

# LA PRÉVENTION DES RISQUES DANS LES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF

L'exploitation d'une centrale nucléaire nécessite l'utilisation d'uranium dont la fission libère de l'énergie et crée de la radioactivité. Les rayonnements émis, appelés ionisants, peuvent avoir des conséquences sur la santé de ceux qui y sont accidentellement exposés. EDF, en tant qu'industriel responsable, assure cette activité avec la plus grande vigilance et a mis en place, dès la conception de ses centrales, des processus de sécurité très stricts afin de protéger les hommes et l'environnement. La pertinence de ces précautions est réexaminée en permanence en fonction de l'évolution des connaissances et de l'expérience d'exploitation de ces installations. Cependant, bien que la probabilité d'accident soit extrêmement faible, EDF et les pouvoirs publics ont mis en place, conjointement, une organisation rigoureuse afin de répondre au mieux aux situations d'urgence.

2018  
NOTE D'INFORMATION



## PRODUIRE DE L'ÉNERGIE EN TOUTE SÉCURITÉ

À l'image de toutes les centrales thermiques, une centrale nucléaire produit de l'électricité grâce à une turbine, actionnée par la vapeur et entraînant à grande vitesse un alternateur. Cette vapeur est obtenue en faisant chauffer l'eau dans le réacteur nucléaire. La chaleur utilisée pour chauffer l'eau est dégagée par la fission des noyaux d'uranium, qui constituent ainsi le carburant. Les produits de cette fission sont radioactifs.

### DÈS LA CONCEPTION, DES DISPOSITIFS « REDONDANTS » POUR ASSURER LA SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

EDF assure la sécurité de ses installations nucléaires grâce à une série de barrières étanches successives.

**1<sup>re</sup> barrière** : la gaine métallique contenant le combustible nucléaire, appelée « crayon », est un tube métallique étanche qui contient les pastilles d'uranium.

**2<sup>e</sup> barrière** : le circuit primaire. Il s'agit d'un circuit fermé dans lequel circule l'eau chargée d'extraire la chaleur dégagée par le cœur du réacteur.

**3<sup>e</sup> barrière** : l'enceinte de confinement. Elle est constituée d'une paroi de béton pour les centrales de 900 MW et de deux pour celles de 1300 MW et 1450 MW. Cette enceinte, plus connue sous le nom « d'enceinte réacteur », contient notamment les grands composants du circuit primaire.

Afin d'éviter tout risque de défaillance technique ou humaine, EDF a également prévu la mise en place de lignes de défense successives et indépendantes sur ses centrales nucléaires :

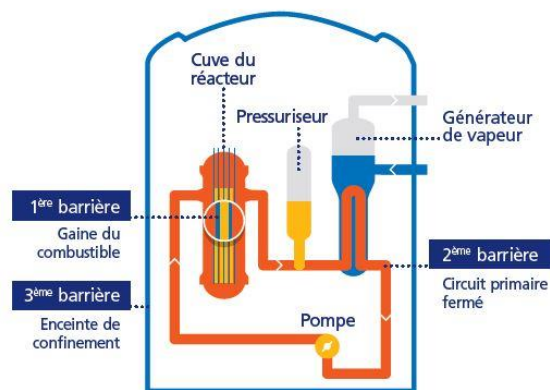
Un **système de redondance** a ainsi été conçu pour devenir une règle de conception. Tous les systèmes de sûreté sont doublés alors même qu'un seul suffirait. Si l'un d'eux ne fonctionne pas, le système en réserve s'y substitue.

Les appareils de mesure sont, quant à eux, triplés voire quadruplés dans certains cas.

De plus, certaines fonctions de sûreté sont assurées par des matériels différents. La diversification de ces matériels garantit une sécurité maximale de l'exploitation. Par exemple, la circulation d'eau à l'intérieur d'un circuit est assurée par une pompe entraînée par un moteur électrique, doublée d'une autre pompe entraînée par une turbine à vapeur afin de s'y substituer, si le moteur électrique connaissait une défaillance.

Enfin, les systèmes et matériels redondants sont installés dans des locaux séparés physiquement afin de les prémunir d'événements qui pourraient rendre simultanément indisponibles deux systèmes ou matériels ayant la même fonction.

### LES TROIS BARRIÈRES DE SÛRETÉ



## UNE SÉCURITÉ ASSURÉE TOUT AU LONG DE L'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS

La sécurité des centrales nucléaires a été prévue dès leur conception et reste une priorité absolue tout au long de leur exploitation. Au quotidien, elle est garantie par une véritable « culture sûreté » reposant sur :

- **Le professionnalisme** des salariés s'appuyant sur le respect rigoureux de règles et de procédures incontournables d'exploitation, ainsi que sur un système de formation en continu.

En 2017, près de 2,3 millions d'heures de formation ont été dispensées dans les centrales nucléaires, dont 284 639 heures sur les simulateurs, répliques parfaites de la salle de commande d'un réacteur dont sont dotées les centrales nucléaires françaises.

- **Un contrôle rigoureux**, selon des programmes établis, du fonctionnement des installations. EDF effectue ainsi des essais périodiques sur ses installations afin de s'assurer du bon fonctionnement des matériels.

- **Des contrôles fréquents des installations et des procédures** afin de s'assurer de la sûreté de l'exploitation. Ces contrôles sont effectués quotidiennement en interne par les salariés chargés de l'exploitation, mais également en externe, par des organismes indépendants tels que l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

Ainsi, sur les 473 visites de contrôle effectuées par l'ASN en 2017 dans les centrales nucléaires françaises, de façon programmée ou inopinée, près d'un tiers portent sur des thèmes relevant de la maintenance et de l'exploitation. Les facteurs organisationnels et humains, l'environnement, la prévention et la gestion des agressions sont les autres thèmes les plus inspectés par l'ASN.

Les centrales sont également dotées d'une entité indépendante, chargée de s'assurer du contrôle et du respect des prescriptions, ainsi que des règles de sûreté et de qualité, lors des opérations d'exploitation et de maintenance.

Sur un site comportant quatre réacteurs, le service en charge des vérifications et des expertises de sûreté est constitué d'une quarantaine de personnes et effectue en moyenne soixante vérifications et audits par an. À ces contrôles s'ajoutent ceux menés par l'Inspection nucléaire. Rattachée au directeur de la division nucléaire d'EDF, elle réalise, dans l'ensemble des centrales, une dizaine d'inspections, globales ou thématiques, par an.

- **La prise en compte de l'expérience** accumulée lors de l'exploitation quotidienne des réacteurs nucléaires en France et à l'étranger. Ces retours d'expérience permettent à EDF d'analyser les dysfonctionnements rencontrés, d'en tirer des enseignements et de faire évoluer ses méthodes d'exploitation.



## DES ACCIDENTS NUCLÉAIRES DANS LE MONDE : LES LEÇONS TIRÉES EN FRANCE

### L'ACCIDENT DE THREE MILE ISLAND (ÉTATS-UNIS)

Le 28 mars 1979, trois mois après la mise en service du réacteur n°2 de la centrale nucléaire de Three Mile Island (États-Unis), un incident d'exploitation a provoqué la fusion partielle du cœur du réacteur, alors même que ce dernier était en puissance. L'enceinte de confinement a joué son rôle et les rejets radioactifs sont restés très limités (inférieurs à 1mSv pour les personnes les plus exposées). Cet événement fut classé au niveau 5 de l'échelle INES (International nuclear event scale). Cette échelle de sept échelons va de l'anomalie sans conséquence pour la sûreté (niveau 1) à l'accident majeur (niveau 7).

EDF a immédiatement tiré les enseignements de cet accident en ajoutant des lignes de défense supplémentaires dans ses centrales nucléaires. Le métier d'ingénieur sûreté a ainsi été créé, avec pour rôle d'effectuer une surveillance indépendante. Un simulateur, réplique exacte de la salle de commande, a également été mis en place dans chaque centrale afin d'entraîner les opérateurs à des situations de pilotage en fonctionnement normal comme en situation incidentelle.

### L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL (UKRAINE)

Le 25 avril 1986, à la suite de plusieurs erreurs, le cœur d'un des réacteurs de type « RBMK », réacteur bouillant à eau de grande puissance de la centrale de Tchernobyl (Ukraine), n'a pas été suffisamment refroidi. Le dégagement d'énergie a fait exploser le réacteur et le bâtiment qui le contenait. Par rapport aux réacteurs à eau sous pression (REP) que l'on trouve dans les centrales nucléaires françaises, les réacteurs RBMK présentent une instabilité du cœur du réacteur, dont le pilotage est moins maîtrisable. Par ailleurs, ces réacteurs ne disposent pas d'une enceinte de protection, enveloppe étanche et résistante de béton qui équipe les centrales françaises pour constituer une protection supplémentaire.

Pendant dix jours, à Tchernobyl, les rejets radioactifs ont été très importants et ont eu des conséquences sanitaires et environnementales en Europe de l'Ouest. Cet événement fut classé au niveau 7, le plus haut niveau de l'échelle INES.

L'accident de Tchernobyl a entraîné de nombreuses évolutions pour tous les exploitants mondiaux : sur le plan technique avec, notamment, l'intégration de modifications importantes sur les réacteurs de la filière et sur le plan organisationnel, par une réflexion internationale engagée sous l'égide de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) et l'apparition de la notion de « culture sûreté ».

### L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA-DAIICHI (JAPON)

Le 11 mars 2011, un séisme de magnitude 8,9 sur l'échelle de Richter a frappé la côte Est du Japon, entraînant un important tsunami. Le séisme a entraîné l'arrêt automatique des réacteurs de la centrale de Fukushima-Daiichi, puis le tsunami a endommagé les prises d'eau, permettant le refroidissement du réacteur et les alimentations électriques. Sans électricité ni moyen de refroidissement, une partie du combustible s'est détériorée sous l'effet de la chaleur, provoquant la production d'hydrogène. L'hydrogène ainsi accumulé a finalement conduit à l'explosion des enceintes de trois des bâtiments réacteurs.

Cet événement fut classé au niveau 7, le plus haut de l'échelle INES.

### L'ÉCHELLE INES

#### Échelle internationale des événements nucléaires



## DES ACCIDENTS NUCLÉAIRES DANS LE MONDE : LES LEÇONS TIRÉES EN FRANCE - SUITE

À la suite de l'accident de la centrale de Fukushima (Japon), en mars 2011, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé à EDF de soumettre son parc nucléaire à des évaluations complémentaires de sûreté. Le programme industriel qui en découle prévoit l'augmentation du niveau de sûreté des installations pour garantir l'intégrité du parc nucléaire en toute situation. Les équipes d'EDF sont mobilisées autour d'un programme d'actions déployé dès 2011 dans l'ensemble du parc nucléaire, avec un calendrier validé par l'ASN.

Il s'articule en 3 phases :

- La phase 1, achevée fin 2015, avait pour objectif à court terme de compléter les organisations de crise et les moyens associés (fixes et mobiles) existants pour faire face à un accident sur plusieurs réacteurs d'un même site, dans un contexte perturbé. Le déploiement de cette première phase a permis d'augmenter de manière significative la robustesse des installations.

- La phase 2, doit répondre à un double objectif :

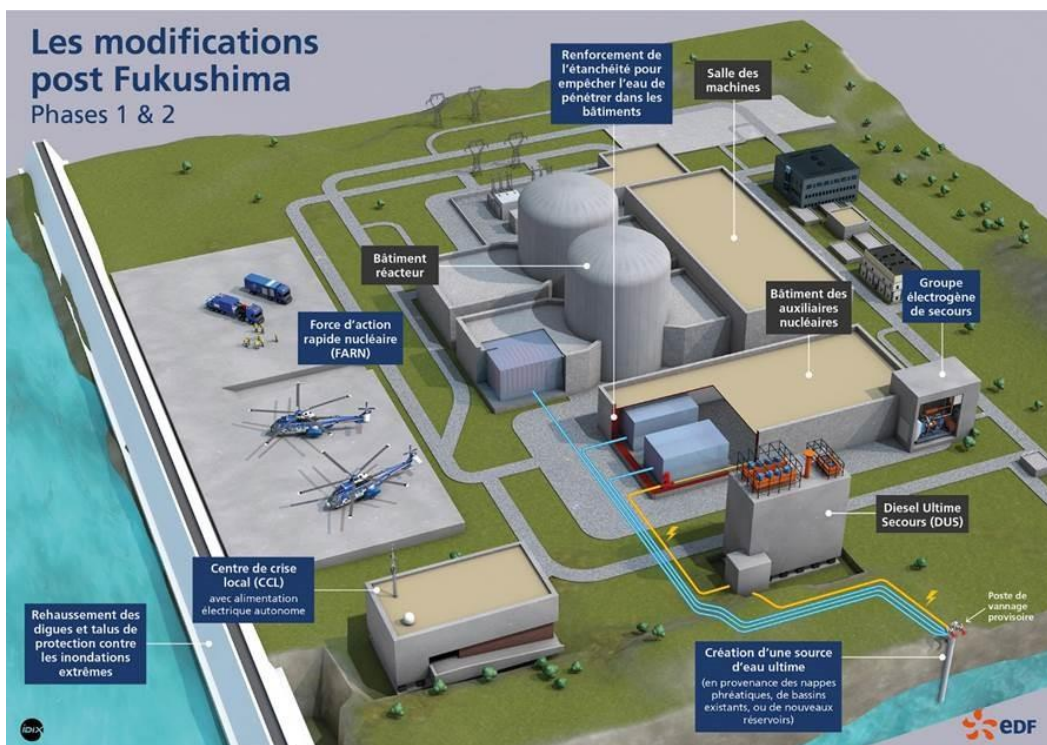
Tout d'abord mettre en place, entre 2015 et 2020, des moyens complémentaires d'appoint en eau et en électricité pour garantir l'intégrité du réacteur en cas de perte de longue durée des moyens existants sur un site. Certains éléments clés du noyau dur sont ainsi mis en place (diesel d'ultime secours, source d'eau ultime).

Entre 2019 et 2024, chaque centrale verra apparaître son Centre de crise local, dédié à la gestion de crise en cas de situation extrême.

Les modifications réalisées permettent à la fois d'envisager une exploitation des unités de production après quarante ans et de répondre intégralement aux améliorations de sûreté mentionnées dans les rapports d'évaluations complémentaires de sûreté réalisés à l'issue de l'accident de Fukushima.

- La phase 3, étape supplémentaire dans la démarche d'amélioration continue de la sûreté.

En cohérence avec le planning des futures visites décennales dimensionnant la durée de fonctionnement des unités au-delà de quarante ans, cette phase va au-delà des référentiels en vigueur. L'objectif ultime étant d'éviter un accident avec fusion du cœur, ou en limiter la progression, et à limiter les rejets radioactifs. Les premières applications se feront à partir de 2019 pour les premières visites décennales des unités concernées.



## UNE ORGANISATION RIGOUREUSE POUR PROTÉGER LES POPULATIONS ET LEUR ENVIRONNEMENT

Bien que la probabilité d'accidents soit extrêmement faible, en raison des multiples dispositions prises à la conception et lors de l'exploitation des centrales nucléaires, EDF et les pouvoirs publics ont mis en place, conjointement, une organisation complète afin de gérer les situations d'urgence.

### DEUX PLANS, ÉTROITEMENT COORDONNÉS, ONT AINSI ÉTÉ CONÇUS :

Le **Plan d'urgence interne (PUI)**, est placé sous la responsabilité d'EDF, plus particulièrement du directeur de la centrale.

Le déclenchement du « PUI » entraîne la mobilisation immédiate des moyens techniques et humains nécessaires pour ramener l'installation dans un état sûr et limiter, au maximum, les conséquences sur les personnes et les biens, sur le site et dans l'environnement.

En permanence, dans une centrale nucléaire, quelle que soit l'importance de l'événement, près d'une centaine de personnes est d'astreinte 24h/24 pour assurer la gestion technique, la mise en œuvre des moyens ou la communication.

- Au niveau local, lors du déclenchement du PUI, EDF met en place un poste de commandement local, à partir duquel sont coordonnées toutes les actions engagées sur le site afin de ramener au plus vite l'installation dans un état sûr et de limiter les conséquences sur les personnes et l'environnement.

- Au niveau national, le PUI mobilise des experts spécialisés dans la gestion des situations incidentelles, au sein des équipes nationales de crise d'EDF et d'organismes indépendants : l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Tout au long de la durée de déclenchement du PUI, EDF informe les pouvoirs publics (plus particulièrement le préfet), les médias et le grand public de l'évolution de la situation.

Si le risque de rejets est avéré, le préfet déclenche le **Plan particulier d'intervention (PPI)** :

Ce plan permet aux pouvoirs publics, sous la responsabilité du préfet du département concerné, de prendre les mesures nécessaires pour protéger les populations ainsi que l'environnement, mais aussi d'informer. Parmi les dispositions sont prévues : la mobilisation d'équipes de mesure et de détection de la radioactivité dans l'environnement, l'information en continu des populations, la mobilisation de structures (hôpitaux, centres spécialisés) pouvant accueillir des blessés contaminés ou la mise en place d'une organisation pour la mise à l'abri de la population ou son évacuation complète.

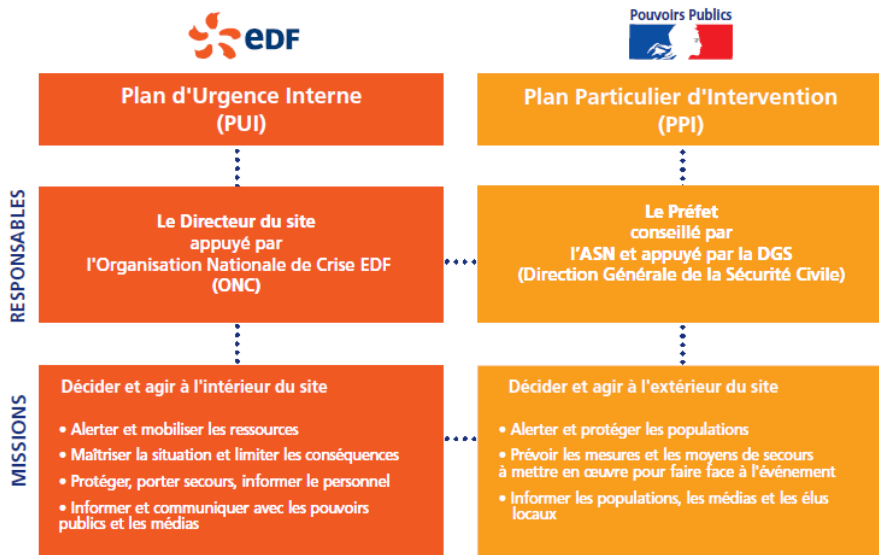
- Le préfet, conseillé par la division régionale de l'ASN, agit alors en tant que directeur des opérations de secours. Il fixe les structures et l'organisation des secours en cas d'accident.

- Au niveau national, l'ASN et l'IRSN analysent et évaluent l'évolution de la situation, en termes de rejets et de conséquences sur l'environnement. Ils apportent également une assistance technique et de conseil sur les actions nécessaires à mettre en œuvre pour protéger les populations ainsi que l'environnement. Ils informent également en continu le grand public sur la situation.

Le gouvernement et le ministre de l'Intérieur peuvent, si l'évolution de la situation le nécessite, faire appel au Centre opérationnel de gestion interministérielle des crises (COGIC). Le COGIC suit alors l'événement et coordonne l'ensemble des moyens de secours humains et matériels, locaux ou nationaux, publics ou privés nécessaires.

## UNE ORGANISATION RIGOUREUSE POUR PROTÉGER LES POPULATIONS ET LEUR ENVIRONNEMENT - SUITE

### ORGANISATION DE CRISE NUCLÉAIRE PUI et PPI, organisation locale de crise



### Des exercices réguliers afin de s'entraîner à gérer les situations accidentelles

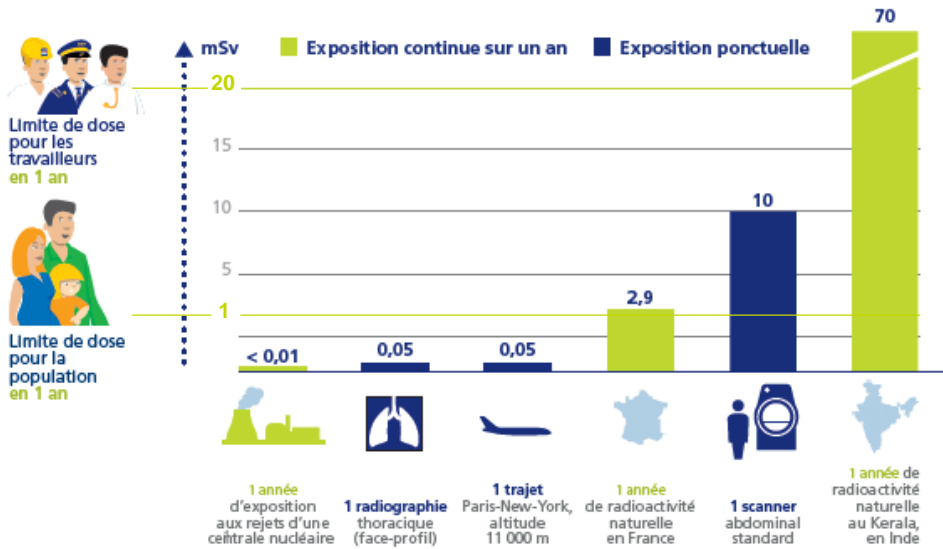
Le Plan d'urgence interne (PUI) et le Plan particulier d'intervention (PPI) sont testés régulièrement dans les départements dotés d'établissements nucléaires. Les dysfonctionnements éventuels peuvent ainsi être corrigés et les adaptations liées à l'évolution des méthodes de gestion de crise prises en compte. EDF teste de cette façon son organisation locale plusieurs fois par an, mais également son organisation nationale et son articulation avec celles des différentes autorités (pouvoirs publics et Autorité de sûreté nucléaire) ainsi qu'avec celles des services d'appui technique (IRSN). Ces exercices sont aussi l'occasion de vérifier l'efficacité des dispositifs d'alerte et la gestion technique des accidents. De ces exercices sont tirés de nouveaux enseignements qui engendrent des améliorations et une évolution de l'organisation nationale.

Tous les ans, chaque centrale nucléaire réalise une dizaine d'exercices PUI en moyenne. Le PPI est quant à lui testé une dizaine de fois par an par les pouvoirs publics, en collaboration avec EDF.



## DES MESURES PARTICULIÈRES PRISES EN CAS DE REJETS RADIOACTIFS

### ÉCHELLE DES EXPOSITIONS



En cas d'accident nucléaire, le danger viendrait des particules radioactives (poussières) présentes dans l'air, du fait des rejets radioactifs dans l'atmosphère ainsi que des dépôts radioactifs sur le sol. Ces particules risqueraient alors de contaminer les hommes et leur environnement.

Lorsque des substances radioactives pénètrent dans le corps, on parle d'**exposition interne**. Trois modes d'exposition interne sont alors possibles :

- soit par inhalation de particules radioactives,
- soit par ingestion d'aliments contaminés,
- soit par une infiltration par la peau, favorisée par une plaie.

### Radioactivité : de quoi parlons-nous ?

La radioactivité est partout, l'être humain est sans cesse exposé à des rayonnements ionisants, de par la radioactivité naturelle mais également par d'autres sources de radioactivité artificielle telles que les radiographies et scanners médicaux ou encore les trajets en avion.

Le sievert (Sv) estime l'effet du rayonnement sur l'homme.

Afin de ne pas créer d'impact sur son environnement et sur la qualité de vie des populations, EDF a, dès le démarrage de ses centrales, engagé une démarche volontariste pour maintenir à des niveaux les plus faibles possibles ses émissions radioactives. Avant la construction d'une installation nucléaire, EDF procède à un bilan radiologique initial de chaque site ; il constitue la référence pour les analyses ultérieures. Près de 20 000 mesures par an sont ainsi effectuées afin de s'assurer que l'environnement est préservé.

**POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES CONTRÔLES MENÉS PAR EDF POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DES CENTRALES, TÉLÉCHARGEZ LA NOTE D'INFORMATION « EDF ET LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT » SUR [EDF.COM](http://EDF.COM)**





## DES MESURES PARTICULIÈRES PRISES EN CAS DE REJETS RADIOACTIFS - SUITE

Dans le cas d'une exposition interne, les organes reçoivent des doses différentes en fonction des lieux de fixation privilégiés des radioéléments, ces doses sont appelées **doses à l'organe**.

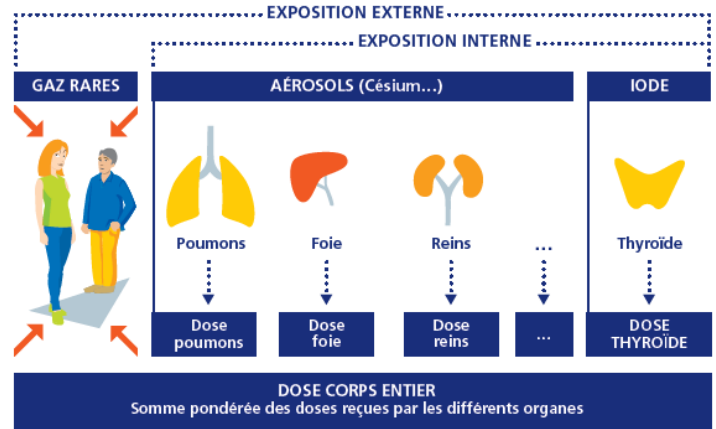
On attache une grande importance à la **dose thyroïde**. En effet, les rejets, en cas d'accident grave, peuvent contenir une grande quantité d'iodes radioactifs qui se fixent préférentiellement sur la thyroïde.

Cet organe est particulièrement sensible aux rayonnements, surtout chez les enfants et les femmes enceintes. Le seuil réglementaire imposant une mesure de protection est fixé à 50 mSv pour la thyroïde.

Dans le cas d'une **exposition externe** et uniforme de l'organisme, tous les organes du corps reçoivent la même dose.

En cas d'accident, il peut y avoir cumul des deux types d'exposition : interne et externe. Le cumul des doses reçues par les différents organes constitue la **dose « corps entier »**.

### DOSE CORPS ENTIER



## LE PRÉFET : UNIQUE DÉCIDEUR DES MESURES DE PROTECTION DE LA POPULATION

En situation accidentelle, c'est le préfet qui prend les mesures de protection. En fonction de la gravité de l'incident, il peut décider de :

- la mise à l'abri de la population, pour une dose corps entier prévisible supérieure ou égale à 10 mSv ;
- la prise de comprimés d'iode, pour une dose thyroïde prévisible supérieure ou égale à 50 mSv, - l'évacuation des populations, pour une dose « corps entier » prévisible supérieure ou égale à 50 mSv ;
- la mise en place de restrictions de consommation.

Ces décisions concernent un périmètre défini autour de la centrale nucléaire et dépendent de la gravité de l'incident.

### La mise à l'abri

Elle est annoncée par des sirènes fixes ou mobiles, ainsi que par le système d'alerte téléphonique mis en place autour des sites nucléaires depuis 2009. Les populations doivent rester chez elles ou à l'abri, dans les locaux où elles se trouvent. Il est demandé aux populations de se protéger en fermant les portes et les fenêtres, et en coupant si possible les ventilations afin d'empêcher les particules radioactives de pénétrer à l'intérieur.

Il est impératif également de se tenir informé en écoutant la radio (*France Bleu* ou autres radios locales) et/ou en regardant la télévision (*France 3* régional), qui doivent diffuser en temps réel les consignes du préfet.

### La prise de comprimés d'iode

Ordonnée par le préfet, la prise de ce comprimé empêche l'iode radioactif de se fixer sur la thyroïde en saturant la thyroïde d'iode stable. Cette dernière est ainsi protégée. S'il y avait inhalation ou ingestion d'iode radioactif, il serait alors simplement éliminé par les voies naturelles.

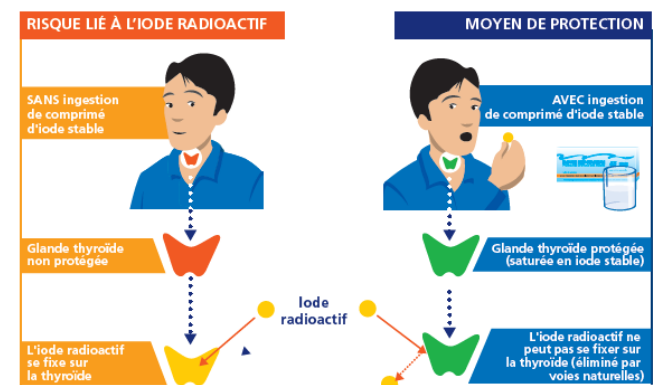
### ACTION DE PROTECTION

#### La mise à l'abri



### PROTECTION DE LA THYROÏDE

#### L'ingestion de comprimé d'iode



## LE PRÉFET : UNIQUE DÉCIDEUR DES MESURES DE PROTECTION DE LA POPULATION - SUITE

La posologie retenue en cas de rejet radioactif est fonction de l'âge, à savoir :

Adultes (y compris les femmes enceintes)

2 comprimés de 65 mg

Enfants âgés de 3 à 12 ans

1 comprimé de 65 mg

Enfants âgés de 1 mois à 3 ans

½ comprimé de 65 mg

Nouveaux nés (1<sup>er</sup> mois de la vie)

¼ comprimé de 65 mg

Les pouvoirs publics mettent des comprimés d'iode stable à la disposition des populations vivant dans un rayon de 10 km\* autour des centrales nucléaires. Elles sont invitées à les récupérer en pharmacie, en échange d'un bon nominatif. La dernière distribution de comprimés d'iode date de 2016 pour toutes les centrales de France. Elle a été complétée par un envoi postal, pour les personnes n'ayant pas retiré leur boîte dans un délai de six mois. Une campagne complémentaire d'iode sera organisée en 2019, pour les populations situées dans un rayon de 10 à 20 km autour des centrales nucléaires.

### L'évacuation des populations

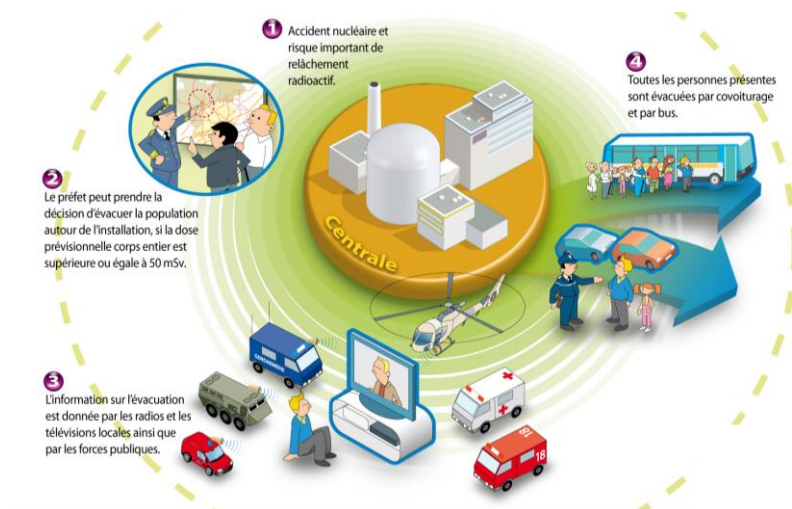
En cas de menace de rejets radioactifs importants, le préfet peut ordonner l'évacuation des populations. Les populations concernées doivent alors, après avoir préparé un bagage et mis en sécurité leur domicile, soit prendre leur véhicule et évacuer la zone, soit rejoindre le point de regroupement le plus proche. C'est de ce point que sera effectuée l'évacuation.

### Les restrictions de consommation

Elles touchent les produits frais locaux (légumes, fruits, lait de ferme, etc.) et l'eau des puits de la zone concernée par l'interdiction. Les produits conditionnés (produits secs, conserves, produits surgelés, eau minérale, lait UHT, etc.) peuvent être consommés sans restriction.

\* Depuis 2005, le périmètre des Plans particuliers d'intervention (PPI) est de 10 km autour des centrales nucléaires. À partir de fin 2018, le rayon des PPI va passer de 10 à 20 km.

## ACTION DE PROTECTION La procédure d'évacuation



## RESTRICTION DE CONSOMMATION Sur décision du préfet

