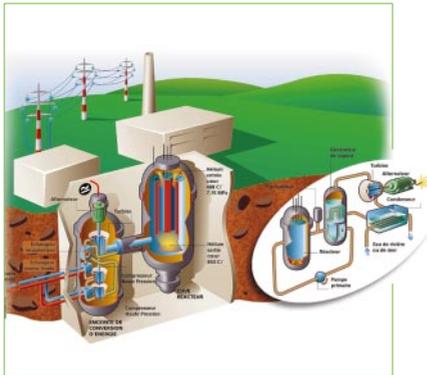


I Contexte et enjeux

La disponibilité d'une installation de recherche flexible et performante s'avère indispensable en soutien aux centrales nucléaires en fonctionnement, pour accompagner les futures évolutions des réacteurs de troisième génération et développer les technologies des systèmes nucléaires de quatrième génération.



I.1 LE CONTEXTE

Le projet de loi d'orientation sur l'énergie, adopté en première lecture par l'Assemblée Nationale le 1^{er} juin 2004, fixe quatre objectifs principaux dans la perspective de l'élaboration du " MIX " énergétique du futur : contribuer à l'indépendance énergétique nationale, mieux préserver l'environnement, en particulier grâce aux énergies non génératrices des gaz à effet de serre, garantir un prix compétitif de l'énergie et un accès à l'énergie pour tous les Français. En France, l'énergie nucléaire assure près de 80 % de la production d'électricité et 35 % en Europe. L'économie que cette énergie représente en terme d'émission de gaz à effet de serre est de l'ordre 300 millions de tonnes de CO₂, soit l'équivalent de la moitié de la production du parc automobile de l'Union (Livre Vert de la Commission européenne).

Dans ce cadre, les programmes de recherche concernent trois axes essentiels :

- réduction de la consommation d'énergie et de l'émission de gaz polluants,
- efficacité, compétitivité des énergies renouvelables et mise au point de procédés propres et économes de production d'énergie,
- amélioration des performances et de la sûreté de la filière nucléaire.

Les recherches dans le domaine de l'énergie nucléaire visent notamment à :

- Apporter un soutien aux centrales nucléaires en fonctionnement (meilleure exploitation des combustibles, résistance accrue des matériaux...) ;
- apporter un soutien à l'industrie nucléaire pour accompagner l'évolution des réacteurs de troisième génération EPR (European Pressurized water Reactor), en particulier dans le domaine des combustibles nucléaires innovants ;
- développer les technologies des réacteurs nucléaires du futur qui permettront d'optimiser les ressources naturelles et de produire moins de déchets ;
- exploiter le potentiel de nouveaux vecteurs énergétiques, comme l'hydrogène pour lequel devront être mis au point des procédés de production utilisant la chaleur délivrée par des réacteurs nucléaires à haute température.

De nombreux partenaires publics et industriels sont impliqués dans ces programmes de recherche (cf annexe II).

1.2 LES ENJEUX DE LA RECHERCHE

Les programmes de recherche, associés au projet de réacteur de recherche Jules Horowitz, permettront de répondre aux enjeux scientifiques et technologiques des réacteurs nucléaires de deuxième, troisième et quatrième générations qui fonctionneront de manière concomitante sur la période 2020-2060.

Les réacteurs de deuxième génération (en fonctionnement)

La mise en service du premier réacteur de la filière des réacteurs à eau en 1977 à Fessenheim marque le début du déploiement des réacteurs de deuxième génération comprenant les réacteurs à eau sous pression en France et à eau bouillante en Allemagne ou au Japon.

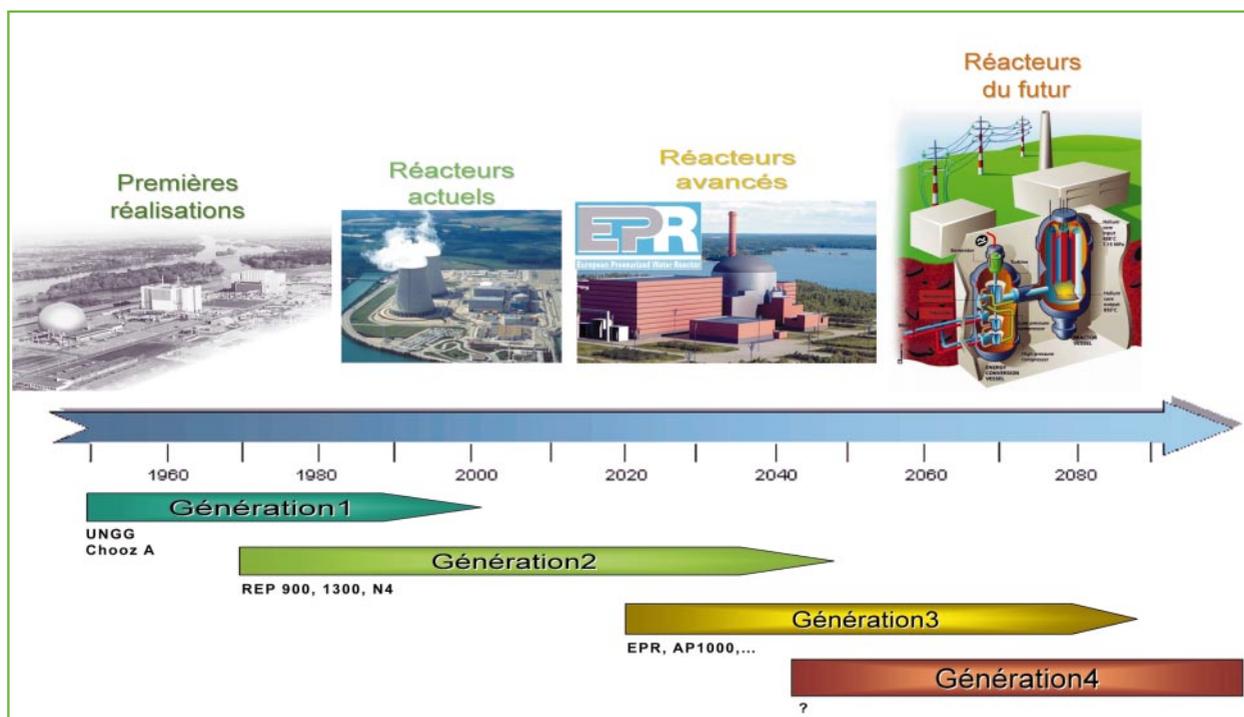
Ces réacteurs constituent aujourd'hui 85 % du parc électronucléaire dans le monde. L'allongement de la durée de vie envisagée pour certains réacteurs, de 30 à 40 ans en France, de 40 à 60 ans aux États-Unis et de 40 à 70 ans au Japon, s'accompagne de nouveaux besoins d'études : meilleure exploitation des combustibles [les études réalisées ont déjà permis en 20 ans d'améliorer de plus de 50 % l'énergie extraite du combustible tout en confortant la sûreté], résistance accrue des matériaux, acquisition de nouvelles données pour qualifier des outils de calcul utilisés dans les études de sûreté...



Études sur les combustibles du futur

Les réacteurs de troisième génération

La troisième génération de réacteurs nucléaires est prête à prendre le relais des réacteurs de deuxième génération, notamment avec l'EPR développé par Framatome-ANP dont les deux premiers exemplaires seront mis en service, respectivement, en 2009 en Finlande et en 2012 en France. Les programmes de recherche et développement (RetD) visent à optimiser le fonctionnement et à améliorer la technologie des EPR qui pourront être construits dans le monde, mais aussi des autres réacteurs de troisième génération : le réacteur européen SWR 1000 basé sur la technologie des réacteurs à eau bouillante développé par Framatome-ANP, ceux conçus sur la base du modèle ABWR



1300 déjà éprouvé au Japon, les réacteurs AP 600 et AP 1000 développés par Westinghouse ou le modèle APR 1400 par la société Coréenne KHNP.

Les réacteurs de quatrième génération

Outre la production d'électricité, les systèmes nucléaires de quatrième génération conçus pour être encore plus sûrs, plus compétitifs, plus économes des ressources naturelles, produisant moins de déchets et plus résistants à la prolifération, devront aussi servir à d'autres applications comme la production d'hydrogène par exemple. Dans cet objectif, le forum international Génération IV constitué de dix pays⁽¹⁾ et de l'Union Européenne a lancé les études de six concepts de réacteurs nucléaires de quatrième génération :

- un réacteur à neutrons thermiques et à très haute température ;
- un réacteur à neutrons rapides et à haute température refroidi avec de l'hélium ;
- deux réacteurs à neutrons rapides, l'un refroidi avec du sodium, l'autre avec du plomb ;
- deux concepts, plus prospectifs, comme les réacteurs à eau supercritique et les réacteurs à sels fondus.

Les enjeux de RetD portent notamment sur le développement de nouveaux matériaux et des combustibles innovants capables de résister à de très fortes sollicitations (températures pouvant atteindre 1 000 °C, flux de neutrons* importants...). La performance et la sûreté de ces concepts nécessitent des expériences en réacteur de recherche pour sélectionner les solutions et tester les limites de comportement des nouveaux matériaux et combustibles.

1.3 LA NÉCESSITÉ D'UN OUTIL DE RECHERCHE

Les études du comportement des matériaux et des combustibles nucléaires constituent un axe majeur de recherche pour le maintien et le développement d'une énergie nucléaire durable, toujours plus économique, sûre et respectueuse de l'environnement.

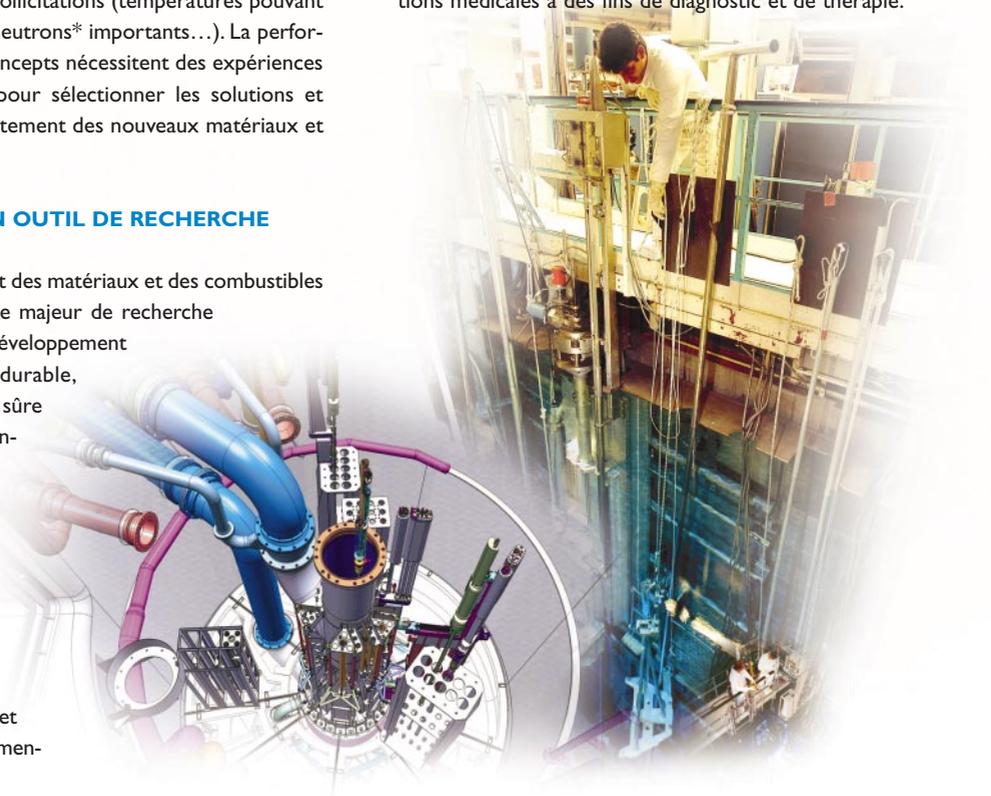
Les études qui permettent d'analyser les phénomènes physico-chimiques responsables de l'évolution des matériaux et des combustibles sont de plus en plus complexes. Elles font appel à des compétences et des moyens d'étude complémen-

taires : préparation de matériaux et combustibles à expérimenter, études de modélisation et simulation, examen des échantillons de matériaux et combustibles après irradiation dans le cœur d'un réacteur de recherche... Toutes les données ainsi acquises permettent de concevoir des matériaux et des combustibles plus performants, plus résistants et produisant moins de déchets.

En Europe, les réacteurs de recherche nécessaires à ce type d'étude, parmi lesquels le réacteur Osiris du CEA à Saclay, datent des années 60. La plupart d'entre eux seront progressivement arrêtés à partir de la prochaine décennie. Aussi, la disponibilité d'un outil de recherche moderne, permettant de maintenir un haut niveau d'expertise en France et en Europe, apparaît comme un besoin croissant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Le projet Jules Horowitz (RJH) répond à cet enjeu scientifique et technologique pour :

- L'amélioration de la compétitivité et de la durée de vie des centrales nucléaires en fonctionnement (longévité) ;
- Le développement des combustibles qui accompagnera l'évolution des réacteurs de 3^e génération (performances) ;
- Le développement de nouveaux matériaux et combustibles pour les réacteurs de 4^e génération (meilleure utilisation des ressources naturelles (uranium) et réduction du volume des déchets) ;
- Tests des échantillons en situation incidente et accidentelle ;
- La production en Europe de radioéléments pour les applications médicales à des fins de diagnostic et de thérapie.



¹ Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Canada, Corée du Sud, États-Unis, France, Japon, Royaume-Uni et Suisse

2 Le projet Jules Horowitz

Le réacteur de recherche Jules Horowitz permettra de maintenir un haut niveau d'expertise en Europe et en France dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Il permettra aussi de fournir les radioéléments pour la médecine nucléaire.



2.1 DÉVELOPPEMENT D'UNE CAPACITÉ D'EXPERTISE DANS UN CONTEXTE EUROPÉEN

Le maintien d'un haut niveau d'expertise dans le domaine de l'énergie nucléaire en termes de sûreté et de compétitivité économique reposent en grande partie sur la compétence de ses ingénieurs et chercheurs et la capacité de disposer d'installations expérimentales adaptées dans le domaine de l'énergie nucléaire en France et en Europe.

Le projet Jules Horowitz s'inscrit dans la démarche d'optimisation et de partage des programmes expérimentaux à l'échelle européenne engagée par la Commission européenne, depuis 2000, à travers la constitution de l'espace européen de la recherche.

C'est pourquoi, les programmes de recherche associés au réacteur de recherche Jules Horowitz se préparent aujourd'hui à travers un projet du 6ème programme cadre de recherche et développement* de la Commission européenne, ouvert à un large partenariat d'organismes de recherche et universitaires ainsi que d'industriels. Il rassemble d'ores et déjà une douzaine de partenaires : le CEA, les instituts de recherche belge, tchèque, néerlandais et finlandais, l'université allemande de Karlsruhe, les électriciens français, suisse, finlandais et espagnol, le groupe Areva. Une convergence européenne apparaît sur la nécessité d'ouvrir également cette infrastructure de recherche à des collaborations internationales. Ceci permettra de partager les coûts d'exploitation, d'optimiser les compétences mobilisées, de renforcer l'émergence d'une capacité d'expertise européenne et internationale.

2.2 AU CŒUR D'UNE PLATE-FORME DE RECHERCHE FISSION

Au service d'une large communauté scientifique européenne et internationale, l'installation Jules Horowitz s'intégrera naturellement au sein de la plate-forme fission du centre de Cadarache rassemblant d'ores et déjà des laboratoires d'étude des matériaux et des combustibles et des réacteurs de recherche.

2.2.1 Les laboratoires d'étude des matériaux et des combustibles

Depuis plus de 40 ans, de nombreuses études sont réalisées dans le cadre de collaborations européennes sur les matériaux et les combustibles au sein des laboratoires du CEA. L'évolution des programmes et le vieillissement des équipements de recherche a conduit le CEA à rationaliser ces activités.

Cela s'est traduit par la fermeture de certains laboratoires (laboratoire d'analyse des matériaux actifs au CEA/Grenoble en 2002 et les laboratoires de haute activité au CEA/Saclay en 2003) et par le regroupement d'autres activités. Ainsi, les études sur les matériaux ont été regroupées au CEA/Saclay (région parisienne) et celles concernant le combustible au CEA/Cadarache (Bouches-du-Rhône).

Sur le centre du CEA/Cadarache, les études sur les combustibles nucléaires s'effectuent au sein du laboratoire d'examen des combustibles actifs (Leca) et du laboratoire d'étude et de fabrication expérimentale des combustibles avancés (Lefca).

Le Leca regroupe l'ensemble des moyens permettant de caractériser et de tester les combustibles après irradiation, depuis la réception des crayons* entiers (longueur 4,50 m) jusqu'aux analyses à l'échelle micronique et submicronique* du combustible irradié. Le Lefca permet de préparer les combustibles expérimentaux pour irradiation.



Bras télémanipulateurs

2.2.2 Les réacteurs de recherche

Les réacteurs de recherche européens

En Europe, les réacteurs pour l'étude des matériaux et des combustibles sous irradiation, dont la puissance est environ 50 fois plus faible que celle d'une centrale nucléaire, ont été construits dans les années 60. La plupart d'entre eux seront progressivement arrêtés à partir de la prochaine décennie, après avoir fonctionné près de cinquante ans. Le renouvellement de ces outils indispensables à la poursuite des améliorations des réacteurs existants et au développement des prochaines générations de réacteurs doit donc être envisagé, comme l'a montré un panel d'experts européens (réseau thématique FEUNMARR dans le cadre du 5^e Programme cadre de recherche et développement* 2002).

	Réacteur de recherche	Âge en 2015 (ans)	Puissance (MWth)
Belgique	BR2 à Mol	52	60
Hollande	HRF à Petten	54	45
Norvège	HRP à Halden	55	19
France	OSIRIS à Saclay	49	70
Suède	R2 à Studsvik	55	50

La première pile, dénomination des premiers réacteurs nucléaires de recherche, a vu le jour aux États-Unis en décembre 1942. Quelques années plus tard, l'équipe dirigée par Lew Kowarski, sur le centre du CEA à Fontenay-aux-Roses (région parisienne) assurait le démarrage de la première pile française Zoé qui a permis d'étudier et de maîtriser la réaction de fission* nucléaire.

D'autres réacteurs de recherche ont ensuite vu le jour au CEA en particulier, pour les recherches concernant :

- l'étude des combustibles et des matériaux sous irradiation avec le réacteur de recherche Osiris à Saclay (région parisienne). Son arrêt interviendra au début de la décennie 2010.
- les études de physique avec le réacteur de recherche Orphée, à Saclay, adapté aux programmes de recherche fondamentale ;
- les études sur la transmutation* des déchets radioactifs à vie longue avec le réacteur de recherche à neutrons rapides Phénix, implanté à Marcoule ;
- les études de sûreté avec les réacteurs de recherche Cabri et Phébus à Cadarache ;
- les études des cœurs des réacteurs à neutrons rapides à caloporteur gaz ou sodium avec Masurca et les études de physique des cœurs des centrales nucléaires à eau légère avec Minerve et Éole, à Cadarache.

2.3 LES ALTERNATIVES

Dans la perspective du remplacement du réacteur de recherche Osiris, plusieurs solutions ont été étudiées. L'analyse effectuée a montré que les réacteurs de recherche existants au CEA n'ont pas été conçus et ne sont pas adaptables pour répondre aux futurs besoins des études de matériaux et combustibles sous irradiation, nécessitant notamment un environnement technique et un fonctionnement pendant plus de 200 jours par an afin d'obtenir les conditions représentatives des phénomènes de vieillissement qui se produisent au sein d'une centrale nucléaire.

Enfin, il n'est pas envisageable d'utiliser à des fins de recherche les centrales nucléaires qui ne sont pas conçues pour répondre à des besoins d'expérimentation.

Une autre solution a été étudiée visant la rénovation d'Osiris pour prolonger son exploitation au-delà de 2010. Cette solution nécessite des renforcements qui, outre un coût important, ne permettraient pas de répondre aux objectifs de recherche à partir de 2010. Par exemple, des fonctionnalités telles que la production de flux de neutrons* importants et l'analyse en ligne des produits de fission* ne peuvent pas être implantées sur le réacteur Osiris même rénové. Conçu dans les années 60, même après rénovation, il ne répondra pas aux besoins expérimentaux des prochaines décennies.

La disponibilité d'un réacteur de recherche tel que Jules Horowitz, conçu pour réaliser des irradiations expérimentales, apparaît donc indispensable.

2.4 LES OBJECTIFS DE RECHERCHE

2.4.1 Historique du projet

Les premières réflexions ont été lancées par le CEA pour la conception du projet Jules Horowitz dans la perspective d'assurer la relève du réacteur de recherche Osiris au début de la décennie 2010. Les études exploratoires pour la définition de ce réacteur de recherche dédié aux études du comportement sous irradiation des matériaux et des combustibles nucléaires ont été menées par les équipes du CEA associant divers spécialistes de neutronique, de thermohydraulique et d'exploitation des réacteurs.

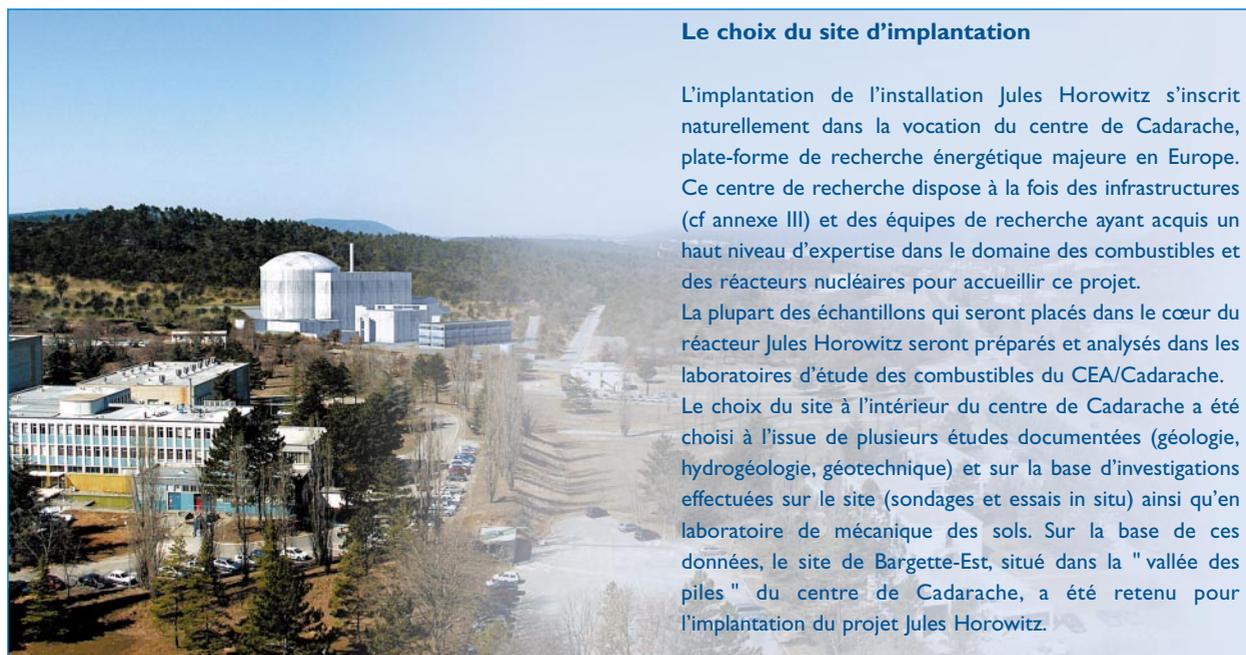
Les niveaux de performance à atteindre et les points clés de la conception du projet ont été définis en juin 1999.

En octobre 2002, le CEA a confié à un groupement d'ingénierie (Technicatome, Framatome-ANP, EDF), la maîtrise d'œuvre des études de définition à réaliser dans la période 2003-2005.

2.4.2 Les programmes de recherche

Le projet de réacteur de recherche Jules Horowitz permettra de réaliser simultanément une vingtaine d'expériences pour répondre aux besoins des différentes filières et technologies de réacteurs en France, en Europe et dans le monde. Cette installation de recherche, modulable, sera dotée de moyens d'instrumentation permettant :

- d'analyser le comportement des matériaux et combustibles dans des expériences simulant des situations normales ainsi que des situations incidentelles et accidentelles ;



Le choix du site d'implantation

L'implantation de l'installation Jules Horowitz s'inscrit naturellement dans la vocation du centre de Cadarache, plate-forme de recherche énergétique majeure en Europe. Ce centre de recherche dispose à la fois des infrastructures (cf annexe III) et des équipes de recherche ayant acquis un haut niveau d'expertise dans le domaine des combustibles et des réacteurs nucléaires pour accueillir ce projet.

La plupart des échantillons qui seront placés dans le cœur du réacteur Jules Horowitz seront préparés et analysés dans les laboratoires d'étude des combustibles du CEA/Cadarache.

Le choix du site à l'intérieur du centre de Cadarache a été choisi à l'issue de plusieurs études documentées (géologie, hydrogéologie, géotechnique) et sur la base d'investigations effectuées sur le site (sondages et essais in situ) ainsi qu'en laboratoire de mécanique des sols. Sur la base de ces données, le site de Barette-Est, situé dans la "vallée des piles" du centre de Cadarache, a été retenu pour l'implantation du projet Jules Horowitz.

- de pouvoir utiliser des dispositifs d'essai capables de tester des échantillons dans des conditions de fonctionnement multiples (flux de neutrons*, température, pression...), qu'il s'agisse de la filière des réacteurs à eau sous pression, à eau bouillante ou des réacteurs refroidis avec du gaz ou encore du sodium...

Les limites de fonctionnement des combustibles et des matériaux pourront également être étudiées.

• Les études sur le combustible nucléaire

Dans une centrale nucléaire de la filière des réacteurs à eau sous pression, le combustible est constitué d'un ensemble de " crayons " assemblés pour constituer un " assemblage combustible ". Un crayon est un tube (également appelé " gaine ") de 4 mètres de long pour 9,5 mm de diamètre dans lequel sont empilées des pastilles de 1,2 cm de haut pour 8,2 mm de diamètre. Ces pastilles, constituées d'oxydes d'uranium (UOX) ou d'un mélange d'oxydes d'uranium et d'oxydes de plutonium (MOX), sont le siège de réactions nucléaires dégageant de la chaleur qui sera transformée in fine en électricité par une turbine couplée à un alternateur. Le matériau constituant les assemblages combustible est soumis à une forte évolution due à l'irradiation : lors du fonctionnement du réacteur, certains atomes d'uranium disparaissent (ils se " fissionnent ") en produisant deux atomes de masse atomique plus faible appelés produits de fission.

Le réacteur de recherche Jules Horowitz permettra d'acquérir de nouvelles données sur :

- La production des gaz de fission produits au sein du combustible : la mesure du relâchement des gaz de fission pendant l'irradiation est fondamentale pour déterminer la capacité de confinement de ces gaz à l'intérieur de la gaine qui contient le

combustible et, plus généralement, pour suivre en temps réel les mécanismes d'évolution du combustible ;

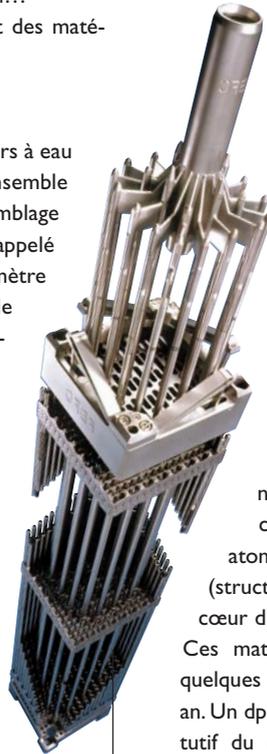
- Le comportement du combustible soumis à de fortes sollicitations au sein du cœur du réacteur. Les expériences porteront sur le comportement du combustible en situation incidente lorsqu'il y a déséquilibre entre la production et l'évacuation de la puissance fournie par le combustible pouvant conduire à une éventuelle rupture de la gaine contenant le combustible.

- Le développement de combustibles innovants capables de résister à de très fortes sollicitations (températures pouvant atteindre 1000 °C, flux de neutrons* importants...).

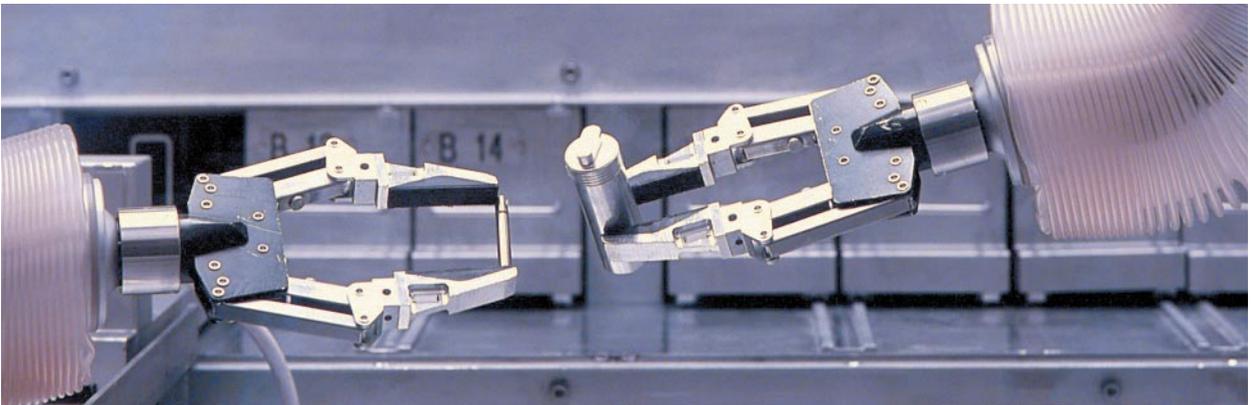
• Les études sur les matériaux

Au sein d'une centrale nucléaire en fonctionnement, les matériaux subissent de nombreuses sollicitations thermiques, mécaniques et nucléaires. Durant le processus d'irradiation, les fissions nucléaires libèrent un grand nombre de neutrons dont certains ont une énergie suffisante pour déplacer les atomes constituant la gaine et les matériaux de structure (structures supportant les assemblages de combustible au cœur du réacteur, par exemple).

Ces matériaux de structure subissent ainsi chaque année quelques " déplacements par atome " (dpa), environ 2 dpa par an. Un dpa par an signifie, qu'en moyenne, chaque atome constitutif du matériau a été déplacé une fois dans l'année. En cinquante ans de fonctionnement, les structures internes auront donc vu statistiquement chacun de leur atome déplacé une centaine de fois. Ces déplacements d'atome ont un impact sur les propriétés mécanique, chimique et thermique des matériaux pouvant modifier l'intégrité des structures, ce qui en limite la durée de vie et in fine celle des centrales nucléaires.



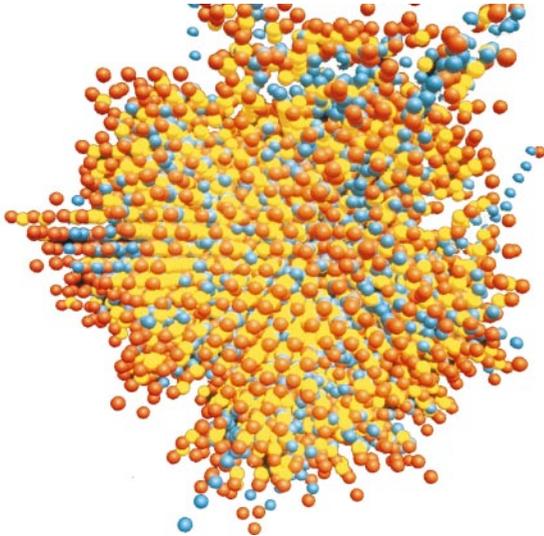
Assemblage combustible



Combustibles expérimentaux

Les expériences réalisées avec le réacteur de recherche Jules Horowitz fourniront les données nécessaires à la modélisation numérique de ces phénomènes, notamment par la simulation des effets de vieillissement générés. Ses capacités d'irradiation et d'expérimentation permettront d'obtenir des "déplacements par atomes" deux à trois fois plus importants (12 à 16 dpa par an) que ceux obtenus avec les réacteurs de recherche existants (5 à 6 dpa par an) et pourront fournir une meilleure précision de mesure dans les expériences.

Ces études permettront de prévoir l'influence de l'irradiation sur les changements des propriétés mécaniques des matériaux. Elles constituent un enjeu majeur pour la sûreté, la compétitivité et la maîtrise de la durée de vie des centrales nucléaires.



• Les applications médicales

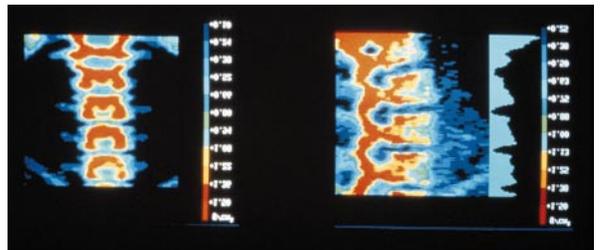
L'Europe occupe une position forte dans le secteur de la médecine nucléaire ayant un caractère stratégique pour la santé publique, en particulier dans la "vallée médicale" de Petten aux Pays-Bas.

Or, l'approvisionnement des hôpitaux en radioéléments à vie courte (tels que le technétium 99m) nécessite une production permanente de ces éléments. Aussi, le réacteur de recherche Jules Horowitz permettra de fiabiliser la fourniture de ces radioéléments en contribuant pour 25 % à la production européenne voire, si besoin, jusqu'à 50 %.

Dans le secteur de la médecine nucléaire, d'importants progrès ont été réalisés ces dernières années en particulier dans le domaine de l'imagerie médicale mettant en oeuvre des appareils de haute technologie (gamma caméra, scintigraphie, tomographie par exemple). Ces nouvelles technologies d'imagerie médicale permettent de dépister des maladies, d'établir des diagnostics et de contrôler le fonctionnement d'organes complexes tels que le cœur ou le cerveau. Les radioéléments à usage médical ont une période très courte. Le technétium 99m , par exemple, est l'un des plus couramment utilisés dans les services de médecine nucléaire pour l'examen de certains organes (poumons, foie, cœur...). Actuellement, cet isotope est produit notamment par le réacteur de recherche à haut flux (HFR) à Petten aux Pays-Bas, par BR2 en Belgique et par Osiris en France.



La radiographie, première application d'imagerie médicale, testée en 1895, recourt aux rayons X.



La scintigraphie, ici, de la colonne vertébrale met en oeuvre une gamma-caméra couplée à un ordinateur.

2.5 FINANCEMENT DU PROJET

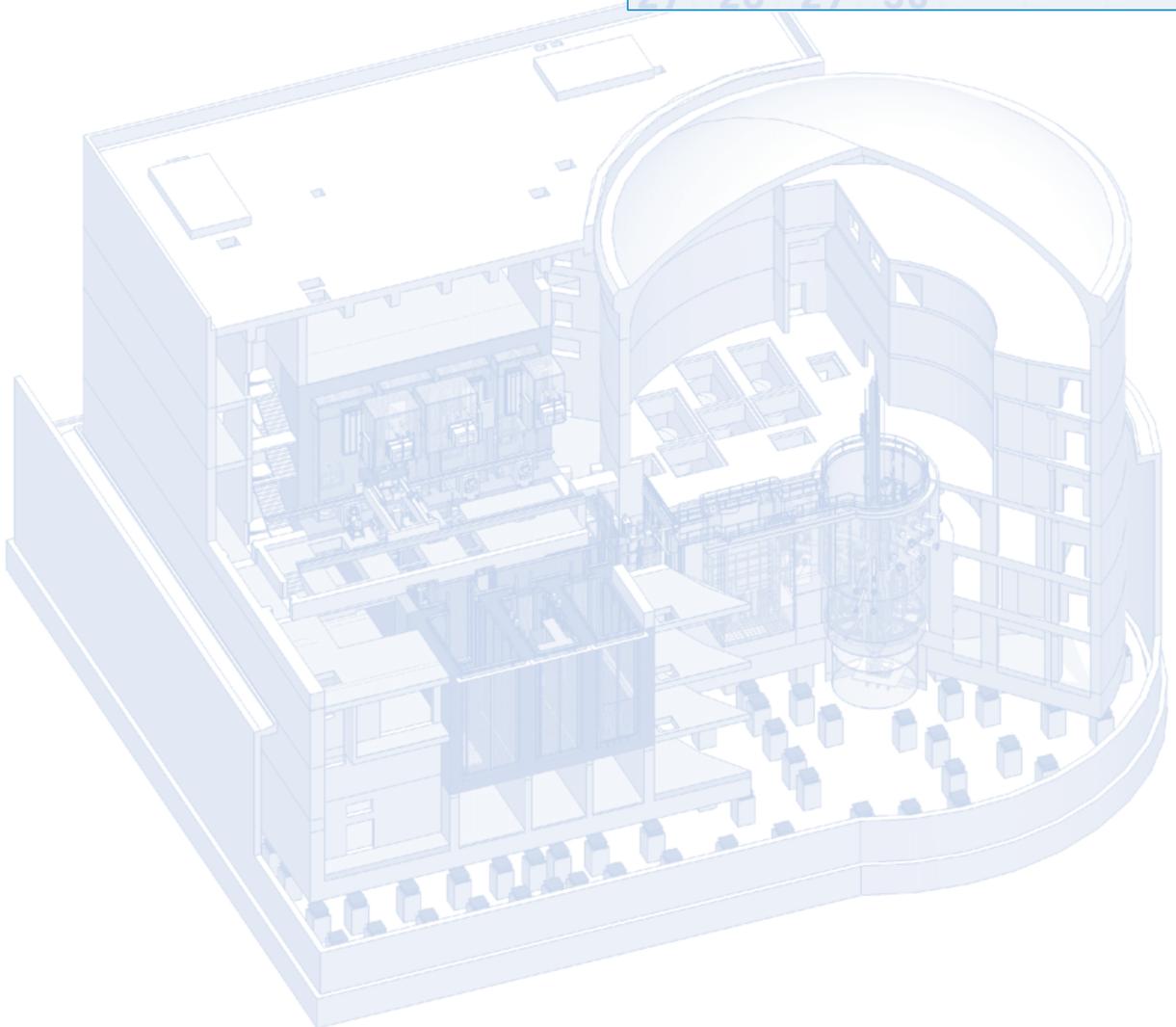
Le projet Jules Horowitz représente un investissement supérieur à 500 millions d'euros.

Le projet Jules Horowitz s'élabore et sera financé dans le cadre d'une collaboration à vocation internationale ouverte à un partenariat entre le CEA, des organismes de recherche et des industriels.

Points de repères

Les principales étapes du projet dont la mise en service est prévue en 2014, pour une durée de vie de 50 ans, sont :

- **2003 à 2005** : études de définition destinées à fixer les solutions techniques pour les différents systèmes constituant le réacteur de recherche.
- **2005** : Concertation locale.
- **2006** : Enquête publique.
- **2006-2007** : Études détaillées.
- **2007** : Premiers travaux de construction, à l'issue de l'enquête publique.
- **2014** : Mise en service.



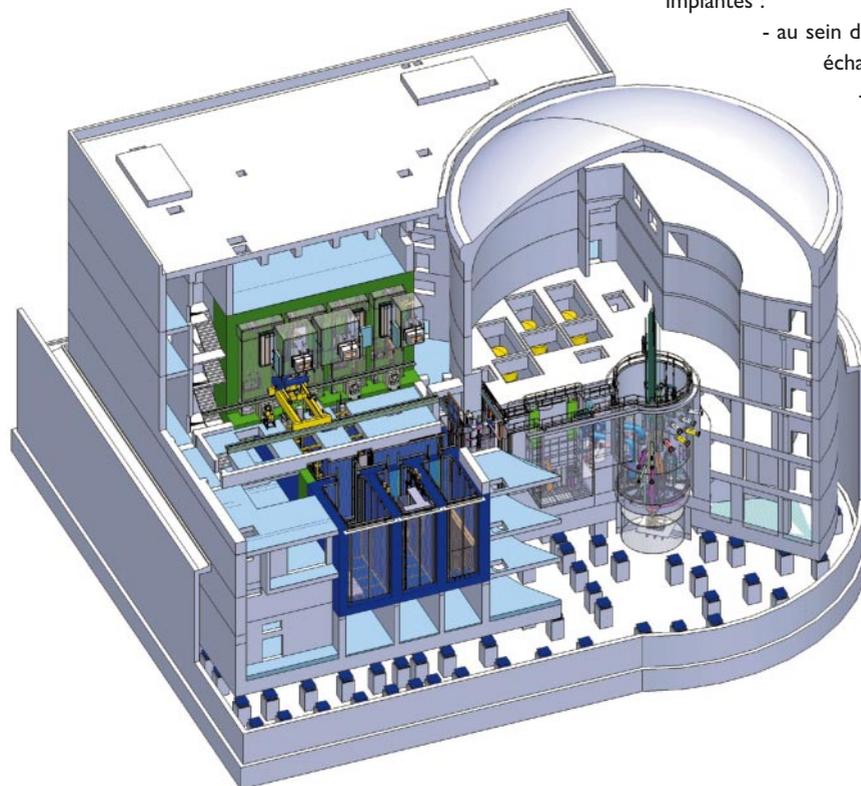
3 L'installation de recherche

3.1 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Implantée sur une zone de 6 hectares, à proximité des laboratoires de fabrication et d'études des combustibles sur le centre du CEA/Cadarache, l'installation Jules Horowitz comprendra deux bâtiments principaux accolés l'un à l'autre :

- le bâtiment réacteur abritera le réacteur nucléaire, les équipements nécessaires à son exploitation et ceux utilisés pour suivre les expérimentations (postes de travail pour les expérimentateurs, les équipements électriques, contrôle-commande...);
- le bâtiment des annexes nucléaires comportera des cellules pour la préparation, le conditionnement et l'examen des échantillons expérimentaux et trois piscines d'entreposage.

Un canal permettra de transférer sous eau les dispositifs expérimentaux entre le bâtiment réacteur et le bâtiment des annexes nucléaires.



3.1.1 Le réacteur de recherche

Le réacteur de recherche Jules Horowitz, réacteur nucléaire de type piscine, sera constitué d'un cœur dont la puissance sera limitée à 100 MW thermiques.

Le cœur, d'une soixantaine de centimètres de diamètre et de hauteur, sera contenu dans un caisson (appelé bloc-pile) fermé et immergé dans une piscine.

Le cœur comprendra jusqu'à trente-sept assemblages-combustible entourés d'un réflecteur* pour améliorer le fonctionnement du cœur. Le combustible du cœur du réacteur de recherche sera un combustible enrichi en uranium 235, en cours de développement. Ce combustible permettra d'obtenir des flux de neutrons* très élevés nécessaires aux études sur le vieillissement des matériaux.

Les dispositifs expérimentaux sont des enveloppes cylindriques de quelques centimètres de diamètre destinés à être soumis au flux de neutrons sur une hauteur de 60 cm ; ils pourront être implantés :

- au sein du cœur pour les expérimentations sur les échantillons de matériaux,
- ou en périphérie dans le réflecteur pour les expérimentations sur les combustibles.

Une vingtaine d'emplacements au total sont donc prévus pour ces dispositifs expérimentaux et les dispositifs de production de radioéléments pour la médecine nucléaire. Certains dispositifs seront équipés, individuellement, de systèmes permettant de contenir ou de faire circuler de l'eau, du gaz ou un alliage de sodium et potassium pour obtenir les conditions expérimentales (température, pression...) nécessaires aux programmes de recherche.

• Le refroidissement du cœur

La température de l'eau sera de l'ordre de 25 °C à l'entrée du cœur afin de respecter les conditions de fonctionnement du réacteur de recherche et restera inférieure à 60 °C à la sortie du cœur.

Dans ces conditions, trois circuits d'eau, indépendants les uns des autres, participeront au refroidissement du réacteur :

- **le circuit primaire** refroidira le cœur du réacteur par circulation d'eau sous pression. Ce circuit fermé sera situé à l'intérieur du bâtiment réacteur ;

- **le circuit secondaire**, isolé du circuit primaire, refroidira le circuit primaire grâce à des échangeurs de chaleur placés entre les deux circuits dans le bâtiment réacteur. La pression du circuit secondaire sera plus élevée que celle du circuit primaire. Ainsi, dans le cas d'une éventuelle fuite entre le circuit primaire et le circuit secondaire, aucune contamination ne peut entrer dans le circuit d'eau secondaire.

- **le circuit externe** refroidira le circuit d'eau " secondaire " à travers d'autres échangeurs de chaleur placés dans un autre bâtiment de l'installation (le bâtiment des réfrigérants). Ce circuit sera alimenté via une canalisation acheminant de l'eau provenant du canal de Provence.



Canal de Provence

• L'alimentation en eau

Le procédé de refroidissement par échangeur ne nécessitera pas de traitement chimique de l'eau de refroidissement et n'entraînera aucune consommation de l'eau de refroidissement externe : l'eau qui proviendra du canal de Provence sera restituée dans le canal EDF. Une canalisation de liaison d'environ 7 km, sera conçue exclusivement pour ce transit d'eau de refroidissement. Pour la prise d'eau, la canalisation de liaison utilisera un piquage

du canal de Provence existant qui avait été prévu dès l'origine de la création du centre de Cadarache. En cas de besoin (pour travaux de maintenance, par exemple), la canalisation de liaison pourra être isolée à ses deux extrémités.

L'eau refroidissant le cœur du réacteur (circuit primaire) et l'eau de refroidissement externe ne seront jamais en contact.

Le besoin annuel d'alimentation en eau⁽²⁾ est évalué à environ 40 millions de m³ pour un débit de pointe de l'ordre de 3 m³/s et un débit moyen de 1,3 m³/s. L'impact de cette dérivation se limite à un faible échauffement de l'eau de refroidissement. Après avoir été mélangée avec l'eau du canal EDF, la température de l'eau restera inférieure à 25 °C conformément à la réglementation.

3.1.2 Les piscines d'entreposage

La piscine d'entreposage des combustibles irradiés, comprenant un casier sur deux niveaux, servira à l'entreposage des combustibles usés du réacteur de recherche avant leur traitement à l'usine Cogema de la Hague. Cette piscine a les caractéristiques suivantes : profondeur : 8,5 m ; largeur : 2,8 m ; longueur : 7 m.

La piscine d'entreposage des dispositifs irradiés permettra d'entreposer des dispositifs expérimentaux et d'effectuer des examens sous eau. Elle est conçue pour l'entreposage d'une trentaine de dispositifs expérimentaux.

Cette piscine a les caractéristiques suivantes :

Profondeur : 8,5 m ; largeur : 3,1 m ; longueur : 7 m.

La piscine d'entreposage de composants irradiés et de démantèlement permettra d'entreposer des composants des structures internes du réacteur, des structures du cœur (réflecteur*) et les outillages utilisés pour la manutention et le démontage.

Cette piscine aura les caractéristiques suivantes :

Profondeur : 8,5 m ; largeur : 5,4 m ; longueur : 7 m.

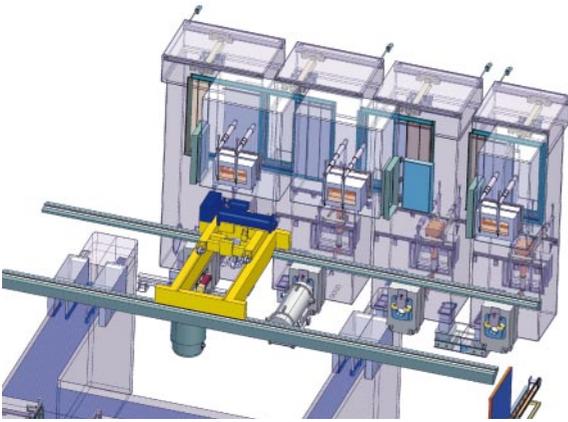


² Ce qui représentera 6 % du volume maximal pouvant être distribué par la société du Canal de Provence.

3.1.3 Les cellules

L'installation comprendra quatre cellules pour préparer et traiter les expériences ainsi que pour conditionner les échantillons pour application médicale à des fins d'expédition.

Les cellules seront installées en bordure du canal de transfert. Cette disposition permettra l'introduction ou l'évacuation des composants par un sas de transfert installé à l'aplomb des cellules.



3.1.4 Le canal de transfert

Le canal de transfert permettra de relier les piscines d'entreposage et les cellules. Ce canal a les caractéristiques suivantes :

Profondeur : 6,5 m ; largeur : 1,7 m ; longueur : 25 m.

3.2 LES DÉCHETS ET LES REJETS DE L'INSTALLATION

L'installation Jules Horowitz sera équipée de plusieurs dispositifs limitant au maximum les rejets radioactifs gazeux (émetteurs alpha, bêta, gamma et tritium...) et liquides ainsi que la production des déchets solides générés lors des expérimentations (gants, structures métalliques entourant les dispositifs expérimentaux...). Leur gestion fera l'objet de procédures en conformité avec les autorisations qui seront délivrées par l'autorité de sûreté nucléaire*.

Pour chaque catégorie de déchets générés par l'exploitation de l'installation de recherche, il existe des filières d'évacuation organisées dans le respect de la réglementation française.

Les déchets qui seront produits par l'installation Jules Horowitz seront de même nature que ceux générés par les réacteurs de recherche actuels. Leur gestion s'intégrera dans la gestion globale des déchets du CEA.

3.2.1 Les déchets radioactifs solides

Les déchets radioactifs solides (gants, coton, pinces ou matériau...) seront collectés, triés et conditionnés sur la base de la définition " d'un zonage " dans l'installation approuvé par l'autorité de sûreté* et selon des procédures édictées par le centre. Les déchets solides (moins d'une centaine de m³ par an en moyenne) qui seront évacués vers les centres de stockage gérés par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) représenteront environ 5 à 6 transports par an :

- Les déchets très faiblement radioactifs, à vie courte⁽³⁾, (moins de 30 m³ par an en moyenne) seront stockés sur le centre de stockage situé à Morvilliers.

- Les déchets faiblement et moyennement radioactifs, à vie courte⁽⁴⁾, (moins de 70 m³ par an en moyenne) seront conditionnés sur le centre de Cadarache avant leur évacuation vers le centre de stockage de l'Aube.

Par ailleurs, il est prévu de remplacer les dispositifs expérimentaux et certains composants internes du réacteur de recherche (caisson...) une ou plusieurs fois au cours de l'exploitation du réacteur de recherche.

Ces composants seront triés et découpés dans la piscine de démantèlement. Les plus radioactifs d'entre eux (quelques m³ par an en moyenne) seront conditionnés dans une cellule en vue de leur expédition vers une installation d'entreposage permettant une réduction de leur radioactivité avant leur évacuation vers le centre de stockage de l'Aube.

Le combustible du réacteur de recherche, après déchargement du cœur, sera entreposé dans une piscine située dans le bâtiment des annexes nucléaires de l'installation Jules Horowitz avant d'être envoyé à l'usine Cogema de La Hague pour y être traité. Les déchets issus de ce traitement seront entreposés sur le site de la Hague.

3.2.2 Les rejets radioactifs gazeux

Les rejets radioactifs gazeux seront générés principalement lors de l'ouverture des dispositifs expérimentaux en cellule et lors des opérations de dégazage du circuit de refroidissement du cœur (le circuit primaire).

Les systèmes de ventilation seront équipés de filtres très haute efficacité et de pièges à iode permettant de limiter la quantité des rejets gazeux. L'efficacité de ces dispositifs sera périodiquement contrôlée selon des procédures conformes à la réglementation française (normes Afnor). L'activité de ces rejets [composés principalement de gaz rares et d'halogènes (xénon, krypton, césium, iode...) et de tritium] sera similaire à celle mesurée sur les réacteurs de recherche existants et tient compte des expériences qui seront effectuées. Elle est estimée



³ Période radioactive* inférieure à 30 ans

⁴ Période radioactive* inférieure à 30 ans



à environ 13 TBq*, ce qui représente 2,5 % de l'autorisation actuelle de rejets du CEA/Cadarache fixée par l'arrêté ministériel du 21 novembre 1978.

3.2.3 Les effluents liquides

Les effluents radioactifs liquides seront générés principalement lors des expérimentations, des opérations de décontamination des cellules et de la régénération des résines utilisées pour l'épuration de l'eau de la piscine du réacteur et des piscines d'entreposage.

La collecte de ces effluents radioactifs dans des cuves, au plus près de leur lieu de production, en permettra un contrôle et une gestion optimisés. De plus, la spécialisation des réseaux d'effluents (effluents des procédés, effluents de lavage des sols...) permettra de garantir la non-dilution des effluents radioactifs (environ 200 m³ par an) et leur prise en charge par l'unité de traitement du centre de Cadarache.

La quantité des effluents industriels qui rejoindront, après contrôles, le circuit des rejets industriels du centre de

Cadarache, est estimée à environ 1 500 m³ par an. L'activité de ces effluents est estimée à environ 0,12 GBq par an, hors tritium, ce qui représente 3 % de l'autorisation actuelle de rejets du CEA/Cadarache fixée par l'arrêté ministériel du 21 novembre 1978.

L'activité totale de tritium est estimée à 0,165 TBq (soit environ 9 % de l'autorisation actuelle de rejets en tritium du CEA/Cadarache.



3.2.4 Les effluents chimiques

Les effluents d'origine chimique (moins de 10 m³ par an environ) seront essentiellement générés lors de la préparation et du conditionnement de l'eau contenue dans les circuits fermés contenant les dispositifs expérimentaux.

3.2.5 Les déchets conventionnels

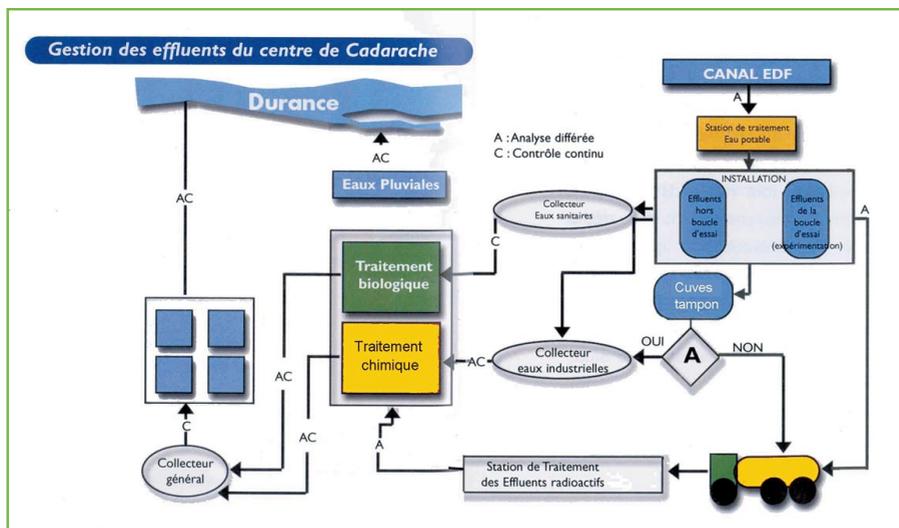
S'agissant des déchets conventionnels, ils seront gérés conformément à la réglementation en vigueur pour les installations nucléaires de base.

3.2.6 Impact de l'installation

Dans le cadre d'une étude d'impact des incidences prévisibles sur la population et l'environnement, la pratique est de considérer plus particulièrement le groupe d'habitants le plus proche de l'installation et pour lequel se combinent les modes d'exposition par voie atmosphérique et par voie liquide. Ce groupe constitue le groupe de référence, car si pour ce groupe l'impact est jugé acceptable alors il l'est pour les groupes plus éloignés. Plusieurs paramètres sont pris en compte :

habitat, cultures, élevage, modes de vie, rose des vents...

S'agissant de l'installation Jules Horowitz, le groupe de référence sera constitué par la population de Saint-Paul-Lez-Durance. Une estimation de la dose* annuelle pour ce groupe de référence a été réalisée ; elle est très inférieure à 1 µSv. A titre de comparaison, cette valeur est 2 400 fois inférieure à la valeur de la radioactivité naturelle (2,4 mSv).



4 La sécurité des salariés et des populations

La conception de l'installation Jules Horowitz, qui sera

classée installation nucléaire de base⁵,

répond à des règles définies en application

de recommandations émises par l'autorité de sûreté

nucléaire afin d'assurer la sécurité des salariés

et des populations environnantes. Cela implique

de mettre en place une stratégie de prévention,

de maîtrise des risques et d'évaluation

des conséquences pour les limiter.

4.1 STRATÉGIE DE PRÉVENTION DES RISQUES

La démarche de sûreté appliquée pour la conception de l'installation Jules Horowitz s'appuie notamment sur le retour d'expérience acquis sur les réacteurs de recherche existants.

La conception de l'installation Jules Horowitz repose sur le concept de défense en profondeur qui consiste à :

- assurer le fonctionnement normal de l'installation : la conception et la réalisation des équipements reposent sur la prise en compte de marges et la mise en place de dispositions préventives pour éviter les défaillances ;
- envisager néanmoins la survenue de défaillances : ce qui conduit à mettre en place des systèmes de détection et à prévoir les dispositions permettant de revenir à l'état sûr ;
- considérer des scénarios accidentels hypothétiques : bien que toutes les dispositions pour éviter les défaillances soient prévues, il s'agit de prévoir les actions de protection complémentaires pour limiter les conséquences d'un accident hypothétique aux niveaux les plus bas possibles. Ainsi, l'installation Jules Horowitz sera réalisée de telle sorte que des accidents pouvant conduire à un endommagement du cœur du réacteur ou à une dégradation des fonctions de sûreté dans le bâtiment adjacent au bâtiment réacteur soient rendus très improbables. De plus, l'enceinte du réacteur est dimensionnée afin d'assurer la sécurité des populations environnantes en situation accidentelle hypothétique.

4.2 IDENTIFICATION ET MAÎTRISE DES RISQUES

En application du concept de défense en profondeur, les risques d'origine interne ou externe sont méthodiquement identifiés afin de prévoir les mesures à mettre en place pour en limiter l'occurrence et les conséquences.



⁵ Le centre de Cadarache dispose de 18 installations nucléaires de base

4.2.1 Risques internes nucléaires

Le principe du confinement

Le confinement des matières radioactives est le principe de base pour en éviter tout risque de dispersion. Cela consiste à interposer un ensemble de dispositifs entre la matière nucléaire et l'environnement. Par exemple, le confinement du cœur du réacteur de recherche sera assuré par trois éléments : la gaine qui contient le combustible, le circuit de refroidissement du cœur du réacteur (circuit primaire), et l'enceinte de confinement en béton.

Des dispositifs de surveillance et une série de contrôles permettent de vérifier l'efficacité de chaque barrière de confinement : contrôles radiologiques du personnel, des matériels et des colis entrants et sortants, contrôles périodiques destinés à vérifier le maintien dans le temps des exigences spécifiées pour chaque dispositif de confinement, et mesures de radioactivité.

Les deux bâtiments (bâtiment réacteur et bâtiment annexes nucléaires) seront équipés d'un système de ventilation permettant leur mise en dépression par rapport à l'environnement afin d'en garantir le confinement. De plus, le confinement de chaque zone de travail sera assuré par une ventilation nucléaire sectorisée permettant ainsi de pouvoir isoler chaque zone en toutes circonstances.

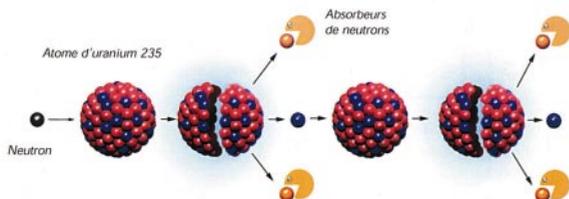
Maîtrise de la réaction en chaîne et de la criticité*

Le cœur sera doté d'un système de sauvegarde destiné à assurer l'arrêt automatique du réacteur de recherche en cas de besoin. La maîtrise permanente de la réactivité* du cœur sera assurée par des barres de pilotage et de sécurité qui permettent de contrôler la réaction nucléaire et de l'arrêter en toute circonstance.

Par ailleurs, des mesures et des dispositions seront prises pour maîtriser le risque de criticité lié aux dispositifs expérimentaux :

- l'étude préalable de l'impact des dispositifs expérimentaux au sein du cœur du réacteur de recherche ;
- la mise en place de dispositifs de mesure de neutrons émis par le cœur permettant d'évaluer en temps réel la réactivité du cœur (réactimètres) ;
- le bilan des matières systématiquement réalisé après chaque irradiation.

S'agissant des piscines d'entreposage des combustibles usés, la maîtrise du risque de criticité est assurée par la géométrie de



Dans un réacteur nucléaire, la réaction en chaîne est maîtrisée pour obtenir un nombre de fissions constant. Sur 2 ou 3 neutrons libérés lors d'une fission, seul l'un d'entre eux en provoque une nouvelle, les autres sont "capturés" par des matériaux "absorbeurs" de neutrons.

l'entreposage et des dispositifs de manutention. À titre d'exemple, les paniers de transfert des éléments combustibles seront munis d'alvéoles espacées les unes des autres avec une distance imposée.

Maîtrise de la puissance thermique

Au niveau du réacteur

Le circuit primaire permettra d'évacuer la puissance dégagée par le réacteur de recherche. De plus, la piscine du réacteur, dans laquelle sera immergé le bloc-pile contenant le cœur du réacteur, dispose de son propre circuit de refroidissement.

Au niveau des piscines d'entreposage

Comme pour la piscine du réacteur, des systèmes de refroidissement assurent l'évacuation de la puissance résiduelle des éléments combustibles ou des dispositifs expérimentaux entreposés.

Expositions des personnels aux rayonnements

Plusieurs types de mesures sont prévues pour assurer la protection du personnel dans l'installation Jules Horowitz vis-à-vis du risque d'exposition interne et externe des personnels, tant du CEA que des entreprises extérieures, aux rayonnements : mise en place d'un zonage radioprotection*, de dispositifs autour des sources émettant des rayonnements (épaisseur des parois en béton, hauteur sous eau dans les piscines, écrans en plomb...).

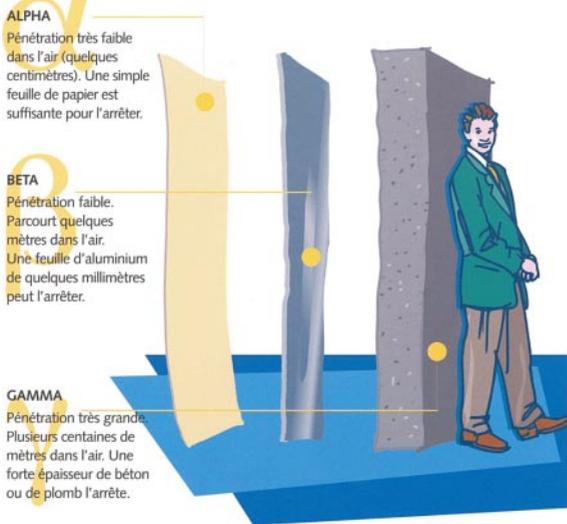
Les bâtiments seront dotés de dispositifs de mesures et de balises permettant d'assurer une surveillance de l'air en permanence à l'intérieur de l'installation, comme au niveau de la cheminée de l'installation équipée de filtres très haute efficacité et de pièges à iode.

Les activités présentant un risque radiologique pour les travailleurs seront regroupées dans une zone dite "zone contrôlée". Les divers locaux seront balisés en fonction des risques qu'ils présentent et dans certains cas exceptionnels, le port de protections complémentaires (appareil de protection des voies respiratoires, sur-bottes, gants, combinaisons...) sera rendu obligatoire.

Des contrôles à la sortie de la "zone contrôlée" seront réalisés pour le personnel et le matériel.



Les différents types de rayonnement



4.2.2 Risques externes

Les équipements et les structures de l'installation Jules Horowitz seront conçus et réalisés afin que la sûreté de l'installation ne puisse pas être affectée par des risques externes : feu de forêt, inondations, séisme, actes de malveillance...

Les dispositions prises par le centre de Cadarache pour éviter toute propagation d'un feu de forêt seront mises en vigueur pour l'installation Jules Horowitz. Elles incluent l'entretien périodique du site, le débroussaillage et le déboisement obligatoire autour de toute installation nucléaire de base sur le centre.

L'installation sera construite de sorte à faire face aux risques d'inondation quelle qu'en soit l'origine : rupture de conduite, remontée de nappe phréatique... Une étanchéité des bâtiments (partie enterrée et partie hors sol) et le drainage des eaux pluviales dans le voisinage de l'installation préviendront les risques d'infiltration d'eau.

Le risque de la chute accidentelle d'un avion est évalué conformément aux recommandations de l'autorité de sûreté* (Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection). Cela conduit à dimensionner le bâtiment réacteur et le bâtiment des annexes nucléaires à la chute éventuelle d'appareils de l'aviation générale (type Cessna ou Learjet).

L'installation Jules Horowitz, comme toutes les installations nucléaires en France, est soumise à des règles qui fixent l'aléa sismique à considérer et les règles de construction correspondantes.

L'aléa sismique, qui dépend du lieu considéré, est déterminé à partir de plusieurs éléments :

- la sismicité historique qui permet d'évaluer l'intensité de séismes qui se sont produits sur environ mille ans,
- les mesures expérimentales des séismes observés (les données existent depuis environ une trentaine d'années),
- la paléosismicité (étude des défauts géologiques) concernant des événements qui se sont produits il y a quelques dizaines de milliers d'années.

Les mouvements sismiques pris en compte pour la conception de l'installation Jules Horowitz en application de la règle fondamentale de sûreté (RFS) n° 2001-01 s'appuient sur les données techniques validées par l'autorité de sûreté. L'installation Jules Horowitz sera dimensionnée pour une tenue au séisme d'intensité IX sur l'échelle MSK* (Medvedev, Sponheur, Karmik), soit avec une marge importante par rapport au séisme maximal historique (Manosque 14/08/1708, intensité VII-VIII).

La solution retenue pour la conception parasismique consistera à placer l'installation Jules Horowitz sur des appuis parasismiques. Cette solution assurera une bonne protection des bâtiments. Elle réduira considérablement les sollicitations pouvant être engendrées par un séisme sur les équipements internes.

En ce qui concerne la sécurité des matières nucléaires, la conception de l'installation doit satisfaire aux exigences spécifiées dans la loi sur la protection et le contrôle des matières nucléaires. Dans ce cadre, un système de suivi physique et de comptabilité des matières sera mis en œuvre afin de détecter toute anomalie.

4.2.3 Les transports



Les transports associés au fonctionnement de l'installation Jules Horowitz seront liés à l'approvisionnement en combustible neuf, à l'évacuation des déchets et des combustibles usés, à la réception et l'évacuation des échantillons expérimentaux et à l'évacuation des éléments servant à la production de radioéléments à usage médical.



Le nombre de transports nécessaires pour les combustibles du réacteur est évalué entre 2 et 4 par an pour le combustible neuf et entre 4 et 8 par an pour le traitement des combustibles irradiés.

Le nombre de transports liés aux activités d'expérimentation est évalué à environ 15 par an. Les échantillons de combustibles et/ou de matériaux proviendront essentiellement des laboratoires du centre de Cadarache et, dans une moindre mesure, de laboratoires français ou étrangers. La proximité des installations dédiées aux études de combustibles, à la préparation des expériences et aux examens post-irradiatoires du centre de Cadarache permettra de réduire significativement les transports routiers entre les différents centres CEA.

Les transports liés à la production de radioéléments pour la médecine nucléaire en soutien aux actions de santé publique représenteront moins de 100 transports par an.

La réglementation des transports

L'Agence internationale de l'énergie atomique* (AIEA) a élaboré des recommandations à caractère international pour la sûreté des transports.

En France, la réglementation des transports de matières radioactives empruntant la voie publique est "l'arrêté ADR" du 1^{er} juin 2001 relatif au transport des marchandises dangereuses par route, qui se fonde sur les recommandations de l'AIEA.

L'objectif de cette réglementation est double :

- garantir la sécurité et la protection physique du transport, ce qui consiste à empêcher les pertes, disparitions, vols et détour-

nements des matières nucléaires. Le Haut Fonctionnaire de Défense (HFD) du ministère de l'Industrie en est le responsable ;

- garantir la sûreté, ce qui consiste à maîtriser les risques d'irradiation, de contamination et de criticité associés au transport des matières radioactives et fissiles de manière à ce que l'homme et l'environnement n'en subissent pas les nuisances. Le contrôle de la sûreté est du ressort de l'autorité de sûreté nucléaire* (Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection) ainsi que la délivrance des autorisations de transport (certificat d'agrément pour la voie publique).

La réglementation spécifie les critères de performance des colis compte-tenu des fonctions de sûreté qu'ils doivent assurer : le confinement, la radioprotection et la prévention des risques thermiques et de criticité.

Les chauffeurs en charge des transports sur voie publique doivent avoir suivi une formation agréée répondant aux exigences réglementaires fixées par "l'arrêté ADR". Tous les 5 ans, ils doivent suivre un stage de recyclage de 3 jours.

Pour les transports internes sur les sites CEA, la réglementation applicable relève de la réglementation voie publique (ADR). Les modèles d'emballages utilisés pour les transports internes disposent d'un certificat d'homologation délivré par la direction du centre ou par l'autorité de sûreté en fonction de l'activité ou de la nature du contenu.

Les différents types d'emballages de transports utilisés

Le degré de sûreté d'un colis est adapté à la nature de la matière transportée. Il existe en conséquence divers types d'emballage pour lesquels la réglementation prévoit des exigences de sûreté et des critères de réussite à des épreuves représentatives de conditions normales et accidentelles de transport.

Les emballages de transport de combustibles sont testés pour résister à la fois aux conditions normales de transport et aux conditions accidentelles plus sévères (une chute de 9 mètres sur une surface indéformable, suivie d'une chute de 1 mètre sur un pieu, suivie d'un feu d'une température de 800 degrés pendant 30 minutes). L'emballage doit aussi résister à une immersion sous eau (15 mètres de profondeur [200 mètres pour les combustibles irradiés] pendant 8 heures).

Les emballages de transport des radioéléments pour la médecine nucléaire font également l'objet de tests de sorte à résister à plusieurs types d'épreuves (chute, compression, pénétration par chute d'une barre...).

Les transports concernant l'installation Jules Horowitz se feront avec des emballages de conception récente.

4.3 L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

La stratégie d'identification des risques conduit également à prévoir plusieurs scénarios d'accidents pour en estimer les conséquences pour le public et l'environnement.

L'accident hypothétique, le plus pénalisant, pour l'installation Jules Horowitz consisterait en une fusion du cœur du réacteur provoquée par un emballement de la réaction en chaîne* très rapide et sur une très courte durée. L'enceinte de confinement de l'installation Jules Horowitz est conçue pour pouvoir résister aux conditions de pression et de température développées à l'intérieur du bâtiment réacteur suite à un tel accident. Grâce à la conception de l'installation, l'impact n'induirait pas la mise en œuvre de mesures de protection pour les populations (inférieur à 5 mSv en dose efficace* à proximité immédiate du site, à comparer au seuil de mise à l'abri qui est de 10 mSv).

Les exercices de sécurité à Cadarache

Dès la connaissance d'une anomalie pouvant affecter sérieusement le fonctionnement d'une installation du centre de Cadarache, les procédures prévues dans le cadre du plan d'urgence interne (PUI) sont déclenchées. Si les conséquences envisagées dépassaient les limites du CEA/Cadarache, le préfet des Bouches-du-Rhône serait conduit à mettre en œuvre les moyens prévus par le plan particulier d'intervention (PPI). Des exercices de plan d'urgence interne et de plan particulier d'intervention sont régulièrement organisés.



Le dernier exercice de crise a permis de tester la mise en place des barrages routiers.

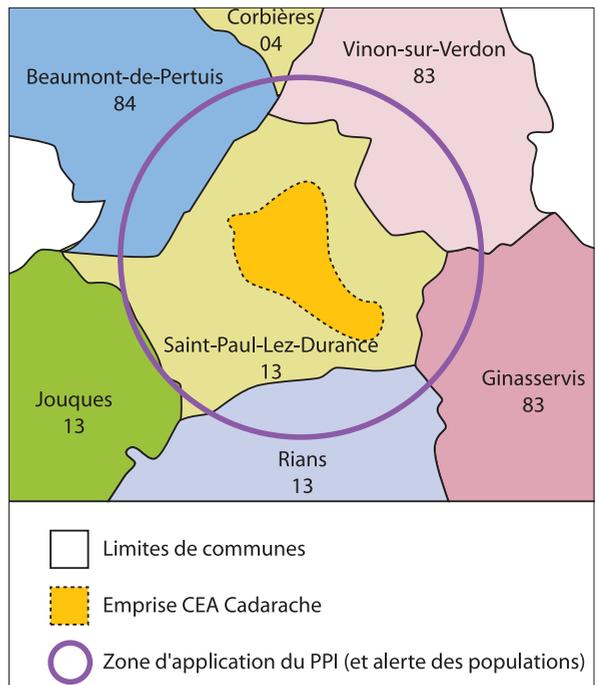
Comment les rayonnements peuvent-ils affecter le corps humain ?

Source de rayonnements : l'intensité décroît avec la distance.

- Par l'irradiation externe**
 L'organisme se trouve exposé à des rayonnements plus ou moins pénétrants, provenant de sources qui lui sont extérieures.
- Par l'irradiation interne**
 Elle résulte de l'ingestion ou l'inhalation de substances radioactives, qui contaminent l'organisme pour une durée de temps variable selon la substance.

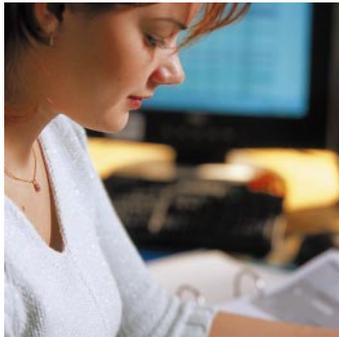
Une information permanente
 Des informations sur le nucléaire, sur la vie des installations et les niveaux de radioactivité dans l'environnement sont disponibles en permanence. Les pouvoirs publics les diffusent par minitel. Vous pouvez les consulter par le 3614 TELERAY et 3614 MAGNUC.

Fines particules pénétrant dans l'organisme, soit par le nez, la bouche (poussières), soit par ingestion d'aliments (légumes, viandes, poissons, lait, eau, naturellement radioactifs ou



5 Les impacts du projet

Le projet Jules Horowitz confortera l'impact économique de la plate-forme de recherche énergétique constituée par le CEA/Cadarache en région PACA. Il permettra de dynamiser et de valoriser les collaborations scientifiques régionales sur un plan européen et international.



La région PACA se situe en France à la troisième place en matière de recherche et développement après l'Île-de-France et Rhône-Alpes avec une prédominance de la recherche publique (43 %). L'étude réalisée par le Centre d'économie régionale de l'emploi et des firmes internationales (Cerefi⁽⁸⁾) de l'université Paul Cézanne d'Aix-Marseille a évalué les enjeux économiques et sociaux du centre de Cadarache en PACA. L'investissement dans des infrastructures de recherche, comme l'installation Jules Horowitz, renforcera la R et D régionale.

5.1 L'IMPACT SOCIO-ÉCONOMIQUE DU PROJET

La phase de construction (2007-2014) de l'installation Jules Horowitz générera en moyenne de 100 à 300 emplois directs et de 300 à 1 000 emplois indirects selon les phases du chantier. Les dépenses réalisées en région PACA seront de 360 millions € environ, soit 64 % de l'investissement du projet supérieur à 500 millions €. Cet investissement participera au dynamisme économique de la région.

En phase d'exploitation (2015-2065), près de 150 personnes travailleront pour l'installation Jules Horowitz. Au début de cette phase, une partie de ce personnel viendra de l'installation Osiris implantée à Saclay. Les autres salariés du centre de Saclay travaillant sur l'installation Osiris seront reconvertis sur d'autres installations du CEA/Saclay et sur les opérations de mise à l'arrêt et de démantèlement du réacteur de recherche.

5.1.1 Le CEA/Cadarache dans l'économie régionale

Toutes activités confondues, plus de 4 100 personnes environ travaillent sur le site du CEA/Cadarache. En appliquant le ratio emploi indirect sur emploi direct (de l'ordre de 1 à 2), généralement utilisé sur des régions à structure économique comparable, les emplois de Cadarache génèrent entre 4 000 et 8 000 emplois indirects.

Les emplois sont stables (plus de 90 % relèvent de contrats à durée indéterminée) et de haut niveau. La moitié des salariés est aujourd'hui composée d'ingénieurs et de cadres. La progression des ingénieurs et cadres depuis 1993 (date à laquelle ils représentaient 38 % du personnel) témoigne du renforcement de la technicité nécessaire à une recherche de pointe.

Plus de 90 % des salariés résident dans la région et un peu moins de la moitié dans les Bouches-du-Rhône. La masse salariale distribuée dans la région par l'ensemble des entités situées sur le centre de Cadarache (CEA, Technicatome, Cogema,

⁸ Évaluation économique du projet Jules Horowitz sur la région PACA, Gilbert Benhayoun (Cerefi, Aix en Provence), Yvette Lazzeri (Idep, Marseille), Olivier Sudrie (Sdme, Paris), CEREFI, Décembre 2001. Actualisation Février 2005

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, Intercontrôle) représente 204 millions € fin 2004.

Avec l'investissement que représente le projet Jules Horowitz, le centre de Cadarache se prépare à accueillir un outil de recherche d'importance résultant d'une collaboration internationale et qui va renforcer, pour les décennies à venir, son potentiel scientifique dans le domaine de l'énergie nucléaire de fission où travaillent déjà actuellement environ 2 000 personnes.

5.1.2 Un potentiel scientifique élevé

La part du CEA dans la RetD régionale est estimée au minimum à 10 %, du point de vue de la dépense intérieure, du capital humain (chercheurs et personnels d'accompagnement de la recherche), des publications scientifiques (6 % par rapport à l'ensemble des publications, 11 % dans le domaine de la physique, 10 % de thèses soutenues).

Des collaborations scientifiques sont développées avec les entreprises régionales impliquées dans la thématique énergie-environnement, les six universités de PACA et des instituts de recherche : CNRS, Institut Français de Recherche et Exploitation de la Mer (Ifremer), le Centre de recherches et d'enseignement en géosciences de l'environnement (Cerege). Ces collaborations sont conduites dans le cadre de collaborations scientifiques, d'enseignement et de la création de laboratoires mixtes. Environ 90 doctorants sont présents en moyenne sur le site dans le cadre des conventions établies avec des universités, dont 50 % sont rattachés aux trois universités d'Aix-Marseille. Ils sont pour près des 3/4 sous contrat de recherche CEA avec financement 100 % CEA ou 50 % CEA et 50 % industrie.

Le CEA/Cadarache constitue l'un des principaux atouts d'une proposition de pôle de compétitivité régional pour le développement d'une politique de recherche et de développement technologique en région PACA, auquel contribuera le projet Jules Horowitz.



5.2 LE CHANTIER

La construction de l'installation Jules Horowitz entraînera la mise en place d'une zone chantier sur le centre de Cadarache d'environ 7 ha à proximité du site d'implantation de l'installation.

5.2.1 Accès au chantier et impact

Deux solutions d'accès au chantier sont étudiées :

- une solution consiste à accéder par le chemin départemental CD11 qui nécessitera la réalisation d'une route sur des terrains appartenant au CEA/Cadarache entre le CD11 et la clôture du centre de Cadarache en remplacement d'une piste existante ;
- une autre solution nécessite la création d'une route sur les terrains du CEA/Cadarache à proximité de la clôture sud. Cette solution sera retenue sauf si les études en cours révèlent des difficultés la rendant irréaliste. Dans ce cas, la solution qui consiste à accéder par le CD 11 sera mise en œuvre.



Les accès au chantier se feront depuis une porte existante ou à créer ne nécessitant qu'un aménagement minimum (poste d'accès provisoire).

Durant la phase chantier, le trafic routier sera lié à la présence d'environ 150 personnes en moyenne pouvant atteindre 250 à 300 selon les phases de construction. Ce flux de transports ne modifiera pas de façon significative le flux journalier sur le CD11 existant (1 200 véhicules par jour) ou celui lié à l'accès du centre de Cadarache (2 200 véhicules par jour).

Pour les transports de très gros composants (pompes, transformateurs, ponts roulants, cuves...) qui représenteront une cinquantaine de convois, il est envisagé d'utiliser l'accès principal du centre de Cadarache.

Le trafic des poids lourds sera limité aux livraisons de matériaux de construction et de matériels nécessaires au montage de l'installation. Le trafic engendré par le chantier est estimé à environ

8 camions/jour en moyenne avec quelques pointes à 15 camions/jour (heures ouvrables). Le nombre de convois exceptionnels devrait être limité à une cinquantaine sur toute la durée du chantier.

Par ailleurs, pour les besoins de la construction, il est prévu de réaliser une installation de concassage et une centrale à béton sur le site du chantier afin de limiter le trafic des poids lourds à l'extérieur du centre de Cadarache. Sans l'implantation provisoire d'une centrale à béton, le pic du trafic poids lourds s'élèverait à environ 150 camions/jour à certaines phases du chantier au lieu de 8 camions. Ces installations seront potentiellement génératrices de bruit et de poussières au niveau du centre. Une solution envisagée consistant à arroser les pistes de chantier permettra de limiter le soulèvement de poussière par les engins de chantier.

Pendant les phases de terrassement, le bruit des tirs à l'explosif pourra éventuellement être perçu, à proximité immédiate de la limite sud du site. Les tirs seront réalisés de jour. Une information sera faite sur les périodes de tir.

5.2.2 Impact du chantier sur l'écosystème

Le site de Cadarache s'étend sur 1 600 hectares dont 900 clôturés. La zone de l'installation Jules Horowitz (voie accès, zone entreprise, zone de l'installation proprement dite) sera de l'ordre de 13 hectares au total dont 7 hectares pour la zone chantier. Cette zone entièrement clôturée aura peu d'incidence sur la faune et la flore. Un diagnostic écologique a permis de s'assurer qu'aucune espèce protégée n'existait sur le site d'implantation prévu pour la construction de l'installation Jules Horowitz (le site de Bargette-Est).

La zone retenue n'est pas une zone d'habitat de la colonie des mouffons de Corse ; le classement de cette espèce dans les annexes II et IV de la directive habitat-faune-flore lui confère le statut d'espèce d'intérêt communautaire.



5.2.3 Sécurité du chantier

L'installation Jules Horowitz sera construite conformément à la réglementation en vigueur qui s'applique aux chantiers clos et indépendants (décret du 26 décembre 1994). Pour ce faire, le CEA/Cadarache implantera une clôture de sécurité autour de la zone de construction. Outre ces dispositions, un coordonnateur de sécurité et de protection de la santé sera nommé pour mettre en œuvre, auprès des entreprises intervenantes, le plan général de coordination de la sécurité et de protection de la santé.

Dans l'objectif d'associer tous les partenaires à l'analyse des mesures de prévention, le CEA/Cadarache constituera un collège inter-entreprises de sécurité, de santé et des conditions de travail. Ce collège se réunira périodiquement en présence de l'inspecteur du travail, des organismes de prévention tels que la caisse régionale d'assurance maladie, l'organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics et les médecins du travail des entreprises.

L'ensemble des dispositions retenues pour ce chantier s'inscrit dans la directive européenne 92/57/CEE du 24 juin 1992 visant à réduire les accidents et les maladies professionnelles dont sont victimes les salariés des entreprises du secteur de la construction.

5.3 L'IMPACT VISUEL

Le site d'implantation de l'installation Jules Horowitz sera situé à l'intérieur de la clôture actuelle du centre de Cadarache. Afin de faciliter l'intégration de l'installation dans son environnement, une mission est confiée à un architecte DPLG (Diplômé par le Gouvernement).



6 Contrôles et surveillance de l'environnement

Les contrôles et la surveillance de l'environnement

concernant l'installation Jules Horowitz s'inscrivent

dans la politique de protection de l'environnement

mise en place par le centre de Cadarache.

La rapidité de détection d'une anomalie est un atout

important pour assurer la sécurité de l'installation

et de l'environnement.

6.1 CONTRÔLES DE L'INSTALLATION

Les contrôles des activités au sein de l'installation Jules Horowitz s'effectueront en application de l'arrêté du 10 août 1984 relatif à la qualité de la conception, de la construction et de l'exploitation des installations nucléaires de base.

6.1.1 Les contrôles internes

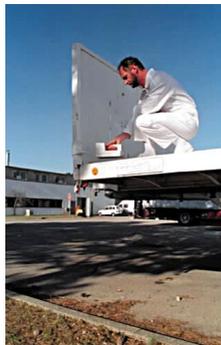
L'organisation des contrôles

Les contrôles qui s'exerceront sur l'installation Jules Horowitz s'inscrivent dans l'organisation mise en place par le CEA/Cadarache pour toutes les installations nucléaires de base avec :

- un contrôle " dit de premier niveau " relevant de la responsabilité du chef d'installation.
- un contrôle " dit de deuxième niveau " assuré par le directeur du centre de Cadarache qui s'appuie sur les compétences : d'un ingénieur sécurité d'établissement pour la bonne application du Code du travail en matière d'hygiène et sécurité ; de la cellule de sûreté nucléaire qui vérifie le bon fonctionnement de l'organisation et du système mis en place dans le cadre de la réglementation pour assurer la sûreté de l'installation ; de la cellule des matières nucléaires pour le contrôle et le suivi de la comptabilité des matières nucléaires ; du service de protection contre les rayonnements pour la sécurité radiologique du personnel et la surveillance de l'environnement.

Les contrôles des installations

Les contrôles des rejets radioactifs (liquides et gazeux) s'effectuent en application d'obligations réglementaires (arrêtés ministériels du 21 novembre 1978). Ces textes, publiés au journal officiel du 22 décembre 1978, fixent les limites de rejets autorisées pour les installations nucléaires implantées sur le centre de Cadarache. Ils fixent aussi les conditions de rejet, les modalités de contrôle et les mesures de surveillance : obligation d'avoir un laboratoire d'analyses, des registres mensuels, une station de traitement des effluents ; définition des prélèvements et fréquence ; transmission des résultats d'analyse à la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (Drire) et à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).



6.1.2 Les contrôles externes

Le contrôle des installations nucléaires de base implantées sur le centre du CEA/Cadarache est placé sous la responsabilité conjointe des ministres en charge de l'Industrie et de l'Environnement. Les inspecteurs de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR*) et de la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (Drire) procèdent à des visites de contrôle (en moyenne une cinquantaine chaque année) dont certaines sont inopinées.

L'autorité de sûreté nucléaire* exerce son activité dans les différents domaines que sont l'examen technique de la sûreté des installations nucléaires de base (INB), la gestion des déchets radioactifs, la maîtrise de l'impact des installations nucléaires, le contrôle du transport des matières radioactives à usage civil et la radioprotection. Elle recourt à l'expertise d'appuis techniques extérieurs, notamment de l'IRSN et sollicite les avis et les recommandations de groupes d'experts provenant d'horizons scientifiques et techniques diversifiés.

6.2 LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

La surveillance de l'environnement autour de l'installation Jules Horowitz s'inscrit dans le cadre du plan de surveillance mis en

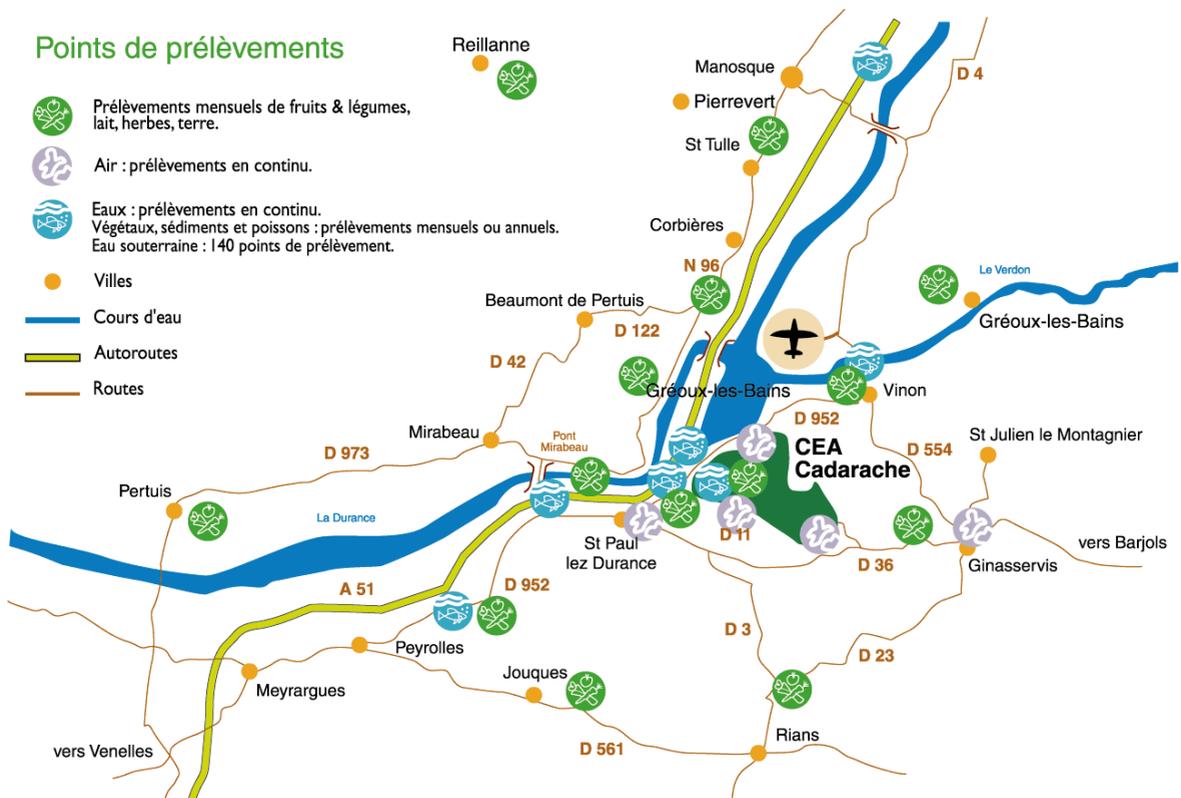
place par le CEA/Cadarache : surveillance des rejets du centre, contrôles radiologiques, du milieu aquatique, des sols, de la flore et de la faune, de la qualité de l'air à l'intérieur du centre de Cadarache et dans les communes environnantes.

6.1.3 Surveillance de l'environnement par le CEA/Cadarache

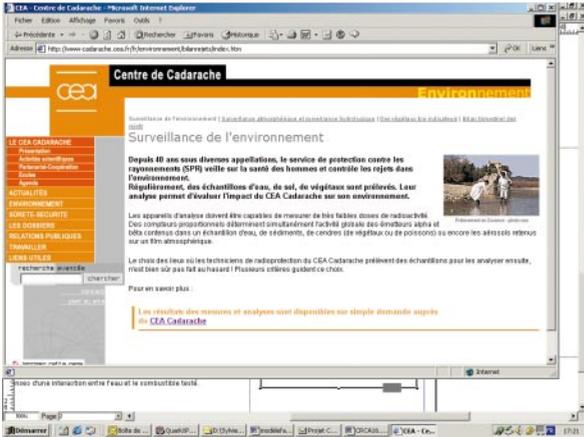
Dans le cadre de la surveillance de l'environnement, plusieurs milliers d'échantillons sont prélevés chaque année, à l'intérieur et à l'extérieur du CEA/Cadarache, portant sur différents milieux : air, poussières atmosphériques, eaux (de pluie, souterraines, de surface), sols, sédiments ainsi que les principaux éléments de la chaîne alimentaire (légumes, fruits, lait, vin...). Les mesures sont effectuées par le laboratoire d'analyses du centre qui a été accrédité Cofrac en 2003 et agréé par les ministères en charge de la Santé et de l'Environnement depuis le 18 mai 2004.

Quant aux analyses physico-chimiques, elles portent sur la vingtaine de polluants dont les limites de rejet annuelles ont été fixées par l'arrêté préfectoral n° 96-349/98-1996 du 21 mars 1997.

Les résultats des mesures effectuées en application de l'arrêté ministériel du 21 novembre 1978 sont transmis, chaque mois, à la DGSNR* qui reçoit trois registres (rejets mensuels,



surveillance de l'environnement et maintenance et d'étalonnage des appareils) et à la Drire qui reçoit le registre des résultats de la surveillance de l'environnement. Un rapport annuel est également envoyé à l'inspecteur des installations classées de la Drire en application de l'arrêté préfectoral du 13 octobre 1983 modifié par l'arrêté préfectoral du 7 avril 1997.

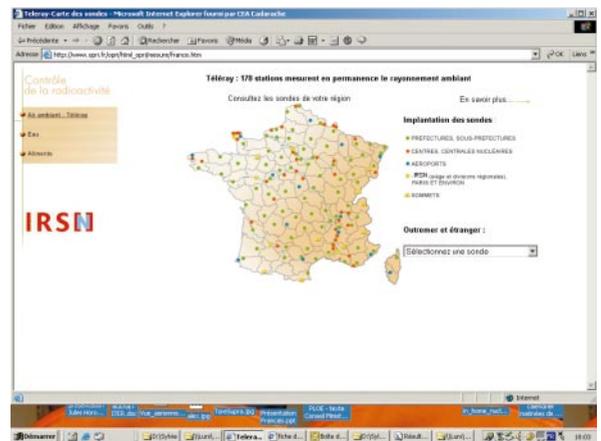


6.1.4 Surveillance par des organismes indépendants

En plus des mesures effectuées par le CEA/Cadarache, des analyses sont réalisées par des laboratoires extérieurs à la demande des services de l'État. Par ailleurs, l'IRSN dispose de réseaux de mesures indépendants (Observatoires permanents de la radioactivité et de l'environnement (Opera) et réseau Téléray).

Les résultats de ces mesures sont mis à la disposition du public par :

- l'autorité de sûreté nucléaire sur le site internet www.asn.gov.fr,
- la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement sur le site internet www.paca.drire.gouv.fr,
- l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le site internet www.irsn.org/opera/ pour les résultats de la surveillance effectuée dans le cadre du réseau Opera et www.irsn.org pour les résultats des 178 stations de mesure du réseau Téléray (dont une située à Cadarache).



L'échelle des incidents

Lorsqu'un événement survient dans une installation nucléaire ou cours d'une opération de transport, il est qualifié d'incident ou d'accident en fonction de sa gravité et de ses conséquences sur les salariés, la population et l'environnement. Il est systématiquement déclaré à l'autorité de sûreté nucléaire.

L'échelle INES (International Nuclear Event Scale), graduée de 0 à 7, définit la gravité d'un événement et le caractérise. Conçue par un groupe national d'experts réuni par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE, elle a été mise en place en 1991.

7 Le démantèlement

Les dispositions pour le démantèlement de l'installation Jules Horowitz sont prévues dès la conception de l'installation. Elles reposent pour une large part sur le retour d'expérience des phases de déclassement d'installations nucléaires du CEA, ainsi que des opérations de maintenance sur les réacteurs de recherche existants. Le financement de ce démantèlement est inclus dans les coûts d'exploitation.

7.1 MESURES PRISES DÈS LA CONCEPTION

Comme pour toute installation nucléaire de base, la démontabilité de l'ensemble des circuits et des composants, ainsi que les modes d'évacuation, sont prévus dès la conception de l'installation Jules Horowitz. Les opérations liées au démantèlement sont définies en application des principes et des dispositions visant à :

- limiter les doses* auxquelles sont exposés les opérateurs,
- limiter l'activation des matériaux du bloc-pile,
- faciliter le démantèlement des structures activées du bloc-pile,
- faciliter le démantèlement de tous les circuits ou matériels contaminés,
- limiter le volume des déchets solides et effluents liquides radioactifs produits et permettre leur traitement ainsi que leur évacuation,
- faciliter le contrôle et la surveillance des opérations.

Par exemple, plusieurs dispositions sont prévues, comme le démontage sous eau des éléments, le choix de matériaux spécifiques afin de limiter leur activation sous l'effet des rayonnements ionisants (faible teneur en cobalt 59) pour faciliter le démantèlement du caisson ayant contenu le cœur du réacteur. S'agissant de la vidange et de l'assainissement des piscines d'entreposage, les circuits de traitement de l'eau des piscines seront conçus pour limiter l'activité de l'eau. Les parois des piscines pourront être décontaminées sous eau. L'eau pourra être épurée avant vidange vers les cuves spécifiques afin de limiter l'activité et le volume des effluents. Les cuvelages inox permettront l'utilisation de procédés de décontamination (gel, mousse acide, électro-polissage...) afin de limiter le risque de contamination du béton lors des opérations de découpe du cuvelage. Une série de dispositions concernant les aménagements et l'architecture de l'installation est prévue afin d'en faciliter le démantèlement et l'assainissement : conception d'éléments modulaires décontaminables et démontables, conception des réserves d'eau (piscines et cuves) et des circuits facilitant leur assèchement final, mise en place de revêtements adéquats sur les parois des locaux susceptibles d'être contaminés...

La réduction et la limitation du volume des déchets générés lors du démantèlement sont prises en compte dès la conception par une série de mesures : minimisation de l'étendue des circuits actifs, choix des matériaux, des composants et des structures de façon à diminuer les dépôts de contamination et faciliter les



opérations de décontamination, limitation au strict nécessaire des matériels affectés en zone nucléaire, recyclage ou récupération de matériaux de protection radiologique...



7.2 DISPOSITIONS PRÉVUES LORS DE L'EXPLOITATION

Un système d'archivage des documents sera mis en place afin de maintenir facilement et rapidement l'exhaustivité des connaissances techniques sur l'installation Jules Horowitz, indispensables aux études de démantèlement. Le système de traçabilité qui sera mis en place permettra de disposer, à tout instant, du niveau de connaissance technique sur les états réels de l'installation prenant en compte tous les aspects (modifications, réparations, inspections, essais, incidents...).

Le système de "zonage déchets" et l'historique radiologique des locaux et des matériels permettront d'optimiser la gestion des déchets lors des opérations de démantèlement.

Les déchets issus du démantèlement

La quantité des déchets radioactifs qui seront produits par les opérations de démantèlement est estimée à moins de 2 000 tonnes. Ce seront majoritairement (environ 90 %) des déchets à vie courte qui seront stockés sur les centres de l'Andra. La destination des déchets à vie longue (environ 10 %) sera définie par les pouvoirs publics à partir de 2006.

8 La concertation locale

*La concertation locale qui sera organisée
pour le projet Jules Horowitz aura lieu
de fin avril 2005 à fin juin 2005.*

Le CEA a saisi la Commission nationale du débat public (CNDP) pour le projet Jules Horowitz le 8 juillet 2004.

Par décision du 8 septembre 2004, après en avoir délibéré et à la majorité de ses membres présents, la CNDP a décidé qu'il n'y a pas lieu d'organiser un débat public pour ce projet considérant que :

- son implantation se ferait sur et à l'intérieur des limites du centre existant de Cadarache,
- et qu'ainsi son incidence territoriale apparaît très limitée.

La CNDP a toutefois recommandé au CEA (maître d'ouvrage du projet) de mener une concertation. Le CEA lui a soumis les modalités qu'il envisageait pour cette concertation selon les préconisations de la commission. Elle a désigné le 2 février 2005 l'un de ses membres, Patrick Legrand, pour suivre cette concertation.

8.1 LES OBJECTIFS DE LA CONCERTATION

Selon les modalités fixées par la CNDP en septembre 2004, la concertation portera sur les aspects socio-économiques, d'aménagement du territoire et sur les options de sûreté. L'objectif de cette concertation est d'assurer l'information du public et lui permettre de s'exprimer, en particulier lors de réunions publiques.

Durant cette phase d'information, toutes les personnes habitant dans les communes environnantes pourront s'informer, poser des questions auxquelles des réponses devront être apportées et donner leur point de vue.

En amont de l'enquête publique, la concertation est une étape dans le processus d'élaboration du projet Jules Horowitz qui vise à éclairer le maître d'ouvrage sur les suites à donner à ce projet, sans être conclusive.



8.2 LES MODALITÉS DE LA CONCERTATION

Dans le cadre de la mise en œuvre de la concertation, une commission a été constituée. Placée sous la responsabilité de Jean-Claude Darras, ancien président du tribunal administratif de Marseille (1994-2004), la commission de concertation comprend trois membres : Alain Chadeau, ingénieur général de l'armement en retraite et commissaire-enquêteur, Monique Giffard, ancienne avocate au Barreau de Marseille, membre du Comité technique radiophonique de Marseille et vice-présidente de l'association "retravailler-Provence" et Alexandra Maraval, journaliste scientifique (Environnement Magazine, ITHOS développement durable, Hydroplus Mer et Littoral...).

Leur rôle est placé dans un cadre déontologique strict :

- équité, intégrité, impartialité,
- indépendance,
- devoir de réserve sur le fond du projet.

Cette commission assurera l'organisation et l'animation de la concertation, veillera à la mise en œuvre des moyens d'expression prévus par le maître d'ouvrage (affiches, documents d'information, site internet...) et à la bonne application des trois principes qui présideront tout au long des échanges :

- l'équivalence et le respect des personnes : toute personne peut s'exprimer, poser une question, donner son avis et émettre une proposition ;
- l'argumentation : les prises de position doivent être argumentées ;
- la transparence: toutes les informations doivent être claires et accessibles.



La Commission Nationale du Débat Public

La Loi 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité transforme la Commission nationale du débat public (CNDP), créée en 1995 par la loi dite " Barnier ", en autorité administrative indépendante et en élargit le champ de compétence. Cette instance est chargée de veiller au respect de la participation du public au processus d'élaboration des projets d'aménagement ou d'équipement d'intérêt national, dès lors qu'ils présentent de forts enjeux socio-économiques ou ont des impacts significatifs sur l'environnement ou l'aménagement du territoire. La participation du public peut prendre la forme d'un débat public que la CNDP peut, soit organiser elle-même [et dans ce cas, elle en confie l'animation à une commission particulière du débat public], soit en confier l'organisation au maître d'ouvrage sur la base de préconisations. Elle peut, en outre, estimer qu'un débat public ne s'impose pas mais recommander au maître d'ouvrage l'organisation d'une concertation selon des modalités qu'elle propose, comme elle l'a fait pour le projet Jules Horowitz.



Projet Jules Horowitz

Dossier de présentation



Annexe I

***Extrait de la décision de la CNDP
du 2 février 2005***

Le Président

Paris, le 2 Février 2005

COMMUNIQUÉ DES DÉCISIONS DE LA CNDP DU 2 FÉVRIER 2005

Lors de la réunion du 2 février 2005, la Commission nationale du débat public a pris les décisions suivantes :

2 – Projet du Commissariat à l’Energie Atomique de réacteur de recherche nucléaire Jules Horowitz (Cadarache).

Le 8 Septembre 2004, la Commission nationale du débat public avait décidé de ne pas organiser de débat public sur ce projet mais de recommander au maître d’ouvrage, le Commissariat à l’Energie Atomique, d’organiser une concertation selon certaines modalités qu’elle avait précisées.

Le CEA, par courrier du 25 janvier 2005, l’a informée des dispositions qu’il prévoyait pour cette concertation locale (objectif, supports d’information, modalités de déroulement) qui aurait lieu d’Avril à Juin 2005. La Commission nationale du débat public a pris acte de ces indications, correspondant aux orientations qu’elle avait définies, et a désigné l’un de ses membres, M. Patrick LEGRAND, pour suivre cette concertation.

Projet Jules Horowitz

Dossier de présentation



Annexe 2

Les acteurs de la recherche pour l'énergie nucléaire

Projet Jules Horowitz

Dossier de présentation

La part de crédits publics consacrée en 2004

à la recherche sur l'énergie nucléaire représente 6,6 %

de l'ensemble des crédits alloués par l'État

à la recherche. De nombreux acteurs sont impliqués.

I LES ACTEURS DE LA RECHERCHE PUBLIQUE

Le commissariat à l'énergie atomique (CEA)

Depuis sa création en 1945, le CEA (Commissariat à l'énergie atomique) est un établissement public à caractère industriel et commercial (15 000 salariés) placé sous la tutelle des ministères de l'Industrie, de la Recherche, de la Défense. Les recherches effectuées par le CEA ont permis de développer de nombreuses applications dans les domaines de l'énergie, de la recherche, de l'industrie et de la défense. Il a notamment réalisé les moyens nucléaires de la force de dissuasion, permis le développement d'une industrie électronucléaire de premier rang mondial et fortement contribué à la constitution d'une industrie de la microélectronique en France. Le financement de ses programmes sur l'énergie nucléaire est assuré pour une part importante par des crédits en provenance de l'industrie (près de 40% du coût total des programmes).

Le centre national de la recherche scientifique (CNRS)

Le CNRS est un organisme public de recherche fondamentale (Établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle du ministère de la Recherche), dont les effectifs s'élèvent à 26 000 personnes. Dans le domaine de l'énergie nucléaire, plusieurs laboratoires du CNRS interviennent, notamment à travers le programme de recherche sur l'aval du cycle électronucléaire (PACE), créé en 1997, dans le cadre de la loi du 30/12/1991 dite "loi Bataille" pour la gestion des déchets à vie longue.

L'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

L'IRSN est placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de l'Environnement, de l'Industrie, de la Recherche, de la Santé, de la Défense. Il rassemble près de 1 500 experts et réalise des recherches, des expertises et des travaux dans les domaines de la sûreté nucléaire, de la protection contre les rayonnements ionisants, du contrôle et de la protection des matières nucléaires et de la protection contre les actes de malveillance. Le domaine de compétence de l'IRSN couvre l'ensemble des risques liés aux rayonnements ionisants utilisés dans l'industrie ou la médecine ou encore les rayonnements naturels.

L'agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA)

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (385 salariés) est un établissement public industriel et commercial créé par la loi du 30 décembre 1991. Placée sous la tutelle des ministères en charge de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, l'Andra assure la gestion des centres de stockage des déchets radioactifs de la Manche [le centre de la Manche est actuellement en phase de surveillance], le centre de l'Aube, à Soulaines qui réceptionne les colis de déchets de faible et moyenne activité à vie courte et le centre de stockage de Morvilliers qui accueille les déchets de très faible activité. Elle mène de façon complémentaire une mission de recherche et une mission d'information.

2 LES ACTEURS INDUSTRIELS

Électricité de France (EDF)

Électricité de France (167 000 salariés) est un "électricien" majeur en Europe et dans le monde avec 123 GWe installés dans le monde. En France, il exploite 58 réacteurs nucléaires. Son budget global de R&D (nucléaire et autre) s'élève à 380 millions d'euros, ses effectifs affectés à la R&D s'élèvent à 2 400 personnes. Dans le domaine nucléaire, EDF travaille en étroite collaboration avec Framatome-ANP et le CEA.

Groupe AREVA

AREVA (plus de 75 000 collaborateurs dans le monde) propose des solutions technologiques pour produire l'énergie nucléaire et acheminer l'électricité. Ses activités nucléaires concernent le cycle du combustible :

- l'extraction de l'uranium,
- l'enrichissement de l'hexafluorure d'uranium et l'activité de fabrication des assemblages combustibles destinés aux réacteurs à eau pressurisée (REP) ou à eau bouillante (REB) des principaux producteurs d'électricité dans le monde,
- la conception et la fabrication de réacteurs à eau pressurisée et réacteurs à eau bouillante,
- les activités de traitement des combustibles usés après leur utilisation dans les centrales nucléaires et de recyclage des matières valorisables.

3 L'ESPACE EUROPÉEN DE LA RECHERCHE

Depuis 1984, la politique européenne en matière de recherche se définit dans le cadre des programmes cadres de recherche & développement (PCRD) d'une durée moyenne de 4 ans. Ces programmes mis en place par la Commission européenne comprennent deux volets : un volet " non nucléaire " organisé autour de sept thématiques prioritaires et un volet nucléaire (programme EURATOM) pour intensifier la coopération européenne dans le domaine de l'énergie nucléaire (fusion, déchets nucléaires, sûreté, radioprotection, concepts innovants, formation et mobilité des chercheurs).

De nombreuses collaborations ont été établies entre le CEA et les instituts du Centre Commun de Recherche (CCR) de la Commission européenne, en particulier avec l'institut des transuraniens à Karlsruhe (Allemagne), l'institut de l'énergie à Petten (Pays-Bas), l'institut des matériaux et des mesures de référence à Geel (Belgique).



Annexe 3

Le centre de Cadarache

Le centre du CEA/Cadarache est l'un des plus importants centres de recherche et développement énergétique en Europe. Il est implanté sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance, située dans les Bouches-du-Rhône, à une quarantaine de kilomètres au nord d'Aix-en-Provence, à la limite de trois autres départements (Alpes de Haute-Provence, Var et Vaucluse). Ses activités sont réparties autour de plusieurs plates-formes de recherche et développement technologiques, essentiellement pour l'énergie nucléaire (fission et fusion) mais aussi pour les nouvelles technologies pour l'énergie et les études sur les effets des rayonnements sur les plantes (écophysiologie végétale et microbiologie).

En appui de ces activités de R&D, le centre de Cadarache dispose d'une plate-forme de services rassemblant les moyens nécessaires au fonctionnement des installations nucléaires (gestion des matières nucléaires, des déchets et des effluents...) et les moyens généraux qui permettent d'assurer la surveillance des installations et de l'environnement, la sécurité et le bon fonctionnement des installations de recherche (réseaux de traitement des eaux, eau, électricité...).

DE NOMBREUSES COLLABORATIONS

Des collaborations scientifiques et d'enseignement ont été développées avec les entreprises régionales, les universités et les organismes de recherche en PACA. Il existe également de nombreux échanges et collaborations dans le cadre de programmes de recherche européens et internationaux pour l'énergie nucléaire (fusion et fission). C'est ainsi qu'en 2003, environ 130 chercheurs étrangers ont été accueillis et ont travaillé sur le centre de Cadarache. Par ailleurs, des liens étroits ont été établis avec différents organismes de recherche ou industriels américains, russes, japonais, chinois, coréens et européens.

CADARACHE EN CHIFFRES

- Impact socio-économique généré par l'activité du centre : 140 millions € dont 80 millions € en PACA (achats d'équipements, sous-traitance...),
- masse salariale : plus de 200 millions € environ,
- nombre de salariés : plus de 4 100 personnes dont
 - environ 2 300 salariés CEA,
 - environ 860 salariés d'entreprises implantées dont 440 salariés de Technicatome, 160 salariés de Cogema, 200 salariés de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire et 60 salariés d'Intercontrôle,
 - et 950 salariés d'entreprises extérieures et collaborateurs venant d'organismes de recherche français et étrangers, universitaires et doctorants,
- superficie : 1 600 hectares (dont 900 clôturés).



Glossaire

Agence pour l'Énergie Nucléaire (AEN) :

agence de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE)

Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA) :

organisation intergouvernementale (180 pays signataires) reliée à l'ONU et créée en 1956, l'agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) siège à Vienne. Son programme est fixé par une conférence annuelle et par un Conseil de 35 gouverneurs. Elle a deux objectifs: favoriser l'utilisation sûre du nucléaire civil et veiller à ce que le nucléaire civil ne soit pas détourné à des fins militaires, grâce à un traité permanent de non prolifération.

Assemblage combustible :

voir crayon combustible

Autorité de sûreté nucléaire :

voir Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR).

Becquerel (Bq) :

unité de mesure. Certains atomes instables se transforment spontanément pour devenir stables en émettant des particules ou des rayonnements. L'activité mesurée correspond au nombre d'atomes qui se désintègrent en une seconde. Cette activité se mesure en Becquerel (Bq).

Crayon combustible :

un crayon est un tube de 4 mètres de long pour 9,5 mm de diamètre dans lequel sont empilées des pastilles de 1,2 cm de haut pour 8,2 mm de diamètre. Ces pastilles sont constituées d'oxydes d'uranium (UOX) ou d'un mélange d'oxydes d'uranium et d'oxydes de plutonium (Mox). Plusieurs " crayons " sont assemblés pour constituer un " assemblage combustible ".

Criticité :

réaction nucléaire au cours de laquelle il apparaît autant de neutrons qu'il en disparaît. C'est l'état d'un milieu dans lequel la réaction nucléaire s'entretient à un niveau constant.

Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR) :

autorité de sûreté nucléaire qui élabore la réglementation applicable aux installations nucléaires de base (INB), approuve les règles proposées par l'exploitant et en vérifie l'application notamment lors de visites d'inspection. Elle dépend des ministres en charge de l'Industrie et de l'Environnement.

Dose :

Débit de dose : quantité d'énergie par unité de temps cédée à la matière par les rayonnements mesurée en Gray (Gy).

Dose absorbée : quantité d'énergie absorbée par la matière vivante ou inerte mesurée en Gray (Gy).

Dose équivalente : les effets produits diffèrent selon le type de rayonnement (alpha, bêta, gamma). Pour en tenir compte, un facteur multiplicatif de la dose est utilisé pour calculer la dose équivalente mesurée en Sievert (Sv).

Dose efficace : somme des doses équivalentes délivrées aux différents tissus et organes du corps par l'irradiation interne et externe mesurée en Sievert (Sv).

Echelle micronique et submicronique :

phénomène physique se passant à l'échelle du milliardième de mètre et en dessous.

Echelle MSK :

les séismes sont classés suivant leur intensité (échelle MSK du nom Medvedev, Sponheuer, Karnik qui comprend XII niveaux) ou leur magnitude (échelle de Richter qui correspond à l'énergie libérée au foyer du séisme).

Flux de neutrons :

nombre de neutrons émis par seconde et par cm². Les flux de neutrons obtenus dans les réacteurs de recherche dédiés aux études de matériaux et de combustible, dans le cadre des études sur le vieillissement accéléré, sont environ 20 fois supérieurs à ceux existants au sein de centrales nucléaires.

Masse atomique :

masse du noyau d'un élément correspondant à la somme des masses des protons et des neutrons constituant le noyau.

Période radioactive :

temps nécessaire pour que la quantité d'atomes d'un élément radioactif se soit désintégrée de moitié. La période varie avec les caractéristiques de chaque radioélément : 110 minutes pour l'argon 41 ; 8 jours pour l'iode 131 et 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238.

Produits de fission :

éléments résultants de la fission d'un noyau lourd (uranium, plutonium).

Programme cadre de recherche et de développement (PCRD) :

depuis 1984, la politique européenne en matière de recherche se définit à travers les programmes cadres de recherche & développement (PCRD) d'une durée moyenne de 4 ans. Ces programmes mis en place par la Commission européenne comprennent deux volets : un volet " non nucléaire " organisé autour de sept thématiques prioritaires et un volet nucléaire (programme EURATOM) pour intensifier la coopération européenne dans le domaine de l'énergie nucléaire (fission fusion).

Protection biologique :

dispositif (écran en plomb, béton, eau...) placé autour d'une source émettant des rayonnements permettant d'assurer une protection.

Radioprotection :

ensemble de mesures et de dispositifs destinés à protéger les personnes des rayonnements émis par une source radioactive.

Réaction en chaîne :

elle correspond à une suite de fissions nucléaires au cours desquelles les neutrons libérés provoquent de nouvelles fissions, à leur tour génératrices de nouveaux neutrons, provoquant de nouvelles fissions et ainsi de suite. Dans un réacteur nucléaire, la réaction en chaîne est maîtrisée pour obtenir un nombre de fissions constant. Sur 2 ou 3 neutrons libérés lors d'une fission, seul l'un d'entre eux en provoque une nouvelle, les autres sont " capturés " par des matériaux " absorbeurs " de neutrons.

Réaction de fission :

action de " casser " un noyau lourd (uranium, plutonium) sous l'impact d'un neutron.

Réactivité :

paramètre physique permettant de piloter la réaction en chaîne au sein d'un réacteur.

Réflecteur :

cylindre entourant le cœur destiné à ralentir et à renvoyer les neutrons vers le cœur du réacteur de recherche.

Règle fondamentale de sûreté :

règle émise par l'autorité de sûreté nucléaire à l'égard des exploitants nucléaires.

TéraBecquerel :

mille milliard de Becquerel (voir Becquerel)

Transmutation :

action visant à transformer les déchets à vie longue en déchets à vie plus courte. Certains déchets contiennent des radioéléments à période courte (moins de 30 ans) et d'autres des radioéléments à période longue (supérieure à 30 ans). Voir période.

CADARACHE



CEA/Cadarache
13108 Saint-Paul-Lez-Durance
Tél. : 04 42 25 28 43
Site : www-cadarache.cea.fr