

Usine de La Hague
**Notre métier : traiter le combustible
nucléaire pour le recycler**

L'énergie, productrice de bien-être

Se chauffer, s'alimenter, s'éclairer, se déplacer : dans sa quête perpétuelle de bien-être, l'homme consomme toujours davantage d'énergie. Elle est devenue indispensable et indissociable de l'activité humaine. Mais avec la paupérisation des ressources, l'explosion démographique, l'augmentation des besoins et l'augmentation de l'effet de serre, l'homme doit diversifier ses sources d'énergie.

10 milliards d'hommes à l'horizon 2050

Éveil de pays émergents gourmands en énergie, doublement de la population mondiale d'ici la fin du siècle... La consommation mondiale d'énergie sera multipliée par deux entre le début et le milieu du XXI^e siècle : les sources d'énergie traditionnelles n'y suffiront pas.

Des énergies fossiles...

Exploités en masse depuis le début de l'ère industrielle, le gaz, le pétrole et le charbon forment la catégorie des énergies dites "fossiles". Couvrant aujourd'hui encore 85 % des besoins en énergie primaire, elles sont polluantes : elles dégagent dans leur combustion une grande quantité de gaz carbonique et contribuent activement à l'effet de serre.

De plus, les énergies fossiles sont naturellement limitées. Les réserves connues de pétrole couvrent une période de consommation de 40 ans, celles de gaz 60 ans, celles de charbon 220 ans.

... aux énergies renouvelables...

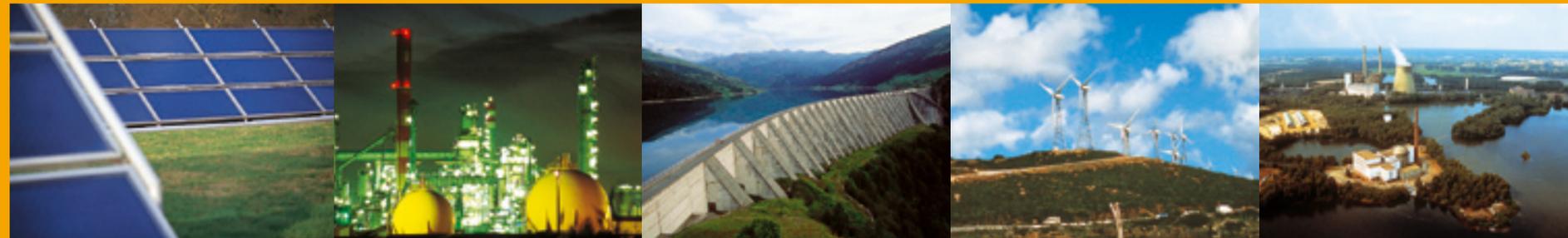
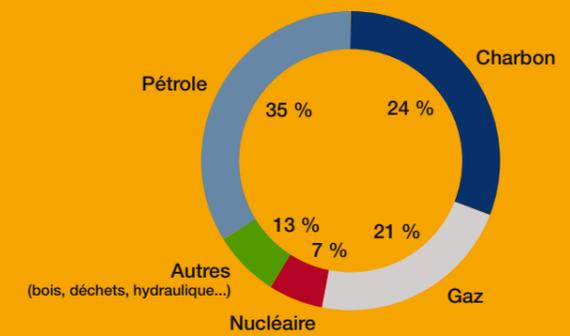
Pour réagir à l'effet de serre, la communauté mondiale s'est engagée à élargir la part des énergies renouvelables (accords de Kyoto). L'eau, le soleil, le vent : les énergies renouvelables se confondent avec l'âge de l'humanité, mais il reste à maîtriser leur exploitation. À ce jour, l'énergie hydraulique est la mieux utilisée. L'énergie solaire en revanche pose des problèmes de domestication pour une exploitation à grande échelle, même si l'utilisation de capteurs solaires individuels de complément a fait ses preuves. Très ancienne, l'énergie éolienne connaît actuellement un fort développement. À court terme, sa part pourrait être multipliée par cinq au niveau mondial. En France, la proportion des énergies renouvelables dans la production électrique doit passer de 15 % en 1999 à 21 % en 2010 : notre pays exploite déjà 90 % de son potentiel hydraulique et a lancé un grand programme éolien.



... en passant par le nucléaire

En seulement 30 ans, la technologie nucléaire a renouvelé la donne énergétique. Au niveau mondial, l'énergie nucléaire représente aujourd'hui environ 7 % de la production énergétique et sa contribution à l'approvisionnement électrique atteint même les 16 %. En France, cette proportion est très supérieure. Le choix du nucléaire a été affirmé alors que les cours du pétrole flambaient et que le pays dépendait à 75 % de l'étranger pour ses approvisionnements en énergie. Trente ans plus tard, l'ambitieux objectif assigné au programme nucléaire est atteint : réduction du taux de dépendance à 50 % et couverture des trois quarts de la production électrique.

Répartition de l'énergie primaire dans le monde



SOMMAIRE

L'énergie nucléaire : phénomène naturel domestiqué par l'Homme	4-5
Radioactivité, une présence naturelle	6-7
Le cycle du combustible	8-9
Le traitement à La Hague, la récupération écologique	10-11
Transport, réception et entreposage : la sûreté sans faille	12-13
Le traitement : préparer l'uranium et le plutonium au recyclage, conditionner les déchets	14-15
Le conditionnement : une assurance sécurité pour les déchets	16-17
Environnement : zéro impact	18-21
Une sécurité permanente et de tout instant	22-23
La santé du personnel à la loupe	24-25
La haute technologie au service du bien-être, aujourd'hui et demain	26



L'énergie nucléaire, phénomène naturel domestiqué par l'Homme

Par une gigantesque explosion cosmique, l'énergie nucléaire a donné le top départ de l'histoire de l'univers. Des lointaines étoiles jusqu'au cœur de la terre, elle poursuit toujours son œuvre créatrice.

L'homme a appris à maîtriser une des réactions nucléaires, la fission, qu'il domestique en énergie propre et bon marché.

Source de vie

Depuis le Big Bang, gigantesque explosion à l'origine de l'univers, la matière et l'énergie forment un couple fidèle et uni. L'homme lui-même est poussière d'étoiles... Aujourd'hui encore, les étoiles, le soleil ou le cœur brûlant de la terre sont les foyers permanents de réactions nucléaires.

Dans tout l'univers, la réaction nucléaire est source de la vie.

Chaud, le noyau

La matière a pour grain unitaire l'atome, dont le cœur est appelé noyau, du latin "nucleus". Ce noyau contient des particules élémentaires encore 100 000 fois plus petites : les protons et les neutrons. La liaison entre ces particules est la source de l'énergie nucléaire : c'est la modification de l'édifice des noyaux atomiques qui dégage de la chaleur. De multiples réactions nucléaires interviennent sans cesse sur le soleil : la mutation de noyaux d'hydrogène en noyaux d'hélium y produit de la chaleur, transportée ensuite par rayonnements.

Fission et "réaction en chaîne"

Vivants ou inertes, tous les corps présents dans la nature sont composés d'atomes. Celui de l'uranium 235 montre une particularité intéressante : son noyau se casse en deux sous l'impact d'un neutron. Ce phénomène est appelé fission nucléaire.

Cette rupture du noyau d'uranium 235 produit d'une part une grande quantité de chaleur et des rayonnements, et d'autre part elle libère d'autres neutrons qui à leur tour s'en vont casser d'autres noyaux : c'est la "réaction en chaîne", qui entretient d'elle-même la fission.

C'est cette fission que l'on provoque, sous contrôle, dans les centrales nucléaires pour en capter l'énergie calorifique. Ensuite, comme dans une centrale thermique, l'énergie est transformée en vapeur d'eau elle-même convertie en électricité par des turbines.

Énergie bon marché

La production d'électricité d'origine nucléaire réduit le recours aux combustibles non renouvelables, avec la conséquence bénéfique d'une importante économie d'argent... et de ressources fossiles. Le nucléaire permet ainsi d'économiser à l'échelle mondiale l'équivalent de 730 millions de tonnes de pétrole.

L'énergie nucléaire représente 20 % de l'approvisionnement électrique mondial. En France, avec cinquante-huit réacteurs nucléaires, cette proportion est d'environ 80 %, ce qui contribue largement au prix modique de l'électricité domestique, évitant par exemple chaque année l'importation de 130 millions de tonnes de charbon.

En 20 ans, le coût de production du kilowattheure en France a baissé de plus de 20 %. Soit, concrètement, une économie moyenne de 761 euros par an et par foyer.

Énergie propre

La production d'énergie nucléaire n'émet pas de gaz à effet de serre. Au sein de l'Union européenne, le nucléaire évite ainsi de rejeter 700 millions de tonnes de gaz carbonique (CO₂) par rapport à un mode de production traditionnel. Au niveau mondial, le nucléaire évite au moins 10 % de rejet supplémentaire de CO₂.

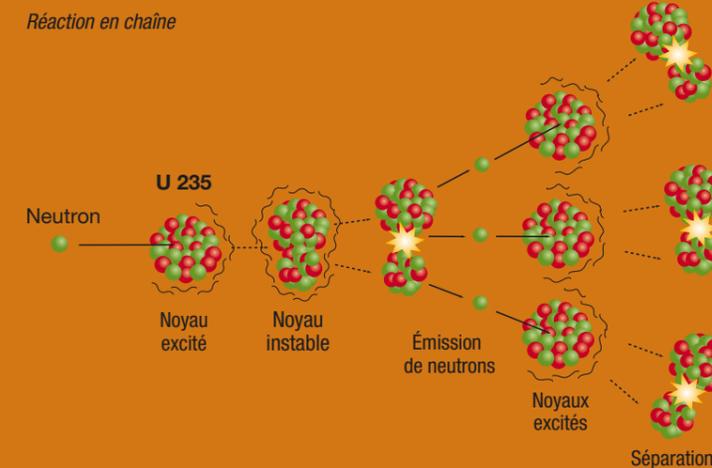
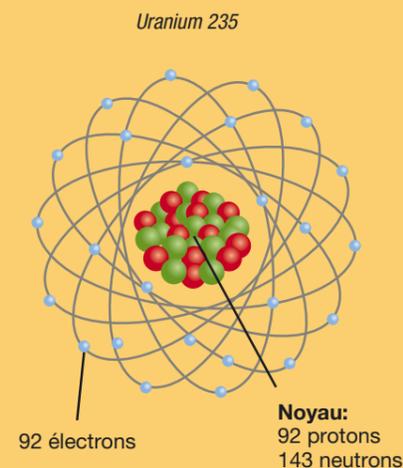
Par rapport aux énergies fossiles, et avant un plus grand déploiement des énergies renouvelables dont les coûts de production restent encore élevés malgré les progrès technologiques, l'énergie nucléaire est une source d'énergie bon marché. C'est également une énergie propre puisque la gestion des déchets issus des combustibles usés est maîtrisée.

• 100 grammes d'uranium ou 1 gramme de plutonium produisent la même quantité d'énergie électrique qu'1 à 2 tonnes de pétrole.

L'ÉLECTRICITÉ NUCLÉAIRE DANS LE MONDE

On dénombre environ 130 réacteurs nucléaires en Amérique du Nord, 215 en Europe et 85 en Asie. En Afrique, seule l'Afrique du Sud dispose de réacteurs nucléaires et, pour l'Amérique Centrale et du Sud, seuls le Mexique, le Brésil, et l'Argentine sont équipés.

Le nucléaire représente 32 % de la production d'électricité dans les pays de l'Union européenne, 40 % en Asie du nord-est et environ 20 % aux USA.



Radioactivité, une présence naturelle

L'homme n'a pas inventé la radioactivité. Il l'a découverte : la radioactivité ambiante est naturelle et présente dans l'environnement depuis la création de la terre.



Un phénomène spontané

Dans la nature, la plupart des atomes sont stables. Sauf une cinquantaine dont le noyau peut se modifier spontanément et émettre de la radioactivité, c'est-à-dire des rayonnements dits "alpha", "bêta" ou "gamma". Dès la formation de la terre, il y a cinq milliards d'années, la matière était constituée d'éléments stables et d'éléments radioactifs. Aujourd'hui, si le cœur de notre planète est toujours brûlant, causant séismes et volcans, c'est parce que les éléments radioactifs qu'il contient, dont l'uranium, se désintègrent et le chauffent de l'intérieur.

À 70 % d'origine naturelle

La radioactivité est un phénomène naturel faisant partie de l'environnement quotidien de l'homme. Elle est présente dans les rayonnements émis par le soleil et les astres, dans l'écorce terrestre, dans l'eau, l'air, le corps humain, de nombreux aliments...

L'air que nous respirons contient ainsi du radon, gaz qui provient de la désintégration de l'uranium présent dans l'écorce terrestre. 70 % de la radioactivité à laquelle l'homme est exposé est ainsi d'origine naturelle. Cette radioactivité naturelle n'a pas d'effet décelable. L'organisme l'intègre comme composant du processus biologique.

La radioactivité naturelle n'est pas uniforme dans le monde : elle double tous les 1500 mètres en altitude ; en France, nous sommes 20 fois moins exposés que dans certaines régions d'Inde, 80 fois moins qu'au Guarapari (Brésil)...

Des effets bénéfiques

Bien des activités humaines, telles la médecine et l'industrie, utilisent ou produisent la radioactivité.

Dans le domaine de la santé, des applications bien dosées du rayonnement radioactif s'avèrent très positives pour établir des diagnostics d'une part, et traiter des tumeurs cancéreuses d'autre part. Ces applications sauvent en moyenne 30 000 vies par an. En France, près d'un tiers de la radioactivité à laquelle nous sommes exposés est d'origine médicale.

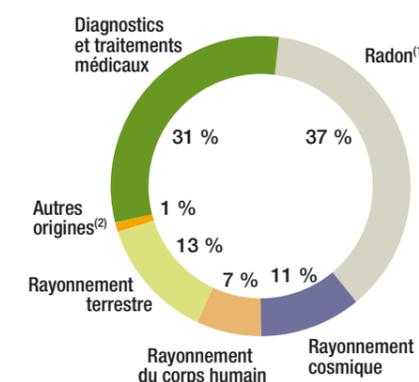
Dans un réacteur nucléaire, la fission dégage de la radioactivité qui est confinée à l'intérieur de la centrale et très contrôlée aux alentours. Les mesures démontrent que les centrales nucléaires ne sont responsables que de 0,01 % de la radioactivité ambiante.

Trois types de rayonnement radioactif

Qu'elle soit naturelle ou artificielle, la radioactivité produit trois types de rayonnement dont les pouvoirs de pénétration de la matière sont différents. Les rayons alpha sont peu pénétrants, une simple feuille de papier les arrête. Les rayons bêta parcourent quelques mètres dans l'air. Une feuille aluminium de quelques millimètres suffit à les stopper. Les rayons gamma ont eux un pouvoir de pénétration très grand sur plusieurs centaines de mètres. Il faut alors une forte épaisseur de béton ou de plomb pour leur faire barrage.

L'une des propriétés de la radioactivité est sa décroissance par périodes. La période varie, selon les éléments radioactifs, de quelques fractions de seconde à quelques millions d'années. Au bout de dix périodes, il reste moins d'un millième de la radioactivité initiale. Depuis la formation de la terre, la radioactivité n'a pas cessé de décroître : de nombreux atomes radioactifs se sont transformés en éléments stables.

Les différentes sources de radioactivité



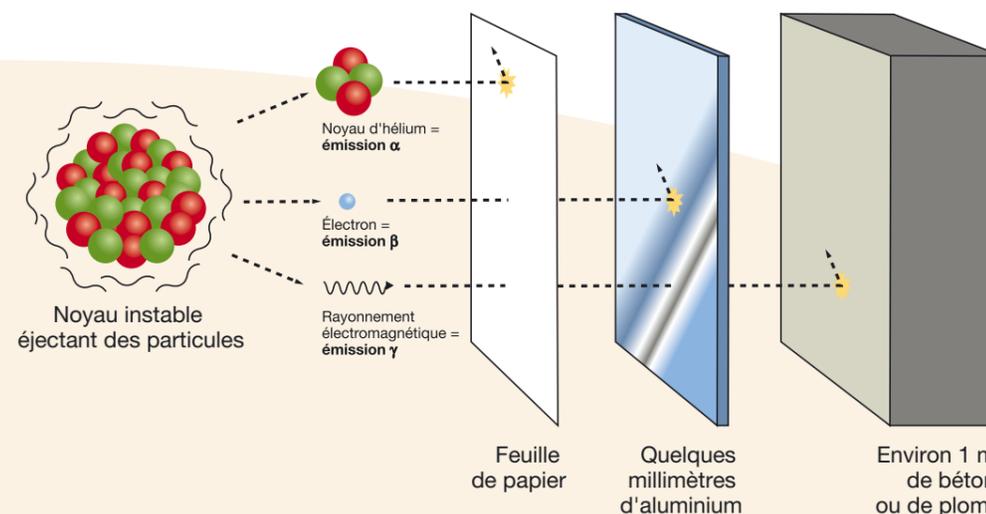
(1) Gaz émanant des roches granitiques.

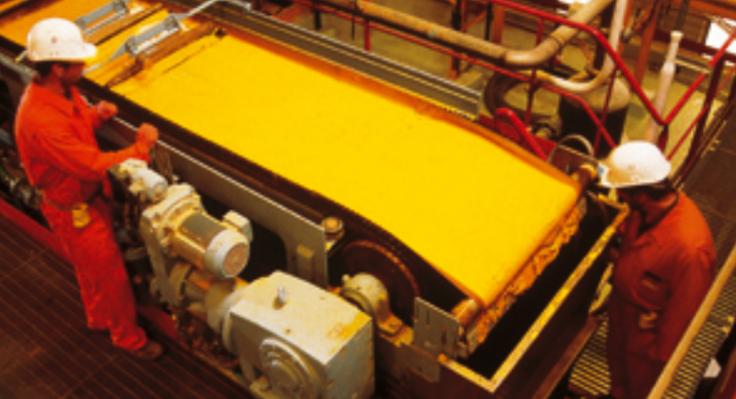
(2) Dont l'industrie nucléaire pour 0,06 %.

QUELQUES IMPACTS SANITAIRES COMPARÉS

Cause d'impact	Impact	Échelle
Impact de l'usine de La Hague	≤ 0,03 mSv/an	1
1 semaine en montagne (2 000 m)	0,03 mSv/an	1
Radio dentaire	0,2 mSv/an	6,5
Rayonnement cosmique	0,28 mSv/an	9
Radioactivité due à l'alimentation	0,4 mSv/an	13
Rayonnement terrestre à Paris	0,7 mSv/an	23
Radio des poumons	1 mSv/an	33
Limite réglementaire de l'exposition du public	1 mSv/an	33
Rayonnement terrestre en Limousin	1,66 mSv/an	55
Radioactivité en France	2,4 mSv/an	80
Scanner	15 mSv/an	500

* Les impacts des rejets radioactifs sur l'homme sont exprimés en "millisieverts" (mSv). Source : NEI, SFEN, CEA, IPSN.





Yellow cake sur filtre à bande.



Enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse.



Assemblage des pastilles d'uranium.



Assemblage de combustible MOX.

Le cycle du combustible

L'atome d'uranium se prête aux technologies de la fission et de la réaction en chaîne, propres à l'énergie nucléaire. De son extraction à son utilisation dans le réacteur nucléaire, puis son traitement et recyclage, suivez "le cycle du combustible". Avant et après le passage en réacteur, AREVA NC et ses filiales assurent l'ensemble de ces étapes.

L'extraction du minerai

Le minerai est concentré sur le site même d'extraction, ou au plus près, afin de limiter les coûts de transport. Dans un premier temps, les roches sont concassées et finement broyées. L'uranium en est extrait par opérations chimiques. C'est la première étape du cycle.

Du "yellow cake"...

Le premier concentré disponible contient environ 75 % d'uranium et se présente sous l'aspect d'une pâte jaune vif. D'où son nom "yellow cake", ou gâteau jaune. Soumis à une transformation chimique, il devient un gaz, l'UF₆ ou hexafluorure d'uranium.

... enrichi...

Il faut ensuite "enrichir" l'uranium. La proportion d'atomes d'uranium 235 dans l'uranium naturel n'est en effet que de 0,7 %, alors que la plupart des réacteurs actuels consomment un uranium contenant 3 à 5 % d'uranium 235. Le procédé actuellement mis en œuvre en France et aux U.S.A. est un procédé dit de "diffusion gazeuse".

... à l'assemblage de crayons

Étape suivante : le gaz UF₆, dont l'uranium est enrichi en uranium 235, est transformé en oxyde d'uranium, une poudre noire qui est à son tour comprimée en petites pastilles cuites au four à très haute température. Une pastille est grosse comme un morceau de craie d'un centimètre et ne pèse qu'environ 8 grammes... mais peut libérer autant d'énergie que 650 kg de charbon !

On compte les pastilles par millions au cœur d'un réacteur nucléaire. Elles sont conditionnées dans des tubes, de longues gaines de quatre mètres en alliage à base de zirconium et dont les extrémités sont bouchées de manière étanche. Le combustible se présente ainsi sous l'aspect de "crayons" regroupés en "fagots" ou "assemblages".

Dans le réacteur

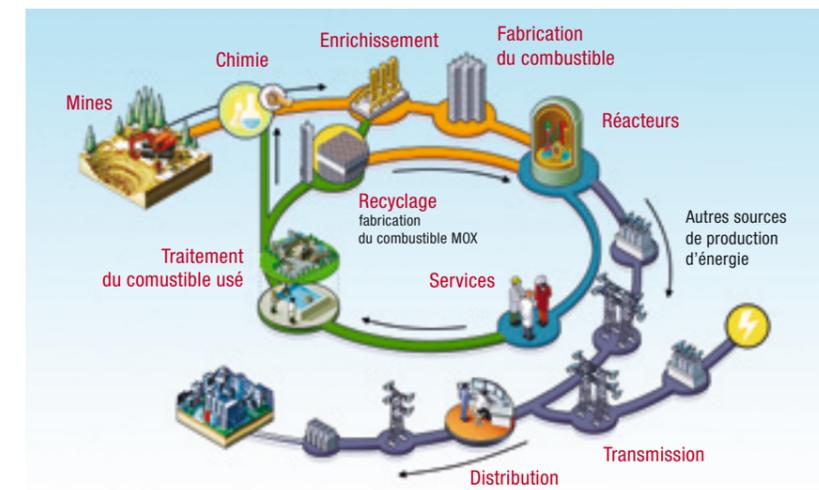
Les assemblages de combustible forment le cœur du réacteur. Ils y séjournent trois ou quatre ans. Durant cette période, la fission de l'uranium 235 fournit la chaleur productrice d'électricité. Un réacteur du parc français consomme ainsi environ 20 tonnes d'uranium enrichi par an.

Au fil du temps, le combustible devient progressivement moins performant. Il perd de sa teneur en uranium 235 tandis que se forment des produits de fission : les déchets. Lorsqu'il est trop "usé" pour produire de l'énergie de manière performante, le combustible est retiré du cœur du réacteur et remplacé par du combustible neuf.

La création de plutonium

Tous les noyaux d'uranium frappés par un neutron ne fissionnent pas. Certains absorbent simplement le neutron, et, par absorptions successives, se transforment en un atome plus lourd : le plutonium.

Celui-ci, surtout le plutonium 239, peut fissionner, tout comme l'uranium 235. Il représente donc à son tour une ressource énergétique importante. Dans un réacteur EDF actuel, un tiers de l'énergie produite vient d'ailleurs de la fission du plutonium formé dans le cœur.



Le cycle du combustible de l'extraction de l'uranium à son recyclage.

Traiter le combustible usé

Ni l'uranium ni le plutonium ne brûlent en totalité dans le réacteur nucléaire. Il faut donc traiter les assemblages de combustible usé.

Dans un premier temps, la matière première usagée – dont la radioactivité est considérablement supérieure à celle du combustible neuf – séjourne dans une piscine attenante au réacteur. Elle s'y refroidit et se désactive.

Ensuite, ces assemblages sont transportés vers l'usine de traitement : on les traite pour recycler l'uranium et le plutonium restant et produire un nouveau combustible opérationnel, tout en isolant les déchets résiduels. Les déchets sont enfin retournés à l'industriel producteur d'électricité qui en reste propriétaire.

AREVA NC INTERVIENT À TOUS LES STADES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE :
de la mine d'uranium au traitement des combustibles usés, avec environ 19 000 personnes.

UN MINERAI ABONDANT

L'uranium est un minerai communément répandu dans l'écorce terrestre, à raison de trois grammes en moyenne par tonne de matériau. On le trouve dans tout type de terrain, particulièrement dans les massifs granitiques. L'uranium est environ 50 fois plus abondant que le mercure, mille fois plus que l'or. En réalité, ne sont exploités que les gisements à forte densité : soit à ciel ouvert, soit par galeries souterraines.

Généralement, les techniques conventionnelles des activités minières sont appliquées. Toutefois, lorsque la teneur en uranium est très importante, des dispositions particulières de sécurité sont prises. En France, les gisements sont en voie d'épuisement ou peu rationnels en termes d'exploitation. Les principaux gisements mondiaux sont localisés en Australie, en Afrique, au Canada, aux États-Unis et au Kazakhstan.

Mine d'extraction de l'uranium au Niger.



Le traitement à La Hague, la récupération écologique

Du neuf avec du vieux ! Voilà en résumé la fonction de l'usine de traitement AREVA située à La Hague. Elle reçoit le combustible utilisé venant de centrales nucléaires, extrait l'uranium et le plutonium qu'il contient pour produire un nouveau combustible opérationnel, puis conditionne et sécurise les déchets résiduels. AREVA NC est ainsi le premier opérateur mondial du traitement du combustible nucléaire.

Récupérer un fort potentiel

Au bout de trois à quatre ans d'utilisation, le combustible retiré du cœur du réacteur nucléaire contient encore 94 à 96 % d'uranium et 1 % de plutonium. S'il a perdu de son efficacité initiale, le combustible n'a pourtant libéré qu'une partie de son énergie. Récupérer le potentiel énergétique que représentent l'uranium et le plutonium pour le recycler en combustible neuf, voilà la mission majeure de l'usine de traitement AREVA située à La Hague.

Maîtriser les déchets

Le combustible utilisé contient également 3 à 5 % de déchets très toxiques : ce sont les "cendres" des réactions nucléaires, produits de fission qui contiennent la quasi-totalité de la radioactivité. Le traitement consiste à séparer les premières matières utiles de ces déchets non réutilisables, dits "déchets ultimes", qui seront conditionnés selon des modalités qui offrent une sécurité maximale.

Agir pour le développement durable

Le traitement assuré par l'usine AREVA située à La Hague offre un intérêt évident du point de vue environnemental. Par le recyclage, il permet de limiter l'exploitation des gisements naturels d'uranium. D'autre part, ce traitement réduit significativement le volume et la toxicité des déchets radioactifs par rapport au stockage direct du combustible usé (sans traitement).

Le traitement du combustible nucléaire rejoint donc la politique de l'éco-responsabilité et du développement durable : au service de l'intérêt collectif, rechercher le meilleur compromis entre le bien-être des générations présentes et la préservation de celle des générations futures, tout en économisant les ressources de la planète.



AREVA NC, PREMIER ACTEUR MONDIAL DU TRAITEMENT

Au fil des ans et en fonction des besoins d'EDF et des producteurs d'électricité étrangers, les capacités de traitement du site AREVA situé à La Hague se sont développées et adaptées à une demande croissante.

L'établissement dispose de la capacité industrielle nécessaire au traitement annuel des combustibles provenant de 90 à 100 réacteurs, soit 1 700 tonnes.

Depuis l'origine, plus de 21 000 tonnes de combustibles y ont été traitées.

L'usine de La Hague travaille pour moitié à répondre aux besoins du programme

nucléaire français et pour moitié à ceux d'une trentaine de compagnies étrangères.

Les contrats de traitement comprennent trois types de services industriels :

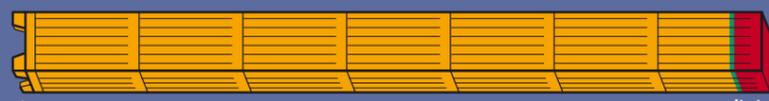
- la réception et l'entreposage des combustibles avant leur traitement,
- la séparation et la purification de l'uranium et du plutonium,
- le conditionnement des différentes catégories de déchets.

Les sociétés clientes restent toujours propriétaires de leurs déchets : les contrats de traitement prévoient sans aucune exception leur retour à l'expéditeur.

10 000 EMPLOIS

L'ensemble industriel AREVA situé à La Hague comprend deux usines de traitement. Entré en service en 1966, il est situé à 25 km de Cherbourg-Octeville et s'étend sur 300 hectares. Près de 6 000 personnes y travaillent en permanence, dont environ 3 200 sont salariés d'AREVA NC. Près de 10 000 emplois directs et indirects, soit 20 % du bassin d'emploi du Nord-Cotentin, sont liés à ce site.

L'ART DE LA RÉCUPÉRATION...



RECYCLAGE
Uranium
95 à 96 %

RECYCLAGE **DÉCHETS**
Plutonium Résidus ultimes
1 % 3 à 4 %

Sur 100 kilogrammes de combustible (3,7 kg d'uranium 235 et 96,3 kg d'uranium 238) placés dans un réacteur nucléaire, il reste après trois ans d'utilisation :

- 1 kg d'uranium 235
- 95 kg d'uranium 238 (2 kg se sont transformés en plutonium 239)
- 1 kg de plutonium (sur les 2 kg obtenus, 1 kg a subi la fission)
- 3 kg de produits de fission



Transport, réception et entreposage : la sûreté sans faille

Des équipements spécifiques, manipulés par des professionnels entraînés... Dès son départ de la centrale nucléaire, et sans aucune faille jusqu'à sa réception et son entreposage à AREVA NC, le combustible usé est soumis à une batterie impressionnante de procédures qui assurent une sûreté maximale.

Transport : des "châteaux" imprenables

La sûreté du transport repose sur l'emballage qui nous protège du combustible usé. Les assemblages sont ainsi conditionnés dans des "châteaux", des enveloppes d'acier de 110 tonnes qui renferment 10 tonnes de matière nucléaire. Hermétiquement fermés, ils protègent du rayonnement, permettent l'évacuation de la chaleur et résistent aux chocs les plus violents. Ces châteaux supportent un feu de 800°C et une chute de 9 m sur une surface indéformable, ce qui correspond à une chute

de plusieurs dizaines de mètres sur une surface normale. Des tests ont même prouvé leur capacité à résister au choc d'une locomotive lancée à plus de 160 km/h.

La plupart des châteaux acheminés vers l'usine de La Hague viennent par voie ferrée, d'autres par bateau via le port de Cherbourg-Octeville. Ils transitent par le terminal de Valognes, d'où ils sont expédiés en convoi exceptionnel routier jusqu'à AREVA NC, à 40 km. Les camions, trains ou bateaux qui acheminent les châteaux sont spécialement conçus pour cet usage.



Piscine d'entreposage des combustibles usés.

Sous eau ou à sec : déchargement sous surveillance

L'arrivée des "châteaux" et le déchargement du combustible usé de son emballage s'effectuent sous surveillance. Deux méthodes sont utilisées : à sec ou sous eau. Dans un souci de sécurité absolue, toutes ces opérations sont effectuées à distance, par télémanipulation ou robots de conduite. Ce sera d'ailleurs la règle de base pour toutes les manipulations ou interventions mécaniques et chimiques que subira le combustible lors de son séjour à AREVA NC. Ces manipulations à distance permettent de garantir la protection du personnel.

Au moins trois ans en piscine

S'il a déjà passé au moins un an dans les piscines des centrales nucléaires, le combustible usé passe encore au moins trois ans en piscine à AREVA NC avant que ne débute son traitement. Placé dans des paniers, le combustible continuera de se "désactiver", c'est-à-dire perdre peu à peu de sa charge radioactive et thermique, dans une des quatre piscines d'entreposage de l'établissement, d'une capacité totale d'environ 14 000 tonnes. L'eau, refroidie et filtrée en permanence en circuit fermé, assure la protection contre le rayonnement, et le refroidissement du combustible qui chauffe naturellement.

Arrivée des châteaux.



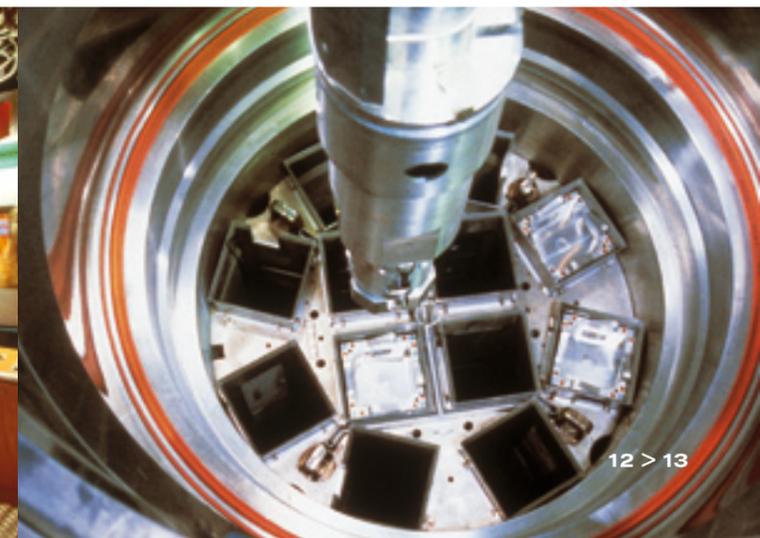
Emballage de transport de combustibles usés (château).

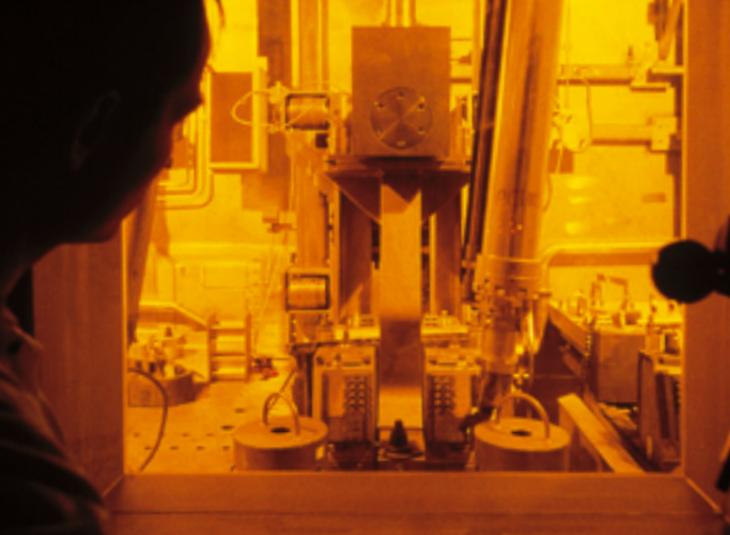


Salle de conduite de l'atelier de désentreposage.



Déchargement à sec dans l'atelier T0.

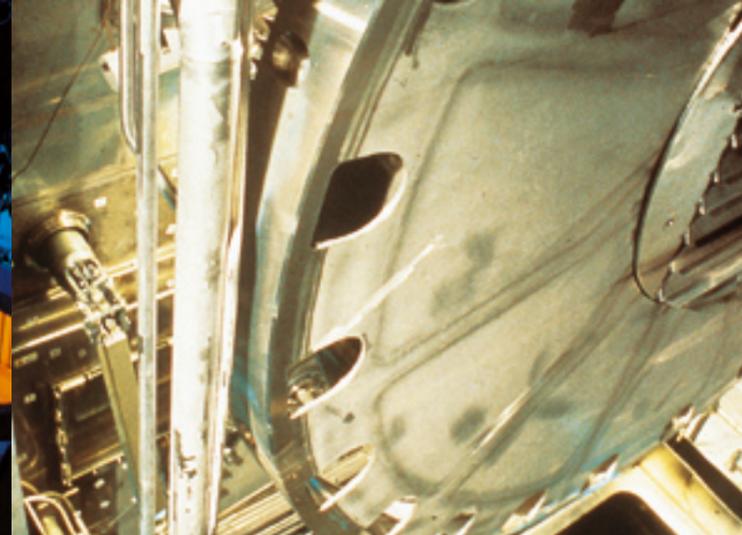




Télémanipulation.



Atelier de cisailage des combustibles usés.



Cuve et dissolvant à roue et à godets.



Conteneur d'uranium appauvri.

Le traitement : préparer l'uranium et le plutonium au recyclage, conditionner les déchets

Le traitement du combustible usé consiste à séparer d'une part les matières réutilisables, qui pourront être réintroduites dans le cycle nucléaire, d'autre part les déchets non valorisables qui seront conditionnés et stockés. Une solution technologique durable et parfaitement maîtrisée, étape par étape.

Cisailage et dissolution

Dans les assemblages de combustible usé, la matière nucléaire est contenue dans une gaine métallique (alliage zirconium-fer-étain). Pour les libérer de cette gaine, les assemblages sont d'abord cisailés en tronçons de 35 mm qui tombent dans une cuve remplie d'acide nitrique. Dans cette cuve, appelée dissolvant, l'acide dissout la matière nucléaire tandis que les morceaux de gaine sont évacués par une roue à godets vers une unité de conditionnement.

La séparation uranium/plutonium des produits de fission

La solution d'acide nitrique contenant la matière nucléaire est ensuite transférée vers une installation de séparation chimique. Dans un ensemble de mélangeurs-décanteurs et colonnes pulsées, un solvant (le tributylphosphate) entraîne les éléments lourds (uranium et plutonium) sans extraire les produits de fission. Les produits recyclables sont donc séparés des déchets.

Dans un second temps, le même principe est utilisé pour séparer l'uranium du plutonium. L'uranium est ensuite purifié et concentré sous forme liquide : le nitrate d'uranyle. Le plutonium purifié est lui transformé en poudre, l'oxyde de plutonium. Ces matières sont alors disponibles pour être réutilisées, c'est-à-dire recyclées comme combustible neuf dans les réacteurs nucléaires.

Retour au cycle du combustible

Les matières fissiles récupérées à l'usine de La Hague peuvent retourner dans le cycle du combustible.

L'uranium concentré sous forme liquide (nitrate d'uranyle) pourra être converti en gaz UF_6 (hexafluorure d'uranium) en vue de son réenrichissement pour une utilisation immédiate, ou simplement transformé en oxyde pour un recyclage ultérieur. En France, ces opérations se déroulent à Pierrelatte, sur un autre site d'AREVA NC.

La poudre d'oxyde de plutonium est conditionnée en boîtes étanches. Elle pourra servir à fabriquer du combustible MOX, mélange d'oxyde de plutonium (7 %) issu du traitement des combustibles usés et d'oxyde d'uranium (93 %). Le MOX est de plus en plus utilisé dans les centrales nucléaires car il économise les ressources naturelles d'uranium. La fabrication de ce combustible est réalisée dans des établissements spécialisés. En France, il s'agit de l'usine Melox sur le site AREVA NC de Marcoule.

La maîtrise des déchets

Une fois séparés des matières recyclables, les déchets ultimes sont traités.

Les principaux, les produits de fission, sont stabilisés par vitrification. Les structures métalliques du combustible sont compactées. Ces deux types de déchets sont conditionnés dans des conteneurs.

Tous les effluents gazeux ou liquides générés lors des opérations sont traités et sévèrement contrôlés avant leur rejet.



Carrousel des boîtes de plutonium.

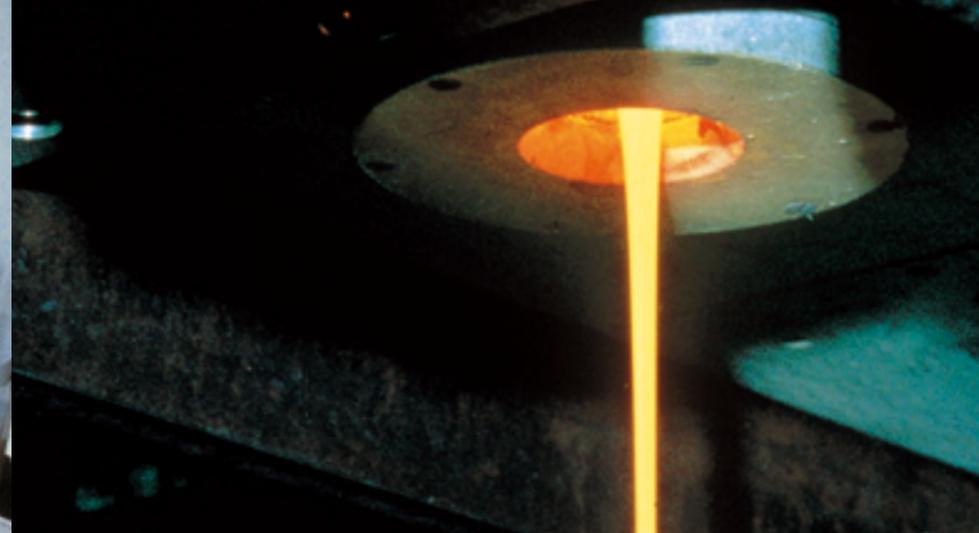


Carrusel de tri des galettes compactées.

Le conditionnement : une assurance sécurité pour les déchets

Après le traitement du combustible usé, il reste des matières valorisables et des déchets ultimes. Ces derniers sont incorporés dans du verre pour un conditionnement sûr et stable sur des milliers d'années, ou compactés pour réduire leur volume. Conformément à la loi française, les pays clients d'AREVA NC restent propriétaires de leurs déchets qui leur sont retournés.

Hall d'entreposage des déchets vitrifiés.



Coulée de verre dans l'atelier de vitrification.

Grâce aux progrès permanents de la technologie, le volume de déchets est toujours plus réduit. Aujourd'hui, le traitement d'une tonne de combustible usé génère au total moins de 0,5 m³ de déchets. Sans traitement, le volume de déchets est 4 à 5 fois plus élevé.

Vitrification des déchets stabilisés

Les produits de fission, déchets ultimes du cycle nucléaire qui contiennent 97 % de la radioactivité du combustible usé, sont d'abord entreposés un an sous forme liquide. Ils sont ensuite calcinés puis incorporés dans une matrice de verre qui elle-même sera coulée dans des conteneurs en acier inoxydable.

Compactage des déchets métalliques

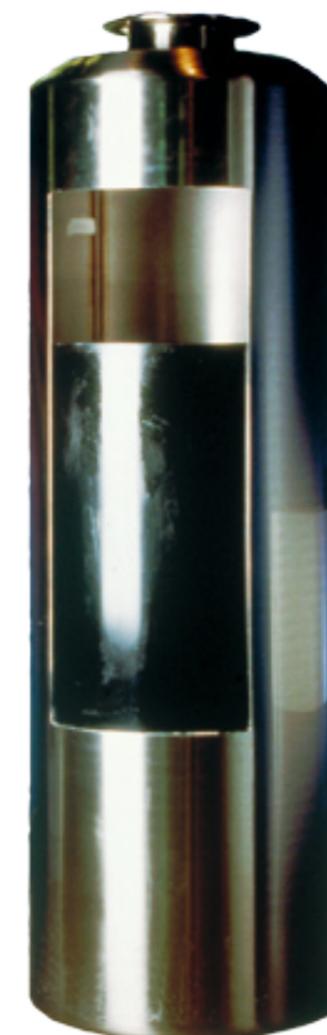
Les structures métalliques (appelées coques et embouts) restant après le cisailage des assemblages de combustible usé, ainsi que les déchets technologiques, sont compactés et placés également dans des conteneurs en acier inoxydable.

La maîtrise des rejets

Faisant appel en grande partie à des procédés chimiques, le traitement génère des effluents liquides et gazeux. Leur rejet et la dilution qui s'en suit dans l'environnement sont strictement contrôlés et leur impact sanitaire est négligeable.

Les effluents liquides sont constitués de toutes les solutions de lavage, rinçage ou décontamination. Ils sont d'abord concentrés par évaporation. On obtient ainsi des "concentrats", contenant la quasi-totalité de la radioactivité, qui seront vitrifiés avec les produits de fission. Les eaux résiduaires, très faiblement radioactives, sont rejetées en mer après contrôle, conformément aux autorisations du ministère de la Santé et du ministère de l'Environnement.

Les gaz radioactifs présents dans le combustible usé sont libérés lors des opérations de



Conteneur de produits vitrifiés.

cisailage et de dissolution du combustible. Tous ces gaz sont traités par des équipements spécifiques, de haute performance. Sur l'ensemble du site, tous les gaz sont contrôlés avant rejet dans l'atmosphère, conformément aux autorisations.

Chargement des conteneurs verre.

RETOUR À L'ENVOYEUR

Les sociétés clientes d'AREVA NC restent propriétaires de leur combustible usé. Après traitement, les déchets produits par le procédé leur sont retournés, selon des modes de transport aussi sécurisés qu'à l'acheminement du combustible vers l'usine de La Hague.

Les déchets ultimes provenant des combustibles usés français sont, quant à eux, entreposés temporairement dans un hall spécifique où ils sont surveillés dans l'attente d'une gestion définitive décidée par le parlement français. Ces déchets ultimes représentent 10 grammes par an et par Français, soit le poids d'une pièce de deux euros.



Environnement : zéro impact



Cheminée et réseau de transport pneumatique.

Des procédés industriels sous haute surveillance, des rejets contrôlés en permanence et réduits à un niveau aussi bas que possible, une information transparente et facilement accessible : l'environnement est une préoccupation majeure d'AREVA NC. L'entreprise s'engage ainsi à ce que l'impact de l'usine de La Hague sur les populations ne dépasse jamais 0,03 millisieverts par an*, valeur considérée par les experts comme synonyme de "zéro impact".



La maîtrise du cycle du combustible

Acteur de premier plan au niveau mondial, AREVA NC maîtrise les technologies les plus sophistiquées de l'industrie nucléaire, bénéficiant en permanence des avancées de la recherche. Ainsi, depuis la mise en service du site de La Hague en 1966, l'impact des rejets a été réduit par cinq, alors que la quantité de combustibles traités a fortement augmenté.

L'ensemble du cycle de traitement est ainsi réalisé en espace confiné, avec des procédures exigeantes de sûreté et de contrôle. Le transport, la manipulation et l'entreposage du combustible usé, les opérations de séparation puis de conditionnement des éléments issus du traitement atteignent et dépassent souvent les plus hautes spécifications réglementaires.

Le conditionnement des matières fissiles, des déchets ultimes issus du combustible usé et des déchets technologiques générés par le procédé offre d'excellentes conditions de sûreté. Les produits de fission en particulier sont stabilisés par vitrification, devenant partie intégrante d'un verre stable, compact et résistant, coulé dans des conteneurs en acier inoxydable.

Le processus du traitement effectué dans l'usine à La Hague est, de plus, intégré dans une démarche de management environnemental, qui a reçu la certification ISO 14001.



Des rejets limités

Les effluents liquides et gazeux issus du procédé de traitement sont traités. Leur rejet dans l'environnement est strictement contrôlé. Les effluents liquides concentrant la quasi-totalité de la radioactivité sont vitrifiés avec les produits de fission. Les eaux résiduaires, très faiblement radioactives, sont rejetées en mer après avoir été nettoyées, épurées et contrôlées, conformément aux autorisations ministérielles. Les effluents gazeux sont traités par des équipements spécifiques et contrôlés avant rejet dans l'atmosphère, conformément aux autorisations.

** Les impacts des rejets radioactifs sur l'homme sont exprimés dans une unité appelée "millisievert", qui prend en compte l'effet spécifique de chaque radioélément (type de produit radioactif).*

Engagement maximal, résultat optimal

Toute activité industrielle rejette des effluents liquides et gazeux dans l'environnement : il faut s'assurer qu'ils n'ont aucun impact sur l'homme et sur le milieu naturel. Cette exigence s'applique évidemment au premier chef à l'industrie nucléaire.

Zéro impact

À La Hague, AREVA NC s'engage ainsi à ce que l'impact de son activité, quelles que soient les caractéristiques des programmes industriels de ses clients et quelle que soit la nature des matières qu'il lui faut traiter, ne dépasse jamais la valeur de 0,03 millisieverts par an* sur les groupes de population de référence.

Cette valeur est considérée par les experts internationaux comme seuil en dessous duquel le risque devient insignifiant pour l'homme. C'est donc le synonyme de "zéro impact".

À titre de comparaison, l'impact de la radioactivité naturelle en France varie entre 1,5 et 6 millisieverts par an suivant les régions. De plus, il faut savoir que la CIPR (Commission internationale de protection radiologique) a fixé à 1 millisievert par an l'impact maximum acceptable pour le public de l'activité d'une installation nucléaire.

Pour tenir son engagement, AREVA NC se mobilise sans relâche pour empêcher, limiter et contrôler ses impacts sur l'environnement : l'entreprise effectue plus d'une centaine de prélèvements et d'analyses chaque jour.



Prélèvements côtiers.



Mesures en laboratoire.



La réglementation, garantie sanitaire

En tant qu'exploitant d'une installation industrielle nucléaire, AREVA NC est soumis à des autorisations de rejets accordées par les pouvoirs publics. Les niveaux ainsi fixés garantissent l'absence de conséquences sanitaires de l'activité pour le public et l'environnement, et obligent l'entreprise à organiser le strict contrôle de ses rejets et leur impact sur la santé et l'environnement.

Un tissu serré de points de contrôle

Afin de contrôler tous les transferts possibles de radioactivité vers l'homme, une surveillance "en continu" est articulée avec une surveillance "en différé".

En effet, le transfert de radioactivité peut s'effectuer par trois voies différentes :

- la diffusion atmosphérique,
- la diffusion hydrogéologique et hydrologique,
- la diffusion marine.

Surveillance en continu. Il s'agit de faire l'inventaire permanent des flux physiques : rejets gazeux dans l'atmosphère en particulier, mais aussi rejets dans les réseaux d'eaux usées (sanitaires et industrielles) et pluviales. Un poste de conduite, pleinement intégré dans l'organisation industrielle, centralise en temps réel les résultats de tous les points de contrôle. L'air, en particulier, est contrôlé sur chaque cheminée, sur 8 stations implantées tout autour de l'établissement ainsi que sur 5 villages aux alentours de l'usine (Beaumont, Herqueville, Gréville, Digulleville et Jobourg). Ce sont ainsi trois cercles concentriques qui sont précisément et constamment surveillés.

Surveillance en différé. Elle consiste à prélever de façon systématique dans l'environnement des échantillons analysés en laboratoire. On peut ainsi déterminer l'impact des rejets sur la population et les écosystèmes. Au total, quelque 83 000 analyses sont effectuées chaque année, sur environ 26 000 échantillons prélevés en plus de 800 points différents.

La surveillance marine assurée par AREVA NC porte sur l'eau, la flore, la faune et les sédiments; le long, à proximité et au large des côtes. Cette surveillance est relayée pour quelques points par la Marine nationale.

La surveillance terrestre consiste à effectuer de nombreux prélèvements sur l'ensemble de la chaîne alimentaire : l'herbe, le lait, les eaux potables, les légumes... En parallèle, les rivières et ruisseaux ainsi que la nappe phréatique font également l'objet d'une surveillance.

Mesures externes croisées

L'établissement AREVA situé à La Hague comporte des Installations nucléaires de base (INB) et des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Le respect des obligations réglementaires y est contrôlé en permanence par les pouvoirs publics.

- La Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), avec l'appui local de la Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) de Basse-Normandie et le support technique de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), effectue de nombreuses inspections, programmées ou inopinées, sur le site.

- La DRIRE, outre ses visites au titre de la surveillance des installations nucléaires, contrôle l'application de la réglementation en matière d'ICPE.

- La DGSNR reçoit tous les mois l'ensemble des indicateurs environnementaux de l'usine : mesures réalisées dans l'environnement, effluents radioactifs gazeux et liquides, étalonnage des

appareils de mesure. L'IRSN dispose également d'une antenne à proximité de l'usine : elle y effectue ses propres prélèvements et analyses, et peut à tout moment accéder à l'usine pour vérifier les registres et conditions de rejet.

- Le Laboratoire départemental d'analyses de la Manche (LDA 50) collecte et analyse également des échantillons prélevés dans l'environnement de l'établissement, pour le compte de la DDASS (Direction départementale des affaires sanitaires et sociales).

- Les installations de l'usine à La Hague sont également soumises au contrôle d'Euratom (agence de l'Union européenne) et de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne).

Autocontrôle

L'établissement d'AREVA NC a mis en place des services spécifiques qui se préoccupent de contrôler et de mesurer les impacts de l'activité. Au total, une centaine de personnes travaillent sur le site au service de l'environnement.

DES CONTRÔLES STRICTS ET MULTIPLES

Un laboratoire Environnement participe ainsi à différents programmes nationaux et internationaux (Commissariat à l'énergie atomique, Agence internationale de l'énergie atomique...) permettant de comparer et de garantir ses résultats. Ce laboratoire est accrédité par le COFRAC, Comité français d'accréditation.

Information

Tous les résultats liés à la surveillance de l'environnement sont systématiquement diffusés aux autorités publiques et à une Commission spéciale et permanente d'information (CSPi) qui les analyse et assure l'information du public. Les résultats sont également mis à disposition du public en toute transparence, en particulier sur le site Internet www.aveva.com.

LA HAGUE OU PARIS-NEW YORK ?

L'impact radiologique de l'usine AREVA située à La Hague sur la population vivant à proximité est très précisément mesuré. Il est inférieur à 0,03 millisieverts par habitant et par an. Cela correspond à l'exposition radioactive induite par un vol Paris/New York ou par un changement d'altitude de 400 m.



Une sécurité permanente et de tout instant

Ici, on ne badine pas avec la sécurité. Bien gardée, bien protégée, l'usine AREVA située à La Hague est placée en permanence sous très haute surveillance, sous la vigilance quotidienne des agents de la Formation locale de sécurité.

UNE PROTECTION DE COFFRE-FORT

D'importantes dispositions matérielles protègent le site de La Hague de toute intrusion indésirable. On y recense ainsi 7 000 m de clôture lourde, 3 500 m de clôture sensible, un parc de caméras de surveillance, un dispositif de contrôle des accès qui peut traiter jusqu'à 25 000 cartes, etc.

L'objectif de prévention et de réaction instantanée au moindre incendie est couvert par 180 centrales de détection, 7 400 détecteurs, 240 installations fixes d'extinction, 1 600 clapets coupe-feu et 7 400 extincteurs.

Une équipe d'experts

La Formation locale de sécurité (FLS) compte près de 180 personnes. Ce "bataillon d'intervention", issu d'un dispositif créé en même temps que le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), existe à l'usine de la Hague depuis 1962.

Ils sont avant tout des spécialistes de la protection des personnes, des installations et des équipements. Assurant cette mission 24 h/24, ils y sont préparés par une formation de base polyvalente de huit semaines recouvrant tous les métiers de la lutte contre l'incendie, du secourisme et du gardiennage.

Les capacités d'intervention anti-incendie propres au site AREVA NC sont équivalentes à celles d'une ville de 35 000 habitants. La FLS dispose également de maîtres-chiens, de spécialistes formés au tir et même au maniement d'explosifs! Un important programme de formation professionnelle interne maintient au meilleur niveau possible l'efficacité des équipes.

En permanence, ces personnels se relaient au poste de commandement de la Formation locale de sécurité où ils disposent d'un système assisté par ordinateur de traitement des alarmes, qui centralise toutes les informations relatives à la sécurité.

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ANTICIPE

Sur l'établissement AREVA situé à La Hague, une équipe d'une dizaine d'ingénieurs est affectée à la sûreté nucléaire. Ils se consacrent à l'analyse des événements survenant sur le site, au contrôle des dispositifs de sécurité, aux comptes-rendus de sécurité, à la prévention de tous les risques potentiels, à la préparation d'exercices de plan d'urgence...

Sur ce site industriel, comme en toute installation nucléaire, la sûreté nucléaire s'attache à la "défense en profondeur". Ce concept vise la prévention continue de tous les incidents et accidents potentiels, du séisme aux aléas climatiques les plus inattendus.

Il revient à la sûreté nucléaire, toujours en alerte, de surveiller les installations pour détecter d'éventuelles dérives de fonctionnement afin de les corriger. Il lui incombe également de concevoir et mettre en œuvre les moyens pour limiter les conséquences des accidents qui pourraient survenir malgré les précautions prises.

Salle de conduite.



Assistance à un scaphandrier en opération.



La santé du personnel à la loupe

Bilans sanguins, analyses d'urine,
radiographies pulmonaires...
Chaque année, les salariés travaillant
sur le site d'AREVA situé à La Hague
bénéficient de bilans médicaux complets.
En amont, leur protection de la radioactivité
est méticuleusement organisée.



Laboratoire Haute Activité du bâtiment central.

Une à deux visites médicales par an

Selon leur poste de travail, les salariés présents sur le site de La Hague passent au moins une visite au service médical du travail, agréé par la Direction régionale du travail et de l'emploi. Un même niveau de surveillance est mis en œuvre pour tous les personnels, qu'ils soient salariés de AREVA NC et d'autres entreprises intervenant sur le site.

Comme dans tous les domaines d'activité, la mission de la médecine du travail est ici exercée en prévention de toute altération de la santé du fait de l'exécution du travail. Mais ici, en raison de la spécificité de l'activité, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) garantit le respect de la réglementation relative à la protection des travailleurs en milieu nucléaire. Il peut appeler en consultation les salariés concernés par un incident radiologique.

50 professionnels de la santé

Le service médical de l'établissement AREVA situé à La Hague comprend plusieurs médecins spécialistes ayant un diplôme en radioprotection. Ils sont assistés d'infirmiers, d'ergonomes et de techniciens supérieurs en hygiène et sécurité.

L'établissement dispose en parallèle d'un laboratoire d'analyses médicales avec pharmaciens-biologistes, ingénieurs, techniciens de laboratoire. Ce laboratoire pratique les examens prescrits par les médecins du travail.

Une méticuleuse organisation de la prévention

La radioprotection, ou protection contre les rayonnements ionisants, est intégrée à l'organisation du travail sur le site de La Hague. Elle représente en fait une facette intégrée aux enjeux de la sûreté nucléaire de l'établissement.

300 personnes sont placées au cœur de ce dispositif, soit 10 % de l'effectif de AREVA NC sur le site. Leurs missions comprennent la surveillance et le contrôle radiologique des installations, la formation du personnel à la prévention des risques radiologiques, la surveillance de l'environnement, les interventions radiologiques...

Les dispositions pratiques sont nombreuses : contrôles de la contamination des pieds et des mains à chaque sortie d'atelier, port de dosimètre réglementaire... Les personnels intervenant sur les zones exposées sont dotés d'un badge sensible aux rayonnements, mesurant la dose intégrée en temps réel. Le suivi individualisé permet enfin d'identifier les opérations sur lesquelles doivent porter en priorité les efforts pour réduire les doses.



DIX FOIS MOINS QUE L'EXPOSITION NATURELLE

La limite d'exposition aux rayonnements, pour tout salarié de l'industrie nucléaire, est arrêtée par le ministère de la Santé sur la base de recommandations d'une commission internationale regroupant les experts mondiaux de la

radioprotection. La réalité montre que l'exposition moyenne aux rayonnements des salariés travaillant sur le site de La Hague est inférieure au dixième de la dose d'exposition au rayonnement naturel.

Contrôle informatique Cogésair.



La haute technologie au service du bien-être, aujourd'hui et demain

Industrie de pointe, le nucléaire est au premier rang de l'innovation et de la recherche & développement. À l'instar de l'aéronautique ou de l'aérospatiale, les progrès technologiques réalisés trouvent des applications dans notre vie quotidienne.



L'innovation au quotidien

Industrie jeune, le nucléaire n'en a pas fini de réaliser des progrès, à tous les niveaux : techniques, économiques et environnementaux. Le groupe AREVA consacre ainsi plus de 3 % de son chiffre d'affaires à la recherche et développement, afin de maintenir un haut degré d'innovation dans toutes les étapes du cycle du combustible nucléaire. Une connaissance, affinée par de multiples collaborations avec des partenaires scientifiques extérieurs, qui peut d'ailleurs s'appliquer au-delà de l'industrie sur tous les champs d'application des rayonnements radioactifs.

Sur chacun des sites, et donc celui de La Hague, des chercheurs travaillent à améliorer la maîtrise des procédés technologiques tout comme la sûreté et la protection de l'environnement.

Plus et mieux pour l'environnement

L'usine AREVA située à La Hague est partie prenante de multiples programmes de recherche liés à l'aval du cycle du combustible nucléaire, notamment pour optimiser les traitements des effluents et des déchets. C'est cet effort qui a ainsi permis de réduire notablement le volume des déchets solides destinés à être stockés, avec la mise au point d'un atelier de compactage des coques et embouts issus du cisailage des assemblages de combustible.

La formation sans relâche

Les salariés de l'usine AREVA située à La Hague bénéficient d'un effort permanent de formation, leur permettant de rester parfaitement au fait des avancées technologiques et de cultiver les réflexes performance, sécurité, sûreté et environnement. Ce personnel qualifié bénéficie ainsi chaque année de formations pour rester à la pointe.

Le plus grand chantier d'Europe

Durant la construction de la dernière usine de l'établissement AREVA situé à La Hague, le site n'était pas moins que le plus grand chantier d'Europe, employant près de 7 000 personnes.



Avec une présence industrielle dans 40 pays et un réseau commercial couvrant plus de 100 pays, AREVA propose à ses clients des solutions technologiques pour produire de l'énergie sans CO₂ et acheminer l'électricité en toute fiabilité. Leader mondial de l'énergie nucléaire, le groupe est le seul acteur présent dans l'ensemble des activités industrielles du secteur.

Ses 58 000 collaborateurs s'engagent quotidiennement dans une démarche de progrès continu, mettant ainsi le développement durable au cœur de la stratégie industrielle du groupe.

Les activités d'AREVA contribuent à répondre aux grands enjeux du XXI^e siècle : accès à l'énergie pour le plus grand nombre, préservation de la planète, responsabilité vis-à-vis des générations futures.

www.aveva.com

AREVA NC

Établissement de La Hague
50444 Beaumont-Hague cedex
Tél. : +33 (0)2 33 02 64 00
Fax : +33 (0)2 33 02 66 11