

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ
IRESNE - Institut de recherche sur les systèmes
nucléaires pour la production d'énergie bas
carbone

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET
ORGANISMES :

Commissariat à l'énergie atomique et aux
énergies alternatives - CEA

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2022-2023
VAGUE C



Au nom du comité d'experts¹ :

Benoît Gall, Président du comité

Pour le Hcéres² :

Thierry Coulhon, Président

En vertu du décret n° 2021-1536 du 29 novembre 2021 :

¹ Les rapports d'évaluation "sont signés par le président du comité". (Article 11, alinéa 2) ;

² Le président du Hcéres "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5).

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président :	M. Benoît Gall, Université de Strasbourg
Vice-présidents :	M. Jean-Claude Angélique, ENSICAEN Caen (Vice-président - DER) M. Jean-Christophe Batsale, ENSAM Talence (Vice-président - DTN) M. Jean-Claude Micaelli, Retraité IRSN (Vice-président - DEC)
Experts :	M. Johannes Bertsch, Paul Scherrer Institut, Suisse M. Pierre Brunet, CNRS Nancy (personnel d'appui à la recherche) M. Gilles Flamant, directeur de recherche émérite CNRS Mme Tatiana Ivanova, OECD Nuclear Energy Agency, Paris M. Patrick Le Tallec, École polytechnique, Palaiseau M. Mahaman Habibou Maitournam, ENSTA Paris, Palaiseau M. Jean-Marc Miraucourt, Retraité EDF M. Stefano Monti, International Atomic Energy Agency, Vienne, Autriche M. Nicolas Stauff, Argonne National Laboratory, États-Unis

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Lounès Tadrist

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Institut de recherche sur les systèmes nucléaires pour la production d'énergie bas carbone
- Acronyme : IRESNE
- Label et numéro :
- Nombre d'équipes : 3 départements
- Composition de l'équipe de direction : M. Jean-Michel Ruggieri (directeur) / M. Christophe Dellis (directeur adjoint)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

Domaine scientifique principal

ST : Sciences et Technologies

Sous-domaines scientifiques par ordre décroissant d'importance :

Sous-domaine scientifique 1

ST5 : Sciences pour l'ingénieur

ST5-1 Mécanique du solide ; ST5-2 Génie des procédés ; ST5-3 Mécanique des fluides ; ST5-4 Énergie, thermique

Sous-domaine scientifique 2

ST2 : Physique

ST2-1 Physique nucléaire et particules ; ST2-2 Physique moléculaire, plasma, optique ; ST2-3 Matériaux, structure et physique solide

Sous-domaine scientifique 3

ST4 : Chimie

ST4-1 Chimie physique théorique et analytique ; ST4-2 Chimie coordination, catalyse, matériaux ; ST4-3 Chimie moléculaire, polymères

Sous-domaine scientifique 4

ST3 : Sciences de la Terre et de l'Univers

ST3-1 Océan, atmosphère ; ST3-2 Terre solide

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'IRESNE travaille sur différentes thématiques de recherche dans une approche transversale : procédés, technologies et modèles intervenant dans la maîtrise des divers champs qui composent le domaine du nucléaire.

Les thématiques de l'institut par département sont :

- Département d'Étude des Combustibles (DEC) :

1. Conception et fabrication de combustibles ;
2. Analyses et examens multi échelle, mesures des propriétés d'usage ;
3. Irradiations expérimentales des combustibles et essais analytiques en température ;
4. Modélisation multi-échelle des combustibles ;
5. Simulation, validation et études.

- Département d'Étude des Réacteurs (DER) :

1. Modélisation et simulation : la thématique couvre la mise au point de modèles et d'outils de calcul nécessaires aux études de conception, de fonctionnement et de sûreté des réacteurs. Elle intègre des développements de données nucléaires et des activités de validation de ces outils ;
2. Les études de scénarios d'évolution du parc électronucléaire ;
3. Le soutien au nucléaire industriel actuel et les études de conception préliminaire de réacteurs de 3^{ème} et 4^{ème} générations, essais sur boucles expérimentales ;
4. Le développement d'instrumentation nucléaire et la mesure en réacteur.

- Département de Technologie Nucléaire (DTN) :

1. La mécanique des structures de toute nature et jusqu'à leur dégradation ultime, notamment en cas d'accident grave, et des fluides dans tous leurs états thermodynamiques, tels que l'eau, les métaux liquides, les mélanges de composants en fusion, et plus récemment les sels fondus ;
2. Les vibrations de ces milieux et les ondes qui s'y propagent ;

3. La chimie inhérente aux fluides réactifs et/ou corrosifs, en prenant en compte les effets de l'irradiation et les besoins de purification et de maîtrise de la contamination (interne au réacteur ou dans l'environnement) ;
4. La caractérisation et la mesure quantitative de l'inventaire en matières nucléaires et/ou valorisables à toutes les étapes du cycle du combustible, notamment pour son stockage et son retraitement.

Dans ses approches thématiques l'IRENE couple fortement l'expérience et l'instrumentation (pour la compréhension des systèmes d'intérêt à toutes les échelles) à la modélisation et à la simulation (pour préparer les expériences, interpréter les mesures et étendre leur usage), dans une démarche de production de connaissances permettant de franchir les échelles jusqu'aux systèmes industriels, tout en maîtrisant les incertitudes.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Créé en 2020 et dépendant de la Direction des énergies (DES) du CEA, l'institut de REcherche sur les Systèmes Nucléaires (IRESNE) est un institut du centre CEA-Cadarache. Ce site a été créé en 1959 en Provence-Alpes-Côte d'Azur, à Saint-Paul-lez-Durance. Il est aujourd'hui au cœur de la transition énergétique avec ses instituts de recherche et plateformes expérimentales dans le domaine des énergies bas-carbone : énergie nucléaire (fission, fusion), bioénergie et énergie solaire.

L'IRENE est consacré au nucléaire pour un mix énergétique décarboné. Il rassemble plus de 800 personnes qui conçoivent, simulent, testent et qualifient les technologies des réacteurs nucléaires actuels et futurs.

L'institut poursuit trois missions principales :

- Soutenir la filière industrielle nucléaire, dans toutes ses composantes : réacteurs, cycle du combustible, gestion des déchets et Assainissement & Démantèlement (A&D) ;
- Développer de nouveaux concepts de réacteurs nucléaires ;
- Permettre l'intégration des différentes technologies comme l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables pour proposer un mix énergétique bas carbone à la France.

L'IRENE s'est constitué autour de trois départements de R&D préexistants du CEA :

- Le Département d'étude des combustibles (DEC) porte la thématique combustible nucléaire et du cycle de combustible. Il a été créé en 1990 sur la base d'une unité précédente, et a été réorganisé le 1^{er} janvier 2015 suite au transfert à Marcoule des activités R&D de fabrication de combustible contenant du plutonium. Riche de 286 personnels, il compte 3 services rassemblant 12 laboratoires ;
- Le Département d'étude des réacteurs (DER) s'intéresse aux réacteurs nucléaires ; il provient de la réorganisation en 1990 de deux départements « filières », les Réacteurs à Neutrons Rapides (DRNR) et les Réacteurs à Eau (DRE). Ce sont aujourd'hui 274 personnes et 11 laboratoires répartis entre 4 services qui sont attachés au DER ;
- Le Département de technologie nucléaire (DTN) étudie les technologies nucléaires. À partir de 2011, la DEN a entrepris de regrouper sur Saclay les moyens de simulation expérimentale, analytique et numérique de thermohydraulique et des matériaux innovants, ce qui a conduit à la dissolution du Service d'Études Thermohydrauliques et Technologiques (SE2T) du DTN à Grenoble en 2011. Il comprend aujourd'hui de nombreux moyens d'essai en eau et en sodium, dont des boucles thermohydrauliques et hydromécaniques au DTN/LTHC et DTN/LETH, laboratoires issus du LHC existant à la précédente évaluation. Les moyens d'essais de Grenoble ont été fermés. Le département rassemble à présent 242 personnels autour de 10 laboratoires répartis entre deux services.

Une quinzaine d'installations expérimentales remarquables, dont quatre Installations Nucléaires de Base (INB) et six Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE), dans les domaines de l'expérimentation, de la mesure, de l'analyse, de la modélisation, de la simulation, du développement ou encore de la fabrication sont rattachées à l'IRENE.

La gouvernance de l'IRENE est constituée d'une direction générale composée d'un directeur, d'un directeur adjoint, d'une assistante de secrétariat, d'un assistant performance sécurité sûreté et environnement (APSSE), et d'un assistant en prospective scientifique et technique (APST), d'une chargée de mission communication (CMCom).

Deux cellules thématiques sont rattachées à la direction de l'IRENE : le Groupe d'Animation et de Prospective Scientifique (GAPS) piloté par l'assistant en prospective scientifique et technique (APST) et la Cellule Innovation et Valorisation (CIV) pilotée par le directeur adjoint de l'IRENE.

Les trois départements (DEC, DER et DTN) sont chacun pilotés par un chef de département assisté d'un adjoint et d'une cellule d'appui. Les départements sont structurés en neuf services comprenant 33 laboratoires au total.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'INESNE est un institut implanté sur le centre de Cadarache, l'un des neuf centres de recherche du CEA. L'environnement de recherche de l'institut est très dense, avec parfois de fortes intrications ou interfaçages pour ce qui concerne ses activités de production ou ses fonctions support. On peut ainsi distinguer les relations établies avec :

Les autorités et organismes nationaux/internationaux :

La nature stratégique des recherches mais aussi la sensibilité (INB, ICPE, etc.) des installations expérimentales de l'institut placent leur surveillance et leur sûreté sous le contrôle de plusieurs entités : Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Autorité de Sûreté Nucléaire Défense (ASND), etc.

Le CEA, tutelle de l'INESNE :

L'INESNE est un institut de la Direction des Énergies (DES) du CEA ; il s'inscrit dans l'environnement des programmes de la DES animés et coordonnés par :

- La Direction des Programmes Énergie (DPE) ;
- La Direction des projets de Démantèlement, de Service nucléaire et de gestion des Déchets (DDSD) ;
- La Direction de la Gestion, de la Conformité et de la Performance (DGCP) ;
- La Direction Scientifique des Énergies (DSE).

L'INESNE relève essentiellement de la DPE, qui porte pour la DES la responsabilité de la définition, du pilotage, de la gestion et du suivi des programmes relatifs aux énergies décarbonées couvrant le nucléaire actuel et de demain, aux activités civiles en soutien à la défense et aux Nouvelles Technologies de l'Énergie (NTE). C'est la DPE qui oriente et structure (en concertation avec l'INESNE) les recherches de l'institut et qui s'assure de la bonne articulation des programmes précités avec les partenaires externes : industriels, organisations nationales et internationales. La DPE définit aussi la politique de valorisation des activités de l'INESNE en lien avec son portefeuille de Propriété Intellectuelle.

Citons encore les interactions Sciences et Techniques de l'institut avec :

- La Direction de la Recherche Fondamentale (DRF) ;
- La Direction de la Recherche Technologique (DRT) ;
- La Direction des Affaires Militaires (DAM) ;
- L'Agence Iter France (AIF).

Il faut aussi citer le Département de Support Technique et Gestion (DSTG) de Cadarache qui assure les besoins logistiques, techniques, informatiques, de gestion des ressources humaines, de gestion financière, d'achats ou bien d'expertise juridique de l'institut.

Les autres entités du CEA :

L'INESNE entretient des relations fortes, d'abord avec les autres instituts de la DES dont les activités sont complémentaires : l'Institut des Sciences Appliquées et de la Simulation pour les énergies bas carbone (ISAS) à Saclay pour la simulation et les matériaux, l'Institut des sciences et technologies pour une économie circulaire des énergies bas carbone (ISEC) à Marcoule pour le cycle du combustible, l'Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (I-tésé) pour les aspects technico-économiques, mais aussi avec d'autres instituts du CEA pour des thématiques transverses (instrumentation, NTE, simulation, etc.)

Les partenaires académiques de la région PACA

Sur un plan régional, l'INESNE a des partenariats et accords de collaboration avec les principales institutions académiques de la zone d'Aix-Marseille : Aix-Marseille Université (AMU), l'École Centrale de Marseille, Polytech Marseille, l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers d'Aix (A&M ParisTech). L'INESNE est impliqué dans la gouvernance des structures d'enseignement supérieur et de recherche d'AMU : fondation Amidex, le comité de campus de l'ENSAM, le conseil d'administration et le conseil scientifique de l'ECM, les comités de tutelle des instituts d'AMU suivants : Institut Marseille Imaging, Institut AMUTech, Institut Mécanique et Ingénierie, etc.

Les chercheurs de l'INESNE sont principalement rattachés à trois écoles doctorales d'AMU : la 184 (Mathématiques et Informatique de Marseille), la 352 (Physique et Sciences de la Matière) et la 353 (Physique, Modélisation et Sciences pour l'Ingénieur). L'INESNE entretient également des relations privilégiées avec l'université Grenoble Alpes.

L'IRESNE est partie prenante des comités de pilotage et de tutelle de l'ISFIN, l'Institut des Sciences de la Fusion et de l'Instrumentation en Environnements Nucléaires créé par AMU en 2019. L'IRESNE est partenaire de deux laboratoires communs de recherche :

- le LIMMEX (Laboratoire d'Instrumentation et de Mesures en Milieux EXtrêmes), en partenariat avec l'Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP) et ;
- le MISTRAL (*Modelling, Inspection and characterization of materials and STRuctures for Advanced Low carbon energies*), en partenariat avec le Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA). L'IRESNE a un partenariat de recherche avec l'École Centrale de Marseille et l'Institut Fresnel dans le cadre de la chaire LASERMAT (*LASER thermophysical properties measurements of MATerials*).

Les partenaires académiques nationaux :

Les principales régions avec lesquelles l'IRESNE entretient des partenariats académiques sont : la Provence-Alpes-Côte d'azur (AMU, etc.), l'Auvergne-Rhône-Alpes (UGA, etc.) et l'Île-de-France (Paris-Saclay, etc.).

Le CNRS est également un partenaire important au travers de l'institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3).

La valorisation et le transfert technologique territorial :

L'IRESNE est impliqué dans la coordination des organismes de recherche de la région Sud (CORSUD). Cette implication se traduit par la mise en place d'une feuille de route visant à valoriser les plateformes de l'institut. Par ailleurs, l'IRESNE siège au conseil d'administration de la TEAM Henri Fabre et des pôles de compétitivité CAPENERGIES, SAFE, OPTITEC, SCS.

Enfin, l'IRESNE est en relation avec des incubateurs (IMPULSE) et des pépinières localisées en région. Ainsi, les projets de start-up de l'IRESNE peuvent bénéficier d'un accompagnement (avance remboursable, anté-création, coaching, etc.)

Les partenaires étrangers :

L'IRESNE a des partenariats (industriels, organismes de recherche, entités académiques, etc.) de longue durée avec les pays incontournables du secteur du nucléaire : Allemagne, Finlande, Belgique, Canada, Chine, Corée du Sud, USA, Inde, Italie, Japon, Kazakhstan, Lettonie, Lituanie, Maroc, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovénie, Suède. Il est en relation avec les homologues étrangers du CEA : ENEA, JAEA, KAERI, PSI, ROSATOM, etc. L'institut fait partie d'accords multilatéraux de niveaux européens et mondiaux ; il est fortement impliqué dans les grandes organisations internationales (OCDE/AEN et AIEA essentiellement) et dans les programmes EURATOM et en particulier avec les Centres Communs de Recherches JRCs.

Le monde industriel :

De nombreuses Petites et Moyennes Entreprises (PME) et des grands groupes industriels et des établissements publics (EDF, FRAMATOME, ORANO, IRSN, ANDRA, ENGIE, EPRI, I3P : Institut tripartite avec industriels du domaine nucléaire français) conduisent leurs programmes de recherche, d'innovation et de développement en collaboration avec le CEA-IRESNE.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2021

Personnels permanents en activité	DEC	DER	DTN	IRESNE dir	IRESNE total
Ingénieurs Chercheurs (Cadres scientifiques EPIC)	108	137	110	-	355
Techniciens R&D (personnel de laboratoire non cadre EPIC)	58	38	35	-	131
Personnel support (autres personnels cadre et non cadre EPIC)	77	54	56	5	192
Sous-total personnels permanents en activité	243	229	201	5	678
Contractuels techniques	9	4	8	-	21
Contractuels administratifs	0	1	4	-	5
Doctorants	34	40	29	-	103
Sous-total personnels non permanents en activité	43	45	41	0	129
Total personnels	286	274	242	5	807

EPIC : Établissement Public à caractère Industriel et Commercial

AVIS GLOBAL

La présente évaluation porte sur la création récente de l'institut IRESNE qui est un des acteurs majeurs de la filière nucléaire française. Le comité a constaté qu'IRESNE est un partenaire de choix des industriels grâce à des moyens et savoir-faire adéquats. Au travers de ses trois départements, le *Département d'Étude des Combustibles* (DEC), le *Département d'Étude des Réacteurs* (DER) et le *Département de Technologie Nucléaire* (DTN) il peut apporter son expertise et son soutien à la plupart des problématiques de l'industrie nucléaire.

Le comité constate que les départements DEC, DER et DTN ont bien pris en compte les recommandations de l'évaluation précédente.

Le comité a pu apprécier le début de mise en œuvre d'activités transverses facilitées par le regroupement au sein de l'institut des trois départements, signature de la plus-value importante apportée par la création de l'institut.

La démarche engagée par le nouveau directeur et son équipe pour mobiliser les forces vives de l'institut doit être encouragée. Les attentes sont à la hauteur des espérances qui ont été suscitées.

Le comité émet des recommandations pour contribuer à cette mise en œuvre, sachant que la prochaine évaluation permettra de mesurer l'atteinte des objectifs visés.

Le profil global de l'institut, ses ressources et son organisation sont satisfaisants et globalement au niveau de ce qui est attendu pour l'exécution de ses missions. Le comité souligne cependant quelques points d'attention à surveiller : attractivité des postes, capacité de conservation et de capitalisation des connaissances et savoir-faire, maintien des installations au meilleur niveau technologique et opérationnel.

La résilience de l'IRESNE peut être améliorée pour mieux s'adapter aux fluctuations d'activités du nucléaire. Les nouvelles gouvernance et organisation constituent un point clé de l'avenir de l'institut et doivent être accompagnées avec attention afin d'apporter au plus tôt les éventuels soutiens et actions correctives. L'impression générale du comité concernant la dynamique engagée est très positive.

L'unité est attractive grâce à ses équipes de scientifiques, ingénieurs-chercheurs, techniciens, doctorants, et personnel en support, ainsi que par le nombre important de ses outils expérimentaux et de calcul scientifique de grande qualité. L'IRESNE a également un rayonnement important au travers de son active participation à de nombreux projets internationaux, et de la mise en place de partenariats académiques. On peut regretter le retard et les délais de mise en service du réacteur Jules Horowitz (RJH) ainsi que l'absence de projets porteurs comme l'était le projet « Réacteur Technologique Avancé à Sodium pour Démonstration industrielle » (ASTRID - *Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration*), seulement en partie compensés par la contribution au projet *NUclear ForWARD* (NUWARD™).

La production scientifique de l'IRESNE est tout à fait au niveau de ce qu'on peut attendre d'un institut de cette taille. Ses chercheurs et ingénieurs répondent à des problématiques de tout premier ordre de leur domaine, dans leurs publications, dans des revues à comité de lecture et lors de leurs participations à des conférences. Une particularité de l'institut tient au fait qu'une grande partie de la production scientifique se fait au travers de notes techniques et de brevets et est pour partie couverte par le secret industriel. Les partenariats forts avec des industriels placent les recherches de l'IRESNE en amont des besoins à venir et en réponse à des questions d'actualité de ces partenaires.

Ses activités scientifiques abordent aussi des sujets émergents faisant souvent l'objet de thèses de doctorat et pouvant conduire à des projets de plus grande ampleur.

Le développement de modélisations multiphysiques, renforcé par les nouvelles activités transverses permises par la création de l'IRESNE permet à celui-ci de développer des jumeaux numériques d'installations nucléaires et d'aborder la problématique des situations accidentelles dans tous ses aspects. Bien qu'ils ne conduisent pas forcément à des publications scientifiques, ces développements multiphysiques sont essentiels au domaine du nucléaire.

L'institut IRESNE occupe une place majeure au sein du CEA et du Centre de Cadarache. À ce titre, il est un contributeur majeur aux actions de partenariat et de promotion du nucléaire dirigées vers le grand public, les milieux universitaires et scientifiques nationaux et internationaux, et les industriels. Il apporte à ces actions sa grande capacité de recherche et de valorisation scientifique et technique.

Le comité porte un avis positif sur le périmètre et l'ampleur de ces actions, qui procurent à l'institut une importante visibilité nationale et internationale. Elles lui permettent d'orienter ses projets en fonction des attentes de ses partenaires industriels et scientifiques, de ses tutelles et, d'une façon plus générale, de la société. L'IRESNE

est, de par ses moyens et compétences, un acteur naturel pour accompagner les projets de Petit Réacteur Modulaire (SMR) et ses applications électriques et non électriques, y compris son intégration avec les énergies renouvelables.

Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T. 33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

[@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

[Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)

