



Stratégie de prévention du risque sismique Approche « risque spécial»

Cas d'un exercice nucléaire à dimension sismique

.....

Ghislaine VERRHIEST-LEBLANC

Chef de l'unité « risques naturels majeurs »
DREAL PACA / SPR

Points abordés



- Stratégies nationales de prévention du risque sismique
- La réglementation “ouvrages à risque spécial”
- L'exercice de crise nucléaire à dimension sismique du

17 janvier 2012 sur Cadarache

Stratégies de prévention



Effets des séismes



Les tremblements de terre sont inévitables, mais la destruction des constructions n'est pas inévitable.

Or plus de 90 % des pertes en vies humaines sont dues à l'effondrement de bâtiments



Izmit, Turquie 1999 *Source: Milan ZACEK*

Effets des séismes



Séisme de Christchurch en Nouvelle Zélande du 4 septembre 2010:

- ✓ l'un des plus violents de l'histoire du pays (*magnitude 7,1*)
- ✓ aucune victime
- ✓ des dégâts matériels *considérables* (*plus 100.000 habitations, des routes et des infrastructures endommagées*).

Respect des règles de construction parasismique avancé comme une des raisons d'un bilan humain très limité.

Stratégies de prévention



Comment réduire le risque sismique ?

- Impossibilité d'agir sur l'aléa sismique

• Action sur les enjeux exposés
(réseaux, bâtiments, infrastructures,...)



**Construction
parasismique**

- Action sur l'aménagement du territoire
 - Action sur la connaissance du risque
 - Préparation à la gestion de crise
-

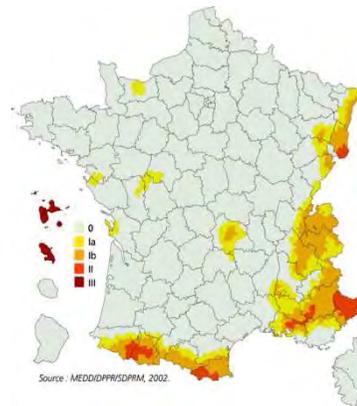
Stratégies de prévention



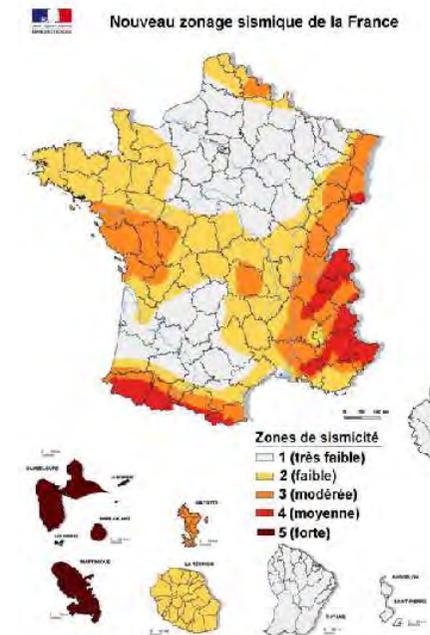
➔ Une obligation de protection des personnes

Proportionnée :

- à l'aléa sismique (*exposition*)
 - Un zonage sismique national pour la construction des ouvrages courants



Ancien zonage / règles PS 92



Nouveau zonage / EC8

- Des études spécifiques pour caractériser l'aléa sismique pour les ouvrages à "caractère sensible" ex : installations nucléaires

Stratégies de prévention



➔ Une obligation de protection des personnes

Proportionnée :

- à l'aléa sismique (*exposition*)
- à la nature des enjeux



• Ouvrage à risque normal (ORN)

- 4 catégories I,II,III et IV / risque pour les personnes et fonction primordiale en cas de crise sismique
- un niveau de contraintes croissant en terme de dimensionnement de la classe I à la classe IV
- obligation de construction parasismique selon les **règles nationales**

Stratégies de prévention



➔ Une obligation de protection des personnes

Proportionnée :

- à l'aléa sismique (*exposition*)
- à la nature des enjeux



- Ouvrage à risque normal (ORN)

- **Ouvrage à risque spécial (ORS)**

- **installations nucléaires de base (INB)**

- installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

- grands barrages



Stratégies de prévention



Ouvrages à risque normal

- Une protection “probabiliste”
- Non-effondrement des structures
- Construction PS obligatoire / PS 92 (puis EC8)
- Comportement ductile
- Pas de renforcement préventif systématique de l'existant
- Un renforcement PS obligatoire en fonction de travaux significatifs modifiant l'existant



Ouvrages à risque spécial (INB)

- Une protection “déterministe”
- Non-effondrement des structures
- Confinement des matières
- Construction PS obligatoire / règles fondamentales de sûreté RFS
- Comportement élastique
- Des réévaluations périodiques de l'existant

L'approche nucléaire



Dimensionner des installations

- Application de "Règles Fondamentales de Sûreté" / Installations Nucléaires de Base (INB)
- Évaluation déterministe de l'aléa sismique (idem / ICPE)
- Données historiques, étude géologique et sismologique
- Détermination de Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable SMHV
- Majoration du SMHV pour dimensionner les installations = Séisme Majoré de Sécurité SMS

Les RFS « séisme »

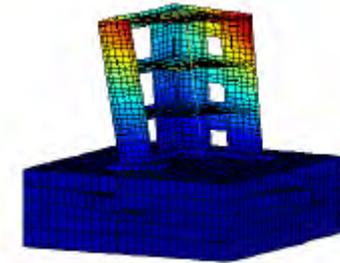
- détermination des niveaux de séisme auxquels doivent résister les installations nucléaires (RFS 2001-01) ;
- conception parasismique des installations nucléaires (RFS V.2.g) ;
- instrumentation nécessaire pour mesurer les mouvements sismiques (RFS I.3.b).



Équipement interne d'une installation nucléaire
©CEA

Conception PS des INB

- Obligation des exploitants de prendre compte le risque sismique dès la conception des installations
- Amélioration continue de la sûreté / travaux de recherche sur le comportement des structures et des équipements et le développement de dispositifs de prévention

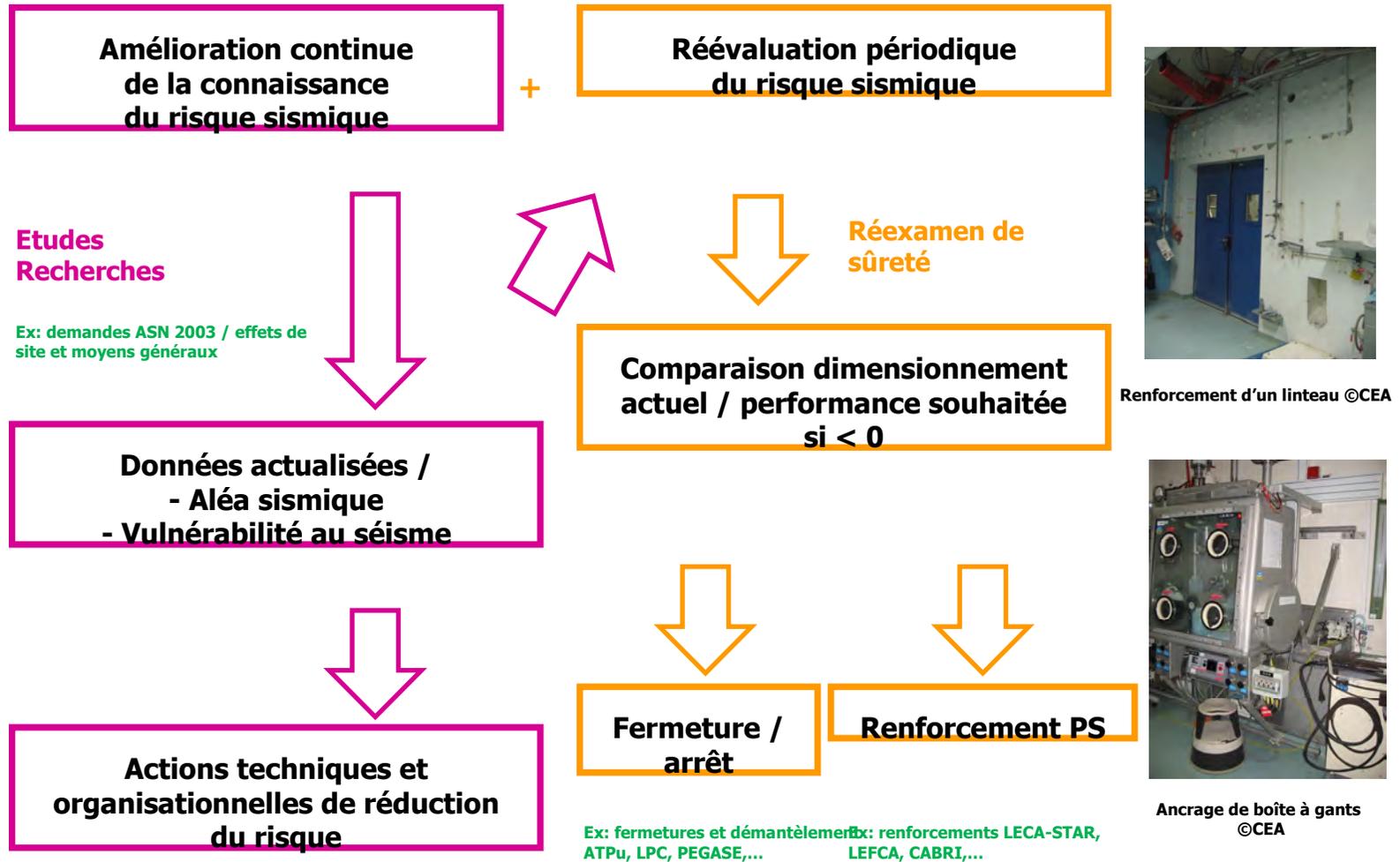


Modélisation CAST3M du comportement sous séisme d'un ouvrage ©CEA



Maquette SMART sur table vibrante
Projet CEA-EDF

Réduction de la vulnérabilité



Les ICPE



ICPE : Evolutions récentes



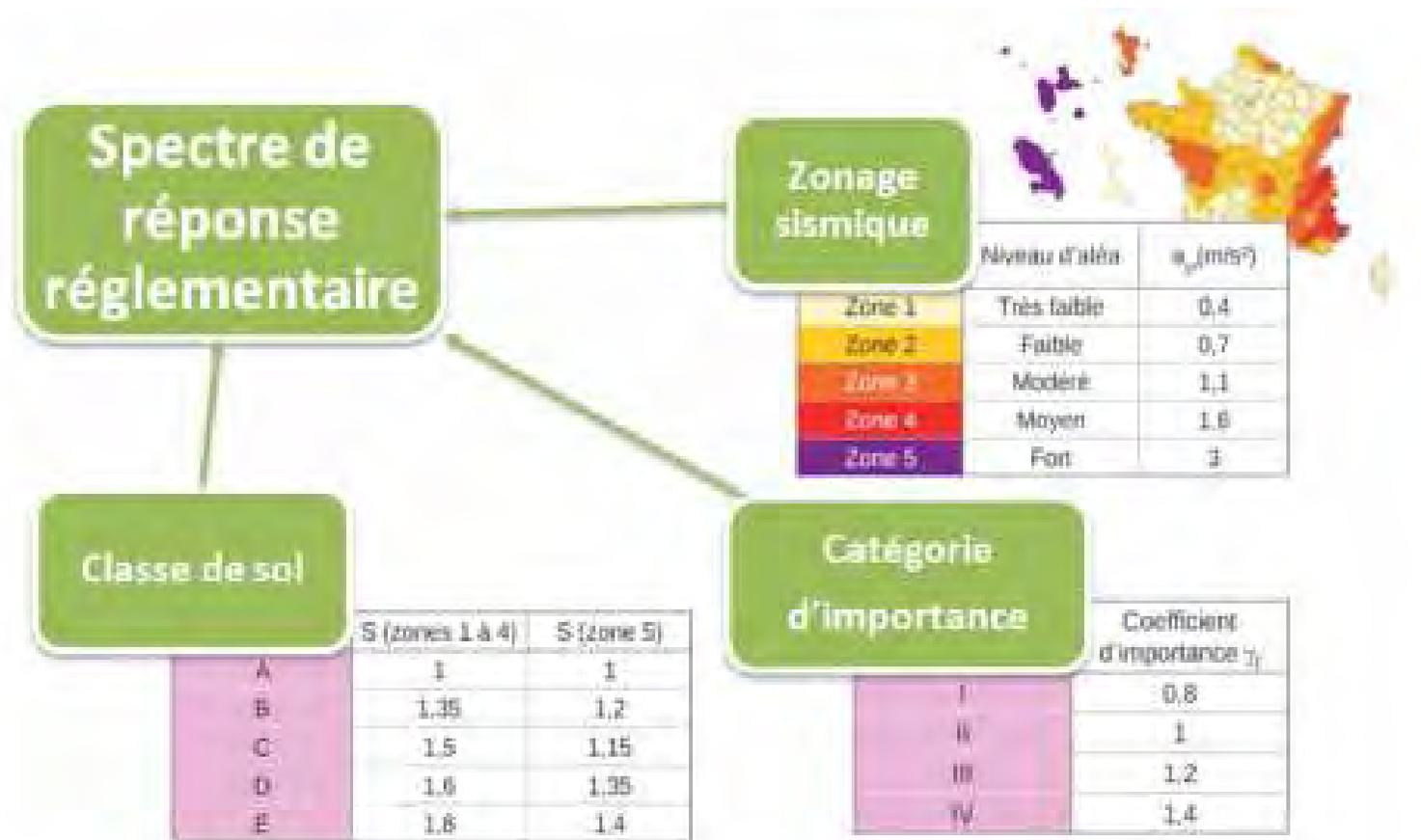
- **Un plan de modernisation des installations industrielles lancé en 2010.**
 - Redéfinition des dispositions applicables aux installations classées pour la prise en compte du risque sismique :
 - détermination de l'aléa de référence (*arrêté du 24 janvier 2011*)
 - instrumentation sismique (*guide technique à venir*)
 - conception et dimensionnement des installations et des équipements (*guide technique à venir*)
 - **Distinction de deux catégories d'ICPE :**
 - **ICPE « risque normal » = soumises à autorisation hors SEVESO**
 - **ICPE « risque spécial » = SEVESO (*seuils haut et bas; 1124 sites*)**
-

Textes de référence ICPE



- ICPE « risque normal » :
 - Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
 - Arrêté à venir pour fixer les règles parasismiques applicables aux canalisations, réservoirs, structures hautes et élancées
 - **ICPE « risque spécial » :**
 - **Arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées. Abrogé à compter du 1er janvier 2013 par l'arrêté du 24 janvier 2011**
 - **Arrêté du 24 janvier 2011 fixant les règles parasismiques applicables à certaines installations classées**
-

Détermination du mouvement sismique de référence ICPE risque normal



Arrêté du 24 janvier 2011



Champ d'application

- Etablissements Seveso « seuil haut et seuil bas »
- Etablissements nouveaux et existants (objectifs moindres pour les établissements existants)
- Equipements susceptibles de générer des effets létaux impactant des zones en dehors des limites du site avec une occupation humaine permanente
- Dans toutes les zones de sismicité y compris en la zone 1 (contrairement au risque normal).

Principe

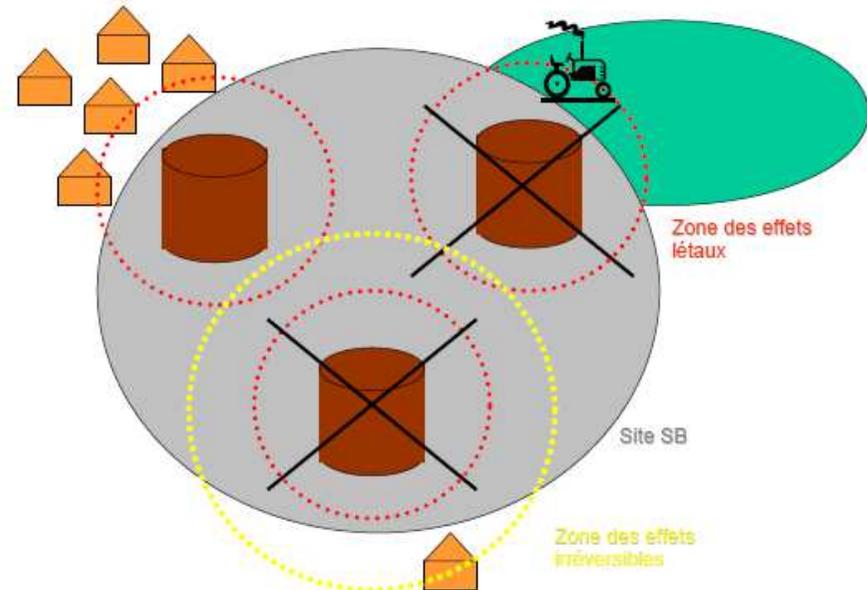
- Détermination de l'accélération sismique de référence définie par des spectres de réponse élastique en accélération forfaitaires
-

Arrêté du 24 janvier 2011

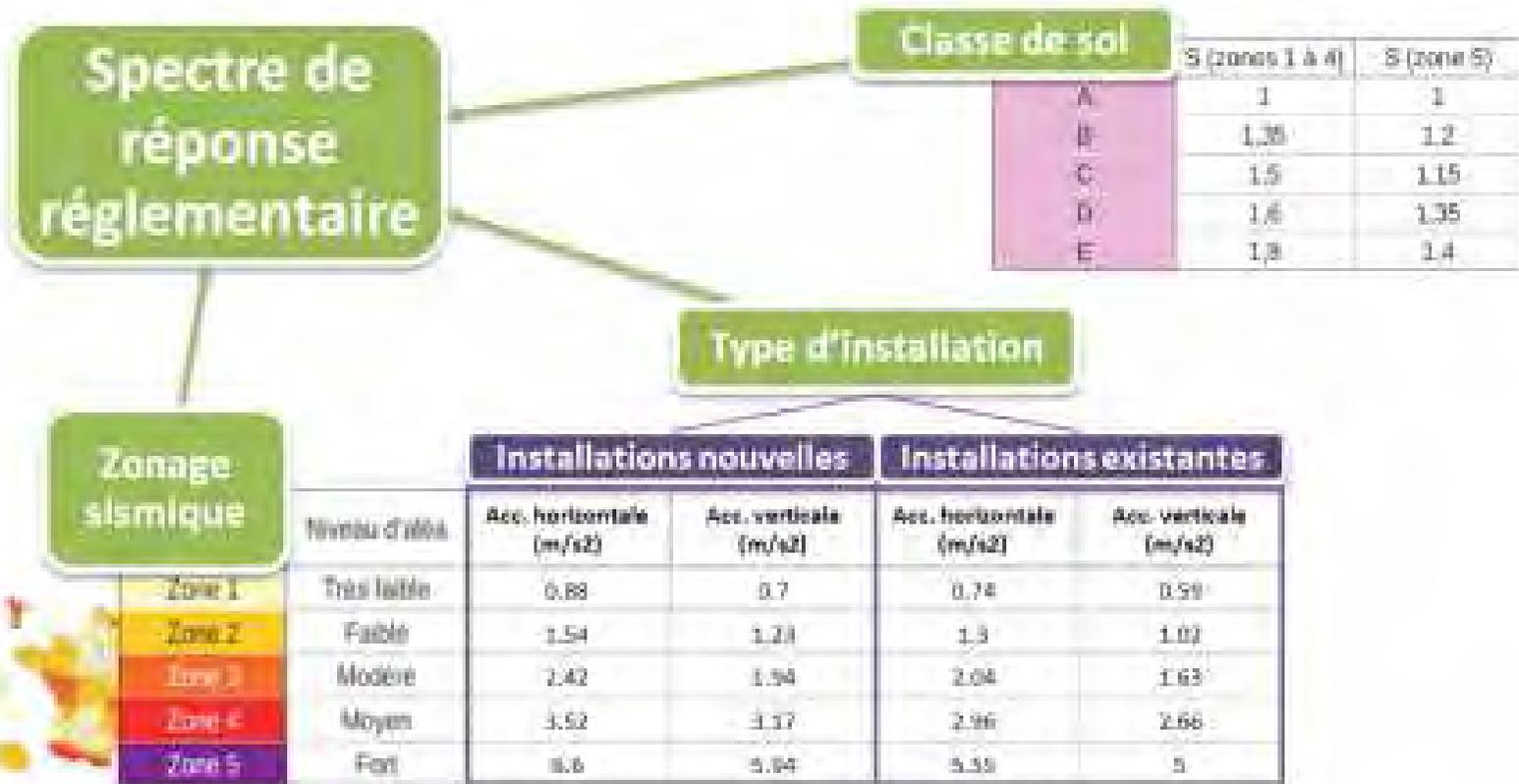


Objectifs de protection parasismique

- Protection parasismique non pas de l'établissement lui-même mais de ses équipements lorsque ceux-ci sont susceptibles de conduire, en cas de séisme, à un ou plusieurs phénomènes dangereux dont les conséquences sont très graves (effets létaux) pour les populations environnantes
- Éviter les évènements redoutés ou en limiter les conséquences à l'extérieur du site



Détermination du mouvement sismique de référence ICPE risque spécial



Approche ICPE / INB



Cadre ICPE

- Variable en fonction du:
 - Régime des ICPE
 - Équipements considérés au sein de l'installation
 - Occupation humaine des zones d'effets graves hors du site



Cadre INB

- Commun à toutes les INB

Approche ICPE / INB



Détermination du mouvement sismique de référence ICPE

- Approche “probabiliste”
- Spectres forfaitaires
- Moins contraignante pour les installations existantes / nouvelles
- Spectre de réponse normalisé
- Forme spectrale pénalisante / dimensionnement EC8



Instrumentation sismique ICPE

- Pas d'exigence définie à ce jour



Détermination du mouvement sismique de référence INB

- Approche “déterministe”
- Etude sismologique spécifique
- Identique pour toutes les INB
- Spectre de réponse spécifique



Instrumentation sismique INB

- Exigences pour les REP (RFS 1.3 b)

Approche ICPE / INB



Objectif de protection parasismique ICPE

- Limitation des conséquences graves pour les populations à l'extérieur du site

- Maîtrise des conséquences des équipements susceptibles de générer des effets létaux à l'extérieur du site sur des zones à occupation humaine permanente



Règles de conception et dimensionnement ICPE

- Pas d'exigence définie à ce jour



Objectif de protection parasismique INB

- Maintien des fonctions importantes de sûreté de l'installation

- Maîtrise de la réponse – du comportement des ouvrages de génie civil et des matériels participant à la sûreté de l'installation



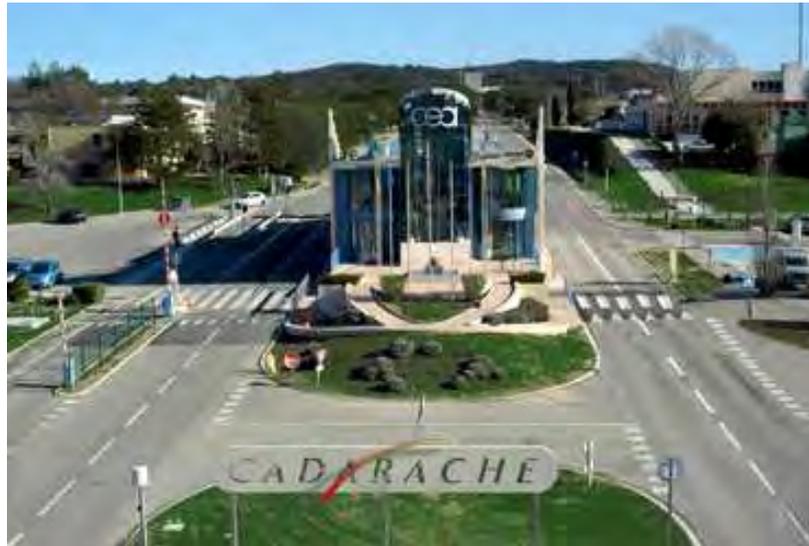
Règles de conception et dimensionnement INB

- Exigences communes pour les INB (*guide ASN/2/01*)

Risque sismique et risque spécial

Exercice national « nucléaire et séisme »

Site de Cadarache – 17 janvier 2012



Principaux autres partenaires:





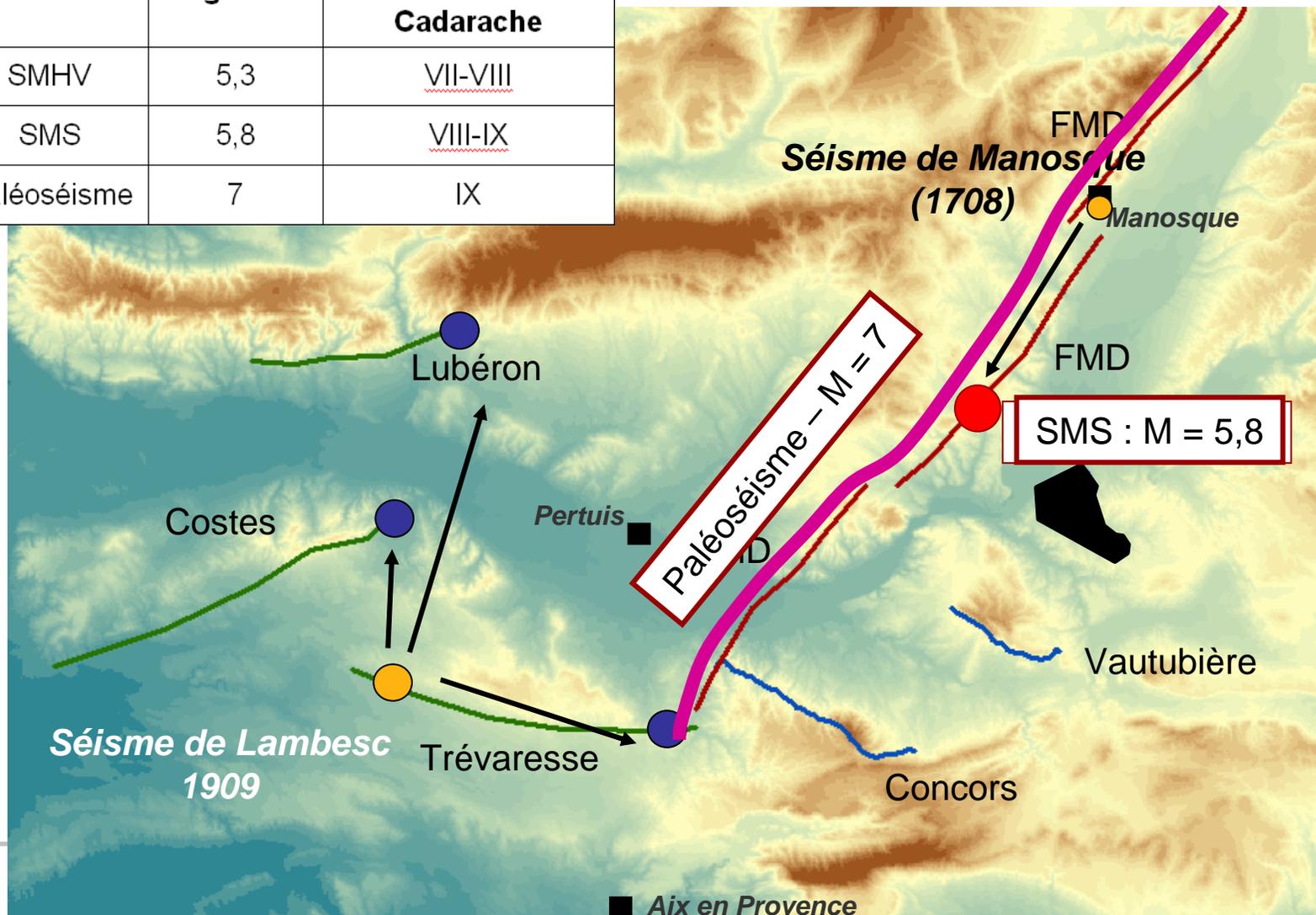
Cadarache

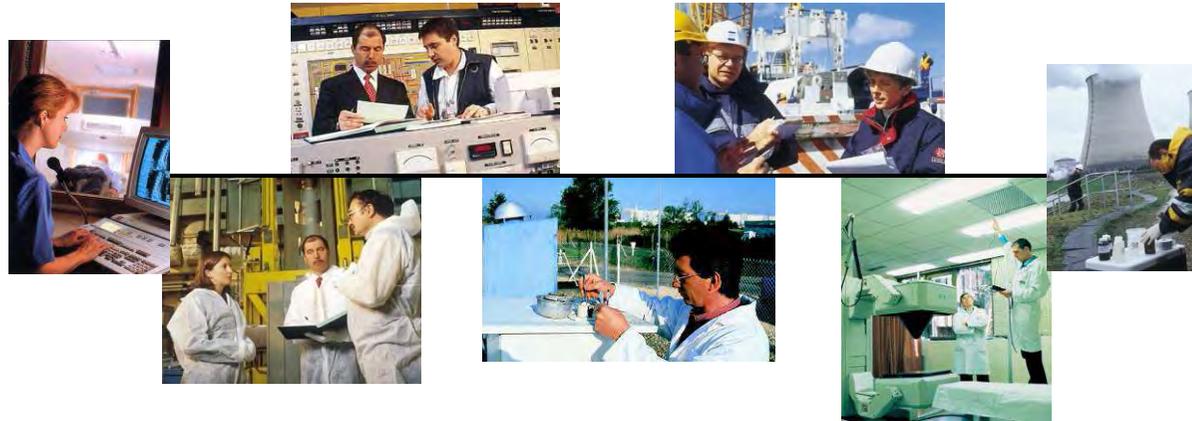


- Le centre de Cadarache créé en 1959, emploie en moyenne **4500 personnes**
 - La plate-forme accueille **480 bâtiments** sur 900 ha dont **20 INB et 1 INBS**, organisées pour répondre à des objectifs de recherche, de développement et de soutien industriel.
 - 7 réacteurs de recherche :**
 - **Eole / Minerve, Cabri, Phebus, Masurca Rapsodie, RJH**
 - 4 laboratoires de recherche sur les combustibles et les déchets**
 - **LECA/STAR, LEFCA, Chicade et l'ATUe**
 - 3 installations d'entreposage de déchets**
 - **CEDRA, PEGASE/CASCAD et le PARC**
 - 2 installation d'entreposage des matières : MCMF, MAGENTA**
 - 2 stations de traitement des effluents et des déchets solides: STEL/STED, Agate**
 - 2 installations AREVA NC : ATPu et le LPC**
 - 1 INBS**
-

Séismes de référence

Séisme	Magnitude	Intensité sur le Centre de Cadarache
SMHV	5,3	VII-VIII
SMS	5,8	VIII-IX
Paléoséisme	7	IX





1. Contexte de l'exercice de crise sismique
 2. Objectifs et principales caractéristiques
 3. Cadrage de l'exercice
-

Contexte de l'exercice 2012



Aspects généraux / thème « séisme »

- Le risque sismique = une préoccupation du public / effets potentiels + actualités (*Fukushima, autres séismes majeurs récents Aquila Haïti, Chili, Espagne Turquie, commémoration séisme 1909, ...*)
 - Le séisme peut toucher plusieurs installations, plusieurs types de bâtiments, plusieurs communes et départements
 - Des exercices de crise sismique communaux initiés en 2009 sur les communes de Lambesc et de Pélissanne et une volonté de poursuivre l'expérience sur d'autres communes
-

Contexte de l'exercice 2012



Centre de Cadarache et risque sismique

- Un site nucléaire implanté dans la zone de sismicité la plus élevée de métropole
 - Des avancées notables dans le domaine de la connaissance et de la prévention de ce risque dans la région et sur le centre de Cadarache (*demandes de l'ASN + actions volontaires de l'exploitant*)
 - Le séisme va devenir un initiateur en tant que tel du PPI Cadarache
 - Nécessité de tester l'organisation du centre et des pouvoirs publics en cas de séisme impactant le site de Cadarache pour se préparer un événement éventuel et progresser dans la prévention de ce risque
 - Une attente exprimée par le public (*CLI, journées des 4 février et 7 décembre 2010...*)
-

Contexte de l'exercice 2012



Intérêt de l'exercice envisagé

- Sélection de ce projet d'exercice comme exercice national 2011
- Motivation des acteurs locaux
- 1er exercice « séisme » sur Cadarache
- 1er exercice mettant en jeu des défaillances sur plusieurs installations en simultané (a minima une INB et une INBS)
- 1er exercice alliant « ouvrages à risque spécial » (INB, ICPE) et « ouvrages à risque normal » au niveau national (4ème pays testant ce type d'exercice)

Un intérêt confirmé par l'accident de Fukushima.

L'AIEA est intéressée par cet exercice et sera observatrice.

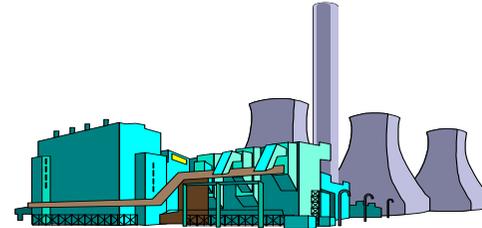
Contexte de l'exercice 2012

Difficultés et précautions / exercice envisagé

- Complexité de l'exercice
 - Un scénario volontairement réaliste et ne visant pas le catastrophisme
 - Une ambition modérée des objectifs pour disposer d'un REX utile / amélioration de l'organisation
 - Tester des procédures existantes au jour de l'exercice
-

Les missions de l'ASN en cas de SUR

1. S'assurer du bien-fondé des mesures prises par l'exploitant



2. Apporter son concours au préfet

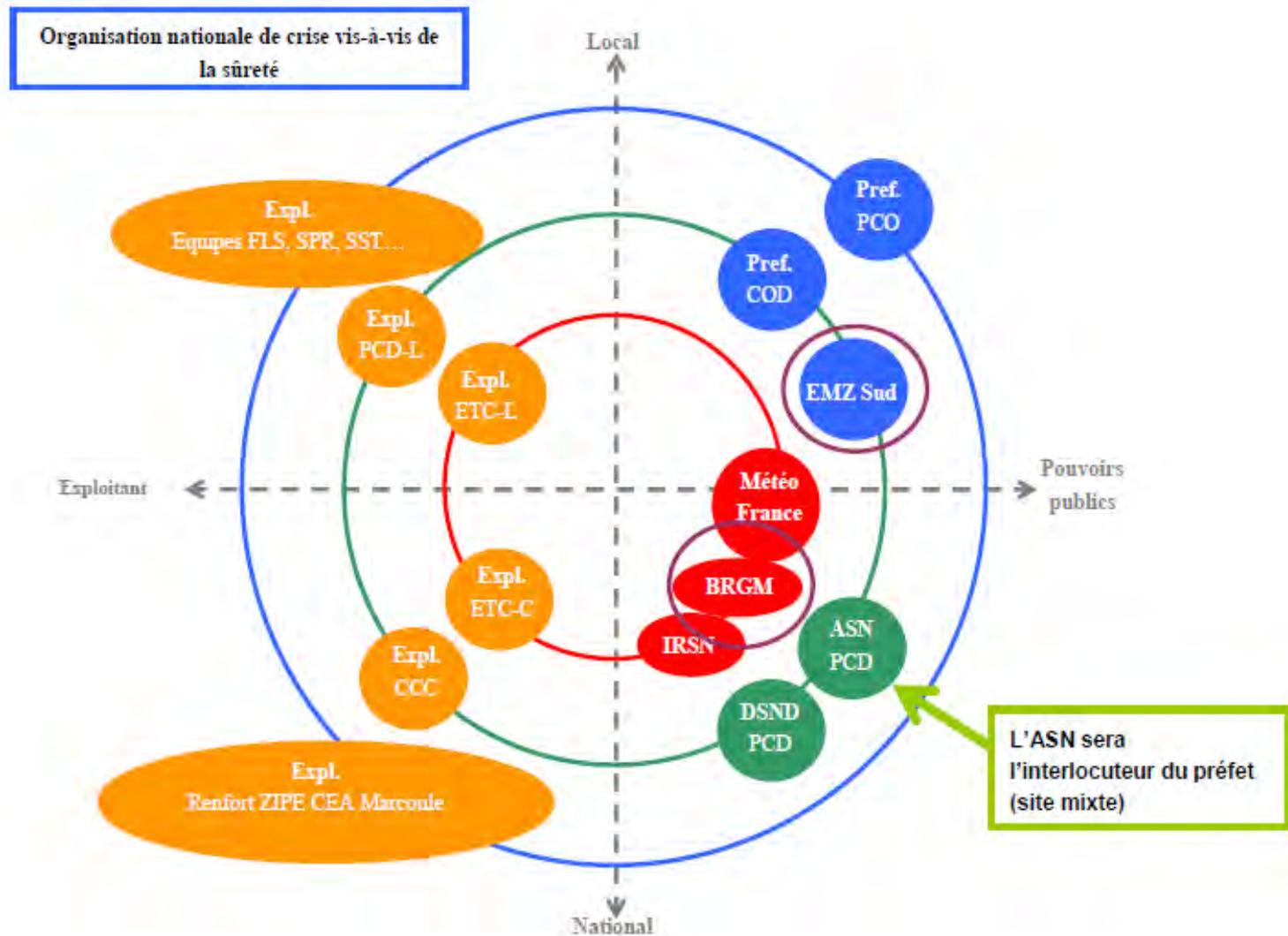


3. Contribuer à l'information au plan national

4. Assurer la mission d'Autorité compétente

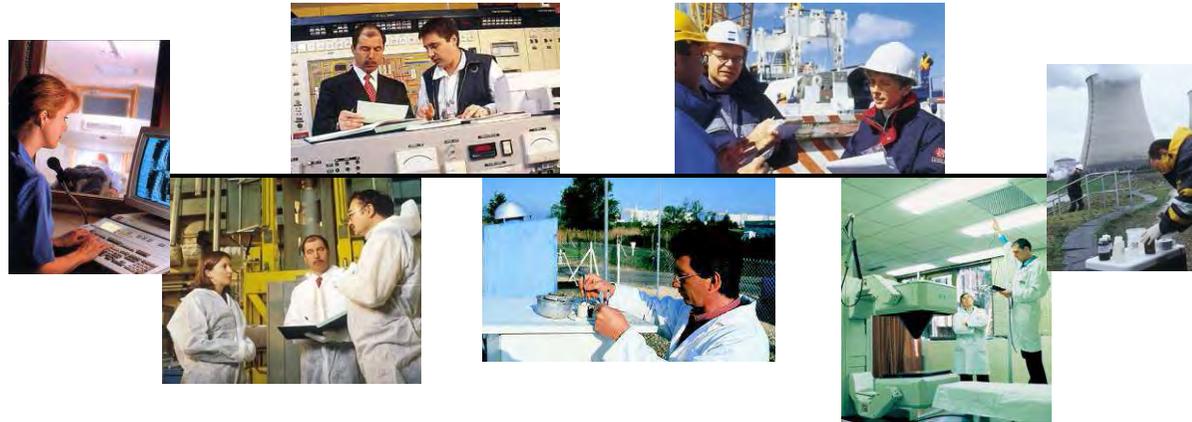


L'organisation nationale de crise



Les exercices nationaux nucléaires

- Objectif :
 - Tester dans son ensemble le dispositif prévu en cas d'urgence nucléaire
 - Cadre de référence :
 - Circulaire interministérielle sur les exercices relatifs aux installations nucléaires prévues en 2012
 - Organisation mise en place prévue dans le PUI et le PPI
 - 2 types d'exercices :
 - « **Sécurité civile** » = privilégie l'implication réelle des populations vis-à-vis de la mise en œuvre d'actions du PPI
 - « **Sûreté nucléaire** » = privilégie les processus d'analyse et de décision, avec peu d'actions impliquant la population vivant autour du site nucléaire
-
-



1. Contexte de l'exercice de crise sismique
 2. Objectifs et principales caractéristiques
 3. Cadrage de l'exercice
-

Objectifs de l'exercice 2012



Tester la gestion cohérente et simultanée:

- des conséquences d'un séisme sur le centre nucléaire;
- des conséquences potentielles d'INB endommagées à l'extérieur du centre;
- des conséquences du séisme sur les communes situées à proximité du centre.

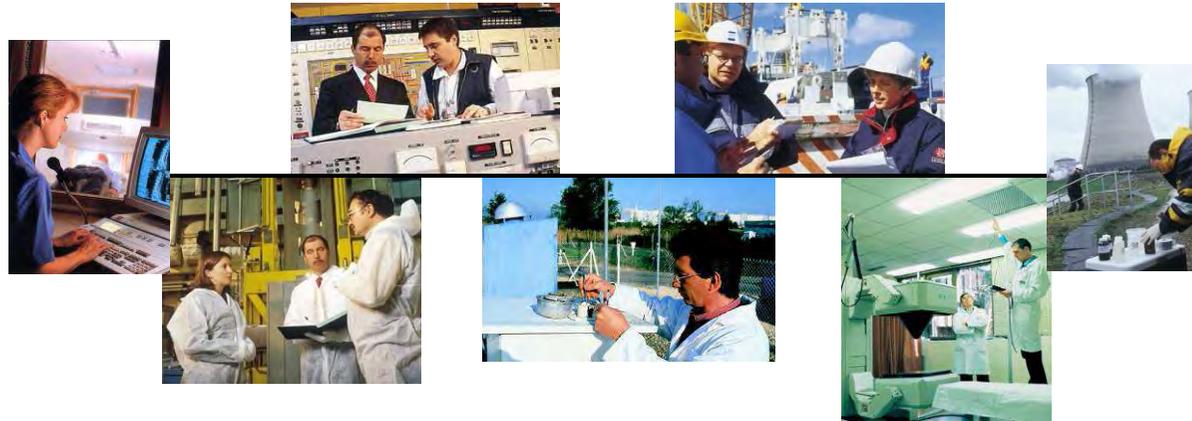
Deux dimensions testées : sûreté nucléaire et sécurité civile

Pas simplement l'agrégation de deux types d'exercices distincts joués en simultané.

Contexte de l'exercice 2012



1. Tester la maîtrise des conséquences de l'événement par l'exploitant et les pouvoirs publics (notamment / sécurité civile avec un impact " bâti courant " + " ouvrages nucléaires ")
 2. Tester la coordination interdépartementale des pouvoirs publics
 3. Tester la liaison avec les maires des communes concernées
 4. Tester la mise en œuvre des PCS
 5. Tester la coordination entre les installations INB et INBS du centre de Cadarache
 6. Décliner la phase post-séisme de l'événement
-



1. Contexte de l'exercice de crise sismique
 2. Objectifs et principales caractéristiques
 3. Cadrage de l'exercice
-

Préparation de l'exercice 2012



- **Projet initié en 2010**
 - **2 ans de préparation**
 - **De nombreux acteurs mobilisés au travers de GT thématique**
 - GT " organisation "
 - GT " scénario technique/animation " avec un tronc commun et deux sous-groupes " risque spécial " et " risque normal "
 - GT " secours - santé "
 - GT " circulation/ordre public "
 - GT " réseaux, énergies "
 - GT " mesures "
 - GT " communes/PCS "
 - GT " communication "
-

Éléments de scénario



Principes généraux

- Basé sur un scénario fictif
- Simulation d'un accident nucléaire initié par un séisme ayant affecté le territoire d'implantation du site nucléaire
- Un événement réaliste en termes d'aléa sismique, sans jouer le catastrophisme, afin de pouvoir tester la résilience de l'organisation de crise dans une situation dégradée

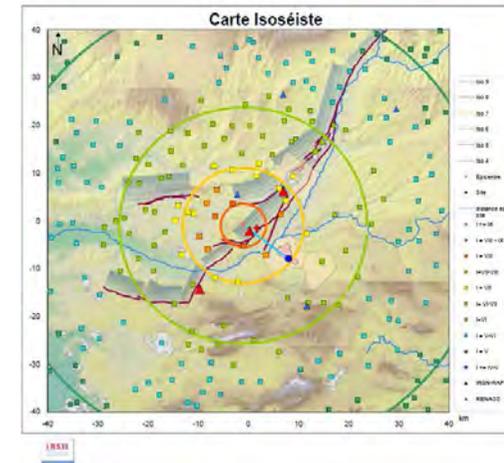
Séisme de scénario

- Fondé sur les connaissances sismologiques locales et la réalisation de tests « domaine géographique impacté et intensités / hypothèses retenues »
 - Caractéristiques proches du Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV) retenu pour définir l'aléa à prendre en compte pour les installations nucléaires
 - Epicentre situé vers Beaumont de Pertuis, intensités VII-VIII sur le centre de Cadarache, impact significatif sur un large territoire au-delà du périmètre PPI
-

Evaluations et simulations

Evaluations et simulations sous-jacentes

- Cartes en intensité et en accélération
- Évaluation de la résistance des ouvrages nucléaires ou non du centre de Cadarache
- Simulations de dommages au bâti courant et aux victimes pour chaque commune, permettant d'estimer:
 - le nombre de bâtiments et de logements ainsi que la probabilité d'apparition de l'un des six états de dommage D0 à D5 ;
 - les dommages et pertes de fonctionnalité des bâtiments stratégiques (catégories III et IV) ;
 - le nombre de victimes (morts, blessés, sans-abris).
- Estimation « à dire d'expert » des dysfonctionnements des réseaux (localisation, durée et récupération)



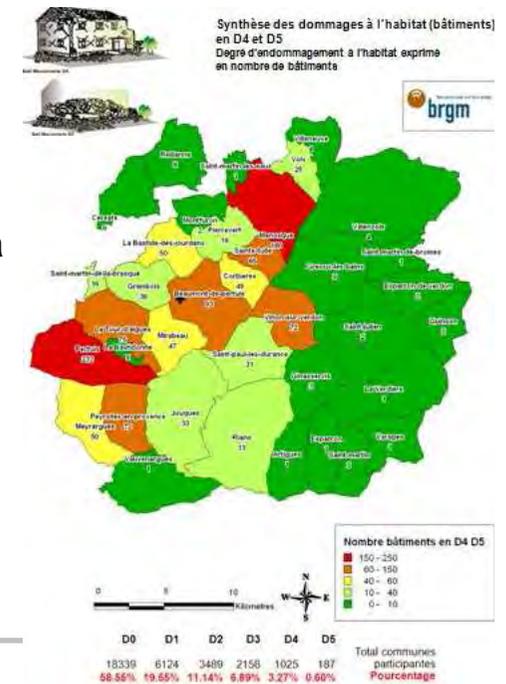
Scénario
[10] 6Mw/ Sud Beaumont-de-Lertus
5,8 à 12,4 km (Mw, distance focale)

Epicentre (Lambert 93) { 93041
6297430

Site (Lambert 93) { 933041
6298430

Paramètres de la sismosé	
Profondeur	5,0 km
Distance Site - epicentre	12,4 km
Distance Focale	12,4 km
Magnitude (Mw)	5,8
Magnitude (Ms)	5,2
Magnitude (ML)	5,1
Intensité Epicentrale	4,5 MSK
Intensité au site	2,1 MSK
RSC	0,1 g
RSC	106,3 cm/s ²
Type sol	Rocher

Intensité MSK	Degré d'endommagement
8	4 D5
7	7 D4
6	24,7 D3
5	48,4 D2
4	93,9 D1
3	181,7 D0
2	351,1 D0
1	678,4 D0



Préparation spécifique des communes



- 19 communes et une intercommunalité intéressés par l'exercice (seules 3 communes et l'interco avaient déjà participé à des exercices)
 - Un groupe de travail constitué de l'ensemble des 20 acteurs piloté par DREAL PACA, SDIS 13 et CPA.
 - Pendant 1 an et demi, formation à la gestion de crise, aux conséquences d'un séisme, aux PCS.
 - Audits sur la vulnérabilité au séisme des bâtiments dédiés à la gestion de crise lancés par la DREAL PACA
 - Scénario basé sur le séisme de référence et adapté à chacune des communes
-

Organisation des communes



Objectif : être pédagogique non seulement dans la préparation mais aussi dans le déroulement

- des évènements « gérables »
- dans chaque commune :

1 animateur +1 observateur

- ✓ Aide à la décision
- ✓ Animateur pendant la période sans liaison téléphonique
- ✓ Adaptation du scénario en fonction de la réponse de la commune
- ✓ Rythme de l'exercice

Une diranim

- débriefing à chaud très complet
-

Scénarisation

Une scénarisation spécifique basée sur:

- Un état initial connu des installations concernées
- Des défaillances estimées, suffisamment graves pour conduire au déclenchement du PUI et du PPI
- Des défaillances pouvant conduire à des rejets de produits radioactifs dans l'environnement ou, a minima, à une menace de rejets
- L'évaluation des conséquences radiologiques pour les populations et l'environnement du rejet en fonction de conditions météorologiques fictives ou réelles



Chiffres clés



L'EXERCICE EN CHIFFRES

Préparation :

- 18 mois
- Des acteurs multiples et plus de 100 personnes mobilisées
- De nombreuses actions d'information et de sensibilisation : articles, expositions, réunion d'information et d'échanges, réalisation d'un film...

L'exercice de jour J :

- 1 journée
 - 500 acteurs et observateurs
 - 4 départements (04, 13, 83, 84)
 - 1 centre nucléaire
 - 19 communes et une intercommunalité impliquées
-

Le retour d'expérience



- **préparation** de ce type d'exercice (nécessité d'une intégration amont des composantes « nucléaire » et « séisme » par un cahier des charges commun et une animation commune) ;
 - coordination des **acteurs et des cercles d'expertise** (amélioration nécessaire des remontées et du partage d'information) ;
 - coordination des **acteurs et des cercles de décision** (précision nécessaire de l'organisation des pouvoirs publics pour ce type d'évènement ; meilleure cohérence attendue des prises de décisions ; identification d'un seul directeur des opérations).
 - **définition d'une doctrine concernant les actions de protection des travailleurs et des personnes présentes sur le périmètre du site nucléaire ainsi que des populations en cas de situation conjuguant les risques sismique et nucléaire.**
-

Contacts



Stratégie de prévention du risque sismique Approche « risque spécial »

Cas d'un exercice de crise nucléaire à dimension sismique

Ghislaine VERRHIEST-LEBLANC

Chef de l'unité risques naturels majeurs – DREAL / PACA

ghislaine.verrhiest@developpement-durable.gouv.fr

Tél : 04 42 66 66 06 – 06 28 23 79 52
