnaire, il apparaît que tous les répondants industriels (soit 5 répondants) ont indiqué que le programme leur avait permis d'atteindre un niveau technologique proche de la mise sur le marché (TRL 8/9). Une position confirmée également par STMicroelectronics et SOITEC. Une réserve doit être apportée s'agissant de STMicroelectronics, qui en raison d'un changement de stratégie a renoncé à poursuivre les travaux sur le développement du FDSOI au nœud 12 nm dans le cadre du projet Waytogofast. Toutefois, il s'agit du seul revirement majeur identifié.

Au sein des acteurs de recherche, le niveau de maturité atteint sur les technologies est naturellement plus faible (TRL 4), ce qui correspond à leur positionnement : faire progresser le niveau de connaissance, identifier et expérimenter les évolutions technologiques potentielles et leur faisabilité. L'ampleur du niveau de progression est en moyenne de 3 niveaux de TRL pour l'ensemble des acteurs répondants au questionnaire.

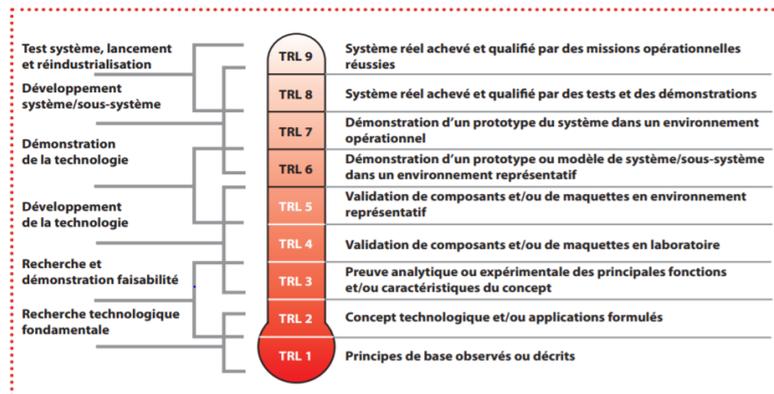


Figure 9 : Présentation de l'échelle des TRL (source DGE)

Conclusion : Les développements technologiques prévus dans le programme ont été conduits à leur terme (à une exception près) et ont effectivement permis de développer des technologies différenciantes.



4.3 Dans quelle mesure le programme a-t-il permis d'augmenter les dépenses de R&D des bénéficiaires ?

Le programme s'est traduit par des investissements importants en R&D

**1 925 M€ de R&D réalisés
dans le cadre de NANO 2017
sur la période 2013-2018**

NANO 2017 représente un programme majeur de recherche et d'innovation dans le secteur des semi-conducteurs avec plus de 1 925 M€ de R&D réalisées par les acteurs publics et privés entre 2013 et 2018 sur tous les projets NANO 2017.

NANO 2017 se concentre sur deux acteurs clés de la filière : les entreprises du groupe STMicroelectronics (64% de l'ensemble des dépenses) et le CEA-Leti (24% des dépenses)²⁰. STMicroelectronics a réalisé 1 230 M€ de R&D dans le cadre du programme sur 5 ans. Ce volume de R&D illustre la dimension structurante du programme, mais ne représente finalement que 17,6% des activités de R&D de STMicroelectronics (Crolles et Grenoble). Pour le CEA-Leti, le programme apparaît comme plus structurant en ayant impliqué 1/3 des effectifs du CEA-Leti²¹. « *NANO permet de suivre les industriels sur leurs travaux de court terme et de maintenir et travailler les perspectives sur du long terme* » (M. Dupont-Nivet, CEA-Leti).

Une large part de ces investissements n'aurait pas été réalisée en l'absence du programme

NANO 2017 s'est déroulé dans un contexte très particulier pour les deux principaux acteurs industriels du programme et a pu les accompagner dans le maintien des activités de R&D nécessaires pour assurer une compétitivité future :

STMicroelectronics : En 2012, lors de la négociation du programme, le groupe fait face à des difficultés économiques importantes sur la joint-venture ST-Ericsson. Cela s'est traduit par une baisse importante du chiffre d'affaires de la société (cf. Figure 10), une sous-utilisation importante des capacités de production et a entraîné des réductions d'effectifs, bien qu'avec retard par rapport au chiffre d'affaires²². Les difficultés rencontrées se sont traduites par une réduction forte de la capacité

²⁰ Il y a 64 autres partenaires (personnalités morales) qui ont réalisé 108 M € de R&D dans le PN et les extensions européennes. 73% d'entre eux sont des entreprises.

²¹ de l'ordre de 17% en ETP estimé ce qui est un minorant

²² En 2012-2013, l'effondrement de Nokia, un de ses plus gros clients à l'époque, entraîne l'arrêt des activités liées à la téléphonie et de la joint-venture avec ST-Ericsson. STMicroelectronics reprend la totalité des 950 salariés afin de préserver l'emploi local et les compétences. En 2015-2016, STMicroelectronics connaît d'importantes difficultés sur le segment EPS digital, segment historique de ST-Ericsson et un recul des parts de marché. Cela conduit à l'arrêt des développements des nouvelles plateformes et produits standards pour les marchés set-top-box et home gateway. En parallèle, le positionnement de STMicroelectronics sur les capteurs d'image grand public s'est fortement dégradé et a conduit à sa sortie du marché en 2015, ce qui remettait en



d'investissement des sociétés (exprimée notamment par le résultat opérationnel) au niveau de l'ensemble du groupe. Face à ces difficultés et la nécessité de rassurer ses actionnaires, l'entreprise a construit un plan visant notamment à améliorer la rentabilité de l'entreprise (le taux de marge opérationnel s'établissant à environ 2% entre 2012 et 2015 contre un objectif de 10%). Ce plan comprenait notamment une baisse des dépenses de R&D importante (-37% entre 2012 et 2014) et un recentrage des efforts de R&D sur la France (dont la part dans la R&D groupe passe de 37% à 51%), bien que les montants de R&D y aient également été réduits (-11% sur la période)²³. Les activités de R&D en lien avec les thématiques NANO 2017 ont quant à elle augmenté sur la période.

Dans un contexte de baisse des efforts de R&D, des arbitrages devaient être réalisés sur les projets à engager, et notamment entre les projets de « R&D produit » (qui visent à développer des nouveaux produits commercialisables) et des projets de « R&D technologique » qui visent à renforcer la capacité du groupe à maîtriser les technologies les plus avancées de design et de production (notamment sur les nœuds les plus fins). Dans ce contexte et au vu des échanges et documents consultés, une remise en cause des projets « R&D technologique » apparaissait vraisemblable avec une prise de risque minimum et la recherche d'une amélioration rapide des performances économiques et une focalisation sur les technologies dérivées.

Dans ce contexte, le programme NANO 2017 a notamment visé à accompagner le repositionnement stratégique (cf. p.14) de ST, et pour ce faire des ajustements sur la feuille de route de NANO 2017 ont été réalisés²⁴.

Au final, il apparaît que le programme NANO 2017 a encouragé une prise de risque, accompagné le développement de technologies dérivées (time of flight) et maintenu des efforts de R&D sur les technologies CMOS avancées (projet WAYTOGO FAST), bien que leurs exploitations effectives au sein de STMicroelectronics pour de la production apparaissent encore en suspens, en raison de coûts associés. Il a ainsi permis de maintenir des efforts de R&D conséquents sur la R&D technologique.

question le devenir des équipes liées à l'imagerie de STMicroelectronics. Ces difficultés se sont traduites par un plan d'ajustement qui s'est poursuivie jusqu'en 2018 pour la production et s'est traduit par le départ volontaire de 450 personnes.

²³ Source : Rapport annuel de STMicroelectronics 2014

²⁴ Extension du portefeuille des technologies sur les mémoires non volatiles embarquées ou les imageurs.

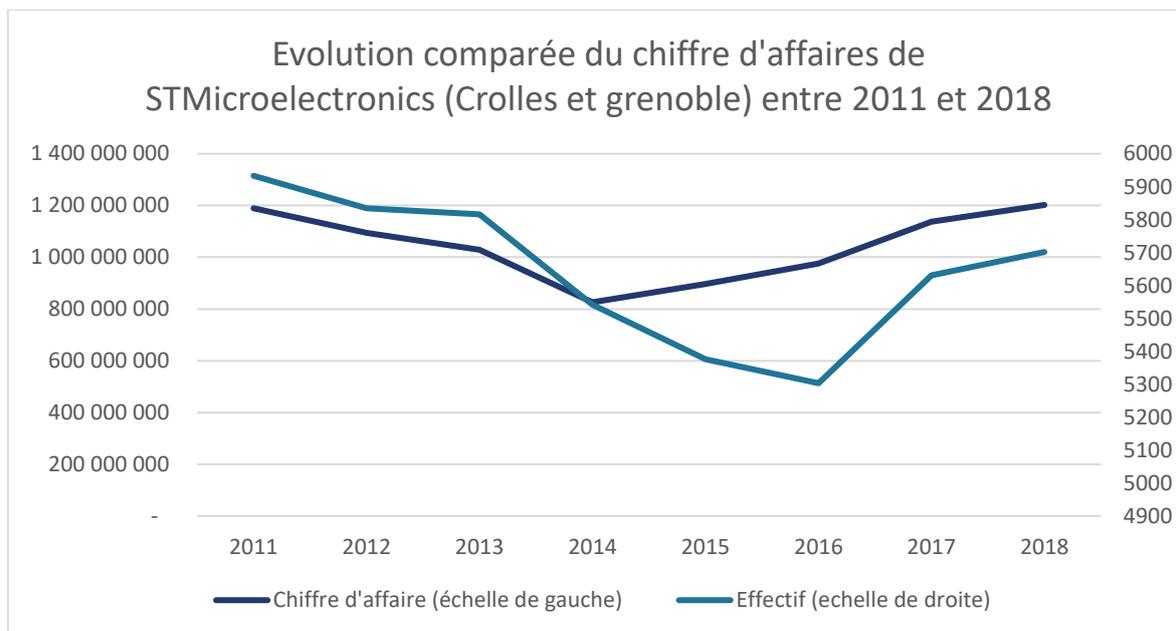


Figure 10: Evolution comparée du chiffre d'affaires de STMicroelectronics (Crolles et Grenoble) entre 2011 et 2018 (source : rapports d'activité de STMicroelectronics 2011-2018)

Soitec : l'entreprise qui n'est entrée que relativement tard dans le programme²⁵ a été confrontée en 2014-2015 à des difficultés importantes liées à des problèmes stratégiques et une sous-utilisation des capacités de production. Le programme a joué un rôle structurant dans l'amélioration des capacités de plaques de silicium (SOI) et le développement d'une solution commerciale répondant aux attentes des clients, y compris sur les nœuds les plus fins. Dans un contexte de recentrage des activités, en l'absence du programme, les développements FDSOI auraient vraisemblablement été limités, au profit du RFSOI qui représentait une solution déjà viable commercialement et ne présentant pas les risques technologiques et commerciaux du FDSOI.

A côté de ces deux acteurs, qui ont entamé la période de programmation dans des circonstances particulières, il faut noter que le **CEA-Leti** n'aurait pu qu'à la marge compenser la baisse des financements reçus et aurait dû repositionner ses activités. L'effet sur les dépenses de R&D est plus direct car ce dernier est dépendant des subventions publiques reçues. Une baisse de ces dernières implique donc nécessairement une réduction des efforts de R&D. Dans le programme NANO 2017, le CEA est financé à hauteur de 40%, les 60% restants proviennent de contrats avec des acteurs privés (notamment STMicroelectronics).

60% des répondants ont indiqué que les travaux conduits dans le cadre de NANO2017 ne l'auraient pas été sans le dispositif

²⁵ Soitec n'est entrée dans le programme NANO 2017 qu'en 2015 dans le cadre de l'extension européenne Waytofast, notamment en raison de ses difficultés initiales.



S'agissant des autres acteurs, il apparaît que 62% d'entre eux n'auraient pas pu conduire les travaux, et que 31% auraient essayé d'en réaliser une partie, notamment avec d'autres financements publics. Cette difficulté à engager les travaux s'explique d'une part par l'absence de financement, mais également, par les risques ou la difficulté à rassembler les compétences nécessaires en dehors du programme.

Conclusion : *Le programme a permis de maintenir un niveau d'investissement en R&D élevé dans un contexte économique difficile pour les principaux acteurs*



4.4 Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de produire des résultats pour les bénéficiaires ?

Le programme a permis de produire des résultats validés par des publications et des brevets

Les recherches conduites dans le programme ont donné lieu à de nombreuses publications. Ces publications, qui permettent de favoriser une diffusion des connaissances auprès d'un large public, ont été principalement réalisées dans des revues à comité de lecture, ce qui est un gage de la qualité des recherches réalisées.

600 publications & 550 brevets entre 2013-17, liés à NANO 2017

Dans le cadre du programme NANO 2017, on peut estimer qu'environ 600 publications dans des articles scientifiques (source : déclaratif STMicroelectronics, Soitec, CEA-Leti) ou des conférences ont été réalisées par le CEA-Leti, STMicroelectronics et SOITEC, en contrôlant les doubles comptes.

Par ailleurs, le nombre de brevets déposés apparaît également important. STMicroelectronics aurait ainsi déposé sur la période environ 330 brevets liés à NANO 2017, le CEA-Leti environ 200 brevets et SOITEC, 7 brevets. Il faut souligner que ces acteurs sont des déposants français importants : le CEA avec tous ses départements de recherche est le 4^{ème} déposant français depuis 2015 et STMicroelectronics est passé de la 14^{ème} place à la 13^{ème} place entre 2017 et 2018. C'est Soitec qui enregistre la progression la plus importante. Après 2 ans d'absence, l'entreprise est revenue dans le Top 50 en 2017 et conserve en 2018 sa 46^{ème} place. A noter également que Soitec est en tête du top 10 des déposants français dans la catégorie ETI (Source : INPI).

Soitec, en tête des ETI qui déposent le plus de brevets en 2018

Conclusion : Les développements technologiques réalisés dans le cadre du programme ont permis d'augmenter le nombre de publication d'articles scientifiques et de dépôts de brevet. Certains articles et brevets auraient probablement vu le jour en l'absence du programme.



4.5 Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de développer les pratiques d'open innovation ?

L'open innovation est une démarche d'innovation visant à capitaliser sur les compétences ou connaissances d'acteurs externes à l'organisation afin d'être plus innovant et d'étudier les possibilités d'exploitation des connaissances externes via des licences.

Dans un monde de plus en plus complexe, notamment sur le plan technologique, l'open innovation permet à la fois de réduire les risques associés aux projets et d'essayer d'exploiter au mieux la valeur des résultats. Ce type de stratégie implique également des difficultés particulières (confidentialité et protection des savoirs ou des résultats, coordination des acteurs, etc.).

NANO 2017 a étendu les partenariats au niveau grenoblois, comme au niveau européen

NANO 2017 a permis de rassembler un grand nombre d'acteurs privés (grands comptes, entreprises de taille intermédiaire, petites et moyenne entreprises) et public (centre de recherche, instituts publics) afin de les faire travailler ensemble. Le regroupement des compétences a permis ainsi de lever des freins technologiques.

70 partenaires français dans les projets du Programme National et des extensions européennes, soit 39 % du nombre total de partenaires

Cette ouverture est particulièrement le fait des extensions européennes, qui ont permis de doubler le nombre des bénéficiaires français. Ainsi, 37 nouveaux partenaires se sont ajoutés aux 33 partenaires du Programme National de NANO 2017 grâce aux extensions européennes. C'est notamment le cas de SOITEC, qui n'était pas partie prenante du Programme National, mais qui a pu rejoindre le programme NANO 2017 via le projet européen Waytogofast, un projet qui a eu un effet majeur sur le développement des substrats SOI de la société.

Il est intéressant de noter qu'une majorité des répondants ont considéré que le programme leur avait permis de développer leur réseau et favoriser la création de partenariats au niveau grenoblois (pour plus de 60% des répondants) et que cela avait également eu un impact sur les partenariats européens.

Les extensions européennes ont également permis d'internationaliser les consortiums et d'augmenter le taux de financement

124 partenaires étrangers dans les projets, soit 61 % du nombre total de partenaires

L'ouverture européenne du programme a par ailleurs permis de capitaliser sur les compétences et connaissances d'acteurs européens. Les participants étrangers au programme (non financés par la France) conduisent d'ailleurs à une hausse importante du nombre de bénéficiaires, qui s'élève alors à 124 partenaires. Les extensions européennes ont également permis d'augmenter le taux de financement (passage de 40 à 50% en moyenne pour le CEA-Leti).

Note méthodologique :

L'analyse des réseaux sociaux est l'étude et la présentation des données relationnelles. La théorie des réseaux sociaux conçoit les relations sociales en matière de nœuds et liens. Les nœuds sont habituellement les acteurs sociaux dans le réseau mais ils peuvent aussi représenter des institutions ou projets, et les liens sont les interactions ou des relations entre ces nœuds. L'analyse des réseaux sociaux permet de mesurer les liens entre les nœuds afin de déterminer les nœuds—les acteurs, institutions, et les projets—les plus centraux dans le réseau. Différentes mesures peuvent être utilisées afin de mesurer la centralité des nœuds du réseau—degré de centralité (acteurs les plus connectés), centralité d'intermédiation (acteurs passerelles), centralité de proximité (acteurs ayant accès le plus rapidement aux autres acteurs), et centralité de prestige - indicateur « eigenvector » (acteurs les plus connectés aux acteurs les plus connectés).

inno TSD utilise la base de données CORDIS qui compile toutes les données sur les projets de recherche H2020 (2014-2020). Les liens sont créés par projet H2020. C'est-à-dire qu'un lien est créé entre A et B quand A participe au même projet de recherche H2020 que B. Ainsi la co-participation à un projet de recherche définit les liens entre les participants.

La Figure 17 montre les liens entre les bénéficiaires (entreprises et acteurs de recherche) de NANO 2012 et les participants des projets FP7 dans lesquels ils étaient impliqués. La Figure 18 montre les liens entre les bénéficiaires de NANO 2017 et les participants des projets H2020 dans lesquels ils étaient impliqués. Les deux programmes NANO coïncident avec les deux périodes de programmation de la recherche et de l'innovation de l'UE. Cela nous permet de comparer l'évolution de la structuration des relations entre acteurs des micro-nanoélectronique au niveau français et européen.

On observe que l'écosystème grenoblois a relativement plus de partenaires internationaux que français, ce qui montre l'importance de collaborer dans des technologies qui deviennent de plus en plus complexes.

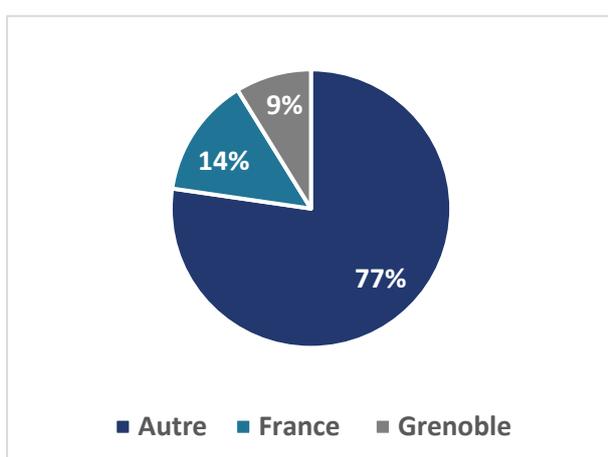


Figure 11 : Nombre de liens entre bénéficiaires de NANO 2012 participants au programme FP7 sur des thématiques nanotech

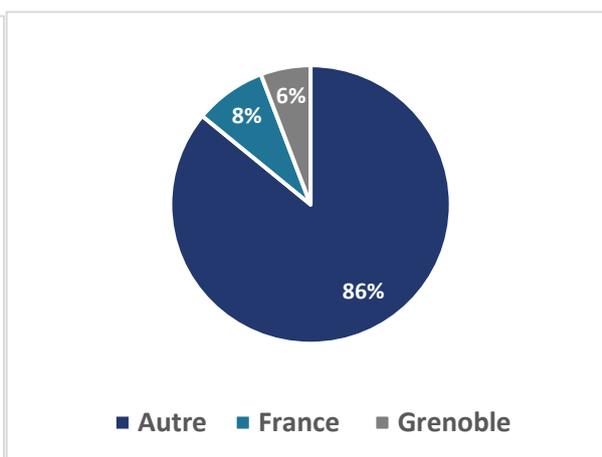


Figure 12 : Nombre de liens entre bénéficiaires de NANO 2017 participants au programme H2020 sur des thématiques nanotech

Les cartes ci-dessous représentent les organisations qui participent dans des projets FP7 et H2020. Nous avons utilisé l'adresse de leur siège social pour les représenter sur ces cartes en discriminant les villes où il y a moins de 3 organisations (entreprises et acteurs de recherche).

Sur le plan géographique, les acteurs du réseau (entreprises, acteurs de recherche) sont majoritairement localisés en l'Allemagne, Belgique, Italie, qui sont les principaux clusters européens pour l'industrie des semiconducteurs.

Les participants au programme apparaissent moins dispersés sur la période NANO 2017 que sur la période NANO 2012. Cela illustre une nouvelle fois la structuration en cours de l'écosystème au niveau européen. Dans le cadre de cette structuration, la France, notamment Grenoble apparaît comme un acteur clé d'autant qu'une partie des programmes peut être attribuée au siège du CEA, donc à Paris, mais les travaux sont réalisés à Grenoble.

De plus, on remarque entre la période FP7 et H2020 une baisse du nombre de participants venant des pays sud méditerranéens (Espagne, Italie) ainsi qu'une augmentation du nombre de participants venant d'Israël et d'Autriche.

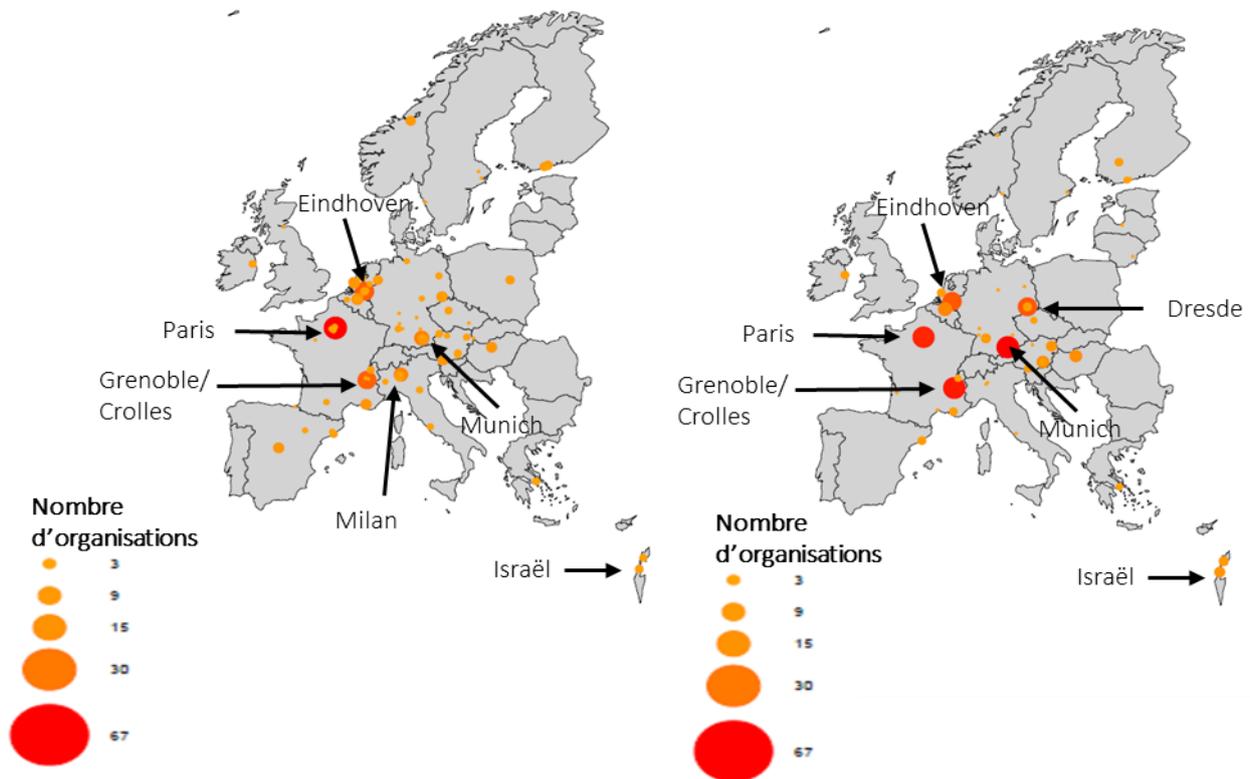


Figure 13: Représentation géographique des membres des projets européens impliquant un acteur grenoblois (gauche FP7 ; droite H2020)

Le développement des pratiques d'open innovation s'est principalement traduit par de nouvelles collaborations

Pour l'ensemble des répondants au questionnaire, les pratiques collaboratives ont conduit à des résultats positifs, qui ont généralement pris la forme de nouvelles collaborations ou de co-publications d'articles scientifiques. A noter également que certains acteurs ont poussé jusqu'à la création de laboratoires partagés entre industriels et acteurs académiques. Ce type de relation, la plus étroite que l'on puisse envisager, est par exemple observée chez SOITEC.

Une stratégie d'open innovation pour le développement du FDSOI

Le FDSOI est une technologie initialement développée par le CEA-Leti (cf. paragraphe « Deux technologies concurrentes face à la loi de Moore »). Les développements ont ainsi été réalisés principalement par STMicroelectronics (technologies de design et de production), SOITEC (substrats de fabrication) et le CEA-Leti (soutien à l'ensemble des développements). Cette technologie, typiquement française, est arrivée en décalage sur le marché et ne présente à ce jour pas de volume de commercialisation important, ni d'écosystème mature.

Afin de dépasser ces obstacles, les acteurs sont entrés dans une dynamique d'open innovation, avec transfert contre licences des technologies de production en 22 nm par STMicroelectronics à Globalfoundries et Samsung notamment. La diversification des fabricants et la grande notoriété de Samsung permettent de sécuriser les clients potentiels sur la valeur de la technologie et sur les possibilités d'approvisionnement et de maturation.

Cela permet à la technologie de pénétrer le marché, ce qui renforce les acteurs grenoblois : SOITEC via un marché plus étendu de vente de substrats, STMicroelectronics par les revenus de licence et par la commercialisation de produits FDSOI.

Conclusion : *Le programme s'est traduit par un développement des pratiques d'Open Innovation, principalement tiré par les extensions européennes.*



4.6 Dans quelle mesure le programme génère-t-il des effets de leviers ?

Les effets de levier signifient que le volume de R&D réalisée est supérieur aux subventions versées, assurant ainsi un cofinancement privé au projet. Une contribution naturelle puisque l'entreprise peut s'appropriier les bénéfices des produits ou services commercialisés directement à partir des technologies développées dans le cadre du projet.

Précision méthodologique : Pour le calcul des effets de levier, toutes les aides publiques (subventions, aide fiscale, comme le CIR) devraient être idéalement prises en compte afin de représenter d'un côté les aides versées et de l'autre, les contributions privées. En pratique, le modèle de financement des projets est complexe et de nombreuses données sont confidentielles. Une modélisation des effets de levier est présentée à partir des règles en vigueur notamment fiscales, mais cette dernière à une vocation illustrative car elle ne repose pas sur des données réelles.

Présentation des différents taux de financement prévus dans le projet.

Les taux de financements sont différenciés selon les acteurs. Dans le cadre du Programme National, les entreprises ont un taux de subvention de 40% ce qui signifie qu'elles financent les 60% restants. Les laboratoires publics bénéficient quant à eux d'un taux de financement de 100%. Le CEA-Leti représente un cas particulier. Malgré le fait qu'il soit un institut public de recherche, son taux de subvention s'élève à 40%, comme une entreprise. Aussi, les industriels et notamment STMicroelectronics apportent un cofinancement au CEA-Leti, qui s'élèvent à 45% des dépenses, le complément étant apporté par une dotation du CEA aux activités du CEA-Leti.

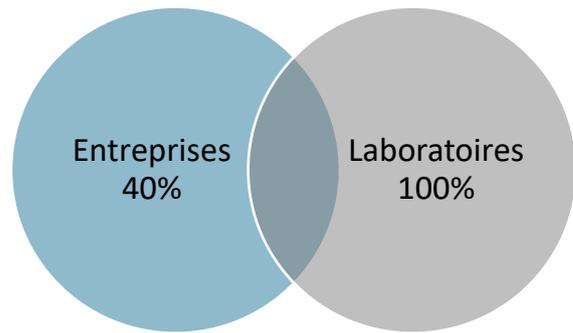


Figure 14 : Taux de financement des acteurs du Programme National

La situation est globalement similaire pour les aides européennes. Toutefois, une partie du financement donné (15% du coût total du projet) est financée par la JU ENIAC/ JU ECSEL. Pour certains acteurs, notamment le CEA-Leti, le taux de financement peut être légèrement supérieur mais toujours contraint par les règles applicables sur les aides d'Etat.

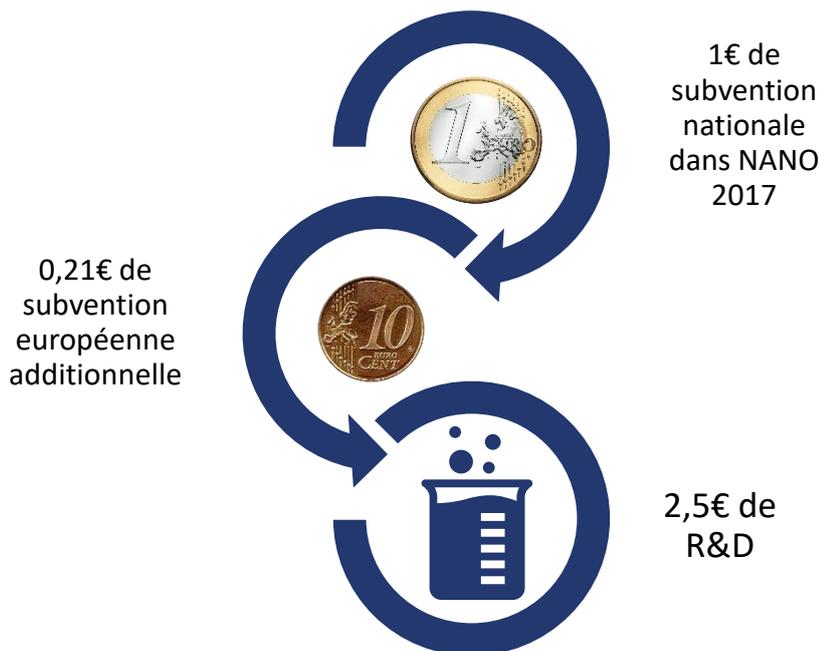


Figure 15 : Représentation des différents effets de leviers pour 1€ de subvention nationale versée dans NANO 2017

Un taux de financement réel sensiblement différent en raison notamment du crédit d'impôt recherche

Ces taux de financement donnent une image faussée de la contribution de l'Etat aux entreprises bénéficiaires. En effet, ces dernières sont éligibles au dispositif du Crédit d'Impôt Recherche (CIR) et à d'autres aides fiscales. Le CIR permet de bénéficier d'un crédit d'impôt à hauteur de 30 % des dépenses de recherche éligibles jusqu'à 100 M€ et 5 % au-delà. Toutefois, les subventions perçues doivent être déduites de l'assiette éligible. Par ailleurs, la sous-traitance de R&D auprès d'acteur public compte double (1 € sous-traité -> 2 € d'assiette), cependant, elle reste plafonnée à 12 M€ d'assiette.

Ainsi, sur la base de l'assiette NANO 2017, il apparaît que le programme a donné lieu à une dépense additionnelle de la part de l'Etat estimée à 260 M€²⁶. Au total, une fois le CIR pris en compte et les subvention réintégréés, 1 € de subvention publique entraîne 1,9 € de dépenses de R&D. **Le dispositif se traduit donc bien par un effet de levier (au sens étroit).**

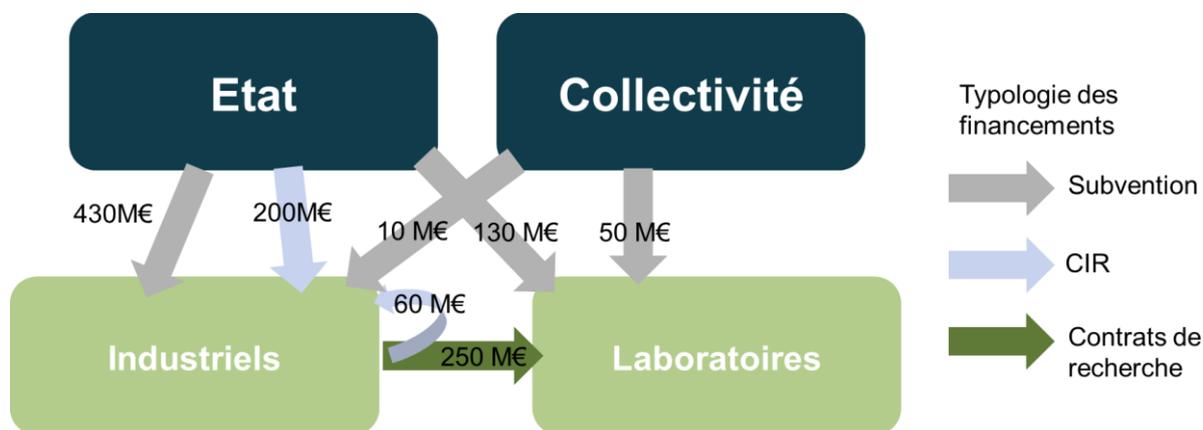


Figure 16 : Illustration du schéma de financement retenu dans le cadre de NANO 2017

Des effets de levier plus faibles que mesurés initialement

Cette vision des effets de levier, même une fois prises en compte les aides fiscales, reste toujours un majorant car une partie des dépenses de R&D aurait été réalisée de toute façon. Ainsi, la contribution réelle du programme aux efforts de R&D des acteurs est plus faible (cf. question 1).

Afin de mieux apprécier les effets de levier associés au programme, il est préférable de recourir à des analyses économétriques. Le détail de la méthodologie des travaux réalisés est présenté dans la partie 3 qui correspond au dernier volet de l'étude et dont nous présentons simplement ici quelques conclusions saillantes. Toutefois il convient de préciser que ni STMicroelectronics, ni le CEA n'ont pu être pris en compte dans cette analyse en raison de l'absence d'organisme comparable.

Il ressort de cette analyse que le programme a permis de stimuler la R&D des bénéficiaires, jusqu'à deux fois plus. L'écart avec le groupe de contrôle augmente avec le temps mais, en raison de l'imprécision des résultats, ne devient significativement différent qu'à partir de 2016 (cf. Figure 17 : résultats de l'analyse économétrique sur les effets d'entraînement du dispositifs (Emploi et dépenses de R&D)). La conclusion est similaire pour les effectifs de R&D, ce qui indique une robustesse de l'effet

²⁶ Les données CIR étant des données fiscales, elles ne permettent pas de clairement identifier ce qui relève de la R&D et encore moins de ce qui relève de la R&D du programme NANO 2017. Il semble donc plus pertinent de faire une formulation à partir des données de R&D de NANO 2017 et d'appliquer les règles du CIR. En outre, un contrôle a été effectué puisque seul STMicroelectronics réalise des dépenses de sous-traitance à des laboratoires et que seules 75% des dépenses de R&D (hors sous-traitance) sont éligibles, afin qu'aucune entreprise n'excède le plafond.

d'entraînement aux effets prix qui affectent généralement les dispositifs d'aide à la recherche²⁷. En effet, afin d'attirer des chercheurs, les entreprises peuvent être contraintes d'offrir des salaires plus importants, en particulier, lorsque le dispositif a une dimension locale prononcée.

Cet effet prix s'observe d'ailleurs manifestement dans l'étude économétrique. Les salaires bruts versés pour des emplois d'ingénieurs et de techniciens ont augmenté de plus de 20 % entre 2012 et 2017 dans le secteur et les hausses ont été deux fois plus importantes que dans les autres industries régionales (significatif). A noter toutefois que cela pourrait également provenir d'autres facteurs propres au secteur, la contribution précise du programme à l'effet prix ne pouvant être déterminée.

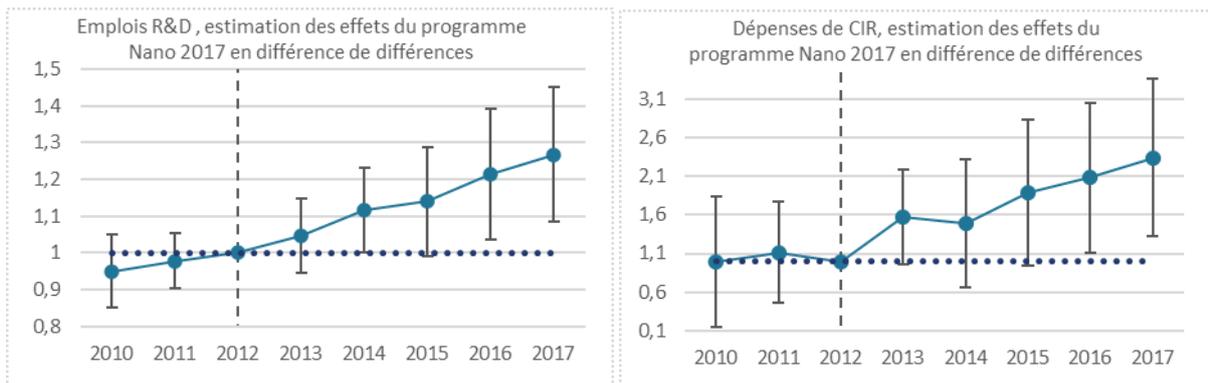


Figure 17 : résultats de l'analyse économétrique sur les effets d'entraînement du dispositifs (Emploi et dépenses de R&D)

Cet effet prix, qui réduit l'efficacité du programme, peut se résoudre naturellement en partie à moyen terme (après un ajustement de l'offre d'emploi). Il souligne surtout l'importance d'anticiper l'évolution des besoins en ressources humaines en amont du lancement de programmes de ce type.

Conclusion : *Le programme génère des effets de levier, toutefois ces derniers apparaissent comme assez réduits une fois pris en compte les aides fiscales ainsi que l'effet déclencheur du programme.*



²⁷ Guellec, D. et B. van Pottelsberghe de la Potterie (2000), « The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D », Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie, n° 2000/04, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/670385851815>.

5 Le programme a permis d'entraîner des retombées socio-économiques sur le territoire

5.1 Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de générer des bénéfices économiques ?

Présentation de la méthodologie

La méthode de calcul des bénéfices des retombées économiques du programme NANO 2017 reposait sur des données financières et sociales collectées auprès des principaux bénéficiaires (STMicroelectronics, SOITEC, CEA), notamment :

- **les effectifs de R&D** financés par le programme sur la période 2013-2017 (ST, SOITEC, CEA), sur la base d'extractions des données d'heures imputées par les effectifs par projet, à partir desquelles les heures ou équivalent temps-plein consacrés aux projets soutenus par le programme NANO ont été identifiés.
- **le chiffre d'affaires** généré sur la période 2013-2020 par les produits attribuables au programme NANO 2017. Pour SOITEC, l'activité générée par les produits FDSOI attribuables au programme NANO était aisément identifiable. Pour STMicroelectronics, la mesure de l'activité générée par le programme a reposé sur une extraction complète du chiffre d'affaires par catégorie de produits, à partir de laquelle les catégories de produits attribuables au programme ont été identifiées (notamment les imageurs, les microcontrôleurs, et le FDSOI).
- **les effectifs de production** occupés à la fabrication des produits attribuables au programme, à partir de dires des acteurs divers (RH, production, finances) de SOITEC et STMicroelectronics.

Des contrôles de cohérence ont été réalisés afin d'assurer la fiabilité des estimations (ex. cohérence entre les dires d'acteurs, les fichiers d'heures travaillées par les effectifs, les chiffres d'affaires par produit, l'utilisation des capacités des usines...).

Une fois identifié le poids socio-économique des produits issus du programme, des scénarios contrefactuels ont été étudiés lors de réunions de travail avec STMicroelectronics, SOITEC, et le CEA (cf. encadré ci-dessous):

Les retombées socio-économiques bénéficiant aux autres bénéficiaires industriels de NANO 2017 ont été estimées par entretiens téléphoniques, également avec une logique contrefactuelle. Des contrôles de cohérence ont été réalisés entre les déclarations des bénéficiaires et la progression du chiffre

d'affaires et des effectifs déclarés dans leur bilan et compte de résultat, ainsi qu'avec les fichiers Achats de STMicroelectronics, locomotive de l'écosystème des bénéficiaires.

Scénarios contrefactuels pour l'analyse de l'impact socio-économique

2 scénarios sont retenus pour caractériser ce qu'il aurait pu advenir en l'absence du programme NANO 2017. Ces 2 scénarios permettent de mieux comprendre la valeur ajoutée du programme et jouent ainsi un rôle clé dans l'estimation des impacts. Ils ont été définis en croisant les dires d'acteurs et en analysant les documents à disposition, notamment sur les technologies développées :

Scenario 1 (Impact minimal) : il est supposé que les imageurs issus du programme NANO 2017 n'auraient jamais vu le jour, avec la perte des effectifs associés.

Scenario 2 (Impact étendu) : Il est supposé qu'aucune des briques technologiques majeures issues du Programme NANO 2017 (imageurs, microcontrôleurs, FDSOI) n'aurait vu le jour. A terme, la totalité des effectifs occupés sur la fabrication de produits NANO 2017 auraient été perdus.

Dans les deux scénarios contrefactuels, il est supposé une réduction d'effectifs de R&D, par rapport au scénario en cours, équivalente à la majeure partie des effectifs financés par Nano, et ce définitivement jusqu'à 2020.

Par prudence, dans les deux scénarios contrefactuels, il est considéré un « facteur d'obsolescence », qui suppose qu'en l'absence des produits issus du programme, une part de l'activité des industriels aurait tout de même été renouvelée par d'autres produits.

Le programme a permis de maintenir et créer des emplois, et de renforcer la compétitivité de l'industrie française à l'export

Les bénéficiaires du programme NANO 2017 ont généré plus de 1,8 Md € de chiffre d'affaires en 2018 grâce aux produits issus du programme. A noter cependant que l'étude économétrique en partie 3 n'a pas permis de montrer de surperformance manifeste des bénéficiaires (hors STMicroelectronics) vis-à-vis des entreprises comparables.

Plus de 90% de la production étant destinée à l'export et la filière présentant une composante nationale relativement forte, la balance commerciale française en 2018 aurait été dégradée de l'ordre de 430 M€ dans le scénario contrefactuel « impact minimal », et 1,1 Md € dans le scénario contrefactuel « étendu ».

L'impact du programme NANO 2017 sur les exportations d'après les résultats de l'étude économétrique (voir partie 3 pour plus détails) apparaît positif (et significatif au niveau 5%)

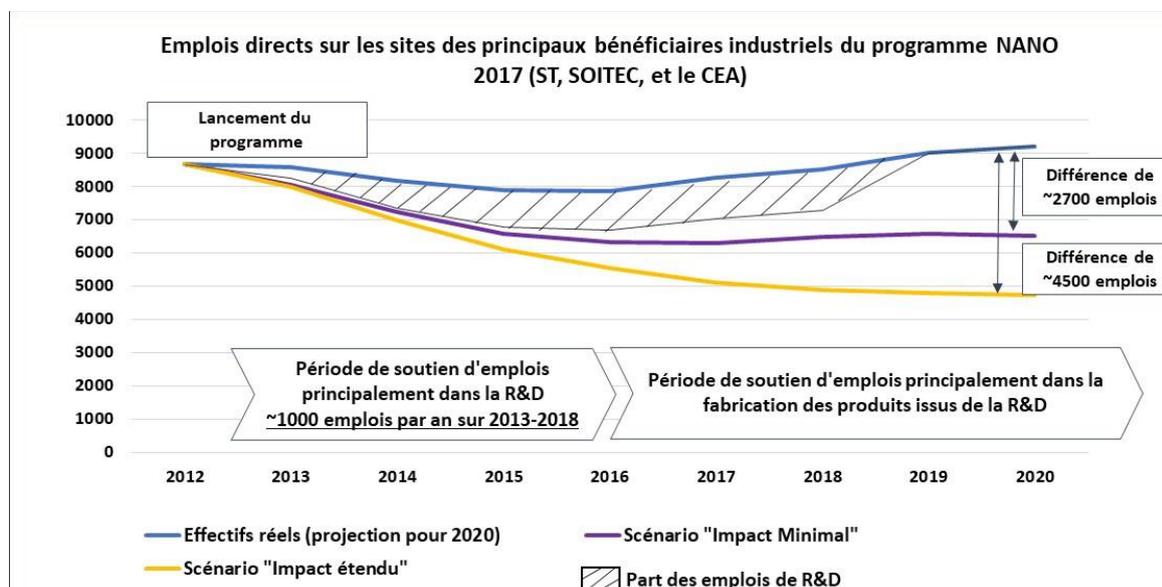
- En Auvergne-Rhône-Alpes, les exportations de la filière électronique ont progressé près de 1,5 fois plus vite que celles des autres secteurs entre 2012 et 2016.
- Le chiffre d'affaires à l'export a augmenté entre 2012 et 2017 de 35% de plus au sein du cluster Crolles-Grenoble par rapport aux autres entreprises françaises qui font de la R&D dans les mêmes secteurs.

En 2020, entre 2700 (scénario contrefactuel minimal) et 4500 emplois (scénario contrefactuel étendu) sont ainsi directement préservés ou créés localement par le programme NANO 2017. Ces emplois sont entièrement liés à de la fabrication de produits issus du programme, les emplois de R&D étant financés jusqu'à 2018.

Répartition géographique des emplois directs soutenus par le programme NANO 2017 (les intervalles représentent les écarts entre scénarios contrefactuels)

	Emplois directs soutenus
Grenoble Alpes Métropole	1380 à 2300
Pays du Grésivaudan	670 à 1120
Pays voironnais	240 à 400
Autres intercommunalités Isère	140 à 230
Savoie	110 à 180
Autres départements et étranger	160 à 270
Total	2700 à 4500

En outre, au cours de la période 2013-2018 du programme, plus de 1000 emplois de R&D ont été soutenus en moyenne par an, principalement au sein de ST et du CEA. Le graphique ci-dessous illustre cette dynamique de création d'emplois, principalement en R&D au départ. Dans les deux scénarios contrefactuels, le soutien à la R&D est le même ; les deux scénarios diffèrent au niveau des emplois de production soutenus suite à l'investissement du programme NANO 2017 dans la R&D.



Conclusion : 2700 à 4500 emplois industriels ont été directement soutenus et pérennisés chez les bénéficiaires de NANO 2017 par le programme, dont 300 à 400 embauches.



5.2 Dans quelle mesure le programme permet-t-il de générer des retombées sociales pour le territoire ?

Pour chaque emploi direct, 1,1 emplois indirects et induits sont soutenus

L'impact économique et social d'une activité se mesure à trois niveaux : direct, indirect et induit. Les impacts directs de NANO 2017 concernent les bénéficiaires du programme, et ont été présentés précédemment. Les impacts indirects bénéficient aux fournisseurs locaux et nationaux des bénéficiaires du programme. Les impacts induits résultent de la consommation des ménages des salariés directs et indirects soutenus par le programme, ainsi que de leur soutien fiscal aux services publics (enseignement, santé). La méthodologie de calcul des impacts indirects et induits est présentée en Annexe 4.

Sans le programme NANO 2017, l'activité des fournisseurs des bénéficiaires du programme aurait été moindre (impacts indirects) sur la période. L'activité des commerçants locaux aurait également été réduite (entre autres impacts induits par la consommation des ménages). La demande de services publics tels que l'enseignement, la santé, les transports ou les modes d'accueil des jeunes enfants, etc. aurait également été moindre (impacts induits sur les services publics).

Les bénéficiaires de NANO 2017 comptent plus de 57 000 effectifs directs nationalement. A cela se rajouteraient environ 9 500 emplois indirects et 55 000 emplois induits nationaux. Soit une empreinte globale d'environ 120 000 emplois directs, indirects et induits. Sur cette empreinte globale entre 2700 emplois directs (scénario contrefactuel « impact minimal ») et 4500 emplois directs (scénario contrefactuel « impact étendu ») ont pu être préservés ou créés localement grâce aux retombées du programme NANO 2017 (cf. section 1). Une fois comptabilisés les effets indirects et induits, 5700 à 9500 emplois ont été soutenus par le programme NANO 2017, répartis comme suit.

Emplois directs, indirects et induits soutenus par le programme NANO 2017 (les intervalles représentent les écarts entre scénarios contrefactuels)

	Emplois locaux (Rhône-Alpes)	Emplois nationaux (hors Rhône-Alpes)
Direct	2700 à 4500	0
Indirect	300 à 500	200 à 300
Induit	1800 à 3100	700 à 1100
Total	4800 à 8100	900 à 1400
Total	5700 à 9500 emplois	

Conclusion : 5700 à 9500 emplois directs, indirects et induits sont aujourd'hui soutenus par NANO 2017, dont 4800 à 8100 en région Rhône-Alpes.

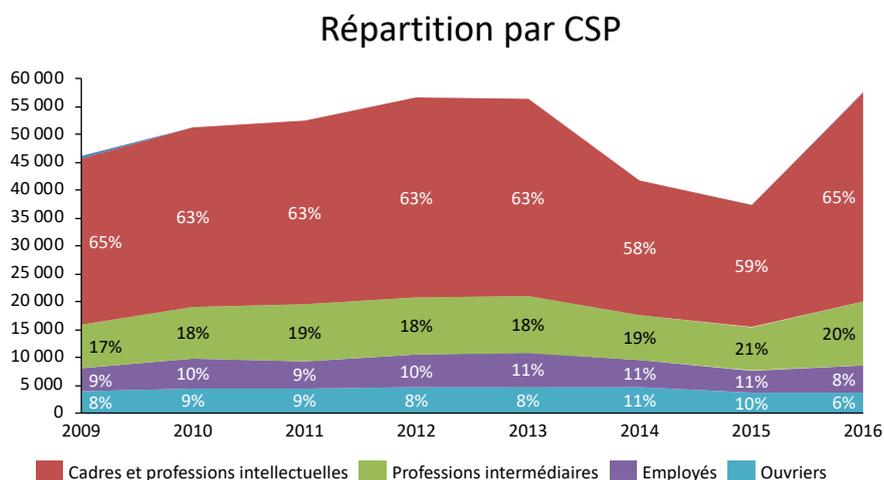


5.3 Type d'emplois bénéficiant du programme

L' écosystème soutenu concerne des emplois à haute qualification et à forte valeur ajoutée

D'après des données extraites de la base DADS (Déclaration Annuelle de Données Sociales) de l'Insee, les emplois des bénéficiaires de NANO 2017 sont essentiellement des emplois qualifiés relevant de « CSP+ » : 65 % des postes sont des postes de cadres et professions intellectuelles et 20 % sont des professions intermédiaires. Les créations de postes récentes ont confirmé la tendance de prédominance des « CSP + » en augmentant la part des cadres et professions intellectuelles de 58 % en 2014 à 65% en 2016 et celle des professions intermédiaires de 18 % en 2013 à 20 % en 2016. Dans le même temps la part d'ouvriers et d'employés de la filière est passée de 11 % pour chacune de ces catégories socio-professionnelles à respectivement 6 % et 8 %.

Répartition pas CSP des effectifs salariés des bénéficiaires de NANO 2017



Source : Insee, Déclarations annuelles des données sociales : fichiers Etablissements (DADS Etablissements), traitement Collaborative People. N.B. : en raison du poids trop important représenté par Airbus, ce bénéficiaire a été exclu du périmètre d'analyse.

La diminution des effectifs constatée en 2014 s'est faite au détriment essentiellement des cadres et professions intellectuelles, puisque les parts respectives des autres CSP stagnaient (ou augmentait pour les ouvriers). A l'inverse, les créations de postes récentes ont confirmé la tendance de prédominance des « CSP + » en augmentant la part des cadres et professions intellectuelles de 58% en 2014 à 65% en 2016 et celle des professions intermédiaires de 18% en 2013 à 20% en 2016. Dans le même temps la part d'ouvriers et d'employés de la filière est passée de 11% à respectivement 6% et 8%.

Le tableau suivant montre que cette augmentation des parts des cadres et professions intellectuelles ainsi que des professions intermédiaires au sein du salariat de la filière nanoélectronique s'est traduite par une augmentation du salaire moyen au sein du secteur qui est passé de 37 321 euros à 46 359 euros sur la période 2009 - 2015.

Année	Salaire net moyen	Salaire brut moyen
2 009	29 745	37 321
2 010	32 071	40 479
2 011	48 346	61 678
2 012	33 595	42 484
2 013	34 389	43 342
2 014	34 938	44 300
2 015	36 518	46 359

Source : Insee, Déclarations annuelles des données sociales : fichiers Etablissements (DADS Etablissements), traitement Collaborative People. N.B. : en raison du poids trop important représenté par Airbus, ce bénéficiaire a été exclu du périmètre d'analyse.

Le salariat des bénéficiaires de NANO 2017 est composé à deux tiers d'hommes et à un tiers de femmes : 24% des salariés ont entre 26 et 35 ans et 10% ont moins de 25 ans. La moitié des salariés des bénéficiaires de NANO 2017 sont en milieu de carrière étant âgés entre 35 et 55 ans. Enfin les seniors représentent une part relativement importante de l'effectif des bénéficiaires puisque 15% a plus de 55 ans.

Conclusion : le programme a soutenu l'embauche de personnel qualifié



5.4 Dans quelle mesure le programme a-t-il permis de générer des retombées fiscales ?

L'activité commerciale et les emplois soutenus par NANO 2017 génèrent des impôts locaux et des prélèvements nationaux

Les emplois créés et l'activité économique générée par le programme vont se traduire par des recettes fiscales au bénéfice des collectivités territoriales, de l'état, des organismes de sécurité sociale. Les retombées fiscales estimées dans le cadre de la présente étude comprennent :

- Les retombées locales par la Contribution Economique Territoriale.
- Les retombées nationales : cotisations sociales générées par les emplois soutenus (uniquement sur les emplois directs, par prudence méthodologique), et TVA versée.
 - Les cotisations sociales sont estimées à partir des salaires nets moyens des salariés travaillant chez les bénéficiaires du programme, multipliés par le nombre d'emplois directs soutenus par le programme, multipliés par un taux de cotisations sociales de 82 %. Ce bénéfice est à prendre avec précaution dans la mesure où il ne s'agit pas d'une rentrée nette pour l'état (mais d'une rentrée en échange de prestations), et dans la mesure où les emplois qui auraient été perdus par les bénéficiaires du programme Nano, en l'absence de ce programme, auraient pu être retrouvés ailleurs, notamment au regard de leur niveau de qualification.
 - La TVA versée est calculée sur la base de la valeur ajoutée déclarée par les bénéficiaires, permettant d'estimer un « taux de valeur ajoutée par rapport au chiffre d'affaires », auquel est multiplié le chiffre d'affaires généré par le programme Nano, puis un taux de TVA à 20 %.

En 2018, à partir des chiffres d'affaires des produits issus du programme Nano, il peut être estimé que la CET attribuable aux retombées du programme s'élevait entre environ 14 M€ et 36 M€ (selon le scénario contrefactuel considéré). Sur la période 2013-2018 du programme, la CET **cumulée** attribuable au programme s'élevait entre environ 32 M€ et 81 M€.

De même, les cotisations sociales versées sont estimées entre 75 M€ et 135 M€ en 2018 (entre 305 M€ et 465 M€ cumulés sur 2013-2018). Enfin, la TVA versée en 2018 par l'activité économique générée par le programme s'élevait entre 62 M€ et 144 M€ selon le scénario contrefactuel considéré (entre 140 M€ et 330 M€ cumulés sur 2013-2018).

Conclusion : 14 M€ à 36 M€ d'impôts locaux (CET) étaient attribuables en 2018 aux retombées de NANO 2017, ainsi qu'environ 140 M€ à 280 M€ de prélèvements nationaux (cotisations sociales + TVA).



5.5 Dans quelle mesure le programme est-il rentable ?

L'activité commerciale et les emplois soutenus par Nano 2017 génèrent des impôts locaux et des prélèvements nationaux

Le programme NANO 2017 a été financé dans le cadre du programme des investissements d'avenir. Ce programme ambitionnait de financer des investissements rentables (rentabilité privée et sociale). Aussi cette section compare les retombées fiscales et sociales générées par NANO 2017 au regard du coût du programme pour l'Etat. La méthode suivante est déployée :

- Le chiffre d'affaires et le nombre d'emplois directs soutenus chaque année sur la période 2013-2020 (l'année 2020 reposant sur des projections, avec une bonne visibilité sur l'activité), et attribuable au programme Nano 2017, ont été estimés selon la méthode présentée en Annexe 4, selon chaque scénario contrefactuel.
- A partir du nombre d'emplois directs soutenus par le programme Nano 2017, le nombre d'emplois indirects et induits chaque année a également été estimé.
- Cela donne ainsi, pour chaque scénario contrefactuel, le nombre total « d'emplois.années » soutenus en cumulé sur la période 2013-2020. A partir de ce résultat, les cotisations sociales générées au total sur la période sont calculées à partir des salaires nets moyens des salariés des bénéficiaires, et un taux de cotisations sociales de 82%.
- La TVA versée est calculée sur la base de la valeur ajoutée déclarée par les bénéficiaires, permettant d'estimer un « taux de valeur ajoutée par rapport au chiffre d'affaires », auquel est multiplié le chiffre d'affaires généré par le programme Nano, puis un taux de TVA à 20%.

Le tableau ci-dessous présente les retombées fiscales et sociales du programme Nano 2017 dans une perspective contrefactuelle. Les emplois sauvés dans chacun des deux scénarios contrefactuels décrits précédemment, ainsi que les retombées fiscales (cotisations sociales, TVA), sont comparés au coût du programme pour les finances publiques.

**« Retour sur investissement public » du Programme NANO 2017
sur la période 2013-2020**

		Scénario contrefactuel « impact minimal »	Scénario contrefactuel « impact étendu »
Retour <u>social</u> sur investissement public <i>(Emplois créés ou maintenus par rapport au coût du programme pour l'Etat)</i>	Coût pour les finances publiques de chaque emploi direct créé ou maintenu par an	52 000 € / emploi / an	33 000 € / emploi / an
	Coût pour les finances publiques de chaque emploi direct, indirect et induit créé ou maintenu par an	24 000 € / emploi / an	15 000 € / emploi / an
Retour <u>fiscal</u> sur investissement public <i>(Retombées fiscales par rapport au coût du programme pour l'Etat)</i>	Cotisations sociales générées pour chaque € de soutien public	0,7 €	1,1 €
	TVA générée pour chaque € de soutien public	0,4 €	0,9 €

Source : Calculs des auteurs

Note de lecture : Ces résultats sont obtenus en comparant deux situations contrefactuelles (scenario « impact minimal » / « impact étendu »), qui représentent deux visions de ce qu'il serait advenu sans NANO 2017, aux résultats observés avec le programme. Dans le contrefactuel impact minimal, une partie des productions liées à NANO 2017 sont développées même sans le programme, ce qui se traduit par de moindres recettes et un coût par emploi sauvé supérieur au cas où aucun produit n'a pu être développé.

Ces résultats suggèrent qu'un 1,1 € de cotisations sociales et de TVA est généré pour chaque € de soutien public dans le scénario contrefactuel « impact minimal », soit un montant supérieur au coût du programme. A cela se rajoutent d'autres bénéfices en matière de retombées socio-économiques (emplois qualifiés préservés, périodes de chômage évitées), de R&D, et de compétitivité industrielle.

Conclusion : même dans un scénario contrefactuel à impact minimal, les retombées fiscales sont équivalentes au coût du programme pour l'Etat.



Dans un scénario contrefactuel « impact étendu » où aucune des briques technologiques de Nano 2017 n'auraient vu le jour, il peut être estimé que pour chaque euro d'aide de l'Etat, 1,9 € de retombées fiscales ont été générées.

Conclusion : dans un scénario contrefactuel à impact étendu, les retombées fiscales sont près de deux fois supérieures à l'investissement public consenti.





Le coût par emploi créé ou préservé est de 15 000 € à 24 000 € par an. Ce coût est à mettre en perspective avec, par exemple, le coût complet du chômage en France. Une revue bibliographique menée dans le cadre de la présente étude situe ce coût entre 20 000 € et 28 000 € par an par chômeur en moyenne. Cela comprend les dépenses publiques directes et indirectes (allocations de chômage, dépenses pour les dispositifs de réintégration ou d'accompagnement, coûts administratifs pour les organisations responsables de ces prestations), ainsi que le manque à gagner pour les administrations publiques, en termes de pertes de cotisations sociales et de pertes d'impôts directs et indirects.

Ce point de repère est à prendre avec précaution, dans la mesure où les salaires au sein de STMicroelectronics sont au-dessus de la moyenne française. Une année complète de chômage coûte ainsi plus cher que la moyenne française. Inversement, les salariés de STMicroelectronics, de par leur niveau de qualification, subiraient une période de chômage probablement plus courte que la moyenne nationale.

Les résultats sont à discuter au regard de la forte « ré-employabilité » des salariés de l'écosystème des bénéficiaires de NANO 2017

Les cadres et emplois qualifiés en France représentent des salariés moins exposés au chômage que des salariés peu qualifiés²⁸, en particulier dans les activités de R&D et dans l'industrie où de nombreux métiers en tension existent. Sous cet argument, les estimations sur les emplois créés ou préservés pourraient être considérées comme volontaristes, une partie des chômeurs retrouvant rapidement un emploi.

Cet effet existe, mais il reste vraisemblablement limité. Selon l'Insee, entre 2006 et 2015, l'industrie manufacturière a perdu 530 000 salariés. « La crise de 2008-2009 a durement touché ce secteur, déjà en repli auparavant ; cette tendance s'est poursuivie ensuite ». La progression de l'emploi industriel qualifié en France paraît d'ailleurs limitée²⁹. Aussi, rien n'indique que les industries existantes auraient été en capacité d'absorber les employés considérés comme préservés, en cas de perte d'une partie du poumon industriel qu'est la nano-électronique grenobloise. Par ailleurs un changement de travail se serait traduit vraisemblablement par une perte de qualification / de capital humain liée aux compétences spécifiques à la filière des employés.

²⁸ Par exemple, le taux de chômage parmi les ouvriers qualifiés est près de deux fois plus faible (9,3 % contre 17,6 %).

Source : INSEE (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4501595?sommaire=4504425>)

²⁹ Selon l'Insee, la France comptait 1800 postes de cadres et d'ingénieurs supplémentaires dans l'industrie en 2013 par rapport à 2008 (<https://www.usinenouvelle.com/editorial/infographie-dans-l-industrie-plus-de-cadres-et-moins-d-ouvriers.N532584>)

6 Le programme a soutenu l'écosystème et la filière des semiconducteurs

Note méthodologique :

Les analyses conduites dans cette partie reposent sur des entretiens avec des acteurs de l'écosystème grenoblois, des données de la base CORDIS/ CE, des données de Google Trends.

6.1 Dans quelle mesure le programme NANO 2017 a-t-il permis le développement de l'écosystème grenoblois en micro-nanoélectronique ?

Introduction

L'écosystème d'innovation modélise la dynamique des relations qui se forment entre des acteurs qui interagissent en faveur de l'innovation. Un écosystème d'innovation fonctionne bien s'il rassemble tous les acteurs nécessaires à l'innovation (cf. Figure 18) et si tous ces acteurs collaborent étroitement. Cela favorise les pratiques d'innovation ouvertes, la fertilisation croisée, c'est-à-dire l'échange d'idées, le partage de connaissances, etc., principal vecteur de l'innovation. De nombreuses politiques publiques visent à soutenir les écosystèmes d'innovation. C'est d'ailleurs un des enjeux du programme NANO 2017.

Une autre manière d'approcher le bon fonctionnement d'un système d'innovation est de se reporter vers les modèles de Quadruples Helix³⁰ pour lesquels, 4 acteurs principaux doivent être rassemblés et travailler ensemble : les acteurs de la recherche amont, les acteurs politiques, les acteurs industriels et la société.

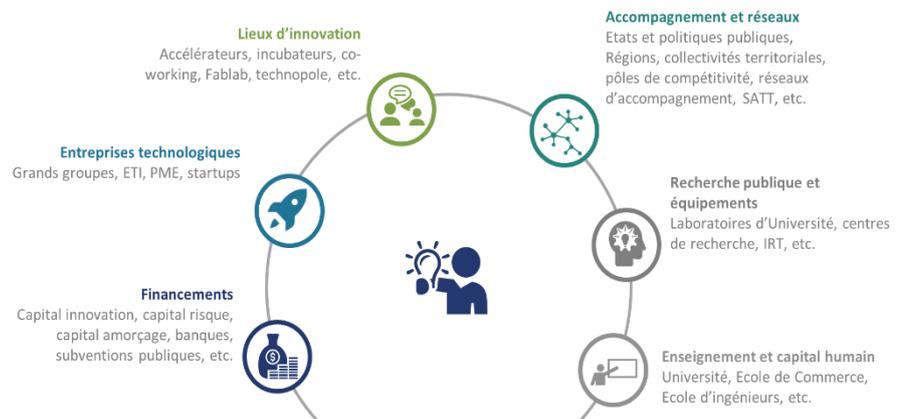


Figure 18 : Ecosystème d'innovation

³⁰ Carayannis, Elias G.; Campbell, David F.J. (2009). "'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem". International Journal of Technology Management. 46 (3/4): 201. doi:10.1504/IJTM.2009.023374. ISSN 0267-5730.

Création et renforcement de partenariats de longue durée pour le développement de technologies entre les acteurs industriels et de la recherche dans le cadre des projets NANO 2017. Cela s'observe entre les 2 locomotives grenobloises, ST et le CEA-Leti, mais également avec les autres industriels de l'écosystème.

” *Grenoble est un vrai écosystème, les gens travaillent vraiment ensemble.*

M. Guibert, Minatec.

Création de technologie standard. Cela offre aux acteurs de l'écosystème une technologie commune et facilite les échanges à plusieurs niveaux : les universités forment leurs étudiants autour de cette technologie leur permettant d'être rapidement opérationnels en entreprises, les industriels et acteurs de la recherche réalisent plus facilement des co-développements et des transferts de technologie.

” *Le microcontrôleur STM32 développé par ST est utilisé dans plein de produits et devenu un standard dans la région, M. Ribot, Minalogic*

+ de 300 thésards
accueillis chez ST entre
2012 et 2019

Soutien à la formation en micro-nanoélectronique.

En soutenant les acteurs industriels et de la recherche, NANO 2017 leur a permis de maintenir leur programme d'accueil de doctorants Cifre. Les acteurs industriels se sont également impliqués dans le développement de formations continues pour leurs salariés et universitaires.

Création de startups issues des technologies NANO 2017. De nombreuses startups ont bénéficié de technologies développées dans NANO 2017. Par ailleurs, elles capitalisent sur la diversité des talents et expertises dans l'écosystème grenoblois. Ainsi, toutes les startups accompagnées par le campus de l'innovation Minatec/CEA-Leti lèvent rapidement entre 1 et 2M€ et emploient rapidement 15 personnes.

Un 1^{er} tour de table
record pour Scintil avec
4M€ levés seulement 1
an après sa création en
2018

” *Les startups ne sont pas forcément plus nombreuses mais sont plus solides et ambitieuses.*

M. Dupont-Nivet, CEA-Leti

Déjà plus de 80M€
levés pour Aledia depuis
2013 pour un marché
d'environ 150 Md€

Conclusion : NANO 2017 a permis de maintenir une masse critique d'acteurs ainsi que les 2 locomotives ST et le CEA-Leti nécessaires au bon fonctionnement d'un écosystème d'innovation.



Renforcement de la visibilité des savoir-faire en micro-nanoélectronique de l'écosystème. Les résultats de NANO 2017 notamment les technologies FDSOI, imagerie et 3D ont permis de rendre l'écosystème visible sur ces savoir-faire et de replacer Grenoble sur la carte mondiale des pôles d'expertises en micro-nanoélectronique.



NANO 2017 fait suite à d'autres programmes, c'est bien la continuité qui amène les résultats, le développement de la visibilité ça se fait sur le long terme. Il y a 10 ans, Grenoble était encore vue à travers l'image des Jeux Olympiques de 1968, on voit la pérennité de certaines images et la difficulté à les faire changer. [...] Les délégations viennent directement à Grenoble et ne passent même plus à Paris. Il y a 10 ans, on ne voyait pas ça.

M. Guibert, Minatec

Des visiteurs de marque à Minatec/CEA en 2018 !

Le Prince héritier japonais et le Vice-premier Ministre chinois

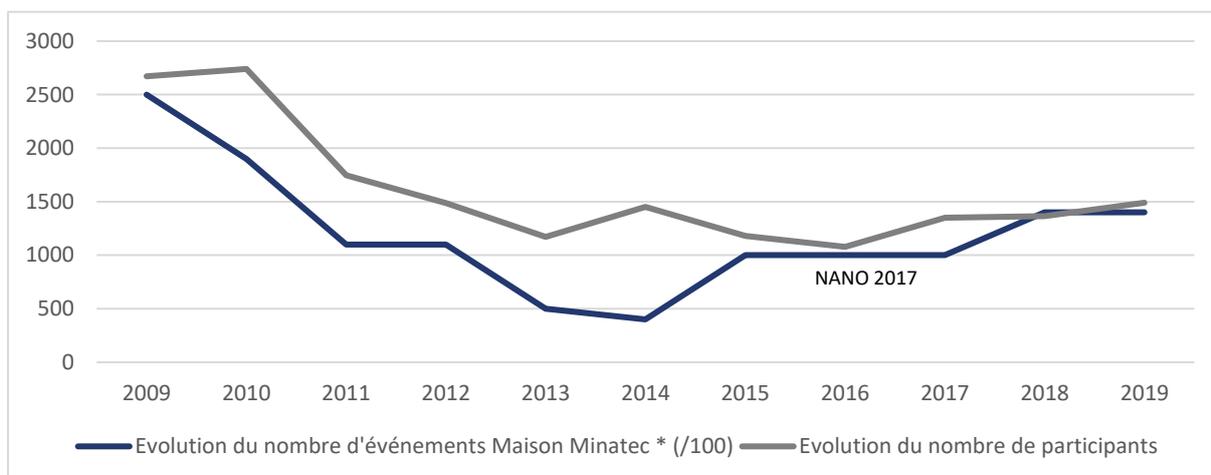


Figure 19: Evolution du nombre d'événements au sein de Minatec et du nombre de participants

Depuis 2008, on observe un intérêt accru pour le terme FDSOI dans les recherches internet des utilisateurs du monde entier. Cette tendance s'accélère à partir de 2013 avec un pic de +70% d'intérêt entre 2013 et 2014.

Le FDSOI a une visibilité particulièrement forte en Corée du Sud, à Taïwan, en France, en Inde, en Suisse, au Japon et en Allemagne, qui comptent parmi les pays leaders en micro-nanoélectronique.

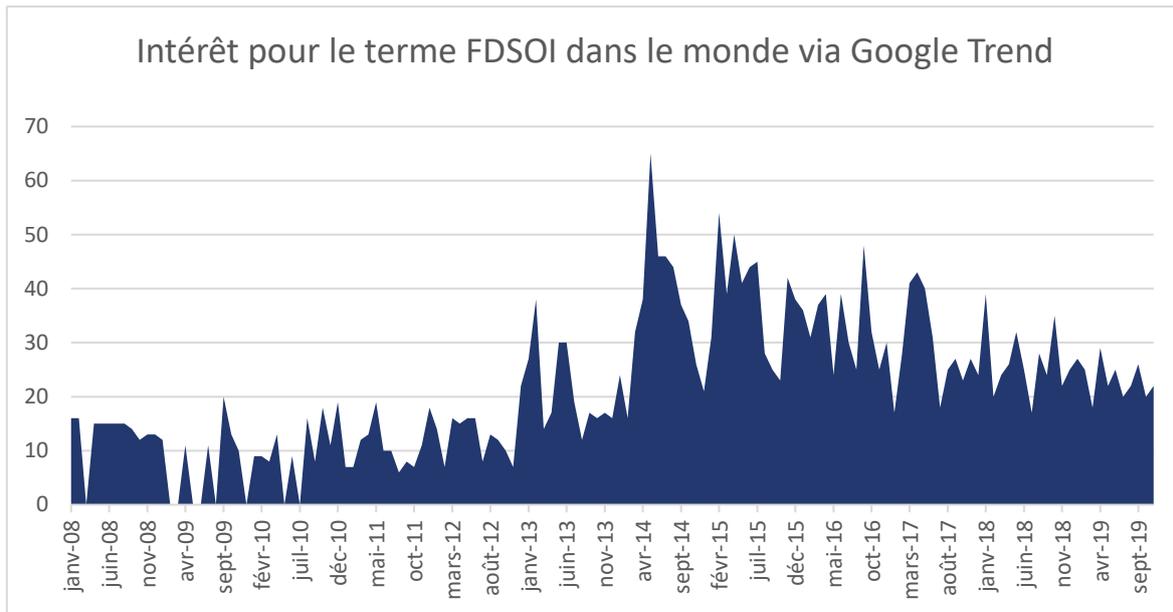


Figure 20 : Evolution des recherches associées au terme FDSOI sur google depuis 2008

Visite d'Audi / Volkswagen chez Soitec en 2017-18, la reconnaissance de l'expertise d'un écosystème

Acquisition d'une crédibilité forte en France et en Europe. L'implication des acteurs de l'écosystème dans les projets NANO 2017, notamment sur les volets européens ENIAC/ECSEL, leur a permis de montrer leur expertise et d'acquérir une crédibilité forte auprès de leaders industriels français et européens.

Renforcement de l'attractivité de l'écosystème grenoblois en micro-nanoélectronique au niveau français mais surtout international. En consolidant des savoir-faire uniques au monde et en renforçant la crédibilité internationale des industriels et acteurs de la recherche, NANO 2017 a eu un impact fort sur l'attractivité de l'écosystème grenoblois et plus largement du territoire régional. On observe une augmentation du nombre de membres du pôle Minalogic sur la période ainsi que l'entrée de membres ayant une forte renommée mondiale. Par ailleurs, le territoire a accueilli de nombreux acteurs majeurs dans le domaine. Des négociations sont actuellement en cours avec plusieurs autres acteurs majeurs comme Tesla, etc. Par ailleurs, l'écosystème grenoblois est bien identifié par les sociétés d'investissements étrangères qui participent aux forums dédiés à Grenoble.

Conclusion : Dans la continuité des programmes NANO, NANO 2017 a largement contribué au renforcement de la visibilité et de l'attractivité de l'écosystème grenoblois en micro-nanoélectronique et plus largement du territoire



Scénario contrefactuel :

Le programme NANO 2017 a joué un rôle majeur pour soutenir les acteurs industriels, de la recherche et de la formation. Il a permis de maintenir une masse critique d'acteurs ainsi que les 2 locomotives ST et le CEA-Leti nécessaires au bon fonctionnement d'un écosystème d'innovation. Par ailleurs, les projets NANO 2017 ont permis l'échange de connaissances et la fertilisation croisée entre ST et le CEA-Leti et les startups, PME et ETI, source d'innovation et de croissance pour l'écosystème.

Pour ces questions d'évaluation, nous retenons le scénario contrefactuel 2 (Impact étendu) dans la mesure où une analyse contrefactuelle plus fine serait méthodologiquement fragile. Les 2 locomotives de l'écosystème grenoblois auraient été fortement affaiblies. ST aurait largement réduit l'ampleur de ses projets de recherche, ses collaborations avec l'écosystème notamment avec le CEA-Leti, la sous-traitance à l'écosystème et son implication dans la formation. Cela aurait notamment affecté ST Crolles. Par effet domino, le CEA-Leti aurait été fortement restructuré. De la même manière, Soitec dépend fortement de sa collaboration avec le CEA-Leti pour son activité de R&D en FDSOI. Cela aurait remis en cause sa santé financière puisque le FDSOI est un pilier majeur de la société et un fort relais de croissance. Ainsi, c'est tout l'écosystème grenoblois qui aurait été fragilisé.

Cela n'aurait pas contribué ou contribué de manière négative à la visibilité et l'attractivité du l'écosystème grenoblois. Les résultats de NANO 2017, notamment le renforcement des compétences de l'écosystème en imagerie, 3D, etc. ont permis de replacer Grenoble sur la carte des pôles mondiaux d'excellence en micro-nanoélectronique. Cela a fortement contribué à l'attractivité du territoire à l'image d'implantations majeures. Plus largement, cela aurait eu un impact sur la visibilité et l'attractivité du territoire.

6.2 Dans quelle mesure le programme NANO 2017 exerce-t-il un effet structurant sur la filière et contribue à l'inter-filière ?

Note méthodologique :

Cf. note méthodologique en Annexe 4

Note de lecture :

Cette analyse de réseaux représente les relations existantes entre les acteurs français bénéficiaires de NANO 2017 qui ont participé à des projets européens H2020 sur la thématique nanotech NANO. Les traits orange matérialisent les relations entre acteurs français en dehors de Grenoble. Les traits rouges matérialisent les relations entre acteurs de l'écosystème grenoblois. Les traits bleus matérialisent quant à eux les relations entre un acteur français et un acteur de l'écosystème grenoblois.

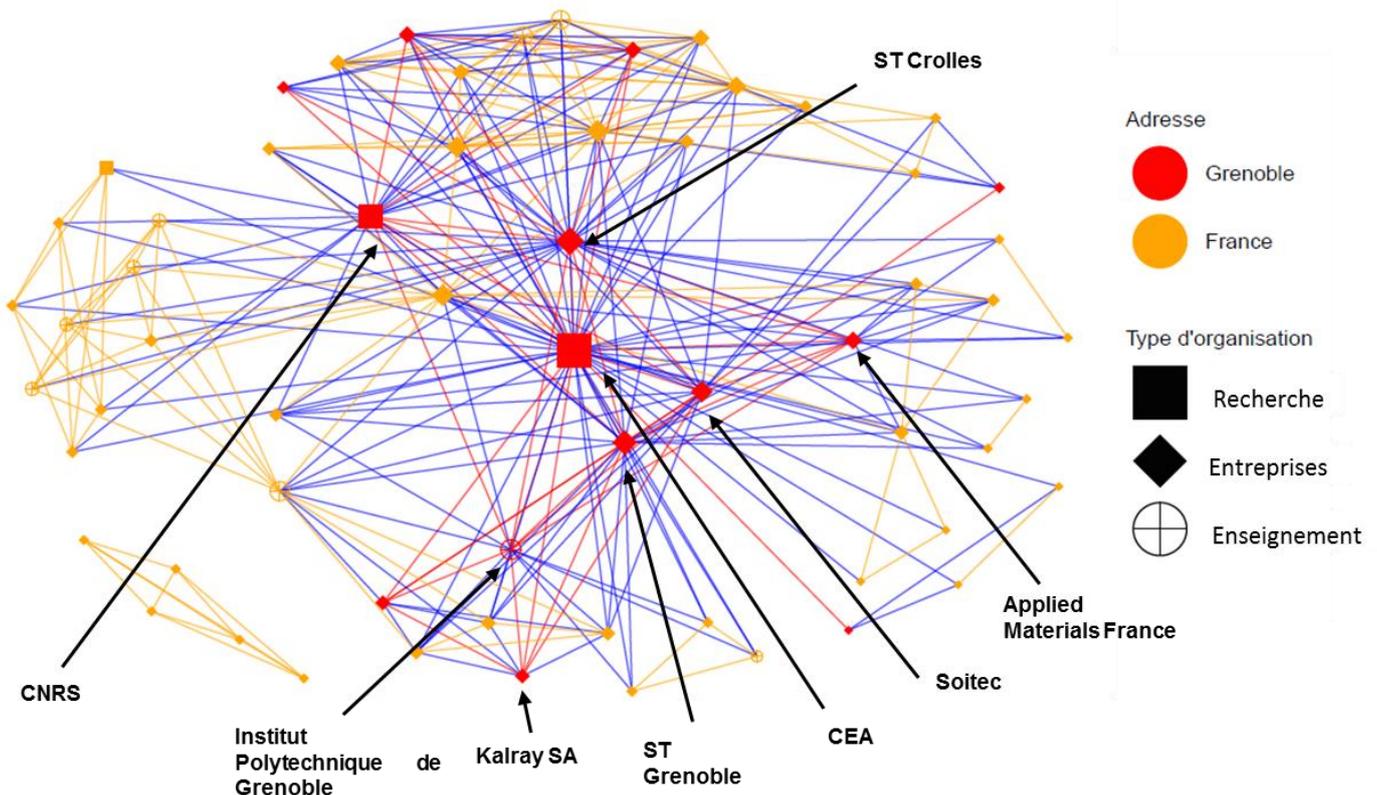


Figure 21 : Analyse de réseaux entre bénéficiaires français de NANO2017 ayant participé à des projets H2020 sur la thématique nanotech

L'analyse des réseaux sociaux permet de montrer que :

- ✓ Les acteurs les plus centraux dans une région sont les plus connectés : on observe dans le cadre de cette analyse des réseaux que 3 acteurs sont centraux, le CEA, ST Grenoble et Crolles, ainsi que le CNRS. Ils jouent ainsi un rôle majeur dans la structuration de la filière micro-nanoélectronique française. Ce sont également des acteurs stratégiques car ils ont accès à des partenaires et expertises à haute valeur ajoutée et peuvent mettre les acteurs en relation.

- ✓ De faire un mapping des collaborations interrégionales existantes : la prépondérance de traits bleus signifie que les acteurs de l'écosystème grenoblois sont très bien connectés aux autres acteurs français de la filière. On observe 2 cercles : un organisé autour de ST Crolles en haut du schéma et un organisé autour de ST Grenoble et Soitec en bas du graphique.
- ✓ En comparaison avec la période FP7, on observe que les acteurs grenoblois collaborent avec plus d'acteurs hors de l'écosystème grenoblois. Cette dynamique rejoint l'évolution technologique de la filière nanoélectronique qui demande plus de collaborations entre acteurs ayant des compétences diverses. Le CEA Leti conserve sa place d'acteur central et passerelle. L'Université de Bordeaux renforce sa place d'acteur passerelle et permet de faire le lien avec les acteurs grenoblois et un groupe d'acteurs français dont l'Université de Lille et ses partenaires.

Conclusion : NANO 2017 a eu un effet d'entraînement sur l'ensemble de la filière micro-nanoélectronique française



Note méthodologique :

Cf. note méthodologique en Annexe 4

Note de lecture :

Ce schéma représente les interactions entre les principales filières du territoire via la participation des acteurs socio-économiques du département de l'Isère aux projets technologiques H2020. Si un acteur A participe à un projet H2020 en nanotech santé et à un projet en TIC, cela crée un lien entre les deux filières.

Les savoir-faire et connaissances développés dans le cadre de NANO 2017 irriguent de nombreuses autres filières économiques sur le territoire grenoblois.

On observe que les 2 filières les plus connectées aux nanotech sont les TIC et les matériaux avancés représentant respectivement 38% et 35% des relations entre les nanotech et les autres filières. Cela s'explique en partie par les nombreux développements autour des Objets connectés et de l'Intelligence Artificielle. Cette proximité entre les filières s'est d'ailleurs récemment concrétisée par l'installation sur le territoire de 2 géants du numérique. Cela veut dire que ces filières sont liées et que sans les nanotech, les TIC et les matériaux avancés ne seraient pas aussi développés, et inversement. Les nanotech sont également liées à l'énergie et dans une moindre mesure à la santé et aux méthodes de production avancées.

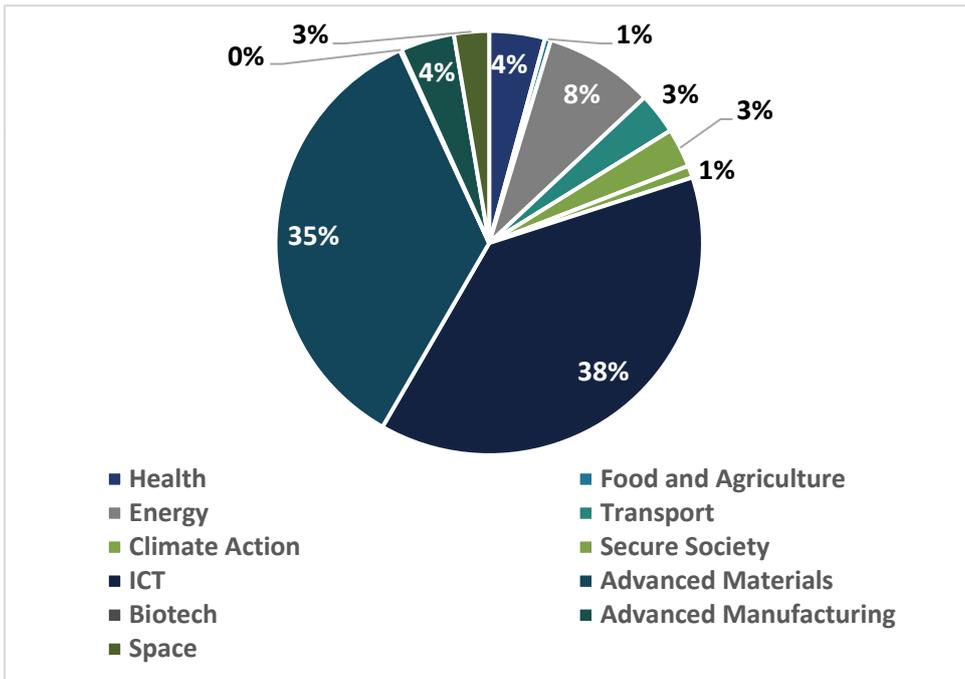


Figure 22 : Filières liées à la micro-nanoélectronique

Remedee Labs : le traitement de la douleur par des ondes millimétriques

Fluoptics : l'imagerie à fluorescence au service de la chirurgie

Conclusion : NANO 2017 a contribué au développement de filières liées, en particulier les TIC et les matériaux avancés





PARTIE 3 : ÉTUDE ECONOMETRIQUE

7 Analyse évaluative du programme NANO 2017

7.1 STMicroelectronics et le CEA-Leti, des entités de très grande taille qui nécessitent d'être étudiées de manière individuelle

7.1.1 Analyse comparative de STMicroelectronics, Infineon Technologies et NXP Semiconductors

Note méthodologique :

L'évaluation d'impact causal du programme NANO 2017 (présentée à la partie 4.2) vise à comparer 2 groupes d'entreprises, un groupe bénéficiaire du programme et l'autre non bénéficiaire appelé groupe de contrôle. Cela a pour objectif d'identifier les différences de trajectoires entre ces 2 groupes et donc d'estimer l'impact du programme NANO 2017 sur le groupe bénéficiaire.

Dans cette analyse, STMicroelectronics a volontairement été retiré du groupe bénéficiaire car l'entreprise a bénéficié de la majorité des aides du programme NANO 2017 et a une taille beaucoup plus importante que les autres entreprises bénéficiaires, principalement des PME et quelques ETI. En effet, il n'est pas possible de lui trouver un contrefactuel similaire et cela risquerait de fausser les résultats de l'analyse causale.

Aussi, afin d'analyser la trajectoire de STMicroelectronics sur la période 2014-2018, nous avons réalisé, dans la partie 4.1, une analyse comparative des performances de l'entreprise par rapport à deux entreprises comparables, Infineon Technologies et NXP Semiconductors. Le programme NANO 2017 débute en 2012 et se clôture en 2017 mais les premiers versements sont réalisés en 2013 et les derniers versements ont lieu début 2019. Nous avons donc étendu notre période d'observation jusqu'au dernier rapport d'activité disponible. Pour la R&D, nous sommes remontés jusqu'aux données de 2011 pour STMicroelectronics afin d'avoir une vision plus précise de son niveau de dépense au début du programme.

Les analyses conduites dans cette partie reposent sur des données issues des rapports d'activités annuels des trois entreprises et de la revue de la presse spécialisée.

7.1.1.1 Infineon Technologies

Infineon Technologies est un fabricant de semi-conducteurs, spin-off de Siemens AG, créé en 1999. Son siège social se situe en Allemagne. Infineon Technologies est la 10^{ème} plus grande entreprise mondiale en termes de ventes dans le domaine des semi-conducteurs et figure dans le top 3 des entreprises de semi-conducteurs en Europe (Source : IC Insight, donnée 2019). C'est le leader mondial du marché des composants pour cartes à puce. L'entreprise propose des produits principalement pour trois marchés : l'automobile, les infrastructures et les applications sécurisées.

7.1.1.2 NXP Semiconductors

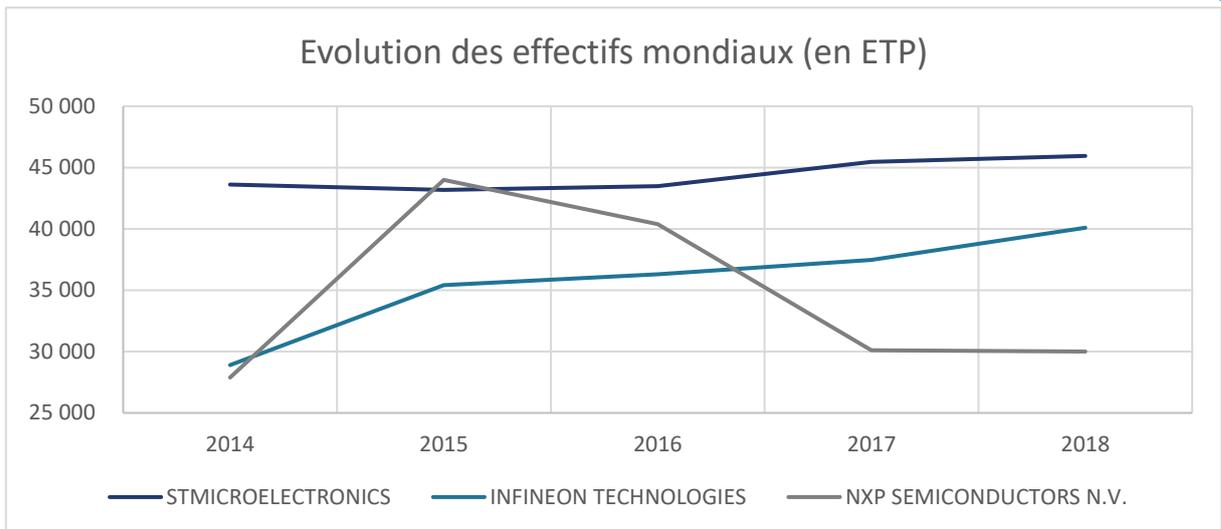
NXP Semiconductors est un fabricant de semiconducteurs, issu d'une scission de la division semiconducteurs de Philips en 2006. Son siège social se situe aux Pays-Bas. NXP est la 12^{ème} plus grande entreprise mondiale en termes de ventes dans le domaine des semiconducteurs et figure dans le top 3 des entreprises de semiconducteurs en Europe (Source : IC Insight, donnée 2019). Le groupe néerlandais fonde sa stratégie autour de la notion des « connexions sécurisées pour un monde plus intelligent » en proposant des technologies de traitement des données, de connectivité et de sécurité sur quatre marchés : l'automobile, l'IoT et l'industriel, les mobiles et les infrastructures télécoms. NXP Semiconductors propose des produits et des solutions pour les microcontrôleurs, la gestion de la puissance, les solutions RF (Radio Fréquence), les produits discrets, les amplificateurs, les convertisseurs de données, les produits d'interface et les capteurs.

7.1.1.3 Analyse comparative des performances économiques, financières, en termes d'emploi et de R&D de STMicroelectronics, Infineon Technologies et NXP Semiconductors

NXP Semiconductors, Infineon Technologies et STMicroelectronics, les trois leaders européens des semiconducteurs, présentent des profils industriels similaires (IDM) tant en produits qu'en marchés adressés mais aussi avec des chiffres d'affaires annuels comparable. La comparaison de leurs performances en matière d'**emplois, de croissance économique, de rentabilité et de R&D** sur la période du programme NANO 2017 (2014-2018) permet de dresser un bilan de leurs trajectoires et d'analyser les performances de STMicroelectronics. Une attention particulière a été consacrée aux années 2017 et 2018 puisque l'impact du programme NANO 2017 sur les performances des bénéficiaires a réellement été observé sur les dernières années du programme.

Emploi

Sur la période 2014-2018, Infineon Technologies a connu une croissance forte de ses effectifs (+39 %) et STMicroelectronics une croissance modéré (+5 %). Les effectifs de NXP Semiconductors ont évolué de manière plus instable, avec des réductions d'effectifs en 2015 et en 2016, ce qui correspond aux années d'achat de Freescale, des économies d'échelle ont peut-être été réalisées à ce moment-là. STMicroelectronics reste le plus gros pourvoyeur d'emplois.



Croissance économique

Entre 2011 et 2016, STMicroelectronics a connu d'importantes difficultés économiques et financières en raison d'une conjoncture peu dynamique, de son positionnement sur des marchés à faible valeur ajoutée ainsi que sur la fragilisation de segments historiques de la société.

En 2012-2013, l'effondrement de Nokia, un de ses plus gros clients à l'époque, entraîne l'arrêt des activités liées à la téléphonie et de la joint-venture avec ST-Ericsson. STMicroelectronics reprend la totalité des 950 salariés afin de préserver l'emploi local et les compétences.

En 2015-2016, STMicroelectronics connaît d'importantes difficultés sur le segment EPS digital, segment historique de ST-Ericsson, et un recul des parts de marché. Cela conduit à l'arrêt des développements des nouvelles plateformes et produits standards pour les marchés set-top-box et home gateway. Il s'étale jusqu'en 2018 pour la production et se traduit par un plan de départ volontaire de 450 personnes. L'arrêt des set-up-box s'inscrit dans le cadre d'un plan visant à améliorer le résultat, restaurer les marges et réduire l'endettement. Cela s'est également traduit par la recherche d'économies afin de préserver l'emploi et de redéployer les effectifs et équipements conduisant à réduire la sous-traitance

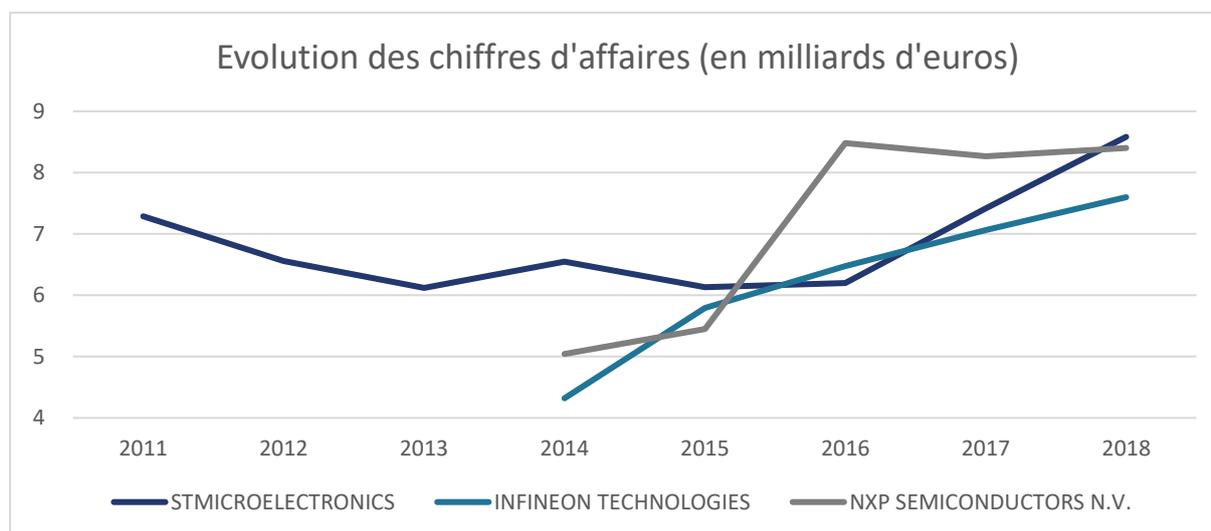
Ces difficultés ont conduit STMicroelectronics à se repositionner sur deux segments : Smart Driving, estimé à 73 Mds\$ en 2012 et un segment « Internet des Objets », estimé à 67 Mds\$ en 2012. Sur ces marchés, STMicroelectronics a cherché à se différencier avec des produits spécifiques : par exemple pour les imageurs avec la technologie time of flight, dont les produits ont fortement alimenté les investissements et les créations d'emploi à Crolles 2. Par ailleurs, l'entreprise a mené une stratégie de diversification de ses clients et produits afin de réduire le risque de dépendance. Cela s'est traduit par une baisse de 3 % du chiffre d'affaires de l'entreprise sur la période 2011-2016.

Depuis le début de l'année 2016, l'activité de STMicroelectronics repart à la hausse en raison du bon dynamisme de ses deux axes, de l'ordre de +5 % par an, et des efforts conduits afin de réduire les charges d'exploitation. Le chiffre d'affaires de l'entreprise s'est fortement redressé avec des performances à deux chiffres : +19,6 % en 2017 et +15,7 % en 2018.

Alors que le marché des semiconducteurs hors mémoires, dont les trois majors européens sont absents, a augmenté de 10 % en 2017 selon SIA, STMicroelectronics s'est distingué par un bond de son chiffre d'affaires de +19,6 %. Un résultat au-dessus des attentes qui s'explique par le succès des

contrats emportés auprès d'Apple (notamment grâce au détecteur infrarouge Time of Flight pour l'iPhone X), de Samsung Electronics, d'Huawei, d'Oppo, de Vivo et de Nintendo. Infineon Technologies affichait également en 2017 une belle progression de son chiffre d'affaires à +9,1 %, en ligne avec celle du marché hors mémoires. NXP Semiconductors a quant à lui enregistré un résultat négatif en 2017 avec une évolution de -2,5 % de son chiffre d'affaires.

En 2018, STMicroelectronics s'était de nouveau placé en tête du trio en matière de croissance. Alors que le marché, hors mémoires, a augmenté de 8 % en 2018, STMicroelectronics s'est distingué par un bond de son chiffre d'affaires de +15,7 %, en ligne avec les attentes des marchés financiers. C'est grâce à ces résultats que STMicroelectronics a repris son titre de champion européen et est revenu, après 3 ans d'absence, dans le top 10 mondial des fournisseurs de puces électroniques (Source : Gartner). Infineon Technologies, a réalisé, en 2018, la deuxième meilleure performance avec une augmentation de +7,6 % de son chiffre d'affaires. NXP Semiconductors affichait le résultat le moins bon avec une progression de seulement +1,6 %, quatre fois inférieure à celle du marché. Il était de nouveau dernier sur le podium des leaders européens en semiconducteurs. Toutefois, avec un chiffre d'affaires de 8,4 milliards de dollars, il s'est maintenu dans le top 10 mondial (Source : Gartner).



Rentabilité

Pour la rentabilité, on observe aussi deux phases pour STMicroelectronics : des résultats nets faibles entre 2011 et 2016 (en moyenne 130 M€/an) puis un résultat qui repart fortement à la hausse en 2017 et 2018.

Les résultats nets d'Infineon Technologies sont plus élevés sur la période et connaissent une croissance plus stable. Un pic est également observé en 2018.

Les résultats nets de NXP Semiconductors présentent une forte instabilité (+196 % en 2015 ; -80 % en 2016, +623 % en 2017, -0,6 % en 2018) sûrement lié au rachat de Freescale et à des phénomènes de conjoncture.

Du côté des marges d'exploitation, sur la période 2014-2018, c'est NXP Semiconductors qui réalise les meilleures performances avec une moyenne de 16 %, suivie de Infineon Technologies avec 13 % et de STMicroelectronics avec 7 %.



En 2017, c'est le néerlandais NXP Semiconductors qui affiche la plus forte rentabilité avec une marge d'exploitation de 22,7 %, contre 13,9 % pour Infineon Technologies et 11,9 % pour STMicroelectronics.

En 2018, NXP Semiconductors s'est encore placé sur la première marche avec une marge de 28,8 % contre 19,3 % pour Infineon Technologies et 14,5 % pour STMicroelectronics. Cela faisait donc de NXP Semiconductors, l'une des entreprises les plus rentables dans son secteur. A titre de comparaison, en 2016, les entreprises IDM en semiconducteur les plus rentables étaient Analog Devices avec une marge d'exploitation de 31,9 % et Intel avec 25,4 %.

Dépenses de R&D

Entre 2011 et 2018, les dépenses de R&D de STMicroelectronics se sont alignées sur la santé économique et financière de l'entreprise. La période 2011-2016 est ainsi marquée par une forte chute jusqu'en 2014 puis par une faible croissance des dépenses de R&D de l'entreprise entre 2015 et 2018. Cette baisse du volume de R&D s'explique notamment par les difficultés économiques de l'entreprise et notamment l'arrêt de la joint-venture ST-Erikson, l'arrêt de plusieurs produits analogiques et plus généralement, la sortie de la stratégie More Moore (poursuite des efforts de miniaturisation) au profit d'une stratégie More than Moore (diversification des produits par l'ajout de fonction). Le plan pour restaurer la rentabilité de l'entreprise à la suite de ces difficultés comprenait notamment une baisse des dépenses de R&D importante (-37 % entre 2012 et 2014) et un recentrage des efforts de R&D sur la France (dont la part dans la R&D groupe passe de 37 % à 51 %).

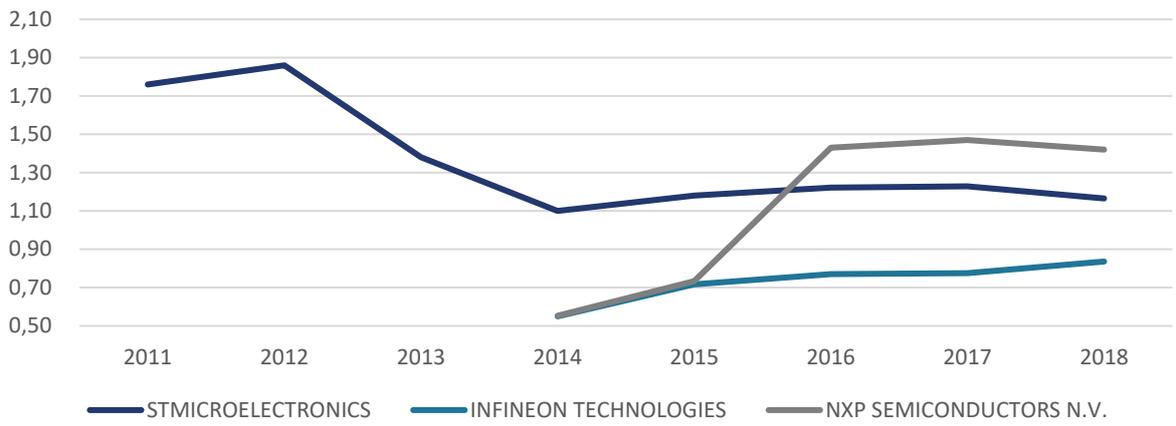
Après une légère hausse en 2015-2016, les dépenses de R&D stagnent en 2017 puis baissent en 2018, notamment avec la fin des développements NANO2017. Parallèlement, le repositionnement de STMicroelectronics permet une reprise de la croissance du chiffre d'affaires à partir de 2016, ce qui se traduit par une baisse de l'intensité de R&D en 2017-2018.

En 2018, STMicroelectronics et NXP Semiconductors dépensent plus de 1 milliard d'euros en R&D : 1,1 milliard d'euros contre 1,4 milliard d'euros. Infineon investit tout de même 836 millions d'euros.

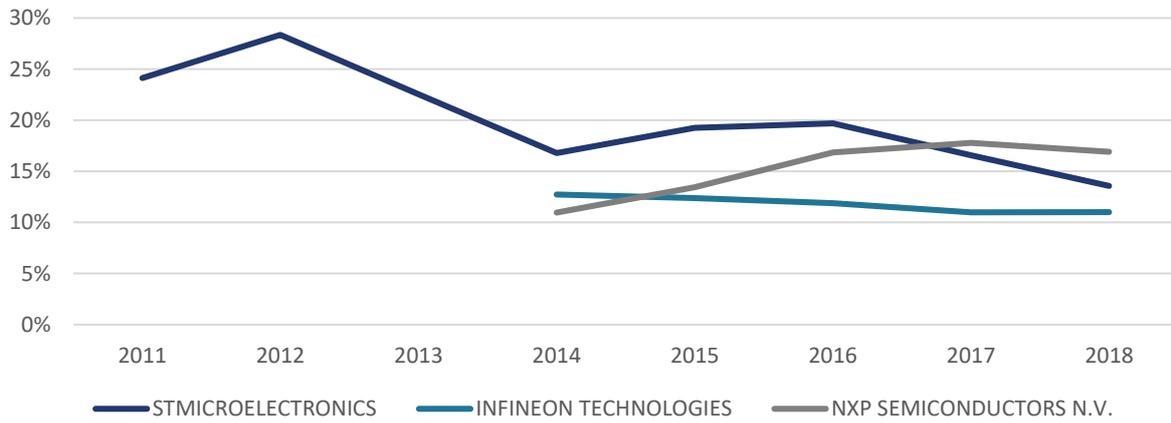
Il est toutefois intéressant de noter que sur la période du programme NANO 2017 (2014-2018), c'est STMicroelectronics qui dépense plus avec un ratio moyen de 17,2% de son CA à 5,8 milliards d'euros, contre 15,2% pour NXP Semiconductors à 5,6 milliards d'euros et 11,8% pour Infineon Technologies à 3,6 milliards d'euros³¹.

³¹ Pour ST, la baisse du ratio dépense de R&D sur CA à partir de 2013 s'explique principalement par l'arrêt de la joint-venture ST-Ericsson, l'abandon de produits analogiques nécessitant beaucoup de R&D, la sortie de de l'alliance avec IBM et la mise en place du plan pour restaurer la rentabilité de l'entreprise. En 2015, le ratio se redresse car la R&D augmente à nouveau alors que le CA reste très peu dynamique. A partir de 2017, l'augmentation du CA suite au repositionnement stratégique de l'entreprise, et des volumes de R&D stables voire en baisse en 2018 (fin du programme NANO 2017) ont conduit à une chute du ratio R&D sur CA.

Evolution des dépenses de R&D (en milliards d'euros)



Ratio dépenses de R&D / CA



7.1.2 Analyse comparative du CEA-Leti et du Fraunhofer de Berlin

Note méthodologique :

Il apparaît méthodologiquement fragile de comparer les trajectoires de 2 centres de recherche publics même s'ils ont des thèmes de recherche identiques, la micro-nanoélectronique. En effet, ces centres sont largement financés dans le cadre du programme NANO 2017 mais également par d'autres programmes de R&D européens, nationaux et par des conventions avec des acteurs industriels. Par ailleurs, les données individuelles de ces centres ne sont pas accessibles sur la période observée (2014-2018). Les données sont également centralisées par structure et non par branche (Le Leti pour le CEA et le Group for Microelectronics pour le Fraunhofer).

Aussi, le tableau ci-dessous permet plutôt d'apprécier et de comparer l'étendue des expertises et l'effort de recherche du CEA-Leti et du Fraunhofer Group for Microelectronics.

	CEA-Leti	Fraunhofer Group for Microelectronics
Date de création	1967	1996
Siège	Grenoble	Membre des 16 instituts Fraunhofer en Allemagne, siège à Berlin
Employés	1 900 (chercheurs) 250 doctorants 55 post-doctorants	3 000 (ETP)
Expertises	<ul style="list-style-type: none"> -Architecture et conception de circuits intégrés, logiciels embarqués -Composants en silicium -Technologies du silicium -Optique et photonique -Technologies pour la biologie et la santé -Intégration de systèmes et de solutions 	<ul style="list-style-type: none"> -Technologie de base pour semiconducteurs -Capteurs et systèmes pour capteurs -Electronique de puissance et technologies pour la distribution d'énergie -Design pour les systèmes intelligents -RF et technologies de communication -Qualité et fiabilité -Technologies d'intégration systèmes
Marchés	<ul style="list-style-type: none"> -IoT -Advanced Computing -Connected Health 1 Wellness -Transport -Security -Telecom -Defence & Space -Smart Manufacturing 	<ul style="list-style-type: none"> -Smart and Healthy Living -Energy Efficient Systems -Mobility and Urbanization -Industrial Automation

	-Smart Cities -Agri, Food Industries & Environment	
Budget annuel (2018)	330 millions d'euros	443 millions d'euros

Le CEA Leti a été particulièrement impliqué sur les prosur les technologies de production et a permis de jouer un rôle important de transfert de technologie.

Dans le cadre du programme NANO 2017, le CEA Leti est fortement intervenu pour apporter son expertise scientifique dans la plupart des thèmes du PN. Plus précisément, l'examen des efforts humains effectivement engagés sur les différents thèmes entre 2012 et 2016 indique :

- Que le CEA Leti était présent dans tous les thèmes, exceptés le packaging et les travaux sur l'analogique /radiofréquences ;
- Que l'implication du CEA Leti a été variable selon les thèmes avec un positionnement plus marqué sur des thèmes relatifs aux technologies de production et sur les thèmes les plus novateurs.

Le CEA-Leti a principalement collaboré avec STMicroelectronics et Soitec dans le cadre de projets NANO 2017. Toutefois, les travaux de R&D qu'il a effectués et l'expertise qu'il a développée dans ce cadre vont s'avérer être bénéfique pour toutes les entreprises de l'écosystème grenoblois. En effet, il pourra mettre à profit l'expertise acquise en exécution des travaux NANO 2017 afin de proposer des partenariats de nature à répondre aux besoins des entreprises de l'écosystème.

7.2 Méthodologie économétrique mise en œuvre pour étudier les effets du programme sur les PME et ETI de la nanoélectronique grenobloise.

Comme toute aide d'état, le programme Nano 2017 est censé avoir eu des effets non seulement sur ses bénéficiaires directs mais aussi à différents niveaux sur des entreprises agissant dans la même région, sur des secteurs d'activités proches ou encore faisant partie du même pôle de compétitivité, Minalogic. Les effets indirects ainsi créés par les financements Nano 2017, dont il est important de mesurer l'ampleur, sont de différentes natures et concernent l'activité de recherche et développement, la performance ou encore l'emploi d'autres entreprises.

Tout au long de l'évaluation du programme Nano 2017 des analyses descriptives ont été mises en œuvre à partir des informations fournies par certains bénéficiaires, par les bases de données publiques et par celles accessibles à partir du Centre d'Accès Sécurisé aux Données (CASD) dans le cadre des autorisations d'accès aux bases soumises au secret statistique obtenues pour cette évaluation. Afin de mettre en évidence l'incidence causale du programme, ces travaux se devaient d'être complétés par des méthodes économétriques propres à ces évaluations.

Le programme Nano 2017 ayant pour objectif de stimuler le secteur de la nanoélectronique en stimulant l'activité de recherche-développement des bénéficiaires, les variables d'intérêt observées

dans le cadre de ces travaux sont les **dépenses et effectifs de R&D**, le **nombre de brevets déposés**, le **chiffre d'affaires**, les **effectifs globaux** ainsi que le **montant des exportations**.

L'incidence causale du programme de financement est la mesure de la différence entre le résultat obtenu grâce à Nano 2017 (observable auprès des bénéficiaires) et celui qui l'aurait été en son absence. Ce résultat n'est, par définition, pas observable. Pour estimer l'effet de Nano 2017, il était donc nécessaire de construire un scénario contrefactuel, c'est-à-dire un scénario plausible rendant compte de ce qui serait arrivé aux entreprises bénéficiaires si ces dernières n'avaient pas reçu de financement dans le cadre de Nano 2017. Cette construction nécessite de constituer un échantillon témoin (ou groupe de contrôle) composé d'entreprises les plus similaires possibles à celles qui ont bénéficié des financements Nano 2017.

La réalisation de cette analyse implique l'application de techniques économétriques dont il est important de définir une méthodologie précise en amont de leur mise en œuvre afin d'en garantir la robustesse et la pertinence. Elle repose notamment sur des tests paramétriques et des **différences de différences** qui permettront d'isoler les effets des financements accordés dans le cadre du programme Nano 2017 sur les performances économiques des bénéficiaires.

7.2.1 Trois approches successives ont permis de mesurer l'efficacité du programme

Trois approches successives ont été explorées. La première méthode consiste à comparer les **entreprises bénéficiaires directes et indirectes du programme Nano 2017 à d'autres entreprises évoluant dans le même secteur et faisant de la R&D**. Les bénéficiaires indirects du programme sont les entreprises qui, par leurs interactions avec les entreprises ayant effectivement reçu une partie des financements, ont pu bénéficier d'un effet d'entraînement. Il s'agit en particulier d'entreprises appartenant au pôle de compétitivité Minalogic qui ont pu développer des activités en partenariat avec des bénéficiaires directs de Nano 2017 ou dont l'activité, notamment de R&D, a pu être stimulée par la proximité de ces bénéficiaires. La deuxième approche a permis **d'étudier un effet territorial d'entraînement** en comparant les entreprises faisant de la R&D dans les communes où se situent les bénéficiaires de Nano 2017 aux entreprises faisant de la R&D ailleurs en France (en s'assurant d'une proximité dans les secteurs d'activités de ces entreprises). Le troisième axe a permis **de considérer un autre échantillon traité** constitué de toutes les entreprises de l'électronique faisant de la R&D en Auvergne-Rhône-Alpes et de comparer l'évolution du secteur de l'électronique en AURA à celle des autres secteurs industriels de la région. D'un point de vue technique, il est nécessaire de travailler sur des échantillons de taille substantielle afin de garantir aux analyses une robustesse suffisante. Dans le cadre de la présente étude, la mise en œuvre des **tests paramétriques** ne pose pas de problème méthodologique dans la mesure où les échantillons considérés sont suffisamment importants pour fournir un pouvoir statistique convenable.

Les méthodes mises en œuvre permettent de comparer les performances (en termes de chiffre d'affaires, effectif, etc...) d'un ensemble d'entreprises ayant bénéficié directement ou indirectement des financements Nano2017 à un ensemble d'entreprise n'en ayant pas bénéficié. Les échantillons comparés sont, d'une part, les bénéficiaires du programme Nano2017 (**échantillon traité**), et, d'autre part, un **échantillon témoin** dont la construction dépend des objectifs d'analyse poursuivis.

En raison de la nature des bases de données disponibles, les analyses ont été menées au niveau **entreprise** et non établissement.

La population traitée à proprement parler (c'est-à-dire les entreprises bénéficiaires des financements Nano2017 et d'aides européennes connexes au programme Nano 2017) est constituée de **65 entreprises** uniques. Cependant, en raison de la taille de **ST Microelectronics**, son inclusion à l'analyse aurait biaisé les résultats. Il a donc été décidé d'**exclure** cette entreprise de la procédure de double différence et de procéder à une **analyse descriptive comparative** à des concurrents européens de dimensions comparables tels que NXP Semiconductors ou Infineon Technologies (voir section 4.1).

Le nombre de 64 entreprises bénéficiaires ne représente pas la taille de l'échantillon traité dans la mesure où celle-ci **dépend de la disponibilité des données** dans les bases utilisées. Une première observation de ces bases a permis de se rendre compte que la taille de l'échantillon était réduite d'un quart par des **disparitions d'observations** au cours du temps et l'absence de certaines données pour les laboratoires. En tout état de cause, cette taille d'échantillon était insuffisante pour mener des analyses fiables en différence de différences. Par conséquent, il a semblé pertinent d'élargir l'échantillon traité en considérant des périmètres divers qui ont servi l'analyse de manière différente.

7.2.2 Mise en œuvre des analyses

Dans le cadre de ce volet de l'évaluation, il s'est agi de comparer un groupe de bénéficiaires à un groupe d'entreprises témoins présentant des caractéristiques similaires. Cependant, dans ce type d'analyses, il ne suffit pas d'observer les différences de performances entre le groupe traité et le groupe témoin dans la mesure où il existe probablement des différences non observées entre les deux groupes, qui pourraient permettre d'observer des écarts de résultats même en l'absence d'aide.

D'autre part, il ne suffit pas non plus de comparer les résultats avant et après l'attribution des aides aux bénéficiaires dans la mesure où cela ne permet pas d'isoler les effets produits par l'aide de ceux d'autres facteurs susceptibles d'influer sur les résultats des deux groupes.

La **différence de différences** permet de conjuguer ces deux approches afin de mettre en évidence l'effet causal du programme Nano 2017. La méthode vise à comparer l'écart de performance entre les bénéficiaires et les témoins avant et après l'octroi des aides. Les évolutions observées peuvent alors être considérées comme le fait des financements accordés dans le cadre du programme.

Dans un premier temps, il s'est agi de construire un modèle permettant de calculer un **score de propension**, c'est-à-dire de calculer la probabilité d'être bénéficiaire ou non du programme Nano 2017 à partir de l'échantillon traité et de l'échantillon témoin (cf infra pour le détail des variables utilisées dans ce cadre). Le modèle optimal de régression logistique ainsi créé a été sélectionné par itérations stepwise descendantes. La qualité des modèles a été maximisée dans un processus d'itérations successives visant à optimiser le critère AIC par rapport au modèle complet.

Ensuite, le score de propension de chacune des observations (traitées et témoins) a été calculé à partir du modèle retenu afin de permettre de sélectionner les observations retenues pour l'analyse finale par recours à la méthode du **support commun**.

Le support commun du score de propension permet de s'assurer qu'il est possible, pour chaque individu du groupe traité, de trouver au moins un participant du groupe témoin ayant les mêmes



caractéristiques (score de propension) initiales. Cette vérification s'est faite par analyse graphique puis a été affinée par la méthode du minimum-maximum. Il s'est alors agi de conserver l'ensemble des entreprises traitées et non traitées, à l'exception de celles pour lesquelles il n'existait pas de contrefactuel, c'est-à-dire celles dont le score de propension était inférieur au minimum ou supérieur au maximum du score des individus de l'autre groupe.

Les observations retenues ont ensuite été appariées. Une entreprise du groupe traité a été appariée avec une entreprise du groupe témoin sur la base du plus proche score de propension. Plus précisément, en raison de la faible volumétrie des échantillons, l'appariement a été réalisé en « 1-to-n » plutôt qu'en « 1-to-1 ». **Ainsi, chaque entreprise du groupe traité a été appariée à un ensemble d'entreprises du groupe témoin³².**

Pour les deux premiers échantillons considérés, un appariement exact a été opéré sur le code NAF au niveau 21 sections. En d'autres termes, les entreprises appariées entre elles présentent non seulement des caractéristiques semblables (cf infra pour le détail de ces caractéristiques dans chacun des trois cas considérés) mais aussi, elles agissent dans le même secteur d'activité.

La qualité de l'appariement a été évaluée en testant la diminution des différences de moyennes et de distribution entre groupe traité et groupe témoin, par rapport aux tests réalisés avant le début de la mise en place du processus de double différence (voir en Annexe 6 : Qualité des appariements).

Dans les cas où la robustesse de l'appariement a été jugée insuffisante, de nouveaux appariements ont été réalisés en appliquant la méthode du **caliper itérative**. Il s'agit de réaliser l'appariement, toujours sur la base du plus proche score de propension, mais sous réserve d'une certaine distance maximale qu'on appelle le caliper. **Cette distance maximale a été ajustée à chaque itération jusqu'à obtenir un appariement robuste.**

Une fois la qualité d'appariement avérée, les individus non appariés ont été exclus de la base de données.

Enfin, les effets du programme Nano 2017 sur les variables de performances ont été mis en évidence par **double différence**. L'effet moyen du programme Nano 2017 sur la performance des entreprises traitées a été mis en évidence par un intervalle de confiance de niveau 90 % de la différence entre $(X_t - X_{t0})$ et $(Y_t - Y_{t0})$ où :

- X_t est la performance moyenne des entreprises bénéficiaires après la mise en place du programme Nano 2017
- X_{t0} est la performance moyenne des entreprises bénéficiaires avant la mise en place du programme Nano 2017
- Y_t est la performance moyenne des entreprises témoins après la mise en place du programme Nano 2017

³² Cf infra pour une description des différents échantillons traités et témoins.

- Y_{t_0} est la performance moyenne des entreprises témoins avant la mise en place du programme Nano 2017.

7.2.2.1 Période d'étude

L'analyse prétraitement des trajectoires des groupes traités et témoins a été réalisée **sur les années 2010 et 2011** (cf infra pour une description des résultats de ces analyses, pour chacun des trois scénarios considérés).

L'analyse de performance initiale a été évaluée pour 2012, un an avant le lancement du programme, permettant ainsi d'évaluer les performances de l'échantillon traité et de l'échantillon témoin au moment de l'étude des dossiers.

Les données disponibles le sont de manière continue dans le temps. Cependant, les bases de données fournies dans le cadre du secret statistique sont dépendantes des publications des organismes producteurs, et notamment de l'INSEE. La plupart des bases sont ainsi disponibles jusqu'à 2017, à l'exception de celle indiquant le nombre de brevets déposés annuellement par les entreprises qui s'arrête en 2015.

Une prolongation des tendances n'était pas envisageable dans la mesure où les extrapolations auraient été impossibles à définir de manière rigoureuse. **L'analyse de performance post-traitement a donc été réalisée sur la dernière année disponible** au sein des bases centralisées et mises à disposition par le CASD, en fonction de la variable considérée.

7.2.2.2 Variables considérées

Les variables utilisées pour **la constitution du modèle de calcul du score de propension** sont :

- Données démographiques : catégorie d'entreprise (TPE, PME, ETI...), catégorie juridique, secteur d'activité (code NAF), appartenance à un pôle de compétitivité, département.
- Données comptables : CA, VA, Export, montant du CIR, montant des dépenses de R&D (estimées par la somme des salaires bruts des emplois d'ingénieurs et de techniciens).
- Données RH : Effectif, répartition des emplois par CSP.
- Insertion d'interactions d'ordre 2 entre emplois et VA, intégrant ainsi la **productivité** du travail à l'analyse.

Les premières conséquences visibles du programme Nano 2017 sont en lien avec l'activité de R&D des bénéficiaires. C'est pour cette raison que **les dépenses de recherche et développement déclarées au titre du crédit d'impôts recherche (CIR)**, les **effectifs de R&D** (mesurés par le nombre d'emplois des professions et catégories socio-professionnelles de classe 38, ingénieurs et cadres techniques

d'entreprises, et 47, techniciens)³³ et **les salaires versés à des employés de R&D** ont été étudiés en tant que variables de mesure de la performance du programme.

Recours à une « différence de différences » pour évaluer les effets du programme

Les autres variables d'intérêt sont le **chiffre d'affaires**, les **effectifs totaux**, la **valeur ajoutée** et le **montant des exportations**. Ces variables sont les plus usuelles dans ce type d'analyses mais les effets du programme sur celles-ci peuvent intervenir en fin de financements

(2017) et dans les années suivantes, pour lesquelles les données ne sont pas encore disponibles ou observables.

Afin d'éviter la déformation des distributions par des points aberrants, ce sont les logarithmes des variables qui ont été utilisés dans la définition du modèle de construction du score de propension et dans l'analyse en double différence. Ainsi, les conséquences du programme sur les différentes variables de performances sont exprimées en pourcentage d'évolution par rapport à l'année 2012 et non en valeur.

7.2.2.3 Limites de l'analyse et précautions

Comme pour tous travaux impliquant des méthodes économétriques, il convient de prendre certaines précautions dans l'interprétation des résultats de ces analyses.

Dans la mesure où les données disponibles ne le sont que sur une période assez restreinte, il convient de considérer les résultats des travaux réalisés avec prudence. Notamment, les effets de programmes de soutien à la recherche développement sont parfois assez long à être ressentis dans les performances économiques des entreprises. L'horizon 2017 est peut-être ainsi un peu précoce pour analyser les impacts du programme lancé en 2012.

Par ailleurs la taille de l'échantillon considéré est assez réduite. Les pertes d'informations liées au cylindrage des données ont par exemple réduit le nombre d'observations. Cela a pour conséquence que les résultats des travaux économétriques peuvent ne pas toujours être suffisamment précis.

Enfin, en ce qui concerne les variables considérées, il est probable que certains indicateurs ne mesurent qu'imparfaitement les phénomènes considérés. C'est le cas par exemple des dépenses de R&D qui ont été mesurées par le montant consacré à la R&D déclaré au titre du crédit d'impôt recherche. Cet indicateur peut sous-évaluer les dépenses de R&D engagées par les entreprises du secteur dans la mesure où certaines d'entre elles font de la R&D mais ne demandent pas à bénéficier du CIR.

³³ Le nombre de brevets déposés a également été étudié. Cependant, d'une part, cet indicateur n'est disponible que jusqu'en 2015 et, d'autre part, il s'agit d'une variable très fluctuante sur laquelle il est difficile de d'obtenir des interprétations robustes. Il a donc été décidé de ne pas exploiter ces analyses. Elles sont cependant présentées en annexe.

7.3 Les bénéficiaires directs et indirects de Nano 2017 ont augmenté deux fois plus leurs dépenses de R&D entre 2012 et 2017 que les entreprises auxquelles elles ont été comparées

7.3.1 Qui sont les bénéficiaires directs et indirects de Nano 2017 ?

Pour mesurer l'impact du programme de financement Nano2017 sur les performances de ses bénéficiaires directs et indirects, celles-ci ont été confrontées à celles d'entreprises comparables, c'est-à-dire œuvrant dans les mêmes secteurs et faisant également de la R&D. Plus précisément, l'observation des codes NAF des bénéficiaires directs, c'est-à-dire des entreprises ayant reçu des financements dans le cadre du programme Nano 2017, a permis de déterminer quels sont les secteurs ayant bénéficié directement de ces aides. Leurs codes NAF sont :

- 26 : Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques.
- 6202A : Conseil en systèmes et logiciels informatiques.
- 7112B : Ingénierie, études techniques.
- 7219Z : Recherche-développement en autres sciences physiques et naturelles.

Cette première étude consiste donc à se restreindre aux entreprises de ces secteurs (sur la base des codes NAF énumérés ci-dessus) ayant une activité de R&D. Le traitement est alors défini comme faire partie des bénéficiaires du programme, des projets connexes ou du pôle de compétitivité Minalogic.

Cette approche permet ainsi de **comparer des bénéficiaires directs et indirects du programme à des entreprises des mêmes secteurs faisant également de la R&D**. Il s'agit de mesurer l'impact du programme en comparaison d'entreprises de la même filière.

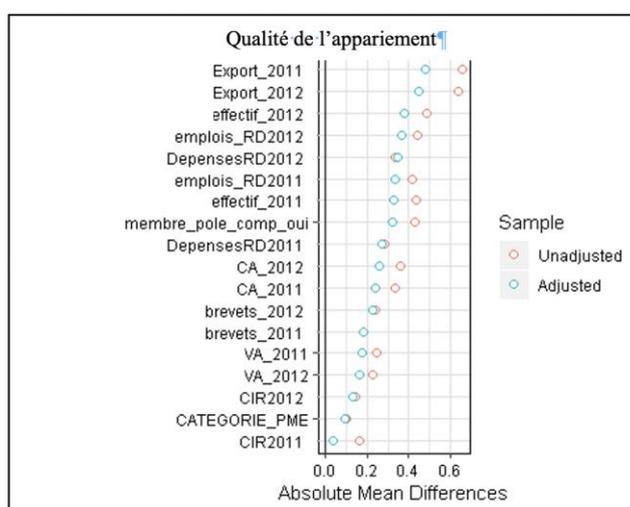
L'échantillon traité est composé de 252 entreprises bénéficiaires directes et indirectes du programme Nano2017 employant en moyenne 150 personnes et réalisant un chiffre d'affaires moyen de 45 millions d'euros. Les bénéficiaires directs sont les entreprises qui ont reçu un **financement dans le cadre de Nano 2017**.

Les bénéficiaires indirects sont, soit des entreprises qui ont **bénéficié de financements dans le cadre de programmes connexes à Nano2017**, soit des entreprises qui ont pu bénéficier d'un effet d'entraînement lié au programme. Ces entreprises ont ainsi pu bénéficier indirectement des financements reçus par d'autres au travers de collaborations au sein de Minalogic (qui auraient pu ne pas voir le jour sans ces financements) ou des investissements réalisés dans le cadre du programme Nano 2017 par des laboratoires qui auraient mis leurs nouveaux équipements, compétences et savoir-faire à leur disposition. Elles ont aussi pu collaborer avec Nanoelec qui conduit un programme de diffusion technologique destiné en particulier aux PME et aux ETI du secteur ou encore développer des projets du FUI avec des entreprises impliquées dans le programme Nano 2017. Ce sont donc toutes des entreprises qui font de la R&D (au sens où elles disposent d'au moins un emploi dans les professions et catégories socio-professionnelles de classe 38, ingénieurs et cadres techniques d'entreprises, et 47, techniciens).

L'échantillon témoin apparié comprend 574 entreprises (parmi plus de 9000) qui font de la R&D, emploient 135 personnes en moyenne et réalisent un chiffre d'affaires moyen de 51 millions d'euros. **Il est constitué d'entreprises sélectionnées à partir de codes NAF au niveau 88 divisions** pour l'industrie et les services en général et à partir des codes NAF au niveau le plus fin (732 sous-classes) pour les entreprises **du secteur électronique**.

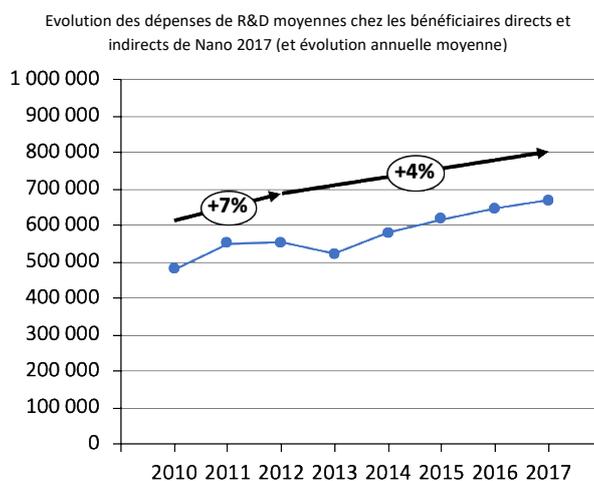
Dans le cadre de cette analyse, **aucune restriction géographique** n'a été imposée. Ce sont donc des entreprises qui peuvent se situer n'importe où en France.

L'appariement sur le score de propension a été réalisé en imposant une condition stricte sur le secteur d'activité. La qualité de cet appariement est d'un niveau moyen puisque les différences de moyennes ou de proportions ont été réduites pour l'ensemble des variables et ne dépassent pas 0,5 (un objectif de 0,25 ou moins étant visé).



Note de lecture : L'écart entre le logarithme de la moyenne du chiffre d'affaires réalisé à l'export en 2011 des entreprises bénéficiaires et celui des entreprises témoins est de plus de 0,6 avant l'ajustement et de 0,5 après.

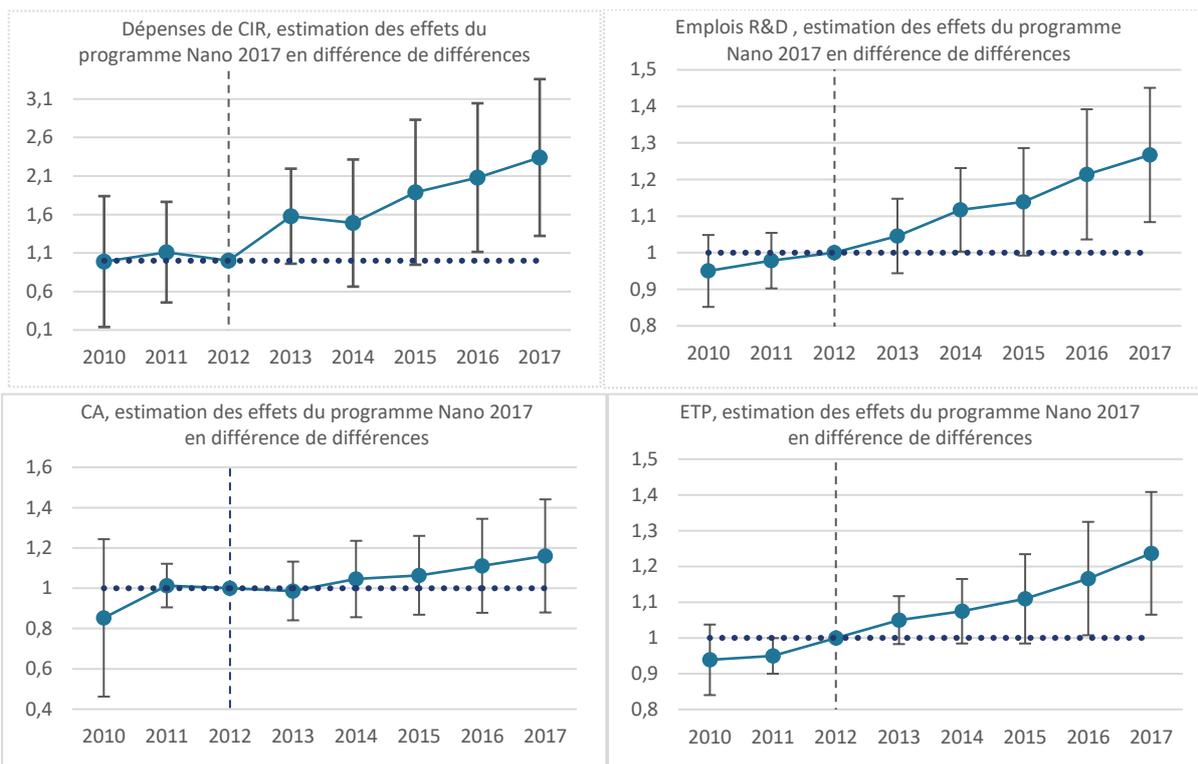
Nano 2017 : un stimulant pour la R&D des bénéficiaires directs et indirects avec une augmentation annuelle moyenne de 4% par an des dépenses de R&D entre 2012 et 2017



Note de lecture : La dépense de R&D moyenne des bénéficiaires de Nano 2017 était d'un peu moins de 500 000 euros en 2010. Cette dépense a augmenté de 7% par an en moyenne de 2010 à 2012.

Les **dépenses de recherche et développement déclarées au titre du crédit d'impôts recherche (CIR)** par l'échantillon étudié **ont progressé en moyenne de 4 % par an entre 2012 et 2017** alors qu'elles diminuaient de 6 % en 2013 par rapport à 2012, passant, au sein de l'échantillon traité, de 139,5 millions d'euros à 131,7 millions d'euros. L'analyse en double différences montre une forte hausse dès 2013 mais l'effet n'est pas statistiquement significatif. Cependant, le faible nombre d'entreprises dans l'échantillon peut expliquer cette non-significativité. Cette tendance s'est notamment confirmée en 2016 et 2017 puisque l'analyse en double différences montre que **la progression de ces dépenses par rapport à 2012 est deux fois plus importante que celle de l'échantillon témoin après 5 ans** (résultat significativement différent de 0 pour un test de niveau 10 % en 2016 et pour un test de niveau 5 % en 2017)³⁴.

³⁴ Ces résultats sont robustes dans le sens où il existe une réelle tendance d'évolution commune entre les deux échantillons avant 2012.



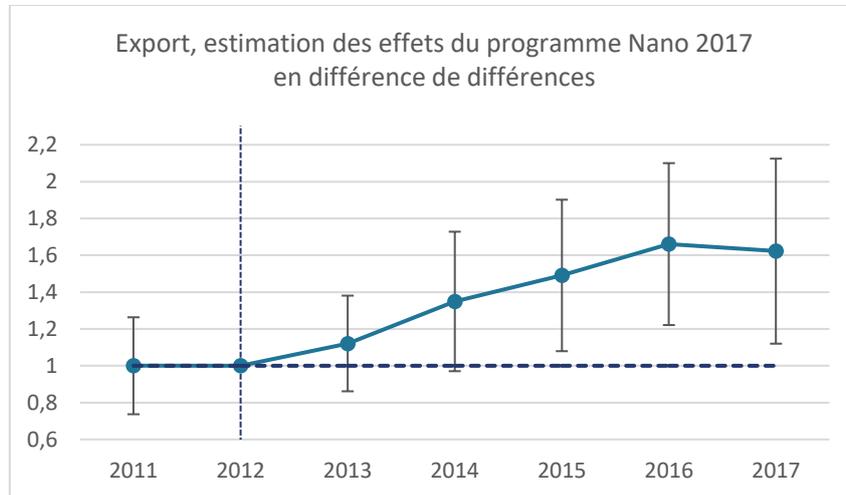
Note de lecture : En 2013, l'évolution par rapport à 2012 des dépenses de R&D déclarées au titre du CIR moyennes des entreprises de l'échantillon traité était environ 1,5 fois supérieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,98 et 2,2 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes d'entreprises.

Cette tendance est confirmée par l'étude du **nombre des emplois de R&D** dont l'évolution est significativement différente entre les bénéficiaires de Nano2017 au sens large et l'échantillon témoin. En 2016 et 2017, la progression par rapport à l'année de lancement du programme du **nombre d'équivalent temps plein sur des postes de recherche développement est respectivement supérieure de 17 et 24 % pour les bénéficiaires** de Nano 2017 (résultat significatif pour un test de niveau 10 %) ³⁵. Cette augmentation significative du nombre d'emplois de R&D s'accompagne naturellement d'une hausse de la somme des salaires bruts de R&D qui n'est cependant pas significativement différente de celle constatée sur l'échantillon témoin.

Malgré ces efforts de recherche développement, le **chiffre d'affaires** réalisé par les bénéficiaires directs et indirects des financements Nano 2017 de l'échantillon étudié a **diminué de 4 %** entre 2012 et 2017 passant de 44,3 milliards d'euros à 42,6 milliards d'euros, au sein de l'échantillon étudié. Il n'y a pas d'effet du programme indiquant une différence significative entre l'évolution du CA des bénéficiaires de Nano 2017 et celle du CA de l'échantillon témoin, même s'il semblerait que cette diminution ait été plus importante pour le contrefactuel.

³⁵ Ces résultats sont davantage à relativiser dans la mesure où la tendance commune prétraitement est moins nette.

En revanche, les exportations des bénéficiaires directs et indirects ont progressé, passant de 23,1 à 25,5 milliards d'euros de 2012 à 2017. De plus, **l'accroissement des exportations des bénéficiaires directs et indirects est supérieur de 49 % à 3 ans et de 66 % à 4 ans** (significatif pour un test de niveau 5 % avec une absence de tendance prétraitement pour les effets qui assure la robustesse de l'analyse) comparativement à celle des témoins.



Note de lecture : En 2013, l'évolution par rapport à 2012 du chiffre d'affaires à l'export moyen des entreprises de l'échantillon traité était environ 1,1 fois supérieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,85 et 1,38 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes d'entreprises.

L'évolution des effectifs et de la valeur ajoutée des bénéficiaires n'est pas significativement différente de celle de l'échantillon témoin, même si les tendances ne sont pas les mêmes : les effectifs et la valeur ajoutée de l'échantillon témoin ont progressé respectivement de 14 % et 16 % entre 2012 et 2016 alors que les effectifs des bénéficiaires sont restés stables et que la valeur ajoutée a augmenté de 5 % par an en moyenne sur la période, traduisant ainsi une augmentation de la productivité.

Le programme Nano2017 semble ainsi avoir servi de **stimulant à l'activité de recherche et développement** de ses bénéficiaires, des bénéficiaires des projets connexes et aux membres de Minalogic. Cependant l'étude intervenant de manière précoce par rapport à la disponibilité des données à la suite de la fin du programme, il est probable qu'une éventuelle baisse des dépenses de R&D ait eu lieu en 2018 ou 2019.

En ce qui concerne les incidences du programme sur les performances économiques des bénéficiaires, il faut considérer que les effets sur le chiffre d'affaires des programmes de soutien à la recherche sont souvent décalés dans le temps. Il est donc logique que **l'évolution du CA des bénéficiaires de Nano 2017 ne soit pas significativement différente de celle de l'échantillon témoin**. Quant à l'augmentation du chiffre d'affaires réalisée à l'export, elle est probablement davantage en lien avec une réorientation stratégique des entreprises du secteur (cf supra) qu'avec les financements Nano 2017.

Ainsi, il faudra sans doute attendre encore quelques années pour constater les effets des financements Nano 2017 sur le chiffre d'affaires total grâce à une progression continue des exportations ou à l'intégration des technologies développées dans le cadre de Nano2017 dans des filières de production localisées en France.

Conclusion :

- *Le programme Nano 2017 a contribué à soutenir l'activité globale de recherche développement au sein de ses bénéficiaires directs et indirects sur le long terme (+4 % par an de dépenses moyennes de R&D entre 2012 et 2017).*
- *Il n'existe pas d'effet de levier sur le chiffre d'affaires global mais les exportations des bénéficiaires ont été soutenues (+10 % entre 2012 et 2017), entre autres, par une réorientation stratégique des entreprises du secteur.*

7.4 Le nombre d'emplois de R&D a progressé plus rapidement au sein du cluster Crolles-Grenoble qu'ailleurs en France entre 2012 et 2017

Cette deuxième approche a pour but de mesurer **un effet d'entraînement des financements accordés aux bénéficiaires de Nano 2017 sur le cluster Crolles-Grenoble**. Il s'agit donc de comparer 1/ les entreprises bénéficiaires directes de Nano2017 et celles situées à proximité à 2/ des entreprises œuvrant dans les mêmes secteurs d'activité situées dans d'autres zones géographiques.

7.4.1 Qui sont les entreprises du cluster Crolles-Grenoble ?

Cette analyse consiste à se restreindre aux entreprises ayant une activité de R&D. Après avoir identifié les communes iséroises³⁶ où se trouvent des bénéficiaires du programme Nano 2017, l'échantillon traité est défini comme **l'ensemble des entreprises ayant au moins un établissement dans ces communes avec au moins un emploi de R&D**. Les emplois de R&D sont ici aussi entendus au sens de la « Nomenclatures des professions et catégories socioprofessionnelles des emplois salariés des employeurs privés et publics » comme des emplois d'« Ingénieurs et cadres techniques d'entreprises » (classe 38) ou de « techniciens (sauf techniciens tertiaires) » (classe 47). L'échantillon traité, constitué de 509 entreprises, comprend donc :

³⁶ Bernin, Crolles, Echirolles, Fontaine, Grenoble, La Tronche, Meylan, Moirans, Montbonnot-Saint-Martin, Saint-Martin-d'Hères, Sassenage, Veurey-Voroize, Voiron.

- les **bénéficiaires directs** du programme de financement Nano2017 localisés en Isère,
- les **entreprises ayant un établissement comprenant au moins un emploi de R&D dans une des villes iséroises** où se trouve un des bénéficiaires directs.

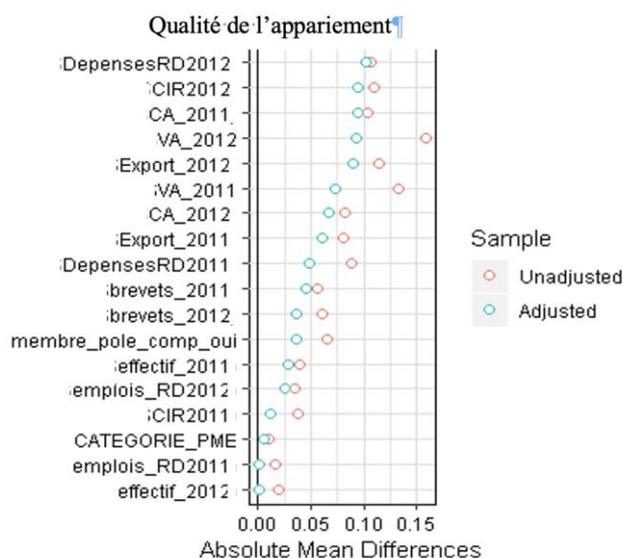
Ces entreprises emploient en moyenne 29 personnes et réalisent un chiffre d'affaires moyen de 54 millions d'euros. Elles ont été appariées à 1 184 entreprises (sélectionnées parmi près de 9 000) dont les effectifs comprennent **au moins un emploi de R&D dans d'autres villes que celles identifiées dans le cluster Crolles-Grenoble**. Ces dernières emploient en moyenne 39 personnes et réalisent un chiffre d'affaires moyen de 65 millions d'euros.

Pour s'assurer que ces entreprises sont réellement comparables à celles de l'échantillon traité, une condition de **correspondance stricte entre les codes NAF** a été appliquée lors de l'appariement, réduisant ainsi raisonnablement le nombre de témoins considérés.

Cette deuxième approche permet de mesurer un effet territorial d'entraînement. Pour cette raison, les entreprises ayant reçu des financements dans le cadre de Nano2017 qui ne sont pas localisées en Isère sont exclues de l'analyse à la fois en tant que traité et en tant que contrefactuel.

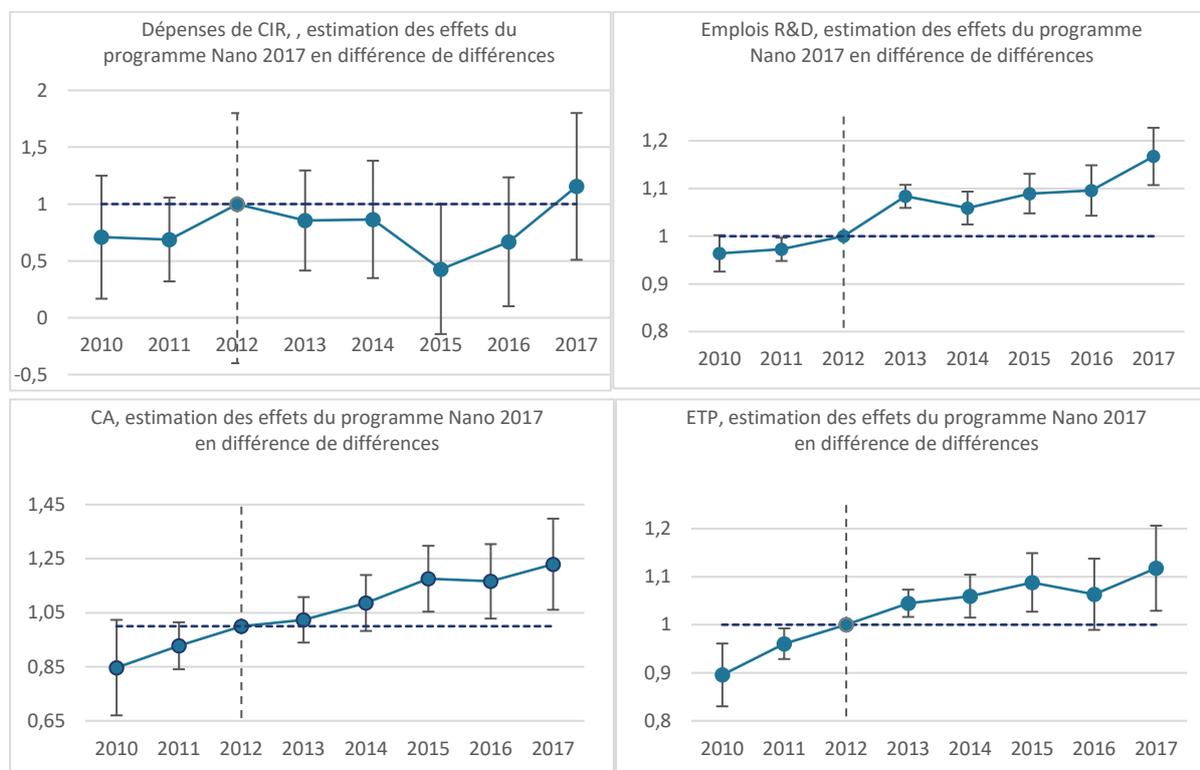
La qualité de l'appariement est d'un très bon niveau puisque les différences de moyennes ou de proportions ont été réduites pour l'ensemble des variables et ne dépassent pas 0,1.

Malgré cela, il est nécessaire de relativiser les résultats décrits ci-dessous dans la mesure où l'échantillon traité a été comparé à des entreprises sélectionnées sur l'ensemble du territoire français. A ce titre, les entreprises composant ce contrefactuel n'appartiennent pas nécessairement à un territoire dont la structure de l'écosystème est proche de celle de l'Isère, en termes de tension sur le marché de l'emploi ou d'intensité de R&D global, par exemple. Ainsi ces entreprises ne se trouvent donc pas face aux mêmes problématiques, ne doivent pas relever les mêmes défis, ce qui a un impact sur leurs développements et leurs stratégies respectifs, notamment en termes de CA, de R&D et d'emplois.



Note de lecture : L'écart entre le logarithme de la moyenne des dépenses de R&D réalisées en 2012 par les entreprises bénéficiaires et celui des entreprises témoins est de plus de 0,1 avant l'ajustement et d'environ 0,1 après.

7.4.2 Des effets immédiats sur les emplois de recherche développement et une augmentation du chiffre d'affaires supérieure à partir de 2015 par rapport à 2012 dans le Cluster Crolles Grenoble



Note de lecture : En 2013, l'évolution par rapport à 2012 des dépenses de R&D moyennes des entreprises de l'échantillon traité était environ 0,9 fois inférieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,4 et 1,3 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes.

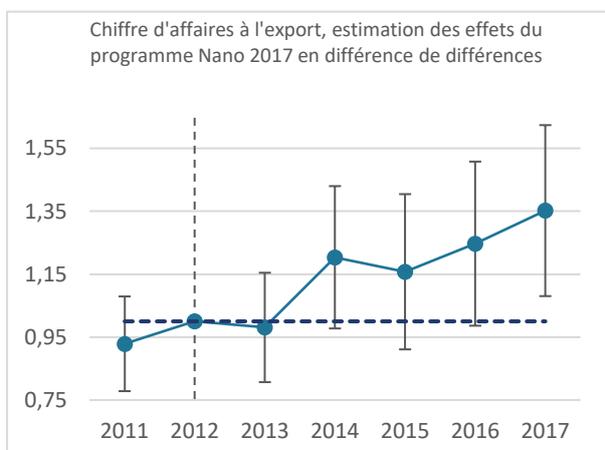
Lorsqu'on considère l'ensemble des emplois, toutes catégories socio-professionnelles confondues, on ne peut pas conclure à une différence significative entre l'évolution du nombre d'emplois au sein de l'échantillon traité et celle du nombre d'emplois au sein du contrefactuel dans la mesure où il existe une tendance dans les effets prétraitement qui est significative. La même difficulté d'interprétation se rencontre lorsqu'on s'intéresse uniquement aux emplois de R&D. Cependant, la différence prétraitement est peu significative et on constate un effet post-traitement important, en particulier à 5 ans où **l'augmentation du nombre d'équivalents temps plein d'ingénieurs et de techniciens** dans le cluster isérois de la nanoélectronique est 1,17 fois supérieure par rapport à l'échantillon témoin (la tendance prétraitement est plus faible et reste acceptable dans la mesure où les effets du programme semblent important pour cet indicateur).

D'autre part, **en 2013, l'augmentation de la somme des salaires bruts pour des emplois de recherche-développement a été significativement plus importante parmi les entreprises du cluster de Crolles-Grenoble (Voir**

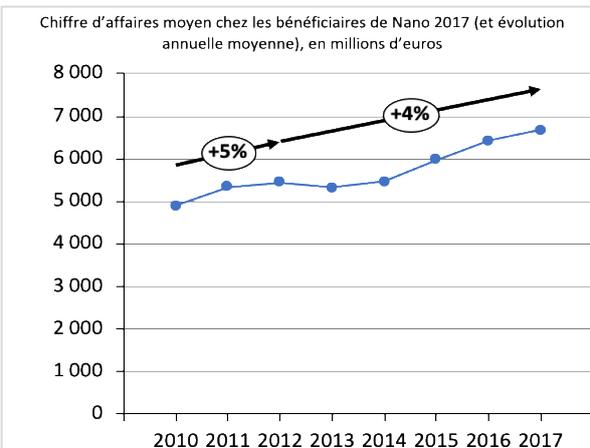
Annexe 7 : Résultats des analyses en double différences : +39 points, pour un test de niveau 5 %, avec une évolution commune des deux échantillons en 2010 et 2011 qui est satisfaisante). Cette augmentation est quasi significative en 2017 et atteint 50 points³⁷.

Par ailleurs, les dépenses de R&D réalisées par les entreprises du cluster Crolles-Grenoble faisant partie de l'échantillon sont passées de 60 millions d'euros en 2010 à 72 millions d'euros en 2017 ; ce qui représente **une augmentation de 20 % sur la période**. Cette évolution n'est pas significativement différente de celle de l'échantillon témoin³⁸.

On constate également **une augmentation plus rapide du chiffre d'affaires** des entreprises du cluster par rapport au groupe témoin dès 2015, soutenue en fin de période par une progression plus rapide du chiffre d'affaires à l'export en 2017. Plus précisément, **le chiffre d'affaires moyen des entreprises de l'échantillon Crolles-Grenoble a augmenté par rapport à 2012 de 18 % de plus en 2015, 17% de plus en 2016 et 23 % de plus en 2017 que l'échantillon témoin**. Cependant, il existe une différence prétraitement qui impose de relativiser ce résultat qui reste difficile à interpréter. Ceci étant dit, l'augmentation plus marquée en 2017 du CA peut être vue comme la conséquence d'une différence significative (pour un test de niveau 5 %) en termes d'évolution du chiffre d'affaires à l'export qui a augmenté par rapport à 2012 de 35 % de plus que celui de l'échantillon témoin sur la même période. Ces deux analyses montrent que les entreprises du cluster sont plus dynamiques que les autres mais il est très difficile d'imputer cela au programme Nano 2017 dans la mesure où les analyses en double différence montrent certaines limites en termes de différences prétraitement.



Note de lecture : En 2014, l'évolution par rapport à 2012 du chiffre d'affaires à l'export moyen des entreprises de l'échantillon traité était environ 1,17 fois supérieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,99 et 1,38 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes d'entreprises.



Note de lecture : En 2010, le chiffre d'affaires moyen des entreprises de l'échantillon traité était de 5 milliards d'euros environ. Ce chiffre d'affaires a augmenté de 5 % par an en moyenne entre 2010 et 2012.

³⁷ Avec un échantillon traité plus important, la significativité aurait très probablement été atteinte.

³⁸ De plus, l'analyse de cette tendance est difficilement interprétable dans la mesure où l'évolution commune des deux échantillons avant le programme Nano 2017 n'est pas évidente.



Les dépenses de recherche-développement déclarées au titre du crédit d'impôt recherche ont augmenté de 20 % entre 2010 et 2017 au sein du cluster Crolles-Grenoble. Cette évolution n'est significativement différente de celle de l'échantillon témoin. En effet, elle est très probablement liée à la réforme du CIR de 2008 dans la mesure où les montants de dépenses déclarées à ce titre ont fortement augmenté sur la période pour l'ensemble des entreprises françaises.

En conséquence, la stimulation des dépenses de recherche développement ne peut pas être totalement attribuée à Nano 2017. Cependant, les entreprises du cluster ont bien eu une activité de R&D plus dynamique que les autres qui se retrouve en termes de chiffre d'affaires à l'export.

Conclusion :

- *Le cluster Crolles-Grenoble est très dynamique.*
- *Les emplois de R&D y progressent plus rapidement qu'ailleurs en France : +8 % à un an et +17 % à 5 ans.*
- *Ces efforts de R&D se traduisent également par une plus forte progression du chiffre d'affaires à l'exportation et de la valeur ajoutée.*

7.5 En Auvergne-Rhône-Alpes, les exportations de la filière électronique ont progressé près de 1,5 fois plus vite que celles des autres secteurs entre 2012 et 2016

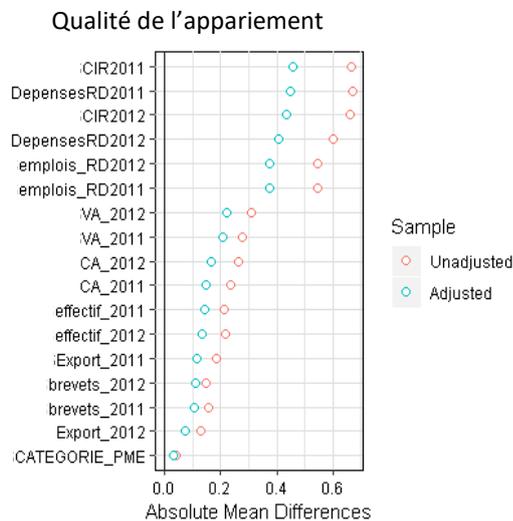
La troisième analyse s'attache à comprendre dans quelle mesure, dans un même contexte régional, le programme a **favorisé l'essor de la filière électronique par rapport à d'autres filières industrielles**. Dans ce cadre, les travaux sont fondés sur les secteurs d'activités des entreprises. Afin d'isoler les effets du programme NANO 2017 sans subir de biais sectoriel, ce ne sont donc pas les logarithmes des variables qui ont été utilisés dans la définition du score de propension, l'appariement et les analyses en différence de différences mais le logarithme de leur **écart à la moyenne sectorielle** nationale sur la base des codes NAF au niveau 88 divisions. L'objectif est de pouvoir libérer les travaux des biais sectoriels nationaux et ainsi d'isoler les évolutions régionales indépendamment des évolutions nationales. Ce sont donc bien les écarts d'évolution des indicateurs mesurés pour les entreprises qui œuvrent en Auvergne-Rhône-Alpes dans l'industrie électronique qui sont analysés comparativement aux entreprises de la région qui agissent dans d'autres secteurs industriels.

7.5.1 L'électronique auvergnate-rhônealpine réalise un chiffre d'affaires moyen de 6 millions d'euros.

Pour construire les deux échantillons, traité et témoin, seules des entreprises ayant **une activité de R&D en Auvergne-Rhône-Alpes** et dont le code NAF est compris dans la classe C (**industrie manufacturière**) ont été considérées.

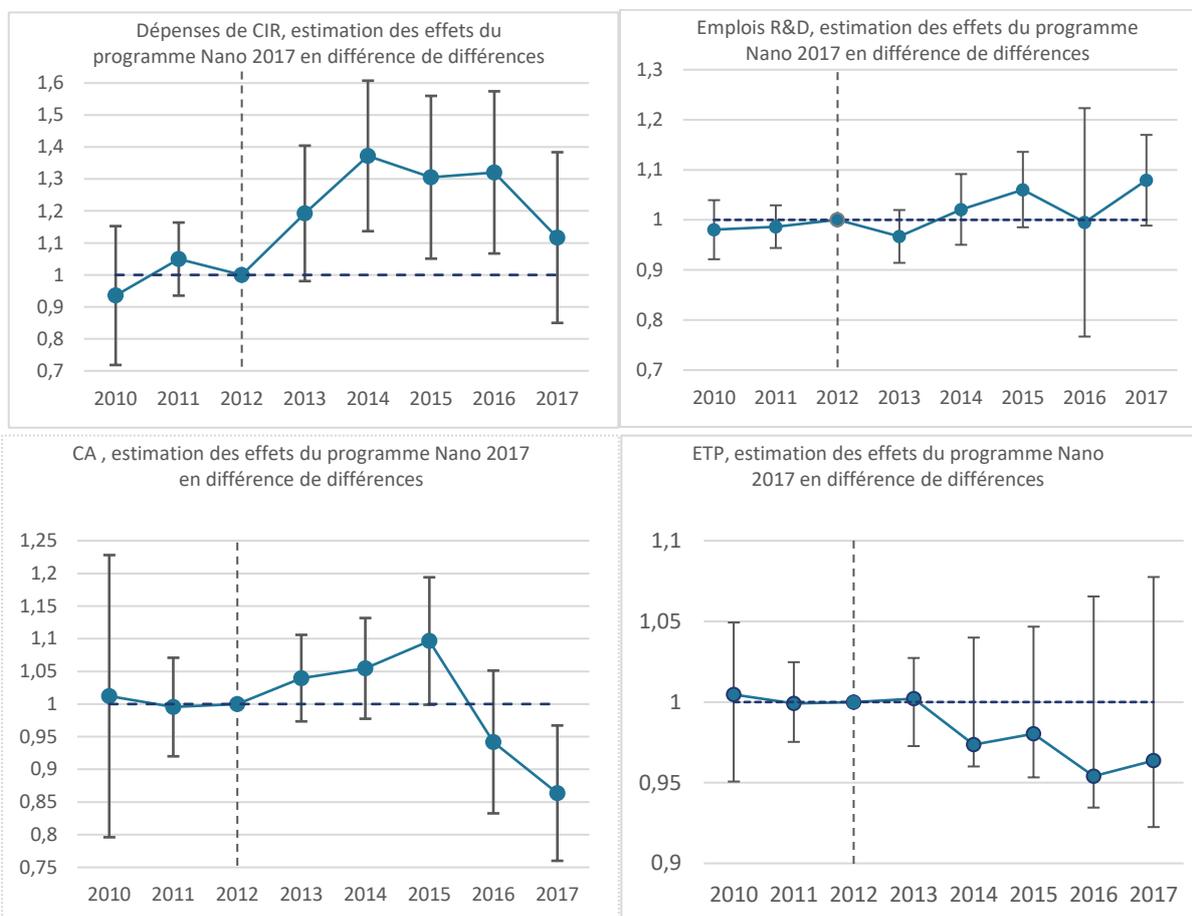
L'échantillon traité est ainsi constitué de 237 entreprises employant en moyenne 30 personnes et réalisant un chiffre d'affaires moyen de 6 millions d'euros. Leur secteur d'activité est **la fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques** (code NAF 26, inclus en classe C au niveau 21 catégories), faisant de la R&D en Auvergne-Rhône-Alpes.

L'échantillon témoin est constitué de plus de 12 000 autres entreprises faisant de la R&D en région Auvergne-Rhône-Alpes dont l'activité principale est l'industrie manufacturière, hors fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques. En d'autres termes, leurs codes NAF sont inclus dans la classe C (classification en 21 catégories) à l'exclusion de la classe 26. **597 d'entre elles ont été appariées à des entreprises de l'échantillon traité.** Elles emploient en moyenne 17 personnes et réalisent un chiffre d'affaires moyen de 4 millions d'euros.



Cette troisième approche permet de mesurer un effet sur la filière électronique en comparaison des autres industries dans la région. Les bénéficiaires du programme qui n'ont pas un code NAF correspondant à la filière électronique ou qui n'ont aucune activité de R&D en Auvergne-Rhône-Alpes sont donc exclus à la fois de l'échantillon traité et du contrefactuel. Les résultats de cette dernière approche sont à considérer avec précautions puisque les ajustements liés à l'appariement ne réduisent pas les écarts prétraitement en dessous de 0,4 pour certaines variables.

7.5.2 Une masse salariale de R&D qui augmente significativement plus dans l'électronique que dans les autres secteurs industriels en région Auvergne-Rhône-Alpes.

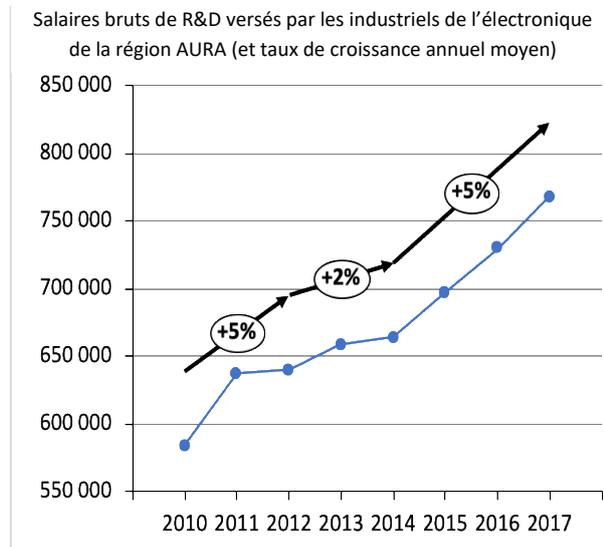


Note de lecture : En 2017, l'évolution par rapport à 2012 des emplois de R&D moyenne des entreprises de l'échantillon traité était environ 1,1 fois supérieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,98 et 1,18 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes d'entreprises.

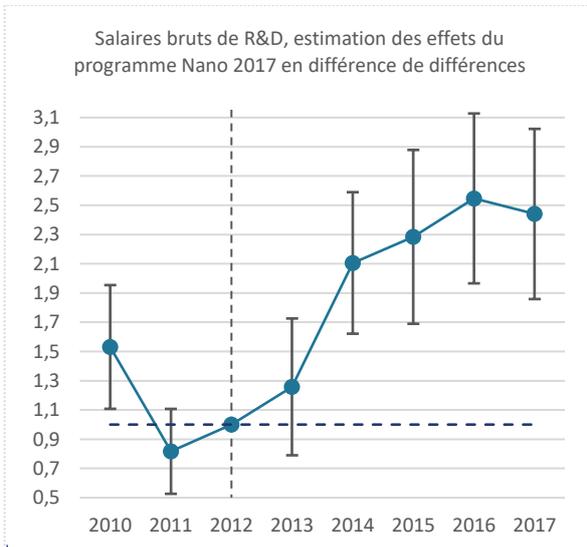
Il n'existe pas de tendance pré-traitement en ce qui concerne l'évolution des dépenses déclarées dans le cadre du crédit d'impôt recherche par les industriels de l'électronique en Auvergne-Rhône-Alpes, d'une part, et par les industriels de la région œuvrant dans d'autres secteurs, d'autres part, au cours des années qui précèdent Nano 2017³⁹. Les résultats des analyses sont donc suffisamment fiables pour constater que le programme Nano a incité les industriels du secteur à réaliser des efforts en termes de dépenses de recherche-développement. En effet, par rapport à 2012, ces entreprises ont déclaré au titre du CIR des dépenses 37% plus importantes en 2014, 30% plus importantes en 2015 et 32% plus

³⁹ On observe un effet négatif non significatif en 2011 et un effet positif significatif en 2010. Dans la mesure où cette évolution n'est pas monotone, on ne considère pas qu'une tendance prétraitement est présente. En revanche, la qualité de l'appariement est remise en cause et incite à prendre les résultats avec précaution sans pour autant les rendre non significatifs.

importantes en 2016 que les autres industriels de la région. Cet effet d'entraînement du programme Nano s'est révélé moins important 5 ans après la mise en place du dispositif car il n'existe pas de différence statistiquement significative entre ces deux groupes d'entreprises en ce qui concerne leurs dépenses déclarées au titre du CIR en 2017.

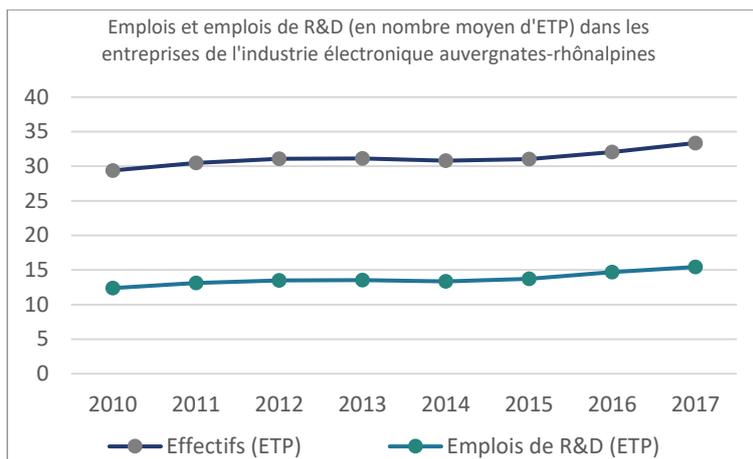


Note de lecture : En 2010, le total des salaires bruts de R&D versés par les entreprises de l'échantillon traité était de 580 000 euros environ. Cette somme a augmenté de 5% par an en moyenne entre 2010 et 2012.



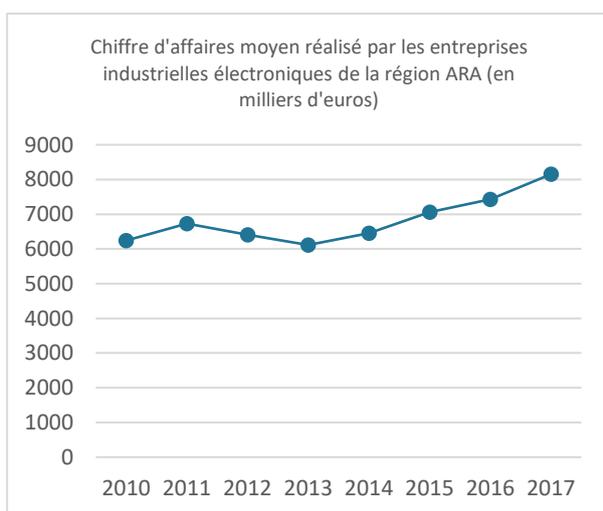
Note de lecture : En 2013, l'évolution par rapport à 2012 des salaires bruts de R&D moyens versés par les entreprises de l'échantillon traité était environ 1,25 fois supérieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,8 et 1,7 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes d'entreprises.

L'effort des industriels de la nanoélectronique grenobloise s'est par ailleurs porté sur les salaires de R&D. En effet, **les salaires bruts versés pour des emplois d'ingénieurs et de techniciens ont augmenté de plus de 20 % entre 2012 et 2017**, avec une accélération à 5 % par an en moyenne de 2014 à 2017. Pour un test de niveau 5 %, il existe une différence significative sur cet indicateur par rapport aux autres industries d'Auvergne-Rhône-Alpes : **l'augmentation des sommes des salaires de R&D versés par les industriels de l'électronique de la région a été plus de deux fois plus importante entre 2014 et 2017 que dans les autres industries régionales**. Cette augmentation plus importante de la masse salariale de R&D est la traduction d'une augmentation du nombre d'emplois de R&D qui n'est cependant pas significativement différente entre les traités et le contrefactuel. En effet, bien que les effectifs moyens (en ETP) et le nombre moyen d'emplois d'ingénieurs et techniciens dans les entreprises industrielles de l'électronique ont augmenté respectivement de 7 % et 14 % en 2017 par rapport à 2012, les évolutions des effectifs totaux et des effectifs de R&D ne sont pas significativement différentes (pour un test de niveau 10 %) de celles des autres industries de la région (ce résultat est robuste dans la mesure où on n'observe pas de tendance prétraitement pour ces deux variables).

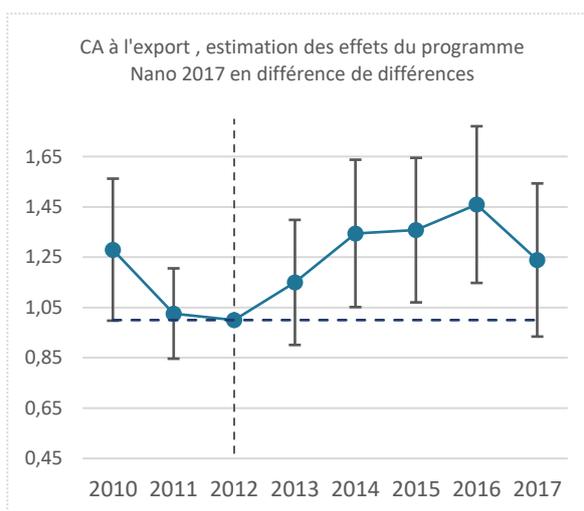


Note de lecture : En 2010, en moyenne, les entreprises de l'échantillon traité comptaient une trentaine d'ETP dont 12 emplois de R&D.

En termes de résultats de l'activité, le chiffre d'affaires moyen des entreprises industrielles de l'électronique auvergnates-rhônealpine a progressé de 27 % entre 2010 et 2017 malgré deux diminutions successives de 5 % en 2012 et 2013. On ne constate **pas de différence significative dans l'évolution du chiffre d'affaires de ces entreprises comparativement aux autres entreprises industrielles de la région entre 2012 et 2016** (on constate cependant une évolution en 2017 par rapport à 2012 inférieure de 14 points par rapport aux autres industries d'Auvergne-Rhône-Alpes). En revanche, les exportations de ce secteur ont davantage progressé que celles des autres secteurs en Auvergne-Rhône-Alpes avec un écart de 35 points en 2014 et 2015 et de 45 points en 2016 (pour des tests de niveau 10% en 2014 et 5% en 2015 et 2016). Ces résultats sont cependant à relativiser dans la mesure où on observe une tendance commune d'évolution des échantillons sur les deux années précédant la mise en œuvre de Nano 2017.



Note de lecture : En 2010 le chiffre d'affaires moyen des entreprises de l'échantillon traité était de 6 millions d'euros.



Note de lecture : En 2013, l'évolution par rapport à 2012 du chiffre d'affaires à l'export moyen des entreprises de l'échantillon traité était environ 1,15 fois supérieure à celle des entreprises de l'échantillon témoin. Cet écart d'évolution est donc compris entre 0,9 et 1,4 avec un niveau de confiance de 90%. Ce résultat n'est ainsi pas statistiquement significatif dans la mesure où l'intervalle de confiance de cette estimation contient la valeur 1 qui correspond à une évolution identique pour les deux groupes d'entreprises.



Le dynamisme de la R&D dans l'électronique en Auvergne-Rhône-Alpes peut être dû à un effet d'entraînement du programme Nano 2017. L'ensemble des entreprises du secteur auraient accentué leurs efforts de recherche-développement en raison des financements obtenus par les bénéficiaires directs. En effet, les analyses montrent que le programme Nano 2017 a eu des conséquences à la fois sur les dépenses de R&D et les salaires consacrés à des emplois de R&D par les industriels de l'électronique de la région comparativement aux autres industries. De plus, l'augmentation de la masse salariale de R&D a été plus rapide que celle des effectifs de R&D. Par conséquent, les salaires de R&D ont eu tendance à augmenter dans l'industrie électronique auvergnate-rhône-alpine, sans doute afin d'attirer des talents et de stimuler les résultats de la recherche-développement.

La progression du chiffre d'affaires, notamment à l'export, dans l'électronique auvergnate-rhône-alpine peut quant à elle s'expliquer davantage par la modification stratégique opérée par les bénéficiaires de Nano 2017 (cf supra) que par les effets du programme Nano 2017.

Conclusion :

- *Le programme Nano 2017 a eu un impact positif sur les efforts de recherche développement de l'ensemble de l'industrie électronique auvergnate-rhône-alpine : la masse salariale de R&D a progressé deux fois plus vite dans l'électronique par rapport aux autres secteurs.*
- *Le chiffre d'affaires moyen à l'export des entreprises du secteur a connu une évolution supérieure à celle des autres industries de la région entre 2014 et 2016.*

8 Annexes

8.1 Annexe 1 : Présentation des bénéficiaires

L'ensemble des 81 organisations bénéficiaires du programme NANO 2017 est constitué de 23 PME, 13 ETI, 12 grandes entreprises et 29 laboratoires de recherche publique. Ces organisations sont réparties sur l'ensemble du territoire français. La majeure partie d'entre elles est située en Isère : 19 entreprises se trouvent dans l'unité urbaine⁴⁰ de Grenoble, 2 se trouvent dans celle de Crolles. Le tableau ci-dessous permet de voir que ces entreprises sont également majoritairement installées à proximité de Grenoble, dans le quart sud-est de la France qui regroupe (hors Isère) 15 des entreprises bénéficiaires.

Table 2 : Répartition géographique des bénéficiaires

Unité urbaine	Département ou Région	Nombre d'entreprises
Grenoble - Crolles	Isère	21
Paris	Paris	18
Marseille - Aix-en-Provence	Bouches-du-Rhône	5
Saint-Etienne	Loire	3
Toulouse	Haute-Garonne	3
Clermont-Ferrand - Annecy - Lyon	Auvergne-Rhône-Alpes (hors Isère)	5
Lavernose-Lacasse - Montpellier - Nîmes	Occitanie	3
Acigné - Bordeaux - Le Mans - Lille - Nice - Toulon	Autres Régions	6
Total		64

Source : DIANE. N.B. : Le total ne fait pas 81 car l'information n'était pas disponible pour 17 bénéficiaires.

Les entreprises bénéficiaires du programme de soutien de la nanoélectronique ont réalisé en 2017 un chiffre d'affaires de plus de 9 milliards d'euros, dont plus de la moitié à l'export. Ce chiffre d'affaires, a décliné de manière importante entre 2010 et 2014 (de 13%, soit une baisse de 3% par an). Depuis 2014, le chiffre d'affaires de l'ensemble des bénéficiaires a connu un net rebond avec une hausse de

⁴⁰ La notion d'unité urbaine repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants.

12 % entre 2014 et 2017. Cette hausse a permis de dépasser à nouveau les 9 milliards d'euros en 2016, sans toutefois retrouver le niveau de 2010. Sur la période, une large moitié du chiffre d'affaires réalisé par l'ensemble des acteurs l'est grâce aux exportations.

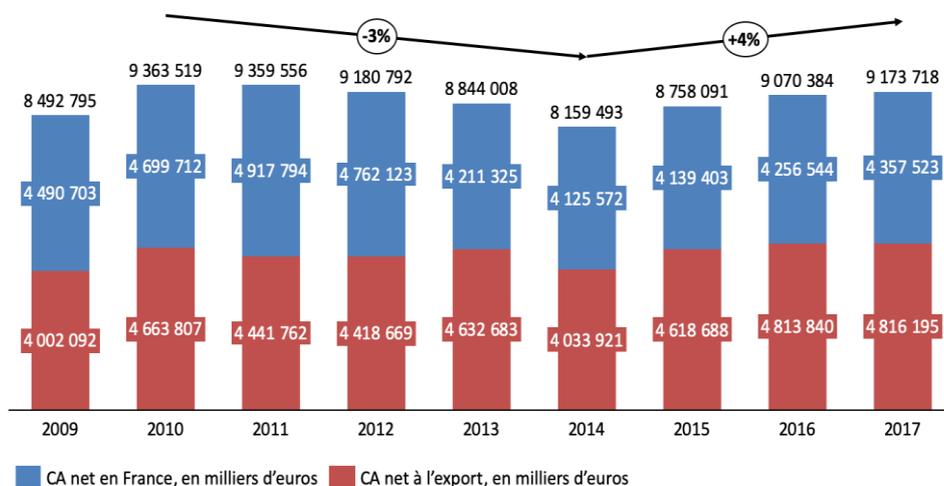


Figure 23 : Chiffre d'affaires des bénéficiaires de NANO 2017 et variations annuelles entre 2009 et 2017

Source : Insee, Fichier approché des résultats d'Esane (FARE), traitement Collaborative People ; données au niveau entreprises. N.B. : en raison du poids trop important représenté par Airbus, ce bénéficiaire a été exclu du périmètre d'analyse.

Les trois quarts du chiffre d'affaires réalisé par les bénéficiaires du programme Nano 2017 sont attribuables aux grandes entreprises. Parmi celles-ci, STMicroelectronics réalisait entre 2009 et 2013 de 45% à 55% du chiffre d'affaires généré par les bénéficiaires. Après 2013, cette part s'est réduite à 35% environ⁴¹.

Les entreprises de taille intermédiaire réalisent environ 23% du chiffre d'affaires généré par les bénéficiaires de Nano 2017. Les petites et microentreprises génèrent les 2% restants. Globalement sur la période, l'évolution des chiffres d'affaires respectivement réalisés par les microentreprises, les PME, les ETI et les grandes entreprises bénéficiaires de Nano 2017 suivent la tendance globale : une diminution entre 2010 et 2014 de 3% par an en moyenne puis un regain d'activité entre 2014 et 2017 avec une croissance de 4% par an en moyenne. Aucune catégorie d'entreprises ne se démarque par une variation de chiffre d'affaires plus importante ou plus faible que les autres sur la période 2009 - 2017⁴².

Ces évolutions du chiffre d'affaires s'accompagnent de variations semblables des effectifs salariés des entreprises bénéficiaires du programme Nano 2017. A ce titre, après avoir augmenté de 22% entre 2009 et 2012, le nombre de postes occupés au sein de la filière nanoélectronique a diminué de 26%

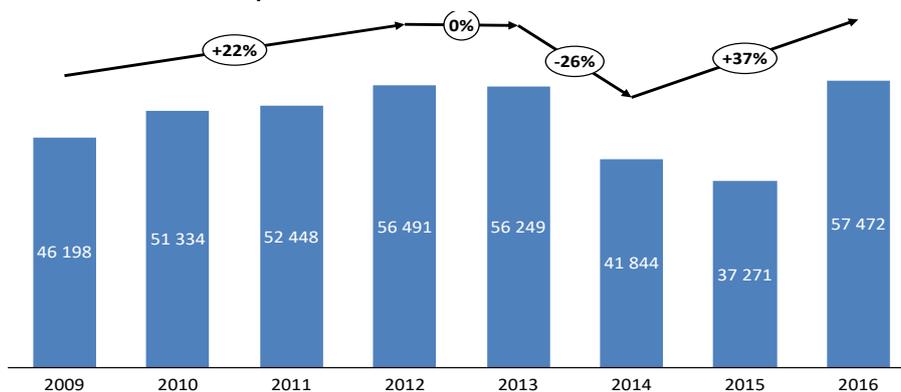
⁴¹ Source : Base DIANE.

⁴² Source : Insee, Fichier approché des résultats d'Esane (FARE), traitement Collaborative People ; données au niveau entreprises. Airbus est exclu de cette analyse.

en 2014. Ce déclin a rapidement été rattrapé par une augmentation des effectifs de 37% entre 2014 et 2016. Le nombre de postes n'a jamais été aussi élevé au sein de la filière et a atteint 57 472 en 2017.

Les plus gros employeurs de l'ensemble des bénéficiaires du programme Nano 2017 sont les laboratoires de recherche publique : ils emploient environ les deux tiers des effectifs des organisations soutenues. Les grandes entreprises en emploient environ un quart (STMicroelectronics et SOITEC représentant un cinquième des effectifs totaux⁴³). Les ETI emploient quant à elles 6 à 7% de ces effectifs. Enfin, 2 à 3 % des effectifs des bénéficiaires sont employés par des microentreprises ou des PME⁴⁴.

Effectifs salariés des bénéficiaires de Nano 2017 et variations pluriannuelles



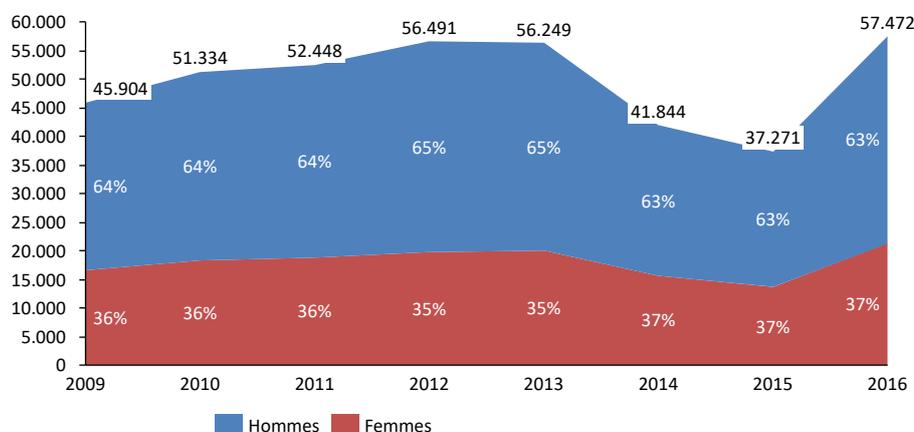
Source : Insee, Déclarations annuelles des données sociales : fichiers Etablissements (DADS Etablissements), traitement Collaborative People. N.B. : en raison du poids trop important représenté par Airbus, ce bénéficiaire a été exclu du périmètre d'analyse.

Ainsi, la croissance récente du chiffre d'affaires réalisé par l'ensemble des acteurs de la filière a permis de générer à nouveau des emplois. La nanoélectronique n'occupait plus qu'un peu plus de 37 000 personnes en 2015 mais ce sont plus de 20 000 postes qui ont été créés en 2016 pour atteindre un effectif de 57 472 personnes. Tout au long de la période, ces postes sont pourvus aux 2/3 par des hommes et les fortes variations d'effectifs constatées depuis 2014 n'ont pas permis de rétablir une forme de parité hommes/femmes sur ces emplois.

⁴³ Source : base DIANE.

⁴⁴ Source : Insee, Déclarations annuelles des données sociales : fichiers Etablissements (DADS Etablissements), traitement Collaborative People. Airbus est exclu de cette analyse.

Répartition pas sexes des effectifs salariés des bénéficiaires de Nano 2017



Source : Insee, Déclarations annuelles des données sociales : fichiers Etablissements (DADS Etablissements), traitement Collaborative People. N.B. : en raison du poids trop important représenté par Airbus, ce bénéficiaire a été exclu du périmètre d'analyse.

Au total, ce sont près de 700 millions d'euros d'aides qui ont été versés à 81 bénéficiaires dans le cadre du programme Nano 2017. Les grandes entreprises et les laboratoires de recherche publique ont perçu respectivement 64% et 30% de ces soutiens à la recherche développement et à l'innovation dans le domaine de la nanoélectronique, soit plus de 441 millions d'euros pour les grandes entreprises et plus de 209 millions d'euros pour les laboratoires. Les PME, ETI et microentreprises ont perçu le reste des aides. Environ 18 millions d'euros ont été versés aux ETI, 16 millions aux PME et 1 million aux microentreprises⁴⁵

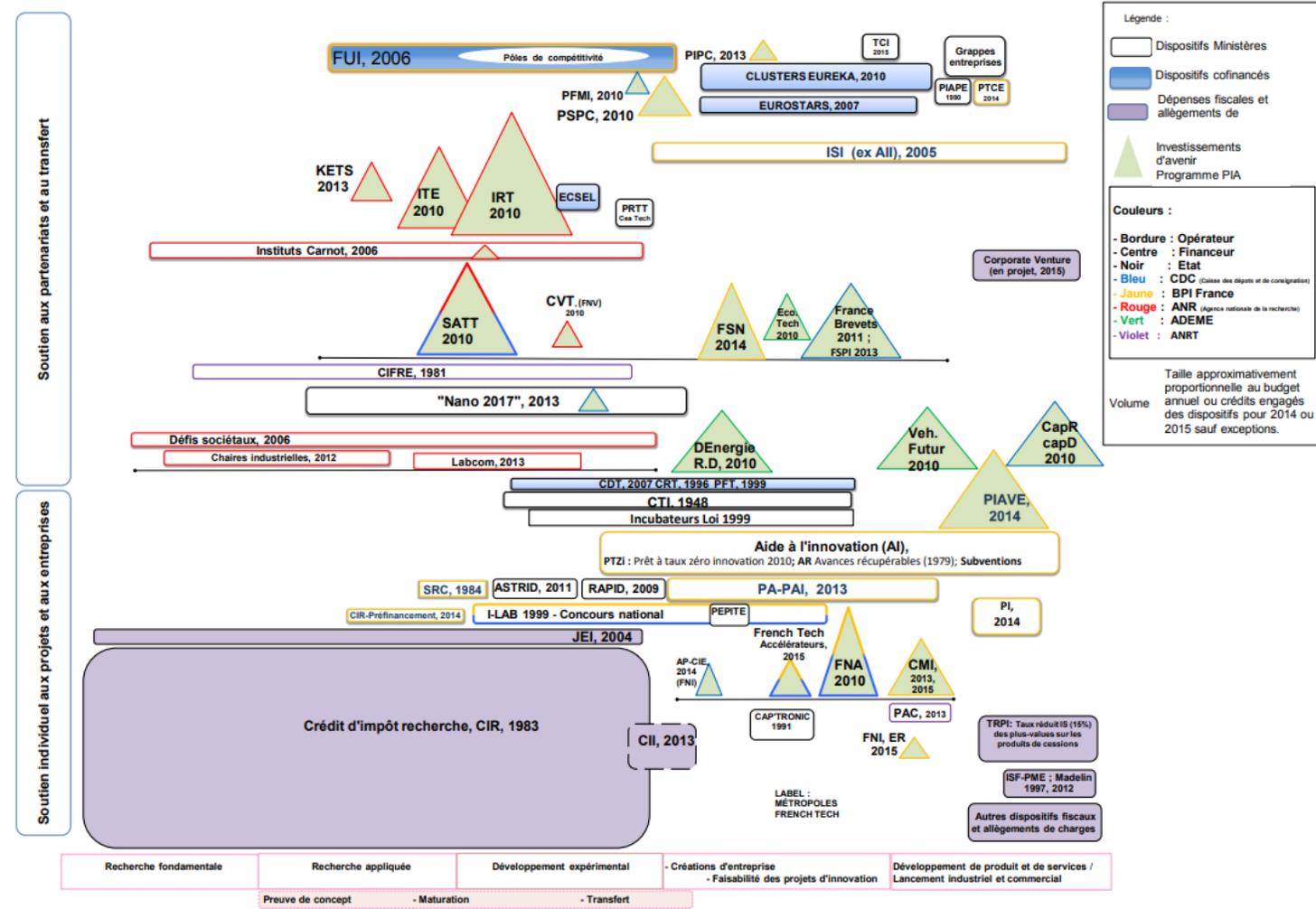
⁴⁵ Source : Insee, Déclarations annuelles des données sociales : fichiers Etablissements (DADS Etablissements), traitement Collaborative People. Airbus exclu de cette analyse.



8.2 Annexe 2 : Présentation des pays étudiés dans le cadre du benchmark

Critère	France	Allemagne	Israël	USA	Singapour	Taiwan	Chine	Corée du sud
Total chercheurs (ETP)- 2017	288 579	413 542	63 521 (2013)	1 371 290 (2016)	36 666 (2014)	150 384	1 740 442	383 100
DIRD (prix et PPA courant - M\$) - 2017	64 672	131 340	15 392	543 249	10 103 (2015)	39 344	495 981	90 980
DIRD (en % PIB) - 2017	2,2	3,0	4,54	2,79	2,16 (2014)	3,31	2,13	4,55
CBPRD (prix et PPA courant - (M\$) - 2017	17 431 (2016)	37 221	2 058 (2016)	151 380	nd.	8 266	nd.	21 894 (2016)
B-index (profitable SME)	0,43	0,02	nd.	0,03	nd.	nd.	0,23	0,25
B-index (profitable large firm)	0,26	0,02	nd.	0,03	nd.	nd.	0,15	0,07
DIRDE exécutée dans l'industrie des ordinateurs, articles électroniques et optiques (prix et PPA courant - M\$)	4 520 (2013)	9 936 (2016)	1 568 (2016)	77 385 (2016)	1 801 (2013)	20 277 (2016)	57 494 (2016)	29 893 (2015)
Part de marché à l'export de l'industrie des ordinateurs, articles électroniques et optiques - 2017	1,36	5,06	0,36	7,81	5,28	6,02	26,41	6,53

8.3 Annexe 3 : Panorama des dispositifs nationaux de soutien à l'innovation 2014-2015 (source : France Stratégie)



8.4 Annexe 4 : Méthodologie de calcul des emplois indirects et induits soutenus par le programme NANO 2017 et des analyses de réseau

Méthodologie de calcul des impacts indirects du programme Nano 2017

Les impacts indirects bénéficient aux fournisseurs NANO 2017 et nationaux des bénéficiaires du programme. En d'autres termes, sans le programme Nano 2017, l'activité des fournisseurs des bénéficiaires du programme serait aujourd'hui moindre.

Il est supposé que le rapport entre les effets indirects et les effets directs du programme NANO 2017 est le même que celui entre les effets indirects et les effets directs des bénéficiaires en général. En d'autres termes, si pour un bénéficiaire donné, il y a X emplois indirects par emploi direct, alors le programme NANO 2017 est supposé soutenir X emplois indirect par emploi direct soutenu par le programme. Il n'est en effet pas possible pour les bénéficiaires d'attribuer spécifiquement leurs fournisseurs et leurs achats aux approvisionnements nécessaires à la fabrication des produits attribuables à NANO 2017.

A partir des fichiers d'achats de STMicroelectronics, SOITEC et du CEA, le montant des achats **locaux** et **nationaux** a été évalué, ainsi que sa ventilation par secteur d'activité, permettant de calculer la part des emplois soutenus par les commandes de l'écosystème auprès de ses fournisseurs locaux. Trois méthodes ont été employées, selon les cas, pour traduire une ligne de dépense en emplois indirects soutenus :

1. Le fichier ESANE (Élaboration des statistiques annuelles d'entreprise) de l'INSEE fournit les ratios sectoriels Emplois / CA. Ainsi, la présente étude a estimé la dépense nécessaire pour soutenir chaque emploi dans les différents secteurs d'activité des fournisseurs de STMicroelectronics et SOITEC.
2. Pour les plus gros fournisseurs, des ratios spécifiques ont été calculés grâce aux données de CA et d'effectifs publiées par ces fournisseurs.
3. Pour les sous-traitants s'engageant contractuellement à fournir un nombre d'effectifs à leur client (ST ou SOITEC), les Directeurs Achats étaient en mesure de fournir le nombre exact d'emplois indirects soutenus.

Lorsqu'un fournisseur de STMicroelectronics, de SOITEC ou du CEA faisait partie de l'écosystème des bénéficiaires directs du programme NANO 2017, les emplois indirects chez ce fournisseur étaient retirés du total, afin d'éviter les double-comptes entre emplois directs et indirects.

Pour les autres acteurs de l'écosystème bénéficiaire de Nano 2017, une extrapolation proportionnelle aux emplois directs respectifs a permis de réaliser l'estimation des emplois indirects.

Méthodologie de calcul des impacts induits du programme Nano 2017

Les impacts induits résultent de la consommation des ménages des salariés directs et indirects soutenus par le programme, ainsi que de leur soutien fiscal aux services publics (enseignement, santé). En d'autres termes, sans le programme Nano 2017, l'activité des commerçants locaux serait moindre

(entre autres impacts induits par la consommation des ménages). La demande de services publics tels que l'enseignement ou la santé serait également moindre (impacts induits sur les services publics).

Il est supposé que le rapport entre les effets induits et les effets directs du programme Nano 2017 est le même que celui entre les effets induits et les effets directs des bénéficiaires en général. En d'autres termes, si pour un bénéficiaire donné, il y a X emplois indirects par emploi direct, alors le programme Nano 2017 est supposé soutenir X emplois induit par emploi direct soutenu par le programme.

La méthode suivante a été appliquée pour estimer les emplois induits **locaux** soutenus :

- La base CLAP (Connaissance Locale de l'Appareil Productif) de l'INSEE a été collectée pour obtenir le nombre de postes salariés, au sein du département de l'Isère, dans chacun des 88 secteurs de la nomenclature.
- Les emplois dans les services publics et privés de proximité (commerce, administrations publiques, santé, enseignement, restauration, transport de passagers, loisirs, services à la personne, gestion des déchets) ont été identifiés. Il s'agit de la masse d'emplois susceptible d'être soutenue par les salariés directs et indirects de l'écosystème grenoblois.
 - Le reste de l'économie, dite « productive » (industrie, conseil, activités informatiques, R&D, ingénierie, production audiovisuelle, services aux entreprises...), n'est logiquement pas concerné.
- Sur cette masse d'emplois liés à des services de proximité, une analyse secteur par secteur est menée pour identifier la contribution des salariés directs et indirects des bénéficiaires de Nano 2017. Pour donner deux exemples saillants et concrets :
 - La contribution à l'emploi dans le secteur du commerce est calculée selon le poids démographique des ménages des salariés directs et indirects dans le département de l'Isère (en évitant de s'attribuer la part du conjoint, ce qui serait excessif). Un ajustement à la hausse est opéré pour tenir compte de la surreprésentation des cadres dans l'écosystème grenoblois, et le fait que les cadres consomment davantage que les employés et professions intermédiaires. Cet ajustement est calculé en fonction des budgets des ménages par catégorie socio-professionnelle et par poste de dépense, fournis par l'INSEE.
 - La contribution à l'emploi dans le secteur de la santé est calculée selon la part estimée des cotisations sociales des ménages des salariés directs et indirects dans le total du département. Un ajustement à la hausse est opéré pour tenir compte d'une contribution supérieure à la moyenne locale.

La méthode utilisée pour modéliser les effets induits **nationaux** est la suivante :

- Le « choc de dépense » total dans l'économie nationale est estimé notamment à partir des salaires versés par les bénéficiaires, de leurs achats nationaux, et de leurs cotisations sociales.
- Le calcul des effets nationaux de ce choc s'appuie sur les travaux de l'économiste Wassily Leontief, qui lui vaudront le Prix Nobel d'économie en 1973. Le modèle repose sur des tables entrées-sorties (aussi appelées input-output tables) permettant de modéliser les interdépendances entre les secteurs d'activité de l'économie française à échelle nationale. En combinant cette modélisation de l'économie avec l'intensité emploi (Emplois / €) de chacun des secteurs, les retombées par secteurs sont déterminées et agrégées.



La part locale calculée précédemment est soustraite du résultat afin de séparer les effets nationaux (hors Rhône-Alpes) des effets locaux.

Méthodologie des analyses de réseau

L'analyse des réseaux sociaux est l'étude et la présentation des données relationnelles. La théorie des réseaux sociaux conçoit les relations sociales en matière de nœuds et liens. Les nœuds sont habituellement les acteurs sociaux dans le réseau mais ils peuvent aussi représenter des institutions ou projets, et les liens sont les interactions ou des relations entre ces nœuds. L'analyse des réseaux sociaux permet de mesurer les liens entre les nœuds afin de déterminer les nœuds—les acteurs, institutions, et les projets—les plus centraux dans le réseau. Différentes mesures peuvent être utilisées afin de mesurer la centralité des nœuds du réseau—degré de centralité (acteurs les plus connectés), centralité d'intermédiarité (acteurs passerelles), centralité de proximité (acteurs ayant accès le plus rapidement aux autres acteurs), et centralité de prestige - indicateur « eigenvector » (acteurs les plus connectés aux acteurs les plus connectés).

GAC utilise la base de données CORDIS qui compile toutes les données sur les projets de recherche H2020 (2014-2020). Les liens sont créés en par projet H2020. C'est-à-dire qu'un lien est créé entre A et B quand A participe au même projet de recherche H2020 que B. Ainsi la co-participation à un projet de recherche définit les liens entre les participants.

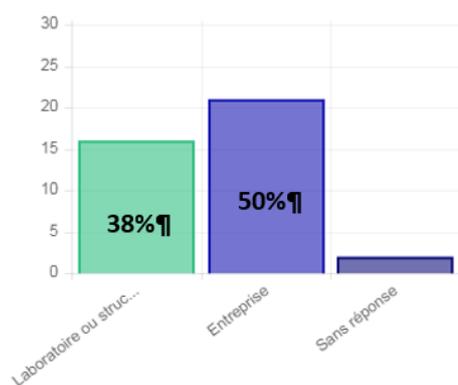
8.5 Annexe 5: Présentation de l'enquête en ligne LimeSurvey diffusée aux bénéficiaires de NANO 2017

Un questionnaire en ligne a été diffusé auprès des différents bénéficiaires (laboratoires et entreprises), pour lesquels aucun entretien n'a eu lieu afin de ne pas décourager la participation. Ce questionnaire a été diffusé par internet, grâce à notre outil Limesurvey.

Les principes retenus pour le questionnaire sont :

- des questions fermées afin d'assurer que le questionnaire soit complété en moins de 10mn ;
- une adresse d'envoi de la DGE afin d'assurer un taux de réponse plus important ;
- une campagne de rappel téléphonique afin d'assurer un taux de réponse plus important et de collecter des informations qualitatives sur des points précis

L'application de ces principes nous a permis d'avoir un **taux de réponse de 60% toutes réponses prises en compte et de 18,5% en prenant en compte uniquement les réponses complètes.**



Plusieurs blocs de questions ont été adressés visant :

- pour les entreprises à analyser la contribution du programme :
 - au développement des technologies
 - au développement des produits
 - à la croissance de l'emploi et du CA
 - au développement du réseau
 - au lancement de nouveaux projets
- pour les laboratoires à analyser la contribution du programme :
 - au développement des technologies
 - à l'emploi au sein du laboratoire
 - aux contrats de recherche avec des entreprises

- au développement du réseau
- au lancement de nouveaux projets

Ce questionnaire est un des outils qui a permis de répondre aux questions d'évaluation du programme. Les résultats sont présentés dans les parties suivantes.

8.6 Annexe 6 : Qualité des appariements

8.6.1 Approche 1

Balance Measures				
	Diff.Un	V.Ratio.Un	Diff.Adj	V.Ratio.Adj
groupe1\$VA_2011	0.2425	11.6497	0.1766	2.3244
log(1 + groupe1\$Export_2011)	0.6603	1.4686	0.4802	1.1787
log(1 + groupe1\$effectif_2011)	0.4354	1.8270	0.3251	1.5377
log(1 + groupe1\$CA_2011)	0.3322	1.6324	0.2376	1.4763
groupe1\$VA_2012	0.2251	12.4867	0.1624	2.1746
log(1 + groupe1\$Export_2012)	0.6377	1.4917	0.4479	1.2168
log(1 + groupe1\$effectif_2012)	0.4838	1.7149	0.3764	1.4699
log(1 + groupe1\$CA_2012)	0.3599	1.5961	0.2613	1.4919
log(1 + groupe1\$CIR2012)	0.1462	1.2258	0.1291	1.1834
log(1 + groupe1\$CIR2011)	0.1605	1.2083	0.0349	1.2739
log(1 + groupe1\$DepensesRD2011)	0.2833	1.0128	0.2738	1.1070
log(1 + groupe1\$DepensesRD2012)	0.3349	1.0977	0.3483	1.2640
log(1 + groupe1\$brevets_2011)	0.1849	9.9707	0.1846	10.5054
log(1 + groupe1\$brevets_2012)	0.2389	9.8618	0.2256	7.2470
log(1 + groupe1\$emplois_RD2011)	0.4178	1.8809	0.3350	1.4742
log(1 + groupe1\$emplois_RD2012)	0.4396	1.8024	0.3666	1.4329
groupe1\$membre_pole_comp_oui	0.4321		0.3212	
groupe1\$CATEGORIE_PME	0.0997		0.0943	

8.6.2 Approche 2 :

Balance Measures				
	Diff.Un	V.Ratio.Un	Diff.Adj	V.Ratio.Adj
groupe1\$VA_2011	0.1325	5.4587	0.0728	1.8370
log(1 + groupe1\$Export_2011)	0.0804	1.0166	0.0605	1.0226
log(1 + groupe1\$effectif_2011)	0.0397	1.1911	0.0293	1.1493

log(1 + groupe1\$CA_2011)	0.1036	1.0125	0.0938	1.1076
groupe1\$VA_2012	0.1594	6.8526	0.0926	2.5398
log(1 + groupe1\$Export_2012)	0.1138	1.0020	0.0906	1.0170
log(1 + groupe1\$effectif_2012)	0.0193	1.1802	0.0016	1.1495
log(1 + groupe1\$CA_2012)	0.0820	1.0431	0.0665	1.0794
log(1 + groupe1\$CIR2012)	0.1101	1.0470	0.0949	1.0343
log(1 + groupe1\$CIR2011)	0.0379	1.0329	0.0120	1.0520
log(1 + groupe1\$DepensesRD2011)	0.0888	1.2134	0.0485	1.1372
log(1 + groupe1\$DepensesRD2012)	0.1070	1.2546	0.1018	1.2484
log(1 + groupe1\$brevets_2011)	0.0561	2.0295	0.0461	1.7987
log(1 + groupe1\$brevets_2012)	0.0608	2.0455	0.0366	1.5129
log(1 + groupe1\$emplois_RD2011)	0.0169	1.2202	0.0017	1.1828
log(1 + groupe1\$emplois_RD2012)	0.0353	1.1978	0.0258	1.1667
groupe1\$membre_pole_comp_oui	0.0660		0.0366	
groupe1\$CATEGORIE_PME	0.0099		0.0051	

8.6.3 Approche 3 :

Balance Measures				
	Diff.Un	V.Ratio.Un	Diff.Adj	V.Ratio.Adj
groupe1\$VA_2011	0.2769	1.9763	0.2066	1.6923
log(1 + groupe1\$Export_2011)	0.1848	1.5872	0.1152	1.3645
log(1 + groupe1\$effectif_2011)	0.2123	1.3593	0.1405	1.1701
log(1 + groupe1\$CA_2011)	0.2327	1.6976	0.1467	1.4679
groupe1\$VA_2012	0.3074	1.8095	0.2221	1.5093
log(1 + groupe1\$Export_2012)	0.1303	1.6357	0.0725	1.4289
log(1 + groupe1\$effectif_2012)	0.2145	1.3559	0.1346	1.1857
log(1 + groupe1\$CA_2012)	0.2632	1.6325	0.1642	1.3849
log(1 + groupe1\$CIR2012)	0.6632	5.0368	0.4330	1.8380
log(1 + groupe1\$CIR2011)	0.6671	5.2414	0.4554	1.9499
log(1 + groupe1\$DepensesRD2011)	0.6724	1.2517	0.4466	1.2463
log(1 + groupe1\$DepensesRD2012)	0.6007	1.1623	0.4082	1.1768

log(1 + groupe1\$brevets_2011)	0.1566	12.6911	0.1055	2.7349
log(1 + groupe1\$brevets_2012)	0.1474	15.7974	0.1112	4.6115
log(1 + groupe1\$emplois_RD2011)	0.5435	2.3796	0.3721	1.5563
log(1 + groupe1\$emplois_RD2012)	0.5449	2.3667	0.3729	1.5621
groupe1\$ membre_pole_comp_oui	0.0392		0.0318	



8.7 Annexe 7 : Résultats des analyses en double différences

8.7.1 Approche 1

Indicateur	2010 vs 2012	2011 vs 2012	2013 vs 2012	2014 vs 2012	2015 vs 2012	2016 vs 2012	2017 vs 2012
ETP	## Estimate... 0.065425 ## AI SE..... 0.059977 ## T-stat..... 1.0908 ## p.val..... 0.27535	## Estimate... 0.053217 ## AI SE..... 0.030257 ## T-stat..... 1.7589 ## p.val..... 0.078598	## Estimate... 0.049677 ## AI SE..... 0.04079 ## T-stat..... 1.2179 ## p.val..... 0.22327	## Estimate... 0.074457 ## AI SE..... 0.054848 ## T-stat..... 1.3575 ## p.val..... 0.17462	## Estimate... 0.10918 ## AI SE..... 0.075971 ## T-stat..... 1.4372 ## p.val..... 0.15067	## Estimate... 0.16593 ## AI SE..... 0.096434 ## T-stat..... 1.7207 ## p.val..... 0.085305	## Estimate... 0.23651 ## AI SE..... 0.10436 ## T-stat..... 2.2662 ## p.val..... 0.023437
VA	## Estimate... -1013.3 ## AI SE..... 1132.8 ## T-stat..... -0.89453 ## p.val..... 0.37104	## Estimate... -1040.8 ## AI SE..... 906.33 ## T-stat..... -1.1484 ## p.val..... 0.25081	## Estimate... 946.45 ## AI SE..... 1375.2 ## T-stat..... 0.68824 ## p.val..... 0.4913	## Estimate... 1746.5 ## AI SE..... 1834.3 ## T-stat..... 0.95213 ## p.val..... 0.34103	## Estimate... 3467.6 ## AI SE..... 2706.6 ## T-stat..... 1.2812 ## p.val..... 0.20013	## Estimate... 5270.8 ## AI SE..... 4626.9 ## T-stat..... 1.1392 ## p.val..... 0.25464	## Estimate... 2308.7 ## AI SE..... 2759.2 ## T-stat..... 0.83675 ## p.val..... 0.40274
CA	## Estimate... 0.17241 ## AI SE..... 0.14595 ## T-stat..... 1.1813 ## p.val..... 0.2375	## Estimate... -0.013187 ## AI SE..... 0.065771 ## T-stat..... -0.2005 ## p.val..... 0.84109	## Estimate... -0.013555 ## AI SE..... 0.088568 ## T-stat..... -0.15304 ## p.val..... 0.87837	## Estimate... 0.045826 ## AI SE..... 0.11526 ## T-stat..... 0.39759 ## p.val..... 0.69093	## Estimate... 0.064344 ## AI SE..... 0.11896 ## T-stat..... 0.54089 ## p.val..... 0.58859	## Estimate... 0.11148 ## AI SE..... 0.14186 ## T-stat..... 0.78581 ## p.val..... 0.43198	## Estimate... 0.16045 ## AI SE..... 0.17065 ## T-stat..... 0.94024 ## p.val..... 0.3471
Export (CA)	## Estimate... -8675.5 ## AI SE..... 0.35874 ## T-stat..... 1.1328 ## p.val..... 0.2573	## Estimate... -3.1311e-05 ## AI SE..... 0.16007 ## T-stat..... -0.00019561 ## p.val..... 0.99984	## Estimate... 0.12109 ## AI SE..... 0.15793 ## T-stat..... 0.76673 ## p.val..... 0.44324	## Estimate... 0.34934 ## AI SE..... 0.23024 ## T-stat..... 1.5173 ## p.val..... 0.12919	## Estimate... 0.49055 ## AI SE..... 0.25009 ## T-stat..... 1.9615 ## p.val..... 0.04982	## Estimate... 0.66081 ## AI SE..... 0.26727 ## T-stat..... 2.4725 ## p.val..... 0.013419	## Estimate... 0.62232 ## AI SE..... 0.30537 ## T-stat..... 2.0379 ## p.val..... 0.041557
Dépenses de R&D (salaires bruts)	## Estimate... -0.0054695 ## AI SE..... 0.027352 ## T-stat..... -0.19997 ## p.val..... 0.8415	## Estimate... 0.0796 ## AI SE..... 0.32436 ## T-stat..... 0.2454 ## p.val..... 0.80614	## Estimate... -0.083854 ## AI SE..... 0.29229 ## T-stat..... -0.28689 ## p.val..... 0.7742	## Estimate... 0.30402 ## AI SE..... 0.3242 ## T-stat..... 0.93776 ## p.val..... 0.34837	## Estimate... 0.21589 ## AI SE..... 0.35024 ## T-stat..... 0.61642 ## p.val..... 0.53762	## Estimate... 0.39505 ## AI SE..... 0.40209 ## T-stat..... 0.9825 ## p.val..... 0.32585	## Estimate... 0.64571 ## AI SE..... 0.42479 ## T-stat..... 1.5201 ## p.val..... 0.1285
brevets	## Estimate... -0.0054695 ## AI SE..... 0.027352 ## T-stat..... -0.19997 ## p.val..... 0.8415	## Estimate... 0.0796 ## AI SE..... 0.32436 ## T-stat..... 0.2454 ## p.val..... 0.80614	## Estimate... -0.083854 ## AI SE..... 0.29229 ## T-stat..... -0.28689 ## p.val..... 0.7742	## Estimate... 0.30402 ## AI SE..... 0.3242 ## T-stat..... 0.93776 ## p.val..... 0.34837	## Estimate... 0.21589 ## AI SE..... 0.35024 ## T-stat..... 0.61642 ## p.val..... 0.53762	## Estimate... 0.39505 ## AI SE..... 0.40209 ## T-stat..... 0.9825 ## p.val..... 0.32585	## Estimate... 0.64571 ## AI SE..... 0.42479 ## T-stat..... 1.5201 ## p.val..... 0.1285
emplois de R&D	## Estimate... 0.052473 ## AI SE..... 0.059766 ## T-stat..... 0.87799 ## p.val..... 0.37995	## Estimate... 0.022174 ## AI SE..... 0.046171 ## T-stat..... 0.48026 ## p.val..... 0.63104	## Estimate... 0.045721 ## AI SE..... 0.061898 ## T-stat..... 0.73865 ## p.val..... 0.46012	## Estimate... 0.11713 ## AI SE..... 0.069433 ## T-stat..... 1.687 ## p.val..... 0.091611	## Estimate... 0.13912 ## AI SE..... 0.089329 ## T-stat..... 1.5574 ## p.val..... 0.11937	## Estimate... 0.21418 ## AI SE..... 0.10815 ## T-stat..... 1.9803 ## p.val..... 0.047669	## Estimate... 0.26718 ## AI SE..... 0.11158 ## T-stat..... 2.3946 ## p.val..... 0.016638
Dépenses de R&D déclarées au CIR	## Estimate... 0.01155 ## AI SE..... 0.51674 ## T-stat..... 0.022353 ## p.val..... 0.98217	## Estimate... -0.099727 ## AI SE..... 0.39733 ## T-stat..... -0.25099 ## p.val..... 0.80182	## Estimate... 0.57812 ## AI SE..... 0.37512 ## T-stat..... 1.5412 ## p.val..... 0.12328	## Estimate... 0.48878 ## AI SE..... 0.50185 ## T-stat..... 0.97396 ## p.val..... 0.33008	## Estimate... 0.88896 ## AI SE..... 0.57236 ## T-stat..... 1.5532 ## p.val..... 0.12039	## Estimate... 1.0794 ## AI SE..... 0.58683 ## T-stat..... 1.8394 ## p.val..... 0.065857	## Estimate... 1.3401 ## AI SE..... 0.61889 ## T-stat..... 2.1653 ## p.val..... 0.030368



8.7.2 Approche 2 :

Indicateur	2010 vs 2012	2011 vs 2012	2013 vs 2012	2014 vs 2012	2015 vs 2012	2016 vs 2012	2017 vs 2012
ETP	## Estimate... 0.1167 ## AI SE..... 0.039756 ## T-stat..... 2.9354 ## p.val..... 0.0033312	## Estimate... 0.041096 ## AI SE..... 0.019421 ## T-stat..... 2.116 ## p.val..... 0.034341	## Estimate... 0.044596 ## AI SE..... 0.017255 ## T-stat..... 2.5845 ## p.val..... 0.0097531	## Estimate... 0.059497 ## AI SE..... 0.027147 ## T-stat..... 2.1916 ## p.val..... 0.028405	## Estimate... 0.088032 ## AI SE..... 0.037029 ## T-stat..... 2.3774 ## p.val..... 0.017437	## Estimate... 0.063347 ## AI SE..... 0.045045 ## T-stat..... 1.4063 ## p.val..... 0.15963	## Estimate... 0.11759 ## AI SE..... 0.053852 ## T-stat..... 2.1835 ## p.val..... 0.028996
VA	## Estimate... 320.47 ## AI SE..... 197.59 ## T-stat..... 1.622 ## p.val..... 0.10481	## Estimate... 156.42 ## AI SE..... 79.101 ## T-stat..... 1.9775 ## p.val..... 0.047982	## Estimate... 48.472 ## AI SE..... 142.05 ## T-stat..... 0.34122 ## p.val..... 0.73294	## Estimate... 52.07 ## AI SE..... 182.62 ## T-stat..... 0.28513 ## p.val..... 0.77555	## Estimate... 154.1 ## AI SE..... 211.67 ## T-stat..... 0.72805 ## p.val..... 0.46658	## Estimate... 532.18 ## AI SE..... 195.83 ## T-stat..... 2.7175 ## p.val..... 0.0065778	## Estimate... 699.31 ## AI SE..... 378.06 ## T-stat..... 1.8497 ## p.val..... 0.064351
CA	## Estimate... 0.18099 ## AI SE..... 0.1074 ## T-stat..... 1.6852 ## p.val..... 0.091949	## Estimate... 0.077915 ## AI SE..... 0.052775 ## T-stat..... 1.4764 ## p.val..... 0.13985	## Estimate... 0.023572 ## AI SE..... 0.051169 ## T-stat..... 0.46068 ## p.val..... 0.64503	## Estimate... 0.08593 ## AI SE..... 0.062915 ## T-stat..... 1.3658 ## p.val..... 0.172	## Estimate... 0.17568 ## AI SE..... 0.074041 ## T-stat..... 2.3727 ## p.val..... 0.017657	## Estimate... 0.16597 ## AI SE..... 0.083769 ## T-stat..... 1.9813 ## p.val..... 0.047556	## Estimate... 0.22932 ## AI SE..... 0.1025 ## T-stat..... 2.2373 ## p.val..... 0.025269
Export (CA)	.	## Estimate... 0.07665 ## AI SE..... 0.091487 ## T-stat..... 0.83783 ## p.val..... 0.40213	## Estimate... -0.019279 ## AI SE..... 0.10564 ## T-stat..... -0.18251 ## p.val..... 0.85518	## Estimate... 0.20372 ## AI SE..... 0.1375 ## T-stat..... 1.4816 ## p.val..... 0.13846	## Estimate... 0.15767 ## AI SE..... 0.14999 ## T-stat..... 1.0512 ## p.val..... 0.29317	## Estimate... 0.24703 ## AI SE..... 0.15855 ## T-stat..... 1.558 ## p.val..... 0.11922	## Estimate... 0.35201 ## AI SE..... 0.1652 ## T-stat..... 2.1308 ## p.val..... 0.033102
Dépenses de R&D (salaires bruts)	## Estimate... 0.088172 ## AI SE..... 0.25586 ## T-stat..... 0.34461 ## p.val..... 0.73039	## Estimate... 0.11842 ## AI SE..... 0.1316 ## T-stat..... 0.89985 ## p.val..... 0.3682	## Estimate... 0.39252 ## AI SE..... 0.18632 ## T-stat..... 2.1067 ## p.val..... 0.035143	## Estimate... 0.14942 ## AI SE..... 0.22667 ## T-stat..... 0.65919 ## p.val..... 0.50977	## Estimate... 0.39843 ## AI SE..... 0.2523 ## T-stat..... 1.5792 ## p.val..... 0.11429	## Estimate... 0.27368 ## AI SE..... 0.27982 ## T-stat..... 0.97806 ## p.val..... 0.32804	## Estimate... 0.49339 ## AI SE..... 0.30525 ## T-stat..... 1.6164 ## p.val..... 0.10601
brevets	## Estimate... -7.1449e-05 ## AI SE..... 0.0055183 ## T-stat..... -0.012948 ## p.val..... 0.98967	## Estimate... -0.00063664 ## AI SE..... 0.0030235 ## T-stat..... -0.21056 ## p.val..... 0.83323	## Estimate... 0.00047507 ## AI SE..... 0.010657 ## T-stat..... 0.044577 ## p.val..... 0.96444	## Estimate... 0.011111 ## AI SE..... 0.0071488 ## T-stat..... 1.5543 ## p.val..... 0.12012	## Estimate... -0.0067309 ## AI SE..... 0.012307 ## T-stat..... -0.5469 ## p.val..... 0.58445		
emplois de R&D	## Estimate... 0.037311 ## AI SE..... 0.038164 ## T-stat..... 0.97767 ## p.val..... 0.32824	## Estimate... 0.028272 ## AI SE..... 0.024379 ## T-stat..... 1.1597 ## p.val..... 0.24617	## Estimate... 0.083585 ## AI SE..... 0.02418 ## T-stat..... 3.4567 ## p.val..... 0.0005468	## Estimate... 0.059139 ## AI SE..... 0.034441 ## T-stat..... 1.7171 ## p.val..... 0.085955	## Estimate... 0.089382 ## AI SE..... 0.041451 ## T-stat..... 2.1563 ## p.val..... 0.031061	## Estimate... 0.095908 ## AI SE..... 0.052895 ## T-stat..... 1.8132 ## p.val..... 0.069807	## Estimate... 0.16721 ## AI SE..... 0.06005 ## T-stat..... 2.7845 ## p.val..... 0.0053603
Dépenses de R&D déclarées au CIR	## Estimate... 0.41177 ## AI SE..... 0.32893 ## T-stat..... 1.2518 ## p.val..... 0.21063	## Estimate... 0.4535 ## AI SE..... 0.22397 ## T-stat..... 2.0248 ## p.val..... 0.042883	## Estimate... -0.14491 ## AI SE..... 0.26774 ## T-stat..... -0.54125 ## p.val..... 0.58834	## Estimate... -0.13527 ## AI SE..... 0.31383 ## T-stat..... -0.43102 ## p.val..... 0.66645	## Estimate... -0.5737 ## AI SE..... 0.34652 ## T-stat..... -1.6556 ## p.val..... 0.0978	## Estimate... -0.33187 ## AI SE..... 0.34463 ## T-stat..... -0.96297 ## p.val..... 0.33556	## Estimate... 0.155 ## AI SE..... 0.39251 ## T-stat..... 0.39488 ## p.val..... 0.69293



8.7.3 Approche 3 :

Indicateur	2010 vs 2012	2011 vs 2012	2013 vs 2012	2014 vs 2012	2015 vs 2012	2016 vs 2012	2017 vs 2012
ETP	## Estimate... -0.004601 ## AI SE..... 0.029969 ## T-stat..... -0.15352 ## p.val..... 0.87799	## Estimate... 0.00084203 ## AI SE..... 0.01502 ## T-stat..... 0.056059 ## p.val..... 0.95529	## Estimate... 0.0020775 ## AI SE..... 0.016597 ## T-stat..... 0.12517 ## p.val..... 0.90039	## Estimate... -0.026369 ## AI SE..... 0.024288 ## T-stat..... -1.0857 ## p.val..... 0.27762	## Estimate... -0.019644 ## AI SE..... 0.028399 ## T-stat..... -0.69174 ## p.val..... 0.4891	## Estimate... -0.045971 ## AI SE..... 0.039787 ## T-stat..... -1.1554 ## p.val..... 0.24792	## Estimate... -0.036231 ## AI SE..... 0.047115 ## T-stat..... -0.76899 ## p.val..... 0.4419
VA	## Estimate... -0.10623 ## AI SE..... 0.12808 ## T-stat..... -0.82938 ## p.val..... 0.40689	## Estimate... 0.0060712 ## AI SE..... 0.066703 ## T-stat..... 0.091019 ## p.val..... 0.92748	## Estimate... 0.056889 ## AI SE..... 0.048484 ## T-stat..... 1.1734 ## p.val..... 0.24065	## Estimate... -0.048281 ## AI SE..... 0.066918 ## T-stat..... -0.7215 ## p.val..... 0.4706	## Estimate... 0.084124 ## AI SE..... 0.098089 ## T-stat..... 0.85763 ## p.val..... 0.3911	## Estimate... -0.052281 ## AI SE..... 0.10006 ## T-stat..... -0.52251 ## p.val..... 0.60132	## Estimate... -0.10718 ## AI SE..... 0.096025 ## T-stat..... -1.1162 ## p.val..... 0.26434
CA	## Estimate... -0.011922 ## AI SE..... 0.13128 ## T-stat..... -0.090809 ## p.val..... 0.92764	## Estimate... 0.0046009 ## AI SE..... 0.045865 ## T-stat..... 0.10031 ## p.val..... 0.92009	## Estimate... 0.039653 ## AI SE..... 0.04025 ## T-stat..... 0.98517 ## p.val..... 0.32454	## Estimate... 0.054557 ## AI SE..... 0.04687 ## T-stat..... 1.164 ## p.val..... 0.24442	## Estimate... 0.096447 ## AI SE..... 0.059297 ## T-stat..... 1.6265 ## p.val..... 0.10384	## Estimate... -0.058019 ## AI SE..... 0.066447 ## T-stat..... -0.87317 ## p.val..... 0.38257	## Estimate... -0.1364 ## AI SE..... 0.062955 ## T-stat..... -2.1666 ## p.val..... 0.030265
Export (CA)	## Estimate... -0.21873 ## AI SE..... 0.17156 ## T-stat..... -1.275 ## p.val..... 0.20231	## Estimate... -0.025384 ## AI SE..... 0.10913 ## T-stat..... -0.23259 ## p.val..... 0.81608	## Estimate... 0.14968 ## AI SE..... 0.15108 ## T-stat..... 0.99073 ## p.val..... 0.32182	## Estimate... 0.34451 ## AI SE..... 0.17802 ## T-stat..... 1.9353 ## p.val..... 0.052959	## Estimate... 0.35758 ## AI SE..... 0.17461 ## T-stat..... 2.0479 ## p.val..... 0.040568	## Estimate... 0.45903 ## AI SE..... 0.1893 ## T-stat..... 2.4249 ## p.val..... 0.015312	## Estimate... 0.23878 ## AI SE..... 0.18501 ## T-stat..... 1.2906 ## p.val..... 0.19683
Dépenses de R&D (salaires bruts)	## Estimate... -0.34684 ## AI SE..... 0.25718 ## T-stat..... -1.3486 ## p.val..... 0.17746	## Estimate... 0.22386 ## AI SE..... 0.17656 ## T-stat..... 1.2679 ## p.val..... 0.20482	## Estimate... 0.25805 ## AI SE..... 0.28436 ## T-stat..... 0.9075 ## p.val..... 0.36414	## Estimate... 1.1056 ## AI SE..... 0.29417 ## T-stat..... 3.7584 ## p.val..... 0.000171	## Estimate... 1.284 ## AI SE..... 0.36139 ## T-stat..... 3.5529 ## p.val..... 0.00038099	## Estimate... 1.547 ## AI SE..... 0.35313 ## T-stat..... 4.3808 ## p.val..... 1.1826e-05	## Estimate... 1.4406 ## AI SE..... 0.35377 ## T-stat..... 4.072 ## p.val..... 4.6603e-05
brevets	## Estimate... -0.0037439 ## AI SE..... 0.0058244 ## T-stat..... -0.64279 ## p.val..... 0.52036 ##	## Estimate... 0.0030675 ## AI SE..... 0.00312 ## T-stat..... 0.98318 ## p.val..... 0.32552	## Estimate... 0.004093 ## AI SE..... 0.0074469 ## T-stat..... 0.54962 ## p.val..... 0.58258	## Estimate... 0.0020798 ## AI SE..... 0.0053355 ## T-stat..... 0.3898 ## p.val..... 0.69668	## Estimate... -0.0016791 ## AI SE..... 0.0081865 ## T-stat..... -0.2051 ## p.val..... 0.83749		
emplois de R&D	## Estimate... 0.01995 ## AI SE..... 0.035874 ## T-stat..... 0.55612 ## p.val..... 0.57813	## Estimate... 0.013664 ## AI SE..... 0.02591 ## T-stat..... 0.52737 ## p.val..... 0.59793	## Estimate... -0.033042 ## AI SE..... 0.032075 ## T-stat..... -1.0301 ## p.val..... 0.30295	## Estimate... 0.020946 ## AI SE..... 0.042967 ## T-stat..... 0.4875 ## p.val..... 0.6259	## Estimate... 0.060532 ## AI SE..... 0.045786 ## T-stat..... 1.3221 ## p.val..... 0.18614	## Estimate... -0.0049518 ## AI SE..... 0.13871 ## T-stat..... -0.035699 ## p.val..... 0.97152	## Estimate... 0.079228 ## AI SE..... 0.05507 ## T-stat..... 1.4387 ## p.val..... 0.15024
Dépenses de R&D déclarées au CIR	## Estimate... 0.068967 ## AI SE..... 0.132 ## T-stat..... 0.52248 ## p.val..... 0.60133	## Estimate... -0.047218 ## AI SE..... 0.069473 ## T-stat..... -0.67966 ## p.val..... 0.49672	## Estimate... 0.19254 ## AI SE..... 0.12878 ## T-stat..... 1.4951 ## p.val..... 0.13489	## Estimate... 0.37212 ## AI SE..... 0.14306 ## T-stat..... 2.6011 ## p.val..... 0.0092921	## Estimate... 0.30537 ## AI SE..... 0.15469 ## T-stat..... 1.9741 ## p.val..... 0.04837	## Estimate... 0.32066 ## AI SE..... 0.15418 ## T-stat..... 2.0797 ## p.val..... 0.037553	## Estimate... 0.1169 ## AI SE..... 0.16223 ## T-stat..... 0.72059 ## p.val..... 0.47116