

Evaluation des conséquences radiologiques accidentelles à EDF

Parc en exploitation et EPR FA3

Gilles RANCHOUX
EDF / DISC / Direction Technique
gilles.ranchoux@edf.fr

ATSR 2024



CHARTRE ETHIQUE

Chaque salarié s'engage à traiter de façon responsable les informations qu'il détient dans le cadre de son travail et respecter les règles de sécurité et de confidentialité, en particulier concernant les données sensibles.

| Export control | |
|--|-------------------|
| EC = NON | Codification EC : |
| Si EC = OUI, ce document contient des informations soumises à Export Control. Des restrictions s'appliquent sur l'accès, la manipulation et l'export de ce document. | |



Ce document / cette réunion aborde des sujets internes



Ce document / cette réunion aborde des sujets restreints dont la divulgation peut être préjudiciable à EDF : chacun s'engage à n'en communiquer les supports et à n'en relater les échanges qu'avec discernement et en mentionnant explicitement « à ne pas rediffuser / à ne pas divulguer »

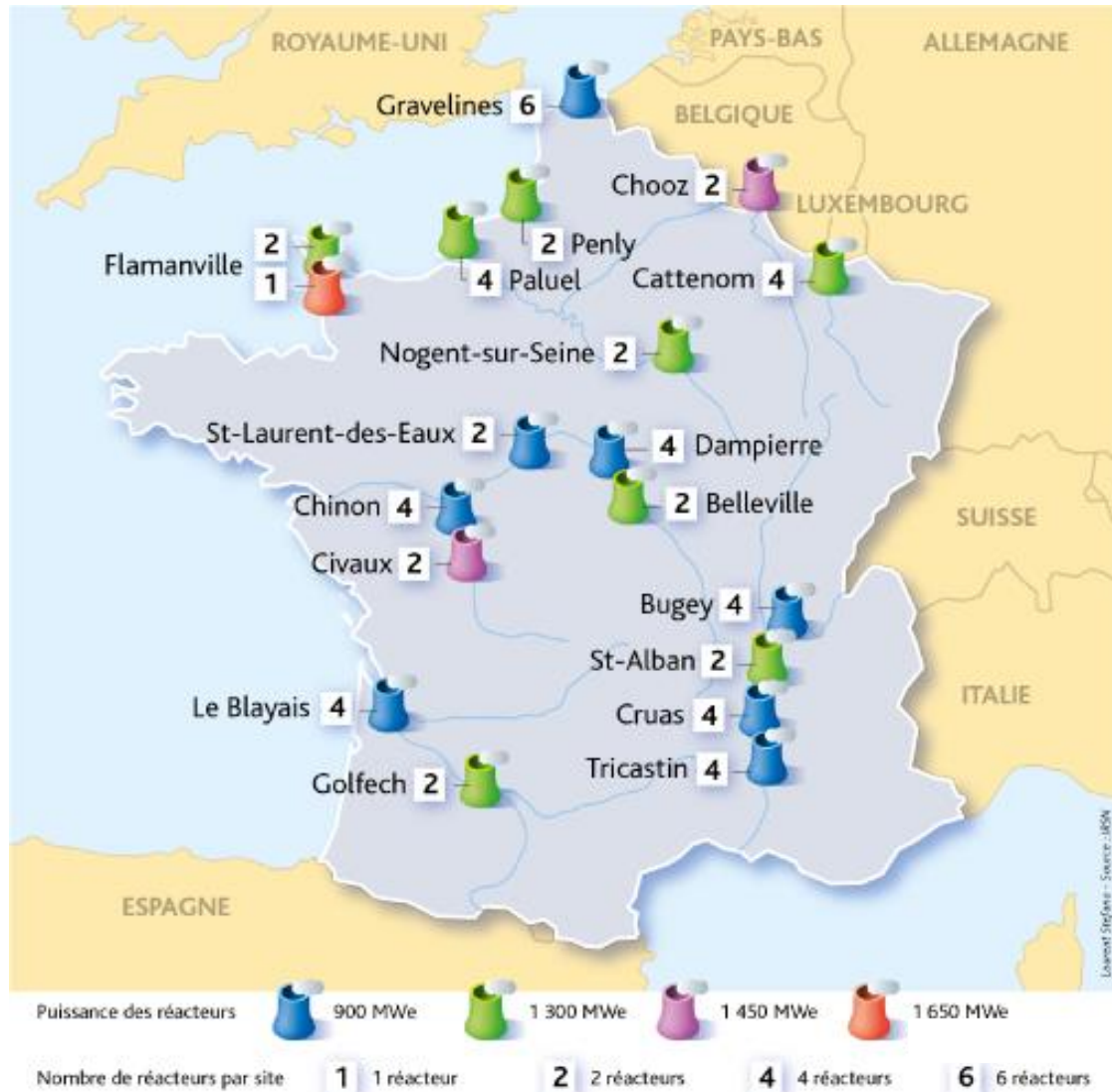


Ce document / cette réunion aborde des sujets de nature confidentielle, chacun s'engage à tenir secrètes les informations tant écrites qu'orales qui y sont exposées. Chaque dépositaire de cette présentation s'interdit de la communiquer à quelque tiers que ce soit sans l'accord du président de séance

PLAN DE LA PRESENTATION

- 1. Contexte général du parc de réacteurs français**
- 2. Evaluations de conséquences radiologiques des accidents**
- 3. Nouvelle méthode à l'état de l'art utilisée par EDF : PASTA**
- 4. Présentation de quelques résultats**

Le parc de réacteurs nucléaires EDF en France



- 18 sites EDF en France
- Réacteurs REP en exploitation :
 - 900 MWe : 32 tranches CP0/CP1/CP2
 - 1300 MWe : 20 tranches P4/PP4
 - 1450 MWe : 4 tranches N4
 - 1650 MWe : 1 tranche EPR (Flamanville)



EPR FLA3

Le nucléaire à EDF à moyen terme

Prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel au-delà de 40 ans

- Grand Carénage : projet d'ampleur démarré en 2015 (RP4-900, RP4-1300 et RP3-N4)
- Modifications visant à améliorer la sûreté en fonction du REX français et international pour préparer une éventuelle prolongation de la durée de fonctionnement

Construction de nouveaux réacteurs de technologie EPR2

- EPR2 = Version optimisée et industrialisée de l'EPR (1650 MWe)
- Intégration du **REX des chantiers et de l'exploitation des EPR** dans le monde (FLA3, OL3, Taishan et Hinkley Point C) et de l'exploitation du parc français
- Construction de **3 paires de réacteurs EPR2** : sites de Penly, Gravelines et Bugey - Plaine de l'Ain
 - **Penly 3-4** :
 - Enclenchement des travaux préparatoires en 2024 suite au décret du 3 juin 2024 (autorisation environnementale)
 - Décret d'Autorisation de Création (DAC) : début 2028
 - Mise en service prévue à l'horizon 2035-2037
 - **Gravelines et Bugey** : Dépôt des premiers dossiers administratifs à partir de 2025 (AE) et 2028 (DAC)
- Potentiellement 8 réacteurs EPR2 supplémentaires : Déclaration E. Macron du 12 juin 2024

Pourquoi évalue-t-on les conséquences radiologiques des accidents ?



Parce que c'est la loi !

Quand ?

Dans le cadre d'une autorisation de dossier réglementaire

Démonstration de sûreté
→ *Rapport de Sûreté*

Elaboration du PUI en lien avec le PPI

Phase « étude »

Lors d'un accident

Eléments d'aide à la décision pour la mise en œuvre du PPI

Phase « événementielle »

La démonstration de sûreté : exemple de l'accident grave



Parc

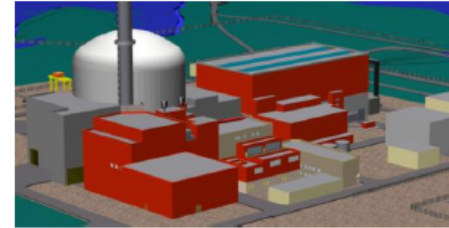
Amélioration de la sûreté par réduction des conséquences radiologiques

Objectif de sûreté :

Réduction du niveau de risque à un niveau aussi faible que possible dans des conditions économiquement acceptables compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de l'environnement de l'installation

Finalité pour les conséquences radiologiques :

- Quantification des gains sur les doses (efficaces et thyroïde) apportés par les modifications matérielles et de conduite du Réexamen de Sûreté
- Limitation des effets durables significatifs dans l'environnement (dose efficace et perte des récoltes)



EPR FLA3

Confirmation de l'absence d'effet durable ou important

Objectifs de sûreté : (Directives Techniques)

- Prise en compte à la conception de dispositions pour préserver l'intégrité de l'enceinte (récupérateur de corium, EVU, recombineurs H₂, ...) en cas de fusion du cœur
- Fusion Cœur en pression : Cas de rejets précoces importants « pratiquement éliminés » par conception
- Fusion Cœur basse pression : Rejets maximaux ne nécessitant que des mesures de protection des populations très limitées en étendue et en durée

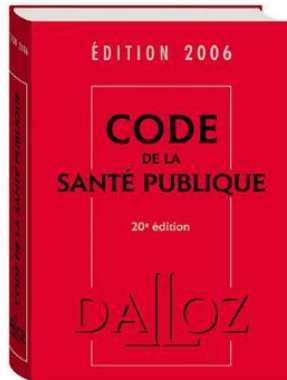
Finalité pour les conséquences radiologiques :

- Absence de relogement permanent
- Pas d'évacuation d'urgence au-delà du voisinage immédiat
- Mise à l'abri limitée des populations
- Pas de restriction à long terme sur la consommation de produits alimentaires



Amener les tranches du parc au même niveau de sûreté que les EPR – EPR2

Gestion des Situations d'Urgence Radiologique



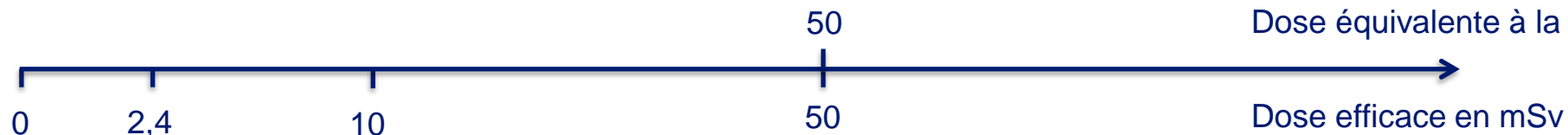
Dispositions réglementaires de protection des personnes du public :

- ❑ Limiter l'exposition de la population à la radioactivité à un niveau aussi faible que raisonnablement possible (principe d'optimisation ALARA)
- ❑ Décisions et actions prises par les pouvoirs publics au regard :
 - D'un **niveau de référence en dose efficace fixé à 100 mSv** (CSP article R.1333-82)
 - De « **valeurs repères** » de dose pour enclencher certaines actions (CSP article R.1333-84)
 - Souplesse permise dans les décisions du préfet (CSP article R.1333-86)



Prophylaxie par l'iode stable

Dose équivalente à la thyroïde en mSv



Exposition naturelle annuelle en France

Mise à l'abri

Evacuation des populations

Evaluer les conséquences radiologiques des accidents, ça signifie quoi ?

2,21 GigoSv !



Conséquences Radiologiques



Evaluation des doses à la population

Exposition externe



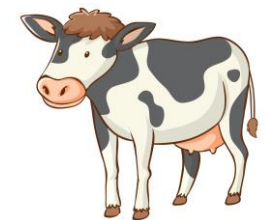
Exposition interne



Evaluation des transferts de radioactivité dans les produits agricoles

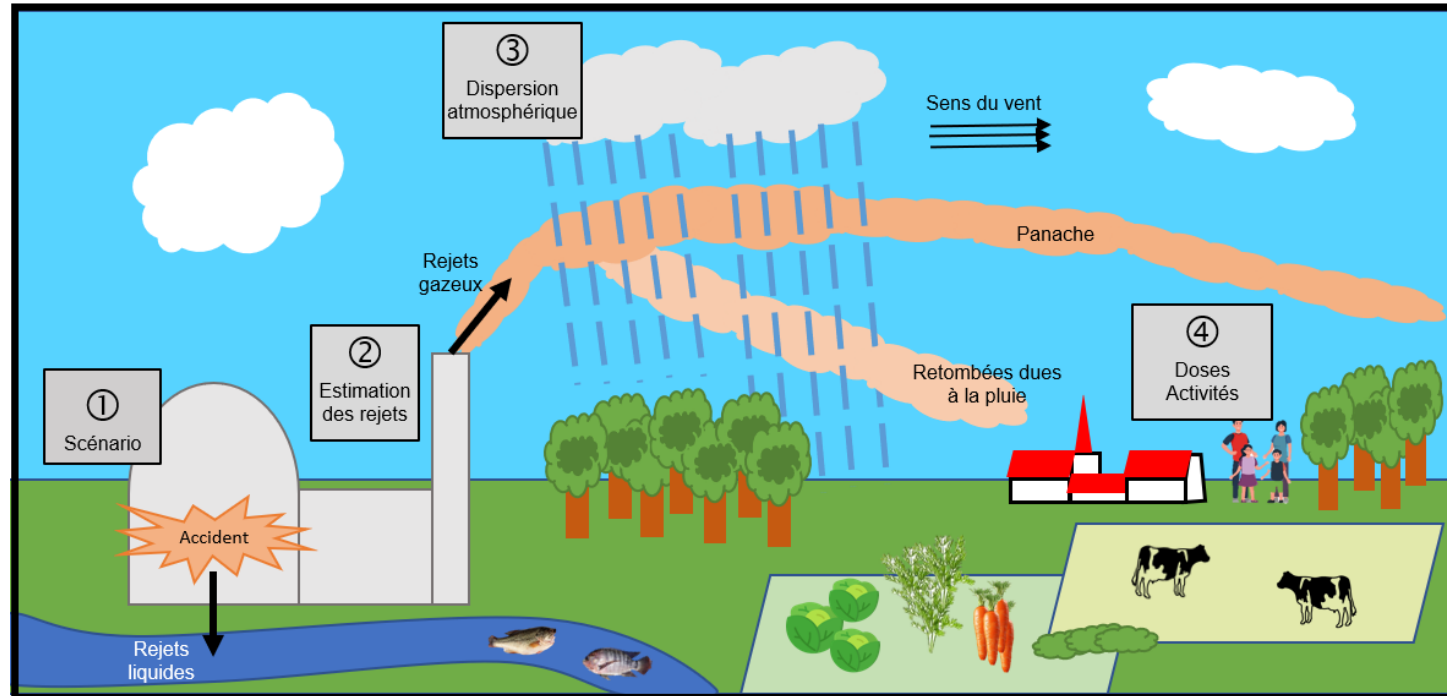


Aliments



Comment procède-t-on à EDF ?

Chaînage en 4 étapes



Etape 1 Scénario d'Accident

Etape 2

Rejets Atmosphériques

Etape 3

Dispersion atmosphérique (activités volumiques, dépôts)

Etape 4

Impact sur l'environnement

Méthode déterministe :

- Marges de dimensionnement
- Principes de redondance

COSAQUE

Hypothèses de transfert dans l'installation

CORRA ou SYMBIOSE (jusqu'à FA3 et VD4 900)

DF2 – Dépôts secs
Enveloppe de la France entière

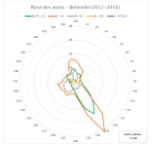
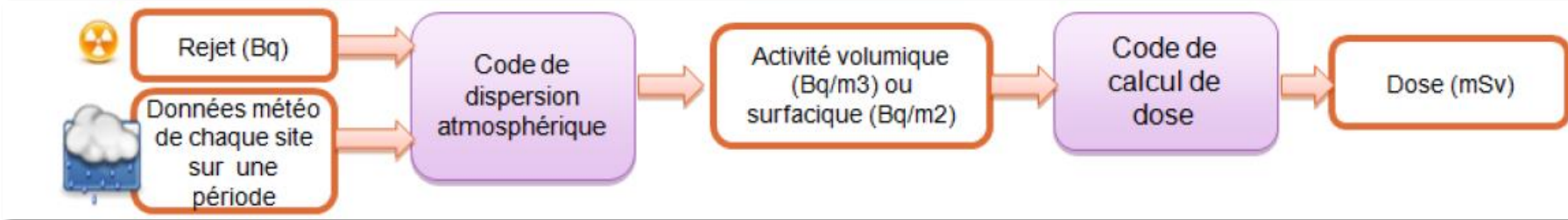
PASTA
(depuis VD4 1300)

Modèle de dispersion
Conditions météo sur 5 ans pour chaque site



Code PASTA

Plateforme d'Analyse Statistique des Transferts radioactifs à l'Atmosphère et de leurs conséquences



| Belleville (2012-2016) | Stable | Neutre | Instable | Toutes classes de stabilité |
|------------------------------------|--------|--------|----------|-----------------------------|
| [0 ; 2 [| 34,31% | 0,64% | 5,27% | 40,22% |
| [2 ; 4 [| 21,22% | 6,38% | 11,64% | 39,24% |
| [4 ; 6 [| 3,67% | 6,71% | 6,01% | 16,39% |
| [6 ; 10 [| 0,13% | 2,85% | 1,06% | 4,03% |
| ≥ 10 m/s | 0,00% | 0,10% | 0,01% | 0,12% |
| Toutes vitesses de vent confondues | 59,33% | 16,68% | 23,98% | 100% |



Exemples de données de sortie

Courbes d'isodoses pour un percentile fixé

Courbes d'isoprobabilité de dépassement d'une dose fixée

Densité de probabilité d'une dose en un point

Probabilité cumulée d'une dose en un point

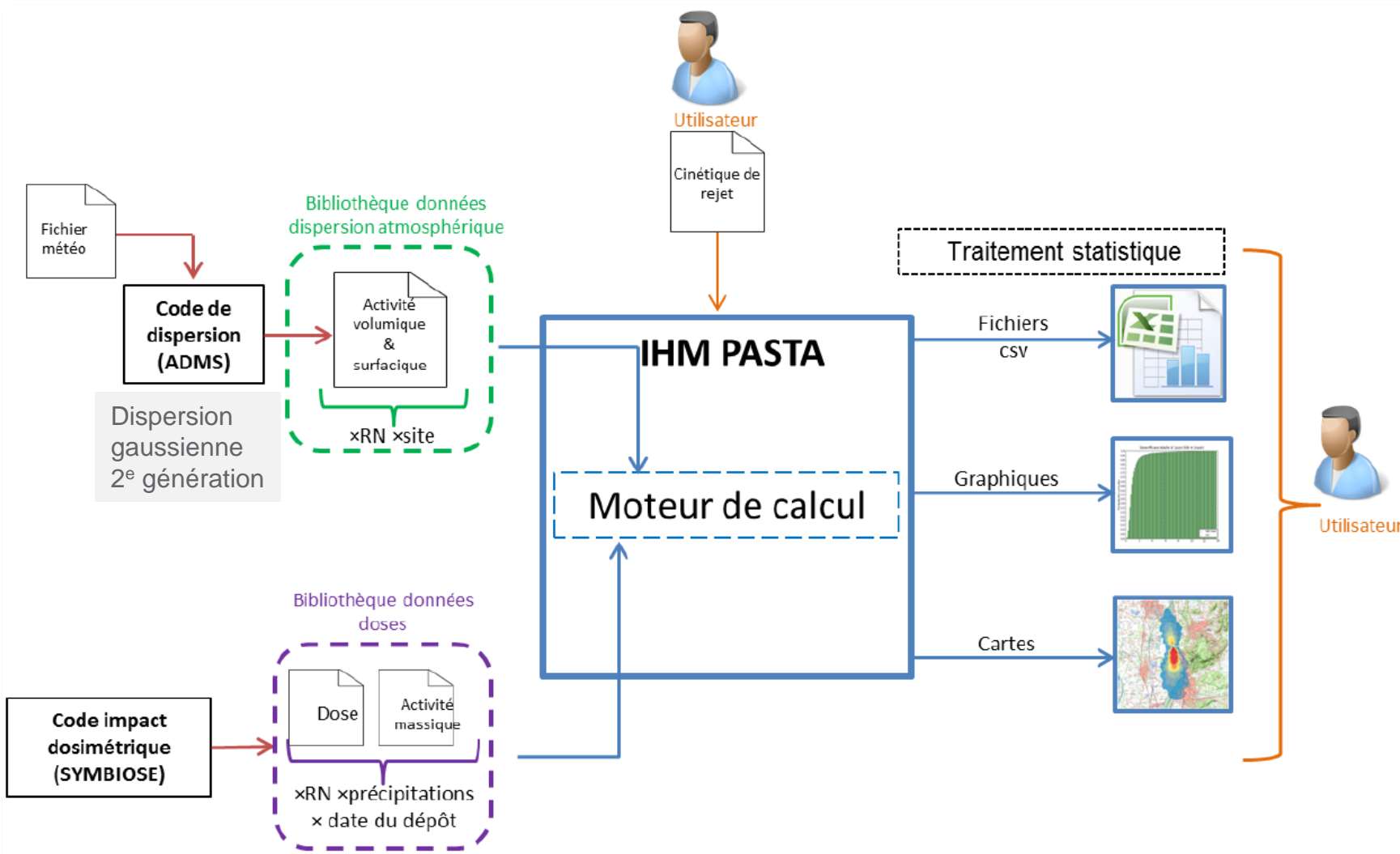
Indice de concentration NMA

Simulations du rejet en faisant « glisser » sa date de début sur une grande période météorologique

Code PASTA

Plateforme d'Analyse Statistique des Transferts radioactifs à l'Atmosphère et de leurs conséquences

Développement  DT



- Données météorologiques enregistrées pour chaque CNPE entre 2012 et 2016 (5 ans)
- Dépôts secs ou humides
- Rejet au sol sur terrain plat (pas de relief ou de bâtiments)
- Vents calmes ($v < 0,3$ m/s) : simplification par approche gaussienne
- Décroissance / Filiation radioactive

Quelques résultats pour la VD4 1300



PASTA

Scénarios Accident Grave étudiés

1. Valorisation des modifications réalisées dans le cadre du réexamen
2. Appréciation du gain apporté par le déploiement de l'EAS-ND en lieu et place du dispositif U5 (décompression de l'enceinte) dans les études

En VD4 1300 :

- Gain significatif (facteur ≈ 30) apporté par l'EAS-ND sur les doses efficaces et dose thyroïde (à 7 jours 5 km et sur la vie entière à 2 km)
- Réduction (facteur ≈ 5) du rayon de mise en œuvre de l'évacuation des populations
- Réduction (facteur ≈ 5) du rayon de mise en œuvre de la prise d'iode stable

EAS-ND

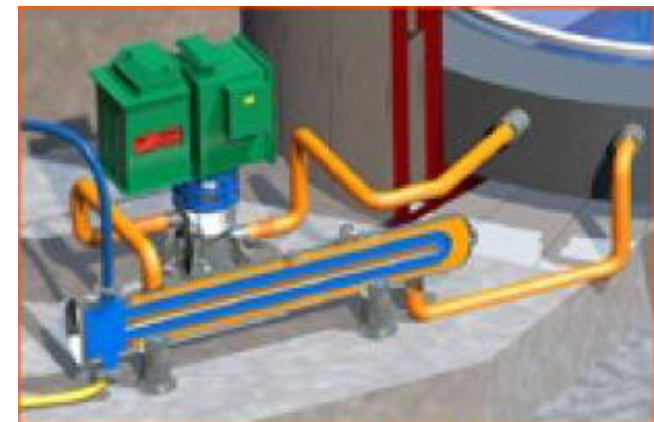
*Circuit de refroidissement
« ultime »*

Fusion et étalement à sec

Noyage du corium

*Evacuation de la puissance
résiduelle*

Système EAS ND en RP4-1300



Quelques résultats pour EPR FLA3

Exemple du scénario d'accident grave

- *Prise en compte de l'accident grave dès la conception*
- *Optimisation des conséquences radiologiques*
- *Pas de filtration U5*

| | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Dose efficace 7 jours 500 m | Dose Thyroïde 7 jours 500m | Dose efficace 1 an 2 km | Dose efficace 50 ans 2 km |
| 27 mSv | 11 mSv | 4.5 mSv | 4.4 mSv |

Distances en dessous desquelles la contamination des denrées alimentaires dépasse potentiellement les seuils de commercialisation (NMA) définis par la réglementation européenne :

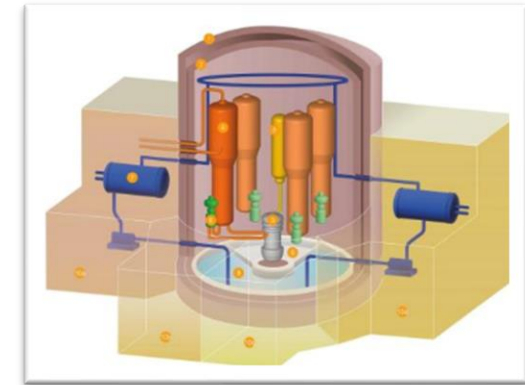
- Court Terme : à 3,3 km
- Moyen et Long Terme : limites de commercialisation non atteintes au-delà de la limite du site

EVU *Evacuation Ultime de chaleur du BR*

Etalement à sec du corium

Limiter la pression enceinte

*Evacuer la chaleur en cas
d'accident*



Respect des objectifs :

Accidents avec fusion du cœur :

- Pas d'évacuation au-delà du voisinage immédiat de l'installation et pas de relogement permanent des populations
- Contamination des surfaces agricoles limitée dans l'espace et dans le temps



Synthèse – Points à retenir

- ❑ Utilisation d'une nouvelle méthode à l'état de l'art par EDF pour l'évaluation des conséquences radiologiques accidentelles : **Méthode statistique PASTA**

- ❑ Détermination par le calcul d'indicateurs pertinents prenant en compte la météo spécifique des sites :
 - ❑ Doses : 4 voies d'exposition pour le calcul des doses : inhalation, panache, dépôt, ingestion
 - ❑ Activités : Contamination des denrées

- ❑ Accident grave sur **EPR FA3** :
 - Mise à l'abri limitée de la population
 - Pas de relogement permanent nécessaire
 - Pas d'évacuation nécessaire au-delà du voisinage immédiat de la centrale
 - Pas de restriction à long terme de la consommation d'aliments

- ❑ Accident grave sur le **PARC** :
 - Gains importants apportés par les modifications matérielles et de conduite prévues à l'occasion des réexamens de sûreté visant à **se rapprocher des objectifs ambitieux de l'EPR / EPR2**



ENGAGÉS ENSEMBLE
POUR LA SÛRETÉ
ET LA COMPÉTITIVITÉ
DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE



Merci
Des
questions ?