

The logo for CEA (Commissariat à l'énergie atomique et alternative) is displayed in white lowercase letters on a red square background.

CEA MARCOULE

Rapport de **transparence** et **sécurité nucléaire** 2024

INB exploitées par le CEA Marcoule

Article L125-15 du code de l'environnement

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| I. Présentation générale du CEA Marcoule | 7 |
| II. Dispositions prises en matière de sécurité | 10 |
| 2.1. Généralités | 10 |
| 2.2. Organisation | 10 |
| 2.3. Dispositions générales | 11 |
| 2.4. Dispositions vis-à-vis des différents risques | 12 |
| 2.5. Maîtrise des situations d'urgence | 13 |
| 2.6. Inspections, audits et contrôles internes | 14 |
| 2.7. Dispositions résultant des Évaluations Complémentaires de Sûreté (ECS) | 16 |
| 2.8. Faits notables de l'année 2024 | 17 |
| III. Dispositions prises en matière de radioprotection | 19 |
| 3.1. Organisation | 19 |
| 3.2. Faits marquants de l'année 2024 | 21 |
| 3.3. Résultats | 22 |
| IV. Événements significatifs en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection | 24 |
| 4.1. Généralités | 24 |
| 4.2. Événements significatifs déclarés à l'ASN en 2024 | 26 |
| 4.3. Exploitation du retour d'expérience | 28 |
| V. Résultats des mesures des rejets des installations et impact sur l'environnement | 30 |
| 5.1. Rejets gazeux | 30 |
| 5.2. Rejets liquides | 32 |
| 5.3. Impact des rejets sur l'environnement | 36 |
| 5.4. Surveillance de l'environnement | 39 |
| 5.5. Management environnemental | 40 |
| VI. Déchets radioactifs entreposés sur le site | 42 |
| 6.1. Mesures prises pour limiter le volume des déchets radioactifs entreposés | 42 |
| 6.2. Mesures prises pour limiter les effets sur la santé et l'environnement en particulier le sol et les eaux | 44 |
| 6.3. Nature et quantités de déchets entreposés sur les INB du centre | 45 |
| VII. Conclusion | 48 |
| VIII. Glossaire | 50 |
| IX. Recommandations du CSE du CEA Marcoule | 54 |

CIRES, ANDRA, TFA...

Retrouvez-les termes soulignés dans le glossaire au chapitre 8

PRÉAMBULE



Michel BEDOUCHA

Directeur du CEA Marcoule

Comme chaque année, vous trouverez dans ce rapport l'ensemble des actions menées en 2024 au CEA MARCOULE en matière de sécurité, de sûreté, de radioprotection, de surveillance environnementale, ainsi que les faits marquants, les événements significatifs et le bilan des rejets et des déchets entreposés dans les INB du Centre.

Je débiterai ce préambule par le point qui est pour moi, en tant que directeur, une préoccupation majeure et quotidienne : la sécurité de mes collaborateurs. Un point en particulier doit être amélioré. En 2024, les chutes de plain-pied ont été un sujet qui a retenu toute mon attention. En effet, notre vigilance collective s'est amenuisée et nous avons dû déplorer en 2024, 74 accidents du travail, dont 31 avec arrêt.

Les chutes lors d'un déplacement pèsent lourd dans ce bilan. Et c'est souvent l'accident bête, les quelques secondes d'inattention qui entraînent des conséquences sérieuses. Une campagne de sensibilisation a été lancée début 2025 sur le sujet. Elle fait suite à une étude visant à mieux en comprendre les ressorts afin de mieux les traiter.

Sur le plan de la sûreté, l'ASN et l'ASND ont déclaré, cette année encore, la situation du centre « globalement satisfaisante ». Là encore, nous ne devons pas relâcher nos efforts mais la bonne gestion de nos installations a été remarquée.

Nous avons par ailleurs atteint des jalons majeurs pour la science et l'innovation au service de notre pays et poursuivi nos opérations de développement du centre. Le CEA est un outil essentiel de la souveraineté de la France, nos équipes à Marcoule y participent pleinement.

Vous trouverez ci-après un aperçu des réalisations 2024.

Le CEA, un expert de l'économie circulaire

A Marcoule, nous sommes avant tout des experts des technologies industrielles concourant à l'économie circulaire. Et de la première d'entre-elles : l'industrie nucléaire.

En 2024, les équipes de l'ISEC ont amélioré le procédé PUREX qui est au cœur du retraitement des combustibles usés à La Hague. Il permet de séparer le plutonium, l'uranium et les produits de fission. Bien que robuste et bien adapté aux conditions de l'usine actuelle, il faut en changer afin de traiter dans l'avenir le combustible MOX plus difficile à retraiter que le combustible « neuf ». L'Usine de La Hague est capable de le faire, mais par campagnes à petite échelle, en augmentant la quantité de réactifs chimiques pour réaliser une dissolution lente, liée à la plus forte concentration en plutonium.

L'Usine du futur devra être plus facilement pilotable, adaptable à différentes catégories de combustible. Pour répondre à ce défi, l'ISEC travaille depuis plus de 10 ans à la mise au point de PUMAS. PUMAS doit permettre d'augmenter les flux de traitement en simplifiant les étapes de séparation pour les rendre plus flexibles et plus efficaces. Le premier avantage est de réduire les étapes de séparation et ainsi de diminuer l'impact environnemental du procédé. En outre, la molécule sélectionnée et brevetée dans le procédé PUMAS est très sélective. 2025 sera consacrée à l'acquisition de données pour permettre à Orano d'établir l'Avant-Projet Détaillé de la nouvelle usine.

Le CEA, spécialiste du démantèlement de sites nucléaires.

Une autre dimension de notre ADN, ici à Marcoule, c'est d'être des spécialistes du démantèlement de sites nucléaires. Je voudrais l'illustrer à travers deux exemples.

La cellule aveugle 419 de l'APM de 8 m de long, 4,5 de large et 11 de hauteur est désormais vide après 3 ans de travaux. Et c'est un véritable défi technique auquel il a fallu faire face. Ce chantier a permis de tester et de valider les procédures de démantèlement de cellules utilisables en haute activité et les moyens de téléopération associés. C'est dans cette cellule qu'ont été mis en œuvre deux bras travaillant simultanément : le maestro et un bras Brokk qui, pendant des semaines, ont découpé et traité les équipements procédés mis en œuvre dans la cellule. Ce chantier a permis d'engranger un retour d'expérience très précieux pour affiner les scénarii de démantèlement des cellules aveugles où seuls des moyens opérés à distance peuvent intervenir dans des espaces très réduits. C'est ainsi une étape majeure du démantèlement de l'APM qui a été atteinte.

Démanteler, c'est aussi innover. Et cette année est placée sous le signe de la robotique, de l'IA et de la réalité virtuelle. Les équipes de l'ISEC en collaboration avec la DRT et la DAM, se sont démarquées à travers le projet Moonshot. Ce projet qui occupe depuis deux ans, 7 ingénieurs et techniciens, consiste en la mise au point d'un bras robotisé auto-apprenant de découpe laser pour le démantèlement. Le bras robotisé « physique », est associé à un jumeau numérique, reproduit en réalité virtuelle. Associé à des algorithmes d'IA, ce bras va apprendre progressivement à analyser son environnement, prendre en compte les contraintes de radioactivité et prendre des décisions pour proposer les meilleures trajectoires de découpe d'éléments métalliques.

Les équipes de l'ISEC font entrer la découpe laser dans le futur en connectant les mondes réels et virtuels au service du démantèlement.

Le CEA, acteur de la médecine du futur

A Marcoule, nous sommes aussi, grâce aux équipes du LI2D, des acteurs de la médecine du futur. Parfois au service de cold case historiques, lorsque des historiens font appel à nos savoir-faire pour lever certains mystères. Ce fut le cas cette année pour tenter de déterminer les raisons de la mort de Napoléon ou pour percer le mystère du palais royal d'Abomey au Bénin. Mais de manière moins anecdotique, nous faisons avancer la recherche sur l'analyse et la détection des agents infectieux, ici, dans le Gard.

C'est avec un record du monde que le LI2D a marqué l'année 2024 ! Thermo, l'un des principaux constructeurs de spectromètres de masse a fait appel au LI2D pour tester les limites du dernier né de ses appareils de mesure. Le CEA a donc fourni un échantillon particulièrement complexe, contenant des dizaines de milliers de protéines différentes pour les soumettre au nouvel analyseur de la société. Associé aux algorithmes développés par les équipes du LI2D, ils ont réussi à identifier et à caractériser 120 000 entités chimiques différentes en seulement 30 minutes. C'est comme si l'on était capable de recenser tous les habitants d'une ville comme Nîmes et de donner leur taille et leur poids en une demi-heure. Ce spectromètre a rejoint le laboratoire du LI2D. Il va permettre de faire avancer à grands pas la médecine diagnostic en délivrant 10 fois plus d'informations sur des échantillons de sang, par exemple, que la précédente génération d'appareils.

Le CEA, levier d'attractivité du territoire

Marcoule est la deuxième plateforme industrielle en Occitanie après le pôle aéronautique de la région toulousaine. Au cœur de cet ensemble, le CEA est le principal acteur et le premier employeur. Cela fait de nous un levier majeur d'attractivité sur le territoire du Gard Rhodanien. Mais attirer, c'est aussi former et nous disposons ici d'un atout important : l'INSTN. Il forme près de 1300 personnes chaque année aux métiers du nucléaire. Et cette capacité de formation est amenée à se renforcer dans les années à venir.

A ce titre, 2024 a été marquée par le lancement du chantier Invictus. Les premières opérations de désencombrement du bâtiment du Visiatome ont été lancées. Ce sont les premières étapes d'un chantier de plusieurs mois, qui permettront à l'INSTN de renforcer considérablement ses capacités d'accueil et de formation, dans un contexte de relance du nucléaire qui nécessite d'apporter de nouvelles ressources aux acteurs de la filière. Plus symboliquement, ce chantier est celui du renouveau du Visiatome qui renaît sous une autre forme au service du territoire.

En première ligne pour développer le centre

Je voudrais enfin saluer l'action des services support. Les actions d'aménagement et de modernisation du centre menées par ces services ont été très visibles sur le centre.

Le B3F, un bâtiment de bureaux à haute performance énergétique, a été livré aux équipes de la DDS. Il apporte un confort de travail inégalé sur le centre. En parallèle, 11 bâtiments énergivores ont été ou sont en cours de déconstruction.

La modernisation de voirie et la jouvence du poste Ouest ont été deux autres sujets importants et très visibles sur le centre. L'asphalte de l'axe central a été intégralement remis à neuf pour le confort et la sécurité de tous.

Je vous laisse découvrir au fil des pages qui suivent, le détail des faits notables de l'année 2024 dans les INB du centre, les résultats de la dosimétrie de nos salariés et des entreprises sous-traitantes, les événements significatifs et les nombreuses inspections des autorités de sûreté ainsi qu'un bilan des déchets radioactifs présents sur Marcoule.

Ce rapport illustre ainsi la politique du centre de Marcoule en termes de transparence et d'amélioration continue. Il confirme la maîtrise de l'impact de ses activités sur l'environnement.

Bonne lecture.

Michel BEDOCHA
Directeur du CEA Marcoule

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CEA MARCOULE

Les 2002 collaborateurs CEA (dont 1633 permanents) du Centre de Marcoule s'investissent quotidiennement dans le soutien à l'industrie nucléaire actuelle et innovent pour l'énergie bas carbone de demain. Le CEA a fait de Marcoule son centre de référence pour les recherches sur le cycle du combustible nucléaire (depuis la mine jusqu'à la gestion des déchets ultimes en passant par le traitement et recyclage des combustibles usés). Les activités du Centre ont également pour ambition l'étude du cycle du combustible des systèmes nucléaires du futur, la recherche en soutien des industriels et la maîtrise d'ouvrage d'un vaste programme de démantèlement des anciennes installations du Centre.

Le site de Marcoule est implanté sur la rive droite du Rhône, sur les communes gardoises de Chusclan et de Codolet. Le site couvre une surface totale d'environ 300 hectares dont 183 sont occupés par le CEA Marcoule, le reste des surfaces appartenant aux entreprises ORANO MELOX, Cyclife France et STERIS/SYNERGY HEALTH. Le CEA Marcoule comprend trois « Installations Nucléaires de Base » (INB), objets du présent rapport (*article L-125-15 du code de l'environnement*) : le réacteur de recherche PHÉNIX (INB n°71) en cours de démantèlement et les laboratoires ATALANTE de chimie en milieu radioactif (INB n°148) en exploitation. L'INB DIADEM (INB n°177) destinée à l'entreposage des déchets, sera en phase d'exploitation sous peu. Le Centre comprend également une « Installation Nucléaire de Base Secrète » (INBS) avec 18 installations individuelles. L'INBS fait l'objet d'un rapport annuel de sûreté nucléaire (*décret n°2007-758 du 10 mai 2007*) spécifique, distinct du présent document.

Au service de la collectivité

À Marcoule, le CEA est en première ligne pour répondre aux enjeux fixés par la loi du 28 juin 2006 sur la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Les équipes de Marcoule sont mobilisées dans la recherche pour la gestion des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue. Elles travaillent notamment sur le développement des procédés de séparation (*en quelque sorte des procédés de tri sélectif*) de certains éléments appelés actinides mineurs, qui sont les principaux responsables de la toxicité et de la durée de vie des déchets nucléaires. En outre, certains programmes de recherche sur le confinement des déchets nucléaires sont menés au CEA Marcoule, en lien avec l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA). C'est le cas de l'étude du comportement à long terme des verres nucléaires (*en vue d'un stockage souterrain*). Toutes ces recherches font appel à des études et des campagnes expérimentales menées sur plusieurs installations du Centre.

Au service de l'industrie nucléaire

Le CEA Marcoule mène les études scientifiques et technologiques en soutien aux industriels, principalement le groupe ORANO, pour améliorer les performances des procédés des usines actuelles du cycle du combustible. Il intervient essentiellement dans le domaine du traitement-recyclage du combustible nucléaire après passage en réacteurs, pour optimiser le recyclage des matières énergétiques valorisables et réduire et sécuriser les déchets ultimes.

Les recherches menées à Marcoule visent également à fournir aux industriels la capacité de proposer de nouvelles installations, compétitives à l'export. S'agissant de l'amont du cycle, qui regroupe les étapes industrielles depuis l'extraction minière jusqu'à l'enrichissement de l'uranium et la fabrication du combustible, le Centre de Marcoule mène une recherche ambitieuse et innovante, pour garantir à l'industrie nationale la compétitivité technico-économique et la diminution de l'impact environnemental de ces étapes, notamment pour l'extraction minière et la purification de l'uranium.

Au service de l'économie circulaire

Depuis la création de l'ISEC en 2020, le CEA Marcoule utilise son expertise sur le recyclage dans des domaines autres que le nucléaire, pour une utilisation soutenable des ressources naturelles, des matières et matériaux, comme par exemple le traitement des panneaux photovoltaïques, des batteries électriques, des aimants des éoliennes. Ses compétences sont mises à profit pour l'extraction des ressources et des matières, la purification, les technologies de l'enrichissement. Son expertise est également majeure pour le développement des procédés de dissolution des matériaux, de séparation des éléments d'intérêt en vue de leur recyclage ou de leur valorisation, mais aussi dans l'innovation de procédés de fabrication adaptés aux matériaux recyclés et le développement de procédés de traitement et conditionnement des déchets issus de ces processus.

Les chantiers de démantèlement

Marcoule est un site riche de 65 ans d'histoire. Certaines installations sont aujourd'hui définitivement arrêtées. Les travaux d'assainissement-démantèlement sur les installations les plus anciennes y sont menés au moyen de technologies innovantes (*imagerie, techniques de décontamination, robotique ...*) et toujours dans le respect des exigences de radioprotection, de sécurité et de sûreté. Ces programmes d'assainissement-démantèlement, planifiés souvent sur plusieurs dizaines d'années, concernent les installations de recherche ayant permis de répondre aux besoins nucléaires historiques de la Défense Nationale mais aussi le réacteur PHÉNIX dans le domaine civil aujourd'hui à l'arrêt. Leur financement est assuré dans le cadre de budgets dédiés pour le démantèlement.

L'exploitation et les activités de soutien du Centre

Pour l'exploitation et le fonctionnement quotidien du Centre, le CEA dispose de diverses installations de soutien : conditionnement des déchets solides, traitement des effluents, mais aussi distribution électrique ou de fluides, station d'épuration... L'ensemble de ces moyens ainsi que les unités de secours et de protection (*Formation Locale de Sécurité, Service de Protection contre les Rayonnements et Service de Prévention et de Santé au Travail*) concourent à une exploitation maîtrisée des activités.

L'installation ATALANTE (INB N°148)

Mise en service progressivement de novembre 1992 à avril 2005, ATALANTE regroupe dans une même installation, l'ensemble des moyens de recherche en chimie en milieu radioactif nécessaires aux études sur l'aval du cycle électronucléaire. La présence d'un fort potentiel de chercheurs, ingénieurs et techniciens ainsi que de moyens performants et modernes d'investigation (*21 laboratoires et 11 chaînes blindées à ce jour*), permettent de conduire des recherches, tant fondamentales qu'appliquées, depuis les études de laboratoire de base (*sur des microgrammes de matière*) jusqu'aux démonstrations préindustrielles (*sur des kilogrammes de combustible réel*). Ceci lui confère un caractère exceptionnel dans le panorama mondial des équipements de recherche nucléaire. La mise en service définitive d'ATALANTE a été autorisée par décision du Collège de l'Autorité de Sûreté Nucléaire en 2007.





L'installation PHÉNIX (INB N°71)

Mis en service en 1973, PHÉNIX est un prototype de la filière des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium (*RNR- Na*). Sa mise à l'arrêt définitif est intervenue en 2009. D'une puissance maximum de 563 MW thermiques et 250 MW électriques, PHÉNIX a d'abord été utilisé comme démonstrateur de la filière des réacteurs à neutrons rapides au sodium (*RNR-Na*), puis comme réacteur expérimental d'irradiations dans le cadre de la première loi de 1991 sur la gestion des déchets, dite « loi Bataille ».

Ses flux de neutrons importants en ont fait un outil sans équivalent en Europe occidentale pour réaliser un programme de recherche sur la transmutation, visant à réduire la quantité et la toxicité des déchets radioactifs à vie longue. Les résultats obtenus ont démontré la faisabilité scientifique de la transmutation dans les réacteurs de ce type. Les dernières années de fonctionnement de PHÉNIX ont été consacrées à la réalisation d'expériences sur cette thématique et à la poursuite de la maîtrise de la filière des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium (*RNR-Na*).

Depuis son arrêt définitif en 2009 et son décret de démantèlement 2016-739 du 2 juin 2016, le réacteur PHÉNIX est en phase de démantèlement.

Dans ce cadre, les principales opérations réalisées en 2024 ont été les suivantes :

- ▶ le conditionnement et l'évacuation du combustible ;
- ▶ la poursuite des essais en inactif de mise en service de l'installation de traitement du sodium (*NOAH*) ;
- ▶ les travaux de démantèlement des modules du générateur de vapeur n°1 ;
- ▶ la mise en exploitation de la future Zone d'Accès au Bâtiment Manutention (*ZABM*) ;
- ▶ le démantèlement de l'échangeur intermédiaire J a été achevé au premier trimestre 2024 ;
- ▶ la transmission au Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques du dossier de demande de modification du décret prescrivant au CEA de procéder aux opérations de démantèlement.

L'installation DIADEM (INB N°177)

Le décret 2016-793 du 14 juin 2016 a autorisé la création de l'installation DIADEM dédiée à l'entreposage, dans l'attente de la mise en service du stockage CIGEO, de déchets radioactifs solides irradiants ou contenant des émetteurs α (*déchets MAVL et HA*) et issus du démantèlement des installations du CEA et de l'Institut Laue-Langevin.

Les principales opérations qui seront réalisées dans DIADEM une fois l'installation en exploitation seront :

- ▶ la réception des emballages de transport et leur déchargement ;
- ▶ le contrôle des colis de déchets une fois déchargés et leur mise en entreposage ;
- ▶ la surveillance des colis entreposés.

La construction de DIADEM est en cours et les essais de phase 2, démarrés en 2022, se sont poursuivis en 2024.

Les travaux de la cellule HI sont engagés et les études et fabrication des machines qui y seront installées se poursuivent. Les trémies de l'installation ont pour la plupart été refermées et les essais d'ensemble sont programmés à l'horizon 2026. Les essais de qualification à la chute des conteneurs de déchets (*CDD*) ont été réalisés en 2024.

En 2025, les contractualisations pour la fabrication des CDD et la réalisation des amortisseurs de fond de puits d'entreposage seront engagées. En parallèle de l'achèvement de la construction de l'installation, la préparation de sa future exploitation se poursuit.



DISPOSITIONS PRISES EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ

2.1. Généralités

Le bon déroulement des activités de recherche du CEA nécessite une parfaite maîtrise de la sécurité : cette dernière est une priorité inscrite comme essentielle dans les contrats successifs entre le CEA et l'État. Le CEA met en œuvre les moyens nécessaires pour assurer cette maîtrise.

La politique de sécurité du CEA est retranscrite dans un plan quadriennal d'amélioration de la sûreté et de la sécurité. Le dernier en date, qui couvre les années 2022-2025, constitue, avec les directives annuelles qui en sont issues ainsi que les contrats d'objectifs sécurité, la politique de sécurité du CEA.

Marquant l'impulsion de la direction générale pour les années 2022-2025, il incarne l'engagement du CEA à :

- ▶ protéger la santé et la sécurité de ses travailleurs ;
- ▶ garantir la sûreté de ses installations à toutes les phases de vie ;
- ▶ maîtriser les impacts environnementaux de ses activités ;
- ▶ maîtriser la sécurité des activités confiées à des tiers ou exercées en partenariat ;
- ▶ définir et mettre en œuvre une organisation de crise robuste et efficace ;
- ▶ protéger ses sites et installations contre la malveillance, ainsi que ses informations sensibles ou relevant du secret de la défense nationale ;
- ▶ protéger ses systèmes d'information contre la menace cybernétique et adapter sa posture de cyberdéfense.

Pour les prochaines années, le plan sera structuré, d'une part, autour de deux axes stratégiques transverses, fils directeurs établissant un lien entre les différents domaines et constituant des outils pour faciliter la réalisation des actions au sein de ceux-ci :

- ▶ promouvoir la sécurité intégrée ;
- ▶ renforcer l'amélioration continue de la sécurité,

et d'autre part, autour d'axes stratégiques propres à chaque domaine de la sécurité.

Le Centre de Marcoule s'inscrit dans ce plan et met en œuvre les dispositions qui y sont prévues.

2.2. Organisation

Le Directeur du CEA Marcoule est le représentant local du CEA en tant qu'employeur et exploitant d'installations réglementées. À ces titres, il est responsable de la sécurité générale sur le Centre. Il est secondé par un Directeur Adjoint, délégué à la sûreté et à la sécurité. L'Ingénieur Sécurité de l'Établissement les assiste pour les questions relatives à la sécurité au travail.

Pour chaque INB, un chef d'installation est nommé par le Directeur du CEA Marcoule. Il est responsable, par délégation de celui-ci, de la sécurité et la sûreté nucléaire de l'installation dont il a la charge.

Le CEA Marcoule dispose d'unités de support en matière de sécurité : la Formation Locale de Sécurité (FLS) chargée des interventions en cas d'incendie ou d'accident de personnes et du gardiennage du centre, un Service de Protection contre les Rayonnements ionisants (SPR) dédié à la prévention du risque radiologique

et à la surveillance de l'environnement, un Service de Prévention et de Santé au Travail (*SPST*) qui assure le suivi médical des salariés (*en particulier ceux travaillant en milieu radioactif*), et un Laboratoire d'Analyses Biologiques et Médicales (*LABM*). Ces services sont regroupés au sein du Département des Unités de Support et de Protection (*DUSP*).

Le Centre dispose d'une cellule de contrôle (*CSNSQ*), indépendante des services opérationnels d'exploitation ou de support, qui assure, pour le Directeur du CEA Marcoule, le conseil pour la mise en œuvre de la réglementation, les contrôles des installations en matière de sécurité et de sûreté nucléaire, conformément aux dispositions prévues par l'arrêté du 7 février 2012, dit arrêté « *INB* », ainsi que les relations courantes avec les Autorités.

2.3. Dispositions générales

La politique de sûreté du Centre de Marcoule vise à assurer, compte tenu des facteurs économiques et sociaux, la cohérence des objectifs de sûreté avec les dispositions techniques prises à tous les stades de la vie des installations. Des investissements très importants et des moyens humains présentant les compétences requises sont engagés pour maintenir les installations conformes aux exigences de sécurité, y compris celles qui sont apparues depuis leur création.

Le personnel travaillant dans les *INB* possède une formation et des habilitations appropriées aux tâches qu'il a à accomplir et suit un parcours régulier de maintien à niveau en matière de sécurité.

Le Centre de Marcoule peut également s'appuyer sur les Pôles de compétences en sûreté du CEA qui couvrent les principaux domaines d'expertises nécessaires en la matière. Ils traitent des problématiques liées au séisme, à l'incendie, à la mécanique des structures, à l'instrumentation, au risque chimique, et aux facteurs organisationnels et humains.

Ces Pôles de compétences comprennent des équipes de spécialistes du CEA et visent à fournir aux exploitants et aux chefs de projets l'assistance pour mener à bien des études de sûreté complexes, étudier des thèmes à caractère générique, assurer la cohérence des approches de sûreté.

Pour chaque Installation Nucléaire de Base (*INB*), un domaine de fonctionnement est défini dans un ensemble de documents qui constitue son référentiel de sûreté ; celui-ci est approuvé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (*ASN*) qui le complète par des prescriptions techniques.

Toute modification à apporter à une installation ou à son domaine de fonctionnement (*adaptation du procédé mis en œuvre aux besoins de la recherche...*), est, selon le cas, autorisée par :

- ▶ **le Directeur de Centre** dans la mesure où la modification ne remet pas en cause la démonstration de sûreté ;
- ▶ **l'ASN** si la modification remet en cause la démonstration de sûreté mais reste conforme au décret d'autorisation ;
- ▶ **les pouvoirs publics** avec la publication d'un nouveau décret d'autorisation (*le cas échéant après enquête publique*) si l'ampleur de la modification le nécessite.



2.4. Dispositions vis-à-vis des différents risques

À chaque étape de la vie d'une installation, de sa conception jusqu'à son déclassement, des études de sûreté, basées sur le principe de « défense en profondeur », permettent de mettre en place les mesures de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences adaptées à chaque risque envisageable. Ces études et mesures associées sont formalisées dans des rapports de sûreté.

Les principaux risques systématiquement pris en compte dans les rapports de sûreté sont :

- ▶ **les risques nucléaires** : risques de dissémination de matières radioactives, d'exposition interne (*ingestion, inhalation*), d'exposition externe tant pour le personnel que pour le public et l'environnement, risques de réaction nucléaire incontrôlée (*criticité*), risques liés à l'effet des radiations sur les matériaux (*radiolyse, échauffement*) ;
- ▶ **les risques classiques liés aux procédés mis en œuvre** : risques d'incendie, d'inondation, de perte des alimentations électriques, risques liés à la manutention, à l'utilisation de produits chimiques, risques liés à l'amiante ;
- ▶ **les risques dus aux agressions externes**, qu'elles soient d'origine naturelle (*séisme, inondations, conditions météorologiques extrêmes, etc.*) ou liées aux activités humaines (*installations environnantes, voies de communication, chute d'avions*).

L'étude des risques dus aux agressions externes est effectuée à partir des données historiques, des données recueillies par les stations météorologiques proches ou définies par des normes et la connaissance du trafic sur les voies de communication voisines du Centre (*aéroports, ...*).

En outre, des situations extrêmes sont prises en compte dans le cadre des Évaluations Complémentaires de Sûreté (ECS) post-Fukushima.

La FLS du Centre intervient en cas de déclenchement des alarmes de sécurité qui sont reportées au poste central de sécurité : incendie, débordement de liquides dans les dispositifs de rétention, fuites de gaz, ... Équipée d'engins de lutte contre les incendies et de pompage, la FLS peut intervenir très rapidement ; elle peut aussi, si elle le juge nécessaire, faire appel au Service Départemental d'Intervention et de Secours (SDIS). La FLS intervient également en secours aux personnes victimes d'accidents sur le Centre. De plus, elle assure une mission de protection du Centre et des installations contre les intrusions et la malveillance.

Afin de pallier les éventuelles coupures du réseau d'alimentation électrique, les INB ATALANTE, PHÉNIX et DIADEM sont équipées de groupes électrogènes de secours. Les équipements qui participent aux fonctions importantes pour la sûreté font l'objet de contrôles et essais périodiques ainsi que d'opérations de maintenance dont la périodicité est définie pour chacun d'entre eux. En outre, certains équipements (*manutention, équipements électriques, ...*) font l'objet de contrôles réglementaires. Pour les prestations sous-traitées, sans remettre en cause la responsabilité des employeurs, les considérations de Santé, Sécurité, Qualité et Environnement (SSQE) sont prises en compte dans l'élaboration des cahiers des charges, dans la sélection des Titulaires de marchés et suivies par des chargés d'opération pendant toute leur durée.

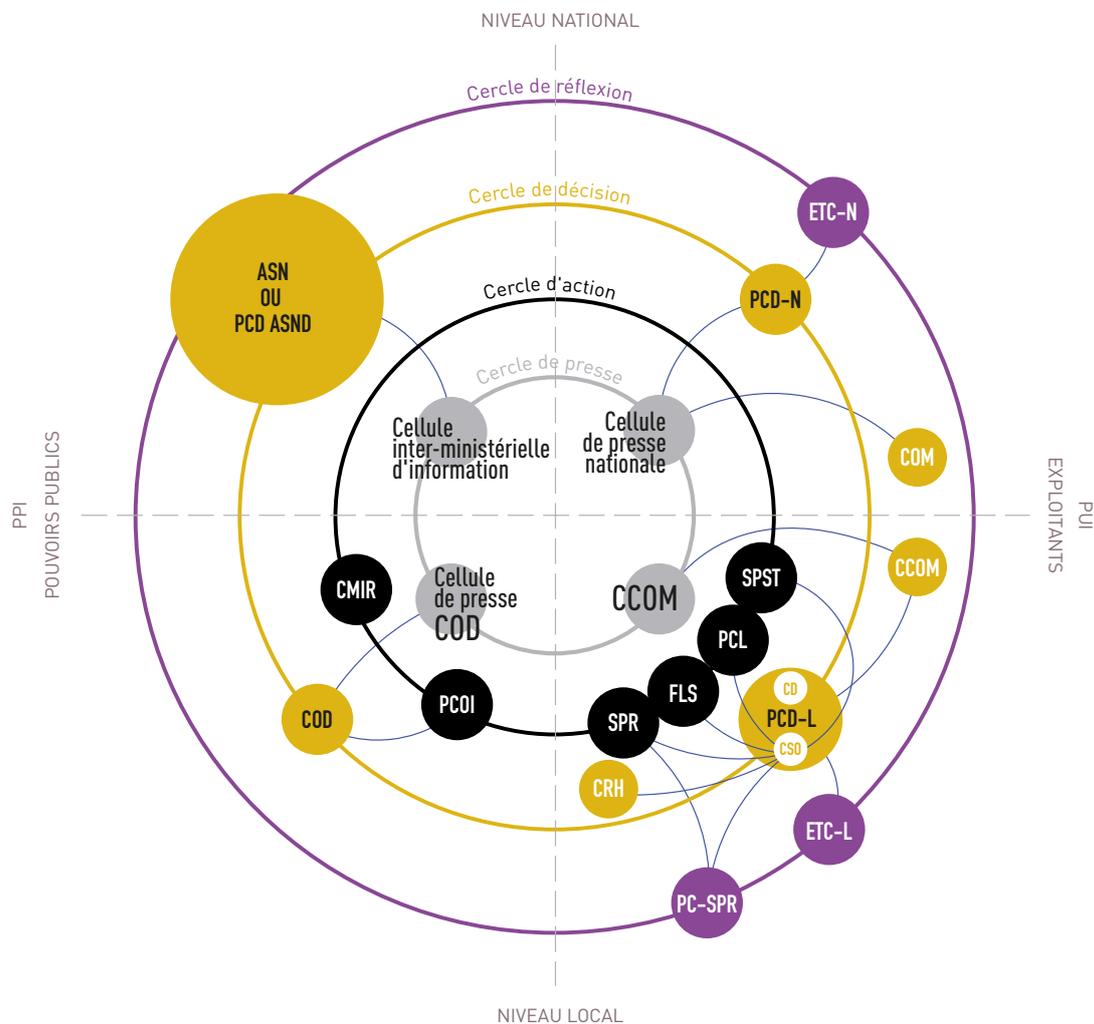
Ainsi, le Service des Marchés et des Achats (SMA) du CEA Marcoule prend en compte les exigences en matière de sécurité des entreprises extérieures dans la sélection des fournisseurs et prestataires, et la contractualisation, conformément aux Conditions Générales d'Achat et au guide de la sous-traitance.

En 2024, aucune entreprise n'a été écartée sur la base de ces considérations lors des appels d'offres.

Enfin, des études pluridisciplinaires de postes de travail sont réalisées conjointement par les acteurs de la sécurité (*médical, membres du CSE, ...*), le chef d'installation et les salariés, selon un programme annuel. Elles permettent d'étudier tous les aspects du poste de travail (*formations réglementaires et spécifiques, Retour d'Expérience des incidents et accidents, adaptation et optimisation de l'organisation, ...*) et contribuent ainsi à améliorer la prise en compte du facteur humain dans le domaine de la sécurité nucléaire.

2.5. Maîtrise des situations d'urgence

Le CEA s'est doté, aux niveaux national et local, d'une organisation qui lui permet de gérer à tout moment des situations d'urgence. Cette organisation décrite dans le Plan D'Urgence Interne (PUI) du CEA Marcoule est présentée dans le schéma général d'organisation nationale de crise ci-après :



| | Pouvoirs publics | Exploitant |
|-----------------|--|---|
| Niveau national | <ul style="list-style-type: none"> Poste de Commandement Technique de l'Autorité de Sécurité Nucléaire (PC ASN) Centre Interministériel aux Crises Nucléaires ou Radiologiques (CICNR) | <ul style="list-style-type: none"> Poste de Commandement Direction Nationale (PCD-N) placé sous l'autorité de l'Administrateur Général (AG) Équipe Technique de Crise Nationale (ETC-N) |
| Niveau local | <ul style="list-style-type: none"> Centre Opérationnel Départemental (COD) Poste de Commandement Opérationnel Interdépartemental (PCOI) Cellule Mobile d'Intervention Radiologique (CMIR) | <ul style="list-style-type: none"> Poste de Commandement Direction Local (PCD-L) placé sous l'autorité du Directeur Cellule Direction (CD) Cellule de Suivi Opérationnel (CSO) Équipe Technique de Crise Locale (ETC-L) Cellule de COMMunication (CCOM) Cellule Relations Humaines (CRH) Cellule Service de Protection contre les Rayonnements (SPR) |

Sur le Centre de Marcoule, la FLS est organisée de manière à être opérationnelle en permanence pour ses missions de surveillance et d'intervention. De même, certaines installations disposent d'un personnel permanent pour leur exploitation qui est formé aux gestes de base en matière de sécurité. Des PMS sont mises en place en dehors des heures normales de travail ; elles sont assurées par la présence sur le Centre de personnel ayant des compétences en sécurité nucléaire.

Ces PMS sont complétées par un système d'astreinte à domicile qui permet d'assurer la permanence de commandement du Centre (*astreinte Direction*) ainsi que l'intervention nécessaire aux unités en charge de gestion de la crise (*exploitation INB, sûreté, protection radiologique, services supports, communication, service médical...*). Le Centre dispose d'environ 150 classes d'astreintes faisant intervenir du personnel du CEA ou d'entreprises extérieures.

Des exercices de vérification de l'efficacité de ces dispositifs sont régulièrement menés en interne.

Les exercices de sécurité de zone au niveau des installations ont été systématiquement complétés par un grèvement du PCD-L, de façon à réaliser un maximum de mises en situation et/ou d'exercices pour l'entraînement des équipiers de crise. Tous les équipiers de crise identifiés ont participé à au moins un exercice ou une mise en situation en 2024.

En 2024, deux exercices d'appel des astreintes du Centre ont été réalisés en juin. L'ensemble des personnes a répondu et ces exercices d'appel sont donc jugés satisfaisants.

Depuis début 2024, l'outil d'appel des astreintes est systématiquement utilisé pour appeler les équipiers de crise lors des exercices de crise. L'ensemble des personnes répond également de façon satisfaisante.

2.6. Inspections, audits et contrôles internes

En 2024, le Centre a fait l'objet de 13 inspections sûreté dans les 3 INB menées par l'ASN, 6 inspections thématiques (*dont 1 sur la gestion de crise menée conjointement par l'ASN et l'ASND*) et 1 inspection transport. Les thèmes de ces inspections, les installations inspectées, les dates et les conclusions de l'ASN sont présentés dans le tableau ci-après.

| Installations | Date | Thème de l'inspection | Conclusions |
|---------------|------------|--|--|
| PHENIX | 09/01/2024 | Intervenants extérieurs | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| ATALANTE | 10/01/2024 | Gestion des écarts | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| ATALANTE | 16/02/2024 | Criticité | Deux demandes d'actions prioritaires |
| ATALANTE | 26/03/2024 | Confinement statique et dynamique | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| PHENIX | 27/03/2024 | Contrôles et essais périodiques | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| PHENIX | 16/04/2024 | Équipements sous pression | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| ATALANTE | 29/05/2024 | Intervenants extérieurs | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| PHENIX | 05/06/2024 | Agressions externes | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| DIADEM | 04/06/2024 | Surveillance entreprise extérieure – Essais de chute | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| ATALANTE | 15/10/2024 | Respect des engagements | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| ATALANTE | 25/07/2024 | Gestion des déchets | Pas de demandes d'actions prioritaires |

| Installations | Date | Thème de l'inspection | Conclusions |
|---------------|------------|---|--|
| PHENIX | 10/10/2024 | Déchets (<i>production, zonage, entreposage, étude déchets, zonage déchets</i>) | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| PHENIX | 27/11/2024 | Prise en compte par l'exploitant de pratiques frauduleuses | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| TRANSPORT | 07/11/2024 | Expédition et réception pour les INB | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| CENTRE | 18/01/2024 | Gestion de crise | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| CENTRE | 13/02/2024 | Management de la sûreté | Une demande d'action prioritaire |
| CENTRE | 21/02/2024 | Agressions externes | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| CENTRE | 27/11/2024 | Déchets | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| CENTRE | 03/12/2024 | Pôle de compétence en radioprotection | Pas de demandes d'actions prioritaires |
| CENTRE | 03/04/2024 | Maintenance des emballages | Pas de demandes d'actions prioritaires |

Chaque inspection fait l'objet d'une lettre de suite de la part de l'ASN, publiée sur son site internet (www.asnr.fr), dans laquelle elle exprime des demandes d'actions correctives ou de compléments d'informations. Ces lettres de suite font systématiquement l'objet de réponses écrites de la part du Centre, exposant à l'ASN les actions correctives réalisées et les informations complémentaires demandées.

Le CEA Marcoule et ses INB font également l'objet d'audits internes relatifs à la sécurité, réalisés notamment par l'Inspection Générale Nucléaire (IGN) du CEA qui en rend compte à l'Administrateur Général.

En 2024, les audits internes ont porté sur :

- ▶ **mise en œuvre de la politique environnementale du CEA (déjà intégrée pour le rapport TSN) ;**
- ▶ **conservation de la mémoire des installations (audit de suivi) ;**
- ▶ **maîtrise de la sécurité des systèmes d'information des systèmes industriels pouvant remettre en cause des fonctions de sûreté d'une installation nucléaire ;**
- ▶ **préparation des interventions et utilisation des autorisations d'intervention ;**
- ▶ **réalisation des contrôles et essais périodiques.**

Par ailleurs, la cellule de sûreté du Centre réalise, pour le compte du Directeur de Centre, des C2N (*Contrôle de Second Niveau*) répondant aux exigences de l'arrêté du 7 février 2012. En 2024, sept contrôles ont ainsi été réalisés ; leur liste est précisée dans le tableau ci-après.

| Installations ou unité | Date | Thème du contrôle de second niveau |
|------------------------|------------------------|---|
| ATALANTE | 19-20 et 26-27/02/2024 | Gestion du risque de criticité (<i>suite aux ES déclarés les 2 et 7/02/2024</i>) |
| PHENIX | 12/09 et 17/10/2024 | Respect des engagements dans le cadre des suites du précédent réexamen |
| PHENIX | 21/11/2024 | Gestion des entreposages de déchets |
| PHENIX | 11/06/2024 | Vérification de la prise en compte des exigences émises dans la note d'autorisation direction relative à la jouvence du TCI |

| Installations ou unité | Date | Thème du contrôle de second niveau |
|------------------------|------------|--|
| DIADEM | 15/11/2024 | Surveillance des intervenants extérieurs – Organisation suite à reprise MOE interne |
| ATALANTE | 20/11/2024 | Mise en service de la prise d'échantillons du LES 401 |
| PHENIX | 02/07/2024 | Conformité de l'analyse sûreté Aiguilles classées « standard » en lieu et place d'expérimentales « non couvertes » |

En réponse aux exigences de l'arrêté du 7 février 2012, des contrôles de premier niveau sont également réalisés dans les INB, à l'initiative et pour le compte du chef d'installation.

En 2024, le CSE n'a pas réalisé d'inspection dans les INB de Marcoule.

2.7. Dispositions résultant des Évaluations Complémentaires de Sûreté (ECS)

Le présent chapitre se réfère aux prescriptions émises par l'ASN dans ses deux décisions du 8 janvier 2015 relatives à la mise en place d'un noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles robustes visant, pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des Evaluations Complémentaires de Sûreté réalisées suite à l'accident de Fukushima, à prévenir les accidents graves ou à en limiter la progression, à limiter les rejets massifs de substances dangereuses, à permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise. La dernière action encore non soldée concerne le bâtiment de gestion de crise du Centre de Marcoule et est détaillée ci-après.

PRESCRIPTION ASN [CEA-MAR-ND15]

I – L'exploitant transmet à l'ASN avant le 31 décembre 2015 le dossier de justification du comportement des locaux de gestion des situations d'urgence en cas de situations noyau dur et propose le cas échéant des renforcements.

II – Dans ce dossier, l'exploitant :

- ▶ justifie l'habitabilité et l'accessibilité des locaux de gestion des situations d'urgence lors des différentes situations accidentelles qui peuvent être rencontrées ;
- ▶ étudie l'impact d'un incendie se déclarant sur le site après une agression externe retenue pour le noyau dur sur l'habitabilité et l'accessibilité de ces locaux et prévoit, le cas échéant, des dispositions matérielles et organisationnelles permettant l'intervention sur un tel incendie ;
- ▶ démontre qu'il dispose des moyens permettant :
 - d'activer la mise en œuvre du noyau dur du centre et d'assurer la gestion de ceux des installations du centre dans le cas d'une situation noyau dur, en particulier ;
 - de disposer des paramètres nécessaires à la gestion des situations noyau dur ;
 - de connaître l'état des dispositions matérielles nécessaires à la gestion du noyau dur du centre ;
 - de déterminer les conditions d'intervention des travailleurs et de les doter des équipements nécessaires ;
 - de caractériser, dans des délais compatibles avec les besoins de gestion de crise, les états de site susceptibles d'être rencontrés en situation noyau dur ainsi que les conséquences dans l'environnement.

Les principes retenus pour renforcer le bâtiment abritant les locaux de gestion des situations d'urgence (*bâtiment dit 'SCM'*) vis-à-vis du risque de tornade sont l'obturation en béton armé de la verrière et des baies donnant sur la zone « PCD-L » et sur l'entrée du bâtiment, la mise en place de chicanes en béton armé pour protéger les accès personnel et matériel, et l'utilisation de barreaudage renforcé pour protéger les fenêtres des chambres.

Ces modifications influant sur le comportement du bâtiment sous séisme, des calculs ont été engagés en 2020 et les résultats de ces calculs ainsi que la définition des renforcements ont été transmis aux autorités.

Par ailleurs, suite à une visite technique des locaux en 2023 par les experts des autorités, la conformité du bâtiment a été actée par réponses aux demandes concernant la constitution d'un référentiel d'exploitation, associé à des consignes et modes opératoires et par l'examen des conditions opérationnelles de fonctionnement (*notamment la ventilation*).

En 2024, le Centre de Marcoule est en attente de la décision ASN qui doit être émise à l'issue de l'instruction du dossier SCM par l'IRSN.

2.8 Faits notables de l'année 2024

2.8.1 PHÉNIX (INB 71)

L'année 2024 a été marquée par :

- ▶ **la poursuite de la diminution du terme source** par l'évacuation après traitement de 19 assemblages de combustible usés depuis 2023 (*50 % du terme source a été évacué*) ;
- ▶ **la poursuite des travaux de désamiantage** des locaux Purification Sodium (PS) dans les bâtiments réacteur et manutention, étape préalable aux modifications du procédé dans le cadre des transferts futurs de sodium entre les installations existantes et l'installation NOAH ;
- ▶ **la mise en exploitation** de la future Zone d'Accès au Bâtiment Manutention ;
- ▶ **la poursuite des travaux préparatoires** pour le transfert de sodium primaire (*purification césium*) ;
- ▶ **la poursuite des travaux du bâtiment « NOAH » et début des essais phase 3.1** avec l'exploitant. Ce bâtiment abrite le procédé qui permettra le traitement du sodium dans le cadre du démantèlement.

Les autres opérations notables réalisées au cours de l'année 2024 ont été :

- ▶ **la poursuite et la fin de la jouvence** des moyens d'extinction Marcalina ;
- ▶ **la vidange de la solution de nitrate d'uranyle** du circuit de neutronographie ;
- ▶ **la réalisation d'une campagne de manutention principale** pour sortir des assemblages du réacteur en vue de leur traitement ;
- ▶ **la poursuite des essais** sur le nouveau bras de manutention du cœur ;
- ▶ **la finalisation de la découpe** d'un échangeur intermédiaire.

2.8.2 ATALANTE (INB 148)

L'année 2024 a été marquée par :



OPÉRATEURS LNPA

- ▶ **les essais de Décontamination de Coques Irradiées en Chaînes Blindées** : l'étude vise à instruire les possibilités de décontamination de coques issues du traitement des combustibles usés notamment en vue d'une catégorisation de leur stockage déchet de MA-VL en FA-VL ou FMA-VC, et par ailleurs d'évaluer le recyclage du zirconium constitutif des gaines. L'objectif des essais réalisés est de démontrer la possibilité de décontaminer des coques irradiées sur la chaîne blindée C11/C12 d'ATALANTE en vue de leur manipulation en boîte à gants au laboratoire L8 pour la suite de l'étude. Les résultats du décapage de quelques coques et morceaux de coques indiquent une baisse significative du débit de dose en comparaison au débit de dose initial favorisant la manipulation en boîte à gants.
- ▶ **démantèlement Laboratoire L5 (Projet FinU)** : le démantèlement des boîtes à gants du Laboratoire L5 a été réalisé afin de permettre l'accueil des nouvelles boîtes à gants dans le cadre de l'implantation du futur procédé de traitement des solutions d'uranium. Les travaux d'implantation sont prévus en 2025.
- ▶ **pastilles « Nouvelle filière » élaborées par un procédé de cryobroyage** : en fin 2024, un premier essai de cryobroyage effectué sur le prototype du laboratoire LN0 a permis de confirmer la faible rétention de poudre en comparaison avec le procédé de broyage à boulets. À la vue de ces résultats prometteurs, des essais de R&D complémentaires sur le procédé de cryobroyage seront lancés en 2025 au LN0, afin de confirmer le choix du procédé.

2.8.3 DIADEM (INB N°177)

Le chantier de construction est en cours depuis 2016. Le génie civil du bâtiment DIADEM est achevé, l'alvéole d'entreposage fermée et les voiries aménagées. L'installation est en phase d'essais préalables à la mise en service.

L'année 2024 a été marquée par :

- ▶ **la finalisation de l'instruction IRSN du dossier de Demande d'Autorisation de Mise en Service** de l'installation et du dossier de demande de modification du Décret d'Autorisation de Création ;
- ▶ **la poursuite des travaux de réalisation** de la cellule de traitement des conteneurs de l'installation ;
- ▶ **la poursuite des essais de phase 2** (essais inactifs de sous-ensembles sous tension) ;
- ▶ **la réalisation des essais de qualification** à la chute des Conteneurs à déchets DIADEM (CDD).

Les essais de phase 2 et les travaux de la cellule se poursuivront en 2025. En 2025 sont prévus également :

- ▶ **un essai de chute complémentaire** d'un CDD ;
- ▶ **l'élaboration du dossier de sûreté** relatif aux déchets radiolysables ;
- ▶ **le démarrage de la construction du bâtiment d'exploitation** (bureaux) attenant à l'INB.



DISPOSITIONS PRISES EN MATIÈRE DE RADIOPROTECTION

3.1. Organisation

La radioprotection est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris les atteintes portées à l'environnement. Elle repose sur trois principes fondamentaux :

- ▶ **le principe de justification** : l'utilisation des rayonnements ionisants doit être justifiée, c'est-à-dire que le bénéfice qu'elle peut apporter doit être supérieur aux inconvénients qu'elle peut engendrer ;
- ▶ **le principe de limitation** : les expositions individuelles ne doivent pas dépasser les limites de doses fixées par la réglementation afin de garantir l'absence d'apparition d'effets déterministes et que la probabilité d'apparition d'effets stochastiques reste à un niveau tolérable compte tenu du contexte économique et sociétal ;
- ▶ **le principe d'optimisation** : les matériels, les procédés et l'organisation du travail doivent être conçus de telle sorte que les expositions individuelles et collectives soient maintenues aussi bas qu'il est raisonnablement possible compte tenu de l'état des techniques et des facteurs économiques et sociétaux (*principe « ALARA »*).

Les progrès en radioprotection font partie intégrante de la politique d'amélioration de la sécurité du CEA. Cette démarche de progrès s'appuie notamment sur :

- ▶ **la responsabilisation des acteurs** à tous les échelons ;
- ▶ **la prise en compte technique du risque radiologique** dès la conception, pour les périodes d'exploitation et de démantèlement des installations ;
- ▶ **la mise en œuvre de moyens techniques performants** pour la surveillance en continu des installations, des salariés et de l'environnement ;
- ▶ **le professionnalisme de l'ensemble des acteurs** ainsi que le maintien de leurs compétences.

Les acteurs concernés sont :

- ▶ **l'opérateur qui est l'acteur essentiel de sa propre sécurité** et qui, à cet effet, reçoit une formation à l'ensemble des risques inhérents à son poste de travail, notamment les risques radiologiques, et à leur prévention ;
- ▶ **le Chef d'installation ou le Responsable de Contrat d'Installation qui est responsable de l'ensemble des actions nécessaires à la maîtrise des risques** inhérents à son installation. Il lui appartient notamment de mettre en œuvre, avec le support du SPR, les dispositions collectives de prévention en matière de radioprotection sur la base de règles générales établies pour l'ensemble du CEA ;
- ▶ **le SPR**, constituant le pôle de compétence en radioprotection, qui répond aux missions du Conseiller en Radioprotection (*CRP*) définies par le code du travail et le code de la santé publique. Il apporte son support aux installations dans le domaine de la prévention du risque d'exposition aux rayonnements ionisants et veille à la cohérence des dispositions prises sur le site.
- ▶ **le SPST** qui assure le suivi médical renforcé des salariés travaillant en milieu radioactif, en s'appuyant sur le Laboratoire d'Analyses Biologiques et Médicales, spécialisé dans la surveillance radiologique des salariés.

De plus, sur les chantiers comportant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants, les entreprises extérieures mettent en place une organisation adaptée à l'ampleur et la nature des risques radiologiques afin d'assurer le suivi radiologique opérationnel de leur personnel et des lieux d'intervention. Cette organisation s'appuie notamment sur le CRP de l'entreprise et sur les travailleurs réalisant des gestes de radioprotection sous la supervision du CRP.

Les principales missions du SPR du CEA Marcoule sont :

- ▶ **la surveillance de la bonne application de la législation en vigueur** et de la politique de la Direction Générale en matière de sécurité radiologique ;
- ▶ **la prévention** : conseils et assistance aux chefs d'installation et évaluation des risques radiologiques ;
- ▶ **la surveillance radiologique des zones de travail et de l'environnement** : vérifications des niveaux d'exposition dans les locaux, surveillance du personnel, contrôle des rejets et de l'environnement ;
- ▶ **l'intervention en cas d'incident ou d'accident radiologiques** ;
- ▶ **la formation et l'information aux risques radiologiques** des personnels travaillant dans les installations.

Conformément à la réglementation, les salariés intervenant dans des zones où ils sont susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants font l'objet d'une surveillance dosimétrique individuelle appropriée destinée à évaluer les doses qu'ils reçoivent dans le cadre de leur activité professionnelle :

- ▶ **la surveillance dosimétrique individuelle** de l'exposition externe est assurée par un ou plusieurs dosimètres à lecture différée adaptés à la nature des rayonnements et aux parties exposées du salarié (*corps entier, peau, extrémités, cristallin*) qui permettent d'évaluer a posteriori la dose cumulée par le travailleur.
- ▶ **dans certaines zones, la dosimétrie individuelle à lecture différée** est complétée par un dispositif de mesure en temps réel permettant de mesurer l'exposition externe du travailleur au cours de l'opération et délivrant une alarme sonore et visuelle si la dose reçue ou si le niveau d'exposition dépasse les seuils prédéfinis (*dosimètre opérationnel*). Ce dosimètre opérationnel délivre l'autorisation d'accès à la zone délimitée uniquement si les éléments suivants sont valides :
 - la formation radioprotection a été effectuée ;
 - le masque filtrant a été contrôlé ;
 - l'aptitude médicale a été délivrée.

La surveillance dosimétrique individuelle liée à l'exposition interne est réalisée au moyen de mesures d'anthroporadiométrie ou d'analyses de radio-toxicologie prescrites par le médecin du travail et confiées au Service de Prévention et de Santé au Travail.

3.2. Faits marquants de l'année 2024

Depuis le 1^{er} janvier 2022, conformément à la réglementation, le CEA a mis en place un Pôle de compétence en radioprotection permettant de répondre aux missions du Conseiller en Radioprotection (CRP).

Ce pôle de compétence est constitué de salariés CEA affectés au Service de Protection contre les Rayonnements (SPR).

Sept événements radiologiques ont été constatés sur l'installation ATALANTE. Ces événements sont rappelés ci-après :

- ▶ **lors de la sortie d'un échantillon d'une boîte à gants de la chaîne blindée C17**, celui-ci est tombé au sol après rupture de la soudure de la protection contenant cet échantillon. L'opérateur présent l'a alors immédiatement remplacé dans une autre protection. Le SPR a été appelé pour effectuer les contrôles radiologiques sur la zone de travail. Le contrôle au frottis sur le sol a mis en évidence une contamination labile de 30 Bq/cm² en alpha sur une surface d'environ un demi mètre carré. Tous les autres contrôles effectués par le SPR (*hors zone de travail, opérateurs*) sont non significatifs.
Après intervention de l'équipe d'assainissement, les valeurs relevées sont inférieures aux limites de détection de l'appareil de contrôle ($<0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en alpha).
Les opérateurs portaient l'APR (*Appareil de Protection des voies Respiratoires*) pendant la sortie de l'échantillon. La chaîne de santé du local n'a pas détecté d'évolution de la contamination atmosphérique. Le filtre de l'appareil de prélèvement atmosphérique diffusé a été également prélevé, aucune contamination n'a été mesurée.
- ▶ **au préalable de la vérification trimestrielle de son APR**, un intervenant le fait contrôler par le technicien en radioprotection de son entreprise. Une contamination de 0,075 Bq/cm² alpha est mesurée sur la partie extérieure du masque. Le SPR est prévenu et procède également à un contrôle du masque qui confirme ces valeurs.
L'intervenant est accompagné au SPST par la FLS pour risque potentiel d'exposition interne.
L'intervenant est décontamineur et utilise son masque quasiment tous les jours.
- ▶ **à la suite de la sortie d'une manche vinyle contenant un bidon d'effluents liquides d'une armoire du laboratoire L6**, l'opérateur constate que le liquide s'est répandu dans la manche vinyle. Après contrôle positif de ses mains, le SPR est appelé pour des contrôles complémentaires. Après lavage des mains de l'opérateur, il reste 35 Bq sur la main gauche, et 10 Bq sur la main droite. Les contrôles effectués sur les autres personnes présentes dans le laboratoire L6 au moment de la sortie de la manche sont tous inférieurs à la limite de détection de l'appareil ($0,04 \text{ Bq/cm}^2$ en alpha). La manche a été mise en sécurité dans un lèche-frite dans l'armoire pour son traitement, le port du masque a temporairement été mis en place au laboratoire L6.
Le laboratoire a également été contrôlé et de la contamination a été détectée au niveau du contrôleur mains (*de 0,04 à 0,1 Bq/cm² en alpha*), à l'intérieur de l'armoire contenant la manche (30 Bq/cm^2 en alpha sur l'étagère où se trouvait la manche) et sur la manche (15 Bq/cm^2).
La chaîne de santé n'a pas détecté d'évolution de la contamination atmosphérique.
Les personnes présentes, n'ayant pas leur APR au moment de l'intervention de l'opérateur, ont été accompagnées au SPST par la FLS, pour suspicion d'exposition interne. L'opérateur quant à lui a été accompagné au SPST par la FLS, pour risque d'exposition interne, ainsi que pour contamination corporelle, après mesure, au niveau des mains.
- ▶ **à la suite de la découverte d'une source sur une paille de laboratoire L18**, l'exploitant prévient le SPR. Le SPR confirme qu'il s'agit d'une source d'Uranium naturel anciennement utilisée pour le contrôle des appareils de radioprotection. Aucune référence d'enregistrement n'est apparente. L'activité estimée, après mesure, est de 600 Bq.
Après contrôle de son intégrité, la source a été conditionnée et transférée dans un coffre à sources avec enregistrement sur le cahier de gestion des sources.
Les contrôles radiologiques réalisés dans le laboratoire L18 ne révèlent aucune contamination.
- ▶ **un salarié d'une entreprise extérieure en charge du réapprovisionnement d'une salle de repos** est entré en zone délimitée en tenue civile dans l'installation. Il était équipé de ses dosimètres (*opérationnel et à lecture différée*). En sortie de zone, il s'est contrôlé au niveau du contrôleur mains pieds.

- ▶ **lors de la découpe en étanche d'un conteneur au niveau du laboratoire DELOS (L21)**, la lame de la scie sabre, encore très chaude, a été retirée et déposée au fond du sas manche, ce qui a conduit à accidentellement perforer la manche. Les intervenants ont rapidement sécurisé la situation en colmatant l'ouverture causée par la lame. Le capteur de contamination atmosphérique alpha de la zone d'intervention (*boquette*) a déclenché une alarme de seuil 2 (*pic de 23 Bq/m³*). Le personnel, équipé de la tenue active et de l'APR est sorti de la zone d'intervention après déclenchement de cette alarme. Le SPR a réalisé des contrôles approfondis ne mettant pas en évidence de contamination du personnel. Des investigations complémentaires dans le laboratoire ont mis en évidence une contamination alpha de 0,8 Bq/cm² dans le sas intermédiaire et une contamination au sol comprise entre 0,4 et 1,2 Bq/cm². La chaîne de santé du laboratoire (*autour de la boquette*) n'a pas détecté d'évolution de la contamination atmosphérique. Le filtre PPA du laboratoire a été prélevé et n'a pas décelé d'évolution de contamination atmosphérique.
- ▶ **lors d'une intervention sur une boîte à gants du laboratoire L27**, un opérateur a fait une erreur de manipulation des portes du sas d'ouverture et a ouvert la porte directement sur l'extérieur créant ainsi une mise à l'air de la boîte à gants. Il a immédiatement refermé cette porte, a mis son masque et a appelé le SPR. Les mesures effectuées mettent en évidence la présence de contamination jusqu'à 6,8 Bq/cm² en alpha autour de la bride d'accostage. Le laboratoire a été balisé en port du masque et en accès interdit jusqu'à assainissement de la zone contaminée. L'opérateur a été contrôlé par le SPR, les mesures effectuées sont toutes non significatives. Les appareils de la chaîne de santé n'ont pas révélé d'évolution de la contamination atmosphérique.

Trois événements radiologiques ont été constatés sur l'installation PHÉNIX :

- ▶ **lors de la réalisation d'un essai périodique** (*test en krypton de la chaîne de santé*), un technicien SPR a reçu une bouffée de gaz sous pression au niveau du cou au moment de la connexion de la bouteille contenant du krypton. Après contrôle par un autre SPR (*résultat négatif*), le technicien SPR a été accompagné par la FLS au SPST afin de vérifier l'absence de contamination interne.
- ▶ **lors de la réalisation d'une vérification périodique**, un technicien SPR a détecté de la contamination surfacique labile de l'ordre de 100 Bq/cm² en césium 137 au sol d'un local sur une surface d'environ 1 m². Un balisage interdisant l'accès au local a été mis en place jusqu'à la réalisation de l'assainissement de la zone contaminée.
- ▶ **un intervenant est entré en zone contrôlée sans son dosimètre opérationnel**. Cet intervenant avait bien activé son dosimètre à la borne d'entrée de zone mais l'avait oublié dans la borne. Un autre intervenant découvrant le dosimètre a fait réaliser un appel général dans l'installation pour informer et faire sortir de zone l'intervenant ayant oublié son dosimètre.

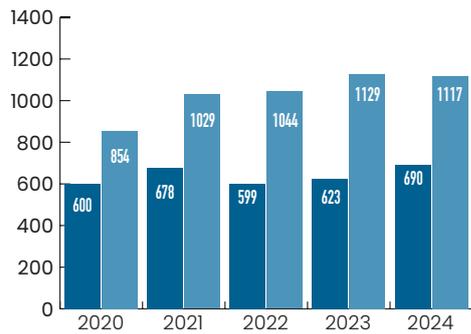
3.3. Résultats

Les graphiques suivants présentent l'évolution depuis 2020 de l'effectif surveillé des deux INB du Centre de Marcoule (*CEA et entreprises extérieures*) et, pour l'ensemble de ce personnel, la dose individuelle moyenne mesurée par dosimétrie opérationnelle pour les agents ayant intégré une dose non nulle.

L'unité d'équivalent de dose est le sievert (Sv) dont en pratique les sous-multiples millisievert (mSv) et microsievert (μSv) sont utilisés car correspondant mieux à l'ordre de grandeur des valeurs usuellement observées.

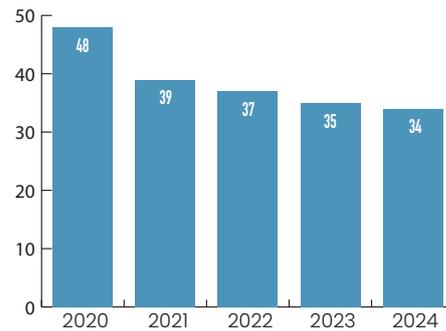
La valeur limite d'exposition d'un travailleur aux rayonnements ionisants est fixée par la réglementation à 20 mSv (20000 μSv) sur douze mois consécutifs pour l'organisme entier, évaluée à partir de la dose efficace.

Nombre de salariés surveillés



Salariés CEA Salariés entreprises extérieures

Dose individuelle moyenne (μSv)



La dose efficace maximale individuelle enregistrée en 2024 est de 0,88 mSv pour un salarié CEA (ATALANTE) et de 1,90 mSv pour un salarié d'entreprise extérieure (ATALANTE). Ces valeurs, très inférieures aux limites fixées par la réglementation, sont, par rapport à 2023, en diminution pour le CEA et en augmentation pour les entreprises extérieures (respectivement 1,266 et 1,654 mSv en 2023).

La dose efficace collective globale (ATALANTE + PHENIX) de 2024 (61 H.mSv) est similaire par rapport à celle de 2023 (61 H.mSv). La tendance est cependant différente sur les deux sites : ATALANTE (augmentation de 20 % par rapport à 2023), PHENIX (diminution de 42 % par rapport à 2023).

Pour ATALANTE, la dose efficace collective totale est de 51 H.mSv (42 H.mSv en 2023). L'essentiel des doses reçues (80 %) correspond aux travaux réalisés dans le cadre des DIMR Génériques (activités courantes d'exploitation). Les autres doses ont été intégrées lors de travaux sous DIMR Spécifiques (gestion de déchets et opérations d'assainissement).

Pour PHÉNIX, la dose efficace collective totale est de 10 H.mSv (19 H.mSv en 2023). Les doses reçues correspondent majoritairement (53%) à des travaux réalisés sous DIMR Spécifiques (désamiantage et démantèlement), les autres doses étant liées à des travaux sous DIMR Génériques (activités courantes d'exploitation).

La surveillance de la contamination surfacique (sols, murs...), faite au titre des vérifications périodiques de lieux, a été maintenue à un niveau élevé : 2243 vérifications périodiques de lieux ont été réalisées sur PHÉNIX et 1430 sur ATALANTE. 160 vérifications ont été considérées comme « positives », la majorité concernant ATALANTE. Une vérification a fait l'objet d'un constat d'évènement radiologique (PHENIX). La dosimétrie de zone n'a mis en évidence aucune valeur notable non reliée à une opération dans les deux installations.



IV

ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE RADIOPROTECTION

4.1. Généralités

La France a mis en place un système de déclaration des événements significatifs (ES) pour la sûreté dans les installations depuis 1983, et pour les incidents de transport depuis 1999. En 2002, des critères de déclaration ont été introduits dans le domaine de la radioprotection et, en 2003, dans le domaine de l'environnement.

L'INES (*International Nuclear Event Scale*) est l'échelle internationale qui classe les événements survenus sur les installations nucléaires, en fonction de leur gravité.

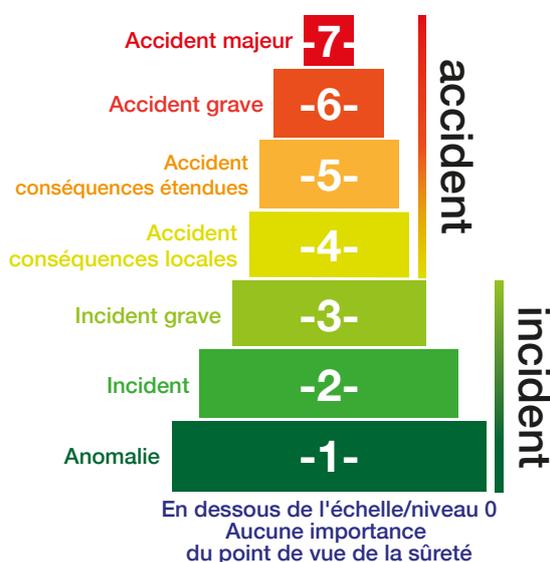
Elle comporte 8 niveaux (de 0 à 7), le plus haut niveau correspondant à la gravité de l'accident de Tchernobyl.

Utilisée depuis 1991 par une soixantaine de pays, cette échelle est destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance des incidents et des accidents nucléaires.

Elle ne constitue pas un outil d'évaluation et ne peut, en aucun cas, servir de base à des comparaisons internationales : en particulier, il n'y a pas de relation univoque entre le nombre d'incidents sans gravité déclarés et la probabilité que survienne un accident grave sur une installation.

Les autorités de sûreté sont seules responsables de la décision finale de classement.

Chaque ES fait l'objet d'une analyse qui vise à établir les faits, à en comprendre les causes, à examiner les conséquences potentielles d'un même événement dans un contexte défavorable, pour finalement décider des meilleures solutions à apporter aux problèmes rencontrés. L'analyse des ES est un outil essentiel d'amélioration de la sûreté. Elle est formalisée par un Compte Rendu d'Événement Significatif (CRES) transmis à l'autorité de sûreté. Ces CRES font l'objet de partages et d'échanges entre les Centres du CEA.



Au sein de la Direction de la Sécurité et de la Sûreté Nucléaire (DSSN), les ES déclarés à l'ASN par le CEA font l'objet d'un suivi en continu. Leur analyse permet d'en tirer des enseignements partagés avec tous les centres, notamment lors des réunions transverses de réseaux.

En 2024, pour l'ensemble de ses centres, le CEA a déclaré 96 ES à l'ASN, dont 88 concernant des INB, nombre en hausse par rapport à l'année 2023 (88 ES déclarés à l'ASN en 2023, dont 80 concernant des INB).

Parmi ces 96 événements de 2024, aucun événement n'a été classé au niveau 2 ou supérieur de l'échelle INES. 5 événements ont été classés au niveau 1 de cette échelle, ce qui reste du même ordre de grandeur qu'en 2023 et 2022 (6 événements de niveau 1 déclarés à l'ASN en 2023 et 2022), mais représente une baisse par rapport à 2021 (10 événements de niveau 1 déclarés à l'ASN cette année-là). Pour mémoire, l'année 2020 était atypique du fait de la crise sanitaire et ne peut être retenue à titre comparatif. Tous les autres événements déclarés sont de niveau 0 ou hors échelle, c'est-à-dire sans importance du point de vue de la sûreté.

Aucun des événements déclarés n'a eu de conséquence significative pour la sûreté, le personnel, le public ou l'environnement.

Ces événements ont été principalement déclarés au titre des critères relatifs à la sûreté des INB définis par l'ASN, et plus particulièrement ceux relatifs à la perturbation des systèmes de confinement des substances radioactives, à des problèmes de gestion des contrôles et essais périodiques, à des défauts liés à l'instrumentation ou au contrôle-commande des installations.

En 2024, environ 16 % des ES déclarés par le CEA relèvent de causes uniquement techniques, les autres comportant au moins une cause liée aux facteurs organisationnels et humains (FOH).

Les causes techniques sont de natures assez diverses, par exemple : perte d'intégrité d'un circuit à l'origine d'une fuite de fluide frigorigène à l'atmosphère, panne d'onduleurs entraînant l'indisponibilité de la ventilation et de la surveillance des rejets, efficacité insuffisante de filtres THE.

Les causes liées aux FOH regroupent les composantes humaine (FH) et organisationnelle (FO).

Concernant la partie purement FH, la cause majoritairement identifiée est un choix ou un mode inadéquat de résolution de problème (42% des défaillances humaines). Les défaillances humaines sont principalement rencontrées lors de la mise en œuvre des activités (43% des ES), ces activités relevant majoritairement de l'exploitation courante et de la réalisation de CEP ou maintenances préventives. Les causes organisationnelles sont principalement liées à la définition des dispositions d'organisation prévues pour la réalisation des activités (27% des ES), à la conception de la documentation opérationnelle (18% des ES) et aux modalités de contrôles des activités (15% des ES).

Les axes de progrès de nature FOH identifiés dans les comptes rendus d'événement significatif ont porté sur des dispositions techniques telle que la mise à jour de documents opérationnels, sur des dispositions organisationnelles pour améliorer la préparation et la réalisation des activités (dont les activités sous-traitées) et sur des dispositions de formation et de sensibilisation des opérateurs.

Facteurs organisationnels et humains

La démarche de prise en compte des FOH, développée au CEA depuis de nombreuses années, est régulièrement mise en œuvre.

Près de 120 interventions FOH ont été dénombrées en 2024. Elles ont notamment concerné la conception d'installations (à différentes phases du projet), la modification d'installations ou de procédés, des actions suite à des ES (étude FOH complémentaire dans le cadre de la rédaction de compte-rendu d'événement significatif), des opérations d'assainissement-démantèlement, des réexamens de sûreté d'installations nucléaires et un accompagnement dans la mise en place d'une démarche de capitalisation des connaissances.

Par ailleurs, les formations FOH, dédiées notamment à la prise en compte des FOH dans les activités à risques, se sont poursuivies en 2024.

4.2. Événements significatifs déclarés à l'ASN en 2024

En 2024, le CEA Marcoule a déclaré 20 événements significatifs à l'ASN dont 9 associés à deux événements génériques. Ce nombre est en baisse par rapport à celui de 2023 (26 événements déclarés dont 14 à caractère générique). Deux événements significatifs de niveau 1 sur l'échelle INES ont été déclarés en 2024.

Le détail des 13 événements est rappelé dans le tableau ci-dessous :

| Date de déclaration | Installation | Libellé de l'événement | Classement échelle INES |
|---------------------|--------------|---|-------------------------|
| 12/01/2024 | PHENIX | GENÉRIQUE : Dépassement du débit maximal instantané mesuré aux points de rejet R4 et R5 prescrit par la décisions n°2019-DC-0671 de l'ASN | Hors échelle |
| 07/02/2024 | ATALANTE | Non respects de consignes de criticité lors de transferts de matières fissiles (MF) entre deux unités de travail (UT) | 1 |
| 03/05/2024 | PHENIX | Indisponibilité de la commande des vannes de vidange du circuit de purification du sodium primaire depuis la salle de conduite de l'INB PHENIX. | 0 |
| 06/05/2024 | ATALANTE | Rejet à l'atmosphère de 173 kg de FM200 (gaz à effet de serre). | Hors échelle |
| 23/05/2024 | PHENIX | Accès en zone délimitée d'un salarié de catégorie B sans dosimètre opérationnel | 0 |
| 27/05/2024 | ATALANTE | Remontée tardive d'une non-conformité détectée lors d'un CEP d'étanchéité de B&G | 0 |
| 31/05/2024 | PHENIX | GENÉRIQUE : Dépassement des limites chimiques en DCO des eaux pluviales, prescrites par la décision n°2019-DC-0671 de l'ASN | Hors échelle |
| 31/05/2024 | PHENIX | Perte de la traçabilité de la GEP 2267 S concernant les éléments chauffants des thermoplongeurs | 0 |
| 19/06/2024 | PHENIX | Rupture de la gaine d'une aiguille de combustible lors de son conditionnement en Cellule des Éléments Irradiés (CEI) | 0 |
| 09/08/2024 | PHENIX | Inversion de la cascade de dépression entre la Cellule Annexe (CA) du bâtiment des manutentions et sa zone avant (ZA) | 0 |
| 05/09/2024 | PHENIX | Non requalification de pompes de transferts d'effluents après maintenance | 0 |
| 05/11/2024 | PHENIX | Fuite de sodium au niveau du filtre PSFL07 dans le local 1008 du radier | 1 |
| 22/11/2024 | PHENIX | Inversion de la cascade de dépression ente le sas de la sous-cellule du bâtiment de manutentions et sa zone avant | 0 |

En 2024, 9 événements significatifs génériques relatifs au non-respect de prescriptions de la décision Rejets PHENIX n°2019-DC-0671 de l'ASN du 25 juin 2019 ont été déclarés le 8 février (dépassement R4 R5), le 5 mars (dépassement R4 R5), le 29 mai (dépassement limites chimiques), le 20 juin (dépassement limites chimiques), le 6 août (dépassement R4 R5), le 10 septembre (dépassement R4 R5), et le 2 octobre (dépassement limites chimiques). Ils ne sont pas présentés dans le tableau supra ; seuls sont indiqués les deux premiers ES survenus sur PHENIX les 12/01 et 15/04/2024 (respectivement dépassement de débit aux points de rejet R4 et R5 et dépassement des limites chimiques des eaux pluviales).

Ces événements ont été déclarés avec un classement Hors échelle et leur cause est d'ordre technique.

43 % des 20 événements déclarés sont relatifs à la décision Rejets PHENIX de l'ASN, ce qui est en baisse par rapport à 2023. Une demande de modification notable de cette décision Rejets est en cours de traitement par l'ASN.

Aucun de ces 20 événements déclarés n'a eu de conséquence significative pour la sûreté, le personnel, le public ou l'environnement. Ces événements ont été principalement déclarés au titre des critères relatifs à la sûreté et à l'environnement des INB définis par l'ASN.

Ils concernent notamment des événements portant ou pouvant porter atteinte à l'intégrité du confinement des matières dangereuses, des dysfonctionnements ponctuels de sens de dépression entre deux locaux, ou relatifs à la décision Rejets PHENIX de l'ASN.



4.3. Exploitation du retour d'expérience

Le Retour d'Expérience (REX) permet un partage des informations (*plans d'actions, bonnes pratiques...*) sur les incidents survenus sur le Centre ou ailleurs, entre les responsables de la sûreté et notamment les chefs d'installation du Centre.

Un responsable REX est désigné sur le Centre pour animer cette activité et assurer le suivi des plans d'actions qui en découlent. Il organise à cet effet une réunion annuelle d'échanges sur le REX des incidents au niveau du Centre et participe aux réunions organisées au niveau national par la DSSN.

La réunion au niveau du Centre est présidée par le Directeur délégué à la sûreté et à la sécurité du CEA Marcoule ; sont conviés, selon l'ordre du jour, un ou plusieurs représentant(s) de la DSSN, les chefs d'installations, les représentants des unités spécialisées en sûreté-sécurité SPR CEA et ORANO, les représentants des équipes projets de la DDSO et les représentants de la CSNSQ.

Au titre du retour d'expérience, les principales actions réalisées en 2024 ont concerné les événements suivants :

► **dépassement d'un jour de la date de réalisation du CEP hebdomadaire relatif au suivi des paramètres de ventilation et de l'hygrométrie d'une installation**

Un ES relatif à la non réalisation à la date prévue d'un CEP hebdomadaire « Contrôles et suivis ventilation et hygrométrie » dans une installation du Centre a fait l'objet d'une déclaration le 25 juillet 2023. Le décalage de date était dû à la résolution de perturbations dans le régime de ventilation suite à des modifications structurelles des système de ventilation et aux requalifications aérauliques nécessaires.

Afin d'améliorer les interfaces entre les projets et l'exploitation, des actions d'améliorations ont été définies. Leur mise en application a été demandée à l'ensemble des installations du Centre :

- mise en place si tel n'était pas le cas de réunions périodiques spécifiques « planning » pour identifier l'impact des travaux liés aux chantiers et leurs aléas sur la réalisation des Contrôles et Essais Périodiques de l'installation ;
- réalisation d'une analyse de l'impact des chantiers sur la réalisation des Contrôles et Essais périodiques de l'installation.

L'INB PHENIX a mis en œuvre les deux axes d'amélioration précités au travers de réunions spécifiques amont liées à l'examen des impacts des chantiers prévus sur l'installation sur le planning de réalisation des CEP, et conditionne l'autorisation de mener les modifications à la réalisation de cette analyse d'impact.

L'INB ATALANTE, afin d'améliorer la prise en compte des CEP dans la planification des activités de R&D, d'exploitation et travaux, a complété son planning général d'activité avec la date de réalisation des CEP. Ce planning sert de support à la réunion hebdomadaire de coordination des activités de l'installation à laquelle participent les différentes parties prenantes en exploitation, maintenance, sécurité et radioprotection.

► **fuite de fluide frigorigène R134a dans l'environnement au niveau d'un groupe froid**

Un ES relatif à une fuite de fluide frigorigène identifiée lors d'une intervention de maintenance visant à réaliser un contrôle d'étanchéité des groupes froids d'une installation a fait l'objet d'une déclaration le 5 décembre 2023. La quantité de fluide qui a été rejetée des circuits 1 et 2 dans l'environnement est de 264 Kg.

Des investigations, menées sur les tuyauteries, ont conclu à une corrosion de certaines portions de celles-ci.

Des actions d'amélioration ont été définies et une solution de contrôle robuste a été demandée aux installations. Elles reposent sur :

- prise en compte dans la documentation opérationnelle d'un contrôle d'inspection visuelle des tuyauteries des circuits du groupe frigorifique. Ce contrôle peut mener à déposer le calorifuge des tuyauteries afin de vérifier l'état de la tuyauterie. Si une corrosion est observée, des actions correctives et/ou préventives en liaison avec le fournisseur du groupe froid seront définies ;
- en cas de fuite avérée d'une tuyauterie, elle devra être remplacée en prenant en compte les préconisations du constructeur et son retour d'expérience et en privilégiant l'utilisation d'une nouvelle tuyauterie recouverte d'une couche d'antirouille et d'une couche dite « grasse » empêchant le contact avec l'air et entourées d'un calorifuge de type Armaflex.

L'INB PHENIX a réalisé, à partir de l'état des lieux des équipements concernés, une campagne de vérifications et va compléter la documentation opérationnelle associée à l'horizon de mars 2025 (*mode opératoire, gamme de maintenance*). Des contrôles périodiques de la documentation seront réalisés.

L'INB ATALANTE va, par l'intermédiaire du service support Centre, intégrer les vérifications demandées dans le plan de maintenance pluriannuel du futur contrat de maintenance Centre, à l'horizon de 4 ans.

RÉSULTATS DES MESURES DES REJETS DES INSTALLATIONS ET IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

5.1. Rejets gazeux

La surveillance des effluents radioactifs gazeux est assurée au niveau des émissaires de rejets des installations (*cheminées*), en aval des systèmes d'épuration et de filtration. Les aérosols α et β et les gaz radioactifs font l'objet d'un contrôle continu. De plus, les rejets des aérosols, des halogènes et du tritium sont évalués à partir de mesures différées en laboratoire sur les prélèvements continus sur des dispositifs d'épuration ou de filtration (*cartouches de charbon actif pour les halogènes, filtres papier pour les aérosols et barboteurs pour le piégeage du tritium*).

Cinq catégories de radionucléides sont réglementairement surveillées dans les rejets gazeux :

- ▶ les aérosols émetteurs β - γ ;
- ▶ les aérosols émetteurs α ;
- ▶ le tritium ;
- ▶ les halogènes (iode) ;
- ▶ les gaz autres que le tritium.

Le tableau suivant présente les activités cumulées mesurées en 2024 pour les deux INB du centre CEA de Marcoule. L'unité de mesure est le Becquerel et plus couramment ses multiples : méga becquerel ($MBq = 1 \text{ million de Bq}$), giga becquerel ($GBq = 1 \text{ milliard de Bq}$) ou téra becquerel ($TBq = \text{mille milliards de Bq}$).

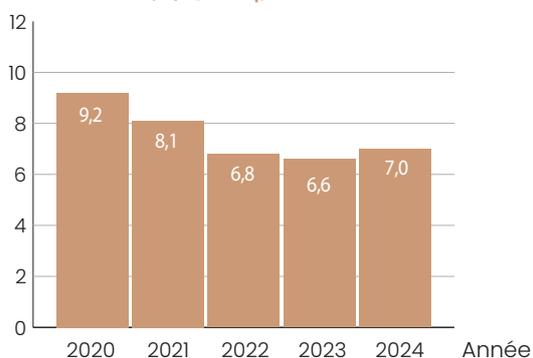
| | Activités des rejets ATALANTE | Limites annuelles autorisées pour ATALANTE | Activités des rejets PHÉNIX | Limites annuelles autorisées pour PHÉNIX | Total des activités des rejets des INB CEA - Marcoule |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--|---|
| Aérosols β - γ (MBq) | 7,0 | 320 | 0,0049 | 5 | 7,0 |
| Aérosols α (MBq) | 0,15 | 7 | 0,0003 | 0,2 | 0,15 |
| Tritium (GBq) | 5,6 | 2 100 | 8,9 | 400 | 14,5 |
| Iode (MBq) | 2,4 | 40 | 0,5 | 30 | 2,9 |
| Gaz hors Tritium (TBq) | 4,2 | 90 | 3,0 | 11 | 7,2 |
| ^{14}C (GBq) | 0,43 | 150 | Sans objet | | 0,43 |

Suite à la décision n°2019-DC-0671 de l'ASN fixant les limites de rejet dans l'environnement des effluents de PHENIX, les limites annuelles autorisées ont évolué et ont été prises en compte à compter du 01/01/2020.

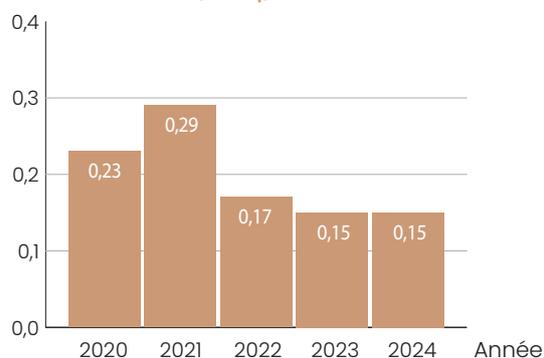
Les activités rejetées sont très en deçà des limites fixées par les autorisations (26,9% pour le pourcentage le plus élevé)

Les graphiques suivants présentent l'évolution, par catégorie, des rejets des deux INB au cours de ces cinq dernières années.

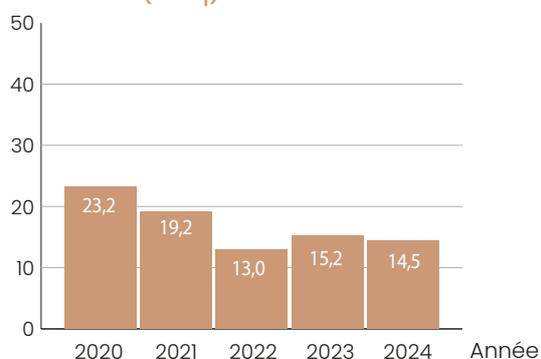
Aérosols $\beta\gamma$ (MBq)



Aérosols α (MBq)



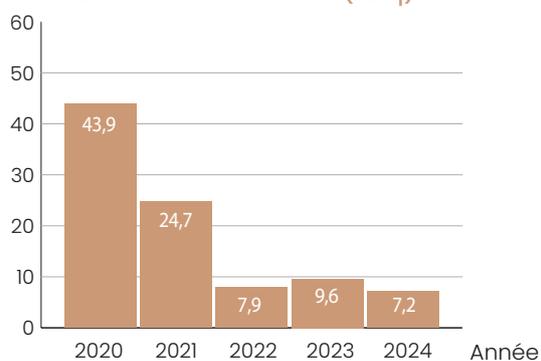
Tritium (GBq)



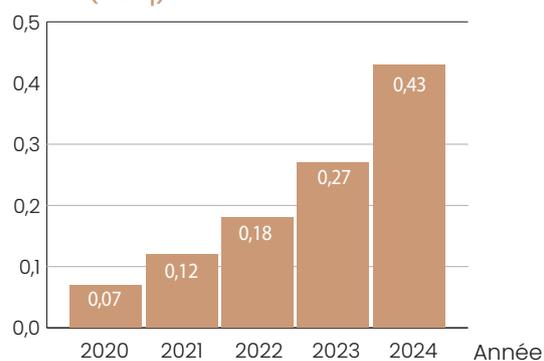
Iode (MBq)



Gaz rares hors Tritium (TBq)



^{14}C (GBq)



Pour l'année 2024, les rejets gazeux sont du même ordre de grandeur que l'année précédente (*aucune opération notable en termes de rejets atmosphériques n'ayant eu lieu cette année*). Pour les gaz rares, une baisse est constatée à partir de 2022 suite à la révision de la méthodologie de comptabilisation (*retrait du mouvement propre des chambres différentielles à compter du 1er septembre 2021 ; les activités rejetées en gaz rares correspondent à des activités nettes*).

5.2. Rejets liquides

Les effluents liquides non radioactifs de l'INB Atalante sont rejetés par l'INBS dans l'environnement (*contre-canal*) via un réseau d'égouts banals. Ces effluents font l'objet de contrôles pour vérifier que leurs caractéristiques sont compatibles avec les autorisations de rejets en vigueur.

Une partie des eaux pluviales ainsi que les effluents industriels de PHENIX sont rejetés dans le Rhône. L'autre partie des eaux pluviales est rejetée par l'INBS dans le contre-canal.

Les effluents liquides radioactifs, ou susceptibles de l'être, des deux INB sont transférés à la station de traitement des Effluents Liquides (STEL) de l'INBS de Marcoule, soit via une canalisation dédiée, soit à l'aide de citernes, pour y être épurés avant rejet dans le Rhône. En 2024, une partie des effluents FA de PHENIX a été transférée à AGATE (*Centre de CADARACHE*).

La STEL traitant de façon concomitante l'ensemble des effluents radioactifs du site de Marcoule (INB et INBS du CEA, MELOX et CIS Bio), il n'est pas possible d'individualiser précisément dans l'activité des rejets celle des effluents liquides provenant des INB ATALANTE et PHÉNIX.

Cinq catégories de radionucléides sont réglementairement surveillées dans les rejets liquides :

- ▶ les émetteurs α ;
- ▶ les iodes radioactifs ;
- ▶ le carbone 14 ;
- ▶ le tritium ;
- ▶ les autres émetteurs β - γ .



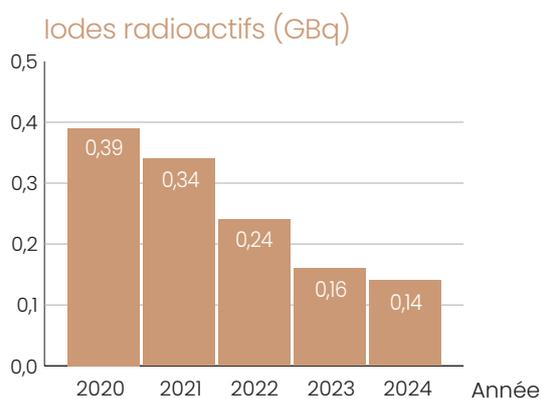
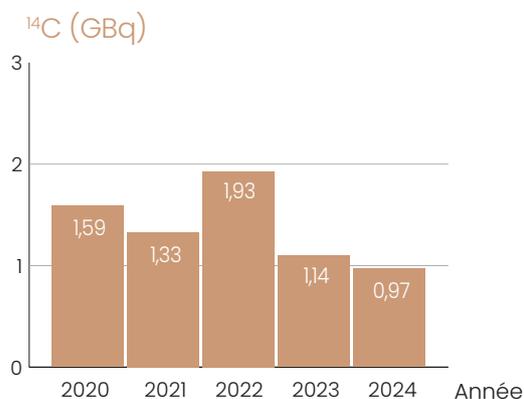
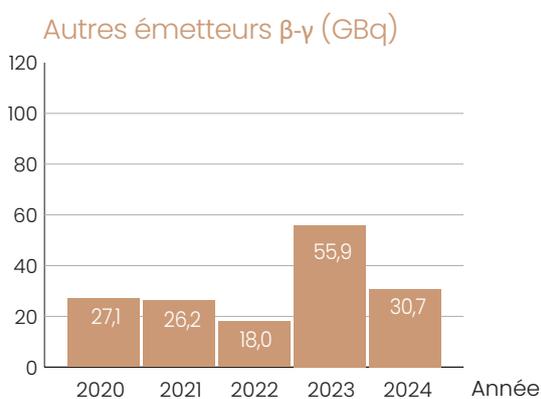
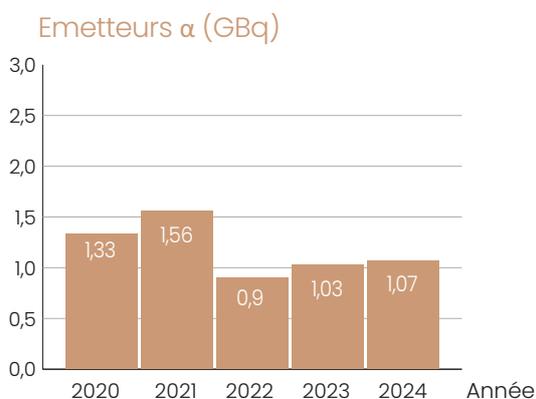
Les activités des rejets présentées pour 2024 dans le tableau suivant sont donc celles de la totalité des effluents du site de Marcoule, à l'exception des effluents produits par CENTRACO. L'unité de mesure

est le Becquerel et plus couramment ses multiples : méga becquerel ($MBq = 1$ million de Bq), giga becquerel ($GBq = 1$ milliard de becquerel) ou téra becquerel ($TBq =$ mille milliards de Bq).

| | Émetteurs α (GBq) | ^{14}C (GBq) | Iodes radioactifs (GBq) | Tritium (TBq) | Autres émetteurs β - γ (GBq) |
|---------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|---------------|---|
| Activité rejetée | 1,07 | 0,97 | 0,14 | 0,16 | 30,7 |
| Limite annuelle autorisée | 9 | 80 | 25 | 800 | 3000 |

Les activités rejetées sont très en deçà des limites fixées par les autorisations (11,9 % pour les émetteurs α représentant le rejet le plus élevé).

Les graphiques suivants présentent l'évolution des émetteurs α , du tritium, du ^{14}C , des iodes radioactifs et des autres émetteurs β - γ des rejets liquides radioactifs au cours de ces cinq dernières années.



En 2024, ATALANTE a transféré 299 m³ d'effluents radioactifs FA et 2 m³ d'effluents radioactifs HA vers la STEL. PHÉNIX a transféré 21 m³ d'effluents MA vers la STEL.

Le volume total transféré par ces deux installations représente de l'ordre de 4 % du volume total des effluents réceptionnés à la STEL de Marcoule en 2024.

Les quantités de substances chimiques rejetées dans le Rhône et le contre-canal par l'INBS, incluant les effluents en provenance d'ATALANTE et de PHENIX, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

| | Paramètres chimiques | Quantité annuelle rejetée (kg) | Limite annuelle (kg) | % de la limite |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------|
| Paramètres physico chimiques | MES | 119 000 | 1 030 000 | 12 |
| | DBO ₅ | 18 800 | 32 000 | 59 |
| | DCO | 15 000 | 274 000 | 5 |
| | Ntk | 1 010 | 18 200 | 6 |
| | P total | 256 | 3 100 | 8 |
| | Hydrocarbures totaux | 14,4 | 330 | 4 |
| Anions | NO ₂ ⁻ | 157 | 7 780 | 2 |
| | NO ₃ ⁻ | 34 800 | 385 000 | 9 |
| | CN ⁻ | 0,294 | 15 | 2 |
| | Cl ⁻ | 127 000 | 508 000 | 25 |
| | F ⁻ | 2,17 | 255 | 1 |
| Cations | Na | 86 000 | 350 000 | 25 |
| | Al | 820 | 6 900 | 12 |
| | B | 14,7 | 1 930 | 1 |
| | Cd | 2,53 | 38 | 7 |
| | Pb | 1,07 | 40 | 3 |
| | Cr | 7,63 | 125 | 6 |
| | Cu | 43,7 | 135 | 32 |
| | Fe | 94,2 | 4 660 | 2 |
| | Mg | 17 000 | 47 600 | 36 |
| | Mn | 0,773 | 15 | 5 |
| | Hg | 1,27 | 3 | 42 |
| | Mo | 0,639 | 280 | 0 |
| | Zn | 41,6 | 500 | 8 |
| Ni | 1,05 | 25 | 4 | |

Comme l'année précédente, les quantités de substances chimiques rejetées dans le Rhône et le contre-canal sont très en deçà des limites autorisées.



PRÉLÈVEMENT D'UN FILTRE PAPIER PIÈGEANT LES AÉROSOLS DE L'AIR

Pour l'INB PHENIX, le tableau suivant présente les concentrations et flux annuels au point de rejet R5.

REJETS AU POINT R5 – BILAN 24H

| Paramètres | Concentration moyenne journalière (mg/l) | Limite en concentration journalière (mg/l) |
|----------------------|--|--|
| MES | 16* | 5 |
| DCO | 7,1 | 30 |
| DBO ₅ | 3,0 | 3 |
| Azote global | 2,6 | 160 |
| Phosphore total | 2,6 | 5,75 |
| Aluminium | 0,18* | 0,14 |
| Cuivre | 0,005 | 0,13 |
| Fer | 0,16 | 0,21 |
| Sodium | 11,8 | 250 |
| Plomb | 0,002 | 0,02 |
| Zinc | 0,004 | 0,04 |
| AOX | 0,010 | 0,07 |
| Hydrocarbures totaux | 0,10 | 0,1 |

REJETS AU POINT R5 – REJETS FOSSE NEUTRALISATION

| Paramètres | Flux annuel (kg) | Limite (kg) |
|----------------------|------------------|-------------|
| MES | 0,79 | 20 |
| DCO | 0,71 | 120 |
| DBO ₅ | 0,43 | 12 |
| Azote global | 0,75 | 640 |
| Phosphore total | 0,52 | 23 |
| Aluminium | 0,018 | 0,56 |
| Cuivre | 0,0007 | 2,4 |
| Fer | 0,029 | 0,84 |
| Sodium | 5,09 | 1000 |
| Plomb | 0,00038 | 0,08 |
| Zinc | 0,0019 | 0,16 |
| AOX | 0,0023 | 0,27 |
| Hydrocarbures totaux | 0,014 | 0,4 |
| Tritium | 0,0014 GBq | 2 GBq |

* Ces dépassements des valeurs limites réglementaires ont donné lieu à une déclaration d'évènement significatif transmise en janvier 2025.

5.3. Impact des rejets sur l'environnement

5.3.1. GÉNÉRALITÉS

Les substances chimiques ou radioactives contenues dans les effluents gazeux, rejetées par le site, sont transférées à l'environnement par les vents et dispersées dans l'atmosphère. Une partie de ces substances se dépose au sol ou sur la végétation, ce dépôt décroissant sensiblement à mesure que l'on s'éloigne du site.

Les rejets d'effluents liquides conduisent à la présence de substances chimiques ou radioactives dans l'eau du Rhône en aval du site. Leur concentration diminue également à mesure que l'on s'en éloigne. Ces substances sont plus ou moins absorbées par la faune et la flore aquatiques.

L'impact radiologique sur les populations résulte de leur exposition aux produits radioactifs contenus dans l'air, à la fois en expositions externe et interne, au travers de l'air qu'elles inhalent en respirant. Il résulte également des produits qu'elles ingèrent du fait de leur consommation alimentaire.

L'évaluation de l'impact radiologique est effectuée pour une personne représentative résidant à proximité du site, en l'occurrence dans le village de Codolet situé à 2 km au sud et se nourrissant de produits locaux.

À cet effet, une enquête alimentaire a été conduite par l'IRSN en juillet 2010. Elle a conclu à l'intérêt de considérer trois classes d'âge de la population :

- ▶ **adulte** (plus de 17 ans) ;
- ▶ **enfant** (7 à 12 ans) ;
- ▶ **enfant** (1 à 2 ans).

L'impact radiologique est estimé sur la base d'hypothèses pénalisantes quant au comportement alimentaire et au mode de vie des personnes représentatives : elles séjournent en permanence dans leur zone de résidence et consomment exclusivement des aliments provenant des cultures, de l'élevage ou de la pêche locale, sans transformation due à une préparation culinaire, et l'arrosage des cultures est effectué avec de l'eau du Rhône prélevée au voisinage du site de Marcoule. Il est supposé que l'eau de boisson ne subit aucun traitement de purification, hormis une simple filtration, et que la radioactivité susceptible d'être présente dans cette eau est identique à celle du Rhône (par infiltration dans le sol).

5.3.2. ÉVALUATION DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE DÛ AUX REJETS GAZEUX

L'impact maximal dû aux rejets gazeux des **INB PHÉNIX** et **ATALANTE** pour l'année **2024** est de **0,0045 µSv** pour l'adulte.

Les résultats montrent très peu de différence entre l'adulte et les enfants de 1 à 2 ans et de 7 à 12 ans. Les radioéléments qui contribuent en majorité à cet impact sont le ^{14}C (48 %), ^{129}I (15 %), le ^{85}Kr (14 %), l' ^{241}Am (5 %) et le ^{244}Cm (5 %).

5.3.3. ÉVALUATION DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE DÛ AUX REJETS LIQUIDES

Comme indiqué précédemment, la S.T.E.L. traitant de façon concomitante l'ensemble des effluents radioactifs du site de Marcoule, il n'est pas possible d'individualiser précisément l'impact des rejets des effluents liquides provenant des I.N.B. ATALANTE et PHÉNIX.

Les calculs d'impact des rejets présentés ci-après sont donc ceux de la totalité des effluents liquides radioactifs du site de Marcoule (à l'exception des rejets de CENTRACO), la part des I.N.B. ATALANTE et PHÉNIX dans ces rejets étant elle-même très faible.

L'impact maximal dû aux rejets liquides pour l'ensemble du site de Marcoule pour 2024 est de **0,104 µSv** pour l'adulte.

L'impact sur les classes d'âge 7 à 12 ans et 1 à 2 ans est plus faible.

Les radioéléments qui contribuent en majorité à cet impact sont le ²³⁸Pu (78 %), le ¹³⁷Cs (5 %), le ²³⁹Pu (4 %), le ²⁴⁰Pu (4 %), le ¹⁴C (4 %) et le ⁹⁰Sr (2 %).

Les principales contributions pour l'alimentation proviennent des poissons pêchés dans le Rhône (95 %) et des végétaux et vin (1 %).

5.3.4. BILAN DE L'IMPACT RADIOLOGIQUE LIQUIDE ET GAZEUX

L'impact total des rejets radiologiques des I.N.B. PHÉNIX et ATALANTE pour l'année 2024, évalué pour la population représentative vivant à Codolet, est inférieur à 10 µSv, dose considérée comme « triviale » suivant la publication 104 de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).

Pour information, la dose maximale calculée pour l'adulte est de **0,11 µSv**.

Cet impact respecte très largement les limites fixées par le Code de la santé publique pour les activités nucléaires qui ne doivent pas ajouter de dose annuelle supérieure à 1 mSv (1000 µSv) aux personnes du public.

L'impact radiologique annuel en **2024** peut donc être considéré comme négligeable.

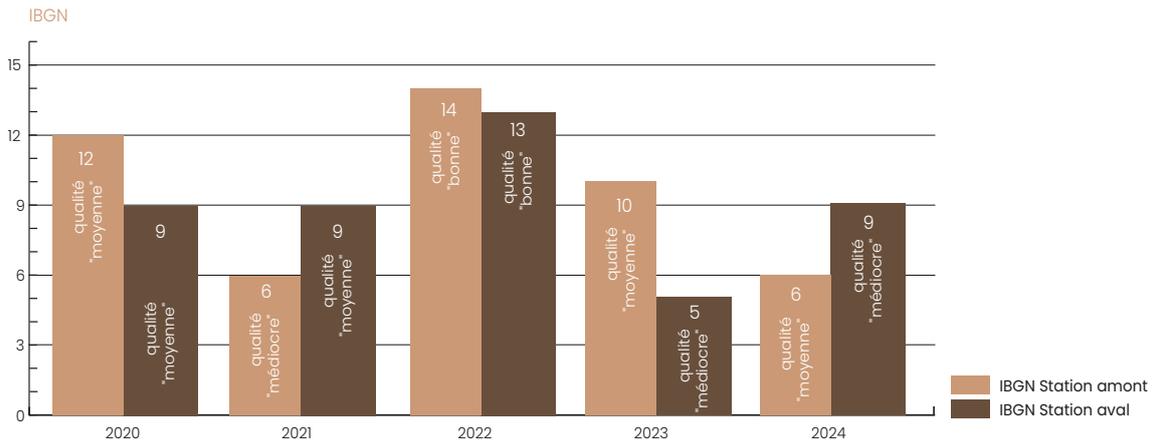
5.3.5. BILAN DE L'IMPACT CHIMIQUE DES REJETS GAZEUX ET LIQUIDES

Les INB et les installations individuelles de l'INBS du Centre CEA de Marcoule ne présentent pas d'activités pouvant conduire à des rejets gazeux chimiques susceptibles d'induire un impact environnemental ou sanitaire.

La qualité biologique du contre-canal, traduite par l'IBGN mesuré en amont et en aval des rejets, est qualifiée en 2024 de médiocre.

En 2024, l'IBGN est égal à 6 en amont et 6 en aval.

Les valeurs de cet indice obtenues ces cinq dernières années sont présentées ci-après :

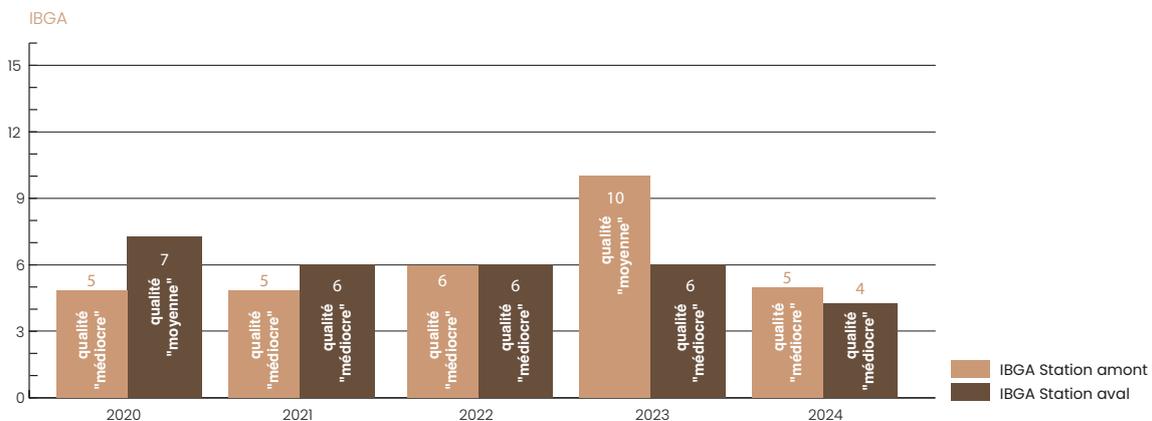


Comme les années précédentes, en 2024, les résultats montrent une perturbation de la qualité des eaux du contre-canal sur l'ensemble de son linéaire mais qui est légèrement plus marquée en amont des rejets. Cette « mauvaise » qualité biologique est basée sur l'analyse des listes faunistiques (*faible biodiversité et polluo-sensibilité*). Rappelons également que la qualité est en lien direct avec celle observée sur le Rhône, en effet le contre-canal est aussi perturbé par des proportions non négligeables de taxons invasifs apportés par le Rhône.

La qualité biologique du Rhône, traduite par l'IBGA mesuré en amont et en aval des rejets est qualifiée en 2024 de médiocre au niveau des deux stations.

En 2024, l'IBGA est égal à 5 en amont et 4 en aval.

L'IBGA obtenu dans le Rhône depuis 2020 est présentée ci-après :



Ces résultats sont similaires à ceux enregistrés depuis 2020 et la comparaison des listes faunistiques entre les différentes années permet de constater une stabilité de la perturbation du Rhône dans le temps.

5.4. Surveillance de l'environnement

La surveillance de l'environnement du site de Marcoule fait l'objet d'un programme conforme aux prescriptions fixées par les décisions de rejets et approuvé par les autorités de sûreté.

Le suivi de la qualité de l'air est assuré, d'une part au plus près des points d'émissions (*émissaires de rejet*), d'autre part au travers d'une surveillance atmosphérique réalisée à partir de mesures effectuées en continu dans quatre stations fixes réparties autour du Centre (*Caderousse, Codolet, Bagnols-sur-Cèze et Saint Etienne des Sorts*).

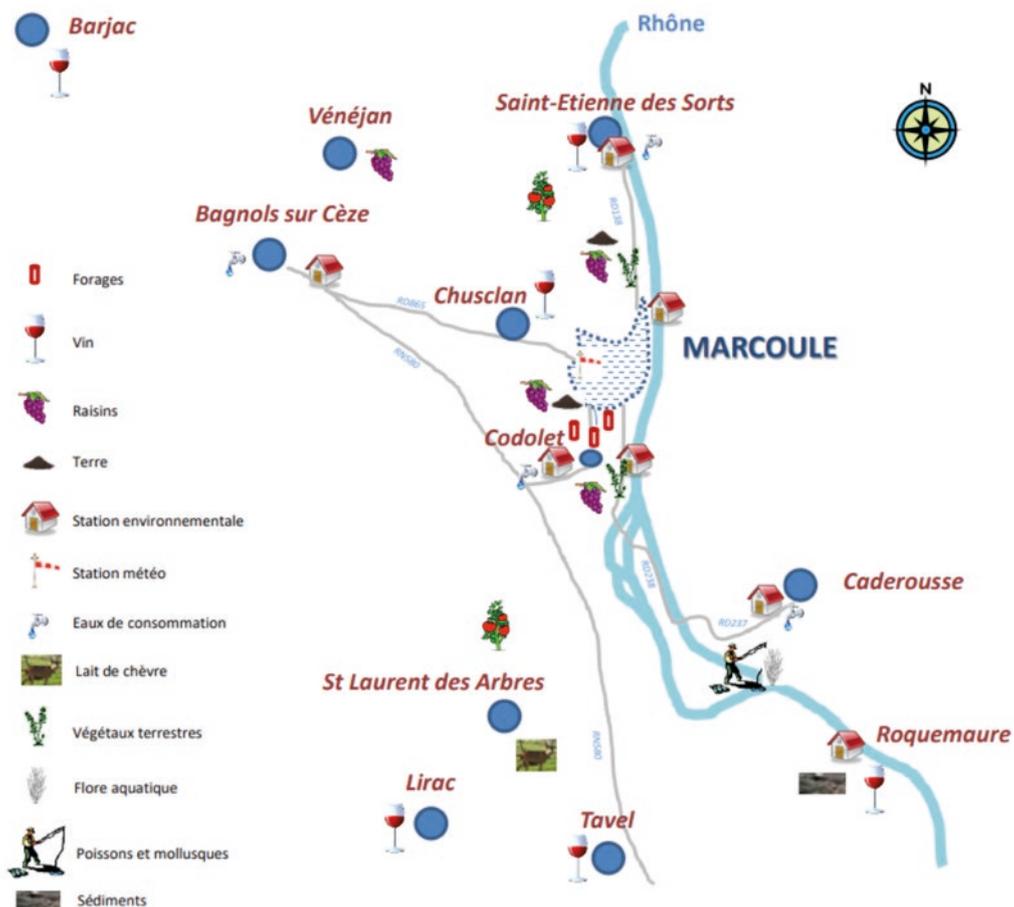
Ces informations, centralisées directement sur le Centre CEA de Marcoule, permettent de déceler toute anomalie de fonctionnement d'une installation (*réseau d'alerte*). Elles sont complétées par des mesures différées en laboratoire pour les besoins de la surveillance de l'environnement. Le Centre est doté d'une station météorologique fournissant en permanence les paramètres nécessaires à cette surveillance.

Le réseau hydrographique fait l'objet d'une surveillance radiologique portant sur :

- ▶ **le réseau des eaux souterraines de la nappe phréatique** en amont du site ;
- ▶ **les eaux de surface** (*Rhône, contre-canal et plan d'eau de Codolet*).

Plus de **14 000 échantillons** par an sont prélevés à diverses fréquences (*quotidienne, hebdomadaire, mensuelle, trimestrielle, semestrielle ou annuelle*), dans l'air, l'eau, les sédiments, les sols, les végétaux, le lait, les productions agricoles, pour suivre et déterminer l'impact des rejets sur l'environnement du CEA Marcoule.

Dans ce cadre, le Laboratoire de Mesures et d'Analyses Radiologiques (*LMAR*) et le laboratoire de Contrôle de l'Environnement et d'Évaluation de l'Impact (*LCEI*) sont agréés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour effectuer ces mesures.



Les résultats des mesures sont synthétisés trimestriellement dans une plaquette disponible sur le site Internet du centre CEA de Marcoule (*marcoule.cea.fr*).

5.5. Management environnemental

La mise en œuvre d'un management environnemental conforme au référentiel ISO 14000 permet d'améliorer les performances environnementales du CEA pour l'ensemble de ses activités, de prévenir les pollutions, de limiter l'impact de ses activités sur l'environnement et d'être dans une démarche active vis-à-vis d'une réglementation en évolution permanente.

Par ailleurs, le Centre de Marcoule a mis en place un système de management de l'énergie et s'est engagé dans une démarche de certification vis-à-vis du référentiel ISO 50001 (*certification obtenue en janvier 2023*).

La Station d'épuration (STEP) du centre a traité 53 934 m³ d'eaux usées/eaux vannes. Les performances d'épuration restent voisines de 90 % pour l'ensemble des paramètres.

La quantité de gaz consommée par le Centre a été de 84 373 MWh PCI et est quasi identique à celle de 2023. La consommation de fioul domestique du Centre a été de 142 MWh PCI, en forte baisse par rapport à 2023. Ceci est dû à l'arrêt total en 2023 de la chaufferie vapeur fonctionnant au fioul.

La quantité de CO₂ émise par le Centre en 2024 a été de 17 011 tonnes, valeur très proche de celle de 2023.

La consommation d'électricité du Centre (113 238 MWh) est quasi-constante par rapport à l'année précédente.

Le prélèvement d'eau du Centre en 2024 destiné à la production d'eaux de qualités potable et industrielle a été de 1,23 millions de m³, en légère baisse par rapport à 2023.



6.1. Mesures prises pour limiter le volume des déchets radioactifs entreposés

La stratégie du CEA repose sur l'élimination des déchets, le plus rapidement possible après leur production, par les filières appropriées. La gestion des déchets comprend généralement des étapes de traitement, notamment pour réduire les volumes ou pour rendre le déchet recyclable ; le déchet ultime étant ensuite conditionné par incorporation dans un matériau inerte d'immobilisation ou matrice (*verre, bitume ou ciment*) et mis en conteneur pour constituer un colis. Ensuite, ce colis est placé, si nécessaire, en entreposage avant d'être envoyé vers un stockage. On parle de filières existantes quand il existe un stockage ; si la filière n'existe pas encore, les déchets sont mis en entreposage en attente d'exutoire, en conditions sûres dans des installations spécifiques. Il s'agit alors d'une filière à créer partiellement puisqu'elle n'existe que jusqu'à l'étape entreposage.

Différentes mesures sont prises pour limiter les volumes de déchets radioactifs entreposés. D'une manière générale, la sectorisation de l'ensemble des zones de production, appelée « zonage déchets », a été réalisée afin d'identifier et de séparer les zones de production des déchets nucléaires et les zones de production des déchets conventionnels.

Le tri à la source et l'inventaire précis des déchets radioactifs permettent ensuite de les orienter dès leur création vers la filière d'élimination adaptée, existante ou à créer. De nouvelles filières sont progressivement étudiées et mises en place pour réduire les volumes de déchets entreposés.

Pour les déchets solides de très faible activité (*TFA*) ou de faible activité et moyenne activité à vie courte (*FMA-VC*) pour lesquels existent les filières d'évacuation vers un site de stockage (*CIREX* et *CISA*), l'entreposage, en attente d'évacuation, est en général de courte durée dans les unités de production elles-mêmes ou dans des zones de regroupement dédiées (*Centre de Regroupement des déchets TFA (CRETFA)* pour les déchets TFA et atelier de Conditionnement des Déchets Solides (*CDS*) pour les déchets FMA-VC). Les déchets FMA-VC sont traités dans l'atelier du CDS afin d'être rendus conformes aux spécifications d'accueil du centre de stockage FMA-VC de l'ANDRA (*CISA*).

Dans certains cas, les déchets sont entreposés sur une période plus longue, au sein d'installations d'entreposage spécifiques, de sorte que la décroissance radioactive permette à terme leur évacuation vers les exutoires définis, dans le respect de leurs spécifications de prise en charge.

Les déchets solides de moyenne activité à vie longue (*MA-VL*) ou de haute activité (*HA*) sont conditionnés en conteneur de caractéristiques connues et pris en compte par l'ANDRA dans le cadre de ses études pour le stockage géologique. Dans l'attente de l'ouverture du centre de stockage dédié, les colis produits sont entreposés dans des installations spécifiques du centre de Marcoule ou regroupés avec des déchets de même nature dans d'autres centres CEA (*entreposage CEDRA de Cadarache par exemple*).

En 2024, la construction de l'installation DIADEM, destinée à accueillir des déchets irradiants majoritairement issus de Marcoule et provenant des opérations de démantèlement, s'est poursuivie avec notamment les essais de phase 2.

Pour les effluents liquides, des traitements sont réalisés visant à les épurer de leurs contaminants radioactifs avant leur rejet dans l'environnement. Les résidus actifs résultant de ces traitements ont vocation à être incorporés dans des matrices solides : bitume, ciment ou autres.

En ce qui concerne les effluents liquides, ces opérations sont réalisées à la STEL de l'INBS de Marcoule.

Les conteneurs de verre produits par l'AVM (*Atelier de Vitrification de Marcoule*) jusqu'en 2012 sont entreposés dans des puits ventilés de l'installation, en attente de l'ouverture du centre de stockage profond. Les fûts d'enrobés bitumineux produits par la STEL sont, suivant leur activité, dirigés vers une filière opérationnelle (*CSFMA-VC*) ou entreposés en attente de l'ouverture du centre de stockage profond. Un nouvel atelier appelé STEMA, mis en actif en 2019, est destiné à remplacer le procédé de bitumage des boues par un procédé de cimentation.

Les effluents organiques de très faible activité peuvent être traités directement dans des installations dédiées comme l'usine d'incinération CENTRACO, située sur le site de Marcoule et exploitée par la société Cyclife France.

Pour les effluents organiques plus actifs, le procédé DELOS (*DEstruction des liquides Organiques*) d'ATALANTE consiste à :

- ▶ **épurer l'effluent par lavage et évaporation**, permettant ainsi le transfert de la majeure partie de ses contaminants radioactifs dans des effluents aqueux dirigés vers la STEL ; dans la majorité des cas, le liquide organique traité peut être incinéré en filière industrielle (*CENTRACO*) ;
- ▶ **incinérer le liquide organique traité par oxydation hydrothermale (OHT)**, si la décontamination atteinte ne permet pas son traitement par la filière industrielle. Les résidus minéraux de cette combustion sont incorporés aux effluents aqueux de haute activité et traités comme tels.

Aucun traitement de liquides organiques n'a été réalisé en 2024 en raison d'un retard de livraison du réacteur de traitement et de l'indisponibilité du procédé durant cette opération. La campagne prévue au dernier trimestre 2024 a ainsi été repoussée au premier trimestre 2025.

Les autres déchets, dont les filières sont en cours de création, sont entreposés en conditions sûres dans les INB elles-mêmes ou dans des installations dédiées de l'INBS de Marcoule.

Plusieurs mesures sur la Centrale PHENIX sont prises pour limiter au maximum les volumes de déchets radioactifs entreposés. En premier lieu, la mise en place sur l'installation d'un plan de zonage déchets permet d'identifier et de distinguer les lieux de production qui génèrent des déchets dits « nucléaires » de ceux qui génèrent des déchets dits « conventionnels ».

Cette sectorisation permet d'avoir un inventaire précis des déchets, notamment des déchets nucléaires, et de définir pour chacun la filière d'élimination la mieux adaptée. De nouvelles filières sont continuellement étudiées dans une volonté de minimiser les volumes de déchets entreposés.

La gestion des déchets nucléaires sur l'installation est organisée par l'intermédiaire de balisages dont le but est de permettre au personnel intervenant de traiter ces déchets en flux tendu et suivant les règles applicables. Plusieurs opérations sur l'installation permettent de limiter ces volumes :

- ▶ **le tri à la source** ;
- ▶ **la décatégorisation** ;
- ▶ **l'optimisation par minimisation du vide** (*aspiration du vide pour les sacs et mise au gabarit*) ;
- ▶ **le conditionnement du colis** par la mise en place systématique de surveillance et de points de convocation à 50 et 100 % du remplissage du colis.

Une fois les colis constitués, ils sont évacués au maximum en flux tendu et selon la disponibilité de l'exutoire. Toutefois, il est défini dans le référentiel PHENIX des zones d'entreposage établies selon le type et la catégorie radiologique du colis. Dans le cas où l'entreposage est amené à durer plus longtemps que deux ans, une analyse de sûreté spécifique est effectuée.

6.2. Mesures prises pour limiter les effets sur la santé et l'environnement en particulier le sol et les eaux

Ces mesures ont pour objectif de protéger les travailleurs, la population et l'environnement en limitant en toutes circonstances la dispersion des substances radioactives contenues dans les colis de déchets radioactifs.

Pour atteindre cet objectif, les installations d'entreposage de déchets radioactifs sont conçues et exploitées conformément au concept de défense en profondeur qui conduit à assurer le fonctionnement normal en prévenant les défaillances, à les détecter afin d'intervenir au plus tôt et à concevoir des scénarios accidentels afin de pouvoir en limiter les effets.

6.3. Nature et quantités de déchets entreposés sur les INB du centre

Diverses catégories de déchets sont entreposées sur le Centre.

L'inventaire des différentes catégories présentes dans les deux INB à fin 2024 est donné ci-après.

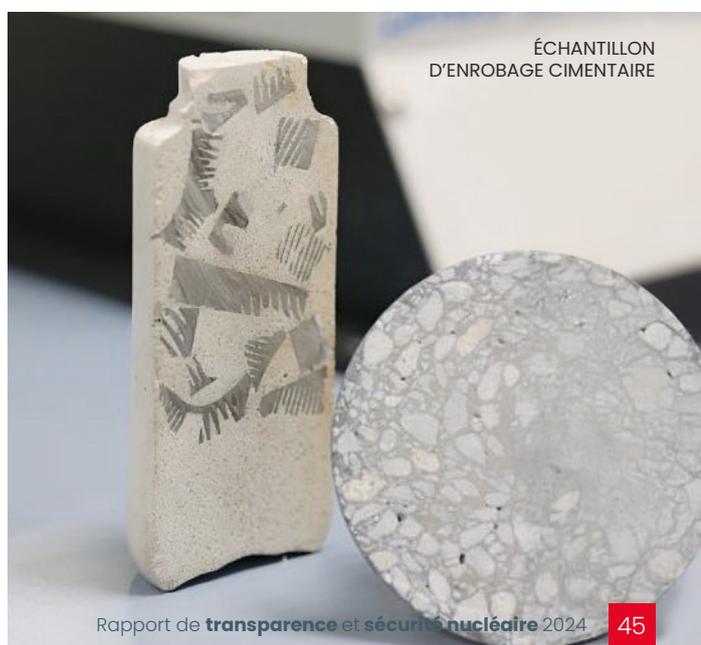
6.3.1. PHÉNIX (INB 71)

| Nature | Quantité entreposée au 31/12/24 | | Classe | Exutoire |
|--|---------------------------------|--------------------------|----------------|------------------|
| | Masse (kg) | Volume (m ³) | | |
| Déchets de catégorie TFA | | | | |
| Déchets métalliques | 9 468,30 | 11,66 | TFA | ANDRA / CIRES |
| Déchets non métalliques | 1 154,50 | 7,22 | TFA | ANDRA / CIRES |
| Déchets amiantés | 1 269,30 | 3,99 | TFA | ANDRA / CIRES |
| Déchets inertes | 375,50 | 0,26 | TFA | ANDRA / CIRES |
| Déchets mercuriels | 1,34 | NC | TFA | ANDRA / CIRES |
| Tubes néons | 37,90 | 0,4 | TFA | ANDRA / CIRES |
| Déchets de catégorie FAMA-VC | | | | |
| Déchets technologiques | 425,20 | 1,47 | FMA-VC | ANDRA / CSA |
| Déchats de structure | 0 | 0 | FMA-VC | ANDRA / CSA |
| Déchets liquides (<i>huiles ...</i>) | 183 | 0,22 | FMA-VC | CENTRACO |
| Effluents liquides | | | | |
| Effluents FA | NC | 6,00 | FMA-VC | STEL MARCOULE |
| Déchets sans filière définie ou sans filière immédiate (DSFI) | | | | |
| Déchets contenant du B ₄ C | 209,50 | 2,89 | MA-VL / FMA-VC | Attente filière* |
| Déchets DEEE | 3,00 | 0,50 | TFA | Attente filière* |
| Déchets irradiants | 693,00 | 0,22 | FMA-VC | Attente filière* |

* Déchets qui nécessitent une instruction particulière afin de pouvoir être évacués vers une filière existante

En complément de l'activité régulière de traitement et d'évacuation des déchets, l'année 2024 a été marquée par :

- ▶ **une campagne de sablage et l'expédition de 12 containers 12** de déchets amiantés ;
- ▶ **la poursuite du tri des DEEE et la séparation des cartes électroniques** qui vont suivre la filière FMA-VC en fûts 118 litres.



6.3.2. ATALANTE (INB 148)

| Nature | Quantité entreposée au 31/12/24 | | Classe | Exutoire |
|---|------------------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|
| | Masse (kg) | Volume (m ³) | | |
| Déchets de catégorie TFA | | | | |
| Déchets métalliques | 6 000 | 8,10 | TFA | ANDRA / CSTFA |
| Déchets non métalliques | 1 000 | 10 | TFA | ANDRA / CSTFA |
| Déchets inertes, gravats | NC | 6,40 | TFA | ANDRA / CSTFA |
| Déchets liquides organiques | NC | 0,10 | TFA | ATALANTE |
| Déchets de catégorie FAMA-VC | | | | |
| Déchets technologiques | 6 670 | 21,54 | FMA-VC | ANDRA / CSA |
| Résines échangeuses d'ions | 18 | 0,20 | FMA-VC | ANDRA / CSA |
| Déchets liquides (<i>huiles et solvants</i>) | NC | 6,42 | FMA-VC | ATALANTE / CENTRACO |
| Déchets Catégorie MA-VL | | | | |
| Déchets technologiques | NC | 9,77 | MA-VL | CIGEO – STOCKAGE PROFOND |
| Verres (<i>issus de l'APM, Clovis et Vulcain</i>) | NC | 0,01 | MA-VL | CIGEO – STOCKAGE PROFOND |
| Effluents liquides | | | | |
| Effluents liquides FA | NC | 58,10 | FMA-VC | STEL MARCOULE |
| Effluents liquides MA/HA | NC | 4,17 | FMA-VC/HA | STEL MARCOULE |
| Sources sans emploi | | | | |
| Sources | 773 sources | | NC | CERISE/CHICADE/MAGENTA |
| Déchets sans filière définie ou sans filière immédiate (DSFI) | | | | |
| Colonnes de support SiO ₂ imprégnées de solvants organiques (<i>tributylphosphate</i>) | 7,40 | 0,15 | MA-VL | Attente filière de traitement* |
| Liquides scintillants | NC | 0,01 | FMA-VC | Attente filière de traitement* |

* Déchets qui nécessitent une instruction particulière afin de pouvoir être évacués vers une filière existante



VII

CONCLUSION

L'organisation mise en place sur le Centre de Marcoule en matière de sécurité répond aux principes établis pour l'ensemble du CEA. Ces principes sont conformes aux règles en vigueur pour la sûreté nucléaire.

En 2024, les deux INB en activité du Centre, ATALANTE et PHÉNIX, ont déclaré un nombre d'évènements significatifs à l'Autorité de sûreté quasi-stable par rapport à celui de 2023 (20 évènements déclarés en 2024 dont 9 associés à 2 évènements à caractère générique pour 26 évènements déclarés en 2023 dont 14 associés à 3 évènements à caractère générique). Deux évènements significatifs de niveau 1 sur l'échelle INES ont été déclarés en 2024.

Ces évènements ont donné lieu à un partage d'expérience avec l'ensemble des installations nucléaires du Centre.

Le niveau de sûreté des INB ATALANTE et PHÉNIX peut être considéré comme globalement satisfaisant. Cependant, à l'instar des années précédentes, le Centre s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue dans ce domaine et les efforts réalisés en sûreté seront poursuivis en 2025 et les années suivantes.

En ce qui concerne l'exposition radiologique des agents ayant travaillé sur les installations ATALANTE et PHÉNIX, la dose maximale enregistrée en 2024 est faible et reste très inférieure aux limites fixées par la réglementation.

De plus, sur les 3673 contrôles radiologiques surfaciques ou d'ambiance réalisés sur ces deux INB, seul un d'entre eux a donné lieu à un constat d'évènement radiologique.

Les rejets radiologiques liquides et gazeux des deux INB sont faibles et très en deçà des limites fixées par leurs arrêtés d'autorisation de rejet ou de transferts respectifs.

La situation radiologique de ces installations peut ainsi être jugée satisfaisante.

L'impact des rejets radiologiques de l'ensemble des installations du centre, incluant celui des 2 INB, sur les personnes réputées les plus exposées (*population représentative*) est inférieur à 10 μ Sv. Il est très inférieur à la limite annuelle de 1 mSv fixée par la réglementation et peut donc être considéré comme négligeable.

ACTINET : Réseau d'excellence sur les actinides composé de 27 unités et organismes de recherche.

ALARA : Acronyme de l'expression anglaise As Low As Reasonably Achievable (*aussi bas que raisonnablement réalisable*). Se dit d'une démarche ou d'un principe selon lequel les dispositions de protection contre les rayonnements ionisants sont conçues et mises en pratique de sorte que les expositions à ces rayonnements soient maintenues au niveau le plus bas qui puisse être raisonnablement atteint, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

ANDRA : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs. Établissement public à caractère industriel et commercial chargé de la gestion et du stockage des déchets radioactifs solides.

APA : Appareil de Prélèvement Atmosphérique (*peut englober tous les appareils possibles (APA, PPA, PAN, AS3000,...)*).

APR : Appareil de Protection des voies Respiratoires.

ASN : Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. L'ASN assure, au nom de l'État, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger le public, les travailleurs et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire civil. Elle contribue à l'information des citoyens.

ASND : Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense. Elle est en charge du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection des installations intéressant la défense.

AVM : Atelier de Vitrification de Marcoule.

BÀG : Boîte à Gant.

BECQUEREL (Bq) : Unité de mesure de la radioactivité, c'est-à-dire le nombre d'atomes radioactifs qui se désintègrent par unité de temps (*1 Bq = 1 désintégration par seconde*).

BT : Bureau Transport.

C2N : Contrôle de Second Niveau.

CBP : Chaîne Blindée Procédé.

C2N : Contrôle de second niveau.

CCOM : Cellule de COMmunication.

CD : Cellule Direction.

CDD : Conteneur de déchets.

CDS : atelier de Conditionnement des Déchets Solides.

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.

CEDRA : Conditionnement et Entreposage de Déchets Radioactifs. CEDRA est une installation d'entreposage de déchets de faible et moyenne activité à vie longue implantée sur le Centre de CADARACHE.

CEI : Cellule des Éléments Irradiés.

CEP : Contrôle Essais périodiques.

CICNR : Centre Interministériel aux Crises Nucléaires ou Radiologiques.

CIGEO : Centre Industriel de stockage GEOlogique.

CIRES : Centre Industriel de Regroupement Et de Stockage de l'ANDRA.

CMIR : Cellule Mobile d'Intervention Radiologique.

COD : Centre Opérationnel Départemental.

CRETFA : Centre de Regroupement des déchets TFA.

CRES : Compte Rendu d'Événement Significatif.

CRH : Cellule Relations Humaines.

CRP : Conseiller en Radioprotection.

CSA : Centre de Stockage de l'Aube.

CSE : Comité social et économique.

CSNSQ : Cellule de Sûreté Nucléaire Sécurité Qualité.

CSTFA : Centre de stockage de déchets de très faible activité.

CSO : Cellule de Suivi Opérationnel.

CTE : Contrôle Technique Externe de radioprotection.

CTI : Contrôle Technique Interne de radioprotection.
DÉCHETS FMA-VC ET FMA-VL : Catégorie de déchets de faible et moyenne activités contenant respectivement des radioéléments à vie courte et à vie longue.

DELOS : Destruction des liquides Organiques.

DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGÈNE

(DBO) : Les phénomènes d'auto-épuration dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes dont l'activité tend à consommer de l'oxygène. Cette consommation d'oxygène est mesurée par la DBO5 qui s'exprime en milligramme par litre (*mg/l*) d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20° C dans l'obscurité pour oxyder la totalité des matières organiques présentes.

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO) :

Elle s'exprime en milligramme par litre (*mg/l*) d'oxygène et correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. La DCO représente l'ensemble des matières oxydables et la DBO5 représente la part des matières organiques biodégradables.

DIADEM : Déchets Irradiants du Démantèlement.

DIMR : Dossier d'Intervention en Milieu Radioactif.

DDSD : Direction des projets de démantèlement, de service nucléaire et de la gestion des déchets.

DEEE : Déchets d'équipements électriques et électroniques.

DSND : Délégué à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les installations et activités intéressant la Défense.

DSSN : Direction de la Sécurité et de la Sûreté Nucléaire.

DUSP : Département des Unités de Sécurité et de Protection de Marcoule.

ECS : Évaluations Complémentaires de Sûreté.

EIP : Élément Important pour la Protection.

EPVR : Equipement de Protection des Voies Respiratoires.

ES : Événement Significatif.

ETC-L : Équipe Technique de Crise Locale.

ETC-N : Équipe Technique de Crise Nationale.

FA-VL : faible Activité Vie Longue.

FLS : Force Locale de sécurité.

FMA-VC : Faible Moyenne Activité Vie Courte.

FOH : facteurs organisationnels et humains.

FEM-DAM : Fiche d'Évaluation de Modification-Demande d'Autorisation de Modification.

GROUPE PERMANENT : Groupe d'experts indépendants sur lequel s'appuie l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour préparer ses décisions principales.

HA : haute activité.

HHO : Hors Heures Ouvrées.

IBGA : Indice Biologique Global Adapté.

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé.

INB : Installation Nucléaire de Base. Installation où sont mises en œuvre des matières nucléaires en quantité dépassant un seuil fixé par la réglementation.

INBS : Installation Nucléaire de Base Secrète. Périmètre comportant au moins une installation soumise à un contrôle et une surveillance particulière du fait de ses activités pour les programmes de Défense nationale.

INES : Echelle internationale des événements nucléaires. Échelle de communication à 8 niveaux, destinée à faciliter la perception par les médias et le public de l'importance en matière de sûreté des événements, incidents ou accidents nucléaires se produisant dans toute installation nucléaire ou au cours d'un transport de matières radioactives.

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. Organisme ayant pour missions l'évaluation de la sûreté nucléaire, de la sûreté des transports de matières radioactives, de la protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants, de la protection et du contrôle des matières nucléaires ainsi que de la protection des installations nucléaires contre les actes de malveillance. C'est l'appui technique principal de l'ASN et de l'ASND.

LABM : Laboratoire d'Analyses Biologiques et médicale.

LCEI : Laboratoire de Contrôle de l'Environnement et Évaluation de l'Impact.

LEFCA : Laboratoire d'Études et de Fabrication de Combustibles Avancés.

LI2D : Laboratoire Innovation technologique pour la Détection et le Diagnostic.

LMAR : Laboratoire de Mesures et d'Analyses Radiologiques.

MAD-DEM : Mise à l'Arrêt Définitif-Démantèlement.

MA-VL : moyenne activité à vie longue.

MF : Matière Fissile.

OHT : oxydation hydrothermale.

PC ASN : Poste de Commandement Technique de l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

PCD : Poste de Commandement Direction.

PCD-L : Poste de Commandement Direction Local.

PCD-N : Poste de Commandement Direction National.

PCR : Personne Compétente en Radioprotection.

PCOI : Poste de Commandement Opérationnel Interdépartemental.

PPI : plan particulier d'intervention.

PS : Purification Sodium.

PUI : Plan d'Urgence Interne.

RADIONUCLÉIDE : Noyau atomique radioactif capable de se transformer spontanément en un autre noyau, avec éventuellement émission de particules chargées, de rayons X ou de rayons gamma.

REX : Retour d'EXpérience.

RGE : Règles Générales d'Exploitation.

SCM : Surveillance Centralisée de Marcoule.

SDIS : Service Départemental d'Intervention et Secours.

SEN : Stockage des Éléments Neufs.

SÉCURITÉ : La sécurité comprend l'hygiène et la sécurité du travail (*i.e. la protection, par l'employeur, des travailleurs contre tout risque ou danger lié à l'activité professionnelle du salarié*), la sécurité nucléaire, la protection physique des installations, la protection physique et le contrôle des matières nucléaires, la protection du patrimoine scientifique et technique (*protection des activités et informations classées*) et l'intervention en cas d'accident.

SÉCURITÉ NUCLÉAIRE : La sécurité nucléaire comprend l'ensemble des dispositions prises pour assurer la protection des personnes, des biens et de l'environnement contre les risques et nuisances de toute nature résultant de la création, du fonctionnement, de l'arrêt et du démantèlement des installations nucléaires, ainsi que de la détention, du transport, de l'utilisation et de la transformation des substances radioactives naturelles ou artificielles.

SIEVERT (Sv) : Unité de mesure de l'équivalent de dose qui exprime l'impact des rayonnements sur la matière vivante. Cet impact tient compte du type de rayonnement, de la nature des organes concernés et des différentes voies de transfert : exposition directe, absorption par inhalation ou ingestion de matières radioactives.

SPR : Service de Protection contre les Rayonnements.

SPST : Service de Prévention et de Santé au Travail.

SSC : Systèmes Structures et Composants.

STEL : Station de Traitement des Effluents Liquides.

STEMA : Station de Traitement des Effluents de Marcoule.

STEP : Station de Traitement des Eaux Polluées.

SÛRETÉ NUCLÉAIRE : La sûreté nucléaire, composante de la sécurité nucléaire, comprend l'ensemble des dispositions techniques et organisationnelles prises à tous les stades de la conception, de la construction, du fonctionnement, de l'arrêt et du démantèlement des installations nucléaires, ainsi qu'au cours du transport de matières radioactives pour prévenir les accidents et en limiter les effets sur l'homme et l'environnement.

THE : Très Haute Efficacité.

TFA : Très faiblement Actif.

TMD : Transports de Matières Dangereuses.

TQRP : Technicien Qualifié en RadioProtection.

ZABM : Zone d'Accès au Bâtiment Manutention.



IX

RECOMMANDATIONS DU CSE DU CEA MARCOULE



CEA Marcoule
BP 17 171
30207 Bagnols-sur-Cèze Cedex
marcoule.cea.fr

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

