

R É P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E

BUDGET GÉNÉRAL

PROGRAMME 190

RAPPORTS ANNUELS DE PERFORMANCES

ANNEXE AU PROJET DE LOI DE RÉGLEMENT

DU BUDGET ET D'APPROBATION DES COMPTES POUR

2022

RECHERCHE DANS LES
DOMAINES DE L'ÉNERGIE,
DU DÉVELOPPEMENT ET
DE LA MOBILITÉ
DURABLES



PROGRAMME 190
**Recherche dans les domaines de l'énergie, du
développement et de la mobilité durables**

Bilan stratégique du rapport annuel de performances

Thomas LESUEUR

Commissaire général au développement durable

Responsable du programme n° 190 : Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Le programme 190 couvre la recherche dans les domaines du développement durable, de l'énergie, des risques, des transports, de la construction et de l'aménagement. Le caractère transversal du programme lui confère un rôle stratégique pour le développement de la recherche et de l'innovation au service des politiques de développement durable, ainsi que pour le développement des synergies nécessaires. Le programme 190 s'étend donc sur un large panel de domaines de recherche que sont les nouvelles technologies de l'énergie, le nucléaire, les risques nucléaires et radiologiques, les risques environnementaux, les transports, la construction, l'aménagement, les réseaux et l'aéronautique. Ce dernier domaine de recherche s'inscrit par ailleurs parmi les objectifs de France 2030, soulignant l'enjeu gouvernemental de placer l'économie française sur une trajectoire d'investissement permettant d'atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050.

Pour la recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie (NTE), le programme s'appuie sur les compétences du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et d'IFP Énergies nouvelles (IFPEN).

En 2022, l'**IFPEN** a poursuivi et accéléré les transformations engagées au niveau de ses programmes de recherche et innovation vers les NTE et l'économie circulaire, en phase avec l'évolution du monde de l'énergie, et au service des enjeux et défis de la triple transition écologique, énergétique et numérique.

Conformément à son contrat d'objectifs et de performance 2021-2023, ses travaux sont axés sur la réduction de l'impact des activités humaines et industrielles sur le climat et l'environnement (décarbonation de l'industrie, captage, stockage et valorisation du CO₂, recyclage des plastiques, amélioration de la qualité de l'air, etc.), la production d'énergie, de carburants et d'intermédiaires pour la chimie à partir de sources renouvelables, et le développement de solutions pour des transports efficaces et à faible impact environnemental. L'IFPEN s'appuie sur les possibilités offertes par le numérique, avec en particulier un recours accru à l'intelligence artificielle, au calcul intensif et à la valorisation des données massives.

De manière transverse, l'IFPEN accompagne également l'essor de la filière hydrogène sur les segments de la chaîne de valeur où ses compétences sont utiles, une expertise illustrée par sa participation aux groupes de travail Économie et Hydrogène de la future SFEC. Ses innovations prennent la forme de procédés, d'équipements, de logiciels ou encore de services. Focalisée sur les enjeux de la transition écologique, la recherche fondamentale d'IFPEN est structurée autour de verrous scientifiques pour optimiser la contribution de ses résultats à l'effort d'innovation. Les travaux d'IFPEN sont menés en partenariat étroit avec les milieux industriels et académiques, notamment dans le cadre de ses deux instituts Carnot IFPEN Transports Énergie et IFPEN Ressources Énergétiques, ou au travers de son implication dans les stratégies d'accélération pour l'innovation, avec le copilotage de trois PEPR.

Le CEA œuvre dans le domaine du photovoltaïque pour favoriser l'émergence d'une filière industrielle européenne grâce au développement de technologies plus performantes. Ses activités visent également à lever les verrous technologiques d'un système énergétique décarboné avec des travaux sur les batteries, le vecteur hydrogène (production, conversion et stockage) ou encore les réseaux. Enfin, le CEA explore des solutions énergétiques totalement neutres en carbone et économiquement soutenables à l'horizon 2050 dans une logique d'économie circulaire du carbone et des matières. L'année 2022 a également vu la poursuite des études et le dérisquage du projet de réacteur Jules-Horowitz.

En matière de nucléaire civil, le CEA mène des programmes de recherche et d'innovation sur les aspects réacteur et cycle du combustible dans deux grands domaines : le soutien à l'industrie nucléaire française et le développement de systèmes nucléaires innovants allant des petits réacteurs modulaires (SMR) et des réacteurs modulaires avancés (AMR) jusqu'aux réacteurs de puissance de quatrième génération. Il poursuit par ailleurs des études sur la fusion thermonucléaire, en particulier via le projet international ITER. En appui de ses activités historiques dans le domaine nucléaire, le CEA a également développé une expertise en radiobiologie et toxicologie nucléaire.

Dans le domaine des risques, le programme porte les crédits de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

À l'écoute des besoins issus des politiques publiques, tout comme des besoins de la société et des acteurs économiques, la recherche de l'INERIS se développe en étroite synergie avec ses activités d'appui et de services aux entreprises. Ses équipes mènent des travaux de recherche appliquée au service de l'évaluation et de la maîtrise des risques technologiques. Ils concernent la compréhension, la simulation, voire l'anticipation des phénomènes dangereux et de l'impact environnemental et sanitaire des polluants chimiques, et le développement d'outils et de méthodes pour maîtriser les risques qu'ils induisent, prévenir leur déclenchement et protéger l'environnement, les personnes et les biens. L'activité de recherche de l'INERIS s'appuie sur des moyens expérimentaux uniques (laboratoires, essais en grand ou in situ), de la modélisation et des expertises de terrain.

Le COP 2021-2025 de l'INERIS identifie trois thématiques structurantes :

- maîtriser les risques liés à la transition énergétique et l'économie circulaire ;
- comprendre et maîtriser les risques à l'échelle d'un site industriel et d'un territoire ;
- caractériser les dangers des substances et leurs impacts sur l'homme et la biodiversité.

L'action de l'IRSN, dans le domaine de l'évaluation des risques nucléaires et radiologiques, se déploie selon deux axes complémentaires : la recherche et l'expertise en appui aux pouvoirs publics et autorités compétentes, dans les secteurs civil et de défense. L'approche stratégique d'ensemble de l'IRSN, telle que définie dans le contrat d'objectif État-IRSN pour la période 2019-2023, s'articule autour de ces deux axes auxquels s'ajoutent une implication renforcée aux côtés des autorités et des pouvoirs publics dans le domaine de la préparation et de la réponse aux situations de crise ainsi que la mise en œuvre d'une politique de transparence et d'ouverture à la société.

L'année 2022 aura été marquée par d'importants jalons et d'importantes réalisations techniques, ainsi que par une nécessité d'adaptation et d'anticipation face aux événements externes au premier rang desquels la situation de conflit en Ukraine et les risques qui pèsent sur les installations nucléaires de ce pays. Dans ce cadre, et tout au long de l'année, l'IRSN est resté mobilisé pour surveiller, évaluer et informer sur la situation des installations et sur les conséquences potentielles associées.

En matière d'expertise, notons la poursuite de l'examen des dossiers relatifs au réacteur EPR de Flamanville, la mobilisation concernant les problèmes de corrosion sous contrainte affectant certains réacteurs du parc électronucléaire ou bien encore, dans le domaine de la défense, la poursuite, dans le cadre du programme Barracuda, de l'examen des dossiers de sûreté relatifs à la nouvelle génération de sous-marins nucléaires d'attaque avec, en particulier, ceux du Duguay-Trouin. L'année 2022 a également été marquée par la réalisation du deuxième essai (essai CIP1-2B) du programme international CIP visant à étudier le comportement thermomécanique de crayons combustibles des réacteurs du parc électronucléaire et réalisé dans le réacteur CABRI exploité par le CEA. Le programme CIP est placé sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, et piloté et financé par l'IRSN.

L'implication et l'activité de l'IRSN en matière de recherche auront été tout aussi soutenues et témoignent de l'engagement de l'Institut au service des politiques publiques, qu'il s'agisse du projet européen de recherche PIANO FORTE, coordonné par l'IRSN et qui rassemble 58 partenaires issus de 25 États membres, marquant une nouvelle étape dans la construction d'une Europe de la radioprotection ou bien encore du lancement d'un programme de recherche sur les systèmes de sûreté dits « passifs » qui devraient être largement utilisés dans les nouveaux concepts de réacteurs nucléaires appelés à être déployés dans le cadre de la transition énergétique.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Bilan stratégique

Ces activités techniques, au cœur des missions de l'IRSN, ne sauraient faire oublier les engagements pris par l'Institut en matière de responsabilité sociétale et d'interaction avec les parties prenantes, avec respectivement le déploiement d'une nouvelle feuille de route pour la politique RSE et le lancement des travaux du comité de dialogue ODISCÉ visant à favoriser de nouvelles interactions sciences-société sur l'expertise des risques nucléaires et radiologiques.

En matière de mesure des impacts de l'environnement sur la santé, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) affecte la totalité de sa subvention du programme 190 au financement d'appels à projet de recherche dans le périmètre du programme national de recherche environnement-santé-travail (PNREST).

Dans les domaines des transports, de la construction, de l'aménagement et des réseaux, le programme finance deux opérateurs de recherche : l'Université Gustave Eiffel (UGE) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

Pluridisciplinaire, **l'Université Gustave Eiffel** forme des étudiants dans des domaines de compétences très variés et mène des recherches souvent pluridisciplinaires permettant de progresser, entre autres, sur les trois ambitions phares du projet scientifique sur la ville de demain I-Site FUTURE : avancer vers des villes justes et équitables, vers des villes sobres et frugales, et vers des villes sûres et résilientes. Avec un **axe fort autour des thématiques de la ville**, l'offre de formation de l'Université Gustave Eiffel en porte l'écho, tout en maintenant son engagement dans les domaines que ses établissements investissaient déjà comme les arts, lettres, langues, sciences humaines et sociales, l'informatique, les sciences appliquées, etc. Elle comprend également l'architecture et les domaines associés. L'Université Gustave Eiffel est par ailleurs la première université française en nombre d'alternants.

Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) est un établissement public industriel et commercial qui reçoit pour mission de l'État de procéder ou de faire procéder à des recherches scientifiques et techniques directement liées à la préparation ou à la mise en œuvre des politiques publiques en matière de construction et d'habitat. Les recherches prévues contribuent à la transition écologique et énergétique, à la transition numérique et à la compétitivité du secteur.

Afin de répondre à ces grands enjeux, l'activité du CSTB se structure autour de quatre domaines d'action stratégiques : bâtiments et quartiers pour bien vivre ensemble ; bâtiments et villes face au changement climatique ; innovation, fiabilisation de l'acte de construire et Rénovation ; économie circulaire et ressources pour le bâtiment. En 2022, l'actualité scientifique du CSTB a été marquée par la publication d'un guide pratique à destination des acteurs du secteur bâtiment pour optimiser leurs opérations de déconstruction sélective, par la reconnaissance de l'excellence des chercheurs du CSTB (prix international du meilleur jeune chercheur sur la Qualité de l'Air Intérieur), par les résultats encourageants du Projet SEREINE visant à faire progresser la mesure de la performance énergétique des bâtiments après travaux de rénovation conduisant à prolonger le dispositif pour trois ans, dans le cadre de PROFEEL 2 (2022-2024) et enfin par la validation de la démarche de recherche dédiée à l'élaboration d'une méthodologie de réhabilitation globale et performante des écoles marseillaises par la Ville de Marseille et l'État.

Dans le domaine de l'aéronautique civile, le programme soutient des recherches à long terme, déterminantes pour les performances notamment environnementales des appareils de nouvelle génération et pour la compétitivité de l'ensemble de la filière aéronautique française. En effet, l'industrie aéronautique se caractérisant par la longueur de ses cycles et l'intensité capitalistique des projets, le marché seul ne peut répondre aux besoins de financement des industriels pour les phases de recherche technologique et de développement. Les soutiens sont accordés sous forme soit de subvention à la recherche, soit d'avance récupérable.

L'action de soutien à la R&D aéronautique du plan de relance a été dotée d'une enveloppe de 1,5 Md€ sur la période 2020-2022, à laquelle s'ajoutent 75 M€ de crédits complémentaires au titre de l'action aéronautique de France 2030. Sur l'année 2022, l'intégralité des dotations en AE (186 M€) et en CP (445,4 M€) ont été consommées, comme cela avait déjà été le cas en 2020 et 2021, dont 186 M€ en AE et 335 M€ en CP issus du plan de relance et transférés au programme en cours de gestion.

L'action de soutien à la R&D aéronautique du Plan de Relance, opérée par la DGAC, vise à mettre en œuvre la feuille de route que l'État a définie en concertation avec les industriels français dans le cadre du CORAC lors de la

préparation du plan de soutien aéronautique. Cette feuille de route est structurée autour d'une vingtaine de grandes thématiques, qui couvrent l'intégralité des grands domaines d'excellence de la filière nationale. Elle présente une forte ambition tant du point de vue du calendrier que du niveau de rupture technologique visés.

Le volet R&D du plan de relance aéronautique a permis de soutenir près de 230 projets prioritaires, globalement cohérents sur le plan technique et calendaire, couvrant tous les domaines clés de la nouvelle feuille de route du conseil pour la recherche en aéronautique civile (CORAC), en particulier : l'avion de ligne ultra sobre (voilure à grand allongement, gestion optimisée de l'énergie, allègement des structures, ...), les nouveaux moteurs ultra efficaces (moteurs à très grand taux de dilution) et leur intégration à l'avion, l'hybridation électrique de la propulsion, l'avion à hydrogène (études préliminaires de configuration avion, d'architecture et de sécurité d'une chaîne de propulsion complète, étude de conception d'un réservoir à hydrogène cryogénique, ...), les hélicoptères ultra sobres et hybrides/électriques, la compatibilité des aéronefs avec 100 % de carburants d'aviation durables, ou encore l'optimisation des opérations aériennes pour réduire la consommation de carburant.

Au total, plus de 70 % des soutiens engagés contribuent directement à la transition écologique de l'aviation, via des travaux d'exploration et de montée en maturité des technologies clés de décarbonation. Le restant y contribue indirectement, via la recherche de gains d'efficacité et de productivité sur tout le cycle de vie des appareils qui garantiront la compétitivité et l'insertion rapide des futurs aéronefs bas carbone dans les flottes en service.

RÉCAPITULATION DES OBJECTIFS ET DES INDICATEURS DE PERFORMANCE

OBJECTIF 1 : Développer l'excellence des instituts de recherche au niveau européen et international

INDICATEUR 1.1 : Production scientifique des instituts de recherche du programme

INDICATEUR 1.2 : Part des financements européens dans les ressources totales de recherche des instituts de recherche

OBJECTIF 2 : Développer les recherches partenariales entre acteurs publics et entre acteurs publics et privés et valoriser les résultats de la recherche

INDICATEUR 2.1 : Part des contrats passés avec les industriels et les partenaires dans les ressources des instituts de recherche

INDICATEUR 2.2 : Part des ressources apportées aux opérateurs par les redevances sur titre de propriété intellectuelle

OBJECTIF 3 : Accroître, par la recherche, la compétitivité et la sécurité nucléaire sur l'ensemble du cycle

INDICATEUR 3.1 : Maîtrise du déroulement de certains grands projets du CEA

OBJECTIF 4 : Soutenir par la recherche, le développement des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) et de l'efficacité énergétique

INDICATEUR 4.1 : Mesure des transferts des technologies NTE auprès des industriels à partir des travaux du CEA et de l'IFP EN

OBJECTIF 5 : Produire les connaissances scientifiques et l'expertise nécessaires au maintien d'un très haut niveau de protection contre les risques nucléaires et radiologiques

INDICATEUR 5.1 : Taux de satisfaction des bénéficiaires de l'expertise de l'IRSN (services de l'État et autorités de sûreté)

OBJECTIF 6 : Soutenir l'effort de R&D de la filière aéronautique civile et orienter prioritairement cet effort vers la transition écologique de l'aviation

INDICATEUR 6.1 : Part des crédits dédiés à la préparation technologique et au développement des avions de transport zéro émission ou ultra sobres

INDICATEUR 6.2 : Nombre de brevets déposés dans le cadre des projets de R&D soutenus

INDICATEUR 6.3 : Montant d'autofinancement des dépenses de R&T de la filière aéronautique civile

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Bilan stratégique

Objectifs et indicateurs de performance

OBJECTIF

1 – Développer l'excellence des instituts de recherche au niveau européen et international

INDICATEUR

1.1 – Production scientifique des instituts de recherche du programme

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|--|--------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Nombre de publications dans des revues scientifiques internationales par chercheur | Nb | 1,01 | 1,14 | 1,02 | 0,98 | 0,99 |
| Reconnaissance scientifique des instituts de recherche du programme par l'indice de citations à 2 ans des articles des instituts de recherche du programme | indice | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

Commentaires techniques

Sous-indicateur 1.1.1

Source des données :

- pour le nombre de publications : indicateurs de l'Observatoire des sciences et techniques (OST), base de données Thomson Reuters-Institute for Scientific Information (ISI) ;
- pour le nombre de chercheurs : données fournies par les établissements (CSTB, IFSTTAR, INERIS, IRSN et IFPEN).

Mode de calcul :

Nombre de chercheurs : nombre de chercheurs du CSTB, de l'IFSTTAR, de l'INERIS, de l'IRSN et d'IFPEN

Unité : ETP dédiés à l'activité de recherche

Nombre de publications d'après l'OST – année N-2

Le calcul est en compte de présence sur les instituts de recherche du programme pour assurer la robustesse de l'indicateur au niveau du programme (compte de présence : dès qu'un article comporte une adresse des opérateurs du P190, il compte pour une publication pour le programme).

Sous-indicateur 1.1.2

Source des données :

Indicateurs de l'Observatoire des sciences et techniques (OST), base de données Thomson Reuters-Institute for Scientific Information (ISI)

Mode de calcul :

L'impact immédiat des opérateurs du programme se calcule en divisant la « part mondiale de citations à deux ans des publications de référence internationale des opérateurs du programme » par « la part mondiale de publications de référence internationale des opérateurs du programme ».

Ce calcul est en compte fractionnaire : il tient compte du nombre de laboratoires signataires de chaque publication. Afin de lisser les variations non significatives liées à l'évolution des journaux référencés dans chaque discipline, on adopte l'usage habituel en bibliométrie de calcul de l'indicateur en moyenne triennale glissante : la valeur indiquée en année n est alors la moyenne des valeurs constatées en n, n-1 et n-2.

Les établissements de recherche suivants sont pris en compte dans cet indicateur : CSTB, IFSTTAR, INERIS, IRSN et IFPEN.

Observations méthodologiques :

Cet indicateur est harmonisé avec les autres programmes de la mission « Recherche et enseignement supérieur ».

Il permet de mesurer l'influence internationale des publications des opérateurs du programme. Les citations des publications de ces opérateurs par d'autres publications sont en effet considérées comme une indication fiable de l'impact des publications des opérateurs sur les travaux de leurs collègues chercheurs. Il s'agit donc d'une mesure précieuse, qui permet de qualifier la production scientifique d'un acteur en mesurant l'« utilité scientifique », au niveau international, des connaissances produites. L'indice d'impact est largement reconnu comme un indicateur essentiel pour évaluer la performance de la recherche, et est utilisé comme tel dans les classements académiques internationaux. En effet la mesure d'une part de la production (cf. indicateur précédent) doit être complétée par un indicateur plus qualitatif afin de prendre en compte un éventuel biais « productiviste » de la part des chercheurs.

NB : Les variations de l'indicateur sont lentes. C'est son évolution au cours du temps, notamment en comparaison avec celles d'acteurs comparables, qui constitue le signal le plus important.

Limites et biais connus :

- Toutes les citations n'ont pas la même valeur ;

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Objectifs et indicateurs de performance

- Deux ans est un laps de temps très court pour mesurer l'utilité scientifique d'une publication. Seule une partie des citations est décomptée et l'indice d'impact est, en ce sens, une mesure indirecte de l'utilité scientifique des publications, utile notamment pour comparer entre eux des acteurs comparables et observer l'évolution de leurs performances au cours du temps ;
- La base de données utilisée, le Web of Science® de Thomson Reuters, est l'une des bases faisant référence au niveau international pour la bibliométrie. C'est une base qui recense en priorité les journaux scientifiques les plus influents au niveau international. Cependant, elle est plutôt orientée vers l'activité scientifique académique et représentative pour les disciplines bien internationalisées. Sa représentativité est moins bonne dans les disciplines appliquées, de « terrain », à forte tradition nationale, ou encore dont la taille de la communauté est faible. Elle est également limitée dans les disciplines (comme l'informatique ou l'ingénierie) où une part importante des informations passe par d'autres canaux que les journaux scientifiques internationaux, où des journaux à orientation nationale et les livres peuvent jouer un rôle important dans l'avancée des connaissances.

Disponibilité :

Il convient de noter que la mesure de cet indicateur impose un délai de deux années supplémentaires par rapport aux indicateurs de production. D'une manière générale, la mesure d'un impact, quel qu'il soit, nécessite un délai minimal d'observation. Ici, par construction (citations recueillies à 2 ans), la valeur définitive de l'indicateur n'est disponible pour l'année n qu'au RAP de l'année n+2.

INDICATEUR

1.2 – Part des financements européens dans les ressources totales de recherche des instituts de recherche

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|--|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Part des contrats européens sur les recettes totales de recherche des organismes | % | 1,72 | 1,98 | 2,49 | 2,30 | 2,25 |

Commentaires techniques

Source des données :

Cet indicateur concerne les cinq établissements suivants : le CSTB, l'INERIS, l'IRSN, l'IFSTTAR et IFPEN. Il s'agit du montant annuel des contrats de recherche européens détenus rapporté aux recettes totales de recherche des établissements concernés. Seuls les contrats de recherche européens détenus dans le cadre des 7^e et 8^e Programmes cadre de recherche et développement (PCRD) sont comptabilisés, les autres contrats de recherche européens ne sont pas pris en compte ici.

Mode de calcul :

Numérateur : Produits totaux des contrats de recherche européens détenus par les établissements pour l'année N (subventions de recherche + part annuelle des contrats de recherche hors investissements). Dénominateur : recettes totales de recherche des établissements concernés hors investissements. Le mode de calcul de cet indicateur a été modifié en 2011. Il ne prend plus en compte la totalité des recettes des instituts de recherche, mais uniquement le total des recettes de recherche (contrats de recherche + subvention pour charges de service public). Les résultats des années antérieures ont été recalculés conformément à cette nouvelle définition.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Sous-indicateur 1.1.1

| | Établissement | Prévision | Exécution | Prévision | Exécution |
|---|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | PAP 2021 | 2021 | PAP 2022 | 2022 |
| Unités : nombre de publications/chercheur | CSTB | 0,38 | 0,37 | 0,41 | 0,41 |
| | IFPEN | 0,77 | 0,84 | 0,86 | 0,68 |
| | UGE | 1,45 | 1,76 | 1,45 | 1,45 |
| | INERIS | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,37 |
| | IRSN | 0,93 | 1,12 | 0,94 | 0,99 |
| nombre de publications par chercheur (total) | | 0,99 | 1,14 | 1,02 | 0,98 |

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

Pour 2022, le nombre de publications du CSTB est au-dessus de la cible. Entre 2015 et 2018 la capacité du CSTB avait été réduite à la suite d'une refonte de son modèle économique. Cette réorientation imposait aux chercheurs

CSTB de valoriser davantage leurs résultats de recherche par la production d'expertises au service du secteur de la construction. Dans les premières années, cette reconversion s'est faite au détriment de la production de littérature scientifique. Un équilibre a été retrouvé avec une croissance depuis 2018 et une cible atteinte en 2022.

IFP Énergies nouvelles (IFPEN)

Comme les années précédentes, les équipes de recherche d'IFPEN maintiennent une activité de publication qualitative, aussi bien dans des revues référencées par le Web of Science (WOS) que dans des revues métiers s'adressant plus directement à des acteurs industriels.

On remarque cette année un nombre de publications en légère diminution par rapport à 2021.

Bien que le nombre de chercheurs ait augmenté, cette diminution est due à différents facteurs : une baisse rapide et significative des effectifs du personnel IFPEN (CDI comme doctorants et post-doctorats), un turn-over important ainsi que la mise en place de nouvelles thématiques de recherche.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

En 2022, l'INERIS a atteint son objectif de publications d'articles scientifiques internationaux dans des revues à comité de lecture et suivies par l'Institute for Scientific Information (ISI), puisque 90 publications ont été recensées pour une cible du contrat d'objectifs et de performance de 90.

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

La production scientifique de l'IRSN s'inscrit en conformité avec les objectifs et engagements pris dans son contrat d'objectifs et de performance, dans un contexte de maintien global des effectifs en matière de recherche.

Université Gustave Eiffel (UGE)

L'indicateur relatif au nombre de publications par chercheur (à partir des publications de l'année N-1) est en baisse, à 1,45 contre 1,76 lors du bilan précédent (et 1,41 il y a deux ans). Ce retour au niveau de 2020 s'explique en partie par la hausse du nombre de chercheurs (298 chercheurs et assimilés), en raison d'un plus grand nombre de labellisations CESAAR des ingénieurs. L'établissement accompagne la démarche de labellisation « chercheur » par le CESAAR, celle-ci étant désormais demandée pour les ingénieurs pour intégrer le décompte des forces de recherche dans la construction de la dotation de base des laboratoires. Sans aucune hausse notable du nombre de recrutements, le nombre de chercheurs et assimilés s'établit donc à 298 en 2022. Il y a donc une réelle augmentation du nombre de publications par rapport à il y a 2 ans.

Sous-indicateur 1.1.2

L'indice de citation à deux ans des opérateurs du programme est resté stable en 2022.

Sous-indicateur 1.2

| | Établissement | 2021 | | 2022 | |
|---|---------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | Prévision PAP 2021 | Exécution 2021 | Prévision PAP 2022 | Exécution 2022 |
| Part des contrats européens | CSTB | 7,60 % | 6,14 % | 7,83 % | 5,65 % |
| | IFPEN | 1,00 % | 1,02 % | 1,04 % | 1,01 % |
| | UGE | 3,10 % | 2,04 % | 3,82 % | 2,80 % |
| | INERIS | 12,43 % | 10,78 % | 16,55 % | 10,46 % |
| | IRSN | 1,88 % | 2,11 % | 1,45 % | 2,96 % |
| objectifs établissements (total) | | 2,25 % | 1,98 % | 2,49 % | 2,30 % |

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

La part des contrats de recherche européens est en baisse en 2022 pour le CSTB, qui a candidaté à 14 appels à projet en 2022.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Objectifs et indicateurs de performance

IFP Énergies nouvelles (IFPEN)

La part des contrats européens sur les recettes totales se stabilise à hauteur de 1 % en 2022, comme en 2021, pour un montant de 2,6 M€.

En 2022, IFPEN a participé à un total de 27 propositions de projets. Sur ces 27 projets, 10 projets n'ont pas été retenus, 4 projets ont été retenus et 13 projets sont encore en évaluation.

En 2021, IFPEN a participé à un total de 29 propositions de projets soutiens publics à financement Européen dans le cadre d'Horizon Europe. Sur ces 29 propositions, 10 projets ont été retenus, ce qui représente pour le seul guichet européen un taux de succès de $10/29 = 34,5 \%$.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

Le montant des contrats de recherche européens est stable par rapport à 2021, ceux-ci représentent environ 10 % des recettes de recherche. L'INERIS est conscient de l'importance des projets européens pour son activité de recherche et a fait du nombre de projets européens obtenus une cible de son contrat d'objectifs et de performance. Celle-ci est ainsi fixée à 8 par an. En 2022, elle a été dépassée puisque l'institut a vu 13 de ses projets acceptés, contre 8 en 2021, laissant ainsi augurer une augmentation de la part des projets européens dans la structure des activités de recherche.

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

Les résultats 2022 de l'IRSN s'inscrivent en cohérence avec ceux des précédents exercices. L'Institut poursuit, notamment dans le cadre du dispositif Euratom, son implication dans une recherche partenariale à l'échelle européenne, dans les domaines de la sûreté nucléaire, de la gestion des déchets et de la radioprotection. On notera à cet égard en 2022, le lancement du projet de recherche en radioprotection Piano Forte, projet qui réunit 58 partenaires issus de 25 états membres de l'Union et dont l'IRSN assure la coordination.

Université Gustave Eiffel (UGE)

Pour le périmètre relatif à l'ex-IFSTTAR, concernant les projets européens de recherche relevant du programme Horizon Europe, en 2022, 36 projets ont été déposés, dont 7 ont été acceptés. Pour l'ensemble de l'Université Gustave Eiffel, 53 projets de recherche ont été soumis, et 8 acceptés. Le projet InCities de type widening déposé par l'alliance PIONEER (pilotee par l'université Gustave Eiffel) coordonné par ISCTE au Portugal, a été lancé en 2022.

Sur le plan des projets de formation dans le cadre du programme ERASMUS, l'Université a été impliquée dans le dépôt de 2 partenariats stratégiques (KA203), tous deux obtenus (UCCRN et CAPIRE). L'université a obtenu un financement pour la mobilité étudiante et enseignante classique ERASMUS (KA131) ainsi qu'un financement pour des mobilités vers la Russie dans le cadre du KA171 (mobilité étudiante et enseignante internationale avec les pays partenaires hors programme). Enfin l'Université a repris fin 2022 la coordination d'un projet d'université européenne qui a été déposé en janvier 2023.

La courbe des recettes encaissées sur projets européens est en hausse constante depuis 2020. Cela reflète bien l'implication de nos chercheurs sur les programmes européens avec l'aide de la taskforce UGE qui facilite les démarches au moment du dépôt et qui se traduit par des succès.

L'Université dispose d'un portefeuille de 37 projets européens actifs financièrement pour atteindre les objectifs prévus.

OBJECTIF

2 – Développer les recherches partenariales entre acteurs publics et entre acteurs publics et privés et valoriser les résultats de la recherche

INDICATEUR

2.1 – Part des contrats passés avec les industriels et les partenaires dans les ressources des instituts de recherche

(du point de vue du contribuable)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Part des contrats de recherche sur les recettes totales de recherche des organismes (CSTB, INERIS, IRSN, IFSTTAR) | % | 16,15 | 21,61 | 20,84 | 18,49 | 18,91 |
| Part des contrats des partenaires économiques dans les recettes totales de recherche des organismes (CSTB, INERIS, IRSN, IFSTTAR) | % | 8,11 | 8,53 | 8,06 | 7,86 | 7,21 |
| Taux de participation des industriels et des partenaires au financement de la recherche en matière nucléaire (CEA) (mesure du crédit porté par les industriels à la recherche réalisée par le CEA). | % | 37 | 42 | 35 | 48 | 32 |
| Taux de participation des industriels au financement des recherches sur les nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | % | 22 | 34 | 27 | 29 | 30 |
| Taux de participation des industriels et des partenaires au financement des recherches sur les nouvelles technologies de l'énergie (IFP EN) | % | 9,3 | 10,5 | 10 | 9,9 | 10 |

Commentaires techniques

Sources des données : UGE, IRSN, INERIS et CSTB

Mode de calcul : Il s'agit du montant annuel des contrats de recherche détenus (dont contrat ANR, contrats européens, contrats avec des agences), rapporté aux recettes totales de recherche de ces organismes (contrats de recherche financés par des partenaires publics et privés + subvention pour charges de service public).

À ce sous-indicateur est associé un autre sous-indicateur à un niveau plus fin : part des contrats de recherche avec les partenaires « économiques ». Les recettes totales des contrats de recherche, objet de l'indicateur 2.1.1, incluent les recettes issues des partenaires économiques, objet de l'indicateur 2.1.2.

Sous-indicateurs 2.1.3 concernant le CEA dans le nucléaire

Sources des données : CEA

Mode de calcul : Le sous-indicateur a été établi sur la base de la nouvelle nomenclature applicable au CEA à partir du 1^{er} janvier 2016. Le montant des recettes provenant des industriels concernés (contrats de collaboration, redevances sur licences) est rapporté au coût des programmes (coûts directs uniquement).

Sous-indicateur 2.1.4 concernant le CEA dans les NTE

Sources des données : CEA

Mode de calcul : Le sous indicateur a été établi sur la base de la nouvelle nomenclature applicable au CEA depuis le 1^{er} janvier 2016. L'indicateur couvre l'ensemble des activités relatives aux nouvelles technologies de l'énergie (NTE) du CEA : solaire, hydrogène et piles à combustibles, batteries, biomasse. Le montant des recettes provenant des industriels concernés (contrats de collaboration, redevances sur licences) est rapporté au coût des programmes (coûts directs uniquement).

Sources des données : IFPEN

Mode de calcul : Montant du financement des industriels dans le domaine des NTE divisé par la dotation budgétaire et les prestations réalisées dans ce domaine.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Objectifs et indicateurs de performance

INDICATEUR

2.2 – Part des ressources apportées aux opérateurs par les redevances sur titre de propriété intellectuelle

(du point de vue du contribuable)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Produit des redevances et licences sur brevets de l'IFP EN / charges directes de l'IFP EN | % | 20,4 | 19 | 23 | 18,9 | 23 |

Commentaires techniques

Source des données : IFPEN

Mode de calcul :

Numérateur : le chiffre d'affaires réalisé par l'IFPEN au titre de l'ensemble des redevances qu'il perçoit.

Dénominateur : les charges directes retenues sont constituées par le budget total des activités de recherche et développement d'IFPEN valorisées à leur coût complet.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Sous-indicateurs 2.1.1 et 2.1.2

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

La part de l'activité de recherche sur contrats du CSTB a continué de baisser en 2022, la valeur de l'indicateur 2.1.1 s'établit à 39,22 % contre 40,13 % en 2021 et 43,85 % en 2020. L'activité de recherche avec les partenaires économiques stagne. Les années 2020 et 2021 ont été marquée par une hausse globale de l'activité de recherche et expertise (qui a crû de +18.4 % en 2 ans) avec une priorité donnée à l'expertise, grâce notamment au Programme pluriannuel de certificats d'économie d'énergie (CEE) PROFEEL et de ses quatre projets pilotés ou animés par le CSTB. A effectif constant, le corollaire de cette progression globale, qui a été suivi d'une stagnation cette année, est une baisse de la recherche privée et de la recherche collaborative publique qui régresse par rapport à 2019 et 2020 et stagne par rapport à 2021. Les chercheurs mobilisés sur les gros contrats d'expertise, dont PROFEEL, n'ont pu dégager du temps pour la recherche.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

L'INERIS a dépassé en 2022 la cible du contrat d'objectifs et de performance relative à la part de recherche fixée à 20 % puisque la recherche a représenté 22 % de son activité, ce qui représente également une augmentation par rapport à 2021 (21,3 %).

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

L'IRSN déploie en matière de recherche une stratégie partenariale en recourant à des coopérations programmatiques ou thématiques aussi étendues que possible avec les universités et les organismes de recherche nationaux, avec les organismes homologues dans d'autres pays et, lorsque cela paraît utile, avec des industriels. Le déploiement de cette stratégie, dans le champ technique de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, reste toutefois conditionné à la nature des thématiques et sujets abordés. Les résultats obtenus pour l'exercice 2022, bien que légèrement en retrait par rapport à 2021 et notamment du fait de calendriers d'appels à projets, demeurent en cohérence avec les engagements pris dans le contrat d'objectifs 2019-2023.

Université Gustave Eiffel (UGE)

L'année 2022 retrouve une dynamique d'activité plus stable, après une année 2020 fortement perturbée par le COVID-19 et l'intégration de l'IFSTTAR au sein de l'Université suivie d'une année 2021 de rattrapage des dossiers en retard. Le périmètre ex-IFSTTAR retrouve des montants similaires aux périodes antérieures. L'activité contractuelle autour de la recherche partenariale est restée stable suite à la fusion. Le suivi de ces activités à champ constant pourrait se complexifier puisqu'il devient maintenant difficile de rapporter l'activité financière strictement du périmètre ex-IFSTTAR.

Sous-indicateurs 2.1.3 concernant le CEA dans le nucléaire

Les résultats obtenus en 2022 sont supérieurs à la prévision actualisée. Les recettes externes ont augmenté en 2022 par rapport à 2021 (186,5 M€ en 2022 contre 129 M€ en 2021) principalement de par une hausse des recettes externes sur le projet de construction du réacteur de recherche Jules Horowitz (RJH), à hauteur de 84,5 M€ en 2022 contre 30,7 M€ en 2021. Le montant des dépenses est resté globalement stable ce qui conduit à une hausse du taux de participation. Hors cette contribution exceptionnelle des industriels au projet RJH, le taux de participation des industriels au soutien des grandes installations est en baisse avec un niveau de recettes quasiment constant (33,7 M€ en 2022 et 34 M€ en 2021) mais une hausse des dépenses (92,8 M€ en 2022 pour 83,2 M€ en 2021). Pour les activités liées au nucléaire actuel et au nucléaire de demain, les taux de participation restent constants (30 % pour le nucléaire de demain et 67 % pour le nucléaire actuel).

Sous-indicateur 2.1.4 concernant le CEA dans les NTE

Le taux de participation des industriels au financement des recherches du CEA dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) en 2022 atteint 29 %, en baisse par rapport à 2021 (34 %).

Cette baisse s'explique à la fois par une légère baisse des recettes industrielles qui passent de 37,4 M€ en 2021 à 36 M€ en 2022 mais surtout par une hausse des dépenses qui passent de 110 € en 2021 à 123 M€ en 2022, celles-ci sont notamment financées par des recettes externes institutionnelles en forte hausse grâce au plan France 2030.

Sous-indicateur 2.1.5 concernant IFPEN

On note une relative stabilité de l'indicateur en 2022 par rapport à 2021, autour de 10 %, avec le maintien d'un bon niveau de prestations sur les produits biosourcés.

Sous-indicateur 2.2.1 concernant IFPEN

Cet indicateur est stable en 2022 par rapport à 2021. Les redevances atteignent 43,2 M€ en 2022, soit le même niveau qu'en 2021.

OBJECTIF

3 – Accroître, par la recherche, la compétitivité et la sécurité nucléaire sur l'ensemble du cycle

INDICATEUR**3.1 – Maîtrise du déroulement de certains grands projets du CEA**

(du point de vue du contribuable)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Taux de grands projets d'investissement n'ayant pas dépassé de plus de 10 % le coût à terminaison incluant la marge pour aléas sur responsabilité CEA | % | 69 | 100 | 80 | 100 | 80 |
| Taux de dépenses de SENEX dans l'assainissement et le démantèlement | % | Non déterminé | Non déterminé | 45 | 42 | 43 |

Commentaires techniques

Source des données : CEA

Mode de calcul :

L'indicateur 3.1 mesure l'écart entre les prévisions de coûts des grands projets d'investissement du CEA validés par le comité des engagements et l'actualisation de leurs coûts. On ne retient ici que les projets relevant du programme 190.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Objectifs et indicateurs de performance

ANALYSE DES RÉSULTATS

Les grands projets d'investissement du CEA sont validés par les tutelles en comité des engagements. Ces projets concourent à répondre aux besoins des programmes de recherche et aux enjeux de l'assainissement-démantèlement des installations du CEA. Les 7 projets suivis par cet indicateur ne présentent pas d'écart avec le coût à terminaison. Le taux de réalisation se stabilise donc en 2022 à hauteur de 100 %, alors qu'il était de seulement 69 % en 2020.

Cette évolution favorable est essentiellement liée à la clôture de 2 projets achevés.

Le taux de dépenses de SENEX (surveillance, entretien, exploitation) dans l'assainissement et le démantèlement s'établit à 42 % en 2022, légèrement inférieur à la cible de 45 %. Le CEA a poursuivi en 2022 les actions d'optimisation visant à réduire la part des coûts de SENEX dans l'assainissement-démantèlement.

OBJECTIF

4 – Soutenir par la recherche, le développement des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) et de l'efficacité énergétique

INDICATEUR

4.1 – Mesure des transferts des technologies NTE auprès des industriels à partir des travaux du CEA et de l'IFP EN

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Nombre de brevets CEA déposés dans l'année dans le domaine des NTE | Nb | 236 | 212 | 200 | 200 | 200 |
| Nombre de brevets IFP EN déposés dans l'année dans le domaine des NTE | Nb | 105 | 93 | 95 | 102 | 95 |
| Ressources propres tirées de la valorisation de la recherche dans le domaine des NTE par le CEA | M€ | 23,6 | 37,4 | 31,8 | 36,1 | 40 |
| Ressources propres tirées de la valorisation de la recherche dans le domaine des NTE par l'IFP EN | M€ | 16,3 | 17 | 16,5 | 17 | 16,3 |

Commentaires techniques

Source des données : CEA et IFPEN

Mode de calcul :

- Sous-indicateurs 4.1.1 et 4.1.2 : nombre de brevets en premier dépôt, dits « prioritaires », sans considération de leurs éventuelles extensions ultérieures à d'autres pays pour le CEA. Tous les brevets en propriété du CEA pleine ou partielle et issus d'un financement au titre du programme 190 sont pris en compte, de même que tous les brevets en propriété d'IFPEN pleine ou partielle dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie (NTE).
- Sous-indicateur 4.1.3 : depuis 2013, le périmètre de ce sous-indicateur évolue pour être en phase avec celui du sous-indicateur 4.1.4 relatif à IFPEN.
- Sous-indicateur 4.1.4 : sur l'année écoulée, somme des produits de prestations et de recherche collaborative réalisés dans le domaine des NTE avec des industriels et des redevances sur procédés et logiciels dans le domaine des NTE reçues des industriels.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Sous-indicateur 4.1.1

Le nombre de brevets déposés par le CEA dans le domaine des NTE en 2022 (200) est inférieur à celui de 2021 (212) et juste égal à la cible du PAP (200). Cette valeur résulte d'une part de fluctuations statistiques résultant des cycles dans les programmes de recherche conduisant à une production de brevets non constante dans le temps, et d'autre part d'une volonté de maîtrise des dépenses de propriété intellectuelle. Les principales thématiques contribuant à cet effort de valorisation sont, cette année, le stockage de l'énergie avec notamment les batteries, l'énergie solaire, l'efficacité énergétique (échangeurs thermiques, bâtiment...) et le vecteur hydrogène.

Sous-indicateurs 4.1.2

L'IFPEN conduit une politique volontariste de dépôt de brevets sur l'ensemble des sujets traités.

Dans un contexte de baisse du nombre de premiers brevets (138 en 2022, 149 en 2021 et 175 en 2020), s'expliquant notamment par l'impact de la crise sanitaire mais aussi par l'ouverture de nouveaux programmes de recherche dans le domaine des NTE, le nombre de brevets déposés en 2022 dans le domaine des NTE (102) a fortement augmenté pour dépasser l'objectif prévu (95).

A noter que le taux de brevets NTE par rapport au total des brevets déposés en 2022 est de 75 %, en forte progression par rapport aux années précédentes (62 % en 2021, 60 % en 2020), ce qui illustre la capacité d'IFPEN à orienter ses efforts de recherche dans le domaine des NTE et à en protéger les résultats.

La majeure partie des brevets NTE concerne les domaines de la mobilité durable (notamment le développement de technologies et applications pour les véhicules électrifiés et connectés), de la transformation de la biomasse non alimentaire en biocarburants et bioproduits, du recyclage des plastiques, du CCUS (captage, stockage et utilisation du CO₂) et des énergies renouvelables.

Sous-indicateur 4.1.3

Les ressources tirées de la valorisation de la recherche du CEA dans le domaine des NTE sont en très légère baisse en 2022 (36,1 M€) par rapport à 2021 (37,4 M€). Le niveau de recettes externes semble donc être stabilisé à un niveau comparable à celui d'avant la crise sanitaire (36,8 M€ en 2019), ce qui confirmerait les effets des différentes actions des plans de relance et France 2030.

Sous-indicateur 4.1.4

Les ressources propres tirées par l'IFPEN de la valorisation de la recherche dans le domaine des NTE sont stables en 2022 par rapport à 2021.

OBJECTIF

5 – Produire les connaissances scientifiques et l'expertise nécessaires au maintien d'un très haut niveau de protection contre les risques nucléaires et radiologiques

INDICATEUR

5.1 – Taux de satisfaction des bénéficiaires de l'expertise de l'IRSN (services de l'État et autorités de sûreté)

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Taux de satisfaction des bénéficiaires de l'expertise de l'IRSN (services de l'Etat et autorités de sûreté) | % | 97,4 | 96,9 | >90 | N.C | >90 |

Commentaires techniques

La mesure de satisfaction est établie à l'issue des réunions des comités de suivi bilatéraux auprès des directions ministérielles et de l'ASN, qui sollicitent l'expertise de l'IRSN. Même si l'un de ces commanditaires n'a pas pu être auditionné, le volume de livrables concernés (4) n'est pas assez substantiel pour faire varier le résultat constaté (qui confirme le bon niveau de satisfaction qu'apporte l'IRSN à ses cocontractants).

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Objectifs et indicateurs de performance

ANALYSE DES RÉSULTATS

Les données complètes de cet indicateur relatif à la satisfaction des clients institutionnels pour l'exercice 2022 ne seront disponibles que courant avril.

OBJECTIF

6 – Soutenir l'effort de R&D de la filière aéronautique civile et orienter prioritairement cet effort vers la transition écologique de l'aviation

INDICATEUR

6.1 – Part des crédits dédiés à la préparation technologique et au développement des avions de transport zéro émission ou ultra sobres

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Part des crédits dédiés à la préparation technologique des futures générations d'avions de transport zéro émission ou ultra sobres ainsi que de leurs systèmes et équipements | % | Non déterminé | Non déterminé | 75 | 75 | 75 |

Commentaires techniques

Sources des données : Les données sont issues des outils de suivi de la programmation annuelle de soutien entretenus par la DGAC.

Mode de calcul : Montant annuel des soutiens octroyés à des projets de R&D ciblant prioritairement le segment des avions de transport (régionaux et commerciaux) rapporté au montant annuel total des soutiens. Au numérateur, 100 % du soutien au projet est comptabilisé dès lors que les avions de transport constituent l'application principale du projet. Dans le cas contraire, 0 % du soutien au projet est comptabilisé, y compris si les avions de transport constituent une application secondaire du projet.

INDICATEUR

6.2 – Nombre de brevets déposés dans le cadre des projets de R&D soutenus

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Nombre de brevets déposés dans le cadre des projets de R&D soutenus | Nb | Non déterminé | Non déterminé | 100 | 220 | 100 |

Commentaires techniques

Sources des données : Nombre de brevets enregistrés auprès de l'INPI ou autre organisme (OEB, OMPI...) tels que déclarés chaque année par chacun des partenaires des projets faisant l'objet d'une convention de soutien. Pour les PME, les dépôts d'enveloppes Soleau sont également pris en compte dès lors que l'information du dépôt est portée à la connaissance de la DGAC.

Mode de calcul : Les valeurs déclarées au titre de l'année n par les partenaires des projets soutenus sont sommées pour tous les projets en cours d'exécution cette même année (ces projets ont donc été conventionnés sur les années n, n-1, n-2, ...). Un brevet co-déposé par plusieurs bénéficiaires n'est comptabilisé qu'une seule fois.

INDICATEUR

6.3 – Montant d'autofinancement des dépenses de R&T de la filière aéronautique civile

(du point de vue du citoyen)

| | Unité | 2020 Réalisation | 2021 Réalisation | 2022 Cible | 2022 Réalisation | 2023 Cible |
|---|-------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Montant d'autofinancement des dépenses de R&T de la filière aéronautique civile | M€ | 1000 | 300 | 650 | Non connu | 850 |

Commentaires techniques

Sources des données : Données déclarées par les principaux industriels de la filière dans le cadre d'une enquête annuelle menée par le GIFAS (Groupement des Industriels Français de l'Aéronautique et du Spatial).

Mode de calcul : Montant des dépenses de R&T exécutées annuellement duquel est déduit le montant de subventions reçues de la part des financeurs nationaux et européens au titre desdites dépenses.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Indicateur 6.1

Le principe d'un effort orienté à 75 % vers les avions de transport « bas carbone » a été validé par le ministre en charge des Transports lors de la réunion ministérielle du Conseil pour la recherche aéronautique civile (CORAC) du 8 février 2021. Cet objectif a été atteint sur l'ensemble du volet R&D aéronautique du plan France Relance, qui a mobilisé une enveloppe de 1,5 Md€ sur la période 2020-2022. Ce même objectif est maintenu pour le volet CORAC de l'action « Avion bas carbone » du plan France 2030, doté d'une enveloppe de 800 M€ sur la période 2022-2024, cette nouvelle action étant fortement focalisée sur la décarbonation de l'aviation commerciale. Pour l'année 2022, l'objectif de 75 % a ainsi de nouveau été atteint sur un périmètre englobant le solde (186 M€) du plan France Relance et la première tranche (300 M€) du plan France 2030.

Indicateur 6.2

Avec 220 brevets déposés en 2022, l'indicateur a largement dépassé la cible fixée à 120 dépôts de brevets. Cette cible a en effet été définie en extrapolant la tendance observée dans les données d'exécution des projets sur le premier semestre de l'année, mais ces données étaient encore incomplètes et la dynamique de dépôts de brevet a fortement accéléré au second semestre. Pour 2023, la cible a également été revue à la hausse, de 100 à 150 brevets déposés, pour tenir compte de cette dynamique plus forte que prévu. Un recul de l'indicateur est néanmoins toujours attendu en 2023 compte tenu de la baisse en volume des soutiens à la R&D entre 2021 (1 Md€) et 2022 (486 M€, y compris la première tranche du plan France 2030), l'indicateur suivant l'évolution en volume des soutiens avec un an de retard, soit le délai moyen entre le démarrage d'un projet de R&D et les premiers dépôts de brevets.

Indicateur 6.3

Après avoir chuté en 2020 (-34 %), les dépenses de recherche et technologie (R&T) autofinancées par la filière ont nettement rebondi en 2021 (+67 %) sous l'effet de la montée en puissance des engagements du plan de relance aéronautique (plus de 1 Md€ en 2021 après 300 M€ en 2020), les activités de R&T soutenues étant cofinancées à hauteur de 50 % par les industriels. Selon les données récentes issues des plans moyen terme (PMT) des principaux industriels de la filière, cet effort d'autofinancement s'est intensifié en 2022 et va rester très important sur les 5 prochaines années, en cohérence avec le rétablissement progressif des capacités propres des industriels et les fortes ambitions de la filière sur la préparation technologique des prochaines générations d'aéronefs « bas carbone ». Compte tenu de cette dynamique plus forte que prévu, les cibles de l'indicateur pour les années 2022 et 2023 ont été significativement revues à la hausse, à hauteur de 1 250 M€ et 1 100 M€ respectivement contre 850 M€ prévus précédemment.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Objectifs et indicateurs de performance

Présentation des crédits

2022 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS OUVERTS ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

2022 / AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total | Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI |
|---|--|---------------------------------------|--|--|---|
| <i>Prévision LFI 2022 Consommation 2022</i> | | | | | |
| 11 – Recherche dans le domaine des risques | 177 125 704 173 670 349 | | | 177 125 704 173 670 349 | 177 125 704 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) | 6 373 110 6 274 346 | | | 6 373 110 6 274 346 | 6 373 110 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | 170 752 594 167 396 003 | | | 170 752 594 167 396 003 | 170 752 594 |
| 12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement | 85 701 182 84 558 790 | | 16 223 403 15 574 467 | 101 924 585 100 133 257 | 101 924 585 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | 85 701 182 84 558 790 | | | 85 701 182 84 558 790 | 85 701 182 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | | | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 |
| 13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable | 1 551 198 1 413 461 | -1 124 927 | | 1 551 198 288 533 | 1 551 198 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | 1 551 198 1 527 175 | | | 1 551 198 1 527 175 | 1 551 198 |
| 13.02 – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) | | | | 0 0 | 0 |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | -75 670 | -385 426 | | 0 -461 096 | 0 |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | -4 500 | | | 0 -4 500 | 0 |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | -202 068 | | 0 -202 068 | 0 |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | -2 284 | -52 437 | | 0 -54 722 | 0 |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | -309 637 | | 0 -309 637 | 0 |
| 13.09 – Biodiversité | -20 011 | -48 752 | | 0 -68 763 | 0 |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | -11 249 | -126 608 | | 0 -137 856 | 0 |
| 14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile | 512 337 | 183 338 000 | 2 128 400 | 0 185 978 737 | 0 |
| 14.01 – Recherches en amont | 512 337 | 183 338 000 | | 0 183 850 337 | 0 |
| 14.02 – Subventions à des organismes de recherche | | | | 0 0 | 0 |
| 14.03 – Equipementier | | | 2 128 400 | 0 2 128 400 | 0 |
| 14.04 – Avions | | | | 0 0 | 0 |
| 14.05 – Moteurs | | | | 0 0 | 0 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Présentation des crédits et des dépenses fiscales

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action <i>Prévision LFI 2022 Consommation 2022</i> | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total | Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI |
|--|--|---------------------------------------|--|----------------------------|---|
| 14.06 – Hélicoptères | | | | 0 0 | 0 |
| 15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA | 740 000 000 740 000 000 | | | 740 000 000 740 000 000 | 740 000 000 |
| 16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire | 419 185 791 410 626 019 | | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | 419 185 791 410 626 019 | | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 |
| 17 – Recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie | 174 335 096 172 199 039 | | | 174 335 096 172 199 039 | 174 335 096 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | 51 000 000 51 000 000 | | | 51 000 000 51 000 000 | 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | 123 335 096 121 199 039 | | | 123 335 096 121 199 039 | 123 335 096 |
| Total des AE prévues en LFI | 1 597 898 971 | 0 | 16 223 403 | 1 614 122 374 | 1 614 122 374 |
| Ouvertures / annulations par FdC et AdP | | | | | |
| Ouvertures / annulations hors FdC et AdP | | +170 126 302 (hors titre 2) | | +170 126 302 | |
| Total des AE ouvertes | | 1 784 248 676 (hors titre 2) | | 1 784 248 676 | |
| Total des AE consommées | 1 582 979 995 | 182 213 073 | 17 702 867 | 1 782 895 935 | |

2022 / CRÉDITS DE PAIEMENT

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action <i>Prévision LFI 2022 Consommation 2022</i> | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total | Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI |
|---|--|---------------------------------------|--|----------------------------|---|
| 11 – Recherche dans le domaine des risques | 177 125 704 173 670 349 | | | 177 125 704 173 670 349 | 177 125 704 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) | 6 373 110 6 274 346 | | | 6 373 110 6 274 346 | 6 373 110 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | 170 752 594 167 396 003 | | | 170 752 594 167 396 003 | 170 752 594 |
| 12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement | 85 701 182 84 558 790 | | 16 223 403 15 574 467 | 101 924 585 100 133 257 | 101 924 585 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | 85 701 182 84 558 790 | | | 85 701 182 84 558 790 | 85 701 182 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | | | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 |
| 13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable | 1 551 198 1 527 175 | | | 1 551 198 1 527 175 | 1 551 198 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | 1 551 198 1 527 175 | | | 1 551 198 1 527 175 | 1 551 198 |
| 13.02 – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) | | | | 0 0 | 0 |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | | | 0 0 | 0 |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | | | | 0 0 | 0 |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | | | 0 0 | 0 |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | | | | 0 0 | 0 |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | | | 0 0 | 0 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Présentation des crédits et des dépenses fiscales | Programme n° 190

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total | Total y.c. FdC et AdP prévus en LFI |
|--|--|---------------------------------------|--|--|---|
| <i>Prévision LFI 2022 Consommation 2022</i> | | | | | |
| 13.09 – Biodiversité | | | | 0 0 | 0 |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | | | 0 0 | 0 |
| 14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile | 102 582 | 101 025 600 428 504 862 | 13 972 801 16 790 782 | 114 998 401 445 398 227 | 114 998 401 |
| 14.01 – Recherches en amont | 102 582 | 101 025 600 428 504 862 | | 101 025 600 428 607 445 | 101 025 600 |
| 14.02 – Subventions à des organismes de recherche | | | | 0 0 | 0 |
| 14.03 – Equipementier | | | 13 972 801 10 619 492 | 13 972 801 10 619 492 | 13 972 801 |
| 14.04 – Avions | | | 6 171 291 | 0 6 171 291 | 0 |
| 14.05 – Moteurs | | | | 0 0 | 0 |
| 14.06 – Hélicoptères | | | | 0 0 | 0 |
| 15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA | 740 000 000 740 000 000 | | | 740 000 000 740 000 000 | 740 000 000 |
| 16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire | 419 185 791 410 626 019 | | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | 419 185 791 410 626 019 | | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 |
| 17 – Recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie | 174 335 096 172 199 039 | | | 174 335 096 172 199 039 | 174 335 096 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | 51 000 000 51 000 000 | | | 51 000 000 51 000 000 | 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | 123 335 096 121 199 039 | | | 123 335 096 121 199 039 | 123 335 096 |
| Total des CP prévus en LFI | 1 597 898 971 | 101 025 600 | 30 196 204 | 1 729 120 775 | 1 729 120 775 |
| Ouvertures / annulations par FdC et AdP | | | | | |
| Ouvertures / annulations hors FdC et AdP | | +320 163 206 (hors titre 2) | | +320 163 206 | |
| Total des CP ouverts | | 2 049 283 981 (hors titre 2) | | 2 049 283 981 | |
| Total des CP consommés | 1 582 683 954 | 428 504 862 | 32 365 249 | 2 043 554 066 | |

2021 / PRÉSENTATION PAR ACTION ET TITRE DES CRÉDITS VOTÉS (LFI) ET DES CRÉDITS CONSOMMÉS

2021 / AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total hors FdC et AdP prévus en LFI | Total y.c. FdC et AdP |
|--|--|---------------------------------------|--|---|--|
| <i>Prévision LFI 2021 Consommation 2021</i> | | | | | |
| 11 – Recherche dans le domaine des risques | 176 913 454 173 509 375 | | | 176 913 454 | 176 913 454 173 509 375 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des | 6 373 110 | | | 6 373 110 | 6 373 110 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Présentation des crédits et des dépenses fiscales

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total hors FdC et AdP prévus en LFI | Total y.c. FdC et AdP |
|---|--|---------------------------------------|--|---|------------------------------|
| | <i>Prévision LFI 2021</i> | | | | |
| | <i>Consommation 2021</i> | | | | |
| risques (INERIS) | 6 267 828 | | | | 6 267 828 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | 170 540 344 167 241 547 | | | 170 540 344 | 170 540 344 167 241 547 |
| 12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement | 86 913 432 85 795 403 | | 16 223 403 15 574 467 | 103 136 835 | 103 136 835 101 369 870 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | 86 913 432 85 795 403 | | | 86 913 432 | 86 913 432 85 795 403 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | | | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 | 16 223 403 15 574 467 |
| 13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable | 1 551 198 1 505 760 | -486 741 | | 1 551 198 | 1 551 198 1 019 018 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | 1 551 198 1 526 279 | | | 1 551 198 | 1 551 198 1 526 279 |
| 13.02 – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) | | | | 0 | 0 0 |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | -14 626 | -48 655 | | 0 | 0 -63 281 |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | | | | 0 | 0 0 |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | -5 023 | -46 760 | | 0 | 0 -51 783 |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | -789 | -188 216 | | 0 | 0 -189 005 |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | -56 906 | | 0 | 0 -56 906 |
| 13.09 – Biodiversité | -81 | -92 749 | | 0 | 0 -92 830 |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | -53 455 | | 0 | 0 -53 455 |
| 14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile | | 240 000 000 1 031 770 187 | 30 000 000 16 932 246 | 270 000 000 | 270 000 000 1 048 702 433 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 240 000 000 1 031 642 187 | | 240 000 000 | 240 000 000 1 031 642 187 |
| 14.02 – Subventions à des organismes de recherche | | 128 000 | | 0 | 0 128 000 |
| 14.03 – Equipementier | | | 30 000 000 16 932 246 | 30 000 000 | 30 000 000 16 932 246 |
| 14.04 – Avions | | | | 0 | 0 0 |
| 14.05 – Moteurs | | | | 0 | 0 0 |
| 14.06 – Hélicoptères | | | | 0 | 0 0 |
| 15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA | 740 000 000 740 000 000 | | | 740 000 000 | 740 000 000 740 000 000 |
| 16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire | 449 185 791 440 139 806 | | | 449 185 791 | 449 185 791 440 139 806 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | 449 185 791 440 139 806 | | | 449 185 791 | 449 185 791 440 139 806 |
| 17 – Recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie | 173 335 096 171 152 902 | | | 173 335 096 | 173 335 096 171 152 902 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | 51 000 000 51 000 000 | | | 51 000 000 | 51 000 000 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | 122 335 096 120 152 902 | | | 122 335 096 | 122 335 096 120 152 902 |
| Total des AE prévues en LFI | 1 627 898 971 | 240 000 000 | 46 223 403 | 1 914 122 374 | 1 914 122 374 |
| Total des AE consommées | 1 612 103 246 | 1 031 283 446 | 32 506 713 | | 2 675 893 404 |

2021 / CRÉDITS DE PAIEMENT

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total hors FdC et AdP prévus en LFI | Total y.c. FdC et AdP |
|---|--|---------------------------------------|--|---|----------------------------|
| <i>Prévision LFI 2021 Consommation 2021</i> | | | | | |
| 11 – Recherche dans le domaine des risques | 176 913 454 173 509 375 | | | 176 913 454 | 176 913 454 173 509 375 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) | 6 373 110 6 267 828 | | | 6 373 110 | 6 373 110 6 267 828 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | 170 540 344 167 241 547 | | | 170 540 344 | 170 540 344 167 241 547 |
| 12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement | 86 913 432 85 795 403 | | 16 223 403 15 574 467 | 103 136 835 | 103 136 835 101 369 870 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | 86 913 432 85 795 403 | | | 86 913 432 | 86 913 432 85 795 403 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | | | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 | 16 223 403 15 574 467 |
| 13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable | 1 551 198 1 526 279 | 49 941 | | 1 551 198 | 1 551 198 1 576 220 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | 1 551 198 1 526 279 | | | 1 551 198 | 1 551 198 1 526 279 |
| 13.02 – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) | | | | 0 | 0 0 |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | | | 0 | 0 0 |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | | | | 0 | 0 0 |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | 50 044 | | 0 | 0 50 044 |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | | | | 0 | 0 0 |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | -103 | | 0 | 0 -103 |
| 13.09 – Biodiversité | | | | 0 | 0 0 |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | | | 0 | 0 0 |
| 14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile | | 96 771 660 373 195 887 | 14 526 917 12 610 429 | 111 298 577 | 111 298 577 385 806 315 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 96 771 660 373 067 887 | | 96 771 660 | 96 771 660 373 067 887 |
| 14.02 – Subventions à des organismes de recherche | | 128 000 | | 0 | 0 128 000 |
| 14.03 – Equipementier | | | 14 526 917 10 845 488 | 14 526 917 | 14 526 917 10 845 488 |
| 14.04 – Avions | | | 1 764 941 | 0 | 0 1 764 941 |
| 14.05 – Moteurs | | | | 0 | 0 0 |
| 14.06 – Hélicoptères | | | | 0 | 0 0 |
| 15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA | 740 000 000 740 000 000 | | | 740 000 000 | 740 000 000 740 000 000 |
| 16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire | 449 185 791 440 139 806 | | | 449 185 791 | 449 185 791 440 139 806 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | 449 185 791 440 139 806 | | | 449 185 791 | 449 185 791 440 139 806 |
| 17 – Recherche dans le domaine des nouvelles | 173 335 096 | | | 173 335 096 | 173 335 096 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Présentation des crédits et des dépenses fiscales

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action | Titre 3 Dépenses de fonctionnement | Titre 6 Dépenses d'intervention | Titre 7 Dépenses d'opérations financières | Total hors FdC et AdP prévus en LFI | Total y.c. FdC et AdP |
|---|--|---------------------------------------|--|---|--|
| <i>Prévision LFI 2021</i> Consommation 2021 | | | | | |
| technologies de l'énergie | 171 152 902 | | | | 171 152 902 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | 51 000 000 51 000 000 | | | 51 000 000 | 51 000 000 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | 122 335 096 120 152 902 | | | 122 335 096 | 122 335 096 120 152 902 |
| Total des CP prévus en LFI | 1 627 898 971 | 96 771 660 | 30 750 320 | 1 755 420 951 | 1 755 420 951 |
| Total des CP consommés | 1 612 123 765 | 373 245 828 | 28 184 896 | | 2 013 554 488 |

PRÉSENTATION PAR TITRE ET CATÉGORIE DES CRÉDITS CONSOMMÉS

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|---|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Consommées* en 2021 | Ouvertes en 2022 | Consommées* en 2022 | Consommés* en 2021 | Ouverts en 2022 | Consommés* en 2022 |
| Titre 3 – Dépenses de fonctionnement | 1 612 103 246 | 1 597 898 971 | 1 582 979 995 | 1 612 123 765 | 1 597 898 971 | 1 582 683 954 |
| Dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel | -20 438 | 0 | 418 634 | 0 | 0 | 102 582 |
| Subventions pour charges de service public | 1 612 123 684 | 1 597 898 971 | 1 582 561 361 | 1 612 123 765 | 1 597 898 971 | 1 582 581 372 |
| Titre 6 – Dépenses d'intervention | 1 031 283 446 | 0 | 182 213 073 | 373 245 828 | 101 025 600 | 428 504 862 |
| Transferts aux ménages | 0 | 0 | -205 073 062 | 0 | 0 | -205 073 062 |
| Transferts aux entreprises | 1 015 274 744 | 0 | 386 249 482 | 368 661 165 | 101 025 600 | 631 590 623 |
| Transferts aux collectivités territoriales | 214 000 | 0 | 0 | 53 500 | 0 | 0 |
| Transferts aux autres collectivités | 15 794 701 | 0 | 1 036 654 | 4 531 162 | 0 | 1 987 302 |
| Titre 7 – Dépenses d'opérations financières | 32 506 713 | 16 223 403 | 17 702 867 | 28 184 896 | 30 196 204 | 32 365 249 |
| Prêts et avances | 16 932 246 | 0 | 2 128 400 | 12 610 429 | 13 972 801 | 16 790 782 |
| Dotations en fonds propres | 15 574 467 | 16 223 403 | 15 574 467 | 15 574 467 | 16 223 403 | 15 574 467 |
| Total hors FdC et AdP | | 1 614 122 374 | | | 1 729 120 775 | |
| Ouvertures et annulations* hors titre 2 | | +170 126 302 | | | +320 163 206 | |
| Total* | 2 675 893 404 | 1 784 248 676 | 1 782 895 935 | 2 013 554 488 | 2 049 283 981 | 2 043 554 066 |

* y.c. FdC et AdP

RÉCAPITULATION DES MOUVEMENTS DE CRÉDITS

ARRÊTÉS DE REPORT DE FDC

| Date de signature | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|-------------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| 02/02/2022 | | 8 724 | | | | | | |
| Total | | 8 724 | | | | | | |

ARRÊTÉS DE REPORT GÉNÉRAL HORS FDC HORS AENE

| Date de signature | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|-------------------|----------------------------|---------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| 28/02/2022 | | 84 113 | | 1 129 741 | | | | |
| Total | | 84 113 | | 1 129 741 | | | | |

DÉCRETS D'AVANCE

| Date de signature | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|-------------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| 07/04/2022 | | | | | | 12 099 982 | | 12 099 982 |
| Total | | | | | | 12 099 982 | | 12 099 982 |

DÉCRETS DE TRANSFERT

| Date de signature | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| 23/03/2022 | | 186 000 000 | | 160 000 000 | | | | |
| 27/06/2022 | | | | 130 000 000 | | | | |
| 02/12/2022 | | | | 45 000 000 | | | | |
| Total | | 186 000 000 | | 335 000 000 | | | | |

LOIS DE FINANCES RECTIFICATIVES

| Date de signature | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|-------------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| 16/08/2022 | | 12 099 982 | | 12 099 982 | | | | |
| 01/12/2022 | | | | | | 15 966 535 | | 15 966 535 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Présentation des crédits et des dépenses fiscales

| Date de signature | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| Total | | 12 099 982 | | 12 099 982 | | 15 966 535 | | 15 966 535 |

TOTAL DES OUVERTURES ET ANNULATIONS (Y.C. FDC ET ADP)

| | Ouvertures | | | | Annulations | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
| | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres | Titre 2 | Autres titres |
| Total général | | 198 192 819 | | 348 229 723 | | 28 066 517 | | 28 066 517 |

Justification au premier euro

Éléments transversaux au programme

ÉLÉMENTS DE SYNTHÈSE DU PROGRAMME

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action <i>Prévision LFI Consommation</i> | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|---|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Titre 2 * Dépenses de personnel | Autres titres * | Total y.c. FdC et AdP | Titre 2 * Dépenses de personnel | Autres titres * | Total y.c. FdC et AdP |
| 11 – Recherche dans le domaine des risques | | 177 125 704 173 670 349 | 177 125 704 173 670 349 | | 177 125 704 173 670 349 | 177 125 704 173 670 349 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) | | 6 373 110 6 274 346 | 6 373 110 6 274 346 | | 6 373 110 6 274 346 | 6 373 110 6 274 346 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | | 170 752 594 167 396 003 | 170 752 594 167 396 003 | | 170 752 594 167 396 003 | 170 752 594 167 396 003 |
| 12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement | | 101 924 585 100 133 257 | 101 924 585 100 133 257 | | 101 924 585 100 133 257 | 101 924 585 100 133 257 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | | 85 701 182 84 558 790 | 85 701 182 84 558 790 | | 85 701 182 84 558 790 | 85 701 182 84 558 790 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 15 574 467 | | 16 223 403 15 574 467 | 16 223 403 15 574 467 |
| 13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable | | 1 551 198 288 533 | 1 551 198 288 533 | | 1 551 198 1 527 175 | 1 551 198 1 527 175 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | | 1 551 198 1 527 175 | 1 551 198 1 527 175 | | 1 551 198 1 527 175 | 1 551 198 1 527 175 |
| 13.02 – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) | | | 0 0 | | | 0 0 |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | -461 096 | -461 096 | | | 0 0 |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | | -4 500 | -4 500 | | | 0 0 |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | -202 068 | -202 068 | | | 0 0 |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | | -54 722 | -54 722 | | | 0 0 |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | -309 637 | -309 637 | | | 0 0 |
| 13.09 – Biodiversité | | -68 763 | -68 763 | | | 0 0 |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | -137 856 | -137 856 | | | 0 0 |
| 14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile | | 185 978 737 | 185 978 737 | | 114 998 401 445 398 227 | 114 998 401 445 398 227 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 183 850 337 | 183 850 337 | | 101 025 600 428 607 445 | 101 025 600 428 607 445 |
| 14.02 – Subventions à des organismes de recherche | | | 0 0 | | | 0 0 |
| 14.03 – Equipementier | | 2 128 400 | 2 128 400 | | 13 972 801 10 619 492 | 13 972 801 10 619 492 |
| 14.04 – Avions | | | 0 | | | 0 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

| Numéro et intitulé de l'action ou de la sous-action <i>Prévision LFI Consommation</i> | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Titre 2 * Dépenses de personnel | Autres titres * | Total y.c. FdC et AdP | Titre 2 * Dépenses de personnel | Autres titres * | Total y.c. FdC et AdP |
| | | | 0 | | 6 171 291 | 6 171 291 |
| 14.05 – Moteurs | | | 0 | | | 0 |
| 14.06 – Hélicoptères | | | 0 | | | 0 |
| 15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA | | 740 000 000 740 000 000 | 740 000 000 740 000 000 | | 740 000 000 740 000 000 | 740 000 000 740 000 000 |
| 16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 410 626 019 | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 410 626 019 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 410 626 019 | | 419 185 791 410 626 019 | 419 185 791 410 626 019 |
| 17 – Recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie | | 174 335 096 172 199 039 | 174 335 096 172 199 039 | | 174 335 096 172 199 039 | 174 335 096 172 199 039 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | | 51 000 000 51 000 000 | 51 000 000 51 000 000 | | 51 000 000 51 000 000 | 51 000 000 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | | 123 335 096 121 199 039 | 123 335 096 121 199 039 | | 123 335 096 121 199 039 | 123 335 096 121 199 039 |
| Total des crédits prévus en LFI * | 0 | 1 614 122 374 | 1 614 122 374 | 0 | 1 729 120 775 | 1 729 120 775 |
| Ouvertures / annulations y.c. FdC et AdP | | +170 126 302 | +170 126 302 | | +320 163 206 | +320 163 206 |
| Total des crédits ouverts | 0 | 1 784 248 676 | 1 784 248 676 | 0 | 2 049 283 981 | 2 049 283 981 |
| Total des crédits consommés | 0 | 1 782 895 935 | 1 782 895 935 | 0 | 2 043 554 066 | 2 043 554 066 |
| Crédits ouverts - crédits consommés | | +1 352 741 | +1 352 741 | | +5 729 915 | +5 729 915 |

* hors FdC et AdP pour les montants de la LFI

PASSAGE DU PLF À LA LFI

| | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|-------------|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| PLF | 0 | 1 614 122 374 | 1 614 122 374 | 0 | 1 729 120 775 | 1 729 120 775 |
| Amendements | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LFI | 0 | 1 614 122 374 | 1 614 122 374 | 0 | 1 729 120 775 | 1 729 120 775 |

Aucun amendement n'est venu modifier le montant des crédits inscrits en PLF2022 pour le programme 190.

MODIFICATIONS DE MAQUETTE

Aucune modification de maquette n'a été réalisée.

JUSTIFICATION DES MOUVEMENTS RÉGLEMENTAIRES ET DES LOIS DE FINANCES RECTIFICATIVES

Les mouvements réglementaires et législatifs en 2022 se sont élevés à un peu plus de 186 M€ en AE et 291 M€ en CP détaillés comme suit :

Au titre de la recherche incitative de l'action 13 « Recherche partenariale dans le développement de l'aménagement durables » :

- Arrêté de report de FDC du 2/02/22 pour 8 724 €,
- Arrêté de reports de crédits généraux du 28/02/22 pour 84 113 € en AE et 1 129 741 € en CP.

Au titre du plan de relance de l'action 14 « Recherche dans le domaine de l'aéronautique civile », trois décrets de transfert de crédits venant abonder la ligne de 186 M€ en AE et 335 M€ en CP :

- Décret n° 2022-415 du 23 mars 2022 pour 186 M€ en AE et 160 M€ en CP,
- Décret n° 2022-934 du 27 juin 2022 pour 130 M€ en CP uniquement,
- Décret n° 2022-1512 du 2 décembre 2022 pour 45 M€ en CP uniquement.

Sans incidence sur le montant de la ressource globale du P190 :

- Décret n° 2022-512 du 7 avril 2022 portant ouverture et annulation de crédits à titre d'avance de près de 12,10 M€ en AE et CP,
- Loi de finances rectificatives :
 - n° 2022-1157 du 16 août 2022 abondement de 12,10 M€ en AE et CP ;
 - n° 2022-1499 du 1^{er} décembre annulation de 15,97 M€ en AE et CP.

■ RÉSERVE DE PRÉCAUTION ET FONGIBILITÉ

| | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|--|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| Mise en réserve initiale | 0 | 15 966 535 | 15 966 535 | 0 | 20 566 471 | 20 566 471 |
| Surgels | 0 | 12 099 982 | 12 099 982 | 0 | 12 099 982 | 12 099 982 |
| Dégels | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Annulations / réserve en cours de gestion | 0 | -12 099 982 | -12 099 982 | 0 | -12 099 982 | -12 099 982 |
| Réserve disponible avant mise en place du schéma de fin de gestion (LFR de fin d'année) | 0 | 15 966 535 | 15 966 535 | 0 | 20 566 471 | 20 566 471 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

Dépenses pluriannuelles

SUIVI DES CRÉDITS DE PAIEMENT ASSOCIÉS À LA CONSOMMATION
DES AUTORISATIONS D'ENGAGEMENT (HORS TITRE 2)

| AE 2022 | CP 2022 |
|--|---|
| AE ouvertes en 2022 * (E1) 1 784 248 676 | CP ouverts en 2022 * (P1) 2 049 283 981 |
| AE engagées en 2022 (E2) 1 782 895 935 | CP consommés en 2022 (P2) 2 043 554 066 |
| AE affectées non engagées au 31/12/2022 (E3) 0 | dont CP consommés en 2022 sur engagements antérieurs à 2022 (P3 = P2 - P4) 1 991 694 907 |
| AE non affectées non engagées au 31/12/2022 (E4 = E1 - E2 - E3) 1 352 741 | dont CP consommés en 2022 sur engagements 2022 (P4) 51 859 159 |

RESTES À PAYER

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Engagements ≤ 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2021 brut (R1) 1 040 453 121 | | | | |
| Travaux de fin de gestion postérieurs au RAP 2021 (R2) 0 | | | | |
| Engagements ≤ 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2021 net (R3 = R1 + R2) 1 040 453 121 | – | CP consommés en 2022 sur engagements antérieurs à 2022 (P3 = P2 - P4) 1 991 694 907 | = | Engagements ≤ 2021 non couverts par des paiements au 31/12/2022 (R4 = R3 - P3) -951 241 786 |
| AE engagées en 2022 (E2) 1 782 895 935 | – | CP consommés en 2022 sur engagements 2022 (P4) 51 859 159 | = | Engagements 2022 non couverts par des paiements au 31/12/2022 (R5 = E2 - P4) 1 731 036 775 |
| | | | | Engagements non couverts par des paiements au 31/12/2022 (R6 = R4 + R5) 779 794 989 |
| | | | | Estimation des CP 2023 sur engagements non couverts au 31/12/2022 (P5) 492 100 000 |
| | | | | Estimation du montant maximal des CP nécessaires après 2023 pour couvrir les engagements non couverts au 31/12/2022 (P6 = R6 - P5) 287 694 989 |

NB : les montants ci-dessus correspondent uniquement aux crédits hors titre 2

* LFI 2022 + reports 2021 + mouvements réglementaires + FdC + AdP + fongibilité asymétrique + LFR

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

Après une première analyse, la DGAC estime à 30 M€ environ le montant de restes à payer ne correspondant à aucune créance réelle d'industriels et a entrepris une identification fine des conventions soldées mais non clôturées dans Chorus pour identifier les montants qui pourront être dégagés dans Chorus afin de fiabiliser le montant du reste à payer.

Justification par action

ACTION

11 – Recherche dans le domaine des risques

| Action / Sous-action | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|---|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> | | | | | | |
| <i>Réalisation</i> | | | | | | |
| 11 – Recherche dans le domaine des risques | | 177 125 704 | 177 125 704 | | 177 125 704 | 177 125 704 |
| | | 173 670 349 | 173 670 349 | | 173 670 349 | 173 670 349 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) | | 6 373 110 | 6 373 110 | | 6 373 110 | 6 373 110 |
| | | 6 274 346 | 6 274 346 | | 6 274 346 | 6 274 346 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | | 170 752 594 | 170 752 594 | | 170 752 594 | 170 752 594 |
| | | 167 396 003 | 167 396 003 | | 167 396 003 | 167 396 003 |

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | 177 125 704 | 173 670 349 | 177 125 704 | 173 670 349 |
| Subventions pour charges de service public | 177 125 704 | 173 670 349 | 177 125 704 | 173 670 349 |
| 11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) | 6 373 110 | 6 274 346 | 6 373 110 | 6 274 346 |
| 11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) | 170 752 594 | 167 396 003 | 170 752 594 | 167 396 003 |
| Total | 177 125 704 | 173 670 349 | 177 125 704 | 173 670 349 |

SOUS-ACTION

11.01 – Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)

En 2022, l'INERIS a reçu une subvention de 6,27 M€ (AE=CP) au titre du programme 190.

La part d'activité consacrée à la recherche de l'institut a été de plus de 22 %, pour une cible du Contrat d'objectifs de 20 %, en légère croissance par rapport à 2021, ce qui traduit la croissance des ressources en provenance de contrats de recherche auprès des tiers (recherche partenariale) et des projets subventionnés par des guichets européens ou nationaux.

L'année 2022 fut marquée par un taux élevé de succès sur les appels à projet européens. Ainsi 13 projets proposés par l'INERIS ont été retenus pour une cible de 8 inscrite dans le contrat d'objectifs et de performance, ce qui représente une augmentation de 8 par rapport à 2021, et ce, en dépit d'un contexte extrêmement concurrentiel.

L'INERIS est intégré au réseau européen PARC2 piloté par l'ANSES dans le cadre d'Horizon Europe. Il a également confirmé sa contribution au développement des services Copernicus Atmosphère avec le centre météorologique européen (ECMWF).

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

L'institut a également développé des projets de recherche exploratoire dans le domaine de la qualité de l'air, financés par la quote-part de la liquidation de l'astreinte décidée par le Conseil d'État suite à la condamnation de l'État dans le cadre du contentieux relatif à la qualité de l'air dont l'INERIS a été bénéficiaire.

Par ailleurs, 90 articles ont été publiés dans des revues référencées dans la base ISI Web of Science (objectif annuel atteint) dont 54,4 % de co-publications internationales, pour une cible de 47 %. Cette cible fut également dépassée en 2021 avec un taux de 47,4 %. Toutes les publications dont l'INERIS est premier auteur sont désormais accessibles via les archives ouvertes HAL-Ineris3.

SOUS-ACTION**11.02 – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)**

La subvention pour charges de service public, nette de la réserve de précaution, attribuée à l'IRSN au titre du programme 190 s'élève à 167,4 M€ pour l'exercice 2022.

L'IRSN dispose également du produit de la contribution, acquittée par les exploitants d'INB en vertu de l'article 70 de la loi n° 2016-1918 du 29/12/2016, et dont le montant perçu en 2021 est de 61.08 M€. Ces moyens contribuent, à hauteur de 41,73 M€, au financement des activités d'appui technique que l'IRSN apporte à l'ASN, en complément du financement relevant de l'axe « Appui à l'Autorité de sûreté nucléaire (41 M€) », et, à hauteur de 19,35 M€, au financement des actions d'études et recherche en soutien à l'expertise, en complément des moyens portés par l'axe « Recherche et missions de service public ».

1) Recherche et missions de service public – 103,2 M€

Les programmes de recherche mis en œuvre par l'IRSN visent principalement la réduction de la sensibilité des installations et activités utilisant des rayonnements ionisants aux différents risques pouvant les affecter, la compréhension des phénomènes qui peuvent être à l'origine d'accidents majeurs, l'amélioration de l'efficacité des parades envisageables, le développement des connaissances qui sous-tendent le cadre des actions de protection, et la mise au point des techniques et outils opérationnels dont l'Institut a besoin pour remplir ses missions (métrologie des rayonnements ionisants, bases de données, outils de calcul et de modélisation,...).

Dans le domaine de la recherche en sûreté nucléaire, l'IRSN a poursuivi en 2022 les programmes expérimentaux visant à mieux caractériser les conséquences d'accident de perte de refroidissement de combustible nucléaire qu'il s'agisse d'une situation de fonctionnement en réacteur (projet PERFROI), ou d'une situation d'entreposage en piscine (projet DENOPI). Ces deux projets sont menés dans le cadre de l'action mise en place à la suite de l'accident de Fukushima (projet « RSNR », Recherche en sûreté nucléaire et radioprotection) du programme des investissements d'avenir (PIA). Concernant le projet PERFROI qui s'achèvera en 2023, l'année 2022 a été marquée par la réalisation, en collaboration avec STERN Lab au Canada, de la dernière campagne d'essais du programme COAL destiné à l'étude de la refroidissabilité de crayons de combustible déformés en situation de fonctionnement en réacteur consécutivement à un accident de perte d'eau dans le circuit primaire ; les données expérimentales collectées permettront de consolider les modèles numériques utilisés en appui à l'étude des dossiers de sûreté. Concernant le projet DENOPI, désormais achevé, l'année 2022 a été marquée par la production des rapports finaux d'analyse des essais thermo-hydrauliques réalisés les années précédentes à l'échelle d'un assemblage combustible dans l'installation ASPIC installée à Cadarache, ainsi que des essais de convection naturelle réalisés à l'échelle représentative de la piscine d'entreposage dans l'installation MIDI (également à Cadarache). Les analyses et conclusions issues de ces travaux participent à l'acquisition et au développement de connaissances nouvelles sur ce transitoire accidentel tant du point de vue des phénoménologies physiques mises en jeu que des dispositions pouvant être mises en œuvre pour en limiter la survenue ou les conséquences.

L'année 2022 a également été marquée par la réalisation du deuxième essai (essai CIP1-2B) du programme international CIP (*Cabri international program*) visant à étudier le comportement thermomécanique de crayons combustible des réacteurs du parc électronucléaire (différents combustibles, différents matériaux de gainage) lors d'un transitoire de puissance représentatif d'un accident d'insertion de réactivité pouvant intervenir sur un réacteur en fonctionnement. Ce programme, placé sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, est piloté et en grande partie financé par l'IRSN, et réalisé dans le réacteur CABRI exploité par le CEA. L'année 2022 a aussi été marquée par la réalisation des actions préparatoires et des pré-calculs pour les des deux essais prévus en 2023.

Un autre projet mené dans le cadre de l'action RSNR du PIA s'est achevé en 2022, il s'agit du projet MIRE (mitigation des rejets à l'environnement en cas d'accident nucléaire) visant à investiguer les possibilités de limiter les rejets dans l'environnement en cas d'accident majeur affectant un réacteur électronucléaire. L'année 2022 a permis la production d'une synthèse des travaux menés sur l'étude de l'efficacité du piégeage d'espèces d'iode gazeuses par des filtres en zéolites dopées à l'argent. Ces travaux ont permis d'engager auprès des industriels des actions d'amélioration de la ligne de filtration de l'enceinte de confinement pour minimiser les rejets dans l'environnement.

Parallèlement, l'IRSN a poursuivi en 2022 ses études sur vieillissement des bétons (enceinte de confinement des réacteurs électronucléaires) dans le cadre du programme expérimental ODOBA mené à Cadarache dans l'installation ODE (plateforme pour le vieillissement accéléré de blocs de béton de grandes dimensions) et dans le cadre des actions de modélisation menées au sein du consortium CONCRETE qui regroupe des partenaires académiques. S'agissant du vieillissement des matériaux métalliques, et plus spécifiquement ceux des circuits primaires, plusieurs essais de fatigue ont été réalisés sur la plateforme MAESTRO à Cadarache ; dont certains valorisés dans le cadre du projet européen INCEFA SCALE.

Dans le domaine des déchets radioactifs, les recherches réalisées par l'IRSN sont largement structurées autour des enjeux d'expertise relatifs au projet Cigéo dédié au stockage géologique de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue. En 2022, un certain nombre d'activités expérimentales ont été réalisées dans le laboratoire de recherche souterrain de l'IRSN situé à Tournemire (Aveyron), dans le cadre du projet VSEAL (vertical sealing) qui vise à évaluer sur une quinzaine d'années l'aptitude des techniques de scellement de puits utilisant une variété d'argile dite bentonite, à assurer la fonction de confinement des déchets considérés, notamment vis-à-vis de l'eau de ruissellement et de l'hydrogène qui serait produit par les déchets stockés. En complément, l'IRSN a accueilli du 29 au 30 septembre 2022 l'atelier collaboratif international « Fractures naturelles dans les formations rocheuses argileuses dans le contexte du stockage géologique des déchets radioactifs ». Cet atelier a permis de réunir un panel international de scientifiques issus de l'industrie et du monde académique pour répondre et discuter d'un ensemble de questions liées à la présence et au rôle des fractures dans les roches argileuses, notamment celles concernant l'occurrence de l'écoulement de fluides à travers les fractures et la manière de les appréhender et de les modéliser.

Dans le domaine de l'environnement et plus spécifiquement de la recherche sur les transferts des radionucléides vers les écosystèmes, l'année 2022 a vu l'achèvement du projet AMORAD, mené lui aussi dans le cadre de l'action RSNR du PIA, et dont les résultats permettent de disposer désormais de modèles prédictifs de dispersion des radionucléides dans l'environnement terrestre (transfert de radionucléides, le césium-137 en particulier, dans les écosystèmes forestiers et dans le continuum bassins versants-cours d'eau à différentes échelles de temps) et marin (dispersion marine et côtière des particules sédimentaires et des radionucléides dissous et transfert aux chaînes trophiques). Le projet AMORAD doit également permettre le développement d'outils d'évaluation des pertes économiques engendrées sur les filières du bois et de la pêche en mer en cas de rejets accidentels. Certains résultats du projet AMORAD seront utilisables pour des recommandations aux pouvoirs publics en matière de doctrine de gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire. Parallèlement au projet AMORAD, l'IRSN a poursuivi les travaux expérimentaux visant à comprendre et prévoir les transformations des principales espèces d'iode susceptibles de se produire dans l'atmosphère à la suite d'un rejet accidentel d'une installation nucléaire, afin d'améliorer in fine les évaluations dosimétriques et la cartographie des dépôts d'iode en cas d'accident. L'année 2022 a vu le développement d'un dispositif expérimental pour des campagnes d'essais à proximité de l'usine Orano de La Hague. En matière d'écotoxicologie, l'IRSN a démarré les travaux du programme BEERAD soutenus par l'ANR qui visent à étudier les effets et les mécanismes d'actions de faibles doses chroniques de rayonnements ionisants sur la physiologie et les populations d'abeilles, modèle biologique terrestre d'importance économique (apiculture), agro-environnementale (pollinisation) et scientifique (étude des fonctions cognitives). Dans le cadre de travaux similaires, les premiers prélèvements de rainettes arboricoles ont été réalisés dans la région de Fukushima afin de qualifier l'impact écosystémique d'une exposition chronique aux rayonnements ionisants.

Dans le domaine des aléas naturels, l'IRSN a poursuivi en 2022 les actions de caractérisation du système de failles sur lequel s'est produit le séisme du Teil en novembre 2019, actions dont les résultats permettront une réévaluation de l'aléa sismique dans cette région qui accueille les centrales de Cruas et du Tricastin. Concernant le site du Tricastin (bassin sédimentaire propice à l'amplification des mouvements sismiques), l'analyse du bruit de fond sismique mesuré dans le cadre du projet DARE financé pour partie par l'ANR a permis une estimation empirique de l'amplification à basse fréquence mais des travaux restent à mener pour ce qui concerne les hautes fréquences, pour lesquelles les

mesures sont polluées par les sources locales de vibrations liées à l'industrialisation de la zone. Concernant les aléas hydro-météorologiques, les travaux ont principalement porté en 2022 sur l'évaluation statistique des événements extrêmes, avec notamment le développement d'un nouveau modèle statistique pour le risque de submersion marine, qui combine des niveaux marins issus de mesures (marégraphes) à des estimations fondées sur des données historiques. Concernant les risques d'inondation, l'IRSN a développé son propre modèle de comportement fluvial de la Loire, qui a produit les données nécessaires à l'étude probabiliste du risque d'inondation externe du site sur lequel est située la centrale nucléaire de Belleville.

Dans le domaine de la recherche sur les effets sur l'homme des rayonnements ionisants, l'IRSN a mené des études épidémiologiques afin d'évaluer les risques associés aux expositions médicales diagnostiques. Ainsi, l'IRSN a contribué à montrer que le risque de développement de tumeur maligne du cerveau est augmenté chez l'enfant et le jeune adulte après des examens scanners de la tête, même si cet excès de risque reste faible au regard du bénéfice diagnostique. Parallèlement, l'IRSN a démarré, dans le cadre du projet RADIO-AIDE, financé par l'ANR, la collecte de données au sein de la cohorte EPIBRAINRAD de patients atteints de glioblastomes et traités par radiothérapie, pour la mise au point de modèle d'intelligence artificielle pour la détection et l'identification, à partir d'images IRM, de lésions radio-induites aux tissus sains. Dans le cadre du programme européen MEDIRAD, l'IRSN a contribué à une étude mettant en avant l'apparition d'altérations cardiaques après radiothérapie du sein et suggérant ainsi la nécessité de porter une attention particulière au risque d'arythmie, et a lancé un projet de recherche sur un modèle animal sur les risques de cardiotoxicité post-radiothérapie, ce qui s'inscrit en cohérence avec les recommandations publiées en 2022 par la Société Européenne de Cardiologie. Concernant spécifiquement l'exposition des travailleurs du nucléaire, l'IRSN a contribué à mettre en évidence une association entre l'exposition à de faibles niveaux de radon chez des mineurs d'uranium (cohorte internationale PUMA) et le risque de mortalité par cancer du poumon. Et l'analyse menée au sein de la cohorte SELTINE (travailleurs du nucléaire français) a mis en avant une association entre la dose de rayonnements ionisants et le risque de mortalité par démence et maladie d'Alzheimer.

Concernant la maîtrise des actes médicaux mettant en œuvre des rayonnements ionisants, l'IRSN a participé en 2022, dans le cadre du Plan Cancer, au développement d'une caméra ambulatoire visant à renforcer le contrôle de la dose délivrée lors du traitement à l'iode radioactif des maladies de la thyroïde (projet THIDOS).

Parallèlement à ces travaux, l'IRSN a poursuivi en 2022 les actions de recherche visant à améliorer la prise en charge médicale et sanitaire en cas de situations d'urgences radiologiques et nucléaires. Dans le cadre du projet PRIODAC, financé par l'action RSNR du PIA, les travaux menés ont abouti à une adaptation de l'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) pour la population adulte et les enfants de plus de 12 ans, permettant une prise répétée d'iodure de potassium stable en situation d'accident nucléaire induisant des rejets répétés d'iode radioactive. Pour les femmes enceintes, la demande de modification de posologie est en cours d'instruction avec l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé). Dans le cadre du projet DRUGS, l'IRSN a mené des travaux visant à évaluer l'efficacité de décorporation de formes galéniques de biphosphonates dites vectorisées en cas de contamination interne par des radioisotopes du cobalt et du strontium. Concernant le syndrome aigu d'irradiation (SAI), l'IRSN poursuivi ses travaux sur la prise en charge des formes hématologiques et gastro intestinales et a lancé un nouveau projet CAESAR, financé par le programme ASTRID de la DGA, pour l'identification de biomarqueurs de pronostic et diagnostic de la brûlure radiologique (forme cutanée du SAI).

Dans le domaine de la surveillance radiologique de l'environnement, l'IRSN a poursuivi en 2022 le déploiement des balises automatiques de spectrométrie gamma à proximité des installations nucléaires (SpectroTéléray). Ces balises permettent de disposer d'informations plus précises sur les radionucléides rejetés par les installations nucléaires, notamment en situation incidentelle ou accidentelle, mais également de caractériser les élévations de débit de dose gamma ambiant dans l'air détecté par le réseau Téléray (réseau de balises de mesure de la radioactivité gamma ambiant transmises à un système de supervision centralisé afin de surveiller la radioactivité émise sur le territoire national, métropole et départements et régions d'outre-mer). Parallèlement, l'IRSN a finalisé l'étude radiologique de site (ERS) dans l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban-Saint-Maurice-L'Exil, engagée en 2019. Cette étude visait à caractériser finement l'influence du site nucléaire sur son environnement en acquérant de nombreuses mesures radiologiques (970 prélèvements et plus de 1200 analyses, 34 communes participantes, 110 foyers enquêtés, 40 exploitations agricoles participantes, 4 fédérations de chasse et une fédération de pêche mobilisées, etc.). L'IRSN a présenté les principaux résultats de cette étude aux parties prenantes (exploitants, associations, citoyens, élus...) lors d'une réunion ouverte au public organisée par l'IRSN le 9 mars 2022 à Saint-Maurice-L'Exil. Pour les actions d'ouverture à la société menées dans le cadre de l'Étude Radiologique de Site de Saint-Alban, l'IRSN a été lauréat des Trophées de la participation et de la concertation 2022.

2) Appui aux pouvoirs publics – 4.3 M€

L'appui aux pouvoirs publics s'inscrit dans le cadre de conventions pluriannuelles et de protocoles annuels liant l'IRSN aux directions ministérielles concernées. En 2022, les actions répondant aux grands objectifs prioritaires ont été réalisées, en particulier le suivi dosimétrique de l'exposition des travailleurs, la gestion de l'inventaire des anciens sites miniers d'uranium, la surveillance des denrées alimentaires sur le territoire ou bien encore la qualité radiologique des eaux de consommation humaine.

Plus spécifiquement, dans le cadre de son appui technique au Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (Direction Directrice Générale de l'Alimentation – DGAL –) en matière d'organisation et de méthodologie de la surveillance radiologique des denrées du territoire, l'IRSN en tant que Laboratoire National de Référence des Radionucléides, a organisé en 2022 un essai Inter-Laboratoires d'Aptitude sur une matrice de vin puis a fourni au Ministère une note de synthèse des performances des laboratoires du réseau DGAL (7 laboratoires vétérinaires et 4 laboratoires des services des douanes).

Dans le domaine du suivi des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants, l'IRSN a poursuivi en 2022, en lien avec la Direction générale du travail (DGT), le développement de la nouvelle plateforme SISERI d'enregistrement et de traitement des données de surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. La livraison de l'outil finalisé, dont le développement est financé pour partie par le Fonds de Transformation de l'Action publique (FTAP) est prévu en mai 2023.

3) Appui à l'Autorité de sûreté nucléaire – 41 M€

Le programme de travail 2022, défini conjointement avec l'ASN, identifiait un certain nombre de sujets à fort enjeu parmi lesquels l'analyse des réexamens de sûreté des réacteurs électronucléaires mais également d'installations du cycle du combustible, l'expertise des dossiers support à la mise en service du réacteur EPR de Flamanville, l'examen de dossiers d'opérations de reprise et de conditionnement de déchets issus d'installations en phase de démantèlement ou bien encore la réalisation d'études dans le cadre des travaux du Comité Directeur sur le Post Accidentel (CODIR PA).

Dans le cadre de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, l'IRSN a poursuivi l'expertise du référentiel d'étude des accidents majeurs et des méthodes d'évaluation de certains risques d'agressions internes et externes proposés par EdF. Parallèlement, l'IRSN a réalisé l'expertise de certains dossiers spécifiques aux réacteurs de Bugey dans le cadre de la déclinaison du quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe.

En complément des actions sur les réexamens de sûreté, l'IRSN a réalisé en 2022 l'expertise du retour d'expérience de conception, de fabrication et d'exploitation sur la période 2010-2019 du combustible des réacteurs du parc électronucléaire et a mobilisé ses compétences pour évaluer les différentes dispositions proposées par EDF à la suite de la découverte, sur plusieurs réacteurs, de fissures de corrosion sous contrainte affectant des tuyauteries auxiliaires du circuit primaire principal.

Concernant l'EPR de Flamanville, plus d'une vingtaine d'avis ont été rendus en 2022 concernant notamment (i) le traitement par EdF des anomalies de réalisation affectant les soudures des circuits primaires et secondaires principaux (ii) la qualification du système de contrôle commande de protection du réacteur, des soupapes de sûreté primaires et de la filtration du système d'injection de sécurité (iii) les essais d'ensemble sur l'installation. Parallèlement à ces travaux concernant spécifiquement l'EPR de Flamanville, la prise en compte du retour d'expérience de mise en service et d'exploitation des premiers réacteurs EPR a également constitué un sujet central d'expertise en 2022.

Concernant les autres installations nucléaires, l'IRSN a poursuivi l'expertise du deuxième réexamen de sûreté de l'usine UP3A de retraitement de combustible du site de la Hague en vue d'établir son premier rapport d'expertise mi-2023 et enclenché l'expertise du deuxième réexamen de l'usine MELOX de fabrication de combustibles. L'IRSN a également examiné les dispositions présentées par Orano pour la création d'un nouvel entreposage de matières

plutonifères permettant de faire face à une saturation des moyens actuels. L'IRSN a également rendu en 2022 plusieurs expertises liées à la reprise, après dix ans d'interruption, de la fabrication d'assemblages issus d'uranium de retraitement.

Concernant la gestion des déchets anciens, l'IRSN a notamment évalué le dimensionnement et les dispositions de maîtrise des risques associés à la construction du bâtiment DFG qui permettra de conditionner les déchets de faible granulométrie actuellement entreposés dans plusieurs ateliers du site de La Hague.

Parmi les actions menées dans les domaines de la radioprotection des personnes et de l'environnement, il convient de citer plusieurs interventions ou contrôles radiologiques de l'IRSN sur des objets potentiellement radioactifs, complétées par des contrôles de second niveau dans le cadre de l'opération diagnostic radium (ODR). L'IRSN a également réalisé une reconstitution de doses reçues par deux travailleurs à la suite de la découverte de sources de radium 226 utilisées, après-guerre, en curiethérapie par une clinique.

Enfin, l'IRSN a participé aux réunions plénières du Comité directeur post accidentel (CODIR PA), ainsi qu'aux réunions des différents groupes de travail associés. L'IRSN a notamment rendu son rapport sur la définition des adaptations de la doctrine post-accidentelle en cas de rejets d'uranium. Il a également rendu son rapport sur la gestion des déchets contaminés en situation post accidentelle.

4) Sûreté nucléaire et radioprotection des activités de défense, contrôle des matières nucléaires, protection contre la malveillance – 18.9 M€

L'IRSN fournit un appui technique au DSND (au Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les installations et activités intéressant la défense) pour l'évaluation de la sûreté des systèmes nucléaires militaires et des installations nucléaires de base secrètes (INBS), de la conception au démantèlement des installations, intégrant de fait des projets de défense majeurs pour l'État. Outre les travaux d'expertise associés aux réexamens de sûreté des chaufferies nucléaires embarquées en exploitation et de leurs installations de soutien à terre, l'année 2022 a vu, en particulier, la poursuite, dans le cadre du programme Barracuda de renouvellement des six sous-marins nucléaires d'attaque de la Marine nationale, de l'examen des dossiers de sûreté relatifs à la nouvelle génération de sous-marins nucléaires d'attaque. Ainsi, l'IRSN a examiné les dossiers de sûreté qui ont accompagné l'entrée en service à l'été 2022 du sous-marin nucléaire d'attaque Suffren, ainsi que le chargement du cœur et la divergence du réacteur en septembre 2022 du sous-marin nucléaire d'attaque Duguay-Trouin.

L'IRSN intervient en appui au haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère de la Transition énergétique pour ce qui concerne la sécurité des installations nucléaires, la protection et le contrôle des matières nucléaires et de leur transport. L'IRSN a ainsi réalisé des études de sécurité pour les principaux sites nucléaires civils du CEA (protection et contrôle des matières nucléaires et des activités associées contre les actes de malveillance et les détournements) et a participé à différents exercices nationaux de sécurité nucléaire. L'Institut a examiné en 2022 les études pour les sites CEA de Saclay (Essonnes), Marcoule (Gard) et Cadarache (Bouches-du-Rhône). Ces travaux ont abouti pour chacun des sites à la production d'un avis et d'un rapport d'expertise, présentés aux services du HFDS. L'IRSN a également participé en 2022 à la révision des textes réglementaires dans différents domaines liés à la sécurité nucléaire et à la non-prolifération des matières nucléaires. S'agissant de la protection et du contrôle des matières nucléaires, des installations et des transports tout d'abord, l'Institut a contribué, au sein des groupes de travail mis en place par les ministères en charge respectivement de la transition énergétique et des armées, à l'élaboration des arrêtés d'application du décret n° 2021-713. Ces derniers concernent notamment la procédure d'autorisation et la démonstration de sécurité, la protection physique, le suivi physique et la comptabilité des matières nucléaires, le management de la sécurité nucléaire et la sécurité des systèmes d'information.

S'agissant de l'application par la France des traités internationaux de non-prolifération nucléaire (traité Euratom, accord de garanties AIEA et protocole additionnel, accords bilatéraux) et d'interdiction des armes chimiques (Convention sur l'interdiction des armes chimiques), l'IRSN a mené ses missions de concours et d'appui technique, en assurant la centralisation et la retransmission aux organismes de contrôle, des déclarations des exploitants et en réalisant l'accompagnement des inspections internationales diligentées par l'AIEA et Euratom pour ce qui concerne le domaine nucléaire, et par l'OIAE pour le domaine de la chimie.

En complément de ces activités récurrentes et au titre de ses missions de concours technique pour l'application par la France des traités internationaux de non-prolifération dans le domaine nucléaire au profit du Comité technique Euratom (CTE) et de la direction générale de l'énergie et du climat du MTE, l'IRSN a également participé, en tant qu'appui technique au CTE, aux négociations de révision de textes et accords internationaux. Enfin l'IRSN a participé, avec le CTE, à une revue de la nouvelle organisation du système national britannique pour la mise en œuvre de ses obligations dans le domaine des garanties nucléaires vis-à-vis de l'AIEA et des pays avec lesquels il a passé des accords de coopération nucléaire. Cette revue a été sollicitée par l'autorité britannique compétente, l'Office for Nuclear Regulation (ONR), dans le contexte de la sortie de l'Union européenne en 2020 du Royaume-Uni qui ne peut donc plus s'appuyer sur la Commission européenne pour la mise en œuvre de ses obligations.

ACTION

12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement

| Action / Sous-action | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|--|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> | | | | | | |
| <i>Réalisation</i> | | | | | | |
| 12 – Recherche dans le domaine des transports, de la construction et de l'aménagement | | 101 924 585 | 101 924 585 | | 101 924 585 | 101 924 585 |
| | | 100 133 257 | 100 133 257 | | 100 133 257 | 100 133 257 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | | 85 701 182 | 85 701 182 | | 85 701 182 | 85 701 182 |
| | | 84 558 790 | 84 558 790 | | 84 558 790 | 84 558 790 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | | 16 223 403 | 16 223 403 | | 16 223 403 | 16 223 403 |
| | | 15 574 467 | 15 574 467 | | 15 574 467 | 15 574 467 |

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | 85 701 182 | 84 558 790 | 85 701 182 | 84 558 790 |
| Subventions pour charges de service public | 85 701 182 | 84 558 790 | 85 701 182 | 84 558 790 |
| 12.01 – Université Gustave Eiffel | 85 701 182 | 84 558 790 | 85 701 182 | 84 558 790 |
| Titre 7 : Dépenses d'opérations financières | 16 223 403 | 15 574 467 | 16 223 403 | 15 574 467 |
| Dotations en fonds propres | 16 223 403 | 15 574 467 | 16 223 403 | 15 574 467 |
| 12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) | 16 223 403 | 15 574 467 | 16 223 403 | 15 574 467 |
| Total | 101 924 585 | 100 133 257 | 101 924 585 | 100 133 257 |

SOUS-ACTION

12.01 – Université Gustave Eiffel

La subvention pour charges de service public versée au titre de l'année 2022 s'élève à 84,5 M€ après déduction de la réserve de précaution.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

L'année 2022 a été une année de consolidation des fonctionnements harmonisés au sein de la nouvelle université (soutien de base aux composantes de recherche, processus doctoraux unifiés). L'université a également été accréditée pour délivrer les doctorats sur six écoles doctorales supplémentaires (sur ses campus de Nantes, Lyon et Marseille), poursuivant ainsi sa politique d'insertion dans les tissus locaux de l'ESR.

Comme les années précédentes depuis la création de l'université, la publication : *Regards APP sur l'année 2022*, sortira en avril-mai 2023 afin de présenter plusieurs actions emblématiques de l'université en appui aux politiques publiques. Une sélection de 60-70 actions originales y est mise en valeur tous les ans par les composantes de recherche et de formation de l'université. Ces *Regards* annuels sont téléchargeables depuis le site de l'université, rubrique « appui aux politiques publiques ».

L'année 2022 est la dernière année de la Feuille de route (2020-2022) entre l'université et l'ensemble de ses tutelles. Le bilan 2022 des jalons et indicateurs de la Feuille de route sera finalisé en mars 2023.

Le premier contrat d'objectifs et de performance (COP) devrait être signé pour la période 2023-2025. Son approbation est envisagée pour fin 2023. Ce contrat sera suivi en 2026 d'un 2^e COP pluriannuel.

En 2022, l'université Gustave Eiffel a finalisé une collaboration structurante avec l'Australie en signant la création d'un laboratoire international associé avec la Queensland University of Technology traitant des principaux enjeux de développement de véhicules autonomes. Plusieurs ententes ont été signées, notamment avec l'Université du Québec à Montréal (échange d'étudiants) et l'université de Pondichéry en Inde (MoU).

SOUS-ACTION

12.03 – Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

La dotation en fonds propres attribuée au CSTB en 2022 s'élève à 15,57 M€ après déduction de la réserve de précaution.

Le CSTB est un établissement public industriel et commercial qui reçoit pour mission de l'État de procéder ou faire procéder à des recherches scientifiques et techniques directement liées à la préparation ou à la mise en œuvre des politiques publiques en matière de construction et d'habitat. Les recherches prévues contribuent à la transition écologique et énergétique, à la transition numérique et à la compétitivité du secteur.

Afin de répondre à ces grands enjeux, l'activité du CSTB se structure autour de quatre domaines d'action stratégiques : bâtiments et quartiers pour bien vivre ensemble ; bâtiments et villes face au changement climatique ; innovation, fiabilisation de l'acte de construire et Rénovation ; économie circulaire et ressources pour le bâtiment. Il s'agit notamment de réaliser de nouvelles avancées vers une démarche globale de performance environnementale ou de proposer une approche au niveau du quartier et de l'îlot urbain, avec mutualisation des consommations et productions. Il convient de travailler sur une adaptation des bâtiments aux enjeux du changement climatique. Il s'agit encore de faire émerger de nouveaux modes constructifs permettant une meilleure qualité ou une baisse des coûts de construction, ainsi qu'une montée en compétence des professionnels. Par exemple, le CSTB contribue significativement à la transition numérique de l'ensemble de la filière, en particulier au travers du développement du projet de maquette numérique.

Le CSTB développe des activités de recherche et d'expertise à destination de l'ensemble des acteurs du secteur de la construction et de la ville durable. Il répond ainsi aux questions posées à la recherche par les ministères, les collectivités territoriales et répond aux appels à projets de l'ANR, de l'ADEME, du FUI et du programme européen de recherche et d'innovation Horizon 2020, ainsi qu'aux besoins de travaux scientifiques des entreprises privées vers lesquels il a réorienté sa recherche pour compenser la baisse de sa subvention depuis 2015. Il active de nombreux partenariats avec d'autres laboratoires publics et universités.

Comme ces dernières années, la dotation a été utilisée très majoritairement pour financer des projets de recherche, projets qui constituent des actifs de recherche par l'immobilisation des coûts, hors frais généraux. Ainsi, le

développement et la finalisation de 28 actifs (restructurés) de recherche (dite 100 % ou collaborative) a été financé avec la subvention d'investissement pour 14,57 M€. Le reliquat a financé de l'investissement matériel.

ACTION

13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable

| Action / Sous-action <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP Réalisation</i> | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|---|----------------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| 13 – Recherche partenariale dans le développement et l'aménagement durable | | 1 551 198 | 1 551 198 | | 1 551 198 | 1 551 198 |
| | | 288 533 | 288 533 | | 1 527 175 | 1 527 175 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | | 1 551 198 | 1 551 198 | | 1 551 198 | 1 551 198 |
| | | 1 527 175 | 1 527 175 | | 1 527 175 | 1 527 175 |
| 13.02 – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) | | | 0 | | | 0 |
| | | | 0 | | | 0 |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | | 0 | | | 0 |
| | | -461 096 | -461 096 | | | 0 |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | | | 0 | | | 0 |
| | | -4 500 | -4 500 | | | 0 |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | | 0 | | | 0 |
| | | -202 068 | -202 068 | | | 0 |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | | | 0 | | | 0 |
| | | -54 722 | -54 722 | | | 0 |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | | 0 | | | 0 |
| | | -309 637 | -309 637 | | | 0 |
| 13.09 – Biodiversité | | | 0 | | | 0 |
| | | -68 763 | -68 763 | | | 0 |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | | 0 | | | 0 |
| | | -137 856 | -137 856 | | | 0 |

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | 1 551 198 | 1 413 461 | 1 551 198 | 1 527 175 |
| Dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel | | -93 703 | | |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | -75 670 | | |
| 13.05 – Construction (PREBAT, C2D2, RGCU) | | -4 500 | | |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | | -2 284 | | |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | -11 249 | | |
| Subventions pour charges de service public | 1 551 198 | 1 507 164 | 1 551 198 | 1 527 175 |
| 13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) | 1 551 198 | 1 527 175 | 1 551 198 | 1 527 175 |
| 13.09 – Biodiversité | | -20 011 | | |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|--|----------------------------------|----------------|----------------------------------|------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 6 : Dépenses d'intervention | | -1 124 927 | | |
| Transferts aux entreprises | | -251 081 | | |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | -145 125 | | |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | -17 168 | | |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | -23 914 | | |
| 13.09 – Biodiversité | | -2 994 | | |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | -61 880 | | |
| Transferts aux autres collectivités | | -873 846 | | |
| 13.04 – Recherche en matière de transport (PREDIT) | | -240 301 | | |
| 13.06 – Urbanisme et territoire (PUCA, MUTS) | | -184 900 | | |
| 13.07 – Changement global (GMES, adaptation au changement climatique) | | -52 437 | | |
| 13.08 – Risque, santé, environnement | | -285 723 | | |
| 13.09 – Biodiversité | | -45 757 | | |
| 13.10 – Innovation et prospective dans le domaine du développement et de l'aménagement durable | | -64 728 | | |
| Total | 1 551 198 | 288 533 | 1 551 198 | 1 527 175 |

SOUS-ACTION

13.01 – Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)

La subvention pour charges de service public versée à l'Anses en 2022 au titre du programme 190 s'est élevée à 1,52 M€ déduction faite de la réserve de précaution.

Comme chaque année, l'ANSES a lancé fin 2021 le millésime 2022 de ses appels à projets de recherche du programme national de recherche en environnement-santé-travail (PNR EST). Ce programme ambitionne de conduire les communautés scientifiques à produire des données utiles aux différentes phases de l'analyse du risque sanitaire et, ainsi, à rapprocher recherche et expertise scientifique. L'appel à projets de recherche (APR) général porte sur l'évaluation et l'analyse des risques environnementaux pour la santé humaine, en population générale ou au travail. Il soutient également des projets relatifs aux risques pour les écosystèmes et à la qualité des milieux. Les questions à la recherche de l'APR 2022 tenaient compte des enjeux et priorités des politiques publiques et portaient plus particulièrement sur les expositions aux agents chimiques, avec un accent sur les perturbateurs endocriniens et leurs effets, à la pollution atmosphérique, les risques liés au nanomatériaux, aux microplastiques ou encore au bruit et à la pollution lumineuse, le lien entre exposition environnementale et le cancer, le lien entre dégradation des écosystèmes et maladies infectieuses, les risques pour la santé humaine liés au changement climatique ou encore les inégalités face aux expositions environnementales.

À ce titre, 42 nouveaux projets ont été retenus dans le cadre des appels à projets 2022 du PNR EST, dont 9 sur la thématique santé-environnement au titre du programme 190.

ACTION**14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile**

| Action / Sous-action <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> <i>Réalisation</i> | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|--|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--|--|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| 14 – Recherche et développement dans le domaine de l'aéronautique civile | | 185 978 737 | 185 978 737 | | 114 998 401 445 398 227 | 114 998 401 445 398 227 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 183 850 337 | 183 850 337 | | 101 025 600 428 607 445 | 101 025 600 428 607 445 |
| 14.02 – Subventions à des organismes de recherche | | | 0 0 | | | 0 0 |
| 14.03 – Equipementier | | 2 128 400 | 2 128 400 | | 13 972 801 10 619 492 | 13 972 801 10 619 492 |
| 14.04 – Avions | | | 0 0 | | | 0 0 |
| 14.05 – Moteurs | | | 0 0 | | 6 171 291 | 0 6 171 291 |
| 14.06 – Hélicoptères | | | 0 0 | | | 0 0 |

L'action 14 s'inscrit en totalité dans le volet Verdissement du plan de relance.

La dotation initiale 2022 de cette action sur le programme 190 était de 0 M€ d'AE et de 115 M€ de CP. Cette dotation a été abondée de 186 M€ d'AE et de 335 M€ de CP par transferts du programme 362 de la mission Relance, comme prévu dans la convention de gestion des crédits signée par la direction du Budget, le CGDD et la DGAC.

Les AE soit 186 M€, ont été intégralement consommées sur l'année. 31 projets ont ainsi été engagés.

A fin octobre 2022, sur le périmètre complet du volet R&D aéronautique du plan de relance incluant l'action aéronautique du PIA, l'intégralité de l'enveloppe disponible (près de 1,6 Md€) a été engagée en soutien à près de 230 projets de recherche représentant au total plus de 3 Md€ d'investissements. Ces projets associent largement la filière : 254 entités différentes dont près de 210 équipementiers, ETI et PME et 37 organismes de recherche partenaires ou leaders de projets. Les ETI et PME ont reçu directement 12 % des soutiens engagés au total. Les organismes de recherche ont perçu 7 % en volume financier. En tenant compte de la redistribution via la sous-traitance (plus de 25 % de la valeur des travaux soutenus), il ressort qu'environ 40 % des soutiens engagés bénéficie in fine aux partenaires des grands intégrateurs. Pour les PME-ETI en particulier, cet investissement représente un effort considérable au vu de leur chiffre d'affaires, d'autant plus dans le contexte économique actuel. Cette association large aux travaux de préparation technologique des futurs programmes d'aéronefs est essentielle pour ces entreprises : elle leur offrira une très grande longueur d'avance d'ici 5 à 10 ans, lorsqu'il s'agira pour les grands intégrateurs de sélectionner les partenaires industriels de leurs nouveaux programmes basés sur les acquis de ces travaux de recherche technologique.

La dotation en CP a également été abondée par la mission Relance qui l'a portée de 110,4 M€ après mise en réserve à 445,4 M€, dotation qui a été intégralement consommée, pour partie sur des engagements antérieurs à 2022.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

CONTRIBUTION AU PLAN DE RELANCE

| Volets du plan de relance | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---------------------------|----------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Prévision | Réalisation | Prévision | Réalisation |

Au titre du plan France Relance, le dispositif de soutien à la recherche aéronautique civile a donné lieu à la consommation de 186 M€ en AE et 445,4 M€ en CP en 2022 sur le programme 190.

Cette consommation a été réalisée à partir :

- des crédits ouverts en LFI 2022 sur le programme 190, à hauteur de 0 M€ en AE et de 110,4 M€ en CP ;
- des crédits transférés en 2022 depuis le programme 362 « Écologie » de la mission « Plan de relance » vers le programme 190, à hauteur de 186 M€ en AE et 335,4 M€ en CP.

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | | 512 337 | | 102 582 |
| Dépenses de fonctionnement autres que celles de personnel | | 512 337 | | 102 582 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 512 337 | | 102 582 |
| Titre 6 : Dépenses d'intervention | | 183 338 000 | 101 025 600 | 428 504 862 |
| Transferts aux ménages | | -205 073 062 | | -205 073 062 |
| 14.01 – Recherches en amont | | -205 073 062 | | -205 073 062 |
| Transferts aux entreprises | | 386 500 563 | 101 025 600 | 631 590 623 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 386 500 563 | 101 025 600 | 631 590 623 |
| Transferts aux autres collectivités | | 1 910 500 | | 1 987 302 |
| 14.01 – Recherches en amont | | 1 910 500 | | 1 987 302 |
| Titre 7 : Dépenses d'opérations financières | | 2 128 400 | 13 972 801 | 16 790 782 |
| Prêts et avances | | 2 128 400 | 13 972 801 | 16 790 782 |
| 14.03 – Equipementier | | 2 128 400 | 13 972 801 | 10 619 492 |
| 14.04 – Avions | | | | 6 171 291 |
| Total | | 185 978 737 | 114 998 401 | 445 398 227 |

SOUS-ACTION

14.01 – Recherches en amont

Subventions à des projets de recherche dans le domaine de l'aéronautique civile

En 2022, le montant exécuté en AE s'élève à 186 M € au titre de 31 conventions. Conformément aux objectifs du volet R&D aéronautique du Plan de relance, ces soutiens servent à la préparation technologique des futurs programmes d'aéronefs suivants :

- le successeur de l'A320, l'avion commercial le plus vendu au monde, selon deux directions d'effort complémentaires : l'ultra sobriété énergétique (gain de 30 % de consommation de carburant), avec la capacité

- à utiliser des carburants alternatifs durables jusqu'à un taux d'incorporation de 100 %, et le passage à l'hydrogène comme source d'énergie principale, pour un appareil « zéro émission de CO₂ » ; cet appareil, qui pourrait entrer en service à l'horizon 2035, définira les nouveaux standards mondiaux d'avions de ligne sur le plan environnemental ;
- un nouvel avion régional, ultra sobre sur le plan énergétique, à propulsion hybride électrique ou à propulsion hydrogène, qui entrerait en service à l'horizon 2030 ;
 - le successeur de l'Écureuil, l'hélicoptère léger best-seller d'Airbus Helicopters, ultra sobre sur le plan énergétique (baisse de 40 % de la consommation), capable d'hybridation électrique dans un premier temps, et fonctionnant à l'hydrogène dans sa dernière version ;
 - de nouveaux avions d'affaires, compatibles avec 100 % de carburants alternatifs durables et à plus long terme, alimentés au moins partiellement à l'hydrogène, ainsi que des appareils d'aviation générale à propulsion hybride électrique et des drones à hautes performances ;
 - l'optimisation des opérations aériennes et aéroportuaires (trajectoires des avions et gestion du trafic aérien) selon de nouveaux critères environnementaux (au moins 5 % de gain), dont les premiers incréments, applicables à la flotte en service, pourraient être déployés d'ici 2025.

Au niveau programmatique, ces soutiens ont bénéficié à un ensemble de projets de recherche prioritaires cohérents avec la nouvelle feuille de route technologique du Conseil pour la recherche aéronautique civile (CORAC), et permettant d'amorcer des actions de dérisquage et de montée en maturité technologique dans tous les domaines clés de cette feuille de route, en particulier :

- l'hybridation électrique de la propulsion : les projets soutenus en 2021-2022 portent notamment sur l'optimisation des architectures hybrides électriques au niveau avion/système propulsif, l'électrification du système de roulage de l'avion, l'amélioration des performances des systèmes de batteries et de piles à combustibles pour les futurs aéronefs hybrides, ainsi que l'amélioration de la compétitivité des composants clés (moteurs électriques, électronique de puissance) des chaînes électriques de ces aéronefs ;
- le futur moteur ultra efficace : les projets soutenus en 2021-2022 portent principalement sur la chambre de combustion qui, contrairement à la soufflante, devra être beaucoup plus compacte tout en assurant la parfaite opérabilité du moteur dans toutes les conditions de vol et en résistant à des températures plus élevées ;
- l'optimisation des formes aérodynamiques : les projets soutenus en 2021-2022 visent d'une part à valider sur un démonstrateur les performances d'une voilure à grand allongement pour avion commercial et d'autre part à concevoir une voilure composite de grande dimension pour avion d'affaires, optimisée en masse et en traînée pour une croisière la plus efficace possible ;
- la propulsion hydrogène : en 2021-2022, les projets soutenus approfondissent les premières études menées en 2020 en se concentrant plus particulièrement sur les réservoirs à hydrogène embarqués et étudient la faisabilité et la certificabilité d'une chaîne de propulsion cryogénique hydrogène complète (du réservoir au moteur) pour l'aviation légère.

Par ailleurs, en appui à ces travaux technologiques portés par les industriels, un programme de recherche scientifique de grande ampleur, dénommé « Climaviation », a été lancé en 2021 afin de mieux comprendre et quantifier les effets non-CO₂ (traînée de condensation, interactions aérosols-nuages, ...) de l'aviation sur le climat, d'évaluer les effets liés aux nouveaux combustibles et d'étudier et proposer des stratégies de minimisation de l'impact climatique total de l'aviation. Les connaissances scientifiques développées dans le cadre de ce programme, qui associe les compétences de Sorbonne Université-IPSL et de l'ONERA, seront largement diffusées auprès des industriels de la filière afin d'orienter le plus efficacement possible leurs choix en matière de conception, d'opération et de combustible pour les futures générations d'aéronefs.

A fin octobre 2022, sur le périmètre complet du volet R&D aéronautique du plan de relance incluant l'action aéronautique du PIA, l'intégralité de l'enveloppe disponible (près de 1,6 Md€) a été engagée en soutien à près de 230 projets de recherche représentant au total plus de 3 Md€ d'investissements. Ces projets associent largement la filière : 254 entités différentes dont près de 210 équipementiers, ETI et PME et 37 organismes de recherche partenaires ou leaders de projets. Les ETI et PME ont reçu directement 12 % des soutiens engagés au total. Les organismes de recherche ont perçu 7 % en volume financier. En tenant compte de la redistribution via la sous-traitance (plus de 25 % de la valeur des travaux soutenus), il ressort qu'environ 40 % des soutiens engagés bénéficie in fine aux partenaires des grands intégrateurs. Pour les PME-ETI en particulier, cet investissement représente un effort considérable au vu de leur chiffre d'affaires, d'autant plus dans le contexte économique actuel. Cette association large aux travaux de

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

préparation technologique des futurs programmes d'aéronefs est essentielle pour ces entreprises : elle leur offrira une très grande longueur d'avance d'ici 5 à 10 ans, lorsqu'il s'agira pour les grands intégrateurs de sélectionner les partenaires industriels de leurs nouveaux programmes basés sur les acquis de ces travaux de recherche technologique.

Cette dynamique de construction de projets menés par des PME-ETI, ou d'association de ces entreprises aux projets menés par les grands intégrateurs, est le fruit d'un travail de fond conduit auprès des entreprises par la DGAC et le GIFAS, qui se poursuit et s'amplifie : un accès direct « CORAC PME » a été mis en place pour toutes les PME-ETI requérantes, même non-membres du CORAC ou du GIFAS, qui permet d'accompagner individuellement chaque entreprise pour lui proposer la solution la plus adaptée (soutien direct sans partenariat, soutien en partenariat avec d'autres PME, partenariat avec un ou plusieurs donneurs d'ordres, sous-traitance, ...) et lui apporter tout éclairage ciblé venant des agendas de recherche des grands intégrateurs pour améliorer la pertinence de son projet.

Au-delà, le volet R&D du plan de soutien aéronautique a permis d'irriguer l'ensemble des grands domaines de compétences de la filière sur l'ensemble du territoire, avec plus de 400 sites bénéficiaires directs :

- les éléments principaux des avions Airbus maîtrisés en France (pointe avant / Hauts de France, tronçon central / Pays de la Loire, ensemble propulsif / Île-de-France et Nouvelle-Aquitaine, avionique et cockpit / Occitanie et Nouvelle-Aquitaine, systèmes électriques / Île-de-France et Occitanie, contrôle du vol / Occitanie, architecture globale et intégration / Occitanie) ;
- ainsi que les avions régionaux (Occitanie), les avions de tourisme ou d'affaires (Occitanie, Île-de-France et Nouvelle-Aquitaine), les hélicoptères légers (Provence-Alpes-Côte d'Azur et Île-de-France), les opérations aériennes.

Cette action de soutien a ainsi largement contribué à sauvegarder les capacités technologiques (emplois de R&D et compétences) de la filière aéronautique, qui étaient directement menacées par la perte de capacité d'autofinancement des entreprises consécutive à la chute brutale et durable des cadences de production. Cet effet majeur de soutien contracyclique a été clairement perceptible dans les plans de sauvegarde de l'emploi (PSE) qui ont été annoncés par les grands donneurs d'ordres de la filière Airbus et Safran, ou par certains équipementiers majeurs comme Daher ou Latécoère. A plus long terme, cette action de soutien est également déterminante pour les emplois de production de la filière, dans la mesure où les succès industriels et commerciaux de ses futurs programmes d'aéronefs reposeront très largement sur la progression de ses capacités technologiques actuelles.

La dotation en CP a également été abondée par la mission Relance qui l'a portée de 110,4 M€ après mise en réserve à 445,4 M€. Cette dotation a été intégralement consommée, pour partie sur des engagements antérieurs à 2022.

SOUS-ACTION

14.03 – Equipementier

Une tranche conditionnelle a été affermie pour un montant total de 2,13 M€. Elle permet la poursuite du financement du calculateur générique et modulaire pour système de train d'atterrissage.

Les crédits de paiement ont été consommés sur ces engagements ainsi que sur des engagements antérieurs à 2022.

SOUS-ACTION

14.04 – Avions

En 2022, 6,2 M€ de CP ont été mobilisés au titre de cette sous-action. Ils portent sur le financement du développement expérimental par avance remboursable de la version ATR 42-600S « short take-off and landing ». Les améliorations

techniques et d'opérabilité des moteurs envisagées doivent permettre la réduction de la pollution et des nuisances locales notamment sonores.

ACTION

15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA

| Action / Sous-action | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|--|----------------------------|----------------------------|--|---------------------|----------------------------|--|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> <i>Réalisation</i> | | | | | | |
| 15 – Charges nucléaires de long terme des installations du CEA | | 740 000 000 740 000 000 | 740 000 000 740 000 000 | | 740 000 000 740 000 000 | 740 000 000 740 000 000 |

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'article 20 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, une convention cadre entre l'État et le CEA, signée le 19 octobre 2010, permet de couvrir les charges nucléaires de long terme du CEA pour les installations en exploitation ou à l'arrêt au 31 décembre 2009.

Les crédits versés en 2022 au titre de l'action 15 « Charges nucléaires de long terme des installations du CEA » s'élèvent à 740 M€.

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|--|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | 740 000 000 | 740 000 000 | 740 000 000 | 740 000 000 |
| Subventions pour charges de service public | 740 000 000 | 740 000 000 | 740 000 000 | 740 000 000 |
| Total | 740 000 000 | 740 000 000 | 740 000 000 | 740 000 000 |

Le CEA a défini, fin 2016, les éléments d'une nouvelle stratégie portant sur les activités d'assainissement et de démantèlement (A&D). Cette stratégie répond à la demande des autorités de sûreté nucléaire de juillet 2015 portant sur le réexamen de la stratégie globale de démantèlement, de gestion des matières et des déchets radioactifs, de priorisation des opérations, de renforcement de l'organisation et des équipes et, enfin de mise en cohérence de la programmation pluriannuelle des activités d'A&D avec les moyens disponibles.

La stratégie proposée par le CEA repose sur la mise en sécurité des installations en réduisant prioritairement le terme source mobilisable (TSM), ceci en cohérence avec les demandes des autorités de sûreté nucléaire civile et de défense. Le CEA privilégie ainsi un démantèlement en deux temps avec d'abord un retrait immédiat du TSM puis après une phase d'attente plus ou moins longue le démantèlement des équipements et l'assainissement des sols et des structures.

Les projets A&D peuvent se classer en cinq grandes catégories :

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

- les opérations de retrait des combustibles, des matières, des déchets ;
- la construction d'installations nouvelles pour les activités de reprise ;
- les opérations de démantèlement et d'assainissement dans certains cas exceptionnels ;
- la gestion des déchets comme la définition des exutoires et filières avec l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactif (Andra), les études pour améliorer la connaissance des déchets ;
- les études pour préparer la seconde phase des chantiers de démantèlement, ainsi que les projets de R&D en soutien à l'ensemble des opérations.

A ces cinq catégories, il convient d'ajouter l'exploitation des installations de service.

Les dépenses réalisées en 2022 au titre de l'action 15 « Charges nucléaires de long terme » sont de 734,6 M€. Elles se répartissent de la façon suivante :

- Les dépenses de démantèlement (375,4 M€) et de reprise et conditionnement des déchets (RCD) (113,2 M€) comprenant :
 - les opérations de démantèlement prioritaires déjà engagées dont la fin de préparation du démantèlement du dissolvant B de l'usine d'extraction du plutonium (UP1) ;
 - la fin du démantèlement des 36 éléments combustibles irradiés (ECI) de PHEBUS par l'extraction du dernier crayon du dernier ECI réalisé à ISAI ;
 - l'évacuation des effluents tritiés carbonés de la cuve A6 de l'installation nucléaire de base (INB) 35 qui a été terminée, les effluents ayant été expédiés vers la STEL de Marcoule ;
 - le paiement d'une soule libératoire à Pierrelatte, suite à l'atteinte d'un point de convergence avec Orano sur la Zone Nord ;
 - des études d'ingénierie afin de permettre la réalisation des installations de reprise et conditionnement de déchets nécessaires dans le futur ;
 - les coûts liés à la surveillance de la sûreté des installations en démantèlement ainsi que les taxes.
- Les dépenses liées aux combustibles (18,8 M€) comprenant les opérations d'évacuation des combustibles notamment des réacteurs Phénix et Phébus. Par ailleurs, les derniers étuis de combustible qui étaient entreposés à sec dans les massifs béton de l'INB 72 de Saclay, ont été évacués vers STAR à Cadarache.
- La quote-part de financement des coûts d'exploitation (76,1 M€), d'investissement et de rénovation (29,8 M€) des installations de service du CEA qu'il s'agisse :
 - de l'installation de contrôle des rayons X qui a été remplacée afin d'améliorer la sûreté du compactage par un contrôle plus poussé des fûts en entrée d'installation, en vue du redémarrage de l'atelier de Conditionnement de Déchets Solides (CDS) de Marcoule ;
 - d'installations d'analyse tel le laboratoire d'analyses 109.
- Les dépenses d'investissements spécifiques pour les besoins du démantèlement et de la RCD (34,0 M€) comprenant :
 - la fin des travaux de la nouvelle extension EIP 3&4 – les essais jusqu'aux essais d'ensemble et de sûreté ont commencé ;
 - les essais de l'installation DIADEM qui ont démarré en octobre ainsi que la fabrication des conteneurs pour les essais de chute prévus en 2023.
- Les dépenses liées à la gestion des déchets (58,7 M€), qu'il s'agisse :
 - des coûts d'évacuation vers les centres de stockage des déchets de Andra, avec le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) pour les déchets de très faible activité (TFA) et le centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets de faibles et de moyennes activités (FMA) ainsi que les installations d'incinération d'EDF-Cyclife France ;
 - du financement de la surveillance et des travaux de pérennisation de la couverture du centre de stockage de la Manche (CSM) de l'Andra ;
 - des coûts relatifs aux exutoires futurs dont la dotation annuelle au fonds dit « de conception » de l'installation Cigéo pour l'Andra.
- Les dépenses de transports et d'emballages des déchets (21,2 M€) telles que la duplication d'emballages pour le transport de combustibles, de transport des fûts de bitumes et de l'emballage-citerne LR144.

- Les dépenses de R&D (7,4 M€) pour les études prioritaires, notamment sur le conditionnement des déchets magnésiens, la connaissance des fûts de bitumes ainsi que les procédés d'assainissement des sols. Dans l'objectif du démantèlement des réacteurs UNGG, les premiers essais de découpe laser de blocs de graphite non irradiés ont été réalisés à Saclay, démontrant ainsi, pour la première fois, une telle faisabilité.

Ainsi une augmentation des dépenses a été constatée (+68,2 M€), qui s'explique par la forte sous-exécution constatée en 2021. Les dépenses du fonds dédié se sont élevées à 734,5 M€ en 2022, conduisant à une sous-exécution de 51,3 M€ pour cette année par rapport aux ressources prévues sur l'exercice (785,8 M€ correspondant à un montant de 740 M€ de subvention augmenté du report de gestion de 2021 de 45,8 M€).

ACTION

16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire

| Action / Sous-action | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|--|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> | | | | | | |
| <i>Réalisation</i> | | | | | | |
| 16 – Recherche dans le domaine de l'énergie nucléaire | | 419 185 791 | 419 185 791 | | 419 185 791 | 419 185 791 |
| | | 410 626 019 | 410 626 019 | | 410 626 019 | 410 626 019 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | | 419 185 791 | 419 185 791 | | 419 185 791 | 419 185 791 |
| | | 410 626 019 | 410 626 019 | | 410 626 019 | 410 626 019 |

Cette action a pour principal objectif de financer les activités de recherche du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) dans le domaine de l'énergie nucléaire. Elles portent essentiellement sur le nucléaire civil et sur l'alerte aux tsunamis.

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | 419 185 791 | 410 626 019 | 419 185 791 | 410 626 019 |
| Subventions pour charges de service public | 419 185 791 | 410 626 019 | 419 185 791 | 410 626 019 |
| 16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA | 419 185 791 | 410 626 019 | 419 185 791 | 410 626 019 |
| Total | 419 185 791 | 410 626 019 | 419 185 791 | 410 626 019 |

SOUS-ACTION

16.01 – Soutien aux activités nucléaires du CEA

Le CEA fait l'objet d'un descriptif détaillé dans la partie « Opérateurs » du rapport annuel de performance de son programme principal de rattachement, le programme 172 « Recherches scientifiques et technologiques pluridisciplinaires ». Son nouveau contrat d'objectifs et de performance a été signé le 23 juillet 2021 pour la période 2021-2025. Aussi, le reporting présenté ici suit la programmation associée.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

Les activités de recherche du CEA dans le domaine du nucléaire civil visent à développer et à apporter des solutions technologiques innovantes à l'industrie nucléaire, afin qu'elle assure le service de production d'électricité au bénéfice du pays, et qu'elle maintienne sa place au premier rang mondial. Elles visent notamment :

- à concevoir et à évaluer de nouvelles générations de systèmes (réacteurs et combustibles avancés dits de « 4^e génération » ou réacteurs modulaires – SMR pour *Small Modular Reactors* et AMR pour *Advanced Modular Reactors*) ;
- à progresser dans le domaine de la sûreté des réacteurs et du cycle (notamment dans le contexte « post Fukushima ») ;
- à apporter des éléments de réponse aux préoccupations du Gouvernement et du public, en particulier sur le plan environnemental.

Le CEA conduit également un programme important de modernisation de ses installations nucléaires, support à ses activités de recherche.

Dans le cadre de la construction de nouvelles installations nucléaires, le financement d'actifs dédiés pour ces installations est assuré par l'action 16 du programme 190, tandis que le financement des opérations de démantèlement et d'assainissement des installations arrêtées, ou en exploitation avant le 31 décembre 2009, relève de l'action 15. Les activités de recherche et de développement (R&D) du nucléaire civil couvrent les domaines suivants :

- réacteur Jules-Horowitz ;
- nucléaire actuel ;
- nucléaire de demain ;
- socle commun qui comprend les installations, les travaux de simulation et les études technico-économiques.

Les domaines nucléaires actuel et de demain comprennent des activités portant sur les réacteurs et sur le cycle du combustible.

Réacteur Jules Horowitz (110,05 M€)

Le réacteur Jules-Horowitz (RJH), en cours de construction à Cadarache, sera dédié aux études sous irradiation des combustibles et des matériaux pour différentes générations de réacteurs nucléaires. Il assurera, par ailleurs, une part importante de la production européenne de radioéléments pour le secteur médical.

En application des décisions prises par le Comité de l'énergie atomique, le plan de mise sous contrôle a effectivement été déployé par le CEA au 1^{er} octobre 2020 et a permis de progresser dans la maîtrise du projet. Le CEA dispose d'une vision globale des enjeux éclairant les principaux risques et d'une approche convergée sur le calendrier de montage pour disposer d'un réacteur opérationnel et son démarrage.

L'année 2022 a vu la poursuite des études et le dérisquage du projet avant de lancer les activités de montage électromécanique de façon intensive après 2023. Les fabrications d'équipements critiques ont été maintenues et le montage se poursuit dans cette période sur les zones pour lesquelles les études d'intégration détaillée sont finalisées, zones dites *libérées* dans le langage de projet. Les principales réalisations ont porté sur :

- la fin de montage à blanc du réflecteur ;
- la fin des perçages dans les casemates primaires et des traversées ;
- la convergence technique dans la maquette numérique 3D de l'aménagement du bâtiment réacteur et du niveau +1 du bâtiment des auxiliaires nucléaires entre autres, conduisant à la libération de ces zones, étape qui permet d'y lancer les montages électromécaniques ;
- la revue d'avant-projet détaillé du bâtiment noyau dur,
- la revue d'architecture du système de production du molybdène MOLFI, permettant d'optimiser et de simplifier la conception du système.

Nucléaire actuel (26,84 M€)

Les activités de recherches du CEA sont conduites pour le compte des industriels du nucléaire. Elles participent aussi à l'entretien d'une large expertise du CEA, au service de l'État, sur les réacteurs de 2^e et 3^e générations et sur le cycle du combustible. Elles portent principalement sur le maintien de la disponibilité du parc national de réacteurs et de la

compétitivité de l'industrie nucléaire française au plan mondial, en répondant aux besoins de R&D pour le bon fonctionnement du parc et l'amélioration des performances (durée de fonctionnement, taux de combustion, sûreté...), ainsi que pour la mise en exploitation de l'EPR.

Sur le cycle du combustible, le CEA apporte notamment un soutien pour :

- l'optimisation de procédés de l'amont du cycle ;
- le maintien en conditions opérationnelles et l'optimisation des procédés mis en œuvre dans les usines de La Hague en particulier sur les phénomènes de corrosion et d'encrassement qui sont observés ;
- la caractérisation et le comportement à long terme des déchets ultimes ;
- le développement du projet de stockage des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue dans le projet de Centre industriel de stockage géologique (Cigéo), ainsi que pour le projet de stockage de faible activité à vie longue ;
- l'entreposage des combustibles usés et le démantèlement des réacteurs uranium naturel graphite gaz.

Dans le domaine des études sur l'intégrité des tuyauteries, de la maîtrise des risques vibratoires des tubes des générateurs de vapeur, de la simulation du soudage et de la maîtrise de l'usure des composants, une étape a été franchie en 2022 pour la modélisation numérique du soudage, le code ainsi modifié a été partagé avec EDF renforçant les compétences de ce dernier dans la modélisation du soudage.

Dans le cadre de la R&D sur combustible, les installations et les compétences du CEA sur le combustible d'un réacteur à eau pressurisée (REP) peuvent être sollicitées, sous forme de prestations ponctuelles, en cas d'incident sur le parc des réacteurs d'EDF.

Par ailleurs, en matière de modélisation de la délocalisation-relocalisation axiale du combustible fragmenté dans le crayon (phénomène d'importance majeure pour les études de sûreté liées à l'APRP - accident de perte de réfrigérant primaire), les avancées de 2022 conduisent à identifier des pistes pour enrichir la modélisation afin d'améliorer la prise en compte de la relocalisation des fragments.

Dans le domaine des études de sûreté, le résultat majeur de l'année 2022 est la reprise des essais CIP^[1] dans le réacteur CABRI pour le compte de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), avec le succès de l'essai CIP1-2B sur un crayon issu d'un assemblage utilisé durant 6 cycles à Gravelines. Conformément aux spécifications de l'IRSN, la situation accidentelle a été simulée par une excursion très rapide de puissance neutronique (pulse de 10 ms).

La technologie de vitrification par creuset froid, mise en actif en 2010 à l'usine de La Hague, a permis d'achever en 2020 la vitrification des solutions de traitement des combustibles uranium-molybdène. En 2022, un avis positif a été donné par la *Technical Authority* d'Orano quant à la poursuite de l'industrialisation du Creuset Froid et trois nouvelles campagnes industrielles ont eu lieu. Elles ont permis de conditionner 85 m³ de solutions d'effluents de haute activité.

Nucléaire de demain (71,05 M€)

Dans ce domaine les travaux du CEA relèvent de deux perspectives : la gestion du cycle de l'uranium et l'intégration du nucléaire dans un système énergétique décarboné et compétitif. Cela se décline en deux actions :

- les réacteurs de 4^e génération dont le programme est concentré sur les verrous du réacteur à neutrons rapides refroidis au sodium et dont l'objectif est la préservation des compétences du CEA relatives à cette filière de réacteurs,
- l'aval du futur cycle du combustible dont l'objectif est de concevoir des procédés qui pourraient être mis en œuvre dans les futures installations de fabrication et de retraitement en tenant compte des études de scénarios et les SMR.

En parallèle de ces axes de R&D, le CEA développe, avec ses partenaires industriels, un programme visant à évaluer l'intérêt des réacteurs à neutrons rapides à sels fondus, en particulier dans l'objectif de gérer les inventaires de plutonium et de transmuter les actinides mineurs produits par les réacteurs à eau pressurisée. Au travers du projet ISAC, financé dans le cadre de l'appel à projets géré par la Banque publique d'investissement (BPI) intitulé « *Solutions innovantes pour la gestion des matières et déchets radioactifs, et la recherche d'alternatives au stockage géologique profond* », le CEA s'est positionné pour accroître l'effort de R&D sur cette thématique.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

Les études de R&D pour le multirecyclage en REP ont été initiées, en 2019, en cohérence avec le contrat de filière. Elles se sont amplifiées en 2020 dans le cadre de l'accord quadripartite sur le cycle. Le programme quadripartite sur le multirecyclage en REP a donné lieu à une proposition au plan de relance, qui a été acceptée par l'État et qui devrait conduire à une allocation budgétaire spécifique de 6 M€ pour les travaux menés au CEA. En 2022, en support à la conception des combustibles dits MOX2, des calculs thermomécaniques de comportement en régime nominal et incidentel de différentes microstructures de combustible ont été réalisés afin d'évaluer leurs performances respectives.

Dans l'objectif d'acquérir des éléments de démonstration concernant le multirecyclage du plutonium issu des combustibles usés MOX REP en réacteur à neutrons rapides (RNR), une irradiation dans un réacteur expérimental à neutrons rapides de tronçons d'aiguilles RNR chargées en Pu provenant d'un crayon MOX irradié en REP est en cours de préparation, en collaboration avec EDF. A la suite du déclenchement de la guerre en Ukraine par la Russie, la collaboration avec ROSATOM a été suspendue. En accord avec EDF et Orano, l'instruction de la possibilité de réaliser cette irradiation dans le réacteur japonais JOYO a débuté.

Dans le cadre de sa participation au projet Nuward@[2], les études du CEA se concentrent sur les études de neutronique d'un cœur sans bore soluble et sur les études et essais de thermohydraulique du générateur de vapeur compact à plaques pour lesquels des premiers résultats ont été obtenus sur les boucles montées sur le site de Cadarache.

Pour la phase d'avant-projet détaillé (APD), la société NUWARD a été créée fin 2022, sous forme de filiale d'EDF, afin de porter la suite des études ainsi que la commercialisation du réacteur. En tant que partenaire de NUWARD, le CEA pourra y contribuer par des détachements, répartis sur plusieurs plateaux techniques (Paris, Aix-en-Provence, Lyon, Tours).

En parallèle du projet Nuward@, le CEA travaille également à d'autres projets autour des SMR (esquisses de SMR calogènes de petites puissances, possibilités de couplages SMR - EHT) dont certains acquis pourraient être valorisés auprès de Nuward@ ou d'autres partenaires.

Socle commun aux nucléaires actuel et du futur (123,45 M€)

Le CEA dispose d'installations et d'outils expérimentaux (réacteurs, laboratoires, plateformes technologiques) lui permettant d'appuyer ses programmes de recherche sur des expérimentations. Elles sont essentielles pour, d'une part, acquérir des connaissances afin d'améliorer les modèles et leurs capacités prédictives et d'autre part, valider ou infirmer les résultats prédictifs issus de travaux théoriques pour définir un domaine de qualification des codes de simulation numérique.

Le CEA exploite des réacteurs de recherche pour le besoin de ses missions, comme le réacteur Cabri dédié aux essais de sûreté pour les besoins de l'IRSN. Le CEA mène également des activités de R&D sur l'instrumentation nucléaire pour l'expérimentation en réacteur. Pour étudier le comportement sous irradiation des combustibles nucléaires et des matériaux, en conditions normales et en situations accidentelles, il est nécessaire de les caractériser dans des laboratoires chauds[3] (Atalante, LECA-STAR et LECl), dotés d'équipements dédiés, qui constituent un atout différenciant du CEA. Des études complémentaires sont réalisées sur des installations non nucléaires.

Le redémarrage du réacteur CABRI, destiné à la réalisation d'essais de sûreté sur les combustibles des réacteurs à eau sous pression, dans les conditions de température et de pression de ces derniers, a permis la réalisation de l'essai CIP 1-2B du programme CIP.

Les études et les travaux correspondant aux conditions de la poursuite de l'exploitation du laboratoire LECA à Cadarache ont progressé, avec plusieurs étapes franchies, dont la fin des études APD sur les travaux de renforcement du génie civil pour assurer la tenue de l'installation à des séismes d'intensité SMS (séisme majoré de sécurité) et paléoséisme. Ces réalisations s'inscrivent dans le cadre fixé par la décision de l'Agence de sûreté nucléaire (ASN) en date du 10 juillet 2020, autorisant la poursuite de l'exploitation du LECA.

Concernant la neutronique, l'amélioration de la précision des calculs et la réduction des biais de modélisation reposent sur le code de référence statistique TRIPOLI-4 et sur le nouveau code déterministe multifilière APOLLO3@. L'évolution des supercalculateurs vers des architectures hétérogènes et la nécessité de réaliser des calculs de plus en plus précis

imposent de faire évoluer le code TRIPPOLI-4 vers une nouvelle structure interne massivement parallèle. Conformément à la feuille de route TRIPOLI-5 éditée en 2021, les premiers co-développements CEA-IRSN se sont concrétisés en 2022 dans un environnement informatique de partage des développements, défini en commun.

Dans le domaine de la mécanique, le plan de travail pluriannuel d'un code de mécanique unifié « de nouvelle génération » MANTA (intégrant nativement les formalismes implicites et explicites de la mécanique statique et dynamique) a été édité en 2022. Sur la base de ce document, un groupe de travail CEA-EDF-Framatome a instruit les différentes possibilités de mutualiser avec le code industriel d'EDF (Aster) et de co-développer certaines parties de MANTA.

Assainissement-démantèlement (69,05 M€)

La subvention pour charges de services public participe au financement des coûts de support nécessaires à l'activité d'assainissement-démantèlement des installations nucléaires du CEA et à la R&D associée.

CENALT (1 M€)

Le CEA héberge un centre d'alerte (CENALT), à Bruyères-le-Châtel, qui surveille les séismes et analyse les risques de tsunamis en Méditerranée occidentale et dans l'Atlantique Nord-Est, afin d'alerter la Sécurité civile en cas d'événement critique.

Par rapport à la prévision en LFI, le CEA a dû réarticuler les dépenses affectées aux actions 16 et 17 en diminuant les dépenses liées à l'action 16 pour redéployer les moyens sur l'action 17 (cf. action 17).

[1] CABRI international Program (CIP).

[2] NUWARDTM (abréviation de « NUclear forWARD ») est un projet de petit réacteur nucléaire modulaire (SMR en anglais pour « Small Modular Reactor ») en cours de développement par un consortium composé d'EDF, de TechnicAtome, de Naval Group, de Framatome, de Tractebel et du CEA.

[3] Laboratoire équipé pour la manipulation ou le traitement de substances fortement radioactives.

ACTION

17 – Recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie

| Action / Sous-action | Autorisations d'engagement | | | Crédits de paiement | | |
|---|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | Titre 2 | Autres titres | Total | Titre 2 | Autres titres | Total |
| <i>Prévision LFI y.c. FdC et AdP</i> | | | | | | |
| <i>Réalisation</i> | | | | | | |
| 17 – Recherche dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie | | 174 335 096 | 174 335 096 | | 174 335 096 | 174 335 096 |
| | | 172 199 039 | 172 199 039 | | 172 199 039 | 172 199 039 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | | 51 000 000 | 51 000 000 | | 51 000 000 | 51 000 000 |
| | | 51 000 000 | 51 000 000 | | 51 000 000 | 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | | 123 335 096 | 123 335 096 | | 123 335 096 | 123 335 096 |
| | | 121 199 039 | 121 199 039 | | 121 199 039 | 121 199 039 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE PAR NATURE

| Titre et catégorie | Autorisations d'engagement | | Crédits de paiement | |
|---|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation | Prévision LFI y.c. FdC et AdP | Réalisation |
| Titre 3 : Dépenses de fonctionnement | 174 335 096 | 172 199 039 | 174 335 096 | 172 199 039 |
| Subventions pour charges de service public | 174 335 096 | 172 199 039 | 174 335 096 | 172 199 039 |
| 17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA) | 51 000 000 | 51 000 000 | 51 000 000 | 51 000 000 |
| 17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN) | 123 335 096 | 121 199 039 | 123 335 096 | 121 199 039 |
| Total | 174 335 096 | 172 199 039 | 174 335 096 | 172 199 039 |

SOUS-ACTION

17.01 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (CEA)

Le CEA se positionne comme un accélérateur de la transition énergétique et soutient une approche intégrée du système énergétique de demain qui s'appuie sur les modes de production (énergie nucléaire et énergies renouvelables), leurs interactions au sein du réseau (stockage, pilotage, conversion). Il développe des briques technologiques du système énergétique, en concentrant ses efforts sur des composants clés, pour les besoins nationaux et européens, à court et moyen terme, tout en explorant certaines pistes de plus long terme.

Le CEA apporte une valeur ajoutée à la fois en matière de production d'électricité d'origine solaire photovoltaïque, de stockage de l'électricité, de composantes du mix énergétique comme le vecteur hydrogène. Les travaux sur les réseaux et l'efficacité énergétique sont développés dans un objectif d'optimisation globale de systèmes énergétiques via une approche multi-vecteurs « électricité, gaz, chaleur ».

Production solaire photovoltaïque (17,06 M€)

Le CEA se positionne sur l'ensemble de la chaîne de la valeur, du matériau à l'intégration dans les systèmes, en préparant les nouveaux systèmes de production photovoltaïque, à très haute performance, offrant des capacités d'intégration accrue et de service au réseau.

En 2022, le CEA a poursuivi sa collaboration avec Énel Green Power pour les accompagner dans l'augmentation de leur capacité de production de cellules et modules hétérojonction à 3 GW/an.

Concernant l'ensemble des technologies de la feuille de route cellules du CEA (technologies de cellules HET, tandem et TopCON), la recherche d'un opérateur de fabrication de cellules et modules ayant un projet d'implantation d'une *gigafactory* sur le sol français n'a pas abouti en 2022 et sera poursuivi en 2023, en articulation avec l'État.

Avec l'obtention d'un rendement de 25,8 % sur 9 cm², le CEA a démontré qu'il maîtrise la structure de la cellule tandem et les procédés de dépôt grande surface pour la *top-cell* pérovskite, sur une cellule HJT polie. L'analyse des caractéristiques photovoltaïques, et des pertes optiques et électriques de la cellule montre qu'il est possible d'atteindre 30 % de rendement sur la base de cette structure en améliorant la qualité des interfaces au sein de la *top-cell* pérovskite et en structurant la *bottom-cell* hétérojonction.

Le CEA a d'autre part réalisé un module PV bas carbone par une démarche d'écoconception qui a permis de sélectionner les matériaux et adapter le design pour réduire la consommation de matières critiques. Ainsi en utilisant des composants et des processus de fabrication bas carbone, il a été possible de fabriquer un module de 566 W de puissance crête présentant un bilan carbone de seulement 317 kgCO₂éq/kWc ; à comparer avec 386 kgCO₂éq/kWc pour la meilleure référence commerciale connue.

Stockage (14,09 M€)

Le CEA contribue au développement de technologies de stockage d'énergie pour le transport, la mobilité et la stationnaire, afin d'augmenter la densité d'énergie embarquée. Ces travaux s'appuient sur la chimie des matériaux, la modélisation multi-physique et multi-échelle, la réalisation des composants et leur intégration dans des systèmes fonctionnels. Ils visent à faire émerger des technologies de rupture, permettant d'aller au-delà des performances des dispositifs actuels, en répondant aux enjeux de réduction ou de substitution de métaux critiques ou nocifs pour l'environnement et la santé.

Au niveau national, dans le cadre du plan de relance, le CEA participe activement à la gouvernance des Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) *Batteries* en étant copilote aux côtés du CNRS.

En 2022, les experts du CEA ont contribué aux travaux de structuration de la filière batteries dans le cadre du Comité stratégique de filière (CSF) *Nouveaux systèmes énergétiques*. À ce titre le CEA, en collaboration avec les fabricants nationaux de batteries, a construit une offre nationale de formation aux technologies du domaine. La concrétisation des IPCEI en 2022 a permis au CEA de renforcer ses partenariats stratégiques avec ACC, Solvay, SAFT et Umicore.

Dans le domaine des batteries lithium-ion, les efforts du CEA portent sur le haut niveau de fiabilité et de sûreté, et les batteries gélifiées ou tout solide. Dans le cadre de la stratégie de reconquête industrielle et des projets de construction de gigafactory en Europe, le CEA travaille en étroite collaboration avec Saft sur des batteries Li-ion de 3^e génération plus sûres et durables. Parmi les options technologiques étudiées, la diminution de la teneur en cobalt à l'électrode positive et l'introduction de matériaux à base de silicium à l'électrode négative sont des pistes privilégiées. Un travail mené en collaboration avec Solvay depuis de nombreuses années a permis, de façon complémentaire aux avancées sur les matériaux d'électrode, la mise au point d'un procédé d'électrolyte gélifié qui permet des gains importants à la fois en facilité de mise en œuvre en supprimant le recours aux solvants, et en sûreté de fonctionnement. La durée de vie étant de premier ordre dans le calcul du coût et de l'empreinte environnementale, le CEA travaille également sur le recyclage et la capacité à fabriquer des électrodes à base de matériaux recyclés.

Pour améliorer les performances des systèmes de batteries, le CEA mène des développements sur des capteurs très bas coûts intégrés dans les modules et packs, voire dans les cellules, afin d'avoir une meilleure connaissance de l'état des batteries et pouvoir effectuer des actions préventives ou correctives.

Vecteur hydrogène (16,15 M€)

Les principales activités de R&D du CEA dans le domaine de l'hydrogène concernent (i) les composants et les systèmes pour la production d'hydrogène par électrolyse à haute température (EHT), (ii) le stockage de l'hydrogène dans des réservoirs haute pression et plus récemment sous forme liquide (LOHC[1] ou cryogénique) et (iii) la conversion avec les piles à combustible de type PEMFC[2], à basse température, ou les piles de type SOFC[3], à haute température. Ces activités s'inscrivent parfaitement dans le cadre de la Stratégie nationale *Hydrogène* portée par l'État.

En 2022, le CEA poursuit l'accompagnement de son partenaire GENVIA pour le développement et l'industrialisation d'une technologie d'électrolyse haute température (EHT). Ce travail a conduit à la production d'une note d'industrialisation en cohérence avec la feuille de route « produits » de Genvia. D'un point de vue technique, le CEA a intégralement conçu et développé un premier module *multi-stacks* (module intégrant quatre empilements comprenant chacun 25 cellules de 100 cm²). Un atelier de fabrication pilote a été mis en place au CEA à Grenoble afin de développer des procédés de fabrication industrialisables de cellules électrochimiques céramiques nécessaires au procédé EHT, et initialement développées à petite échelle au CEA/Le Ripault. Cet atelier est aujourd'hui complet et fonctionnel, permettant la fabrication et la qualification de premières cellules de 100 cm².

Les travaux sur la pile à combustible PEM font l'objet d'un partenariat avec la start-up INOCEL sur des applications de forte puissance à partir de la technologie dite GEN-Z du CEA initialement développée pour une démonstration dans le rallye raid Paris-Dakar. Une preuve de concept d'une pile à combustible PEM de puissance 100 kW a été réalisée avec succès, intégrant un certain nombre d'innovations notamment au niveau système (gestion de gaz).

Le CEA est également fortement impliqué dans le PEPR *Hydrogène décarboné* lancé en février 2022 pour accélérer le développement : de nouvelles architectures et nouveaux matériaux de réservoirs de stockage d'hydrogène (composites sous pression et cryogénique) ; de nouvelles méthodes d'évaluation de la fragilisation par l'hydrogène de matériaux métalliques ; d'analyses socio-technico-économiques et impacts des systèmes H₂.

Efficacité énergétique des réseaux et systèmes complexes (12,89 M€)

Concernant la diminution de la consommation énergétique et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, le CEA a identifié deux domaines d'études génériques et différenciant la maîtrise de l'efficacité énergétique de l'ensemble des chaînes énergétiques (production-conversion-stockage) et la valorisation des énergies perdues d'une part, et le développement d'outils numériques permettant l'élaboration et/ou l'optimisation de systèmes et de réseaux énergétiques, multi-vecteurs (électricité, gaz bas-carbone et chaleur), sous contrainte (coûts, énergie grise, impacts environnementaux) d'autre part. Ce second axe est adossé à des plateformes expérimentales pour la validation des modèles qui le composent.

Concernant l'accroissement de l'efficacité énergétique, le CEA s'intéresse plus particulièrement aux secteurs de l'industrie et du bâtiment. Dans le secteur de l'industrie, le CEA travaille à la limitation des pertes thermiques, en particulier en améliorant les rendements de conversion des cycles thermodynamiques (cycles combinés, optimisation des points froids) et en valorisant les rejets thermiques sous forme de stockage thermique ou par conversion.

Les activités du CEA dans le second domaine s'articulent autour :

- du développement d'outils numériques permettant de dimensionner et d'optimiser le pilotage de systèmes (véhicule, bâtiment, parcs industriels...) et réseaux énergétiques (électricité, gaz, chaleur, froid) et leur couplage ;
- du développement d'outils de gestion de données avancés et de la mise en œuvre de capteurs distribués permettant de transformer les réseaux énergétiques en réseaux « intelligents », de mesurer en temps réel l'état du réseau, les prévisions de production et consommation ;
- du développement de convertisseurs de puissance et de stratégies de pilotage pour les systèmes et les réseaux multivecteurs, en tirant parti des nouvelles générations de composants électroniques (convertisseurs de puissance bidirectionnels par exemple) ;
- de la création d'une plateforme nationale co-portée par le CEA et RTE avec l'objectif d'étudier des systèmes énergétiques multivecteurs (prioritairement l'électricité et la chaleur puis les gaz décarbonés), couplant des composants réels et des émulateurs de source d'énergie, de systèmes de stockage ou d'usages.

Par rapport à la prévision en LFI, le CEA a dû réarticuler les dépenses affectées aux actions 16 et 17 en diminuant les dépenses liées à l'action 16 pour redéployer les moyens sur l'action 17 (cf. action 16).

[1] *Liquid organic hydrogen carrier* (LOHC).

[2] *Proton Exchange Membrane Fuel Cells* (PEMFC).

[3] *Solid oxide fuel cells* (SOFC).

SOUS-ACTION

17.02 – Soutien aux nouvelles technologies de l'énergie (IFPEN)

Les actions d'IFPEN dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie s'articulent autour des axes de son COP 2021-2023 : la recherche et innovation selon les trois priorités stratégiques : Climat, Environnement et Économie circulaire, Énergies renouvelables et Mobilité durable, la recherche fondamentale transverse, ainsi que la formation diplômante et le soutien à la compétitivité des entreprises innovantes de taille modeste. IFPEN est institut Carnot pour ses activités Transports Énergie et Ressources Énergétiques.

Les crédits alloués pour 2022 ont participé au financement des activités suivantes :

- **Recherche et innovation Climat, Environnement et Économie circulaire**

Captage, stockage et utilisation du CO₂ (CCUS)

Alors que le rapport du GIEC appelle à une réduction immédiate des émissions de gaz à effet de serre ainsi qu'à l'accélération du captage et du stockage du CO₂, IFPEN joue un rôle clé dans le développement de technologies innovantes de captage du CO₂ avec :

- le démarrage du pilote industriel 3D sur le site ArcelorMittal de Dunkerque, qui est une étape importante pour démontrer le procédé DMX™, procédé innovant de captage du CO₂ des fumées de gaz sidérurgique ;
- la construction de la plus grande unité de démonstration au monde de combustion en boucle chimique (CLC) par le consortium du projet sinœuropéen CHEERS (Horizon 2020), dont IFPEN fait partie aux côtés de TotalEnergies, Dongfang Boiler Group Co. (DBC) et l'université de Tsinghua.

Le projet StrategyCCUS a donné naissance à un nouveau projet H2020, PilotStrategy, démarré en mai 2021 pour cinq ans, qui vise à caractériser en détail des aquifères salins profonds pour s'assurer de la disponibilité de sites de stockage.

En parallèle, dans le cadre du projet européen REX-CO₂, l'IFPEN a contribué à l'élaboration d'un outil numérique d'aide à la décision pour la réutilisation de puits de production pétrolière et gazière en fin de vie en vue du stockage de CO₂.

A noter : IFPEN a co-organisé la 16e édition du congrès de l'IEAGHG (*International Energy Agency Green House Gas R&D Programme*) sur les technologies de contrôle des gaz à effet de serre.

Interactions climat, carbone, sols et eau

Les travaux liés aux interactions climat, sol et cycle de l'eau ont été consolidés par plusieurs collaborations scientifiques sur 2022. Citons le projet SIC-SOC-DYN, financé par l'ANR et dont le but est de mieux appréhender la contribution des sols calcaires au bilan carbone global. Dans le cadre d'un projet France Relance, Valorhiz et IFPEN ont noué un partenariat portant sur le développement de méthodes d'analyse de sols sableux, caractérisés par leur faible teneur en carbone. Enfin, IFPEN a également démarré un projet sur la gestion de la ressource et le traitement des eaux qui comprend la caractérisation des aquifères complexes, et en particulier les aquifères karstiques.

Qualité de l'air

Une première installation industrielle pour la FlairBox a été réalisée en 2022. La gamme d'outils Flair est un ensemble de capteurs et de logiciels permettant d'explorer une zone géographique donnée pour détecter les polluants d'origine naturelle ou industrielle. IFPEN a procédé en 2022 à l'installation de quatre premières stations fixes FlairBox chez son partenaire gazier Teréga, dans le but d'acquérir et d'exploiter davantage de données liées à la présence de THT, mais aussi de benzène et de dioxyde de soufre sur son site.

Par ailleurs, dans le cadre du projet SESAME co-financé par l'ADEME, le Carnot IFPEN Transports Énergie a évalué l'intérêt de la mesure embarquée des émissions de polluants grâce au dispositif Real-e™ d'IFPEN afin de proposer une amélioration du contrôle technique des véhicules, en effectuant des tests sur un parc existant.

Recyclage des matériaux

IFPEN est présent sur les différentes boucles de recyclage chimique des plastiques via le développement de solutions technologiques durables destinées à transformer les déchets plastiques en matières polymères recyclées d'excellente qualité. Aux côtés de leurs partenaires, les chercheurs d'IFPEN développent des technologies éprouvées et viables économiquement afin de pouvoir traiter, en complément du recyclage mécanique, presque tous les types de plastiques et d'offrir des solutions aux industriels pour répondre aux attentes croissantes de la société en matière de réduction des déchets plastiques conformément aux politiques publiques relatives à l'économie circulaire. L'année 2022 a été marquée par l'homologation sur charge de haute qualité de la technologie RewindMix™ de purification des huiles de

pyrolyse. Concernant le recyclage du PET, la mise en œuvre industrielle du recyclage chimique est en bonne voie, avec la construction d'une première unité de recyclage.

Le recyclage des métaux critiques utilisés dans la préparation des catalyseurs et des matériaux de cathode pour batteries tels que le cobalt, le nickel, le lithium et dans une moindre mesure le molybdène est un enjeu stratégique de l'économie circulaire. IFPEN, en collaboration avec des partenaires industriels et académiques, développe des procédés de transformation de la matière, des matériaux et solvants pour proposer des solutions performantes sur les plans technique et économique. Depuis le début de l'année 2022, Eurecat (acteur mondial de la régénération et l'activation des catalyseurs et du recyclage des matériaux à base de métaux), Axens et IFPEN ont lancé un projet dédié au recyclage des métaux des catalyseurs destiné à développer un procédé d'extraction des métaux de catalyseurs d'hydrotraitement, afin de les valoriser en boucle fermée à travers la préparation de catalyseurs neufs.

- **Recherche et innovation Énergies renouvelables**

Biocarburants et bioproduits

Dans le domaine de la production de biocarburants avancés pour les transports routier et aérien, l'année 2022 a été marquée par l'implication d'IFPEN dans le projet BioTJet, au côté d'Élyse Énergie, Avril et de plusieurs industriels. L'objectif est de préparer l'implantation en France de la première industrielle de la technologie BioTfuel pour la production de Biojet à partir de biomasse non alimentaire. Le projet « Éthanol-To-Jet » a aussi été lancé, en partenariat avec Axens.

Concernant la chimie biosourcée, des tests de performance à froid des équipements ont été réalisés sur le démonstrateur Biobutterfly, qui vise à produire du butadiène à partir d'éthanol issu de biomasse en remplacement du butadiène pétrochimique. Par ailleurs, en collaboration avec la filiale d'un grand groupe français, les équipes d'IFPEN ont finalisé le développement d'un procédé de transformation de sucre. Il permettra de produire une molécule biosourcée utilisée dans la fabrication de résines non-toxiques et durables pour le collage du bois.

Production d'énergie en milieu marin

2022 a été marquée par la mise sur le marché du logiciel WiSE™ WindField développé par IFPEN dans le cadre d'un partenariat avec Vaisala. Cet outil réalise la reconstruction 3D du champ de vent à partir de mesures réalisées par un LiDAR. Intégrées dans la solution WindBox de Vaisala, les hautes capacités de détection du vent du logiciel optimisent le pilotage des éoliennes en les adaptant à chaque instant aux conditions de vent, améliorant ainsi leur performance. Réduire la fatigue mécanique d'une éolienne permet aussi de réduire ses coûts de maintenance, tout en augmentant sa durée de vie. Enfin, cette meilleure adaptabilité des éoliennes au vent permet d'optimiser leur design, de réduire les coûts d'investissement et de maximiser la production d'énergie.

IFPEN a également lancé le JIP Wind Avatar qui vise à mieux répondre aux défis que posent les éoliennes en mer en développant des jumeaux numériques. L'objectif est de mieux diagnostiquer les anomalies potentielles des éoliennes, suivre leur usure, prédire la durée de vie de leurs composants, détecter des baisses de production électrique et in fine optimiser la production et la maintenance.

Enfin, IFPEN a coorganisé France Énergie éolienne la première édition des « journées scientifiques de l'éolien » qui a réuni les acteurs français de l'éolien, académiques et industriels, avec pour but de faire le point sur les dernières avancées de la recherche et accompagner la croissance du secteur.

Systèmes de stockage et gestion de l'énergie

En matière de stockage stationnaire de l'énergie, le projet TranZAE s'est poursuivi. Attribué par l'ADEME en 2021, il vise à développer une méthodologie pour décarboner et revitaliser les 10 000 à 20 000 ZAE (bureaux, commerces) de France. Par ailleurs, une étude technico-économique réalisée pour TotalEnergies a confirmé le positionnement du stockage d'énergie par air comprimé pour les durées de quelques heures de stockage. Enfin, IFPEN a travaillé avec Geostock sur une solution de stockage d'énergie souterrain par air comprimé AA-CAES.

Usage du sous-sol pour la transition énergétique

Concernant la géothermie 2022, IFPEN a réalisé avec sa filiale Beicip-Franlab une étude visant à réutiliser les puits de pétrole pour la production géothermique via la récupération de la chaleur des fluides. Par ailleurs, IFPEN participe à deux nouveaux projets à financement public : HocLoop, financé par Horizon Europe et qui vise à évaluer une nouvelle technologie en boucle fermée se basant sur un puits vertical prolongé par une partie horizontale profonde, et Gliter, financé par l'ANR et qui porte sur l'évaluation du potentiel de coproduction géothermie et lithium du fossé rhénan.

Dans le domaine de l'hydrogène, les travaux visent l'évaluation d'une part de l'impact de l'hydrogène sur les matériaux afin notamment de pouvoir assurer la sécurité du réseau de transport, d'autre part des risques et de la faisabilité technique des futures opérations de stockage massif de l'hydrogène dans le sous-sol. Ainsi, le Carnot IFPEN Ressources Énergétiques est partenaire du projet HyStorEn, financé par l'ANR et qui vise à mieux comprendre le comportement de l'hydrogène dans le sous-sol.

Enfin, Le 6 octobre 2022, à l'occasion de la première édition de la journée internationale de la géodiversité, proclamée par l'Unesco, le projet d'application mobile Rocknet d'IFPEN a fait l'objet d'une exposition au siège de l'organisation à Paris. L'application vise à faciliter l'accès du grand public aux connaissances géologiques. IFPEN et l'Unesco ont signé en 2020 un partenariat pour l'étude et la promotion de la géodiversité.

- **Recherche et innovation Mobilité durable**

Décarbonation de la mobilité

Au niveau des travaux relatifs à l'**électrification des véhicules**, IFPEN a initié ou concrétisé de nombreux projets en 2022. Deux machines électriques synchro-réductantes sans terres rares et une électronique de puissance avec des composants à base de carbure de silicium contribuant à atteindre 99 % de rendement mesuré ont été développées dans le cadre du projet ReFreeDrive. Un ensemble moteur-onduleur intégré basse tension inédit en performances destiné à des petits véhicules électriques ou à des applications de retrofit a été développé avec les sociétés EREM et Punch Powertrain France. Cet ensemble est industrialisé depuis 2022 par EREM. IFPEN et le CEA-Liten mettent en œuvre conjointement, dans le cadre d'une action Inter Carnot, le projet collaboratif Melchior, une démarche d'écodesign et économie circulaire qui vise à développer un prototype de machine électrique utilisant une technologie d'aimant recyclable. En ce qui concerne les batteries, le projet européen HELENA a démarré, renforçant les activités d'IFPEN dans le domaine de la modélisation des batteries tout solide. Enfin, dans le domaine des piles à combustible (PàC) à hydrogène, IFPEN a poursuivi sa croissance, porté par de nombreux projets collaboratifs démarrés en 2022 : CORAM ECH2, PEPR H2 – HYSySPEMb et ADEME SMAC-FC.

Concernant les avancées sur les **motorisations à hydrogène ou carburants bas carbone**, l'année 2022 voit le développement des projets HYMOT et MH8 avec Volvo trucks, tous deux intégrés dans le cadre du CORAM. Ils visent, d'un côté à démontrer la faisabilité de la décarbonation d'un véhicule utilitaire par conversion de son moteur à combustion interne à l'hydrogène, en alternative à une électrification couplée à une pile à combustible hydrogène, de l'autre à équiper en motorisations thermiques à hydrogène les véhicules à fort tonnage avec un coût total de possession très proche de celui de leur équivalent Diesel. Par ailleurs, IFPEN a publié, avec l'ADEME, l'étude TranpLHyn (Transports Lourds fonctionnant à l'Hydrogène). Elle compare sur le plan énergétique, économique et environnemental les deux modes de propulsion à hydrogène, par génération d'électricité dans une PàC ou par combustion dans un moteur thermique avec une architecture classique. Enfin, les travaux menés en 2022 ont permis d'améliorer le rendement des solutions de motorisations utilisant des carburants bas carbone liquides ou gazeux (gaz naturel, biogaz, hythane), notamment dans le cadre des projets européens LongRun (visant à développer un ensemble complet de chaînes de traction pour poids lourds plus respectueux de l'environnement) et Phoenix (visant à développer un démonstrateur de véhicule hybride rechargeable avec un niveau de consommation de carburant et d'émissions de polluants réduit).

Digitalisation de la mobilité

Le projet européen CEVOLVER s'est achevé après quatre ans de travaux. Les équipes d'IFPEN ont développé les algorithmes d'optimisation de parcours et de plans de recharge pour fournir au conducteur une prédiction d'autonomie plus précise et une assistance pour trouver l'itinéraire le plus efficace pour un voyage longue distance. La modélisation CFD 3D est développée dans le code CONVERGE dans le cadre d'un partenariat avec la société CSI, qui a été

renouvelé pour cinq ans avec un périmètre élargi notamment à la mobilité électrifiée (refroidissement des machines électriques, gestion et emballage thermique des batteries).

IFPEN a renouvelé en 2022 son contrat de partenariat avec SIEMENS pour les cinq prochaines années et va ouvrir la plate-forme AMESIM de simulation système à deux nouvelles thématiques : la modélisation de la Pile à Combustible et l'usage et l'intégration du volet « Real-Driving Émissions » dans la simulation.

A la demande de l'ADEME, IFPEN a réalisé l'étude E4T 2040, une analyse prospective sur les technologies à privilégier pour répondre aux enjeux de réduction des émissions de CO₂ du transport routier d'ici 2040, et à la demande du Concauwe, une autre étude a été menée visant à évaluer l'empreinte environnementale des véhicules hybrides rechargeables (PHEV) en conditions réelles d'utilisation.

IFPEN a conçu, en collaboration avec la Fabrique de la logistique, l'outil « Verdir ma flotte ». Il offre aux acteurs du secteur de la logistique devant décarboner leurs flottes, la possibilité de quantifier l'impact économique et écologique de carburants alternatifs et de technologies hybrides et électriques.

Enfin, les études d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) prenant en compte les trois dimensions énergétique, environnementale et économique se sont généralisées. Les différents acteurs de la mobilité ont en effet besoin d'être éclairés sur l'impact des choix de technologies et de vecteurs énergétiques pour répondre aux évolutions des réglementations environnementales.

- **Recherche fondamentale transverse**

IFPEN s'appuie sur un solide programme de recherche fondamentale collaboratif, structuré autour de neuf verrous scientifiques, visant à produire un socle transverse de connaissances, méthodologies et concepts nouveaux. Pour anticiper les besoins d'innovation à long terme et pour préparer le développement de nouveaux produits et procédés, IFPEN oriente en permanence ses questionnements scientifiques de façon à acquérir de nouvelles connaissances et compétences.

Depuis la compréhension des mécanismes à l'échelle atomique jusqu'à l'évaluation de l'impact économique et environnemental des procédés et produits, les neuf verrous scientifiques structurent l'ensemble du cheminement de la R&I d'IFPEN. Organisés en défis, correspondant à des obstacles plus précis à surmonter, ces verrous conduisent à formaliser des questionnements scientifiques auxquels répondre pour appuyer les activités de recherche appliquée des priorités stratégiques liées aux NTE.

Outre les trois PEPR SNA dont il est copilote, IFPEN est impliqué dans les PEPR SNA Recyclage, batteries et H₂, ainsi que dans les PEPR exploratoires Sous-sol bien commun, Maths-vives (Mathématiques pour le vivant, l'environnement et la société), FairCarboN (cycle du carbone), OneWater (eau bien commun), NumPEX (Numérique Hautes Performances pour l'Exascale) et DIADEM (Dispositifs intégrés pour l'accélération du déploiement de matériaux émergents).

L'appel à projets générique 2022 de l'ANR a donné lieu à quatre nouveaux projets impliquant IFPEN. Ils visent à lever des verrous scientifiques dans des domaines aussi variés que le stockage souterrain d'hydrogène, la géothermie profonde avec co-production de lithium dans le rift rhénan, le refroidissement liquide de moteurs électriques et l'optimisation topologique des batteries à base de carbures de silicium. IFPEN participe par ailleurs à de nouveaux projets sélectionnés dans le cadre du programme Horizon Europe. Pour accroître la recherche dans le domaine des aquifères karstiques, l'ERC (European Research Council) a attribué en octobre 2022 une bourse Synergy à quatre co-porteurs issus d'instituts de recherche européens dont un chercheur IFPEN. La bourse permettra à cette équipe de recherche internationale et multidisciplinaire d'étudier les lois physiques qui régissent l'écoulement de l'eau et le transport des polluants dans les systèmes de grottes souterraines (aquifères karstiques). En effet, comprendre les mécanismes de formation des karsts et étudier l'impact du changement climatique sur ces aquifères représentent un enjeu important pour continuer d'alimenter en eau une grande partie de l'humanité.

- **Formation des acteurs de la transition écologique**

La formation, mission statutaire d'IFPEN, est assurée par IFP School, l'école de l'innovation énergétique et de la mobilité durable. Ses programmes couvrent quatre domaines : Motorisations et mobilité durable, Économie et management de l'énergie, Procédés pour l'énergie et la chimie et Géoressources et énergie.

Afin de répondre à l'évolution des besoins de l'industrie et des attentes des étudiants, IFP School adapte en permanence ses méthodes pédagogiques et ses modules d'enseignement, et entretient une dynamique multiculturelle forte au sein de ses promotions.

L'année 2022 a été marquée essentiellement par :

- La mise en place de l'enseignement d'une option dédiée à la chaîne de valeur de l'hydrogène au sein des programmes des quatre domaines couverts.
 - La conception d'un module sur l'hydrogène et la mobilité et la déclinaison d'un MOOC sur la transition énergétique en une web-série, via son laboratoire des cultures digitales.
 - Le renouvellement de la labellisation du Mastère Spécialisé® Groupes motopropulseurs.
 - La signature d'un partenariat avec l'université de Strasbourg pour l'ouverture d'un master dans le domaine des géoressources.
 - L'obtention du label de l'excellence numérique 4Digital décerné par la Conférence des grandes écoles.
 - Le classement à la 4^e place du palmarès des écoles d'ingénieurs les plus engagées sur les enjeux de responsabilité sociétale dans le classement spécial RSE du label HappyIndex®@AtSchool.
 - La signature de trois conventions dans le cadre de la chaire d'enseignement CarMa portée par IFP School : l'une avec le MIT, la seconde avec le CNRS et la 3^e avec INRAE-AgroParisTech.
-
- **Soutien à la compétitivité des entreprises innovantes de taille modeste**

IFPEN mène une politique de soutien aux PME, ETI et start-up dans les domaines de la mobilité, de l'énergie et des éco-industries, avec l'objectif d'accélérer les projets d'innovation et de codévelopper de nouveaux produits et services. En 2022, le développement des moyens de prospection digitale a contribué à faire connaître plus largement l'offre d'accompagnement d'IFPEN. Au total, près de 300 entreprises ont pu être rencontrées. Les entreprises ayant intégré l'écosystème de PME innovantes d'IFPEN en 2022 proposent des solutions dans des domaines aussi variés que l'odorisation du gaz renouvelable, les panneaux solaires dédiés à la production d'eau potable, le traitement du phosphore dans les eaux, la digitalisation de la gestion des déchets industriels ou encore l'épuration des eaux de cale des navires.

Pour identifier des opportunités de collaboration avec des PME ou jeunes entreprises innovantes et améliorer la veille sur de nouveaux domaines, IFPEN peut compter sur un riche réseau de partenaires : incubateurs ciblés, réseaux de soutien à l'innovation ou encore réseau des Carnot. IFPEN compte aujourd'hui une dizaine de partenaires parmi les incubateurs et accélérateurs ayant une dimension nationale tels que Bpifrance par exemple. En 2022, IFPEN a d'ailleurs souscrit au fonds d'amorçage industriel métropolitain (FAIM), fonds à impacts environnemental et social des métropoles de Lyon et de Saint-Étienne.

Enfin, grâce à un dispositif d'essaimage, IFPEN accompagne également ses salariés dans leur projet d'entreprise. En 2022, une salariée a été soutenue dans la création de SO SPONGE, une entreprise qui propose une solution de régulation de l'humidité dans les serres agricoles sans consommation d'énergie.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

Récapitulation des crédits et emplois alloués aux opérateurs de l'État
RÉCAPITULATION DES CRÉDITS ALLOUÉS PAR LE PROGRAMME AUX OPÉRATEURS

| Opérateur financé (Programme chef de file) Nature de la dépense | Réalisation 2021 | | Prévision LFI 2022 | | Réalisation 2022 | |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement |
| CNPF - Centre national de la propriété forestière (P149) | | | | | -4 603 | |
| Transferts | | | | | -4 603 | |
| ANSéS - Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (P206) | 1 526 279 | 1 526 279 | 1 551 198 | 1 551 198 | 1 527 175 | 1 527 175 |
| Subventions pour charges de service public | 1 526 279 | 1 526 279 | 1 551 198 | 1 551 198 | 1 527 175 | 1 527 175 |
| ENSTA Bretagne - Ecole nationale supérieure de techniques avancées Bretagne (P144) | | 53 500 | | | | |
| Transferts | | 53 500 | | | | |
| ISAE - Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace (P144) | | 226 751 | | | | 7 932 |
| Transferts | | 226 751 | | | | 7 932 |
| ONERA - Office national d'études et de recherches aérospatiales (P144) | 68 303 500 | 63 511 545 | | | 5 198 500 | 17 712 498 |
| Transferts | 68 303 500 | 63 511 545 | | | 5 198 500 | 17 712 498 |
| INERIS - Institut national de l'environnement industriel et des risques (P181) | 6 267 828 | 6 335 328 | 6 373 110 | 6 373 110 | 6 261 875 | 6 274 346 |
| Subventions pour charges de service public | 6 267 828 | 6 267 828 | 6 373 110 | 6 373 110 | 6 274 346 | 6 274 346 |
| Transferts | | 67 500 | | | -12 471 | |
| ENPC - Ecole nationale des Ponts et Chaussées (P217) | | | | | -15 000 | |
| Transferts | | | | | -15 000 | |
| CEREMA - Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (P159) | | 3 375 | | | | |
| Transferts | | 3 375 | | | | |
| ENTPE - Ecole nationale des travaux publics de l'Etat (P217) | | | | | -20 384 | |
| Transferts | | | | | -20 384 | |
| Universités et assimilés (P150) | 97 445 403 | 88 167 261 | 85 701 182 | 85 701 182 | 84 460 465 | 85 027 818 |
| Subventions pour charges de service public | 85 795 403 | 85 795 403 | 85 701 182 | 85 701 182 | 84 550 346 | 84 558 790 |
| Transferts | 11 650 000 | 2 371 858 | | | -89 882 | 469 028 |
| Ecoles et formations d'ingénieurs (P150) | | 664 976 | | | | 275 609 |
| Transferts | | 664 976 | | | | 275 609 |
| Autres opérateurs d'enseignement supérieur et de recherche (P150) | | | | | -2 488 | 43 375 |
| Transferts | | | | | -2 488 | 43 375 |
| Communautés d'universités et d'établissements (P150) | | 28 625 | | | | 2 977 |
| Transferts | | 28 625 | | | | 2 977 |
| BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières (P172) | | | | | -50 000 | |
| Transferts | | | | | -50 000 | |
| CEA - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (P172) | 1 231 139 806 | 1 231 666 931 | 1 210 185 791 | 1 210 185 791 | 1 201 621 005 | 1 201 873 952 |
| Subventions pour charges de service public | 1 231 139 806 | 1 231 139 806 | 1 210 185 791 | 1 210 185 791 | 1 201 626 019 | 1 201 626 019 |
| Transferts | | 527 125 | | | -5 014 | 247 933 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Justification au premier euro | Programme n° 190

| Opérateur financé (Programme chef de file) Nature de la dépense | Réalisation 2021 | | Prévision LFI 2022 | | Réalisation 2022 | |
|---|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement |
| CIRAD - Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (P172) | | | | | -2 994 | |
| Transferts | | | | | -2 994 | |
| CNRS - Centre national de la recherche scientifique (P172) | | 446 929 | | | -234 795 | 403 132 |
| Transferts | | 446 929 | | | -234 795 | 403 132 |
| IFREMER - Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (P172) | | | | | -25 558 | |
| Transferts | | | | | -25 558 | |
| INRAE - Institut national pour la recherche en agriculture, alimentation et environnement (P172) | | | | | -30 112 | |
| Transferts | | | | | -30 112 | |
| IFPEN - IFP Energies Nouvelles (P190) | 120 152 902 | 120 152 902 | 123 335 096 | 123 335 096 | 121 197 568 | 121 199 039 |
| Subventions pour charges de service public | 120 152 902 | 120 152 902 | 123 335 096 | 123 335 096 | 121 199 039 | 121 199 039 |
| Transferts | | | | | -1 471 | |
| INRIA - Institut national de recherche en informatique et en automatique (P172) | | 45 375 | | | | 44 000 |
| Transferts | | 45 375 | | | | 44 000 |
| IRSN - Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (P190) | 167 241 547 | 167 241 547 | 170 752 594 | 170 752 594 | 167 396 003 | 167 396 003 |
| Subventions pour charges de service public | 167 241 547 | 167 241 547 | 170 752 594 | 170 752 594 | 167 396 003 | 167 396 003 |
| Groupe Mines Télécom (P192) | | 50 000 | | | | 32 569 |
| Transferts | | 50 000 | | | | 32 569 |
| INSERM - Institut national de la santé et de la recherche médicale (P172) | | | | | -59 611 | |
| Transferts | | | | | -59 611 | |
| Ecoles d'enseignement supérieur agricole et vétérinaire (P142) | | | | | -14 236 | |
| Subventions pour charges de service public | | | | | -11 567 | |
| Transferts | | | | | -2 668 | |
| IRD - Institut de recherche pour le développement (P172) | | | | | | |
| Transferts | | | | | | |
| ENAC - Ecole nationale de l'aviation civile (P613) | | 38 239 | | | | 196 820 |
| Transferts | | 38 239 | | | | 196 820 |
| Total | 1 692 077 265 | 1 680 159 564 | 1 597 898 971 | 1 597 898 971 | 1 587 202 810 | 1 602 017 244 |
| Total des subventions pour charges de service public | 1 612 123 765 | 1 612 123 765 | 1 597 898 971 | 1 597 898 971 | 1 582 561 361 | 1 582 581 372 |
| Total des transferts | 79 953 500 | 68 035 799 | | | 4 641 449 | 19 435 872 |

CONSOLIDATION DES EMPLOIS DES OPÉRATEURS DONT LE PROGRAMME EST CHEF DE FILE

EMPLOIS EN FONCTION AU SEIN DES OPÉRATEURS DE L'ÉTAT

| Opérateur | ETPT rémunérés par ce programme ou d'autres programmes | ETPT rémunérés par les opérateurs | | | | ETPT rémunérés par d'autres collectivités |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|--------------|---------------------|----------------|---|
| | | sous plafond * | hors plafond | dont contrats aidés | dont apprentis | |
| IFPEN - IFP Energies Nouvelles | 0 0 | 1 637 1 706 | 71 94 | 0 7 | 30 0 | 0 0 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Justification au premier euro

| Opérateur | Réalisation 2021 Prévision 2022 Réalisation 2022 | ETPT rémunérés par ce programme ou d'autres programmes | ETPT rémunérés par les opérateurs | | | ETPT rémunérés par d'autres collectivités | |
|---|--|--|-----------------------------------|--------------|---------------------|---|----------------|
| | | | sous plafond * | hors plafond | dont contrats aidés | | dont apprentis |
| | | 0 | 1 612 | 91 | 0 | 30 | 11 |
| IRSN - Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire | | 0 | 1 627 | 98 | 0 | 45 | 0 |
| | | 0 | 1 641 | 105 | 0 | 46 | 0 |
| | | 0 | 1 581 | 80 | 0 | 21 | 0 |
| Total | | 0 | 3 264 | 169 | 0 | 75 | 0 |
| | | 0 | 3 347 | 199 | 7 | 46 | 0 |
| | | 0 | 3 193 | 171 | 0 | 51 | 11 |

* Les emplois sous plafond 2022 font référence aux plafonds des autorisations d'emplois votés en loi de finances initiale 2022 ou, le cas échéant, en lois de finances rectificatives 2022

Après une année 2021 marquée par un gel des embauches engendrant une baisse d'effectif pour s'adapter au contexte économique dégradé, l'**IPFEN** a relancé de manière volontariste les recrutements (CDI et CDD) en 2022 avec une concrétisation dans le budget 2023.

En effet, en raison d'un marché de l'emploi sous tension, le volume de démissions a notablement augmenté et les délais de recrutement se sont allongés, retardant significativement le retour à un effectif en adéquation avec les besoins identifiés d'IPFEN pour opérer ses missions.

La stabilité de l'effectif réalisé en 2022 se matérialise par un effectif sous plafond en baisse de 25 ETPT comparé à 2021, compensé par une hausse semblable de l'effectif hors plafond en lien avec le retour à la normale des effectifs de stagiaires conventionnés.

Au vu des conditions actuelles, tant au niveau des difficultés liées au marché de l'emploi que des conditions macro-économiques, IPFEN envisage un retour progressif à une réalisation d'effectif sous plafond au niveau autorisé (1706 ETPT) en 2023 et 2024, tout en conservant un volume hors plafond constant.

Pour l'**IRSN**, la réalisation de 1 661 ETPT est en retrait de 85 ETPT par rapport au niveau des autorisations d'emplois de 1 746 ETPT et de 71 ETPT par rapport au budget initial de 1 732 ETPT.

La réduction des effectifs enregistrée en 2022 par rapport à l'effectif cible est le résultat d'un bas niveau d'effectif début 2022, des départs à la retraite dans le cadre du plan de renouvellement et de transmission des compétences (Noria), d'un turnover habituel, que les campagnes de recrutement 2022 n'ont pas pu compenser en raison des tensions sur le marché de l'emploi, notamment dans le contexte de relance du secteur nucléaire.

Par ailleurs le sous-effectif sur le périmètre hors plafond (-25) est lié au nombre d'alternants et contrats temporaires étrangers : compte tenu du volume important d'alternants de la promotion 2020/2021, il n'y a pas eu de promotion en 2021/2022. Ainsi le budget 2022, limité à 29,6 ETPT au lieu de 46 ETPT en autorisation, a été exécuté à 21 ETPT.

SCHEMA D'EMPLOIS ET PLAFOND DES AUTORISATIONS D'EMPLOIS DES OPERATEURS DE L'ETAT

| | Prévision ETPT | Réalisation ETPT |
|------------------------------------|----------------|------------------|
| Emplois sous plafond 2022 * | 3 347 | 3 193 |

* Ces emplois sous plafond font référence aux plafonds des autorisations d'emplois votés en loi de finances initiale 2022 ou, le cas échéant, en lois de finances rectificatives 2022

| | Prévision ETP | Réalisation ETP |
|------------------------------|---------------|-----------------|
| Schéma d'emplois 2022 en ETP | -4 | 45 |

1. Pour l'exécution sous-plafond :

Pour les deux opérateurs du programme, l'exécution sous-plafond est de -71 ETP réparti comme suit : -46 pour l'IRSN et -25 pour l'IFPEN.

S'agissant de l'IRSN, en l'occurrence l'évolution en termes d'autorisation d'emplois entre les exercices 2021 et 2022, l'écart de 46 ETPT sous plafond résulte de la conjonction de plusieurs facteurs détaillés ci-après.

En premier lieu, il convient de rappeler une position trop élevée à fin 2020 qui a conduit à un gel des embauches début 2021, gel dont l'impact s'est inscrit dans le temps sachant que les procédures d'embauche sont des procédures de plusieurs mois.

Ensuite et dans le cadre de la maîtrise de la masse salariale, un plan de renouvellement et de transmission des compétences a été mis en place sur la base d'un accord sur la période 2020-2023 qui a conduit à accélérer les mouvements de départ des salariés en position de faire valoir leurs droits à la retraite. Enfin, la relance du secteur nucléaire induit une forte tension sur le marché du travail et la concurrence, sur ce marché, avec les industriels du secteur électronucléaire engendre des difficultés de recrutement.

Le différentiel de 25 ETPT en-dessous du plafond pour l'IFPEN en 2022 est liée à 2 effets distincts :

1. un nombre de démissions qui a doublé comparé à la normale, ce qui a eu un impact négatif d'une cinquantaine d' ETPT en année pleine qui n'a pas pu être entièrement compensé du fait de la tension sur le marché de l'emploi et des difficultés de recrutement associées.
2. un volume d'absences liées à la maladie en hausse comparé à 2021 qui fait mécaniquement baisser la réalisation sous plafond.

2. Pour le schéma d'emplois :

Le schéma connaît une augmentation de 45 ETP venant de l'IRSN quand l'IFPEN a un schéma d'emplois stable sur la période.

Ainsi, au 31 décembre 2022, l'IRSN comptait 1716 ETP, contre 1 671 ETP au 31 décembre 2021 ; et à la même date l'IFPEN comptait 1732 ETP soit le même nombre qu'au 31 décembre 2021.

FISCALITÉ AFFECTÉE AUX OPÉRATEURS DONT LE PROGRAMME EST CHEF DE FILE

| Intitulé de l'opérateur | Compte financier 2021 | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 |
|---|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| IFPEN - IFP Energies Nouvelles | 0 | 0 | 0 |
| IRSN - Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire | 61 377 750 | 61 087 000 | 61 088 000 |
| Total | 61 377 750 | 61 087 000 | 61 088 000 |

Opérateurs

OPÉRATEUR

IFPEN - IFP Energies Nouvelles

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ ET DES RÉSULTATS DE L'OPÉRATEUR

L'IFP Énergies nouvelles (IFPEN) est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. Depuis les concepts scientifiques en recherche fondamentale jusqu'aux solutions technologiques en recherche appliquée, l'innovation est au cœur de son action.

Dans le cadre de la mission d'intérêt général confiée par les pouvoirs publics, l'IFPEN concentre ses efforts sur l'apport de solutions aux défis sociétaux et industriels de l'énergie et du climat, au service de la transition écologique. Les programmes de recherche et innovation d'IFPEN ont pour objectif de lever des verrous scientifiques et technologiques afin de déboucher sur des innovations valorisables par l'industrie.

Les domaines d'activité NTE sont structurés autour de trois orientations stratégiques, conformément au contrat d'objectifs et de performance 2021-2023 :

- climat, environnement et économie circulaire : réduire l'impact des activités humaines et industrielles sur le climat et l'environnement ;
- énergies renouvelables : produire, à partir de sources renouvelables, de l'énergie, des carburants et des intermédiaires chimiques ;
- mobilité durable : développer des solutions pour des transports efficaces et à faible impact environnemental.

Face à une large gamme de questionnements scientifiques ouverts, la recherche fondamentale d'IFPEN vise à produire un socle transverse de connaissances nouvelles, de concepts et méthodologies, support au développement des innovations de demain.

L'IFPEN a déposé en 2022 près de 140 nouveaux brevets, dont une centaine dans le domaine des NTE. IFPEN se place parmi les trois premiers organismes de recherche français (classement INPI).

De nombreux partenariats sont noués avec les milieux industriels et académiques nationaux, européens et internationaux. IFPEN contribue à la création de richesse et d'emplois, en soutenant la compétitivité des acteurs industriels et en favorisant le développement économique des filières liées aux secteurs de la mobilité, de l'énergie et des éco-industries. La mise sur le marché de ses innovations se fait au travers de collaborations étroites avec des industriels et via les filiales de son groupe. Par ailleurs, IFPEN accompagne le développement de start-up et PME dans le cadre d'accords leur permettant de bénéficier de son savoir-faire technique et juridique.

FINANCEMENT APPORTÉ À L'OPÉRATEUR PAR LE BUDGET DE L'ÉTAT

(en milliers d'euros)

| Programme intéressé Nature de la dépense | Réalisation 2021 | | Prévision LFI 2022 | | Réalisation 2022 | |
|---|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement |
| P362 – Écologie | 8 029 | 833 | | | | 567 |
| Dotations en fonds propres | 8 029 | 833 | | | | 567 |

(en milliers d'euros)

| Programme intéressé Nature de la dépense | Réalisation 2021 | | Prévision LFI 2022 | | Réalisation 2022 | |
|---|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement |
| P172 – Recherches scientifiques et technologiques pluridisciplinaires | | | | | 200 | 180 |
| Dotations en fonds propres | | | | | 200 | 180 |
| P190 – Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables | 120 153 | 120 153 | 123 335 | 123 335 | 121 198 | 121 199 |
| Subventions pour charges de service public | 120 153 | 120 153 | 123 335 | 123 335 | 121 199 | 121 199 |
| Transferts | | | | | -1 | |
| P192 – Recherche et enseignement supérieur en matière économique et industrielle | | | | | | |
| Transferts | | | | | | |
| Total | 128 182 | 120 986 | 123 335 | 123 335 | 121 398 | 121 946 |

Les financements liés au **programme 362** correspondent à des acomptes sur subventions apportées dans le cadre du Plan de relance des rénovations énergétiques des bâtiments publics. Ces subventions visent à financer des travaux sur 3 bâtiments du site de Solaize :

- Installation de panneaux solaires,
- Rénovation de la ventilation et des éclairages,
- Isolation et rénovation des ventilations.

Les financements liés au **programme 172** correspondent à des acomptes sur subventions apportées dans le cadre du Programme « PROPRES » : PROgramme pour le développement des Plastiques REcyclés par voie chimique. Ces subventions visent à financer l'achat de nouveaux outils pour le recyclage des plastiques.

L'écart entre la prévision et l'exécution 2022 correspond à la réserve de 2,1 M€.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Opérateurs

COMPTE FINANCIER 2022

Avertissement

Le compte financier de l'opérateur n'a pas pu être voté par son Conseil d'Administration avant la date de rédaction du présent RAP. Les données sont donc provisoires. Le compte financier de l'opérateur n'a pas été certifié par un commissaire aux comptes.

COMPTE DE RÉSULTAT

(en milliers d'euros)

| Charges | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * | Produits | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|---|---------------------|-------------------------|---|---------------------|-------------------------|
| Personnel <i>dont contributions employeur au CAS pensions</i> | 147 000 | 146 624 | Subventions de l'État – subventions pour charges de service public – crédits d'intervention(transfert) | 121 200 121 200 | 121 199 121 199 |
| Fonctionnement autre que les charges de personnel | 129 300 | 117 527 | Fiscalité affectée | | |
| Intervention (le cas échéant) | | | Autres subventions | 12 000 | 12 618 |
| Total des charges non décaissables sur le fonctionnement et/ou l'intervention <i>dont dotations aux amortissements, dépréciations et provisions</i> <i>dont valeur nette comptable des éléments d'actif cédés</i> | | 23 304 23 298 6 | Revenus d'activité et autres produits <i>dont reprises sur amortissements, dépréciations et provisions</i> <i>dont produits de cession d'éléments d'actif</i> <i>dont quote-part reprise au résultat des financements rattachés à des actifs</i> | 133 100 | 131 017 1 298 |
| Total des charges | 276 300 | 264 151 | Total des produits | 266 300 | 264 834 |
| Résultat : bénéfice | | 683 | Résultat : perte | 10 000 | |
| Total : équilibre du CR | 276 300 | 264 834 | Total : équilibre du CR | 276 300 | 264 834 |

* Soumis à certification du commissaire aux comptes

ÉVOLUTION DE LA SITUATION PATRIMONIALE

(en milliers d'euros)

| Emplois | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * | Ressources | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Insuffisance d'autofinancement | 10 000 | | Capacité d'autofinancement | | 22 689 |
| Investissements | 29 800 | 50 202 | Financement de l'actif par l'État | | |
| | | | Financement de l'actif par les tiers autres que l'État | 5 500 | 3 817 |
| | | | Autres ressources | 3 600 | 677 |
| Remboursement des dettes financières | | 1 940 | Augmentation des dettes financières | | |
| Total des emplois | 39 800 | 52 142 | Total des ressources | 9 100 | 27 183 |
| Augmentation du fonds de roulement | | | Diminution du fonds de roulement | 30 700 | 24 959 |

* Soumis à certification du commissaire aux comptes

A noter que les comptes IFPEN 2022 ont été audités par les Commissaires aux comptes avec une certification sans réserve (des précisions sur des éléments techniques ont été apportés). Le conseil d'administration d'IFPEN statuant sur les comptes 2022 a eu lieu le 23 mars 2023 avec une validation des comptes.

Le compte de résultat peut être décomposé selon les éléments suivants :

- une SCSP de 121,2 M€ ;
- les autres subventions (12,6 M€) sont issues principalement de l'Union européenne (2,6 M€), de l'ANR CARNOT (3,5 M€), de l'ANR (1 M€) et de l'ADEME (1,7 M€) ;
- les autres produits sont constitués à hauteur de 131 M€ par des ressources propres, en particulier par des redevances (43,3 M€), prestations et recherches collaboratives (40,9 M€), dividendes (36,8 M€), production immobilisée (6,1 M€), quote-part de subvention d'investissement (1,3 M€) et produits exceptionnels (2,1 M€) ;

- les dépenses de personnel correspondent à la masse salariale, charges sociales incluses, pour un montant de 146,6 M€. Le nombre d' ETPT rémunérés en 2022 est de 1 732 (stable par rapport à 2021).

Les charges de fonctionnement correspondent principalement aux frais de fonctionnement directement imputés sur projets, aux frais de personnel détaché, au Plan d'épargne Groupe, à la taxe sur les salaires et à la contribution économique territoriale, aux charges externes à immobiliser, aux dotations nettes aux provisions et aux amortissements. Elles intègrent également dans le compte de résultat ci-dessus les autres charges (financières, exceptionnelles, d'intéressement, d'impôt sur les sociétés et de moins-value de cessions d'actifs). Au global, les charges de fonctionnement sont de 117,5 M€.

En clôture 2022, le montant total des charges est de 264,1 M€ et celui des produits de 264,8 M€ : le compte de résultat fait ainsi apparaître un bénéfice de 0,7 M€.

Toutefois, il faut noter que le résultat net 2022 intègre une reprise de provision de 8,2 M€, essentiellement liée à la PIDR (Provisions pour indemnités de départ à la retraite), sans impact sur la trésorerie.

Le résultat net 2022 est donc artificiellement impacté favorablement par cette écriture comptable et ressort en déficit de -7,5 M€ après retraitement.

TRÉSORERIE

(en milliers d'euros)

| Compte financier 2021 | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 17 400 | 15 640 | 22 455 |

La trésorerie ressort à 22,5 M€ (dont 2,8 M€ de trésorerie à reverser aux partenaires sur projets financés sur fonds publics), en augmentation de +4,9 M€ par rapport au budget initial, du fait principalement du report des investissements incorporels et corporels et de l'amélioration de la CAF.

DÉPENSES PAR DESTINATION

(en milliers d'euros)

| Destination | Personnel | Fonctionnement | Intervention | Investissement | Total |
|---|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|
| <i>Budget initial</i> Compte financier * | | | | | |
| 1 - Mobilité durable | 16 803 17 041 | 11 039 10 967 | 0 0 | 0 0 | 27 842 28 008 |
| 2 - Energies nouvelles | 26 599 28 926 | 16 399 18 710 | 0 0 | 0 0 | 42 998 47 636 |
| 3 - Recherche fondamentale transverse | 30 041 28 815 | 13 679 14 082 | 0 0 | 0 0 | 43 720 42 897 |
| 4 - Climat, Environnement, Economie circulaire | 20 320 21 672 | 9 900 11 987 | 0 0 | 0 0 | 30 220 33 659 |
| 5 - Activités filiales - Incubateur et PME-PMI | 3 943 3 407 | 1 702 1 462 | 0 0 | 0 0 | 5 645 4 869 |
| 6 - Formation (CRF) | 8 381 8 475 | 6 236 6 639 | 0 0 | 0 0 | 14 617 15 114 |
| 7 - Activités hydrocarbures | 36 583 35 569 | 22 670 22 758 | 0 0 | 0 0 | 59 253 58 327 |
| 8 - Transverses et autres charges | 4 331 2 718 | 15 529 8 530 | 0 0 | 29 755 19 931 | 49 615 31 179 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Opérateurs

(en milliers d'euros)

| Destination <i>Budget initial Compte financier *</i> | Personnel | Fonctionnement | Intervention | Investissement | Total |
|---|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| Total | 147 001 | 97 154 | 0 | 29 755 | 273 910 |
| | 146 623 | 95 135 | 0 | 19 931 | 261 689 |

* Soumis à certification du commissaire aux comptes

CONSOLIDATION DES EMPLOIS DE L'OPÉRATEUR

| | Réalisation 2021 (1) | Prévision 2022 (2) | Réalisation 2022 |
|--|-------------------------|-----------------------|------------------|
| Emplois rémunérés par l'opérateur : | 1 708 | 1 800 | 1 703 |
| – sous plafond | 1 637 | 1 706 | 1 612 |
| – hors plafond | 71 | 94 | 91 |
| <i>dont contrats aidés</i> | | 7 | |
| <i>dont apprentis</i> | 30 | | 30 |
| Autres emplois en fonction dans l'opérateur : | | | 11 |
| – rémunérés par l'État par d'autres programmes | | | |
| – rémunérés par d'autres collectivités ou organismes | | | 11 |

(1) La réalisation reprend la présentation du RAP 2021.

(2) La prévision fait référence aux plafonds des autorisations d'emplois votés en loi de finances initiale ou, le cas échéant, en lois de finances rectificatives 2022.

Après une année 2021 marquée par un gel des embauches engendrant une baisse d'effectif pour s'adapter au contexte économique dégradé, l'IPFEN a relancé de manière volontariste les recrutements (CDI et CDD) en 2022.

Cependant, en raison d'un marché de l'emploi sous tension, le volume de démissions a notablement augmenté et les délais de recrutement se sont allongés, retardant significativement le retour à un effectif en adéquation avec les besoins d'IPFEN, ce qui a conduit à une baisse des effectifs sous plafond de -25 ETPT par rapport à 2021, compensé par une hausse semblable de l'effectif hors plafond en lien avec le retour à la normale des effectifs de stagiaires conventionnés.

La baisse de 25 ETPT de l'effectif sous plafond en 2022 est liée à 2 effets distincts :

1. Comme évoqué plus haut, le nombre de démissions a doublé comparé à la normale, ce qui a eu un impact négatif d'une cinquantaine d'ETPT en année pleine qui n'a pas pu être entièrement compensé du fait de la tension sur le marché de l'emploi et des difficultés de recrutement associées.
2. Un volume d'absences liées à la maladie en hausse comparé à 2021 qui fait mécaniquement baisser la réalisation sous plafond.

OPÉRATEUR

IRSN - Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ ET DES RÉSULTATS DE L'OPÉRATEUR

Des enjeux et des défis majeurs attendent l'Institut dans les années à venir, à la fois du fait de l'évolution du paysage électronucléaire en lien avec la transition énergétique, de l'usage croissant et diversifiés des rayonnements ionisants

que ce soit dans le monde de la recherche ou du secteur médical, des attentes sociétales croissantes sur la compréhension des risques et d'accès à l'expertise.

En réponse à ces attentes et à ces enjeux et dans le cadre de son Contrat d'objectifs couvrant la période 2019-2023, l'IRSN entend mettre en œuvre son action autour des quatre axes stratégiques suivants :

- Maintenir une expertise de qualité, en apportant un appui opérationnel aux autorités et aux pouvoirs publics, en contribuant à l'élaboration et au déploiement des politiques publiques ainsi qu'à la promotion des approches françaises de sûreté et de radioprotection auprès des homologues étrangers et notamment au sein du réseau ETSON ;
- Déployer la stratégie scientifique et conduire une recherche de haut niveau, en favorisant l'émergence de partenariats, en valorisant les plateformes expérimentales de l'Institut, en renforçant les liens avec le secteur académique ;
- Inscrire dans la durée et développer la politique de transparence et d'ouverture à la société, en accompagnant la montée en compétence de la société civile, en contribuant à un dialogue régulier avec les parties prenantes et en considérant leurs attentes dans les orientations des travaux de recherche de l'Institut ;
- Adapter l'appui aux autorités et aux services de l'État pour faire face à l'évolution de la nature des situations de crise nucléaire ou radiologique, en développant une capacité de réponse vis-à-vis de situations d'urgence de type NRBC et en renforçant l'action menée dans le domaine du post-accidentel.

Par ailleurs, l'importance de la disponibilité opérationnelle du réacteur Cabri fait partie des défis de taille pour l'IRSN, ce qui présente des enjeux de nature technologique mais aussi de maîtrise des coûts et d'optimisation des relations contractuelles entre l'IRSN et le CEA afin de l'inciter, en tant qu'exploitant de CABRI, à une maîtrise renforcée du pilotage des travaux à conduire sur le réacteur.

FINANCEMENT APPORTÉ À L'OPÉRATEUR PAR LE BUDGET DE L'ÉTAT

(en milliers d'euros)

| Programme intéressé Nature de la dépense | Réalisation 2021 | | Prévision LFI 2022 | | Réalisation 2022 | |
|---|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement |
| P362 – Écologie | 21 560 | 7 946 | | | | |
| Dotations en fonds propres | 21 560 | 7 946 | | | | |
| P206 – Sécurité et qualité sanitaires de l'alimentation | | 26 | | | -130 | 26 |
| Subventions pour charges de service public | | 26 | | | | |
| Transferts | | | | | -130 | 26 |
| P144 – Environnement et prospective de la politique de défense | | | | | 59 | 15 |
| Transferts | | | | | 59 | 15 |
| P212 – Soutien de la politique de la défense | 4 094 | 4 094 | 4 200 | 4 200 | 4 200 | 4 200 |
| Subventions pour charges de service public | 4 094 | 4 094 | 4 200 | 4 200 | 4 200 | 4 200 |
| P172 – Recherches scientifiques et technologiques pluridisciplinaires | 20 | 20 | | | 20 | 20 |
| Subventions pour charges de service public | 20 | 20 | | | 20 | 20 |
| P190 – Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables | 167 242 | 167 242 | 170 753 | 170 753 | 167 396 | 167 396 |
| Subventions pour charges de service public | 167 242 | 167 242 | 170 753 | 170 753 | 167 396 | 167 396 |
| P363 – Compétitivité | 75 | 75 | | | 446 | 446 |
| Subventions pour charges de service public | 75 | 75 | | | 225 | 225 |
| Transferts | | | | | 221 | 221 |
| P349 – Transformation publique | 1 000 | 635 | | | | 695 |
| Transferts | 1 000 | 635 | | | | 695 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Opérateurs

(en milliers d'euros)

| Programme intéressé Nature de la dépense | Réalisation 2021 | | Prévision LFI 2022 | | Réalisation 2022 | |
|---|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement | Autorisations d'engagement | Crédits de paiement |
| Total | 193 991 | 180 038 | 174 953 | 174 953 | 171 991 | 172 798 |

La subvention pour charge de service public allouée à l'IRSN au titre du programme 190 s'élève à 167,4 M€ en 2022, en augmentation de +0,2 M€ par rapport à 2021. Cette évolution intègre notamment la compensation de la baisse de la taxe affectée évoquée ci-après.

L'IRSN bénéficie par ailleurs d'une taxe affectée versée par les exploitants d'installations nucléaires de base, plafonnée à 61,1 M€ en 2022, en baisse de 0,3 M€ par rapport à 2021[1].

La subvention pour charges de service public inscrite au programme 212 participe au financement des activités de l'Institut en matière de sûreté et de radioprotection des activités et installations de défense. Le montant alloué à l'IRSN en 2022 est de 4,2 M€, en augmentation de 0,1 M€ par rapport à 2021.

Les projets immobiliers retenus dans le cadre du plan France relance, pour un financement global de 21,6 M€, ont été financés à hauteur de 7,9 M€ au cours de l'exercice 2021 (programme 362). Ils n'ont pas donné lieu à un versement en 2022 ; un versement de 10 M€ est prévu en 2023.

Les projets CRITER (outil de centralisation des mesures dans l'environnement) et ICEBERG (comptabilité des matières nucléaires) sont financés chacun à hauteur de 0,2 M€ dans le cadre du programme 363 (Compétitivité). Les projets SISERI (modernisation de l'outil de surveillance radiologique des travailleurs), et Pirex (plateforme intégrée de retour d'expérience, pour l'expertise en sûreté) sont respectivement financés à hauteur de 0,5 M€ et 0,2 M€ dans le cadre du fonds pour la transformation de l'action publique (Programme 349).

[1] Rendement de 61,4 M€, plafonné à 61,3 M€, avec 0,1 M€ remboursé à l'État

COMPTE FINANCIER 2022

Avertissement

Le compte financier de l'opérateur n'a pas pu être voté par son Conseil d'Administration avant la date de rédaction du présent RAP. Les données sont donc provisoires. Le compte financier de l'opérateur n'a pas été certifié par un commissaire aux comptes.

COMPTE DE RÉSULTAT

(en milliers d'euros)

| Charges | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * | Produits | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|---|---------------------|-------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Personnel | 145 279 | 145 636 | Subventions de l'État | 171 490 | 171 596 |
| <i>dont contributions employeur au CAS pensions</i> | 421 | 432 | – subventions pour charges de service public | 171 490 | 171 596 |
| | | | – crédits d'intervention(transfert) | | |
| Fonctionnement autre que les charges de personnel | 160 286 | 165 120 | Fiscalité affectée | 61 087 | 61 088 |
| Intervention (le cas échéant) | | | Autres subventions | 4 616 | 6 747 |
| Total des charges non décaissables sur le fonctionnement et/ou l'intervention | 46 850 | 47 636 | Revenus d'activité et autres produits | 56 107 | 58 581 |
| <i>dont dotations aux amortissements, dépréciations et provisions</i> | 46 850 | 47 427 | <i>dont reprises sur amortissements, dépréciations et provisions</i> | 12 900 | 13 339 |
| <i>dont valeur nette comptable des éléments d'actif cédés</i> | | 209 | <i>dont produits de cession d'éléments d'actif</i> | | 87 |
| | | | <i>dont quote-part reprise au résultat des financements rattachés à des actifs</i> | 5 600 | 8 285 |
| Total des charges | 305 565 | 310 756 | Total des produits | 293 300 | 298 012 |
| Résultat : bénéfice | | | Résultat : perte | 12 265 | 12 744 |
| Total : équilibre du CR | 305 565 | 310 756 | Total : équilibre du CR | 305 565 | 310 756 |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

ÉVOLUTION DE LA SITUATION PATRIMONIALE

(en milliers d'euros)

| Emplois | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * | Ressources | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Insuffisance d'autofinancement | | | Capacité d'autofinancement | 16 085 | 13 181 |
| Investissements | 24 164 | 19 738 | Financement de l'actif par l'État | 10 000 | 1 011 |
| | | | Financement de l'actif par les tiers autres que l'État | | 103 |
| | | | Autres ressources | 100 | 236 |
| Remboursement des dettes financières | 2 235 | 2 233 | Augmentation des dettes financières | | 49 |
| Total des emplois | 26 399 | 21 971 | Total des ressources | 26 185 | 14 580 |
| Augmentation du fonds de roulement | | | Diminution du fonds de roulement | 214 | 7 391 |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

Le compte de résultat présente un déficit de -12,7 M€ au compte financier 2022, pour un déficit prévu en budget initial 2022 de -12,3 M€, soit un écart de **-0,5 M€**.

Charges

Le niveau des charges de l'exercice augmente de +5,2 M€ entre le BI et l'exécution, et intègre des évolutions entre enveloppes :

- L'enveloppe de personnel, prévue à hauteur de 145,3 M€, s'élève à 145,6 M€, soit un écart de +0,4 M€, liés d'une part au sous-effectif (de 85 ETPT dont 25 apprentis), d'autre part aux revalorisations salariales réalisées en cours d'exercice, dans le contexte d'inflation de 2022.
- Le montant des charges décaissables de l'enveloppe de fonctionnement, budgété à 113,4 M€, est réalisé à hauteur de 117,5 M€, soit un écart de +4,1 M€. L'écart s'explique principalement par +0,6 M€ en sous-

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Opérateurs

traitance pour l'expertise en sûreté des installations civiles, +2 M€ en recherche en sûreté (installation Cabri, dont +0,8 M€ révision de prix), +1,1 M€ liés à l'intégration des flux de partenariats précédemment portés par Riskaudit, et +0,5 M€ liés à l'augmentation du coût des fluides.

- Les opérations non décaissables de l'exercice progressent de +0,8 M€ par rapport au BI, principalement en raison de l'évolution de la provision JRS-RTT-CET.

Produits

Le niveau des produits de l'exercice augmente de +4,7 M€ entre le BI et l'exécution. Les principaux écarts sont synthétisés ci-dessous :

- les subventions pour charges de service public augmentent de +0,1 M€ entre le BI et l'exécution, du fait de la levée de réserve sur le programme 212. Les autres subventions augmentent de +2,1 M€, notamment liés à l'intégration des flux de partenariats précédemment portés par Riskaudit (+1,1 M€).
- les autres produits encaissables baissent de -0,7 M€ par rapport au BI. Les produits non encaissables (dont reprises de provisions) sont en excédent de +3,2 M€.

Capacité d'autofinancement

La capacité d'autofinancement, prévue lors du BI 2021 à 16,1 M€, s'élève à 13,2 M€, soit **une variation -2,9 M€**. Cette évolution résulte principalement des dépenses de fonctionnement évoquées ci-dessus (sous-traitance expertise, recherche en sûreté, fluides).

Ressources

Les ressources, d'un montant global de 14,6 M€ comprenant la capacité d'autofinancement de 13,2 M€ prévoyaient par ailleurs au budget initial un financement de 10 M€ au titre du plan de relance, non exécuté en 2022 et décalé à 2023.

Emplois

Les emplois exécutés pour 22 M€, contre 26,4 M€ prévus au budget, sont composés :

- des acquisitions **d'immobilisations** pour 19,7 M€, **en retrait de 4,4 M€** par rapport au budget initial (décalage de réalisation du projet Criter pour 0,4 M€, et des plans de relance pour 3,7 M€, dont 1,2 M€ sur projet immobilier et 2,5 M€ sur projet de recherche sur les systèmes passifs) ;
- du remboursement des dettes financières, pour 2,2 M€, intégrant l'amortissement de l'emprunt contracté pour l'acquisition du bâtiment Triangle (0,7 M€), et l'amortissement lié aux loyers financiers dans le cadre du contrat de PPP concernant le financement du bâtiment 01 (1,5 M€), conformes au budget initial.

L'ensemble fait varier le fonds de roulement de -7,4 M€, à comparer à -0,2 M€ au BI. L'écart de -7,2 **M€** est principalement lié aux décalages de réalisation et de versement des montants liés au plan de relance, pour -2,2 M€, et à l'évolution des charges de fonctionnement pour -3,1 M€.

TRÉSORERIE

(en milliers d'euros)

| Compte financier 2021 | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 44 566 | 41 295 | 32 238 |

La trésorerie se dégrade de 12 M€ par rapport à fin 2021, et de 9,1 M€ par rapport au budget initial.

L'écart par rapport au budget initial s'explique par une augmentation de 1,3 M€ du fonds de roulement par rapport au niveau prévu (dont -7,2 M€ liés à l'exécution 2022 cf. ci-dessus, et +8,6 M€ liés à l'exécution 2021, décalages de dépenses 2021 à 2022), et par une augmentation de 10,4 M€ du BFR par rapport au niveau prévu (lié notamment à la baisse du poste fournisseur de 7,1 M€ en 2021 et 2022).

AUTORISATIONS BUDGÉTAIRES

(en milliers d'euros)

| Dépenses | Budget initial 2022 | | Compte financier 2022 * | |
|--|---------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | AE | CP | AE | CP |
| Personnel | 152 629 | 152 629 | 152 788 | 152 788 |
| Fonctionnement | 108 766 | 106 086 | 124 496 | 109 654 |
| Intervention | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Investissement | 17 417 | 25 664 | 11 015 | 21 065 |
| Total des dépenses AE (A) CP (B) | 278 812 | 284 379 | 288 299 | 283 507 |
| dont contributions employeur au CAS pensions | 421 | 421 | 432 | 432 |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

(en milliers d'euros)

| Recettes | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|---|---------------------|-------------------------|
| Recettes globalisées | 269 429 | 267 862 |
| Subvention pour charges de service public | 171 490 | 171 596 |
| Autres financements de l'État | 130 | 265 |
| Fiscalité affectée | 61 087 | 61 088 |
| Autres financements publics | 1 115 | 3 493 |
| Recettes propres | 35 607 | 31 420 |
| Recettes fléchées | 13 371 | 3 524 |
| Financements de l'État fléchés | 13 371 | 2 244 |
| Autres financements publics fléchés | 0 | 1 280 |
| Recettes propres fléchées | 0 | 0 |
| Total des recettes (C) | 282 800 | 271 386 |
| Solde budgétaire (excédent) (D1 = C - B) | 0 | 0 |
| Solde budgétaire (déficit) (D2 = B - C) | 1 579 | 12 121 |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

DÉPENSES PAR DESTINATION

(en milliers d'euros)

| Destination | Personnel | Fonctionnement | | Intervention | | Investissement | | Total | |
|---|------------------|------------------|------------------|--------------|--------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------|
| | AE = CP | AE | CP | AE | CP | AE | CP | AE | CP |
| 001 - Sûreté radioprotection des installations | 60 061 60 235 | 19 908 45 443 | 27 427 31 278 | 0 0 | 0 0 | 9 635 2 320 | 5 188 2 463 | 89 604 107 998 | 92 676 93 976 |
| 002 - Sécurité, non-prolifération | 7 173 7 002 | 2 277 2 358 | 2 389 2 367 | 0 0 | 0 0 | 500 1 122 | 480 1 106 | 9 950 10 482 | 10 042 10 475 |
| 003 - Radioprotection homme environnement | 34 434 34 170 | 20 848 20 255 | 19 544 20 370 | 0 0 | 0 0 | 2 958 3 851 | 4 993 3 969 | 58 240 58 276 | 58 971 58 509 |
| 004 - Crise et post-accidentel | 4 646 5 159 | 2 544 2 650 | 2 573 2 982 | 0 0 | 0 0 | 1 396 1 508 | 4 829 4 345 | 8 586 9 317 | 12 048 12 486 |
| 005 - Transparence, ouv société, culture sûreté | 4 052 3 947 | 3 836 2 383 | 3 886 2 395 | 0 0 | 0 0 | 11 400 | 11 375 | 7 899 6 730 | 7 949 6 717 |
| 006 - Stratégie, excellence scientif. et tech. | 4 087 4 085 | 2 283 1 824 | 1 926 1 377 | 0 0 | 0 0 | 0 4 | 0 5 | 6 370 5 913 | 6 013 5 467 |
| 007 - Mises à disposition | 4 014 3 875 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 4 014 3 875 | 4 014 3 875 |

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Opérateurs

(en milliers d'euros)

| Destination <i>Budget initial Compte financier *</i> | Personnel | | Fonctionnement | | Intervention | | Investissement | | Total | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| | AE = CP | AE | CP | AE | CP | AE | CP | AE | CP | |
| CDC - Autre immobilier | 2 648 2 127 | 19 502 18 676 | 18 972 19 136 | 0 0 | 0 0 | 123 125 | 123 208 | 22 273 20 928 | 21 743 21 471 | |
| CDC - Feusmétal | 0 0 | 700 1 290 | 1 095 995 | 0 0 | 0 0 | 0 2 | 0 2 | 700 1 292 | 1 095 997 | |
| CDC - Fonctionnement et support | 28 655 29 708 | 12 974 11 066 | 13 154 11 571 | 0 0 | 0 0 | 1 494 332 | 819 678 | 43 123 41 106 | 42 628 41 957 | |
| CDC - Informatique | 2 499 2 161 | 23 494 17 902 | 13 514 15 388 | 0 0 | 0 0 | 1 300 973 | 1 300 1 247 | 27 293 21 036 | 17 313 18 796 | |
| CDC - Schéma directeur immobilier | 360 319 | 400 649 | 1 606 1 795 | 0 0 | 0 0 | 0 378 | 7 921 6 667 | 760 1 346 | 9 887 8 781 | |
| Total | 152 629 152 788 | 108 766 124 496 | 106 086 109 654 | 0 0 | 0 0 | 17 417 11 015 | 25 664 21 065 | 278 812 288 299 | 284 379 283 507 | |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

ÉQUILIBRE FINANCIER

(en milliers d'euros)

| Besoins | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|---|---------------------|-------------------------|
| Solde budgétaire (déficit) (D2) | 1 579 | 12 121 |
| Remboursements d'emprunts (capital), nouveaux prêts (capital), dépôts et cautionnements | 735 | 688 |
| Opérations au nom et pour le compte de tiers : besoins | 27 999 | 21 441 |
| Autres décaissements non budgétaires | 0 | 17 912 |
| Sous-total des opérations ayant un impact négatif sur la trésorerie de l'organisme (1) | 30 313 | 52 162 |
| ABONDEMENT de la trésorerie = (2) - (1) | 0 | 0 |
| Abondement de la trésorerie fléchée | 0 | 0 |
| Abondement de la trésorerie non fléchée | 0 | 0 |
| Total des besoins | 30 313 | 52 162 |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

(en milliers d'euros)

| Financements | Budget initial 2022 | Compte financier 2022 * |
|---|---------------------|-------------------------|
| Solde budgétaire (excédent) (D1) | 0 | 0 |
| Nouveaux emprunts (capital), remboursements de prêts (capital), dépôts et cautionnements | 100 | 0 |
| Opérations au nom et pour le compte de tiers : financement | 27 999 | 18 583 |
| Autres encaissements non budgétaires | 0 | 21 609 |
| Sous-total des opérations ayant un impact positif sur la trésorerie de l'organisme (2) | 28 099 | 40 192 |
| PRÉLÈVEMENT sur la trésorerie = (1) - (2) | 2 214 | 11 970 |
| Prélèvement sur la trésorerie fléchée | 0 | 5 689 |
| Prélèvement sur la trésorerie non fléchée | 2 214 | 6 281 |
| Total des financements | 30 313 | 52 162 |

* Soumis à l'approbation du conseil d'administration

Concernant les dépenses :

- L'enveloppe de personnel exécutée est comparable au budget initial (+0,2 M€). Les économies liées au sous-effectif (cf. ci-après) sont compensées par les revalorisations salariales mises en œuvre dans le contexte d'inflation (RMPP de 3,7 % au lieu de 1,8 % prévus au budget, soit un impact de l'ordre de 3 M€).

- En fonctionnement, l'exécution des AE prend en compte l'engagement du contrat pluriannuel d'exploitation et d'expérimentation lié à l'installation Cabri, pour 22,4 M€. Cette ligne avait été retirée du budget initial 2022 et réintroduite en budget rectificatif. L'exécution des CP, de +3,9 M€ par rapport au BI, comprend notamment +0,7 M€ pour l'expertise en sûreté des installations civiles, +2,2 M€ en recherche en sûreté (installation Cabri, dont +0,8 M€ révision de prix), +1 M€ liés à l'intégration des flux de partenariats précédemment portés par Riskaudit.
- En investissement, la sous-exécution des CP, de -4,6 M€ est notamment liée au décalage des projets de recherche en sûreté des systèmes passifs, pour -2,5 M€, du projet Criter pour -0,4 M€ et des projets financés par le plan de relance pour -1,4 M€. La sous-exécution des AE de -6,4 M€ est principalement liée au décalage du lancement du projet de recherche en sûreté des systèmes passifs, pour 7,5 M€.

Les recettes sont exécutées en retrait de 11,4 M€ par rapport au budget initial. Le principal écart est lié au décalage vers 2023 du versement des financements des projets liés au plan de relance, pour 10 M€ sur le poste financements de l'État fléchés (2,5 M€ au titre du projet de recherche en sûreté des systèmes passifs, et 7,5 M€ au titre des projets immobiliers).

Les écarts entre budget et exécution sont limités concernant l'enveloppe de personnel.

Concernant le fonctionnement, en AE, le principal écart est lié au contrat pluriannuel Cabri, en sûreté radioprotection des installations (+22,4 M€). De même, en CP, l'exécution sur ce poste est en écart de +3,9 M€ (expertise et contrat Cabri en recherche).

En investissement, AE et CP, les principaux écarts proviennent aussi du poste sûreté radioprotection des installations, avec le décalage du projet de recherche en sûreté des systèmes passifs (7,5 M€ en AE, 2,5 M€ en CP).

Les dégradations des soldes budgétaires et trésorerie en 2022 (respectivement -12,5 et -12 M€) ont été prévues en budget rectificatif (respectivement -12,9 M€ et -11,8 M€).

Les principaux facteurs d'évolution évoqués concernaient l'actualisation des flux de projet fléchés (notamment plan de relance), pour -6,5 M€, et la prise en compte des impacts de l'inflation (revalorisation MO de l'ordre de 3 M€, révision de prix et coût des fluides), financés par prélèvement sur le fonds de roulement de l'établissement.

CONSOLIDATION DES EMPLOIS DE L'OPÉRATEUR

| | Réalisation 2021 (1) | Prévision 2022 (2) | Réalisation 2022 |
|--|-------------------------|-----------------------|------------------|
| Emplois rémunérés par l'opérateur : | 1 725 | 1 746 | 1 661 |
| – sous plafond | 1 627 | 1 641 | 1 581 |
| – hors plafond | 98 | 105 | 80 |
| <i>dont contrats aidés</i> | | | |
| <i>dont apprentis</i> | 45 | 46 | 21 |
| Autres emplois en fonction dans l'opérateur : | | | |
| – rémunérés par l'État par d'autres programmes | | | |
| – rémunérés par d'autres collectivités ou organismes | | | |

(1) La réalisation reprend la présentation du RAP 2021.

(2) La prévision fait référence aux plafonds des autorisations d'emplois votés en loi de finances initiale ou, le cas échéant, en lois de finances rectificatives 2022.

Pour l'IRSN, la réalisation de 1 661 ETPT est en retrait de 85 ETPT par rapport au niveau des autorisations d'emplois de 1 746 ETPT et de 71 ETPT par rapport au budget initial de 1 732 ETPT.

Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de la mobilité durables

Programme n° 190 | Opérateurs

La réduction des effectifs enregistrée en 2022 par rapport à l'effectif cible est le résultat d'un bas niveau d'effectif début 2022, des départs à la retraite dans le cadre du plan de renouvellement et de transmission des compétences (Noria), d'un turnover habituel, que les campagnes de recrutement 2022 n'ont pas pu compenser en raison des tensions sur le marché de l'emploi, notamment dans le contexte de relance du secteur nucléaire.

Par ailleurs le sous-effectif sur le périmètre hors plafond (-25) est lié au nombre d'alternants et contrats temporaires étrangers : compte tenu du volume important d'alternants de la promotion 2020/2021, il n'y a pas eu de promotion en 2021/2022. Ainsi le budget 2022, limité à 29,6 ETPT au lieu de 46 ETPT en autorisation, a été exécuté à 21 ETPT.