



energie atomique • énergies alternatives

Direction de l'énergie nucléaire  
Direction du CEA/Cadarache

CEA/DEN/CAD/DIR/CSN	
DO 574	13/09/11
	
11PPAP000631	
diffusé le : 13/09/11	

## **Installation MASURCA – INB 39**

**Evaluation complémentaire de la sûreté  
au regard de l'accident survenu  
à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi**

## SOMMAIRE GENERAL

<b>0. LIMINAIRE</b> .....	<b>7</b>
<b>1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>8</b>
1.1 GENERALITES.....	8
1.2 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES.....	8
1.2.1 Description sommaire de l'installation.....	8
1.2.2 Système de refroidissement.....	11
1.2.3 Etat actuel de l'installation.....	11
<b>2. IDENTIFICATION DES RISQUES D'EFFET FALAISE ET DES STRUCTURES ET EQUIPEMENTS ESSENTIELS</b> .....	<b>13</b>
2.1 RISQUES D'EFFET FALAISE.....	13
2.1.1 Identification des matières pouvant être mobilisées.....	14
2.1.2 Identification des effets falaise.....	15
2.1.3 Identification des situations initiales défavorables.....	15
2.1.4 Etat visé après un événement risquant d'induire un effet falaise.....	16
2.2 STRUCTURES ET EQUIPEMENTS ESSENTIELS.....	16
<b>3. SEISME</b> .....	<b>17</b>
3.1 DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	17
3.1.1 Séisme de dimensionnement.....	17
3.1.2 Dispositions de protection du dimensionnement.....	25
3.1.3 Conformité de l'installation.....	25
3.2 EVALUATION DES MARGES.....	26
3.2.1 Indication du niveau de séisme au-delà duquel la perte des fonctions fondamentales de sûreté ou l'endommagement du combustible conduit à l'enclenchement d'actions relevant de situations accidentelles.....	27
3.2.2 Indication sur le niveau de séisme auquel l'installation peut résister sans perdre l'intégrité du confinement.....	36
<b>4. INONDATION</b> .....	<b>37</b>
4.1 DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	37
4.1.1 Inondation de dimensionnement.....	37
4.1.2 Dispositions de protection du dimensionnement.....	40
4.1.3 Conformité de l'installation.....	41
4.2 EVALUATION DES MARGES.....	42
4.2.1 Cotes de référence du BSM.....	42
4.2.2 Débordement du ravin de la Bête.....	42
4.2.3 Collecte et évacuation des eaux de pluie et de ruissellement.....	42
4.2.4 Dégradation d'ouvrages hydrauliques.....	42
4.2.5 Remontée de nappe.....	42
4.2.6 Disposition envisagée pour renforcer la robustesse de l'installation.....	43
4.2.7 Conclusion.....	43
<b>5. AUTRES PHENOMENES NATURELS EXTREMES</b> .....	<b>44</b>
5.1 CONDITIONS METEOROLOGIQUES EXTREMES LIEES A L'INONDATION.....	44
5.2 SEISME DEPASSANT LE NIVEAU DE SEISME POUR LEQUEL L'INSTALLATION OU CERTAINS OUVRAGES SONT DIMENSIONNES ET INONDATION INDUITE DEPASSANT LE NIVEAU D'EAU POUR LEQUEL L'INSTALLATION EST DIMENSIONNEE.....	44
5.2.1 Identification des inondations induites par un séisme impactant le site de Cadarache.....	44
5.2.2 Analyse du risque de rupture de barrages à proximité de Cadarache à la suite d'un séisme.....	45
5.2.3 Analyse du risque de rupture du canal de Provence à la suite d'un séisme.....	46
5.2.4 Points faibles et effet falaise.....	52
5.2.5 Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation.....	52

<b>6. PERTE DES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES ET PERTE DES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT .....</b>	<b>53</b>
6.1 PERTE DES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES EXTERNES .....	58
6.2 PERTE DES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES EXTERNES ET DES ALIMENTATIONS INTERNES .....	58
6.2.1 <i>Perte des alimentations électriques externes et des alimentations de secours conventionnelles</i> .....	58
6.2.2 <i>Perte des alimentations électriques externes et de toutes les alimentations de secours</i> .....	59
6.3 PERTE DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT ULTIME .....	60
6.4 PERTE DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PRINCIPAL, CUMULEE AVEC LA PERTE DES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES EXTERNES ET DES ALIMENTATIONS INTERNES DE SECOURS .....	60
<b>7. GESTION DES ACCIDENTS GRAVES.....</b>	<b>61</b>
7.1 MOYENS DE GESTION DE LA SITUATION DE CRISE.....	61
7.1.1 <i>Risques liés à l'environnement industriel</i> .....	62
7.1.2 <i>Organisation générale de la sécurité du centre</i> .....	63
7.1.3 <i>Organisation en cas de crise</i> .....	64
7.1.4 <i>Modalités de déclenchement et de diffusion de l'alerte</i> .....	64
7.1.5 <i>Exercices et formations</i> .....	65
7.1.6 <i>Contrôles techniques de sécurité</i> .....	67
7.2 ROBUSTESSE DES MOYENS DISPONIBLES .....	67
7.2.1 <i>Moyens d'intervention</i> .....	67
7.2.2 <i>Gestion de crise au niveau du Centre en cas de séisme</i> .....	68
7.2.3 <i>Gestion de crise au niveau de MASURCA en cas de séisme</i> .....	69
7.3 MESURE ENVISAGEES COMPTE TENU DE L'IMPACT DES INSTALLATIONS ENVIRONNANTES SUR L'INSTALLATION MASURCA .....	70
7.3.1 <i>Impacts des installations environnantes sur l'INB MASURCA</i> .....	70
7.3.2 <i>Impact des installations du Centre sur les mesures à mettre à œuvre dans le cadre de la gestion de crise</i> .....	73
<b>8. CONDITIONS DE RECOURS AUX ENTREPRISES PRESTATAIRES .....</b>	<b>75</b>
8.1 CHAMPS D'ACTIVITE .....	75
8.2 MODALITES DE CHOIX DES PRESTATAIRES .....	76
8.3 DISPOSITIONS PRISES POUR MAITRISER LES CONDITIONS D'INTERVENTION .....	77
8.4 MODALITES DE SURVEILLANCE .....	78
8.4.1 <i>Suivi des prestations</i> .....	79
8.4.2 <i>Surveillance des interventions sur site</i> .....	79
<b>9. SYNTHESE .....</b>	<b>80</b>
9.1 BILAN DE L'EVALUATION COMPLEMENTAIRE DE LA SURETE .....	80
<i>Bilan de l'évaluation des risques d'effet falaise</i> .....	80
<i>Conditions de recours aux entreprises prestataires</i> .....	81
9.2 EVALUATION DE PROPOSITIONS DE DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES QUI POURRAIENT ETRE MISES EN PLACE AU REGARD DE L'AMELIORATION QU'ELLES SERAIENT SUSCEPTIBLES D'APPORTER EN TERMES DE RESISTANCE DES COMPOSANTS, DE RENFORCEMENT DE L'INDEPENDANCE ENTRE LES DIFFERENTS NIVEAUX DE DEFENSE DE L'INSTALLATION OU DE GESTION DE L'ACCIDENT.....	81

## SOMMAIRE DES FIGURES

FIGURE 1 : VUE EN COUPE DE L'INB MASURCA.....	9
FIGURE 2 : SPECTRES DE REPONSE (CONDITION DE SITE « ROCHER » A 5% D'AMORTISSEMENT) DU REFERENTIEL « ALEA SISMIQUE » DU CENTRE DE CADARACHE AU 30 JUN 2011.....	19
FIGURE 3 : ILLUSTRATION DE LA MARGE DISPONIBLE SUR LE SMS DE PAR LA DISTANCE REELLE DE DIFFERENTES INB A LA FAILLE DE LA MOYENNE DURANCE (SPECTRES DE REPONSE AVEC CONDITION DE SITE « ROCHER » A 5% D'AMORTISSEMENT).....	20
FIGURE 4 : ILLUSTRATION DE LA MARGE DISPONIBLE DE PAR LA DETERMINATION PARTICULIEREMENT PENALISANTE DE LA MAGNITUDE DU PALEOSEISME EN 2001 (SPECTRES DE REPONSE AVEC CONDITION DE SITE « ROCHER » A 5% D'AMORTISSEMENT).....	21
FIGURE 5 : ILLUSTRATION DE LA MARGE DISPONIBLE POUR LES INB CONSTRUITES SUR DU CALCAIRE CRETACEE (CORRECTION ROCHER « TRES RIGIDE » PAR RAPPORT A UN ROCHER « STANDARD). ENVELOPPE SMS + PALEOSEISME - SPECTRES DE REPONSE AVEC CONDITION DE SITE « ROCHER » A 5% D'AMORTISSEMENT.....	23
FIGURE 6 : ILLUSTRATION DU CUMUL POSSIBLE DES MARGES EVOQUEES PLUS HAUT. ENVELOPPE SMS + PALEOSEISME - SPECTRES DE REPONSE AVEC CONDITION DE SITE « ROCHER » A 5% D'AMORTISSEMENT.....	24
FIGURE 7 : SPECTRES DE REPONSE REPRESENTATIFS DES SMHV ET SMS PROCHES EVALUES AU DROIT DE L'INSTALLATION MASURCA POUR LA VALEUR D'AMORTISSEMENT DE 7% .....	30
FIGURE 8 : COMPARAISON ENTRE LES SPECTRES DU PALEOSEISME DU SITE ET DU SMS DE L'INSTALLATION, POUR LA VALEUR D'AMORTISSEMENT DE 7% .....	30
FIGURE 9 : COMPARAISON DE LA PLUIE CENTENNALE DE MONTANA PAR RAPPORT A LA PLUVIOMETRIE REELLE ISSUE DES DONNEES METEO FRANCE.....	38
FIGURE 10 : IMPLANTATION DU CANAL DE PROVENCE.....	46
FIGURE 11 : PRISE DE CADARACHE .....	47
FIGURE 12 : COUPE DE LA CUVETTE DE BOUTRE.....	47
FIGURE 13 : PROFIL EN LONG DE LA GALERIE DE RIANES SCP .....	48
FIGURE 14 : PROFIL DU BASSIN VERSANT AU NIVEAU DU PUIS DU MEDECIN .....	48
FIGURE 15 : PROFIL DU TERRAIN NATUREL LE LONG DU CHEMIN HYDRAULIQUE DU VALLON DU RAVIN DE LA BETE A PARTIR DU PUIS DU MEDECIN.....	50
FIGURE 16 : PROFIL PIEZOMETRIQUE CALCULE EN AVAL DU PUIS DU MEDECIN (M).....	51
FIGURE 17 : CANAL DE BOUTRE .....	52
FIGURE 18 : ARCHITECTURE DES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES DU BSM, DU VESTIAIRE D'ACCES AU BSM ET CELLES PERMETTANT D'ASSURER LA SURVEILLANCE DU BSM DEPUIS LA SCO .....	57
FIGURE 19 : CARTE DU SITE DE CADARACHE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE MASURCA.....	70

## GLOSSAIRE

<b>ASN</b>	Autorité de <b>Sûreté Nucléaire</b>
<b>ASND</b>	Autorité de <b>Sûreté Nucléaire de Défense</b>
<b>ATPu</b>	Atelier de Technologie de <b>Plutonium</b>
<b>BA</b>	<b>B</b> âtiment des <b>A</b> uxiliaires
<b>BàG</b>	<b>B</b> oîte à <b>G</b> ants
<b>BCC</b>	<b>B</b> âtiment <b>C</b> ontrôle <b>C</b> ommande
<b>BR</b>	<b>B</b> âtiment <b>R</b> éacteur
<b>BSM</b>	<b>B</b> âtiment <b>S</b> tockage et <b>M</b> anutention
<b>BT</b>	<b>B</b> asse <b>T</b> ension
<b>CAEAR</b>	<b>C</b> ommission d' <b>A</b> cceptation des <b>E</b> ntreprises en <b>A</b> ssainissement <b>R</b> adioactif
<b>CCC</b>	<b>C</b> entre de <b>C</b> oordination en cas de <b>C</b> rise
<b>CEA</b>	<b>C</b> ommissariat à l' <b>E</b> nergie <b>A</b> tomique et aux <b>E</b> nergies <b>A</b> lternatives
<b>CEP</b>	<b>C</b> ontrôles et <b>E</b> ssais <b>P</b> ériodiques
<b>CHSCT</b>	<b>C</b> omité d' <b>H</b> ygiène, de <b>S</b> écurité et des <b>C</b> onditions de <b>T</b> ravail
<b>CQSE</b>	<b>C</b> ellule <b>Q</b> ualité, <b>S</b> écurité et <b>E</b> nvironnement
<b>CSMN</b>	<b>C</b> ellule de <b>S</b> ûreté et des <b>M</b> atières <b>N</b> ucléaires
<b>DPRC</b>	<b>D</b> étection et <b>P</b> rélevement <b>R</b> adiologiques <b>C</b> heminée
<b>DREAL</b>	<b>D</b> irection <b>R</b> égionale de l' <b>E</b> nvironnement, de l' <b>A</b> ménagement et du <b>L</b> ogement
<b>EC</b>	<b>E</b> quipe <b>C</b> ontrôle
<b>EDAC</b>	<b>E</b> nsemble de <b>D</b> étection et d' <b>A</b> larne de <b>C</b> riticité
<b>EDF</b>	<b>E</b> lectricité <b>D</b> e <b>F</b> rance
<b>EE</b>	<b>E</b> ntreprise <b>E</b> xtérieure
<b>ELPS</b>	<b>E</b> quipe <b>L</b> ocale de <b>P</b> remier <b>S</b> ecours
<b>EM</b>	<b>E</b> quipe <b>M</b> ouvement
<b>ETC-L</b>	<b>E</b> quipe <b>T</b> echnique de <b>C</b> rise <b>L</b> ocale
<b>FIS</b>	<b>F</b> onction <b>I</b> mportante pour la <b>S</b> ûreté
<b>FLS</b>	<b>F</b> ormation <b>L</b> ocale de <b>S</b> écurité
<b>GA1</b>	<b>G</b> Alerie n°1
<b>GEF</b>	<b>G</b> roupe <b>E</b> lectrogène <b>F</b> ixe
<b>GEM</b>	<b>G</b> roupe <b>E</b> lectrogène <b>M</b> obile
<b>GIE INTRA</b>	<b>G</b> roupement d' <b>I</b> ntérêt <b>E</b> conomique « <b>I</b> NTervention <b>R</b> obotique sur <b>A</b> ccident »
<b>HT</b>	<b>H</b> aute <b>T</b> ension
<b>ICPE</b>	<b>I</b> nstallation <b>C</b> lassée pour la <b>P</b> rotection de l' <b>E</b> nvironnement
<b>INB</b>	<b>I</b> nstallation <b>N</b> ucléaire de <b>B</b> ase
<b>IRSN</b>	<b>I</b> nstitut de <b>R</b> adioprotection et de <b>S</b> ûreté <b>N</b> ucléaire
<b>LABM</b>	<b>L</b> aboratoire d' <b>A</b> nalyses de <b>B</b> iologie <b>M</b> édicale
<b>LDAC</b>	<b>L</b> aboratoire de <b>D</b> écoupage et d'exams après irradiation des <b>A</b> ssemblages <b>C</b> ombustibles
<b>MASURCA</b>	<b>M</b> Aquette de <b>S</b> URgénérateur de <b>C</b> adarache
<b>MG1</b>	<b>M</b> a <b>G</b> asin n°1
<b>MG2</b>	<b>M</b> a <b>G</b> asin n°2

<b>MG3</b>	<b>MaG</b> asin n°3
<b>MSK</b>	<b>Medvedev, Sponheuer et Karnik</b> <sup>1</sup>
<b>NGF</b>	<b>Nivellement Général</b> de la France
<b>PCD-L</b>	<b>Poste de Commandement</b> Direction Local
<b>PCL</b>	<b>Poste de Commandement</b> Local
<b>PCR</b>	<b>Personne Compétente</b> en Radioprotection
<b>PGA</b>	<b>Peak Ground</b> Acceleration
<b>PF</b>	<b>Produit de Fission</b>
<b>PMS</b>	<b>Permanence pour Motif</b> de Sécurité
<b>PPI</b>	<b>Plan Particulier</b> d'Intervention
<b>PUI</b>	<b>Plan d'Urgence</b> Interne
<b>RAPSODIE</b>	<b>RAP</b> ide <b>SOD</b> ium
<b>RDS</b>	<b>Rapport De Sûreté</b>
<b>REB</b>	<b>Réacteur à Eau Bouillante</b>
<b>REP</b>	<b>Réacteur à Eau</b> sous <b>P</b> ression
<b>RFS</b>	<b>Règles Fondamentales</b> de Sûreté
<b>RJH</b>	<b>Réacteur Jules Horowitz</b>
<b>RTE</b>	<b>Réseau de Transport</b> d'Electricité
<b>SCM</b>	<b>Salle de ChargeMent</b>
<b>SCO</b>	<b>Salle de CO</b> ntrôle
<b>SCP</b>	<b>Société du Canal</b> de <b>P</b> rovence
<b>SCR</b>	<b>Service Compétent</b> en Radioprotection
<b>SCSIN</b>	<b>Service Central</b> de Sûreté des <b>I</b> nstallations <b>N</b> ucléaires
<b>SDIS</b>	<b>Services D'Incendie</b> et de <b>S</b> ecours
<b>SdM</b>	<b>Salle de Mesures</b>
<b>SGTD</b>	<b>Service de Gestion</b> et <b>T</b> raitement des <b>D</b> échets
<b>SMCP</b>	<b>Service Métiers</b> <b>C</b> onduite de <b>P</b> rojets
<b>SMHV</b>	<b>Séisme Maximal Historiquement</b> <b>V</b> raisemblable
<b>SMS</b>	<b>Séisme Majoré</b> de Sécurité
<b>SPR</b>	<b>Service de Protection</b> contre les <b>R</b> ayonnements ionisants
<b>SSC</b>	<b>Structures, Systèmes</b> et <b>C</b> omposants
<b>SST</b>	<b>Service de Santé</b> du <b>T</b> ravail
<b>STIC</b>	<b>Service des Technologies</b> de l' <b>I</b> nformation et de la <b>C</b> ommunication
<b>STL</b>	<b>Service Technique</b> et <b>L</b> ogistique
<b>STH</b>	<b>STockage</b> <b>H</b> orizontal
<b>STTV</b>	<b>STockage</b> <b>T</b> ubes <b>V</b> ides
<b>TGBT</b>	<b>Tableau Général</b> <b>B</b> asse <b>T</b> ension
<b>TQRP</b>	<b>Technicien Qualifié</b> en <b>R</b> adio <b>P</b> rotection
<b>TN</b>	<b>Terrain Naturel</b>
<b>UCAP</b>	<b>Unité de Communication</b> et <b>A</b> ffaires <b>P</b> ubliques

---

<sup>1</sup> Échelle d'intensité sismique portant le nom des 3 sismologues européens qui en sont à l'origine

## 0. LIMINAIRE

D'une manière générale, les installations nucléaires sont construites en prenant des marges importantes, par rapport à la meilleure évaluation des risques encourus, sur la solidité des bâtiments et des équipements ; sachant que ces installations sont de plus équipées de systèmes de sauvegarde redondants. Ceci pour faire face à des phénomènes extérieurs inhabituels ou à des défaillances matérielles ou humaines.

Par exemple, pour le risque de séisme, les installations sont déjà construites pour résister à un séisme « majoré », significativement supérieur au séisme le plus fort identifié au cours de l'histoire, dans la région où est située l'installation. Une marge importante est donc ainsi mise en place lors de la construction de l'installation, aussi bien en matière de séisme (cf. § 3.1) qu'en matière d'inondation (cf. § 4.1).

L'évaluation complémentaire de la sûreté, objet du présent rapport, consiste à réévaluer ces marges à la lumière des événements qui ont eu lieu à Fukushima, à savoir des phénomènes naturels extrêmes mettant à l'épreuve la sûreté des installations. Il s'agit d'apprécier le comportement des installations dans ces situations, pour éprouver leur robustesse et la pertinence des mesures actuellement prévues en cas d'accident. Ceci pour éventuellement identifier des dispositions complémentaires, aussi bien techniques qu'organisationnelles, qui pourraient être mises en place.

De manière plus détaillée, les situations examinées résultent des événements ou aléas extrêmes suivants :

- séisme au-delà du séisme « majoré », inondation au-delà de la crue majorée, autres phénomènes naturels extrêmes (dont l'inondation qui serait causée par le séisme « majoré », cf. § 5),
- pertes postulées des alimentations électriques internes et externes, perte postulée de la source de refroidissement ; cumul de ces deux pertes (cf. § 6),
- la gestion des accidents dans ces situations extrêmes (cf. §7).

Il s'agit alors d'identifier les éventuelles situations pouvant induire une brusque dégradation des séquences accidentelles (« effet falaise ») et d'évaluer les marges par rapport à cet éventuel effet falaise.

Ceci permet ensuite de proposer des dispositions complémentaires permettant de prévenir de telles situations extrêmes, et de renforcer ainsi la robustesse de l'installation (amélioration de la résistance de certains équipements, renforcement de l'autonomie de certaines alimentations électriques, etc...).

# 1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

## 1.1 Généralités

La MAquette de SURgénération de CAdarache (MASURCA) constitue l'Installation Nucléaire de Base (INB) n°39. Elle est implantée sur le site du Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) de Cadarache, situé sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance dans le département des Bouches du Rhône.

La première divergence du réacteur MASURCA a eu lieu en décembre 1966, suite à l'autorisation obtenue par décret ministériel du 14 décembre 1966.

Le site de Cadarache est situé à 35 km au nord-est d'Aix en Provence et à 60 km de Marseille. Il est éloigné des grands centres industriels, qui se trouvent à plus de 50 km.

L'installation MASURCA est dédiée à la détermination de caractéristiques neutroniques utilisées pour la filière des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium.

Dans le cadre d'une pérennisation de l'installation, et ce afin de mener les programmes expérimentaux associés aux réacteurs de génération IV, l'installation fait l'objet d'un réexamen de sûreté.

Le référentiel de sûreté de l'installation a été mise à jour (RDS-0) et transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) en 2004. **Le cœur du réacteur a été entièrement déchargé en 2007.** Des travaux de rénovation sont prévus à partir de 2015, pour une reprise des expérimentations aux alentours de 2017.

## 1.2 Principales caractéristiques

### 1.2.1 Description sommaire de l'installation

MASURCA est un réacteur de recherche de très faible puissance (5 kW). Compte tenu du faible niveau de puissance du réacteur, le combustible utilisé dans le cœur est considéré comme étant non irradié (pas d'évolution du vecteur isotopique liée à l'irradiation).

L'INB se compose de 4 bâtiments principaux :

- le Bâtiment Réacteur (BR),
- le Bâtiment Stockage et Manutention (BSM),
- le Bâtiment Contrôle Commande (BCC),
- le Bâtiment des Auxiliaires (BA).

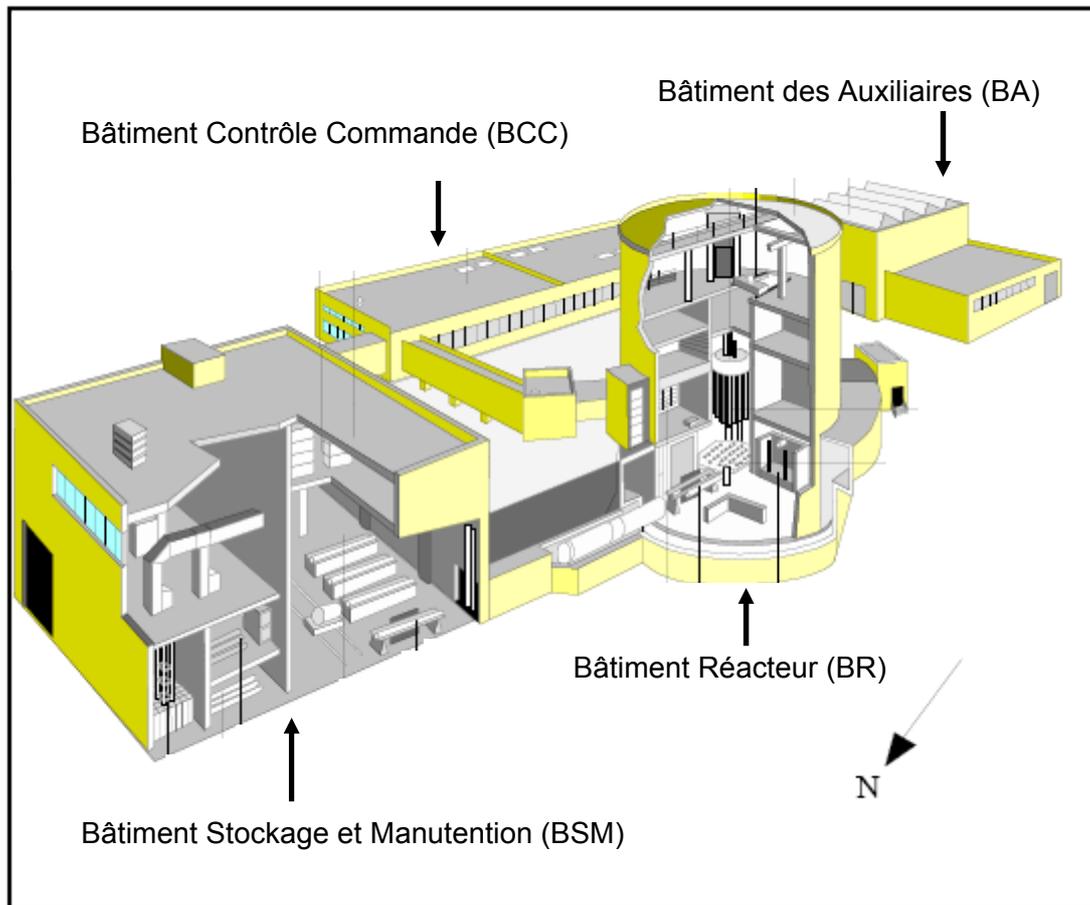


Figure 1 : vue en coupe de l'INB MASURCA

Le **Bâtiment Réacteur (BR)** est une enceinte métallique de confinement dans laquelle se trouve la cellule réacteur (cœur). L'enceinte est à fuites contrôlées et est maintenue en dépression afin de contenir toute contamination éventuelle.

Lors de la réalisation des programmes expérimentaux de simulation neutronique, le cœur, dit modulaire, contient des assemblages (tubes) d'éléments de simulation fissiles, fertiles et inertes tels que du sodium, ce qui permet de reconstituer avec une grande précision tout type de cœur. Il est refroidi par un circuit de ventilation.

Le **Bâtiment Stockage et Manutention (BSM)** renferme tous les éléments de simulation neutronique, fissiles, fertiles et inertes, entrant dans la composition du cœur. Il comporte deux niveaux principaux.

Au niveau supérieur sont entreposés les matériaux de simulation neutronique autres que la matière fissile. Ainsi, sont entreposés dans :

- le MaGasin n°2 (MG2), les blocs, réglettes et plaquettes de sodium dans des coffrets ou dans des étuis parallélépipédiques métalliques,
- le MaGasin n°3 (MG3) : les blocs, réglettes et plaquettes fertiles (uranium naturel et uranium appauvri sous forme métallique ou oxyde) et inertes autres que sodium (acier, absorbants et modérateurs). Selon leur forme, ces éléments sont entreposés dans des coffrets en Permali boré, dans des coffrets métalliques ou dans des étuis parallélépipédiques.

Ce même niveau comporte également un laboratoire « actif » contenant de faibles masses de matières nucléaires (dosimètres, échantillons, ...), le local d'entreposage des sources radioactives ainsi que le local « ventilation » du BSM.

Au niveau inférieur, occupé en majeure partie par la Salle de Chargement et de Manutention (SCM) où sont réalisées en exploitation nominale les opérations de constitution, remodelage et déconstruction des assemblages, se trouve le MaGasin n°1 (MG1) abritant les matériaux de simulation fissiles. Le MG1 comporte 5 cellules dans lesquelles sont entreposés :

- des coffrets en permali boré contenant des réglettes d'uranium métallique enrichi (U). Ces coffrets reposent sur un platelage,
- des valises contenant des réglettes d'oxyde d'uranium enrichi et d'oxyde de plutonium ( $UO_2$ - $PuO_2$ ). Ces valises sont entreposées dans des casiers reposant eux-mêmes sur un platelage,
- des étuis contenant des plaquettes de plutonium métallique (Pu), entreposés horizontalement dans des matrices en béton boré constituant des "columbariums<sup>2</sup> horizontaux",
- des étuis contenant des plaquettes d'uranium métallique enrichi (U), d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium ( $UO_2$ - $PuO_2$ ) et d'oxyde de plutonium ( $PuO_2$ ), entreposés horizontalement dans des "columbariums horizontaux",
- des étuis cylindriques contenant des réglettes d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium ( $UO_2$ - $PuO_2$ ). Ces étuis sont entreposés verticalement dans des "columbariums verticaux".

La SCM abrite également un coffre appelé « Coffre 1 » contenant des matières nucléaires sans emploi destinées à être évacuées.

Dans ce même sous-sol, se trouvent également les locaux "STockage Tubes Vides" (STTV) et de décontamination de matériel avec des BâG permettant la décontamination, en exploitation nominale, d'un assemblage et de ses différents éléments constitutifs.

Au dessus du local de décontamination du matériel et du STTV, se trouve un niveau intermédiaire où est implanté le STockage Horizontal (STH) qui peut accueillir, en phase d'exploitation nominale, des tubes chargés (de matière fissile ou non) et des barres de sécurité.

Le **Bâtiment Contrôle Commande (BCC)** et son extension réunissent essentiellement tous les organes de contrôle, de commande et de mesure du réacteur.

Ce bâtiment et son extension comportent la Salle de COntôle du réacteur (SCO), la Salle de Mesures (SdM) utilisée par les expérimentateurs en exploitation nominale, des bureaux, des vestiaires permettant d'accéder au Bâtiment Stockage et Manutention et au Bâtiment Réacteur, un local « archives », des locaux techniques (relayages, ventilation du Bâtiment Contrôle Commande, ventilation des vestiaires, télésurveillance), et les accès aux galeries conduisant autour du Bâtiment Réacteur et au Bâtiment Auxiliaire.

La SCO permet le contrôle et le pilotage du réacteur, le contrôle-commande des équipements mécaniques et la surveillance de l'installation (radioprotection, criticité, ventilation, cuves des effluents suspects, incendie,...).

Le **Bâtiment Auxiliaires (BA)** regroupe les installations annexes du Bâtiment Réacteur. Ce bâtiment, abrite principalement les auxiliaires électriques (normal et secours), les ventilations de l'enceinte de confinement et du cœur, la production d'air comprimé et un atelier.

---

<sup>2</sup> Structures à géométrie sûre en béton boré, constituées d'alvéoles dédiées à l'entreposage des éléments de simulation neutronique. Elles assurent la maîtrise de la géométrie et limitent le rayonnement ionisant (protection biologique). Elles sont équipées d'une ventilation dédiée et de détecteurs permettant la surveillance de la température et la détection d'une rupture de gaine éventuelle.

### 1.2.2 Système de refroidissement

Le système de refroidissement de MASURCA est assuré par de l'air (circuits de ventilation). Aucun système de refroidissement externe à l'installation n'est utilisé.

Pour le BSM, seul le magasin de matières fissiles, et en particulier les éléments fissiles entreposés dans les columbariums horizontaux font l'objet d'un refroidissement en vue du maintien, des matières fissiles, à une température stable proche de la température ambiante. Cependant, ce refroidissement n'est pas indispensable au maintien de l'intégrité des gaines des éléments fissiles entreposés et ne constitue donc pas une fonction importante de sûreté.

Le système de ventilation BSM est constitué :

- d'un circuit de soufflage,
- d'un circuit d'extraction, comprenant des lignes d'extraction spécifiques aux Boites à Gants (BàG) de décontamination, aux columbariums et au STH,
- d'un circuit de recyclage.

Après filtration, l'air rejeté s'effectue par un carneau en toiture du BSM.

Le circuit de soufflage est constitué notamment de 2 ventilateurs de soufflage disposés et fonctionnant en parallèle. Ils sont alimentés par le réseau 380V non secouru (cf. § 6).

Les lignes d'extraction des locaux du BSM se rejoignent dans un tronçon commun sur lequel sont implantés 2 ventilateurs d'extraction disposés en parallèle et fonctionnant en secours l'un de l'autre. Ils sont alimentés par le réseau 380V secouru.

Les columbariums du MG1 disposent d'une ligne d'extraction spécifique de l'air. Cette ligne est équipée de 2 ventilateurs d'extraction disposés en parallèle et fonctionnant en secours l'un de l'autre. L'un est alimenté par le réseau 380 V non secouru et l'autre par le 380 V secouru.

### 1.2.3 Etat actuel de l'installation

**La présente évaluation complémentaire de sûreté porte sur l'installation actuelle, telle que construite et exploitée au 30 juin 2011.**

**Une évaluation complémentaire spécifique de l'installation dans sa configuration rénovée sera conduite dans le cadre de l'instruction du dossier relatif au projet de rénovation.**

La configuration de l'installation au 30 juin 2011 est la suivante :

- le cœur est déchargé de toute matière nucléaire et seules neuf sources scellées sont entreposées dans le BR,
- le BSM abrite :
  - o les matières fissiles entreposées dans le MG1,
  - o le sodium entreposé dans le MG2,
  - o les matières fertiles et inertes entreposées dans le MG3,
  - o les matières du laboratoire « actif »,
  - o les sources radioactives entreposées dans un coffre dans le local « sources »,
  - o les matières sans emploi entreposées dans le « Coffre 1 » de la SCM.

Le Stockage Horizontal est vide de toute matière radioactive.

- le BCC, son extension et le BA ne contiennent aucune matière nucléaire ou dangereuse,

- l'installation dispose de 2 cuves d'effluents suspects. Au cours des 10 dernières années, aucun effluent actif n'a été produit. Les effluents générés ont été rejetés, après contrôle radiologique, dans le réseau industriel.

L'inventaire des matières nucléaires pris en compte dans la présente analyse correspond à l'inventaire des matières appartenant à l'installation au 30 juin 2011.

Dans cette configuration, il n'y aura aucun fonctionnement du réacteur ni aucune constitution d'assemblage. Les principales activités se limitent actuellement à :

- assurer l'exploitation courante de l'installation (réalisation des Contrôles et Essais Périodiques (CEP), des contrôles réglementaires et des opérations de maintenance préventive et curative, ...), et en particulier l'entreposage des éléments de simulation neutronique en attente d'utilisation à des fins expérimentales,
- réaliser le suivi de travaux de mises en conformité réglementaires et des travaux préparatoires à la rénovation,
- gérer les matières de l'installation et procéder en tant que de besoin à des opérations de transport (réception, expédition), d'évacuation, de reconditionnement ou de caractérisation de ces matières.

## 2. IDENTIFICATION DES RISQUES D'EFFET FALAISE ET DES STRUCTURES ET EQUIPEMENTS ESSENTIELS

### 2.1 Risques d'effet falaise

La conception et le dimensionnement des installations nucléaires reposent sur la mise en œuvre de barrières successives et du concept de défense en profondeur. Le CEA a mis en place une démarche de sûreté intégrant ces éléments sur l'ensemble de ses INB. Cette démarche conduit ainsi à définir des conditions de fonctionnement accidentelles pour lesquelles des dispositions de conception sont mises en place sur les installations. Les agressions internes et externes sont également prises en compte.

Le concept de défense en profondeur est en effet une méthode de raisonnement qui consiste, malgré les mesures prises pour prévenir les dysfonctionnements, les incidents et les accidents, à postuler qu'ils se produisent et à étudier et mettre en œuvre les moyens de les détecter, d'y faire face et d'en limiter les conséquences.

Ce concept est décliné en 4 niveaux de défense successifs :

- premier niveau : prévention des anomalies et des défaillances (qualité de réalisation,...),
- deuxième niveau : surveillance et maintien de l'installation dans le domaine autorisé,
- troisième niveau : limitation des conséquences des conditions de fonctionnement accidentelles avec la mise en œuvre sur l'installation de dispositifs de sauvegarde ou de sécurité,
- quatrième niveau : gestion des séquences accidentelles et dispositions prévues par le Plan d'Urgence Interne (PUI) du site.

dans lesquels on peut répartir les lignes de défense successives mises en place pour se prémunir de la défaillance des dispositions techniques, humaines ou organisationnelles prévues pour assurer la sûreté de l'installation, ainsi que celles mises en place pour détecter et limiter les conséquences de ces défaillances.

Les conditions de fonctionnement accidentelles étudiées dans le référentiel de sûreté sont définies par un événement initiateur. Les études associées sont menées avec des hypothèses conservatives. Ce conservatisme couvre à la fois les hypothèses liées à l'état initial de l'installation ainsi que les règles d'études du scénario accidentel résultant de l'événement initiateur considéré.

Au titre du 4<sup>ème</sup> niveau de la défense en profondeur, l'analyse de ces conditions de fonctionnement accidentelles est complétée par l'examen de séquences accidentelles plus complexes, les situations de limitation du risque, qui permettent de couvrir des cumuls de défaillances d'équipements, en particulier la perte de systèmes redondants. Ces séquences sont examinées afin de vérifier la robustesse de la démonstration de la sûreté et ont déjà pu conduire à la mise en place de dispositions spécifiques pour y faire face.

Elles sont complétées par les dispositions prévues par le PUI pour gérer les situations de crise.

L'élaboration du PUI repose sur l'identification de types d'accidents susceptibles de conduire à des rejets de matières dangereuses en quantités telles que des mesures de protection s'avèreraient nécessaires. Le PUI a pour objet de prendre en compte des accidents plus graves que ceux considérés dans le dimensionnement des installations. Ils sont déterminés, par exemple, en ajoutant un aggravant aux conditions de fonctionnement accidentelles étudiées dans le rapport de sûreté.

Ces accidents conduisent à la mise en œuvre de l'organisation des secours de façon à limiter les conséquences possibles de l'accident sur les personnes et les biens par des dispositions particulières.

Le CEA a mis en place une organisation de crise pour faire face à ce type de situations accidentelles. Cette organisation est testée périodiquement au cours d'exercices.

Pour les installations le nécessitant, il existe un cinquième niveau de la défense en profondeur qui comprend les mesures de protection des populations prises par les pouvoirs publics, dans le cadre des plans particuliers d'intervention (PPI).

Les évaluations prescrites dans la décision ASN sont qualifiées de complémentaires car elles viennent en complément des analyses déjà réalisées. Ces évaluations complémentaires font abstraction de la démarche de sûreté mise en place pour la conception et le dimensionnement des installations.

Les évaluations complémentaires demandées exigent de considérer, dans des situations extrêmes, la défaillance cumulée d'un certain nombre d'équipements, même ceux mis place sur l'installation pour faire face à l'événement. L'objectif assigné est d'identifier un éventuel effet falaise et d'évaluer les marges par rapport à cet éventuel effet falaise, sans limitation a priori sur la caractérisation de l'événement ou de l'aléa.

Cette demande de l'ASN conduit donc à faire abstraction, dans les évaluations complémentaires, d'un certain nombre de dispositions conçues et dimensionnées pour empêcher la survenue de certaines situations. L'objectif n'est pas d'examiner de nouvelles situations, il s'agit d'évaluer les marges à disposition au regard d'éventuels risques d'effet falaise.

Un effet falaise se comprend comme une forte discontinuité dans le comportement de l'installation conduisant à une aggravation notable de la situation, notamment en termes de quantités de produits radioactifs ou dangereux mobilisés.

Les risques d'apparition d'effet falaise, identifiés ci-après, nécessitent simultanément les conditions suivantes :

- ils se produisent lors des situations examinées dans ce document, à savoir lors d'un séisme ou d'une inondation au-delà de ceux pris en compte pour le dimensionnement de l'installation, ou lors de pertes postulées d'alimentation électrique et/ou de source froide,
- ils conduisent à des conséquences sur l'environnement significativement supérieures à celles des événements considérés dans le référentiel de sûreté actuel de l'installation, y compris le PUI.

Concrètement, il s'agit d'identifier les risques d'effet falaise qui dans le cadre d'une part des aléas considérés et d'autre part des pertes postulées (pertes alimentations électriques, perte de la source froide et cumul de ces deux pertes) pourraient intervenir par rapport :

- à une perte du confinement de produits radioactifs ou dangereux,
- à une perte des moyens de prévention des risques de criticité,
- à une perte de la fonction de refroidissement du combustible entreposé à sec,
- à une perte des moyens de maîtrise des risques d'explosion, notamment le risque d'explosion d'hydrogène.

Considérant l'analyse de sûreté présentée dans les rapports de sûreté, on identifie :

- les produits radioactifs ou dangereux susceptibles d'être mobilisés et pouvant conduire à un risque d'effet falaise,
- les événements mettant en jeu ces produits,
- l'état sûr visé et les équipements nécessaires pour y parvenir et pour le maintenir.

### **2.1.1 Identification des matières pouvant être mobilisées**

Les matières radioactives susceptibles d'être mobilisées et pouvant conduire à un risque d'effet falaise sont les matières nucléaires entreposées dans le BSM.

Cependant, tous les locaux du BSM ne sont pas concernés. Les matières nucléaires du MG3 ne sont que des matières fertiles (uranium naturel et uranium appauvri) et ne peuvent conduire à un effet falaise. L'impact radiologique et toxique des quantités d'uranium considérées (cf. chapitre 1.2.3), dans une situation très défavorable d'un séisme de forte amplitude suivi d'un incendie, reste très limité et ne relève pas d'un effet falaise.

Le laboratoire « actif » et le local « sources » ne contiennent que de faibles quantités de matières nucléaires qui ne peuvent conduire à un effet falaise.

De même, le sodium du Magasin n°2 (MG2) ne peut pas conduire à un effet falaise. En effet, la concentration de sodium dans l'air résultant d'une situation très défavorable d'un séisme de forte amplitude suivi d'un incendie reste inférieure au seuil de toxicité.

La SCM contient actuellement un coffre contenant quelques matières nucléaires sans emploi dont l'évacuation est en cours d'instruction. La masse de ces matières est faible comparativement à celles du MG1. Ces matières sont susceptibles d'être mobilisées lors d'un évènement pouvant conduire à un risque d'effet falaise, cependant, leur contribution est à la marge comparativement à celle des matières entreposées dans le MG1.

Le BR ne contient que quelques sources scellées, les autres bâtiments (BCC et son extension, BA) ne contiennent pas de matières nucléaires hors sources des appareillages de radioprotection. Ces matières ne conduisent donc pas à un risque d'effet falaise.

**Dans la suite de cette évaluation ne seront donc considérées que les matières radioactives du MG1 qui constituent le principal contributeur à l'inventaire des matières susceptibles d'être mobilisées et pouvant conduire à un risque d'effet falaise.**

Les matières du MG1 sont des matières fissiles, solides, gainées, sous forme de réglettes ou de plaquettes (cf. § 1.2.1).

### 2.1.2 Identification des effets falaise

Le seul évènement pouvant conduire à un effet falaise identifié sur MASURCA est un effondrement partiel ou total du BSM dû à un séisme de forte amplitude, et pouvant conduire à une des conséquences ci-après :

- une dissémination de matières radioactives dans l'environnement significativement supérieure à celle des événements considérés dans le référentiel de sûreté de l'installation et dans le PUI, suite à la dégradation de barrière(s) de confinement statique (gaine des éléments de simulation neutronique, génie civil du BSM),
- un accident de criticité induit par la perte de la géométrie initiale des équipements d'entreposage (columbariums, coffrets, casiers), qui aurait pour conséquence de possibles dégradations complémentaires de gainages par élévation de température, une dissémination plus importante de matières radioactives, ainsi qu'une forte émission de neutrons, de rayonnement  $\gamma$  et de produits de fission.

Les effets indirects du séisme ont été identifiés et pris en compte dans le cadre de la présente analyse.

Compte tenu de la configuration actuelle de l'installation, de la nature des produits entreposés dans le BSM, et de l'absence de produits hydrogénés au niveau des cellules d'entreposage du MG1, les effets falaise suivants sont exclus :

- explosion engendrée par des gaz produits par radiolyse,
- accident de réactivité.

### 2.1.3 Identification des situations initiales défavorables

Les situations initiales défavorables identifiées sont :

- la manutention de matières nucléaires lors d'opérations de contrôle, de conditionnement, d'évacuation, etc.,
- l'entreposage temporaire, dans le hall de livraison, de matières conditionnées dans des conteneurs de transport, dans le cadre d'opérations d'évacuation ou de réception.

#### 2.1.4 Etat visé après un événement risquant d'induire un effet falaise

L'objectif visé après l'occurrence d'un séisme d'une ampleur engendrant un risque d'effet falaise est un état de l'installation caractérisé par la limitation de la dissémination de matières radioactives dans l'environnement.

## 2.2 Structures et équipements essentiels

L'application de l'arrêté du 10 août 1984 relatif à la qualité de la conception, de la construction et de l'exploitation des Installations Nucléaires de Base (INB), a conduit à retenir pour l'installation MASURCA telle qu'exploitée au 30 juin 2011, les Fonctions Importantes pour la Sûreté (FIS) suivantes :

- maîtrise du confinement des matières radioactives,
- maîtrise de la sous-criticité.

Les équipements essentiels par rapport au risque d'effet falaise, nécessaires pour parvenir à l'état sûr ou à le maintenir (maîtrise des FIS), sont :

- **le génie civil du BSM** qui doit être maintenu stable et ne doit pas devenir missile afin de ne pas porter atteinte aux dispositifs d'entreposage dont un endommagement excessif pourrait à son tour induire une détérioration des gaines de matières fissiles et entraîner une dissémination de matières radioactives, et dont l'évolution de la géométrie qui en résulterait pourrait induire un accident de criticité,
- **les dispositifs d'entreposage (columbariums, coffrets et casiers) des matières du MG1** qui participent à la maîtrise de la sous-criticité par maintien de la géométrie.

Par ailleurs, le pont gerbeur présent dans le magasin a été examiné en tant qu'agresseur potentiel.

## 3. SEISME

### 3.1 Dimensionnement de l'installation

#### 3.1.1 Séisme de dimensionnement

##### 3.1.1.1 Méthodologie pour évaluer le type de séisme

Consécutivement à la création du Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires (SCSIN), une méthode spécifique aux INB de prise en compte de l'aléa sismique a été mise au point et formalisée en 1974 dans le DSN 50, qui est resté le seul document de référence en matière de prise en compte du séisme pour la sûreté des INB pendant des années. Cette méthode conduit à définir un Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV) et un Séisme Majoré de Sécurité (SMS). Un des premiers cas où cette approche a été employée a concerné le site de Cadarache (le réacteur PHEBUS). La prise en compte de l'aléa sismique a été étendue à d'autres sites puis est devenue systématique à la fin des années 1980. La méthode (déterministe) a inspiré la rédaction de la première RFS sur ce thème qui a été publiée en 1981 (d'abord applicable au REP puis généralisée aux autres types d'INB). Elle a été révisée en 2001, en ajoutant des prescriptions nouvelles notamment liées à la prise en compte de paléoséismes, séismes très anciens « supposés » qui sont identifiés, contrairement aux séismes historiques ou instrumentaux, à partir d'observations de terrain en l'absence de toute trace de témoignage humain.

De par sa construction, la méthode strictement déterministe préconisée dans la RFS 2001-01 précitée permet de dégager des marges quant à la sélection des événements de référence, SMHV et SMS :

- déplacement « postulé » des événements historiques pour les ramener au plus près du site (qu'ils soient ou non rattachés à une faille identifiée),
- application d'une majoration de 0,5 sur la magnitude ou de 1 en intensité de cet événement,
- pas de prise en compte de la « période de retour des séismes » qui induit de fait une marge dans les zones de faible et moyenne sismicité.

##### 3.1.1.2 Caractérisation de l'aléa sismique à Cadarache et évolution

###### *Historique*

Dès les premières années d'existence du centre, un observatoire sismique a été créé et les réacteurs construits sur le centre devaient être conçus en tenant compte du risque sismique. Ce risque a été considéré dès la conception des INB en s'appuyant sur les recommandations AS 55 de 1955 (établies suite au séisme d'El Asnam en Algérie de 1954), puis sur les règles parasismiques de 1962 (PS62/64) et enfin celles de 1969 (PS69).

Un des premiers cas d'emploi de la démarche formalisée dans la RFS 81 a concerné le réacteur PHEBUS. L'intensité du SMHV a été fixée à VIII et celle du SMS à IX MSK. En parallèle, une esquisse de la carte sismotectonique de la Provence centrée sur le centre de Cadarache a été réalisée en 1974. Pour déterminer le SMHV, on avait pris en compte les séismes les plus forts identifiés dans un rayon de 40 km autour du site, ce qui conduisait à un spectre avec un PGA<sup>3</sup> correspondant à une intensité VIII, calé à 0,225g (magnitude évaluée entre 5 et 5,7 pour une profondeur variant de quelques km à 10 km). Pour le SMS correspondant à une intensité IX, le spectre du séisme "proche" était forfaitairement calé à 0,45 g.

---

<sup>3</sup> PGA = Peak Ground Acceleration, il s'agit de l'accélération maximale du sol et correspond également à la valeur à haute fréquence des spectres de réponse. Cette notion est souvent utilisée pour « caler » les spectres de réponse.

La réévaluation sismique produite conjointement à la parution de la RFS 2001-01 a conduit à retenir :

- deux couples magnitude / distance pour le SMHV,
  - M=5,3 et R=7,1 km (séisme « proche »), correspondant au séisme de Manosque de 1708, translaté le long de la Faille de la Moyenne Durance jusqu'à la position la plus pénalisante pour le Centre de Cadarache ;
  - M=6,0 et R=16,5 km (séisme « lointain »), correspondant au séisme de Lambesc de 1909, survenu sur la faille de la Trevaresse, mais positionné de manière plus pénalisante pour le Centre de Cadarache sur le Chevauchement du Lubéron ;
- deux couples magnitude / distance pour le SMS :
  - M=5,8 et R=7,1 km (majoration du séisme de Manosque 1708 translaté sur la faille de la Moyenne Durance),
  - M=6,5 et R=16,5 km (majoration du séisme de Lambesc 1909 translaté sur le Chevauchement du Lubéron),
- pour le paléoséisme, le couple magnitude / distance M=7 et R=18,5 km.

Afin de comparer ces séismes de référence à la notion de PGA, notons que pour le niveau « SMHV », c'est le séisme de Manosque translaté qui est le plus pénalisant et qui produit les valeurs suivantes :

- 0,24 g pour la condition de sol « sédiment »,
- 0,22 g pour la condition de sol « rocher »,

pour l'enveloppe des SMS et paléoséisme, référence utilisée pour le dimensionnement des installations neuves et les réexamens de sûreté :

- 0,34 g pour la condition de sol « sédiment »,
- 0,31 g pour la condition de sol « rocher ».

C'est toutefois l'intégralité des spectres de réponses qu'il convient de considérer. La Figure 2 présente ces différents spectres. On notera que pour les hautes fréquences, c'est le « SMS » qui est le plus pénalisant alors qu'à basse fréquence, c'est le paléoséisme. A noter que pour les niveaux sismiques à prendre en compte pour le dimensionnement des installations, le séisme de Lambesc positionné sur le Chevauchement du Lubéron n'a pas d'incidence sur le spectre finalement retenu.

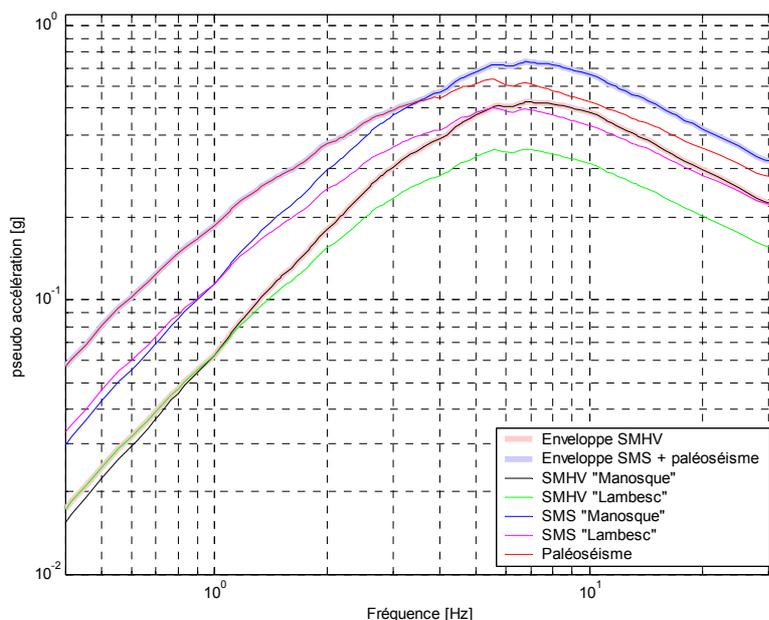


Figure 2 : Spectres de réponse (condition de site « rocher » à 5% d'amortissement) du référentiel « aléa sismique » du Centre de Cadarache au 30 juin 2011.

Le cas particulier de la détermination de la magnitude et de la distance retenues pour le paléoséisme

La RFS 2001-01 impose de prendre en compte d'éventuels « paléoséismes ». Un paléoséisme est un événement sismique survenu dans un intervalle de temps de quelques dizaines de milliers d'années, au delà de la période d'observation dite « historique » (environ 1000 ans), et qui a laissé des traces dans les formations géologiques les plus récentes (indice « paléosismique »). L'établissement du paléoséisme de référence pour un site donné est donc sujet aux découvertes de tels indices paléosismiques. Dans l'optique de proposer un aléa sismique « stable », l'approche suivie consistait à définir un paléoséisme « enveloppe ».

La magnitude fixée pour le paléoséisme de Cadarache a ainsi été établie selon l'état des connaissances de la fin des années 1990. A cette époque, compte tenu de l'état de l'art, on ne disposait pas d'éléments suffisants pour connaître la géométrie de la Faille de la Moyenne Durance en profondeur. On ne pouvait exclure que cette faille puisse se prolonger dans le « socle » et l'hypothèse pénalisante d'une rupture sur toute sa longueur avait été retenue, aboutissant à une magnitude de 7 (nous reviendrons sur ce point plus bas).

La distance focale à retenir pour la paléoséisme a été définie sur des bases probabilistes. L'intensité IX a été calculée comme étant représentative du niveau « paléoséisme » conformément à l'esprit de la RFS 2001-01. La distance focale de 18,5 km correspond à la distance au site d'un séisme qui provoquerait une intensité IX pour un séisme de magnitude 7. Cette approche intégrait également implicitement le fait que la relation d'atténuation<sup>4</sup> associée à la RFS 2001-01 ne permet pas de caractériser l'effet de « saturation » de l'accélération à mesure que l'on s'approche du plan de rupture (en deçà d'une certaine distance à la faille, l'accélération n'augmente plus), effet pris en compte dans des relations d'atténuation plus complètes.

<sup>4</sup> Une relation d'atténuation (ou loi d'atténuation ou GMPE en Anglais pour « Ground Motion Prediction Equation ») est une relation mathématique qui permet de relier un certains nombre de paramètres liés à la source sismique et la distance au site à un paramètre de nocivité donnée. Dans le cadre de la relation d'atténuation de la RFS, on relie distance et magnitude à l'accélération spectrale (spectres de réponses) pour deux conditions de sites différents (« sédiments » et « rocher »).

3.1.1.3 Marges sur la détermination de l'aléa selon les INB de Cadarache considérées.

Comme nous l'avons vu, la démarche déterministe de la RFS 2001-01 permet de dégager des conservatismes (déplacement des séismes au plus proche des sites, majoration de magnitude). Toutefois, selon les installations considérées, des marges supplémentaires peuvent être commentées.

Distances réelles des INB par rapport à la faille de la Moyenne Durance

En 2001, il avait été choisi de définir un aléa sismique « unique » pour l'ensemble du Centre de Cadarache (à l'exception près de la prise en compte des conditions de site « rocher » et « sédiments »). De ce fait, c'étaient les distances minimales des failles à la clôture du Centre qui avait été retenues. Compte tenu que la source la plus forte de l'aléa sismique se trouve être la faille de la Moyenne Durance, que cette dernière est proche du Centre (distance minimale en surface d'un peu plus de 5 km par rapport à la porte d'entrée du Centre) et que le Centre de Cadarache présente de grandes dimensions (plus de 5 km dans sa plus grande dimension), les marges dégagées par les INB situées dans la zone Sud-Est du Centre sont non-négligeables.

A titre d'exemple, pour le SMS, considérant une profondeur focale de 5 km (profondeur retenue pour l'évaluation de 2001), nous avons les distances focales suivantes pour ces différents sites :

- porte d'entrée : distance épacentrale ~5 km, distance focale : 7,1 km ;
- Atelier de Technologie de Plutonium (ATPu) : distance épacentrale ~7 km, distance focale : 8,6 km ;
- zone RJH-MASURCA : distance épacentrale ~9 km, distance focale : 10,3 km.

La Figure 3 présente les différents spectres associés et permet d'illustrer le fait que certaines INB disposent de marges supplémentaires du fait de leur positionnement.

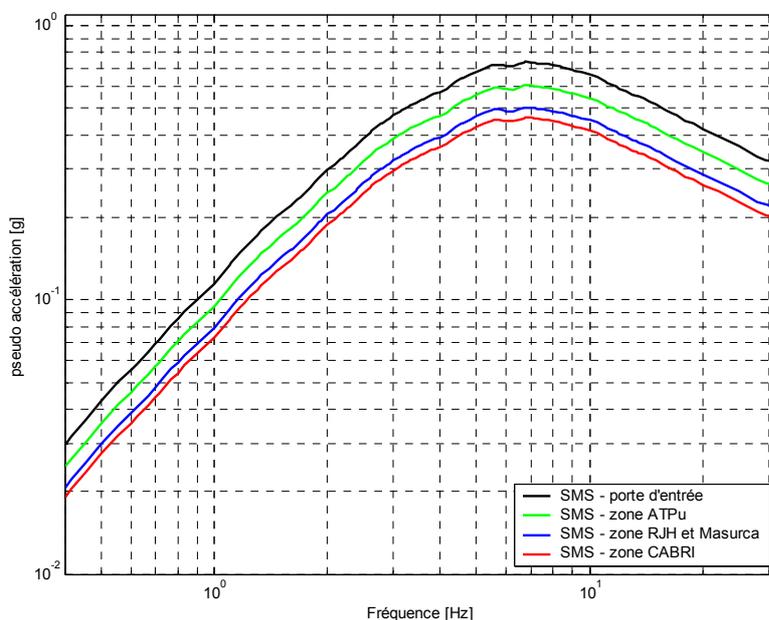


Figure 3 : Illustration de la marge disponible sur le SMS de par la distance réelle de différentes INB à la faille de la Moyenne Durance (spectres de réponse avec condition de site « rocher » à 5% d'amortissement).

### Paléoséisme

Comme nous l'avons évoqué plus haut, la magnitude fixée pour le paléoséisme de Cadarache a été établie selon l'état des connaissances à la fin des années 1990 et la magnitude avait alors été fixée à 7 en considérant des hypothèses enveloppes sur la géométrie de la faille qu'on ne connaissait que mal en profondeur. Aujourd'hui, grâce aux travaux sur la segmentation de cette faille en surface, sur sa géométrie en profondeur, sur l'analyse de la microsismicité de la zone, on sait qu'il y a un découplage tectonique entre la couverture sédimentaire et le socle et que la Faille de la Moyenne Durance, active en surface, ne peut se prolonger dans le socle, ce qui limite son potentiel sismogénique maximal à une magnitude comprise entre 6.0 et 6.5. Conjointement, la distance focale, considérée en 2001 selon une démarche probabiliste, doit également être revue à la baisse et être établie selon une base déterministe. Cette diminution de distance limitant ainsi le « gain » qu'implique la baisse de magnitude.

La Figure 4 présente le spectre de ce que pourrait être un paléoséisme établi avec l'état de l'art actuel ( $M=6,4$  et  $R=12$  km) en comparaison avec le paléoséisme actuellement retenu. On constate qu'à basses fréquences, le « possible paléoséisme état de l'art 2011 » est significativement inférieur (effet de la diminution de magnitude). A l'inverse, à hautes fréquences, il est supérieur au paléoséisme « 2001 » (effet de la diminution de distance). Toutefois, cette augmentation à haute fréquence n'a pas d'incidence puisque dans cette bande fréquentielle, c'est toujours de le SMS qui reste enveloppe (les distances retenues ici s'entendent pour la porte d'entrée du Centre).

La magnitude de 7 aujourd'hui encore retenue pour le paléoséisme, influant fortement sur les niveaux d'accélération à prendre en compte à basse fréquence, peut donc être considérée comme d'un niveau prenant en compte des événements au delà de la réglementation en cours. Ce caractère enveloppe va concerner les installations dont les modes propres correspondent à de basses fréquences, comme c'est le cas pour les installations construites sur appuis parasismiques tel que le Réacteur Jules Horowitz (RJH) en cours de construction sur le Centre de Cadarache. Cette marge ne concerne pas les installations plus rigides, comme MASURCA.

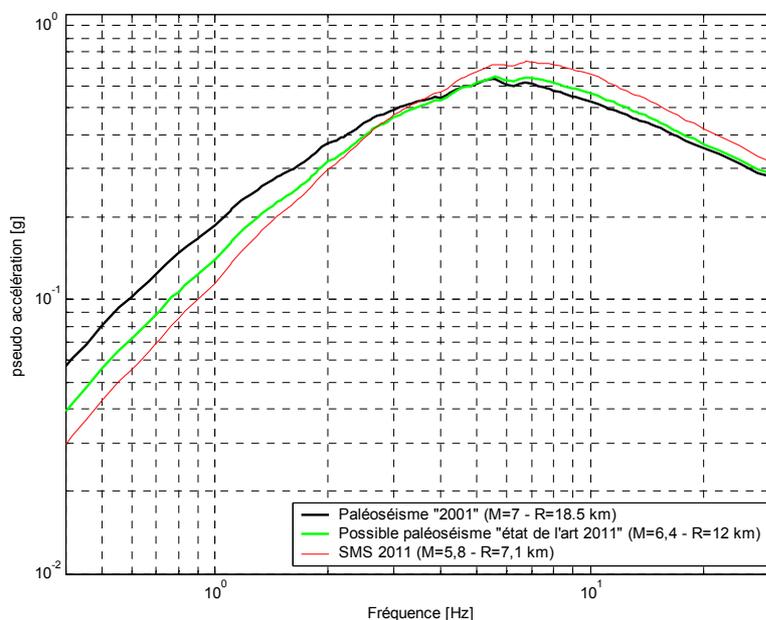


Figure 4 : Illustration de la marge disponible de par la détermination particulièrement pénalisante de la magnitude du paléoséisme en 2001 (spectres de réponse avec condition de site « rocher » à 5% d'amortissement).

Marges relatives aux installations construites sur du calcaire à Cadarache (cas de MASURCA).

La géologie du Centre de Cadarache est complexe. Schématiquement, le Centre consiste en deux grandes « paléovallées » correspondant au premier ordre aux vallées actuelles (ravin de la Bête encore appelé « vallée de piles » et le vallon de Mourre-Frais). Ces paléovallées ont été creusées à l'ère tertiaire, puis partiellement comblées de sédiments Miocènes et Quaternaires. Ces paléovallées se sont formées en creusant dans le « substratum » des calcaires formés au Crétacé (fin de l'ère secondaire). Les calcaires du Crétacé sont très durs. A l'inverse, les matériaux de comblement des paléovallées (Miocène, Quaternaire), bien que présentant globalement de bonne qualité géotechnique, sont moins « rigides » que l'encaissant.

Selon la réglementation, les INB construites sur les formations mio-quaternaires doivent utiliser, selon le cas, soit les spectres dits « sédiments » soit les spectres dits « rocher » (le cas échéant, en examinant le possible phénomène d'effet de site particulier), et les INB construites sur les calcaires du Crétacé, doivent utiliser les spectres dits « rocher ».

Les spectres dits « sédiments » s'appliquent aux installations dont le paramètre « Vs30 » (moyenne harmonique des vitesses de propagation des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres sous l'assise de l'installation) est compris entre 300 et 800 m/s. Les spectres dits « rochers » s'appliquent aux installations dont le paramètre Vs30 est supérieur à 800 m/s.

Il est aujourd'hui établi que les spectres réglementaires issues de la RFS dits « rocher » sont plutôt caractéristiques de rochers « standards » présentant des Vs30 de l'ordre 600 à 800 m/s. Or, les INB pérennes ou en projet du site de Cadarache, dont RJH et MASURCA concernées par la première série de stress tests, sont construites sur du calcaire crétaqué très rigide, caractérisé par des vitesses de propagation des ondes de cisaillement (Vs) supérieures à 2000 m/s. Ce contexte est très favorable. On sait en effet que les spectres réglementaires contiennent donc une certaine « provision de marges ». En considérant le différentiel d'impédance acoustique (sans même invoquer les effets de sites causés par des contrastes forts), la marge obtenue pourrait atteindre un facteur 2, en termes d'accélération, selon les fréquences<sup>5</sup>.

La quantification de cette « marge » est un sujet important de la R&D actuellement menée (programmes de recherche sur l'aléa sismique Cashima et Sigma, impliquant EdF, le CEA, AREVA, l'ILL, Enel Energy). **Nous considérons qu'une marge de 1,5 est une valeur minimale pertinente.** La Figure 5 présente les spectres corrigés de cette marge (spectres « rochers très rigides » et non plus « rochers standards »). La variation en fréquence appliquée ici à cette correction suit celle déterminée en utilisant la méthode de correction dite « quart d'onde » utilisant des profils de vitesses génériques, mais la valeur de correction maximale est limitée à 1,5.

---

<sup>5</sup> Sans rentrer dans les détails techniques, notons également que la correction d'impédance doit s'accompagner d'une correction liée à l'atténuation à haute fréquence des mouvements sismiques, atténuation qui est a priori moindre dans les rochers très rigides que dans les rochers « standards ». Cette correction se fait via un paramètre nommé « kappa ». Si la correction d'impédance a tendance à diminuer les accélérations depuis les fréquences intermédiaires jusqu'aux très hautes fréquences, la correction du paramètre « kappa » a pour effet de ré-amplifier les hautes et très hautes fréquences du spectre. Toutefois, sur Cadarache, les premières estimations du paramètre « kappa » ont démontré une atténuation à haute fréquence relativement forte, même dans les calcaires rigides. Ce fait s'explique probablement, par la forte fracturation à grande échelle des formations secondaires en Provence Orientale, fracturation engendrée par les multiples phases tectoniques qui ont jalonné l'histoire géologique au cours de l'ère Tertiaire. Cette atténuation à haute fréquence est favorable.

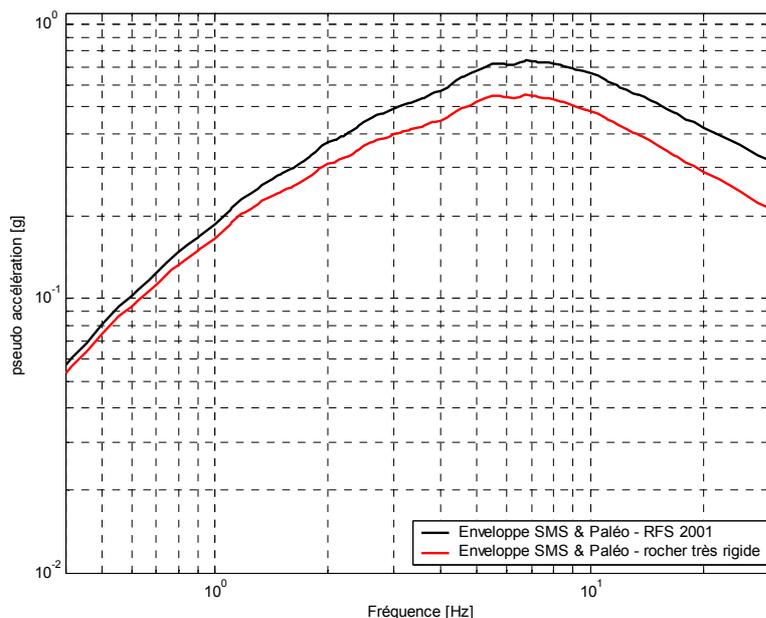


Figure 5 : Illustration de la marge disponible pour les INB construites sur du calcaire crétacée (correction rocher « très rigide » par rapport à un rocher « standard»). Enveloppe SMS + Paléoséisme - spectres de réponse avec condition de site « rocher » à 5% d'amortissement.

La Figure 6 présente l'effet du cumul des marges, elle montre :

- l'enveloppe des SMS et du paléoséisme aujourd'hui retenue,
- l'enveloppe des spectres pour un paléoséisme correspondant à l'état de l'art actuel » et du SMS, dans les deux cas en prenant en compte la distance exacte ;
- l'enveloppe précédente à laquelle on a appliqué une correction « rocher très rigide ».

Cette figure n'a pour objet que d'illustrer que la réglementation et son application, notamment à Cadarache, peut présenter des conservatismes qui vont bien au delà de la majoration SMHV-SMS ou bien la translation des séismes. Ces conservatismes ne portent toutefois pas sur l'ensemble des INB. En effet, une INB située à proximité de la porte d'entrée, construite sur des sédiments mio-quadernaires et présentant une conception « rigide » (premiers modes de vibration plutôt à hautes fréquences) ne disposerait pas de ces marges, compte tenu, respectivement :

- d'une distance réelle à la faille de le Moyenne Durance correspondant à celle du SMS réglementaire actuel,
- de caractéristiques géologiques locales ne permettant pas d'appliquer une correction « rocher très rigide »,
- de fréquence de résonance dans une bande de fréquence qui n'est pas impactée par la « surévaluation » de la magnitude du paléoséisme de 2001.

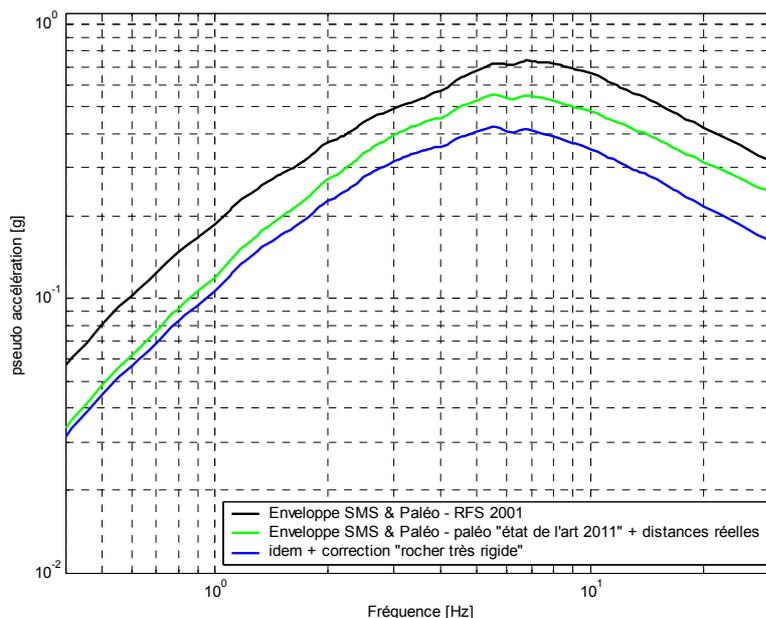


Figure 6 : Illustration du cumul possible des marges évoquées plus haut. Enveloppe SMS + Paléoséisme - spectres de réponse avec condition de site « rocher » à 5% d'amortissement.

#### 3.1.1.4 Caractéristiques du séisme

##### Spectre de référence actuel

Le niveau d'aléa sismique à retenir aujourd'hui pour l'installation MASURCA est l'enveloppe des niveaux SMS et paléoséisme, définis selon la RFS 2001-01 et dont les caractéristiques ont été rappelées plus haut (SMS correspondant à un séisme de magnitude 5,8 à une distance focale de 7,1 km + paléoséisme de magnitude 7 à une distance focale de 18,5 km). Ces valeurs ont reçu l'approbation de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Les spectres correspondant ont donc été pris en compte lors de la mise à jour des études de tenue aux séismes de l'installation dans le cadre de son réexamen de sûreté initié en 2000 et lors du Groupe Permanent de 2006.

##### Spectre de référence lors de la construction de l'INB

Lors de l'étude initiale de l'INB en 1964, le dimensionnement de l'installation a été réalisé en suivant les règles « PS 62 ». Le BSM a été dimensionné en considérant une intensité de VII selon l'échelle d'intensité macrosismique de Mercalli. Les règles de dimensionnement et les pratiques ayant considérablement évolué depuis le début des années 1960, vouloir comparer ces niveaux sismiques en termes de spectres de réponses ne serait pas pertinent. On pourra toutefois comparer les niveaux d'intensité retenus à ceux correspondants au référentiel actuel : intensité VIII-IX pour le SMS et intensité IX pour le paléoséisme sur l'échelle d'intensité macrosismique MSK (les différences entre les échelles Mercalli et MSK sont négligeables ici). On constate donc que les niveaux considérés à la construction de l'installation sont en deçà du référentiel actuel.

### 3.1.2 Dispositions de protection du dimensionnement

#### 3.1.2.1 Identification des systèmes essentiels

Les systèmes essentiels ont été identifiés au paragraphe 2.2.

Ces systèmes sont nécessaires pour atteindre un état de repli sûr et doivent rester intègres après le séisme.

#### 3.1.2.2 Dispositions de conception associées

Le génie civil du BSM, et les columbariums du MG1 ont été dimensionnés au spectre de référence applicable en 1964, lors de la construction de l'installation.

#### 3.1.2.3 Dispositions d'exploitation actuelles

Les dispositions d'exploitation mises en œuvre afin de limiter les conséquences d'un séisme sont décrites dans une procédure spécifique décrivant les actions à mener après séisme. La disposition principale mise en œuvre est la coupure des alimentations en électricité, eau, gazole, argon-CO<sub>2</sub> afin d'éviter les risques d'effet indirect suite à un séisme.

#### 3.1.2.4 Prise en compte des effets indirects du séisme

Les effets indirects du séisme ont été identifiés et pris en compte dans le cadre de la présente analyse, mais ne sont pas de nature à générer un effet falaise supplémentaire ou à aggraver notablement les effets falaise ci-dessus :

- perte de toutes les alimentations électriques (cf. chapitre 6),
- détérioration des réseaux électriques, susceptible de produire un court-circuit et de générer par voie de conséquence un départ de feu (cf. chapitre 3.2.1.4),
- rupture de canalisations d'eau internes au BSM, susceptible de s'écouler au niveau des matières fissiles (cf. chapitre 3.2.1.4).

### 3.1.3 Conformité de l'installation

#### 3.1.3.1 Organisation générale de l'exploitant pour garantir la conformité

L'organisation mise en place et appliquée par l'exploitant pour garantir la conformité de l'installation vis-à-vis du risque sismique repose sur 3 axes :

- les différents contrôles effectués lors des travaux de construction de l'installation,
- l'examen de conformité mené tous les 10 ans dans le cadre des réexamens de sûreté,
- le suivi des modifications.

#### 1. Contrôles lors de la réalisation

Lors de la construction de l'installation, différents contrôles ont été réalisés afin de garantir la conformité des travaux : mesure de résistance à l'écrasement et à la traction du béton armé, ....

#### 2. Examen de conformité

##### Conformité par rapport aux plans, caractéristiques du sol et des matériaux

De par le cadre réglementaire français, un examen de conformité est réalisé lors de chaque réexamen de sûreté mené tous les dix ans. Le dernier examen de conformité a consisté à réaliser les actions suivantes :

- caractérisation du sol par sondages de terrain à proximité des bâtiments : essais de dilatométrie, essais de pressiométrie, essais cross-hole,
- reconnaissances spécifiques des fondations du BSM,

- examen des constructions (géométrie, distribution des masses, modifications éventuelles), de l'état des parements en béton et métalliques (vieillessement, désordres éventuels), des joints de construction (incidence sur les risques d'interaction des bâtiments),
- expertise des structures en béton et des structures métalliques (vérification par sondage, de l'homogénéité des bétons, des caractéristiques mécaniques des matériaux, de la conformité des ancrages),
- expertise des ferrailages consistant en l'étude sur plans des ferrailages et la vérification par sondage de la conformité de réalisation (détection magnétique, gammagraphie, sondages destructifs).

**Cet examen montre d'une manière générale une bonne conformité du BSM et des systèmes essentiels (cf. § 2.2)** vis-à-vis des plans, des caractéristiques du sol et des matériaux pris en compte lors de la conception initiale. Les seuls éléments non conformes par rapport aux plans d'exécution relevés au cours de ces investigations ont été notés lors de l'examen des ferrailages. L'incidence de ces non conformités a été examinée lors de l'évaluation du comportement sismique des structures du BSM (cf. ci-dessous).

*Ecart de comportement par rapport à l'exigence de tenue sismique actuelle*

Compte tenu de la configuration de l'installation au 30 juin 2011, seule la tenue sismique du BSM est à prendre en considération dans le cadre de la présente étude.

Un diagnostic sismique a été réalisé dans le cadre du dernier réexamen de sûreté. Ce diagnostic a été effectué selon la RFS 2001-01, dont les exigences dépassent largement l'aléa sismique retenu lors du dimensionnement initial de l'installation.

**Ce diagnostic a montré que le dimensionnement actuel ne permet pas de répondre aux exigences de tenue, selon la RFS 2001-01, au SMS actuellement considéré pour le site de Cadarache.**

Des solutions de renforcement du bâtiment ont été étudiées et envisagées dans un premier temps, mais il a été jugé plus opportun de construire un nouveau BSM, dûment dimensionné au séisme suivant les règles actuelles (RFS 2001-01), et qui sera construit au voisinage du BSM actuel. La définition et la réalisation de ce nouveau bâtiment font partie du projet de rénovation de l'installation MASURCA. La mise en service de ce bâtiment est prévue fin 2017 à la date de rédaction de ce rapport.

### 3. Suivi des modifications

La garantie du maintien de la conformité suite aux éventuelles modifications apportées à l'installation repose sur l'analyse préalable des conséquences des modifications envisagées. Chacune des modifications envisagées est analysée au travers de fiches (Fiche de Modification ou Fiche d'Evènement et d'Amélioration) afin de garantir la conformité de l'installation après travaux.

#### 3.1.3.2 Ecart connu et programme de remises en conformité

Compte tenu du comportement non satisfaisant du BSM pour les séismes importants (SMS et Paléoséismes) selon la RFS 2001-01, il est prévu de construire un nouveau BSM.

## 3.2 Evaluation des marges

L'objet de ce paragraphe est de déterminer le niveau de séisme au-delà duquel le maintien des fonctions fondamentales de sûreté n'est plus assuré pour le BSM.

Ces fonctions décrites précédemment sont rappelées :

- maîtrise du confinement,
- maîtrise de la sous-criticité.

Ces fonctions concernent essentiellement les matières fissiles du magasin n°1 (MG1).

La maîtrise de ces fonctions repose sur les éléments essentiels (cf. § 3.1.2.1), dont le génie civil du BSM et les columbariums d'entreposage des éléments fissiles décrits ci-dessous.

### **3.2.1 Indication du niveau de séisme au-delà duquel la perte des fonctions fondamentales de sûreté ou l'endommagement du combustible conduit à l'enclenchement d'actions relevant de situations accidentelles**

#### 3.2.1.1 Description des structures du BSM et du MG1

##### **Structures du BSM**

Le bâtiment de stockage et de manutention (BSM) est un ouvrage en béton armé et en maçonnerie. Il est de forme globalement parallélépipédique et a les dimensions suivantes :

- dimension est-ouest : 30 m environ,
- dimension nord-sud : 26 m environ,
- hauteur : 11 m environ.

Il comporte deux niveaux principaux complets, un niveau intermédiaire partiel et une toiture terrasse :

- le niveau inférieur à -5,90 m constitué d'un dallage sur terre-plein,
- le niveau intermédiaire partiel à -3,00 m constitué d'un plancher en béton armé. Ce plancher est situé dans la zone nord du BSM,
- le niveau supérieur à +0,00 m constitué d'un plancher en béton armé,
- la toiture terrasse de niveau variable dont le point bas est à +4,90 m.

Les murs extérieurs et intérieurs du bâtiment sont constitués de voiles minces en béton armé ou de panneaux en maçonnerie.

Les murs en maçonnerie sont constitués de blocs pleins de béton de granulats courants. La maçonnerie est armée horizontalement dans les joints. Les panneaux de maçonnerie comportent des chaînages à leurs extrémités.

Sur les façades est, nord et sud, les murs du niveau supérieur comportent de nombreuses ouvertures.

Les murs sont en général fondés sur des semelles filantes reposant sur le rocher. Les murs fondés ne reposant pas sur des semelles filantes comportent à leur base des longrines filantes jouant le rôle de raidisseurs. Deux murs du niveau supérieur ne sont cependant pas fondés et sont supportés par des poutres du niveau 0,00 m.

Le dallage du niveau inférieur à -5,90 m est structurellement déconnecté des poteaux et des voiles environnants par un joint de 10 mm de largeur (rempli par un matériau bitumineux qui assure l'étanchéité).

Le portage des planchers et de la toiture est assuré par les murs précités et un réseau de poteaux qui quadrillent l'ensemble de la surface du bâtiment selon une trame relativement régulière. Ces poteaux se répartissent sur les deux niveaux du bâtiment en se prolongeant pour la plupart du niveau inférieur vers le niveau supérieur.

Les dalles des planchers sont en béton armé. Il s'agit en général de dalles élégies. La dalle du niveau 0,00 m est portée par un réseau de poutres.

La toiture-terrasse du bâtiment comporte deux pentes parallèles à la direction nord-sud de part et d'autre d'une ligne de faitage située au niveau +5,20 m environ. Le point bas de la toiture se situe au niveau +4,90 m environ. Un édicule débouche en toiture au droit du monte-charge et culmine au niveau +6,70 m environ. Par la suite et afin de simplifier la description du bâtiment, la toiture est considérée au niveau +4,90 m. La structure de la terrasse est constituée d'un quadrillage de poutres en béton armé. Dans la direction nord-sud, des poutrelles préfabriquées sont disposées entre les poutres principales. Ces poutrelles supportent des hourdis creux recouverts par une épaisseur de béton coulé en place et un revêtement d'étanchéité.

### **Magasin n°1**

Le local d'entreposage des matières fissiles est implanté au niveau -5,90 m du BSM. Il comporte quatre murs partiels intermédiaires le cloisonnant en cinq cellules qui sont numérotées C1, C2, C3, C4 et C5.

#### **3.2.1.2 Description des columbariums du magasin n°1**

Les columbariums d'entreposage de matières fissiles sont situés dans les cellules C3, C4 et C5. Ils sont constitués d'empilements de blocs de béton comportant des alvéoles dans lesquelles sont entreposés les éléments fissiles. Les alvéoles sont disposées horizontalement dans les cellules C3 et C4, et verticalement dans la cellule C5.

La cellule C3 comporte deux columbariums similaires de par leurs conceptions :

- le premier comporte 48 blocs de béton. Il est constitué de deux empilements de 24 blocs (6 colonnes de 4 blocs) séparés par un espace dans lequel sont disposées des palées de stabilité métalliques de maintien latéral des empilements,
- le second comporte 20 blocs de béton. Il est constitué d'une seule rangée de 5 colonnes de 4 blocs. Des palées de stabilité métalliques sont disposées perpendiculairement à une des faces longitudinales de l'empilement afin d'assurer son maintien latéral.

Les palées de stabilité métalliques de maintien latéral des empilements sont constituées de profils creux soudés entre eux et formant des poutres à treillis verticales. Ces palées sont liées aux blocs de béton.

Des poutres métalliques périphériques horizontales et verticales en cornière encadrent les empilements. Sur le dessus et les faces latérales des empilements, les cornières sont reliées entre elles par des diagonales métalliques en plats et ces ensembles ainsi constitués forment trois poutres à treillis de contreventement, l'une horizontale située sur le dessus de l'empilement, les deux autres verticales situées sur les faces latérales de l'empilement. Une tôle métallique recouvre ces poutres à treillis. Des poutres métalliques verticales de section en T sont disposées entre les colonnes des empilements sur la face opposée à celle où sont disposées les palées de stabilité de maintien latéral et permettent de guider les blocs. Ces poutres verticales sont liées à la base et en tête aux cornières d'encadrement des empilements.

En partie basse des columbariums, la structure d'encadrement en cornière est boulonnée sur des profilés creux soudés sur un châssis constitué de profilés de sections en H ou U, et qui est fixé au sol par des crapauds.

La cellule C4 ne comporte qu'un columbarium constitué de deux empilements de 24 blocs de béton mis dos à dos et séparés par un espace permettant la ventilation. L'ensemble est recouvert de tôles d'acier et enserré dans une charpente métallique réalisée en profils creux. Les dimensions extérieures du columbarium sont de 900 mm de large (3x300 mm), 2700 mm de longueur et 1890 mm de hauteur.

Dans la cellule C5 sont disposés trois ensembles de columbariums verticaux de dimensions différentes :

- 550 mm de large, 1060 mm de haut et 2800 mm de long pour les deux ensembles dits de types 1A et 1B,
- 960 mm de large, 1060 mm de haut et 2800 mm pour l'ensemble dit type 2.

Ces columbariums sont constitués d'un seul bloc en béton comportant des alvéoles d'entreposage et enserré dans une charpente métallique réalisée en profils creux.

### 3.2.1.3 Avis sur le comportement au séisme du Bâtiment de Stockage et de Manutention (BSM) et des équipements du MG1

Cet avis s'appuie :

- sur les études réalisées lors du réexamen de sûreté de MASURCA qui ont été effectuées en considérant les mouvements sismiques du site évalués selon la RFS n° 2001-01,
- la visite approfondie (walk-down) du bâtiment.

#### Mouvements sismiques considérés pour l'analyse du comportement du BSM dans le cadre de l'évaluation complémentaire de sûreté

Le réexamen de sûreté de MASURCA a été effectué en considérant les mouvements sismiques évalués sur la base des distances focales calculées à la porte d'entrée du centre, c'est-à-dire en prenant en compte les spectres enveloppes du site de Cadarache. Il ressort de l'analyse présentée au paragraphe 3.1.1.3 que la distance réelle de l'INB à la faille de la Moyenne Durance est plus importante, de 10,3 km au lieu de 7,1 km, pour le séisme proche de référence (Manosque - 1708). Dans le cadre de l'évaluation complémentaire de sûreté, l'analyse du comportement sismique du BSM est donc effectuée en considérant les SMHV et SMS proches évalués au droit de l'installation MASURCA. Les spectres de réponse de ces séismes sont évalués conformément à la RFS n° 2001-01 sur la base d'une distance focale de 10,3 km.

Pour ce qui concerne le paléoséisme et comme précisé au paragraphe 3.1.1.3, l'état des connaissances actuelles ne permet pas d'évaluer les caractéristiques de ce séisme au droit de l'installation.

L'évaluation des marges présentée ci-après a par conséquent été effectuée en considérant les mouvements sismiques suivants :

- SMHV installation : M = 5,3 et D = 10,3 km,
- SMS installation : M = 5,8 et D = 10,3 km,
- Paléoséisme : M = 7 et D = 18,5 km (référentiel actuel du site de Cadarache).

Les spectres de réponse représentatifs des SMHV et SMS proches évalués au droit de l'installation MASURCA sont représentés sur la **Figure 7** pour la valeur d'amortissement de 7% considérée lors des études de comportement sismique des structures de génie civil du BSM.

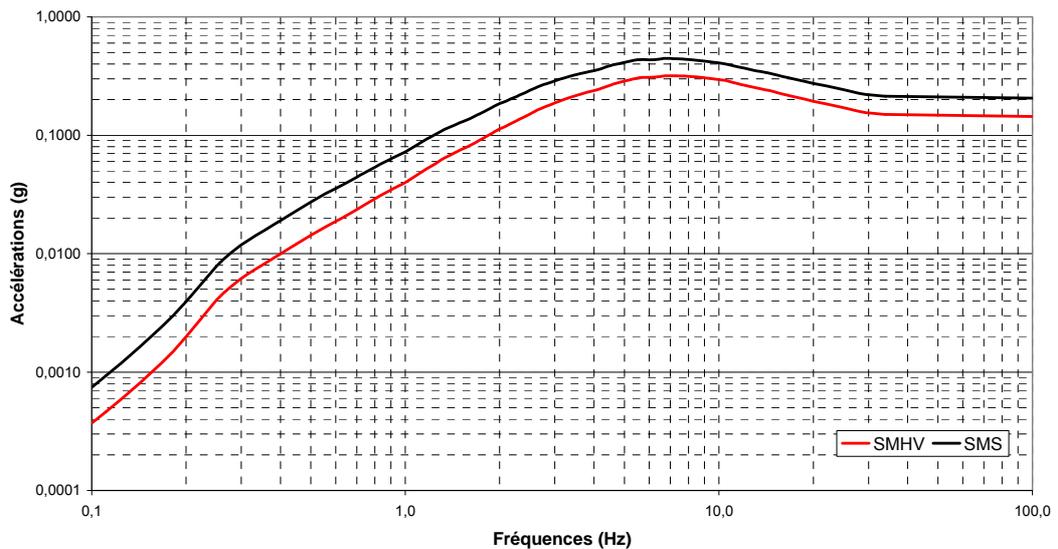


Figure 7 : spectres de réponse représentatifs des SMHV et SMS proches évalués au droit de l'installation MASURCA pour la valeur d'amortissement de 7%

La comparaison entre les spectres de site et ceux de l'installation représentatifs du séisme proche (SMHV et SMS) montre que, dans la gamme des fréquences d'intérêt des structures du BSM, le rapport entre les accélérations des spectres du site et celles des spectres de l'installation est inférieur ou égal à 1,46.

La comparaison entre les spectres du paléoséisme du site et du SMS de l'installation est présentée sur la **Figure 8** pour la valeur d'amortissement de 7%. Le spectre du paléoséisme enveloppe le spectre du SMS de l'installation et l'évaluation des marges est par conséquent faite pour le paléoséisme et le SMS de l'installation.

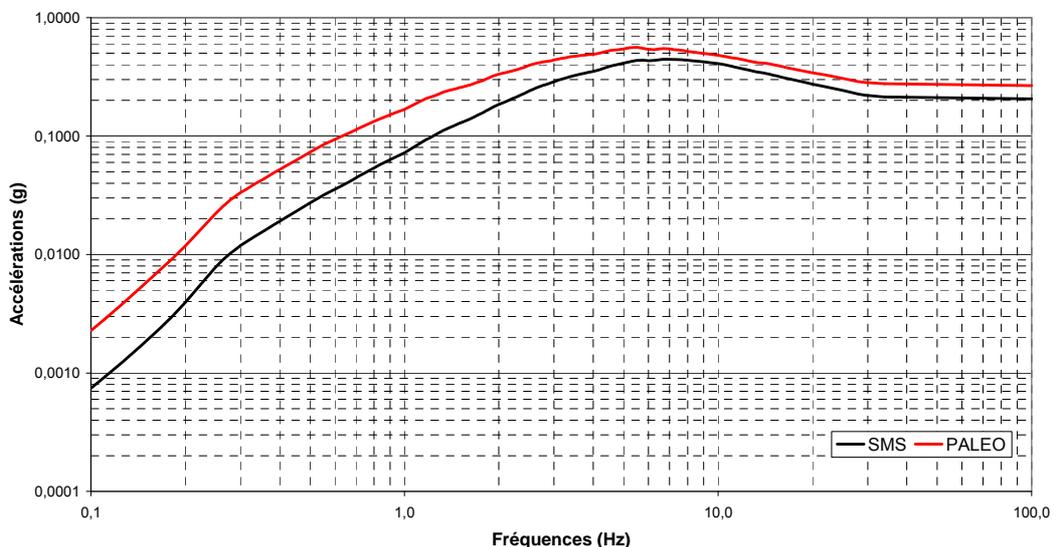


Figure 8 : comparaison entre les spectres du paléoséisme du site et du SMS de l'installation, pour la valeur d'amortissement de 7%.

Par ailleurs, dans la gamme des fréquences d'intérêt des structures du BSM, le rapport entre les accélérations du spectre SMS du site et celles du spectre du paléoséisme du site est inférieur ou égal à 1,25.

Comportement sismique de la dalle au sol du niveau -5,90 m

La dalle au sol (ou dallage) du niveau inférieur à -5,90 m est désolidarisée du reste de la structure du bâtiment. Il en résulte que cette dalle et les différents équipements qu'elle supporte seront insensibles aux amplifications dynamiques propres aux structures de génie civil du bâtiment en situation sismique. Les équipements supportés à ce niveau seront donc directement soumis aux mouvements du sol. Ce mode d'excitation des équipements est favorable à leur tenue au séisme.

Comportement sismique des poteaux d'infrastructure

Des tronçons de poteaux courts ont été prévus à la conception sous les murs de contreventement, entre le dallage du sous-sol du bâtiment et le dessus des semelles de fondation. Certains de ces poteaux (en façade sud notamment) ne disposent pas d'armatures transversales, ce qui n'est pas favorable à leur bon comportement vis-à-vis du cisaillement sous séisme. Toutefois, et compte tenu des résultats du diagnostic antérieur et après examen des plans, ces tronçons de poteaux courts seraient en mesure de résister à un niveau de séisme au moins égal à celui du SMS de l'installation et à 0,9 fois celui du paléoséisme.

Au-delà d'un niveau de séisme voisin du SMS de l'installation ou de 0,9 fois celui du paléoséisme, des dommages localisés sur quelques poteaux sont prévisibles, plus précisément sur les tronçons courts de trois poteaux de la façade sud qui ne sont pas armés transversalement.

Comportement sismique des murs du niveau inférieur

L'analyse des résultats du diagnostic sismique réalisé selon une démarche de type élastique-linéaire montre que les voiles en béton armé et les murs en maçonnerie armée du niveau inférieur vérifient les critères de résistance pour les effets à la fois dans leur plan et hors de leur plan pour un niveau de séisme au moins égal à celui SMS de l'installation et à 0,9 fois celui du paléoséisme.

Au delà d'un niveau de séisme égal à celui du SMS ou à 0,9 fois celui du paléoséisme, quelques voiles en béton armé ne vérifient pas les critères de résistance au cisaillement dans leur plan et des désordres sont prévisibles dans le mur en maçonnerie de la façade ouest, ces derniers étant dus essentiellement à la présence sur cette façade de grandes ouvertures horizontales sous le plancher du niveau 0,00 m.

Comportement sismique des murs du niveau supérieur

Sous SMS de l'installation et paléoséisme, le diagnostic réalisé lors du réexamen de sûreté montre que les murs du niveau supérieur sont en général peu sollicités dans leur plan et que leur résistance en cisaillement est assurée, ce qui constitue un élément favorable de l'évaluation.

Par contre, la résistance vis-à-vis des sollicitations sismiques "hors plan" de certains de ces murs n'a pu être démontrée sous SMS de l'installation et paléoséisme. Des faiblesses locales existent dans ces murs et sont de nature à limiter la capacité de résistance au séisme de ce niveau. Il s'agit notamment d'ouvertures horizontales présentes sur les façades nord, sud et est du bâtiment. Ces ouvertures horizontales (séries de baies vitrées), en affaiblissant la résistance aux efforts sismiques des murs de ces façades, amplifient le risque de dommages importants (risque de perte de la stabilité locale) dans ces murs, cela à partir d'un niveau de séisme qui est estimé à 0,7 fois celui du SMS de l'installation, c'est-à-dire à partir d'un niveau de séisme correspondant au SMHV de l'installation, et à 0,6 fois celui du paléoséisme.

En conclusion, le bon comportement des murs vis-à-vis du cisaillement dans leur plan est limité par leur fragilité hors de leur plan. De ce fait, ces murs n'auront pas un comportement satisfaisant sous SMS de l'installation et paléoséisme, et ils pourront subir des dommages croissants (modérés, puis sérieux, importants voire graves dans les zones présentant des fragilités locales comme les zones de baies vitrées) pour un niveau de séisme supérieur à 0,7 fois celui du SMS de l'installation ou à 0,6 fois celui du paléoséisme.

Comportement sismique des planchers

Le plancher partiel du niveau -3,00 m, situé dans la zone nord, a été initialement conçu pour résister à des charges verticales importantes et est relativement robuste. Sa portée est limitée et il s'appuie sur des voiles en béton armé. Le bon comportement de ce plancher est prévisible pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation ou à 1,3 fois celui du paléoséisme.

Le plancher général du niveau 0,00 m est régulier, comporte une dalle en béton armé et un réseau de poutres bien adaptés à son fonctionnement en diaphragme et sous chargement vertical. Sur la base de l'examen de la documentation existante et du « walk-down » réalisé, ce plancher serait capable de résister à un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation ou à 1,3 fois celui du paléoséisme (efforts membranaires et de flexion) sans dommage important. Le bon fonctionnement prévisible de ce plancher est un élément de jugement important car ce dernier constitue un élément essentiel du système de contreventement, en répartissant les efforts horizontaux sur les diverses structures verticales sous-jacentes (voiles et poteaux), et une protection pour les niveaux intermédiaire et inférieur à -3,00 m et -5,90 m respectivement.

En fait, le bon comportement du plancher au niveau 0,00 m est limité par le risque induit par les dommages locaux (importants, voire graves) susceptibles d'affecter certains éléments structuraux de l'étage supérieur (murs et terrasse) pour un certain niveau de séisme supérieur à 0,7 fois celui du SMS de l'installation ou à 0,6 fois celui du paléoséisme. Ces dommages pourraient en effet conduire à des agressions du plancher du niveau 0,00 m résultant de chutes locales de gravats ou de morceaux d'éléments des structures supérieures qui comportent des faiblesses spécifiques :

- comme précisé précédemment, certains murs du dernier étage, en particulier certains murs des façades, présentent une fragilité vis-à-vis des effets du séisme hors de leur plan,
- les sections des poteaux du dernier étage sont de faibles dimensions,
- la toiture-terrasse comporte une dalle mince et des hourdis creux et ces éléments seront très sensibles aux effets du séisme malgré un réseau de poutres et poutrelles relativement régulier et dense.

Comportement sismique du local d'entreposage de matière fissile (MG1)

L'évaluation globale faite précédemment pour le premier étage du bâtiment vaut également pour ce local :

- la dalle au sol conservera son intégrité sous SMS et paléoséisme,
- les murs de ce local et le plancher constituant son plafond resteront stables pour un niveau au moins égal à celui du SMS de l'installation ou à 0,9 fois celui du paléoséisme.

Toutefois, et compte tenu de sa forme compacte et fermée et de sa position en plan dans le bâtiment, un meilleur comportement sismique que celui d'autres éléments structuraux est prévisible pour la structure de ce local dont la stabilité globale (non effondrement) est a priori assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation et à 1,3 fois celui du paléoséisme. Pour ce niveau de séisme, des dommages locaux de type fissuration ne peuvent néanmoins être exclus dans les murs et le plafond du local.

Les murs intermédiaires de cloisonnement des cellules sont libres en tête et sur leur extrémité sud, uniquement liés au mur de la façade nord. Cette disposition de maintien latéral n'est pas favorable en situation sismique mais, compte tenu de la position des murs par rapport au sol, les dommages qu'ils subiront resteront modérés pour un séisme de niveau compris entre 1 et 1,5 fois celui du SMS de l'installation et entre 0,9 et 1,3 fois celui du paléoséisme.

Le comportement sismique des structures de génie civil du local est cependant également lié à celui des structures situées au dessus du niveau 0,00 m. Au-delà d'un niveau de séisme supérieur à 0,7 fois celui du SMS de l'installation, c'est-à-dire le SMHV, ou à 0,6 fois celui du paléoséisme, le plafond du local est en effet susceptible d'être agressé par des gravats ou des morceaux d'éléments structuraux chutant des murs du niveau supérieur ou de la toiture pour lesquels des dommages potentiels sont prévisibles à partir de ce niveau de séisme.

#### Comportement sismique des columbariums d'entreposage de matières fissiles

Dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB, la stabilité des columbariums a été analysée sous SMS du site en utilisant des méthodes de calcul simplifiées enveloppes. Des études complémentaires utilisant des méthodes de calcul plus réalistes ont été effectuées par la suite afin de mieux appréhender le comportement sismique des columbariums des cellules C3 et C4.

Pour les columbariums de la cellule C3, les études précitées ont conclu à leur stabilité vis-à-vis du renversement, à l'intégrité du béton des blocs et au bon comportement sismique des structures métalliques. L'intégrité de ces columbariums peut être considérée comme assurée pour un niveau de séisme d'environ 3 fois celui du SMS de l'installation ou d'environ 2,5 fois celui du paléoséisme.

Pour le columbarium de la cellule C4, les études effectuées ont conclu à leur stabilité vis-à-vis du renversement, à l'intégrité du béton des blocs et au bon comportement sismique des structures métalliques. Toutefois, un faible dépassement du critère de non glissement a été constaté au niveau de la base des blocs supérieurs. L'analyse du phénomène de glissement des blocs entre eux est conservatrice du fait des simplifications géométriques considérées lors de l'établissement du modèle de calcul par rapport à la structure réelle. L'intégrité de ce columbarium peut être considérée comme assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation ou à 1,3 fois celui du paléoséisme.

Pour les columbariums de la cellule C5, les études précitées ont conclu à leur stabilité vis-à-vis du renversement et du glissement, à l'intégrité du béton des blocs et au bon comportement sismique des structures métalliques. L'analyse effectuée à l'époque du réexamen, réalisée selon une méthode simplifiée, inclut certains conservatismes qui se traduisent par une marge significative à la fois vis-à-vis de la stabilité et de la résistance. L'intégrité de ces columbariums peut ainsi être considérée comme assurée pour un niveau de séisme d'environ 3 fois celui du SMS de l'installation ou d'environ 2,5 fois celui du paléoséisme.

#### Comportement sismique du pont gerbeur

Dans le cadre d'une démarche de type « walk-down », il a été estimé que le pont gerbeur du MG1, en position garage, ne constituait pas un élément missile, sous l'effet d'un séisme de niveau au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation ou à 1,3 fois celui du paléoséisme. Le pont a notamment 2 galets par rail et ne peut pas se déboîter.

#### Comportement sismique global du BSM

**Dans l'étage supérieur** constitué par la toiture-terrasse et les murs situés entre les niveaux 0,00 et +4,90 m, les structures de génie civil sont capables de résister globalement à un niveau de séisme au moins égal à 0,7 fois celui du SMS de l'installation, c'est-à-dire à un niveau de séisme au moins égal au SMHV de l'installation, ou à 0,6 fois celui du paléoséisme.

Les désordres dans l'étage supérieur devraient augmenter graduellement pour des niveaux de séisme supérieurs à 0,7 fois le SMS de l'installation ou à 0,6 fois celui du paléoséisme, et se traduire par des chutes de gravats et d'éléments structuraux sur le plancher du niveau 0,00 m, lesquelles pourraient donc causer des dommages plus ou moins importants à ce plancher.

**Dans l'étage inférieur** constitué par les murs situés entre les niveaux -5,90 et 0,00 m et les planchers aux niveaux -3,00 et 0,00 m, les structures de génie civil sont par contre capables de résister globalement à un niveau de séisme au moins égal à celui du SMS de l'installation ou à 0,9 fois celui du paléoséisme. Pour ce qui concerne plus spécifiquement le local d'entreposage des matières fissiles (MG1), la stabilité (non effondrement) des structures de ce dernier (murs et plafond au niveau 0,00 m) peut être considérée comme assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation ou à 1,3 fois celui du paléoséisme.

Les équipements essentiels du BSM vis-à-vis du risque d'effet falaise sont les columbariums d'entreposage de matières fissiles et le pont gerbeur du MG1. Leur stabilité est assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du SMS de l'installation ou à 1,3 fois celui du paléoséisme.

### **Marge supplémentaire résultant de la nature du sol au droit de l'installation**

L'évaluation présentée ci-avant est basée sur des mouvements sismiques représentés par des spectres de réponse évalués au droit de l'installation selon la RFS n° 2001-01. Le sol situé au droit de l'installation est constitué d'un rocher très rigide pour lequel la vitesse des ondes de cisaillement est très supérieure à la vitesse minimale de 800 m/s qui définit les sols de type rocheux dans la RFS n° 2001-01. Comme précisé au paragraphe 3.1.1.3, cette différence de vitesse fait que des marges sont présentes dans les spectres déterminés selon la RFS n° 2001-01 pour le sol rencontré au droit de l'installation. Une marge de 1,5, valeur minimale préconisée au paragraphe 3.1.1.3, est retenue dans le cadre de la présente évaluation.

### **Conclusion sur le comportement sismique du BSM**

**En prenant en compte la marge liée à la nature du sol sous l'installation (rocher très rigide), la stabilité du BSM peut être considérée comme assurée pour un niveau de séisme de l'ordre de celui du SMS de l'installation.**

#### 3.2.1.4 Effets falaise potentiels

Au-delà d'un niveau de séisme de l'ordre de celui du SMS de l'installation, et en l'état actuel de l'installation, la chute d'éléments de génie civil de l'étage supérieur est susceptible de venir aggraver le plancher du niveau 0,00 m et le rendre missile à son tour vis-à-vis des éléments de l'étage inférieur.

Ceci pourrait avoir pour conséquence, de porter atteinte :

- à l'intégrité de la 1<sup>ère</sup> barrière des matières entreposées (gaine des éléments fissiles) ce qui pourrait entraîner une dissémination de matières radioactives,
- aux dispositifs de stockages (columbariums, coffrets et casiers du MG1) dont la géométrie pourrait être modifiée et induire un accident de criticité.

Les événements potentiellement aggravants induits par le séisme sont identifiés et analysés ci-après :

#### Feu induit par un séisme :

Suite à un séisme, l'apparition d'un départ de feu à l'extérieur du MG1 et se propageant jusqu'aux matières fissiles entreposées est exclu compte tenu de l'absence d'élément propageur autour du MG1 (sas s'accès au MG1, Stockage Tubes Horizontal).

La démarche pour évaluer la marge dont on dispose sur l'occurrence d'un départ de feu dans le MG1 suite à un séisme, qui serait susceptible d'endommager les éléments combustibles repose sur :

- l'estimation de la charge calorifique à proximité des éléments fissiles,
- l'identification des initiateurs potentiels.

La charge calorifique dans le magasin n°1 est faible et est constituée principalement par les câbles électriques du pont gerbeur et quelques autres installations électriques. Les coffrets en Permali ne sont pas considérés comme étant mobilisables lors d'un incendie d'origine électrique compte tenu de leur nature (classe « non inflammable »).

En cas d'effondrement de la dalle 0,00 m, les charges calorifiques présentes dans le local « ventilation », situé au dessus du MG1, sont susceptibles de se retrouver à proximité des matières fissiles du MG1. Ce local contient les armoires de contrôle-commande, les ventilateurs, les filtres et les systèmes de conditionnement de l'air pour l'ensemble du BSM. La charge calorifique dans ce local est faible.

L'initiateur potentiel principal serait un court-circuit au niveau du coffret électrique situé sur le mur Sud du MG1 et maintenu en permanence sous tension. Il est à noter que le pont gerbeur et ses lignes d'alimentation présentes dans le MG1 sont hors tension en dehors des très rares périodes d'utilisation.

Sur la base de ces éléments, l'apparition d'un feu de faible ampleur dans le MG1 induit par un séisme ne peut être totalement exclue. Néanmoins, compte tenue de la faible charge calorifique et de la faible quantité d'initiateurs potentiels à proximité des matières fissiles, l'hypothèse qu'un départ de feu aggrave notablement l'effet falaise de dissémination peut être écartée.

#### Ruptures de canalisations d'eau internes au BSM suite à un séisme :

Un évènement sismique est susceptible d'endommager les canalisations d'eau internes au BSM et induire un écoulement d'eau à l'intérieur du bâtiment.

Il en résulte un risque supplémentaire de dissémination de matières radioactives vers la nappe phréatique. Cependant, ce risque est jugé faible compte tenu qu'il n'y a pas de canalisation d'eau dans les locaux contenant des matières nucléaires.

Le BSM comprend néanmoins trois circuits d'eau hors des locaux précités :

- une alimentation en eau de ville alimentant un lave main et une douche de décontamination,
- un circuit fermé d'eau glacée pour la climatisation, situé dans le local « ventilation » au-dessus du magasin 1. Une perte de pression en aval d'une vanne d'isolement (cas d'une fuite) ferme automatiquement et mécaniquement cette vanne.
- un circuit fermé d'eau chaude pour le chauffage, également situé dans le local « ventilation » au-dessus du magasin 1.

Des dispositions particulières peuvent être mises en place pour limiter la présence d'eau au seul circuit d'eau chaude dont le volume est limité.

D'autre part, les éléments de simulation de sodium étant localisés à l'opposé des passages de ces circuits d'eau, et de plus au niveau supérieur, on peut considérer que les éléments de simulation sodium ne peuvent être atteints par les écoulements d'eau ainsi induits par un séisme. Le risque d'interaction sodium-eau peut donc être exclu.

#### Perte des alimentations électriques suite à un séisme :

La perte des alimentations électriques ne constitue pas un aggravant de l'effet falaise et ne conduit pas à un effet falaise supplémentaire (cf. chapitre 6).

#### **Evaluation des marges vis-à-vis de la criticité pour le Magasin n°1**

La chute d'éléments de génie civil en provenance du plancher supérieur pourrait provoquer un écrasement partiel des columbariums et boîtiers dont la géométrie ne serait donc plus maîtrisée ce qui pourrait conduire à une dissémination de matières radioactives et/ou à un accident de criticité.

Cependant, des études ont été menées en vue de l'identification de marges vis-à-vis du risque de criticité :

- pour ce qui concerne les columbariums horizontaux, les calculs réalisés pour les columbariums en cellule C3, à priori les plus pénalisants, montrent qu'une compaction sévère du columbarium est nécessaire pour atteindre des conditions critiques,
- concernant le columbarium vertical en cellule C5, des calculs en situation dégradée concluent à la sous-criticité,
- enfin, pour la cellule C2, à priori plus pénalisante que la cellule C1, un calcul prenant en compte une déformation notable des casiers conclut également au maintien de la sous-criticité.

Ces considérations mettent en évidence d'importantes marges de déformation de la géométrie avant d'atteindre des conditions de criticité. Cependant, une déformation locale de la géométrie des entreposages pouvant induire un accident de criticité très localisé ne peut être exclue.

En conclusion, bien que des modifications extrêmement sévères des structures d'entreposage soient nécessaires pour atteindre les conditions critiques, il n'est pas possible de garantir totalement la maîtrise de la sous-criticité dans l'état actuel du MG1, au-delà d'un niveau de séisme de l'ordre de celui du SMS de l'installation.

### 3.2.1.5 Dispositions pour renforcer la robustesse de l'installation vis-à-vis de l'effet falaise

La présente évaluation conforte la décision, prise dans le cadre du dernier réexamen de sûreté, de construire un nouveau bâtiment, répondant aux exigences de tenue sismique actuelles (RFS 2001-01), et permettant l'entreposage pérenne d'éléments fissiles et sodium de l'installation MASURCA. La construction de ce bâtiment fait partie intégrante du projet de rénovation. Sa mise en service est prévue fin 2017.

Dans l'attente de la disponibilité de ce nouveau bâtiment, les dispositions envisagées consistent à limiter la quantité d'eau pouvant être répandue sur les matières nucléaires suite à rupture(s) de canalisation(s) d'eau alimentant le BSM par :

- isolement de l'arrivée d'eau de ville alimentant une douche et un lave-mains (les équipements du bâtiment vestiaire peuvent être utilisés),
- arrêt et vidange du circuit d'eau glacée de la climatisation.

La quantité d'eau pouvant atteindre les matières nucléaires serait ainsi restreinte au volume du circuit d'eau chaude de chauffage soit 0,5 m<sup>3</sup>.

Enfin, pendant la construction et dans l'attente de la mise en service du nouveau bâtiment d'entreposage de MASURCA, il est décidé le transfert et l'entreposage temporaire des matières fissiles dans une autre installation (MAGENTA).

### **3.2.2 Indication sur le niveau de séisme auquel l'installation peut résister sans perdre l'intégrité du confinement**

Sur la base de l'avis développé au paragraphe 3.2.1.3, l'intégrité du confinement est assurée jusqu'à un niveau de séisme de l'ordre de celui du SMS de l'installation. Au delà de ce niveau de séisme, le génie civil du BSM, constituant une des barrières de confinement statique, est susceptible de subir des dégradations notables (fissures, détachements de blocs béton jusqu'à l'effondrement complet des structures de génie civil).

Les dégradations du génie civil du niveau supérieur du BSM sont susceptibles de venir agresser la dalle située au dessus du MG1, et la rendre missile vis-à-vis des structures d'entreposage des matières fissiles de l'étage inférieur.

## 4. INONDATION

Le Centre de Cadarache est majoritairement implanté sur le bassin versant du ravin de la bête, ruisseau pérenne alimenté par des sources dans sa partie aval et dont la surface est de 2400 ha. Il s'agit donc d'un bassin versant de petite taille dont l'exutoire est la Durance.

Le réseau hydrologique est majoritairement constitué de talwegs naturels, les infrastructures pluviales étant essentiellement limitées dans le périmètre immédiat des installations et autour des voiries.

### 4.1 Dimensionnement de l'installation

#### 4.1.1 Inondation de dimensionnement

Les situations retenues pour la présente analyse vis-à-vis du risque inondation sont :

- débordement du ravin de la bête,
- crue du bassin versant amont,
- eaux pluviales de l'INB,
- dégradation d'ouvrages hydrauliques,
- remontées de nappe sous installation.

Chaque situation est détaillée ci-après.

##### 4.1.1.1 Débordement du ravin de la bête

Sur la base de considérations topographiques, le risque d'inondation de l'installation MASURCA par débordement du ravin de la Bête peut être exclu. En effet, la cote topographique basse de l'installation MASURCA est de **317,84 m NGF** alors que le Ravin de la Bête est à la cote **297 m NGF** au droit du site.

##### 4.1.1.2 Crue du bassin versant amont et gestion des eaux pluviales de l'INB

#### Pluie de référence

L'occurrence retenue pour l'ensemble des études est la pluie centennale.

Les historiques de pluies disponibles sur le site de Cadarache ne sont pas assez anciennes pour être exploitées de manière statistiques afin d'extrapoler des valeurs d'intensité à l'occurrence désirée. Une étude climatologique a alors été confiée à Météo France en 2005.

Elle donne les résultats de l'exploitation statistique des mesures pluviométriques relevées en diverses stations pour la caractérisation de la pluie centennale. Des écarts notables entre stations trouvent leur origine dans les effets géomorphologiques de site. Il a donc été décidé de prendre en compte un modèle générique de quantification d'intensité de pluie. En application des prescriptions de l'Instruction technique ministérielle 77, il est préconisé d'utiliser un modèle donnant l'intensité de la pluie en fonction de la durée de l'évènement pluvieux. Il s'agit du modèle de **Montana pour la Région III** (quart sud est de la France) qui a été retenu comme pluie de référence du site de CADARACHE et qui traduit le fait que plus la durée de l'évènement pluvieux est brève plus l'intensité de la pluie est intense (cf. Figure 9).

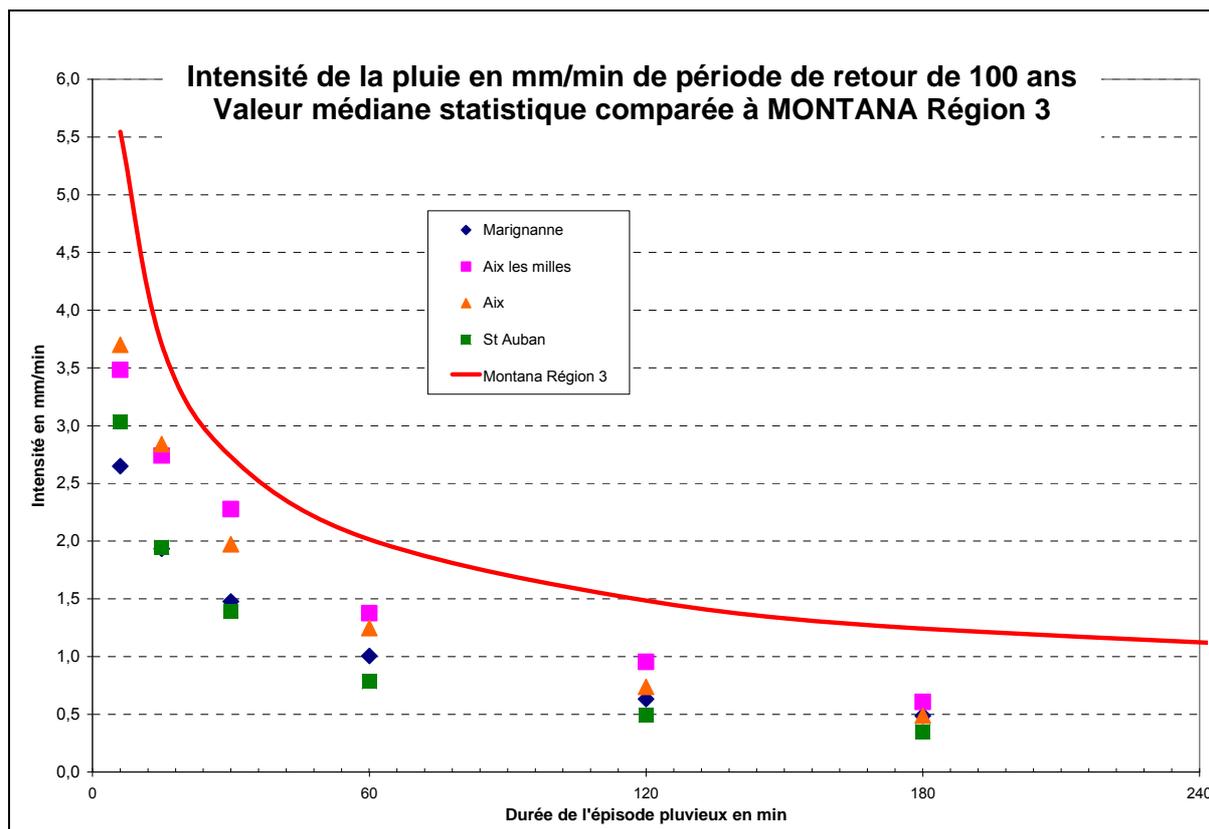


Figure 9 : Comparaison de la pluie centennale de Montana par rapport à la pluviométrie réelle issue des données Météo France

La pluie centennale de Montana Région III apparaît donc comme étant majorante par rapport à la pluviométrie réelle au niveau des stations Météo France les plus proches du centre de Cadarache. La station de St Auban serait, selon Météo France, la plus représentative de celle du site de Cadarache.

#### **Quantification des débits de ruissellement**

Les modèles retenus pour la transformation de la pluie en débit sont la méthode rationnelle et la formule de Caquot quand les conditions d'utilisation le permettent. Ces modèles permettent de calculer un débit de ruissellement à partir d'une intensité de pluie donnée en y tenant compte des caractéristiques du bassin versant telles que sa morphologie et son taux d'urbanisation.

#### **Dimensionnement du réseau d'évacuation externe aux bâtiments**

Le modèle de dimensionnement des réseaux d'évacuation est le modèle d'écoulement qui prend en compte la rugosité des canalisations, appelé modèle de Strickler et classiquement utilisée en hydraulique à surface libre. Adaptable à toute morphologie d'ouvrage, il permet d'évaluer une capacité d'évacuation en y associant un taux de remplissage. Ce modèle associe à la nature de l'ouvrage un coefficient (de Strickler) dont la valeur dépend de la rugosité du matériau de l'ouvrage et de son niveau de maintenance.

#### 4.1.1.3 Dégradation d'ouvrages hydrauliques

Les calculs ont été effectués en prenant les conditions les plus défavorables qui correspondent à une onde de submersion se propageant sur lit sec. L'onde de submersion résulterait de l'effacement total mais progressif du barrage du fait de l'apparition d'un renard hydraulique.

Les modifications récentes intervenues dans le lit de la Durance telles que la construction de l'autoroute A51 et l'aménagement du bassin d'écluse ont été prises en compte.

Il s'avère que l'onde de submersion la plus pessimiste en termes de surélévation du plan d'eau correspond à la rupture du barrage de Serre-Ponçon. Cette onde atteindrait Cadarache en 5h40min après la rupture du barrage ; elle se traduirait par un pic de débit de l'ordre de 60 000 m<sup>3</sup>/s avec une largeur à mi-hauteur de quelques heures. A noter qu'une crue centennale simultanée représenterait un débit supplémentaire de 5 000 m<sup>3</sup>/s ce qui ne modifierait pas sensiblement la cote maximale atteinte par l'onde de submersion.

La cote maximale atteinte serait de 265 m NGF.

On peut noter qu'aucune installation nucléaire ne serait concernée et l'accès au Centre resterait possible par les portes annexes.

#### 4.1.1.4 Remontées de nappe sous installation

Certaines installations nucléaires de base du Centre de Cadarache, dont MASURCA, sont construites sur des formations calcaires. Ces formations, modérément karstifiées, sont sujettes à des remontées de nappe parfois brutales, qui pourraient engendrer des désordres, soit de nature mécanique (pression exercée sur le génie civil) soit par venues d'eau à l'intérieur des installations. La méthodologie suivie pour évaluer l'aléa hydrogéologique sur Cadarache est une approche statistique. Elle a été initiée par le CEA en collaboration avec l'Université de Montpellier II en 1995. Depuis et jusqu'à aujourd'hui, cette méthodologie a fait l'objet de développements complémentaires et d'optimisation dans ce même cadre. Elle consiste à compléter les connaissances historiques en termes de suivi des événements exceptionnels souterrains en reconstituant une chronique piézométrique simulée sur une cinquantaine d'années (à partir des mesures de pluviométrie sur le site de Cadarache, connues depuis 1960). C'est sur cette chronique simulée que sont ensuite appliquées les méthodes statistiques « standards » de l'hydrologie afin d'être en mesure d'évaluer les cotes atteintes en fonction de périodes de retour données.

Les étapes à suivre pour appliquer cette approche sont les suivantes :

- mesure du niveau piézométrique en continu sur plusieurs cycles hydrogéologiques en plusieurs piézomètres (par le biais de capteurs de pression autonomes, permettant d'enregistrer à pas de temps courts l'évolution du niveau de la nappe),
- choix d'un piézomètre de référence (choisi pour sa représentativité, sa réactivité aux pluies, éventuellement son caractère « enveloppe » des niveaux mesurés les plus hauts),
- calage d'un modèle de reconstitution des chroniques piézométriques sur la durée des mesures piézométriques, utilisant comme données d'entrée la pluviométrie et la température au pas de temps journalier,
- simulation d'une chronique piézométrique « longue » à partir des données météorologiques du centre de Cadarache (depuis le 27 juin 1960),
- application de différentes méthodes statistiques (six combinaisons au total) sur ces chroniques simulées afin de dégager des niveaux extrêmes avec leurs intervalles de confiance,

- analyse
  - des résultats statistiques en fonction de leurs qualités (selon la chronique utilisée, la méthode produisant le meilleur résultat peut différer),
  - des éléments de contexte hydrogéologique permettant d'évaluer le caractère enveloppe (ou non) des hypothèses retenues pour la modélisation.

C'est cette approche qui a été retenue dans le cadre du futur « guide ASN inondation ». D'un point de vue quantitatif, le guide prescrit de retenir la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% de la crue centennale. Cela correspond à la valeur estimée médiane, majorée de deux écart-types.

Cette approche a été appliquée en 2008, sur demande de l'ASN, à l'ensemble des INB pérennes de Cadarache, fondées sur les formations calcaires, dont le CEA est l'exploitant. Les installations RJH et MASURCA ont à ce titre fait l'objet d'une évaluation (ou une ré-évaluation pour RJH) de l'aléa hydrogéologique. Une crue hydrogéologique majeure est ensuite survenue en décembre 2008 (crue quasiment centennale sur la plupart des installations) et a permis de tester à posteriori la robustesse des premières estimations. Finalement, pour MASURCA, une valorisation des derniers cycles hydrogéologiques a permis une actualisation toute récente (2011) de l'estimation de cet aléa.

Sur MASURCA, les bâtiments sont situés en hauteur sur le flanc Sud-Ouest du ravin de la Bête. Deux piézomètres ont été installés à proximité immédiate des bâtiments. L'un d'eux produit des mesures en continu du niveau piézométrique exploitables depuis 2005. MASURCA bénéficie en outre des nombreuses études hydrogéologiques et du suivi piézométrique en de nombreux piézomètres réalisés dans le cadre du programme RJH situé à proximité immédiate.

La première estimation de l'aléa hydrogéologique réalisée pour MASURCA mi-2008 n'était pas suffisamment fiable car les cycles hydrogéologiques exploitables (de mi-2005 à mi-2008) étaient particulièrement déficitaires et les crues enregistrées étaient de trop faible ampleur pour autoriser une analyse pertinente. A l'inverse, les cycles hydrogéologiques suivants ont été très excédentaires et l'estimation réalisée en 2011 bénéficie de remontées de nappes particulièrement représentatives.

**Une évaluation enveloppe de l'aléa a conduit à retenir la cote référence de 317 m NGF (arrondis par excès de l'estimation centennale + deux écarts types) pour MASURCA.**

Les estimations pour différentes périodes de retour au sens de l'estimation médiane (sans majoration de l'écart type) sont indiquées ci-après :

- 100 ans : 311.5 m,
- 500 ans : 314.6 m,
- 1 000 ans : 315.8 m,
- 5 000 ans : 318.3 m,
- 10 000 ans : 319.2 m,
- 50 000 ans : 321.1 m.

On constate que la cote de référence 317 m NGF correspond globalement à une crue de période de retour de 2000 ans.

#### 4.1.2 Dispositions de protection du dimensionnement

##### 4.1.2.1 Identification des Structures, Systèmes et Composants (SSC) essentiels qui doivent rester disponibles après l'inondation pour assurer un état sûr

La présente analyse montre que l'évacuation de l'eau se fait gravitairement vers le ravin de la bête et la cote maximale que l'exploitant ne souhaite pas dépasser, qui correspond au début de l'ennoisement des matières fissiles, ne peut être atteinte. De plus même en cas d'ennoisement des matières fissiles, la sûreté de l'installation n'est pas remise en cause.

Aucune structure n'est donc requise après inondation afin d'assurer un état sûr.

#### 4.1.2.2 Principales dispositions de conception

Pour prévenir le risque d'infiltration d'eau dans l'installation, des dispositions ont été mises en œuvre.

- étanchéité des bâtiments réalisée à la construction,
- réseau d'évacuation externe aux bâtiments.

Des grilles, caniveaux et un réseau de canalisations permettent de récupérer les eaux de pluie (ruissellement sur les surfaces imperméabilisées) et de drainage (infiltration dans les surfaces perméables) et de les évacuer vers le réseau d'eaux pluviales du Centre.

L'efficacité des circuits pour l'évacuation des eaux collectées par caniveau est assurée soit par l'entretien automnal/hivernal de ces caniveaux effectué par les services spécialisés du Centre, soit à la demande de l'exploitant suite notamment à des constats lors de rondes.

#### 4.1.2.3 Principales dispositions d'exploitation pour alerter de l'imminence de l'inondation, puis pour limiter les conséquences de l'inondation

Afin de détecter une remontée de la nappe phréatique ou une infiltration d'eau dans l'installation, et de limiter les conséquences, les dispositions suivantes sont mises en place :

- un système de pompage permet d'évacuer au réseau d'eaux pluviales, l'eau accumulée dans les 4 puisards répartis dans la galerie GA1. Chacun d'eux est équipée d'une pompe de relevage démarrant automatiquement par flotteur. Le bon fonctionnement de ces pompes fait l'objet de contrôles périodiques. Un détecteur d'inondation au niveau du puisard le plus haut est relié au réseau de téléalarme du Centre. Sur déclenchement de l'alarme, la FLS intervient pour évacuer les eaux montantes à l'aide de pompes mobiles
- afin de protéger le magasin des matières fissiles, cinq détecteurs de présence d'eau sont implantés dans le magasin lui-même, un dans chacune des cellules. Ces informations sont traitées par le réseau de téléalarme et transmises au PC sécurité du Centre.

#### 4.1.3 **Conformité de l'installation**

La conformité de l'installation repose sur la réalisation périodique des actions suivantes :

- contrôle et curage éventuel, en fonction de son état, du réseau d'eau pluviale et des grilles ou chambres de visite associées,
- contrôle et nettoyage éventuel, en fonction de son état, du réseau de collecte des eaux de ruissellement par caniveaux et des désableurs associés.

D'autre part, dans le cadre du réexamen de sûreté de l'installation, une réévaluation de l'analyse du risque d'inondation externe, basée sur un relevé in situ du réseau d'eau pluviale et des caniveaux drainants, est en cours. Les éventuels travaux et aménagements nécessaires pour garantir la collecte et l'évacuation des eaux de pluie correspondant à la pluie de dimensionnement (centennale de Montana Région III) seront effectués pour garantir la conformité de l'installation vis-à-vis du risque d'inondation externe.

## 4.2 Evaluation des marges

### 4.2.1 Cotes de référence du BSM

La cote topographique la plus basse de l'installation MASURCA est de 317,84 m NGF. Elle concerne le fond de fouille (puisard interne) de la zone accueillant la cuve des effluents suspects. L'envoiement de cette zone n'aurait aucun impact (le bilan radiologique est nul ; ces effluents ont une activité inférieure au seuil des effluents actifs). Aucune fonction de sûreté de type maîtrise de la criticité ou de refroidissement n'est attachée à cette zone.

Le niveau du BSM, appelé « sous-sol » (bien que de plain-pied au Nord), qui est le niveau bas du bâtiment, est à 321,3 m NGF.

Le niveau à prendre en considération pour l'évaluation des marges est le niveau le plus bas d'entreposage des matières nucléaires, qui se situe 30 cm au-dessus du niveau de la dalle du sous-sol, soit **321,6 m NGF**. On évite ainsi l'envoiement de matières nucléaires même s'il n'en résulterait aucun effet falaise, la conception de l'entreposage assurant la sous-criticité à l'optimum de modération (donc y compris en présence d'eau).

### 4.2.2 Débordement du ravin de la Bête

Le ravin de la bête est à la cote de 297 m NGF au droit du site, on dispose donc d'une marge de près de **25 m** par rapport au risque de débordement du ravin de la bête.

### 4.2.3 Collecte et évacuation des eaux de pluie et de ruissellement

Dans le cas de pluies supérieures à la pluie de dimensionnement, les caniveaux de collecte et le réseau d'évacuation des eaux pluviales pourraient être engorgés, ce qui conduirait à des débordements au niveau de caniveaux et grilles de collecte et à la formation et propagation d'une lame d'eau le long des bassins versants. La surface du bassin versant amont d'apport est peu importante, le risque d'inondation externe par l'amont est donc extrêmement limité d'autant que la nature des terrains (calcaires) est très favorable à l'infiltration. D'autre part, les fortes pentes en aval de l'installation favorisent l'écoulement des eaux vers le ravin de la Bête.

Cependant, lors de l'expertise réalisée dans le cadre du présent « stress-test », il a été noté que l'aire de manœuvre des camions, localisée au Nord du BSM, devant le hall de livraison présente une pente d'écoulement en direction du BSM, le point le plus haut de cette aire étant surélevé de 34 cm par rapport au sol du hall de livraison. Moyennant une inversion de la pente de cette aire, l'évacuation gravitaire vers le ravin de la Bête se fera naturellement.

D'autre part, comme indiqué au paragraphe 4.1.3, une réévaluation du risque d'inondation externe est en cours de réalisation sur la base de relevés sur site réalisés en juillet et août 2011, et de l'aléa « inondation » dimensionnant. En fonction des résultats de ces études, une mise à niveau des systèmes de collecte et d'évacuation des eaux de pluie pourrait être réalisée.

### 4.2.4 Dégradation d'ouvrages hydrauliques

La cote maximale que l'eau pourrait atteindre en cas de rupture d'un barrage situé en amont de Cadarache, sur le Verdon ou la Durance, est de 265 m NGF (cas de rupture du barrage de Serre-Ponçon), ce qui est plus bas de plus de **50 m** de la cote maximale acceptable dans l'installation MASURCA.

### 4.2.5 Remontée de nappe

La cote de référence retenue pour la remontée de nappe est de 317 m NGF et correspond globalement à une crue de période de retour de 2000 ans.

Cette cote correspond au point le plus bas de l'installation MASURCA, à savoir le fond de fouille (puisard interne) de la zone accueillant la cuve des effluents suspects. Il n'y a donc pas de marge supplémentaire, en terme de hauteur de remontée de nappe vis-à-vis de cet événement. Cependant, comme précisé ci-avant, il n'est pas identifié d'effet falaise dû à l'envoiement de ces cuves.

Pour ce qui concerne le BSM, la cote de 317 m NGF est à comparer à la cote de 321,6 m NGF du point bas de l'entreposage des matières nucléaires, ce qui constitue une marge supplémentaire de remontée de nappe de près de **5 m** et correspond à une remontée de période de retour de plus de 50 000 ans.

De plus, en cas de remontée au-delà de la cote du niveau de la dalle du sous-sol du BSM (321,3 m NGF), il est à noter que la configuration topographique de l'installation et autour de l'installation est favorable à une défense passive, comme déjà précisé ci-avant. En effet, le « sous-sol » de l'INB débouche de plain pied vers l'extérieur via la porte du hall de livraison. Moyennant une légère reprise de la pente de la zone de manœuvre des camions, une évacuation gravitaire vers le ravin de la Bête se fera naturellement dès **321 m** environ. Moyennant l'ouverture des portes permettant l'évacuation de l'eau et compte tenu de la géométrie des entreposages, l'eau ne pourrait atteindre les matières fissiles dont le point bas est disposé 25 cm plus haut que les surbaux (de hauteur 5 cm) des portes d'accès à la salle de chargement.

Cet « écrêtement » gravitaire des niveaux piézométriques limitera de fait les risques de sous-pression sous les dalles de l'installation. Tout dommage d'ordre mécanique peut être exclu.

Il convient en outre de rappeler qu'il n'y a pas de risque de criticité dans le BSM en présence d'eau, l'envoiment de matières fissiles ne conduirait donc pas à un effet falaise.

De même, la perte éventuelle des alimentations électriques consécutive à la présence d'eau est également sans conséquence sur l'intégrité du combustible et n'entraîne aucune situation accidentelle (cf. chapitre 6).

#### **4.2.6 Disposition envisagée pour renforcer la robustesse de l'installation**

En vue de faciliter l'écoulement des eaux de pluie de l'aire de manœuvre des camions vers le ravin de la Bête, il est envisagé d'inverser la forme de pente de cette aire et de l'aménager en forme de diamant vers une buse de collecte des eaux de pluie.

D'autre part, une mise à niveau des systèmes de collecte et d'évacuation des eaux de pluie pourrait être réalisée, si cela s'avérait nécessaire à l'issue des études en cours.

#### **4.2.7 Conclusion**

**Aucun effet de falaise n'est identifié en cas d'inondation même largement plus importante que celle prise en compte pour le dimensionnement :**

- **les matières nucléaires du BSM sont toujours maintenues hors d'eau,**
- **la configuration des entreposages est telle qu'il n'y a pas de risque de criticité même si les matières venaient à être partiellement ou totalement envoyées,**
- **aucun effet falaise n'est à craindre d'une éventuelle perte des alimentations électriques induite par une inondation.**

## 5. AUTRES PHENOMENES NATURELS EXTREMES

### 5.1 Conditions météorologiques extrêmes liées à l'inondation

Les événements pris en compte sont :

- les vents violents,
- la grêle,
- la foudre.

La grêle ou l'entraînement d'objets divers (branches d'arbres, feuilles, ...) pourraient contribuer à perturber l'évacuation des eaux par bouchage localisé du système d'évacuation des eaux pluviales. Les conséquences et les dispositions mises en place pour améliorer la robustesse de l'installation vis-à-vis d'un tel événement sont celles décrites au paragraphe 4.2.3.

Le BSM est protégé contre la foudre en prenant en compte :

- les effets directs, par une cage maillée implantée sur le toit et les murs extérieurs du BSM et fonctionnant comme une cage de Faraday. Cette cage est composée de pointes caprices reliées entre elles par un ceinturage supérieur muni de plusieurs descentes vers la terre,
- les effets indirects, par la présence de systèmes de protection contre les surtensions installés sur le réseau électrique.

D'autre part, il est à noter qu'une perte éventuelle d'alimentation électrique induite par un impact de la foudre ne conduit pas à un effet falaise (cf. chapitre 6).

**En conclusion, du fait des dispositions précitées et de celles décrites au paragraphe 4.2.3, les conditions météorologiques extrêmes liées à l'inondation ne présentent pas de risque d'effet falaise.**

### 5.2 Séisme dépassant le niveau de séisme pour lequel l'installation ou certains ouvrages sont dimensionnés et inondation induite dépassant le niveau d'eau pour lequel l'installation est dimensionnée

L'objet de ce chapitre est d'identifier les risques d'effet falaise liés au cumul d'un séisme dépassant celui pour lequel l'installation ou certains ouvrages sont dimensionnés avec une inondation induite dépassant le niveau d'eau pour lequel l'installation est dimensionnée.

#### 5.2.1 Identification des inondations induites par un séisme impactant le site de Cadarache

Les inondations induites par un séisme impactant le site de Cadarache peuvent résulter :

- de la rupture, à la suite d'un séisme, de barrages à proximité de Cadarache,
- de la rupture, à la suite d'un séisme, du canal de Provence.

### 5.2.2 Analyse du risque de rupture de barrages à proximité de Cadarache à la suite d'un séisme

Les failles potentiellement sismogéniques du Sud Est de la France sont des failles "intraplaques" présentant des dimensions relativement modestes comparées aux failles présentes en bordures des plaques tectoniques. Ces failles "régionales" présentent des longueurs de rupture potentielle de l'ordre de la vingtaine de kilomètres. On ne peut "physiquement" pas envisager un séisme dont les mouvements destructeurs toucheraient, au cours de la même séquence sismique, le Centre de Cadarache et un ouvrage éloigné d'une centaine de kilomètres ; à titre d'illustration, un séisme à Cadarache avec une intensité de 6,5 verrait l'accélération du sol diminuer d'un facteur 10 à 100 km.

Les principaux barrages de la région susceptibles de concerner Cadarache, sont :

- les barrages situés sur le Verdon et éloignés de moins de 30 km de Cadarache (Sainte-Croix et Esparron/Gréoux) ; on ne peut pas exclure la possibilité de dommages sur ces ouvrages consécutifs à un séisme sur le Centre de Cadarache,
- le barrage de Serre-Ponçon implanté sur la Durance et situé à plus de 95 km de Cadarache ; compte tenu de son éloignement, sa rupture consécutive à un séisme ayant lieu sur Cadarache n'est pas envisageable.

En cas de rupture des barrages du Verdon due à un séisme à Cadarache nous avons considéré que la cote de l'onde de submersion serait équivalente à celle résultant de l'effacement total mais progressif du barrage du fait de l'apparition d'un renard hydraulique.

Les calculs ont été effectués en prenant les conditions les plus défavorables qui correspondent à une onde de submersion se propageant sur lit sec, les modifications récentes intervenues dans le lit de la Durance telles que la construction de l'autoroute A51 et l'aménagement du bassin d'écluse ont été prises en compte.

Les côtes maximales atteintes seraient de 254 m NGF pour Sainte-Croix et 250 m NGF pour Esparron/Gréoux avec un temps d'arrivée du front d'onde de 1h50min pour Sainte-Croix et 1h30min pour Esparron/Gréoux.

**Ces niveaux sont donc très inférieurs au niveau maximal de référence de l'installation MASURCA (321,6 m NGF).**

**On peut noter qu'aucune installation nucléaire ne serait concernée et l'accès au Centre resterait possible par les portes annexes.**

### 5.2.3 Analyse du risque de rupture du canal de Provence à la suite d'un séisme

#### 5.2.3.1 Description des ouvrages du canal de Provence

Le Canal de Provence est alimenté, via le canal mixte EDF/SCP, par la retenue de Gréoux-les-Bains. En aval du canal mixte, dans la cuvette de Boutre, démarrent les ouvrages SCP : un canal d'amenée à ciel ouvert et ensuite une galerie enterrée (cf. Figure 10).

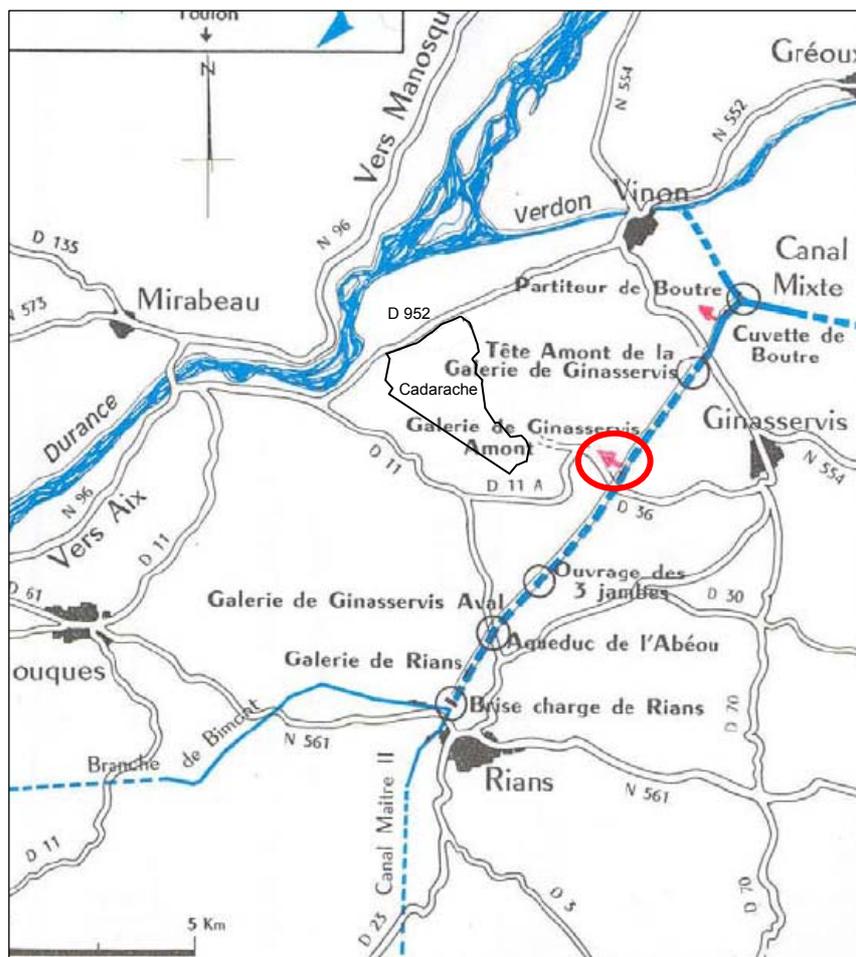


Figure 10 : implantation du canal de Provence

Le profil en long de la galerie (cf. Figure 13) fait apparaître une prise au niveau de Cadarache initialement construite pour alimenter le Centre, cette prise est aussi appelée prise du « Médecin ».

Cette prise est une galerie « dérivée » ascendante de la galerie du Canal de Provence. Elle est située dans une zone où le Terrain Naturel (TN) est à la côte 357 m NGF et le radier du puits est à la côte 347,60 m NGF (cf. Figure 11).

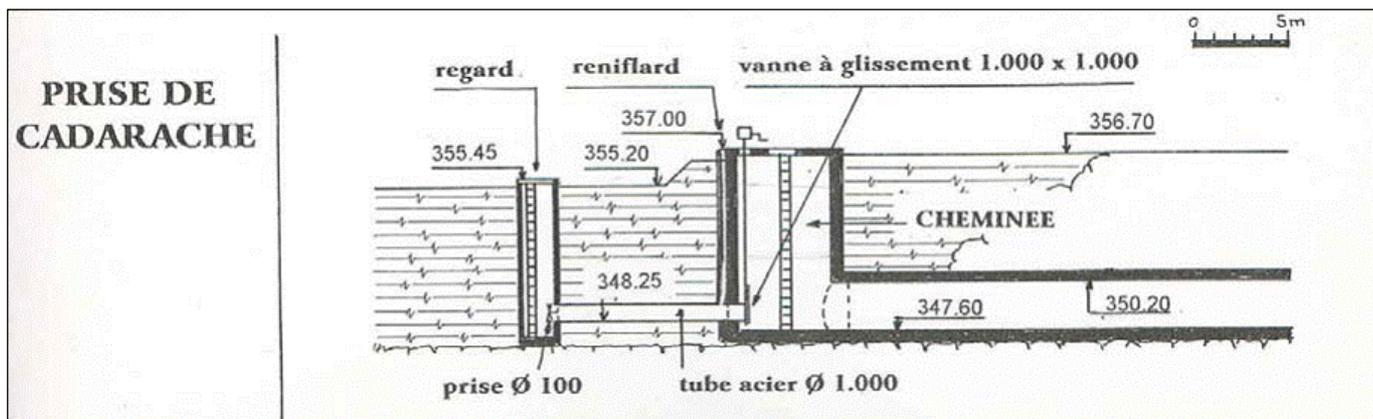


Figure 11 : Prise de Cadarache

Au niveau de Boutre (canal à ciel ouvert d'alimentation de la galerie enterrée), le niveau des plus hautes eaux (canal à l'arrêt) est à la côte 353,70 m NGF avec des berges à 354 m NGF en point haut (cf. Figure 12).

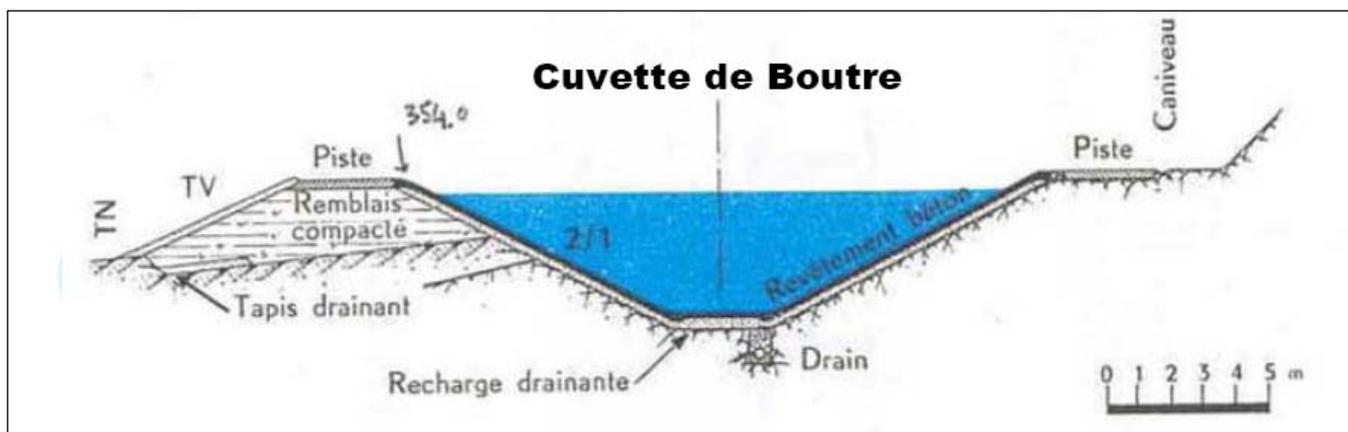


Figure 12 : coupe de la cuvette de Boutre

La côte piézométrique dans le puits du Médecin évolue de la manière suivante :

- canal est à l'arrêt : 353,7 m NGF,
- débit maxi : 350,7 m NGF.

**Le niveau piézométrique du puits du Médecin ne peut hydrauliquement pas dépasser la côte 353.70 m NGF. Celle-ci correspond en effet au niveau maximum d'exploitation du canal dans la cuvette de Boutre.**

Le profil géologique autour du puits du Médecin est constitué à partir du Terrain Naturel (355,2 m NGF) d'un horizon de cailloutis à matrice argileuse sur une puissance d'environ 2 m puis, à partir de la côte 353 m NGF de calcaires beiges. Le niveau piézométrique a été relevé, hors période pluvieuse, à la côte 343,7 m NGF.

#### 5.2.3.2 Analyse du risque inondation par les ouvrages du Canal de Provence

L'analyse cartographique permet de limiter le risque d'inondation externe du centre de Cadarache par le canal de Provence, uniquement à la zone de la prise du Médecin, il s'agit en effet du seul secteur traversant le bassin versant du Ravin de la bête (cf. Figure 13).

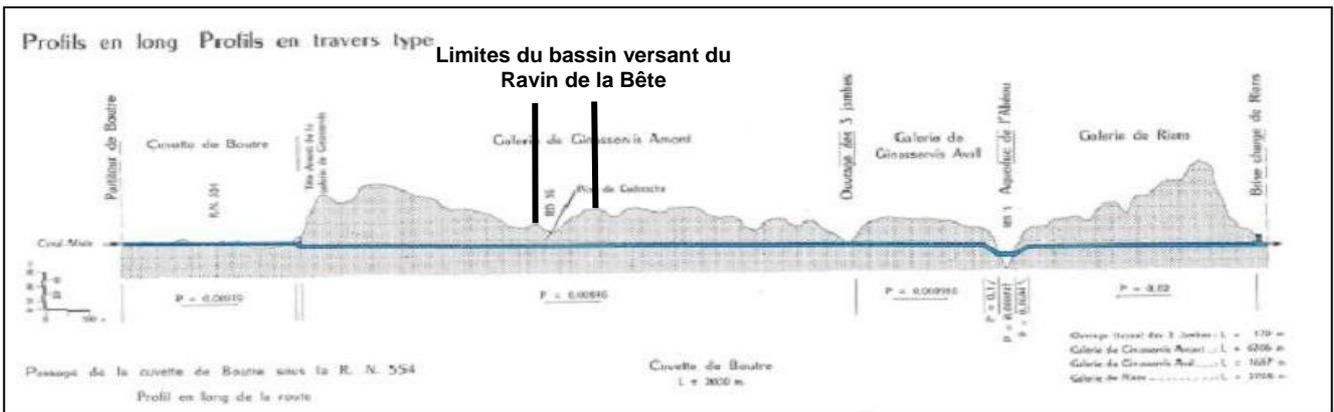


Figure 13 : Profil en long de la galerie de Rians SCP

Le profil fait apparaître des profondeurs relativement importantes pour le canal. Dans le secteur retenu, seul l'ouvrage du Médecin apparaît le plus proche de la surface et, de plus, situé dans la partie amont du vallon du ravin de la Bête (cf. Figure 14).

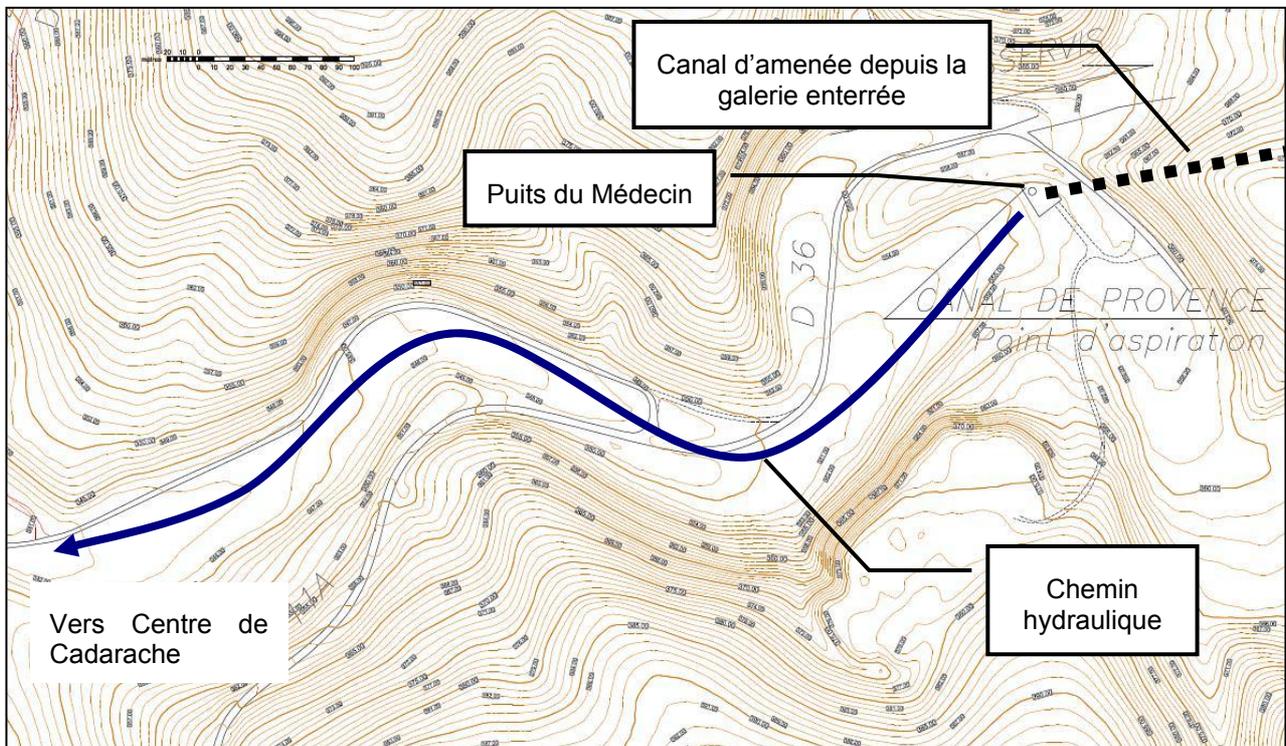


Figure 14 : profil du bassin versant au niveau du puits du Médecin

Par conséquent, l'aléa retenu pour analyser le risque inondation sera limité à l'analyse du puits du Médecin et de son canal d'amenée.

L'analyse a porté sur la prise en compte exhaustive des scénarios pouvant conduire à la génération d'un débit de fuite mobilisable dans le vallon du ravin de la Bête pour ensuite, par ruissellement, impacter le centre de Cadarache. Les scénarios de fuite suivants ont alors été identifiés :

- débordement du puits du Médecin,
- effacement du puits du Médecin,
- fuites par dégradation du puits.

#### **Débordement du puits**

La galerie est mise en charge par le canal maître qui est à ciel ouvert au niveau de la cuvette de Boutre et dont les berges sont à la côte 354 m NGF.

La mise en charge du canal d'alimentation de la galerie est donc limitée à cette côte, au-delà, le canal se déverserait dans la cuvette de Boutre.

**Le scénario par débordement du puits peut donc être exclu sur des considérations topographiques : le haut du puits est 3 m plus haut que les berges du canal de Boutre.**

#### **Effacement du puits du Médecin**

La galerie d'amenée est enterrée dans les calcaires entre 7 et 9 m de profondeur et la piézométrie interne fluctue entre 4 et 7 m de profondeur.

La mobilisation en surface d'un débit de fuite qui ruissèlerait vers le centre nécessiterait un effacement du puits et des terrains entre la côte 353 m NGF et la côte 347 m NGF.

L'observation topographique montre qu'il faut s'éloigner, au minimum de 300 m en aval du puits, pour que le Terrain Naturel (TN) soit à la côte du radier du puits (cf. Figure 15). Cette distance est la plus défavorable car elle correspond exactement au cheminement hydraulique du fond de vallon. Dans toutes les autres directions, la topographie ascendante ne permet pas de mise à l'air libre.

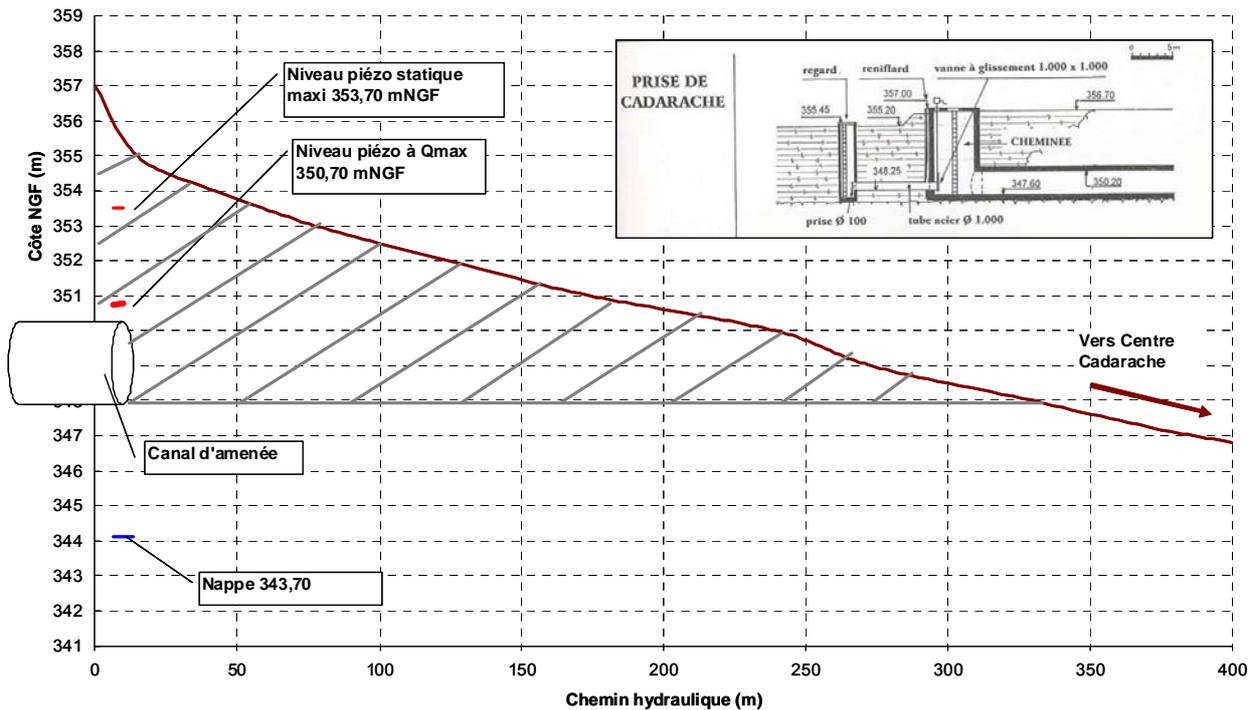


Figure 15 : profil du terrain naturel le long du chemin hydraulique du vallon du ravin de la Bête à partir du puits du Médecin

Le scénario pouvant conduire à une ouverture des terrains au droit de la galerie d'amenée avec décalage des terrains à l'aval sur une longueur de 300 m serait celui du jeu d'une faille active dont le rejet serait de plusieurs mètres (entre 4 et 9 m). Ce scénario n'a pas été retenu compte tenu du contexte sismique local qui ne permet pas d'envisager des déplacements co-sismique supérieurs au décimètre.

Afin d'évaluer l'impact de l'effacement du puits, sur la piézométrie locale, nous avons considéré un scénario considérant l'effacement total du puits sans modification du profil du terrain. L'objectif de cette évaluation est de vérifier l'impact piézométrique de ce scénario qui mobiliserait une partie des eaux en surface par remontée de la ligne piézométrique.

Le calcul réalisé en fonction des données disponibles permet de caractériser l'évolution piézométrique en aval de la galerie du Médecin en considérant que toute la charge disponible dans la galerie est disponible pour l'aquifère, soit une hauteur piézométrique « imposée » correspondant à la cote 353,70 m NGF.

Cette considération permet :

1. de garantir que les flux vers l'aquifère sont uniquement limités par ses propres capacité (perméabilité/porosité efficace),
2. de majorer le débit du canal d'amenée car, quelle que soit la valeur de débit transféré vers l'aquifère, la charge piézométrique reste constante, ce qui, en réalité, n'est pas le cas (chute rapide à 350,3 mNGF)
3. de n'imposer aucune « perte de charge » ou « perméabilité » pour l'ouvrage du Médecin.

**Une telle considération permet de simuler un effacement total du puits du Médecin.**

Si la piézométrie calculée est supérieure à la cote du Terrain Naturel en aval du puits du Médecin, alors une partie des eaux de fuite pourrait être considérée comme mobilisée en surface et devrait alors être considérée comme source potentielle de risque d'inondation.

Les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère ont été considérées constantes avec des valeurs enveloppes :  $10^{-3}$  m/s pour la conductivité hydraulique et 30% de porosité efficace.

La Figure 16 montre les différentes lignes piézométriques en aval du poste du Médecin en fonction des différentes hypothèses retenues pour le gradient de la nappe (autour de 2% correspondant à la topographie locale) et du niveau de base au niveau du puits (343,70 m NGF +/- 2m).

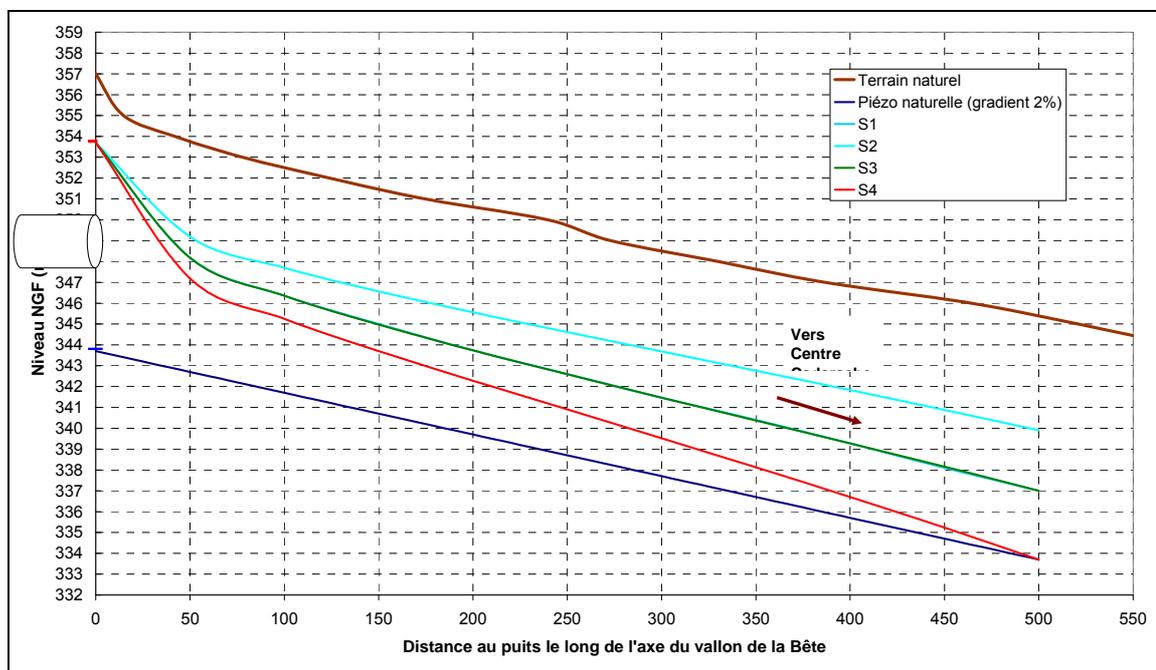


Figure 16 : profil piézométrique calculé en aval du puits du Médecin (m)

Les calculs font apparaître une évolution piézométrique en 2 phases pouvant s'expliquer par les phénomènes suivants successivement prépondérants :

- forte chute piézométrique sur les 50 premiers mètres où les eaux de fuite rejoignent le niveau piézométrique de base située plusieurs mètres en dessous,
- dissipation plus lente au dessus du niveau piézométrique.

**Dans tous les cas simulés, la surface n'est jamais atteinte. Il n'y a pas donc lieu de retenir un scénario d'inondation externe de surface par dégradation sur les ouvrages constitutifs du puits du Médecin.**

#### Fuites par dégradation du puits

Si l'effacement total du puits devant la galerie d'amenée apparaît improbable, des dégradations de type fissuration entraînant des débits de fuites ne peuvent pas être exclues.

Dans ce cas, les débits en jeu seraient limités aux débits de fuite des ouvrages entre les côtes 353,70 et 347,60 m NGF. Immédiatement après avoir traversé des parois de l'ouvrage, les eaux de fuite seraient tenues par la perméabilité des terrains environnants. Cette perméabilité fait chuter la piézométrie et dévie les eaux de fuite vers la nappe sous-jacente (343 m NGF).

Si localement le taux de fracturation du calcaire évolue et des karsts sont présents, ils serviraient de drains verticaux aux eaux de fuite.

#### Conclusions

L'analyse du risque inondation par les ouvrages du Canal de Provence a donc montré que la dégradation des ouvrages de la prise du Médecin n'était pas susceptible de générer un débit de fuite mobilisable dans le vallon du ravin de la Bête.

On peut noter par ailleurs, que des ouvrages situés en amont et en aval de la prise du Médecin présentent une vulnérabilité plus importante que celle du puits du Médecin, leur rupture conduirait à l'écoulement des eaux du canal de Provence dans des bassins versant sans rapport avec celui de Cadarache ; il s'agit :

- **Du canal de Boutre**

Au niveau de la plaine de Boutre située au nord du Centre de Cadarache, le canal d'alimentation de la galerie enterrée est à ciel ouvert (cf. Figure 17) ; en cas de séisme, la rupture de la berge du canal aurait pour conséquence le déversement des eaux du canal dans la plaine de Boutre sans conséquence pour le Centre de Cadarache.



Figure 17 : Canal de Boutre

- **De l'aqueduc de RIANS**

En aval de la galerie dérivée, entre Saint Paul Lez Durance et Rians, le Canal de Provence traverse la vallée de l'Abéou au moyen d'un aqueduc (à 4,6 km à l'aval de la galerie dérivée). Cet aqueduc est posé sur patins et est raccordé de part et d'autre à la galerie enterrée. Cet ouvrage présente un niveau de faiblesse plus important que la prise du Médecin face à un séisme qui toucherait Cadarache. En tant qu'aqueduc aérien, son effacement complet apparaît comme un scénario bien plus probable et, par sa position aval, et sur la galerie principale, il créera un appel de débit et le dénoyage de la prise du Médecin ainsi que l'écoulement des eaux du canal dans la vallée de l'Abéou à l'extérieur du Centre.

#### 5.2.4 Points faibles et effet falaise

En conclusion, il n'est pas identifié d'effet de falaise supplémentaire lié au cumul d'un séisme pour lequel l'installation ou certains ouvrages sont dimensionnés avec une inondation induite dépassant le niveau d'eau pour lequel l'installation est dimensionnée.

#### 5.2.5 Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation

Ce paragraphe est sans objet compte tenu de la conclusion du paragraphe 5.2.4.

## 6. PERTE DES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES ET PERTE DES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT

### Architecture des alimentations électriques de l'installation

L'architecture décrite dans le présent paragraphe est restreinte aux alimentations électriques du BSM, du vestiaire d'accès au BSM et celles permettant d'assurer la surveillance du BSM depuis la SCO (cf. Figure 18). Les autres alimentations électriques ne présentent pas d'intérêt dans le cadre de cette étude.

Les alimentations électriques de l'installation MASURCA proviennent :

- **d'une source normale** constituée de deux lignes de 15 kV à partir du réseau EDF via le poste de livraison/transformation 63 kV/15 kV du Centre (alimentation externe), permettant l'alimentation électrique de tous les auxiliaires de l'installation MASURCA,
- **d'une source de premier secours** constituée d'un GEF de 500 kVA (alimentation interne 380 V), permettant l'alimentation en secours de certains de ces auxiliaires de puissance importants pour la sûreté de l'installation en configuration d'exploitation normale,
- **de batteries** disposées en tampon sur le **réseau 220 V ondulé « contrôle-commande »** permettant d'alimenter des organes de contrôle principalement du réacteur,
- **de batteries** disposées en tampon sur le **réseau 48 V continu** permettant d'alimenter la commande et la signalisation des équipements,
- **de batteries** propres à l'**Ensemble de Détection et d'Alarme de Criticité (EDAC)** et au réseau de **téléalarme**,
- **d'une source de deuxième secours** constituée d'un GEF de 25 kVA, permettant d'alimenter les auxiliaires vitaux de l'installation via « l'armoire des prioritaires ».

En fonctionnement normal, les liaisons 15 kV alimentent en boucle les deux transformateurs/abaisseurs 15 kV/380 V d'une puissance unitaire de 630 kVA. Ces transformateurs/abaisseurs fournissent l'alimentation électrique à un Tableau Général Basse Tension (TGBT) 380 V qui est divisé en deux groupes (secouru et non secouru). En configuration standard, le jeu de barres non secouru est alimenté par le transformateur 1 tandis que le jeu de barres secouru est alimenté par le transformateur 2. Il existe une possibilité d'alimentation des jeux de barres secouru et non secouru par l'un des 2 transformateurs au moyen de l'interrupteur J11.

Les départs des tableaux généraux 380 V secouru et non secouru, et des tableaux généraux 220 V stabilisé et 48 V continu, situés dans le poste HT/BT du Bâtiment des Auxiliaires (BA) alimentent des armoires divisionnaires installées dans les différents bâtiments :

- dans le Bâtiment Réacteur (BR),
- dans le Bâtiment Contrôle-Commande (BCC),
- dans le Bâtiment Stockage et Manutention (BSM),
- dans le Bâtiment des Auxiliaires (BA).

Les armoires divisionnaires alimentent les équipements du bâtiment concerné (à l'exception de quelques cas particuliers).

**La tension 380 V non secourue, issue des armoires divisionnaires, permet d'alimenter les équipements de puissance suivants :**

- pour le BCC, les éclairages non secourus, les ventilateurs de soufflage de la SCO et de la SdM, les éclairages non secourus et la force de l'extension du BCC (y compris la ventilation des vestiaires chauds), ...
- pour le BSM, les éclairages non secourus, les équipements de manutention (ponts gerbeur du MG2,...), les équipements de ventilation (les 2 ventilateurs de soufflage du BSM, le ventilateur d'extraction non secouru des columbariums, ...), ....

**La tension 380 V secourue, issue des armoires divisionnaires, permet d'alimenter :**

- pour le BCC, les extracteurs de la SCO et de la salle de relaying, **une partie de l'armoire des prioritaires**, ...
- pour le BSM, l'éclairage de secours, les équipements de manutention (pont gerbeur MG1, ...), les équipements de ventilation (les 2 ventilateurs d'extraction du tronçon commun du BSM, le ventilateur d'extraction de secours des columbariums, ...), les équipements associés aux effluents suspects (coffret de surveillance du niveau des cuves et d'alimentation de la pompe de relevage,...), les pompes aérauliques de la surveillance radiologique de l'ambiance de la Salle de ChargeMent (SCM), et de l'air extrait des columbariums, de la SCM ou du laboratoire chaud (MA08), ...

**La tension alternative ondulée en 220 V est fournie par deux ensembles onduleurs, équipés de batteries, à partir du jeu de barres 380 V secouru. Elle permet d'alimenter :**

- une partie de l'armoire des prioritaires (cf. ci-après),
- l'afficheur numérique des températures des columbariums du MG1,
- le contrôle des températures d'huile et d'eau du GEF 500 kVA,
- les sismomètres en salle de relaying (détection séisme),
- les mesures classiques et les enregistreurs en Salle de COntôle (SCO),
- certains appareils de radioprotection (contrôleur main du hall de livraisons, électroniques des appareils de surveillance radiologique de l'ambiance de la SCM (PAUM  $\alpha$ ), ...),
- certains afficheurs de dépression.

**La tension continue 48 V est obtenue depuis le jeu de barres 380 V secouru par l'intermédiaire de deux chargeurs équipés de batteries. Elle permet d'alimenter :**

- contrôle/commande de la ventilation du BSM,
- contrôle/commande du pont gerbeur du MG1,
- relaying des alarmes radioprotection y compris rejet émissaires,
- synoptiques installation électrique et ventilation BSM (en SCO),
- commutation des sondes de température des columbariums.

**L'armoire des prioritaires permet l'alimentation des auxiliaires vitaux de l'installation :**

- via le réseau 380 V secouru :
  - l'EDAC (détection d'un éventuel accident de criticité),
  - l'éclairage de secours en SCO, au niveau de la salle de relayages, et dans le BA (poste HT/BT, ...),
  - contrôle en SCO de la présence de tension dans l'armoire des prioritaires,
  - pompe aéraulique de la surveillance radiologique (MA08) de l'air extrait des columbariums, de la SCM ou du laboratoire chaud,
- via le réseau 220 V ondulé « contrôle-commande » :
  - le tableau de contrôle des rayonnements,
  - l'électronique du MA08,
  - la surveillance radiologique des émissaires de rejets gazeux du BSM (pompe aéraulique, électronique et DPRC (Détection et Prélèvement Radiologiques Cheminée)) et des vestiaires chauds (DPRC). Cependant, en l'absence de débit sortant par les émissaires, ces mesures ne sont pas forcément représentatives d'éventuelles émissions radiologiques qui auraient pu emprunter un autre cheminement,
  - des appareils de radioprotection (contrôleurs mains/pieds des vestiaires chauds, coffret DOSICARD),
  - la téléalarme,
  - l'interphonie,
  - la sonorisation (réseau de diffusion générale).

La multiplication des systèmes d'alimentation en énergie permet de palier à des indisponibilités au niveau des sources :

- alimentation normale à partir du réseau du Centre (par deux lignes 15 kV différentes),
- alimentation de secours par les GEF ou Groupes Electrogènes Mobiles (GEM) du Centre,
- alimentation ondulée et continue par batteries.

L'alimentation de secours est produite sur l'installation par le GEF de 500 kVA, puis par le GEF de 25 kVA et par les batteries 220V, 48 V, criticité et téléalarme.

GEF 500 kVA

**Le GEF 500 kVA permet d'alimenter en secours le réseau 380 V secouru et, via ce dernier, les réseaux 220 V ondulé « contrôle-commande » et 48 V continu.**

Ce GEF, à démarrage automatique après perte du secteur supérieure à 3 secondes, reprend la charge des appareils secourus en 45 secondes maximum. Au retour du secteur, le passage GEF → secteur est automatique.

Le GEF de premier secours est constitué par un moteur diesel préchauffé en permanence avec démarrage sur batteries, couplé à un alternateur de 500 kVA dont la tension et la fréquence sont ajustables en local et depuis la Salle de COntôle (SCO).

Un démarrage manuel suivant un cycle identique est réalisable depuis la SCO ou en local.

Le GEF possède **une autonomie de 175 heures environ** (temps de fonctionnement avec 7000 litres de gazole correspondant au volume maximal de gazole présent dans la cuve de 8 m<sup>3</sup>).

Batteries réseau 220 V « contrôle-commande »

L'autonomie des batteries disposées sur le réseau 220 V ondulé « contrôle commande » est de **4 heures**.

Batteries réseau 48 V continu

L'autonomie des batteries disposées sur le réseau 48 V continu est de **4 heures**.

Batteries EDAC (détection accident de criticité)

L'autonomie des batteries de l'EDAC est de **8 heures**.

Batteries de la téléalarme

Le réseau de téléalarme peut être alimenté par ses propres batteries d'autonomie **8 heures**.

GEF 25 kVA

**Le deuxième GEF de l'installation**, constitué par un moteur diesel accouplé à un alternateur de 25 kVA, est à démarrage manuel et **reprend uniquement l'armoire des prioritaires regroupant l'alimentation des auxiliaires vitaux de l'installation (i.e. surveillance uniquement)**.

Le GEF 25 kVA est relié à la même cuve de 8 m<sup>3</sup> que le GEF 500 kVA via une nourrice (réservoir journalier) de 250 litres. Le remplissage de cette nourrice s'effectue à l'aide d'une pompe à commande manuelle.

Le GEF a une autonomie maximale d'environ 25 heures **sans remplissage de sa nourrice**. Si on considère un volume de gazole de 7000 l (nécessité d'une intervention toutes les 25 heures pour le remplissage de la nourrice), le GEF dispose **d'une autonomie maximale d'environ 700 h**.

GEM (alimentations externes à l'INB)

L'indisponibilité des GEF peut être palliée par la mise en place de GEM fournis par le Centre dans un délai de 4 heures :

- un GEM d'une puissance minimale de 390 kVA en secours du GEF de 500 kVA, raccordé directement sur un coffret disposé sur la façade Sud du local GEF 500 kVA et production d'air comprimé,
- ou un GEM d'une puissance minimale de 25 kVA en secours du GEF de 25 kVA, raccordé directement sur une prise type MARECHAL disposée sur la façade Est du poste HT/BT.

**Le GEM 390 kVA permet d'alimenter en secours le réseau 380 V secouru et, via ce dernier, les réseaux 220 V ondulé « contrôle-commande » et 48 V continu.**

**Le GEM 25 kVA permet d'alimenter en secours l'armoire des prioritaires.**

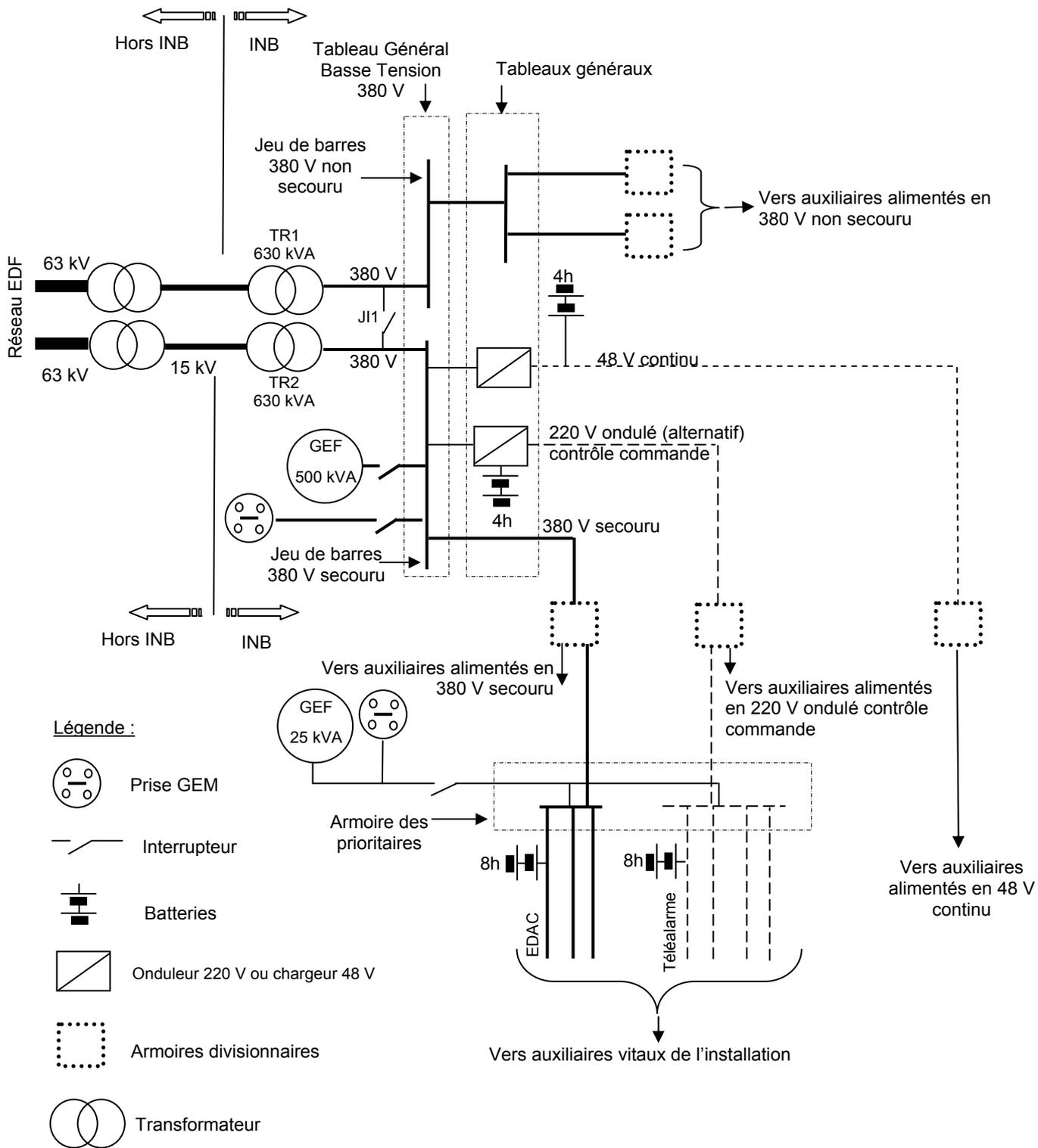


Figure 18 : architecture des alimentations électriques du BSM, du vestiaire d'accès au BSM et celles permettant d'assurer la surveillance du BSM depuis la SCO

Rappel sur les FIS (Fonctions Importantes pour le Sûreté)

Dans la configuration actuelle de l'installation, objet de la présente Evaluation Complémentaire de Sûreté, les seules FIS retenues et impactées potentiellement par les événements de pertes d'alimentations électriques sont celles concernant les équipements et matières du BSM.

Ces FIS sont :

- le confinement des matières radioactives, non impacté par la perte des alimentations électriques. En effet, en cas d'arrêt de la ventilation du MG1 et en particulier des columbariums (dispositifs d'entreposage), les températures atteintes restent compatibles avec la bonne tenue des gaines des éléments fissiles entreposés,
- la maîtrise de la sous-criticité des entreposages, non impactée par la perte des alimentations électriques.

Dans la configuration actuelle de l'installation, l'exploitant cherchera néanmoins à maintenir à minima la surveillance de l'installation : surveillance radiologique (ambiance et rejets cheminée), détection de la criticité, et téléalarme. **Seule l'alimentation de l'armoire des prioritaires est nécessaire à la surveillance de l'installation. Cette alimentation peut être assurée par l'une des sources listées ci-après :**

- l'alimentation électrique normale (une des 2 lignes 15 kV),
- le GEF de 500 kVA,
- le GEF de 25 kVA,
- un GEM de 390 kVA,
- un GEM de 25 kVA.

## 6.1 Perte des alimentations électriques externes

En cas de perte totale de l'alimentation normale (perte des 2 arrivées 15 kV ou dysfonctionnement des 2 transformateurs 15kV/380V), **l'alimentation en 380 V du jeu de barres secouru est reprise par le GEF de 500 kVA dans un laps de temps de 45 secondes.**

Le temps d'autonomie du GEF 500 kVA (175 h) est confortable pour alimenter les équipements de l'installation et pour éventuellement mettre en œuvre les dispositions ci-dessous.

Au-delà de ces temps de fonctionnement, la réalimentation en gazole du GEF 500 kVA nécessite un approvisionnement par camion citerne dans le cadre des actions du Centre.

Cependant, en cas de perte, présumée de longue durée, de l'alimentation EDF, un GEM 390 KVA équipé de son propre réservoir de carburant est mis en place et raccordé à la distribution électrique de l'installation.

**La perte de l'alimentation en 380 V du jeu de barres non secouru n'a pas d'impact sur la sûreté de l'installation.**

## 6.2 Perte des alimentations électriques externes et des alimentations internes

### 6.2.1 Perte des alimentations électriques externes et des alimentations de secours conventionnelles

L'alimentation de secours conventionnelle provient du GEF diesel de l'installation 500 kVA.

Le recours à une intervention extérieure (utilisation de Groupe Electrogène Mobile) n'est pas pris en compte dans ce paragraphe.

En cas de perte simultanée de l'alimentation normale (alimentations électriques externes) et du GEF 500 kVA, les réseaux 380 V non secouru et secouru sont indisponibles.

Les réseaux 220 V « contrôle-commande » et 48 V continus sont alimentés par leurs batteries respectives pour une durée de **4 heures minimum** et assurent une continuité de fonctionnement des **équipements participant à la sûreté** :

- la surveillance de la température dans les columbariums du MG1,
- la surveillance radiologique des émissaires de rejets gazeux du BSM et des vestiaires chauds (surveillance continue et différée (DPRC)). Cependant, en l'absence de débit sortant par les émissaires, ces mesures ne sont pas forcément représentatives d'éventuelles émissions radiologiques qui auraient pu emprunter un autre cheminement compte tenu de l'absence de confinement dynamique des bâtiments,
- l'alimentation du réseau de téléalarme,
- l'alimentation des équipements de sonorisation (réseau de diffusion générale) et d'interphonie,
- ...

L'EDAC est autonome grâce à ses batteries propres (autonomie de 8 h).

Les conséquences potentielles sont dues :

- à l'arrêt des extracteurs du MG1 et en particulier des columbariums. Les études relatives aux conditions thermiques montrent qu'en cas d'arrêt de cette ventilation d'extraction « procédés » au niveau des entreposages de combustible du BSM, les niveaux de température atteints ne sont pas de nature à remettre en cause la tenue des gaines des éléments fissiles et des columbariums eux-mêmes. Ainsi, la perte du refroidissement du combustible et des columbariums dans le magasin de matières fissiles MG1 n'a pas de conséquence sur le confinement de ces matières et sur la sous-criticité de l'entreposage,
- à la perte du confinement dynamique du BSM, qui compte tenu des débits de fuite pris en compte à la conception, met les locaux du BSM en équipression avec l'atmosphère dès la perte de la ventilation d'extraction. Cependant, compte tenu du maintien de l'intégrité de la gaine combustible (1<sup>ère</sup> barrière), la perte de la deuxième barrière est sans conséquence,
- à la perte de la surveillance radiologique, en local et depuis la SCO, de l'ambiance de la SCM et de la surveillance radiologique de l'air extrait des columbariums (MA08) due à la perte d'alimentation de leurs pompes aérauliques respectives. Cependant, en l'absence de débit extrait des columbariums et de ventilation de la SCM, ces mesures ne sont pas forcément représentatives d'éventuelles émissions radiologiques.

L'armoire des prioritaires peut être réalimentée dans un délai inférieur à 4 heures (avant la perte des batteries des réseaux 220 V « contrôle-commande » et 48 V continus) par démarrage manuel du GEF 25 kVA et permet le **maintien des auxiliaires vitaux de l'installation**. Le GEF a une autonomie d'environ 25 heures minimum sans remplissage de sa nourrice. La surveillance radiologique, en local et depuis la SCO, de l'ambiance de la SCM et de la surveillance radiologique de l'air extrait des columbariums (MA08) est assurée.

### 6.2.2 Perte des alimentations électriques externes et de toutes les alimentations de secours

En cas de perte totale des alimentations électriques (externes, groupes électrogènes et batteries), tous les systèmes électriques deviennent inactifs :

- la perte du réseau 220 V « contrôle commande » (4 h après la perte simultanée des alimentations externes et du GEF 500 kVA) conduit à la perte de la surveillance de la température dans les columbariums et à la perte totale de la surveillance radiologique. Pour mémoire, les locaux du BSM sont déjà en équipression avec l'atmosphère dès la perte de la ventilation.

- les équipements de sonorisation (réseau de diffusion générale) et d'interphonie sont indisponibles, **4 h** après la perte simultanée des alimentations externes et du GEF 500 KVA. Des Talkies-walkies disponibles dans l'installation seront alors utilisés lors d'éventuelles interventions,
- l'Ensemble de Détection et d'Alarme de Criticité (EDAC) n'est plus opérationnel **8 h** après la perte simultanée des alimentations externes et du GEF 500 kVA,
- les équipements de téléalarme ne sont plus opérationnels, **12 h** après la perte simultanée des alimentations externes et du GEF 500 kVA.

Il est à noter qu'en cas de perte des alimentations électriques toutes les opérations en cours sont arrêtées, notamment les éventuelles manipulations ou manutentions de matières nucléaires. Il n'y a donc aucune raison d'évolution radiologique de l'air ambiant.

**En conclusion, la perte de toutes les alimentations électriques n'entraîne pas d'effet falaise.**

Néanmoins, la perte totale des alimentations électriques peut être palliée par la mise en place du GEM de 390 kVA ou du GEM de 25 kVA fournis par le Centre dans un délai de 4 heures :

- le GEM de 390 kVA en secours du GEF de 500 kVA, permet l'alimentation du 380 V secouru,
- ou le GEM de 25 kVA en secours du GEF de 25 kVA, permet l'alimentation de l'armoire des prioritaires.

### **6.3 Perte du système de refroidissement ultime**

Aucun système de refroidissement ultime n'est nécessaire. Le BSM n'est pas équipé d'un tel système.

### **6.4 Perte du système de refroidissement principal, cumulée avec la perte des alimentations électriques externes et des alimentations internes de secours**

Le système de refroidissement principal du BSM est assuré par les circuits de ventilation (ventilateurs électriques de soufflage et d'extraction). La perte de ce système équivaut à la perte des alimentations électriques. Cette perte est traitée aux paragraphes 6.1 et 6.2 de la présente note.

## 7. GESTION DES ACCIDENTS GRAVES

Afin de garantir une réactivité optimale en cas de situation d'urgence survenant sur un de ses centres, le CEA s'appuie chaque jour sur un dispositif d'astreinte et de permanence pour motif de sécurité, constitué de personnels prêts à intervenir 24h/24 et à se mobiliser dans les plus brefs délais.

Le CEA organise et participe chaque année à une vingtaine d'exercices de grande ampleur dont certains mobilisent l'ensemble de la chaîne décisionnelle et opérationnelle publique. Ces exercices permettent de tester l'ensemble des chaînes décisionnelle et opérationnelle dont l'efficacité et la réactivité sont essentielles pour assurer la meilleure gestion de la situation d'urgence voire de la situation extrême. Ces exercices permettent d'assurer ainsi l'entraînement des équipes de crise, de mettre à l'épreuve les moyens opérationnels mobilisables, de tester l'organisation de crise décrite dans les plans d'urgence, d'en vérifier l'efficacité et enfin de consolider le dispositif de gestion de crise grâce à l'exploitation d'un retour d'expérience.

Des exercices au scénario orienté pour prendre en compte le retour d'expérience de Fukushima seront proposés, dans le futur, en liaison avec les autorités compétentes.

L'organisation de crise mise en place par le CEA doit permettre de faire face à une crise qui surviendrait sur un ou plusieurs de ses 10 centres. Cette organisation repose :

- au niveau national, sur le Centre de Coordination en cas de Crise (CCC) situé à Saclay (avec repli possible à Fontenay-aux-Roses),
- au niveau local, sur un Poste de Commandement de Direction Local (PCDL) dans chaque centre.

Placé sous l'autorité de l'Administrateur Général du CEA ou de son représentant, le CCC est en liaison étroite et permanente avec le PCDL du centre où la crise est survenue. Le CCC, point de contact des autorités gouvernementales et des responsables des autorités de sûreté nationales, est notamment chargé de superviser et coordonner les interventions du CEA, arbitrer les choix stratégiques et consolider et diffuser l'information vers les pouvoirs publics nationaux, les médias, le personnel CEA.

Des Equipes Techniques de Crise, aux niveaux national et local, ont pour mission, en appui du CCC et du PCDL, de :

- valider le diagnostic de l'accident établi dans les premiers instants de la crise,
- étudier l'évolution prévisible de la situation, et fournir un pronostic sur l'état de l'installation, les rejets, leurs conséquences dans l'environnement, ainsi que sur les parades envisageables,
- anticiper les aggravations éventuelles de la situation en les identifiant et en proposant des parades préventives au niveau de l'installation.

### 7.1 Moyens de gestion de la situation de crise

Le plan d'urgence interne (PUI) est une organisation de gestion de crise qui est activée en cas d'accident susceptible d'avoir des conséquences nécessitant l'application de mesures qui dépassent le cadre d'action du responsable de l'installation accidentée. Le PUI complète donc les consignes et les dispositions d'urgence de chaque installation en cas d'accident important survenu ou menaçant l'installation. Ces dispositions visent à circonscrire le sinistre, à mettre l'installation dans un état sûr, à secourir et à protéger les personnes et l'environnement, à évaluer les conséquences et l'évolution du sinistre, à informer le personnel, les autorités, les élus locaux.

Les relations entre les divers organismes impliqués dans la gestion de crise sont gérées au travers de protocoles et de conventions :

- protocole, entre le CEA, l'ASN et l'IRSN, relatif à l'organisation mise en place en cas d'incident ou d'accident affectant une INB dont l'exploitant est le CEA,

- convention particulière, entre le CEA, l'ASN et l'IRSN, relative aux relations entre les équipes techniques de crise en cas d'incident ou d'accident affectant une INB dont l'exploitant est le CEA,
- convention entre le CEA et la Préfecture relative aux modalités d'information réciproque et de concertation pour l'alerte de la population implantée dans le périmètre d'application du Plan Particulier d'Intervention (PPI) et l'information du public,
- convention, relative aux modalités d'intervention des secours extérieurs sur le Centre de Cadarache, entre le **Service D'Incendie** et de **Secours 13 (SDIS)** et le CEA.

Le Plan Particulier d'Intervention (PPI) est une organisation de gestion de crise qui est activée en cas d'accident susceptible d'avoir des conséquences à l'extérieur d'un site industriel ou nucléaire important ; il est placé sous la responsabilité du Préfet qui organise l'intervention des secours pour la protection de la population et de l'environnement à l'extérieur du site.

### 7.1.1 Risques liés à l'environnement industriel

L'emplacement du Centre de Cadarache a été choisi en grande partie pour des raisons d'éloignement des grandes agglomérations et des grands centres industriels. De fait, les concentrations industrielles importantes se situent à plus de 50 km (usine chimique Arkema à Saint-Auban, Sanofi à Sisteron, les industries situées au sud et à la périphérie de l'Etang de Berre).

Dans un rayon de 20 km autour du Centre se sont développées des zones industrielles de taille plus modeste qui accueillent beaucoup de sous-traitants du CEA. Elles sont situées à Saint-Paul-lez-Durance et Vinon-sur-Verdon, mais aussi à Manosque et Sainte-Tulle dans les Alpes de Haute-Provence. On y trouve des entreprises spécialisées en mécanique de précision, en électronique ainsi qu'en traitement de déchets.

L'activité industrielle la plus importante de la vallée de la Durance concerne la production et la distribution d'énergie hydroélectrique par un ensemble hydraulique de 18 centrales représentant une puissance de 2000 MW, les centrales les plus proches étant situées à Sainte-Tulle, Beaumont-de-Pertuis et Jouques.

Il est à noter également à Manosque la présence d'un site de stockage souterrain pour les hydrocarbures ou le méthane dans des cavités de sel. La liaison avec l'artère principale qui passe au sud d'Aix-en-Provence s'effectue par une canalisation de 68 km de long qui transporte du méthane humide à la pression de 80 bars, dont le cheminement passe à 1,5 km de la limite ouest du site, MASURCA, se situant à environ 4,5 km de la canalisation.

Deux pipelines passent par ailleurs à plus de 15 km au nord-ouest du Centre et relient la zone de Fos-sur-Mer à Manosque.

Un recensement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à autorisation a été réalisé auprès des Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) des régions concernées, il en ressort qu'aucune ICPE de ce type n'est présente dans un rayon de 10 km autour du Centre.

**Par conséquent le centre n'a pas d'environnement industriel particulier dans un rayon de 5 km, pouvant représenter une source potentielle de risque. La conduite de gaz « Corbières-Manosque » située à 1,5 km de la limite ouest du site et la canalisation arrivant sur le Centre ne présentent pas de risque particulier.**

**Les risques externes sont dus essentiellement au transport de matières dangereuses sur les voies de communications alentours et plus précisément la route départementale D952. Le niveau de risque demeure toutefois faible et il concerne la partie du Centre située le long de la RD 952 (côté nord-ouest). La RD 952 ne constitue donc pas un risque pour l'installation MASURCA localisée dans la zone sud-est du centre, à une distance de 3 km de cette route.**

### 7.1.2 Organisation générale de la sécurité du centre

Le Directeur de Centre est responsable de la sécurité générale de l'établissement, il exerce sur l'ensemble du site les pouvoirs de réglementation interne, de contrôle et de discipline générale et définit les objectifs à atteindre localement en application de la politique de sécurité.

Il lui appartient :

- de gérer la fonction « sécurité générale » dans son établissement, c'est-à-dire l'application de la politique générale de sécurité et des textes réglementaires en vigueur dans les différents domaines de la sécurité,
- de contrôler que la sécurité est correctement assurée dans toutes les installations implantées sur le site,
- d'apporter les prestations de sécurité aux départements et aux directions implantées, aux établissements hébergés dans des conditions définies chaque fois que nécessaire par des conventions ou protocoles locales avec les chefs de départements ou d'établissements des filiales implantés.

Pour cela il est assisté :

- par des unités spécialisées : la Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires (CSMN), la Cellule Qualité, Sécurité et Environnement (CQSE), le Service de Protection contre les Rayonnements (SPR), la Formation Locale de Sécurité (FLS), le Service de Santé du Travail (SST), le Laboratoire d'Analyses de Biologie Médicale (LABM) et l'Unité de Communication et Affaires Publiques (UCAP),
- par des services qui participent à la sécurité du fait de leurs activités spécifiques ou des moyens dont ils disposent : le Service Technique et Logistique (STL), le Service des Technologies de l'Information et de la Communication (STIC), le Service de Gestion et de Traitement des Déchets (SGTD) et le Service Métiers Conduite de Projets (SMCP) pour les questions relatives à l'alimentation électrique du Centre,
- par des organes consultatifs, notamment le Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT).

Les effectifs et moyens de ces différentes unités permettent de constituer des équipes d'intervention pluridisciplinaires, dans certains cas, la Direction pouvant décider de faire appel à des équipes d'intervention extérieures.

Chaque bâtiment du Centre est placé sous la responsabilité d'un Chef d'Installation, celui-ci :

- est responsable de l'ensemble des mesures de sécurité à prendre dans son Installation. Il a autorité dans son installation en matière de sécurité,
- est assisté par un Ingénieur de Sécurité d'Installation qui peut lui-même (en fonction de la taille ou des risques de l'installation), coordonner l'action d'animateurs de sécurité,
- établit et maintient à jour la liste et l'ordre de succession des personnes ayant qualité pour intervenir en cas d'accident dans son Installation.

Le Centre est découpé en secteurs d'alerte, les communications en cas de crise s'établissent entre le Directeur du Centre et chacun des chefs de secteurs au moyen du réseau de haut-parleurs de commandement. Chaque chef de secteur a la responsabilité de faire appliquer dans les bâtiments composant son secteur, les mesures correspondant à la configuration d'alerte dans laquelle se trouve son secteur, celles-ci peuvent aller de la simple mise à l'abri des personnes à l'intérieur des bâtiments jusqu'à l'évacuation des bâtiments.

### 7.1.3 Organisation en cas de crise

En cas d'accident, une organisation locale de crise est mise en place au niveau du Centre, elle comprend les structures suivantes :

- le Poste de Commandement Direction Local (PCD-L) qui est dirigé par le Directeur du Centre (ou son représentant) seul responsable des décisions à prendre pour assurer la sûreté des installations, l'information des Autorités et des Pouvoirs Publics, la protection des personnes présentes sur le Centre, et pour limiter les conséquences dans l'environnement,
- l'Equipe Technique de Crise Locale (ETC-L) qui exerce ses compétences en matière de sûreté et de connaissance des installations et qui communique au PCD-L la synthèse de l'évaluation de son équipe et de l'Equipe Contrôle (EC),
- l'Equipe Contrôle (EC) qui a à sa charge les mesures radiologiques et les calculs de conséquence dans l'environnement,
- l'Equipe Mouvement (EM) qui est chargée :
  - d'assurer la logistique interne du Centre,
  - de coordonner les mouvements de personnes présentes sur le Centre en termes de regroupement et d'évacuation,
  - de fournir après accord du PCD-L, les moyens et prestations demandés par l'installation sinistrée,
- la Cellule de Communication Locale qui est chargée de préparer la communication autour de la crise destinée au public et aux médias locaux,
- la Cellule de Presse Locale qui est chargée de réaliser l'information du public et des médias locaux,
- le Poste de Commandement Local (PCL) placé dans ou à proximité de l'installation sinistrée, est chargé d'assurer les fonctions de conduite et de sauvegarde de l'installation.

### 7.1.4 Modalités de déclenchement et de diffusion de l'alerte

#### 7.1.4.1 Alerte au niveau de l'installation accidentée et du site

Le Chef d'Installation dispose d'une information donnée par des alarmes qui, pour certaines d'entr'elles, sont visualisées et identifiées sur un poste informatique de regroupement des alarmes et reportées :

- soit vers le PC Sécurité, 24h/24h,
- soit vers la permanence du Service de Protection Radiologique, pour les alarmes relatives à la radioprotection.

Le Chef d'Installation en heures ouvrables (ou le cadre de Permanence pour Motif de Sécurité (PMS) en dehors des heures ouvrables) prévient le Directeur du Centre (ou le Cadre d'Astreinte de Direction) :

- lorsque le développement et/ou les conséquences d'un sinistre en rendent la gestion délicate ou simplement inhabituelle,
- lorsque les conséquences d'un sinistre pourraient ne plus être maîtrisées,
- lorsque les conséquences ou la gestion d'un sinistre impacte une installation voisine,
- lorsque la gestion du sinistre nécessite de faire appel à des renforts ou à des moyens centralisés.

MASURCA fait l'objet d'une PMS, en dehors des heures ouvrables, effectuée par un agent d'exploitation. En cas d'alarme, l'agent de PMS peut prévenir le chef d'installation et répondre aux sollicitations du PC sécurité qui gère les remontées d'alarme pour établir un premier diagnostic.

La diffusion de l'état d'alerte sur l'ensemble du site peut se faire :

- au moyen d'une sirène à son modulé, appelée « sirène PUI »,
- au moyen de messages transmis depuis le Poste de Commandement de la Direction Local (PCD-L) vers les secteurs d'alerte qui retransmettent à l'ensemble des bâtiments composant les secteurs.

#### 7.1.4.2 Déclenchement des dispositifs d'urgence relevant du PUI et alerte des organismes officiels

La décision de déclencher le PUI appartient exclusivement au Directeur du Centre ou à son représentant.

Lorsque le Directeur ou son représentant décide de mobiliser l'organisation de crise, l'appel de l'ensemble des membres de l'organisation de crise se fait via un système d'appel automatique complété par des appels téléphoniques.

Des dispositions sont mises en place pour l'alerte des interlocuteurs extérieurs au site :

- la Direction Générale du CEA,
- les pouvoirs publics : Préfecture des Bouches du Rhône, Sous Préfet d'Aix-en-Provence et DREAL,
- l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), qui a en charge l'information de l'IRSN,
- l'Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense (ASND),
- la gendarmerie, le SDIS.

Ces procédures d'alerte s'appliquent à toutes les installations du Centre, y compris celles qui ne sont pas CEA.

#### 7.1.4.3 Alerte relative à l'environnement proche du site

Les entreprises, établissements et populations environnantes sont alertés, sans délai, en cas de déclenchement du PPI, et ce, sous la responsabilité du Préfet.

Les maires des sept communes (Beaumont-de-Pertuis, Corbières, Ginasservis, Jouques, Rians, Saint-Paul-lez-Durance et Vinon-sur-Verdon) inscrites dans le périmètre du PPI sont informées du déclenchement du PUI et de son évolution.

Le sinistre, son développement, ses conséquences, sa gestion font l'objet d'une communication externe de la part du CEA vers le public et les médias.

### **7.1.5 Exercices et formations**

Les activités concernant la formation et l'entraînement du personnel à la sécurité comprennent des séances d'instruction et des exercices destinés à informer le personnel de la conduite à tenir en cas d'incident, d'accident ou de sinistre.

#### 7.1.5.1 Exercices particuliers dans les installations

L'entraînement du personnel aux interventions courantes est assuré par l'exécution d'exercices particuliers, ces exercices font intervenir :

- le personnel de l'installation,
- l'Equipe Locale de Premier Secours (ELPS) du bâtiment ou, à défaut, les secouristes de l'installation,
- les équipes d'intervention du Centre.

Ces exercices permettent de contrôler :

- l'application des règles d'intervention,
- la diffusion intérieure et extérieure de l'alerte,
- l'action de l'Equipe Locale de Premier Secours du bâtiment,
- l'action des équipes d'intervention du Centre,
- la coordination des actions.

#### 7.1.5.2 Exercices généraux

Ces exercices font intervenir, en plus du personnel d'une ou plusieurs installations supposées sinistrées, l'organisation de gestion de crise du Centre et mettent en œuvre les moyens des Services d'Intervention ; certains de ces exercices sont organisés au niveau national en liaison avec l'autorité de sûreté et les préfetures.

Ils ont pour but de vérifier l'application des instructions et consignes dans le cadre du PUI du Centre et en particulier :

- la bonne diffusion des ordres à tous les secteurs d'alerte,
- la mise en sécurité des installations,
- la mise en œuvre des moyens de transport pour l'évacuation du personnel,
- la mise en place des moyens de contrôle du personnel provenant des installations évacuées.

Les exercices de criticité qui permettent de vérifier l'application des dispositions d'alerte particulière au risque criticité font partie de ces exercices.

#### 7.1.5.3 Formation du personnel à la sécurité

La formation du personnel à la sécurité comprend plusieurs volets :

- la formation initiale à la sécurité qui comprend le suivi d'une formation générale à la sécurité organisée par le Centre et le suivi de la formation à la sécurité au poste de travail organisée par le Chef d'Installation (cette formation sur le terrain est renouvelée à chaque changement de poste ou en cas de modification de celui-ci),
- la formation spécifique à la sécurité : en fonction des risques liés aux activités de son poste de travail, une personne pourra être amenée à suivre un stage consacré à la prévention d'un risque particulier (risque chimique, conduite d'appareils de levage, habilitations électriques, prévention du risque radiologique, risque du sodium, ...) ; il existe également des stages spécifiques à certaines fonctions dont le suivi est obligatoire : Chef d'Installation, Ingénieur de Sécurité d'Installation, ... ,
- la « semaine de sécurité » organisée par le Chef d'Installation. Cette formation a lieu une fois par an sur chaque installation. Elle comprend en général :
  - des exposés généraux sur la prévention des risques rencontrés dans l'installation,
  - un exercice de sécurité,
  - une séquence d'entraînement à l'utilisation d'extincteurs.

#### 7.1.5.4 Formation des acteurs de la gestion de crise

L'ensemble des acteurs de la gestion de crise bénéficie d'une formation spécifique à la gestion de crise à l'occasion de leur prise de fonction et ensuite, de façon périodique.

#### 7.1.6 **Contrôles techniques de sécurité**

Les matériels utilisés dans le cadre des interventions ainsi que les réseaux de diffusion d'ordres font l'objet de contrôles techniques de sécurité dont la périodicité est définie, soit par la réglementation en vigueur, soit par des dispositions internes au Centre.

## 7.2 **Robustesse des moyens disponibles**

### 7.2.1 **Moyens d'intervention**

#### 7.2.1.1 Dissémination de matières radioactives

Les mesures générales de protection du personnel, en cas d'accident entraînant un risque radiologique, sont les suivantes :

- interdiction de circulation sur le site sauf pour les équipes participant à l'organisation des secours,
- interdiction d'entrée et de sortie du site, sauf autorisation spéciale du Directeur,
- balisage de la zone sinistrée,
- gardiennage de la zone sinistrée,
- mise à l'abri du personnel se trouvant à l'extérieur des bâtiments,
- mise en place dans chaque bâtiment des mesures de protection du personnel,
- évacuation immédiate des secteurs se trouvant en zone dangereuse,
- préparation à une éventuelle évacuation des secteurs se trouvant en zone suspecte,
- mise en œuvre des moyens de protection individuelle du personnel (masques, tenues de protection ...),
- contrôle et pré-décontamination du personnel,
- décontamination du personnel,
- contrôle des véhicules de transport du personnel,
- regroupement du personnel pour son transport vers les localités d'habitations.

Par ailleurs, le Service de Protection Radiologique (SPR) dispose de moyens de mesures « embarqués » qui permettront, de façon urgente et limitée, d'établir un premier relevé de mesures radiologiques dans les lieux jugés les plus pertinents en situation accidentelle, compte tenu des conditions météorologiques.

#### 7.2.1.2 Alimentations électriques de secours

Les INB sont équipées de sources d'énergie autonomes de secours (groupe électrogène, onduleurs, batteries) et disposent également de prises de raccordement externes dans le cas où il serait nécessaire d'avoir recours à une source d'alimentation électrique mobile.

Le bâtiment abritant le PC sécurité et une partie des équipements de téléalarme est équipé de deux groupes électrogènes, d'onduleurs et de batteries. En cas de défaillance d'un groupe, un délestage automatique est réalisé sur des circuits non indispensables.

Le bâtiment abritant le système de communication des équipes d'intervention est équipé d'un groupe électrogène à démarrage automatique

En cas de perte totale des alimentations électriques, c'est-à-dire en cas de perte des alimentations externes du Centre cumulée avec la perte des sources internes de secours des installations, le Centre dispose d'un parc de Groupes Electrogènes Mobiles (GEM) qui

sont affectés aux installations selon un ordre de priorité défini en fonction de l'importance pour la sûreté des équipements devant être réalimentés. **Pour MASURCA, seul un GEM d'une puissance minimum de 25 kVA est nécessaire pour assurer la surveillance de l'installation (cf. §. 6).**

Le centre dispose de deux cuves de fuel d'un volume unitaire de 540 m<sup>3</sup> fuel destinées au fonctionnement des groupes électrogènes.

### 7.2.2 Gestion de crise au niveau du Centre en cas de séisme

Concernant les situations accidentelles susceptibles de résulter d'un séisme :

- le centre sera accessible à partir du réseau routier extérieur, en effet, un séisme impactant la vallée de la Durance, ne devrait pas impacter le Var,
- le centre dispose des outils permettant d'assurer la détection d'un séisme et donner l'alerte,
- le réseau de voirie interne sera praticable avec des véhicules « tout terrain »,
- des moyens de communications seront disponibles après séisme : téléphones satellitaires pour les communications vers l'extérieur, réseau hertzien dimensionné au séisme pour les communications à l'intérieur du Centre,
- des groupes électrogènes mobiles seront disponibles après séisme,
- les moyens de radioprotection mobiles sont disponibles dans les INB dimensionnées au séisme,
- afin d'éviter des risques d'électrocutions ou d'incendies, la coupure de l'alimentation électrique du centre peut être assurée par Réseau de Transport d'Electricité (RTE) sur demande du Centre de Cadarache,
- une étude de vulnérabilité a mis en évidence que la disponibilité après séisme d'un certain nombre de bâtiments abritant des moyens communs aux installations n'est pas acquise,
- les salariés d'astreinte hors du centre ne seront pas forcément en mesure de rejoindre le centre.

**Deux configurations sont, à ce jour, envisagées pour la gestion de crise :**

- une gestion de crise nominale avec armement d'un poste de commandement dédié et la mise en œuvre des moyens généraux non dégradés par le séisme ou disponibles,
- une gestion de crise dégradée avec quelques salariés pouvant donner des informations sur l'état des installations au Centre de Coordination en cas de Crise (CCC) qui assurera, au niveau national, la gestion de crise en faisant intervenir des moyens extérieurs.

**Des moyens d'intervention spécifiques peuvent être mobilisés au niveau du GIE INTRA (Groupement d'Intérêt Economique « INTervention Robotique sur Accident ») en cas de séisme ; en effet le GIE INTRA est un groupement dont les parts sont détenues par EDF, CEA et AREVA qui peut être mise en alerte par l'un ou l'autre de ses membres en cas de gestion de crise.**

### 7.2.3 Gestion de crise au niveau de MASURCA en cas de séisme

Les interventions sur l'installation visent à maîtriser l'accident, en limiter les conséquences, ramener l'installation dans un état de sûreté et de sécurité satisfaisants, ainsi que de porter secours aux victimes.

Une procédure propre à MASURCA a été mise en place afin de définir les premières actions à réaliser en cas de séisme :

- état de repli à atteindre immédiatement après séisme,
- moyens humains et matériels nécessaires pour atteindre cet état,
- opérations d'investigations pour évaluer la situation et pour prendre des mesures conservatoires afin d'assurer le maintien à l'état sûr de l'installation dans la durée.

Les actions à mener sont fonction de l'intensité du séisme. 2 niveaux de séisme ont été pris en considération : un séisme « faible » et un séisme « fort ».

Dans le cas d'un séisme « faible », les bâtiments de l'installation sont supposés être en état après séisme. L'ensemble des fonctions restant opérationnelles. Les actions préconisées vont consister à vérifier cette hypothèse par des inspections ciblées sur les points jugés sensibles.

Un séisme « fort » est susceptible de causer des dommages significatifs sur l'installation, avec l'hypothèse que de nombreuses fonctions sont devenues inopérantes. Les actions préconisées vont consister à réaliser des actions de sauvegarde visant à empêcher une éventuelle aggravation du sinistre (incendie, explosion, effondrement, fuites, ...).

En fonction de l'intensité du séisme les actions à réaliser sont indiquées ci-après :

- organiser l'évacuation du personnel présent non nécessaire à la suite des opérations : message d'évacuation, regroupement, vérification du personnel, embarquement. Recueillir auprès de la FLS les informations sur le niveau de séisme et les dégâts extérieurs à l'INB et les communiquer au personnel.
- tester le bon fonctionnement des moyens de communication (Réseau de Diffusion générale, réseau téléphonique normal, ligne directe entre l'INB et le PC-FLS, réseau CEA-Net et fax),
- en cas d'alarme criticité, se rapprocher des bâtiments et des locaux concernés par le risque de criticité, avec l'assistance d'un agent SPR muni d'un appareil de mesure du niveau d'irradiation, dans l'objectif de localiser l'origine de l'alarme et définir les conditions d'intervention ultérieures,
- consulter au local téléalarme (BCC), l'existence de remontée d'alarme et s'assurer de leur bonne prise en compte par la FLS,
- consulter dans les différents locaux les reports d'alarme liés à la surveillance radiologique et au bon fonctionnement des infrastructures (circuits de ventilation, alimentation électriques, ...),
- procéder à la coupure des alimentations électriques et à la coupure des différents circuits fluides et gaz,
- procéder à une inspection générale de tous les locaux accessibles de l'installation en présence d'un agent SPR, avec accompagnement de la FLS si nécessaire,
- effectuer une visite complète à l'extérieur et dans les bâtiments pour effectuer des mesures des niveaux radiologiques (contamination et irradiation), noter toute dégradation et fissure, vérifier visuellement l'état des équipements, vérifier l'absence de fuites (rupture de canalisation), le non départ de feu et la tenue des cuves à effluents.

Après réalisation de ces actions qui auront permis d'établir un premier diagnostic radiologique et de l'état de l'installation ainsi que les premières actions de sauvegarde, si nécessaire, des actions plus conséquentes, fonctions de la nature et de la gravité des dommages subis par l'installation, seront effectuées :

- en cas de dommages sévères susceptibles de remettre en cause le zonage radiologique, celui-ci sera redéfini avec les moyens de l'installation ou, en cas d'indisponibilité de ceux-ci, à l'aide de moyens de radioprotection mobiles,
- sur la base des résultats de ces mesures et des risques résiduels, un périmètre de sécurité sera établi,
- les actions permettant de limiter, voire éviter la contamination de l'environnement seront effectuées.

L'installation s'appuie sur les moyens du centre qui seront sollicités en tant que de besoin. Ces moyens feront l'objet d'une évaluation complémentaire de sûreté du Centre qui sera finalisée en septembre 2012. Selon la gravité de l'accident, le PUI voire le PPI seront activés (cf. paragraphe 7.1).

En cas de nécessité, le Directeur du Centre peut prendre la décision de faire appel à des équipes spécialisées externes afin d'organiser l'intervention la mieux adaptée (assistance pour une intervention robotisée en milieu très radioactif : établissement de l'état des lieux, surveillance des matériels, réalisation de manœuvres et de terrassements pour déblaiement des accès de l'installation, ...).

### 7.3 Mesure envisagées compte tenu de l'impact des installations environnantes sur l'installation MASURCA

#### 7.3.1 Impacts des installations environnantes sur l'INB MASURCA

L'implantation de MASURCA à l'intérieur du site de Cadarache est présentée sur la Figure 19.

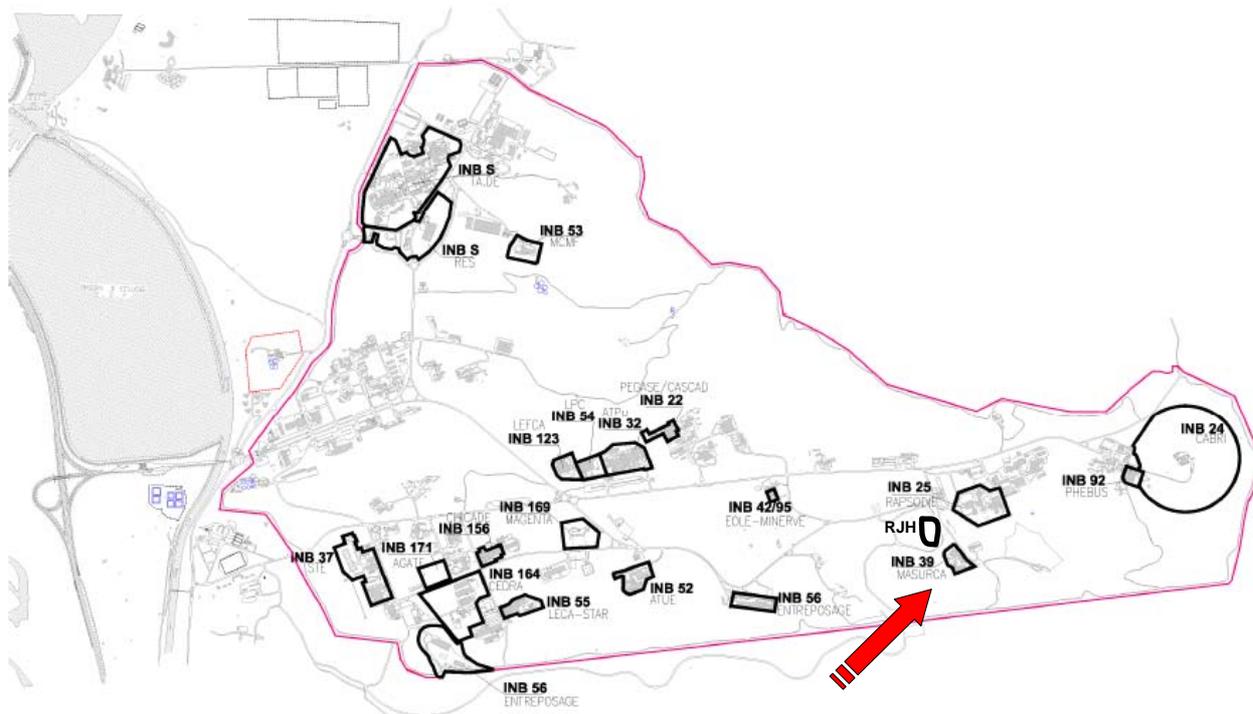


Figure 19 : carte du site de Cadarache et de l'environnement de MASURCA

Les INB situées dans le voisinage proche sont :

- le réacteur Jules Horowitz (RJH), en cours de construction, situé à environ 200 mètres,
- le réacteur expérimental RAPSODIE (INB 25) situé à environ 330 mètres,
- le réacteur expérimental PHEBUS (INB 92) situé à environ 1 kilomètre,
- le réacteur expérimental CABRI (INB 24) situé à environ 1 kilomètre,
- le réacteur expérimental EOLE (INB 42) situé à environ 1 kilomètre,
- le réacteur expérimental MINERVE (INB 95) situé à environ 1 kilomètre,
- le parc d'entreposage des déchets radioactifs (INB 56) situé à environ 1 kilomètre.

Des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont également présentes à proximité de l'INB MASURCA (Madère, TOTEM,...).

Pour chacune de ces INB, le référentiel de sûreté de l'installation en vigueur présente le ou les scénarios de référence et analyse les éventuelles conséquences associées vis-à-vis de la sûreté de l'INB MASURCA. Ces éléments sont présentés dans le paragraphe ci-dessous.

#### Réacteur Jules Horowitz

Ce réacteur est en cours de construction et n'a pas d'impact sur la sûreté de l'INB MASURCA.

#### Réacteur expérimental RAPSODIE (INB 25)

L'INB 25 est constituée :

- d'un réacteur à neutrons rapides (RAPSODIE) arrêté depuis 1983 en cours d'assainissement ; tous les équipements de l'enceinte de confinement du bâtiment Réacteur sont encore en place et la cuve du réacteur est maintenue confinée avec une quantité de sodium résiduelle,
- d'un Laboratoire de Découpage et d'examen après irradiation des Assemblages Combustibles (LDAC) regroupant des cellules blindées, en cours d'assainissement.

Tous les déchets sodium contaminés ont été entreposés dans un hall d'entreposage dans l'attente de leur traitement ultérieur.

Les activités menées dans l'INB 25 concernent principalement des opérations d'assainissement et de dépose d'équipements particuliers (puits de lavage, réseaux de ventilation, ...).

Les conséquences radiologiques des accidents considérés ne portent pas atteinte à la sûreté de l'installation MASURCA.

#### Réacteur expérimental Phébus (INB 92)

L'installation expérimentale se compose :

- d'un réacteur de type piscine, d'une puissance de 40 MW, qui alimente en neutrons le combustible d'essai placé dans une cellule située au centre du réacteur,
- d'un caisson expérimental étanche de 350 m<sup>3</sup> contenant la réplique au 1/5000<sup>ème</sup> des principaux éléments d'un Réacteur à Eau sous Pression (REP),
- d'une importante instrumentation (plus de 150 capteurs) permettant de suivre l'évolution des différents paramètres : températures, débits, pressions, concentrations et nature des Produits de Fission (PF).

Ce réacteur est actuellement arrêté.

Les conséquences radiologiques des accidents considérés ne portent pas atteinte à la sûreté de l'installation MASURCA.

#### Réacteur expérimental CABRI (INB 24)

CABRI est un réacteur de recherche qui permet de reproduire au niveau d'aiguilles ou de crayons combustibles, les effets d'une situation accidentelle. Il est constitué :

- d'un cœur nourricier d'une puissance maximale de 25 MW en régime permanent, refroidi par de l'eau circulant à 5 m/s (réacteur de type piscine) muni d'un nombre total de 76 crayons,
- d'une boucle d'essai contenant le combustible d'essai à étudier. La boucle d'origine en sodium a été remplacée par une boucle d'essai à eau sous pression, afin de réaliser des excursions de puissance et des simulations d'accident de perte de réfrigérant primaire dans des conditions thermohydrauliques représentatives en particulier des Réacteurs à Eau sous Pression (REP).

Les conséquences radiologiques de l'accident considéré ne portent pas atteinte à la sûreté de l'installation MASURCA.

#### Réacteurs expérimentaux Eole (INB 42) et Minerve (INB 95)

Ces 2 réacteurs sont situés dans un bâtiment commun.

Le réacteur EOLE est destiné aux études neutroniques de réseaux modérés, en particulier ceux des REP et des Réacteurs à Eau Bouillante (REB) industriels.

L'installation expérimentale se compose :

- d'un bloc pile dont les protections biologiques permettent un fonctionnement jusqu'à 100 W de puissance,
- d'une cuve cylindrique, surmontée d'une virole en acier, pouvant contenir différents types de cœur et les structures associées,
- de circuits d'eau permettant le remplissage, la vidange et l'introduction de bore dans le modérateur, ainsi que le contrôle de la température de ce dernier de 5 à 90°C,
- d'équipements informatisés pour la réalisation et le dépouillement des mesures (mesures par chambre à fission, gamma scanning, mesures de bruit neutronique, ...).

Le réacteur MINERVE est destiné aux études neutroniques de réseaux combustibles des différentes filières de réacteurs nucléaires.

L'installation expérimentale se compose :

- d'un réacteur de type piscine, d'une puissance maximale de 100 W et refroidi par convection naturelle,
- d'une cuve parallélépipédique de 140 m<sup>3</sup> en acier dans laquelle est immergé le cœur, lui-même constitué d'une zone nourricière et d'une zone centrale expérimentale,
- d'un circuit d'eau déminéralisée utilisé comme modérateur,
- d'un oscillateur imprimant un mouvement périodique vertical entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité centrale,
- d'un pilote automatique rotatif calibré à secteur de cadmium compensant la variation de réactivité de l'échantillon à caractériser.

Les conséquences radiologiques de l'accident considéré (commun aux 2 INB) ne portent pas atteinte à la sûreté de l'installation MASURCA.

#### Parc d'entreposage des déchets radioactifs (INB 56)

Le parc d'entreposage des déchets radioactifs se compose de deux zones distinctes géographiquement. La zone de stockage, seule zone susceptible d'impacter la sûreté de MASURCA, comprend 11 hangars, 3 piscines, 6 fosses et un atelier de décontamination,

La principale vocation de cette installation est l'entreposage des déchets solides radioactifs provenant du fonctionnement ou du démantèlement d'installations nucléaires, dont les caractéristiques ne correspondent pas aux spécifications de prise en charge par l'ANDRA.

Les conséquences radiologiques des accidents considérés ne portent pas atteinte à la sûreté de l'installation MASURCA.

#### ICPE situées à proximité de MASURCA

Les ICPE situées à proximité de MASURCA, n'ont pas d'impact sur la sûreté de l'INB.

**En conclusion, les accidents considérés pour les installations environnantes à MASURCA, n'ont pas d'impact ou ont un impact négligeable sur la sûreté de l'INB MASURCA. Aucune disposition particulière vis-à-vis du risque d'impact des installations environnantes n'est donc nécessaire.**

A ce stade des évaluations complémentaires de sûreté, aucune installation environnante n'impacte la sûreté de MASURCA. Des dispositions particulières pourront être définies, le cas échéant.

#### **7.3.2 Impact des installations du Centre sur les mesures à mettre à œuvre dans le cadre de la gestion de crise**

Dans le cadre de la présente évaluation, un ensemble de mesures et de moyens à mettre en œuvre par le Centre ont été défini afin de gérer les situations de crise :

- acheminement des GEM,
- intervention de la FLS,
- interventions des équipes d'astreinte.

Au travers des études complémentaires de sûreté du Centre qui seront réalisées à l'échéance du 15 septembre 2012, il sera vérifié le non impact des installations du Centre sur la faisabilité des mesures et la disponibilité des moyens nécessaires à l'installation MASURCA. Le cas échéant des dispositions complémentaires seront mises en place si nécessaire.

En cas de situation accidentelle sur l'Atelier de Technologie de Plutonium (ATPu) impactant la route principale d'acheminement des moyens d'intervention nécessaires à MASURCA (GEM, ...), une route secondaire située plus au Sud et suffisamment éloignée de l'ATPu, peut alors être utilisée.

## 8. CONDITIONS DE RECOURS AUX ENTREPRISES PRESTATAIRES

Le recours à la sous-traitance est un acte normal d'entreprise, consistant à faire faire ce qu'on ne sait pas faire, ce que d'autres savent mieux faire ou ce qu'on ne peut pas faire en temps utile ou avec les moyens dont on dispose. Toutefois au CEA, il revêt un caractère sensible du fait qu'il implique des tiers dans le fonctionnement ou les activités de l'établissement public et dans l'exploitation d'installations réglementées, notamment dans le domaine nucléaire. Il est donc indispensable que le recours à la sous-traitance soit convenablement maîtrisé, ce qui nécessite un encadrement adéquat, en matière de sûreté et de sécurité ainsi que sur les plans juridique et technique, et qu'il fasse l'objet d'un suivi et d'un contrôle rigoureux.

La décision de faire appel à une entreprise extérieure fait dorénavant l'objet préalablement d'une analyse sur les risques et les modalités de l'opération et sur son intérêt économique pour le CEA.

Un marché de sous-traitance ne peut être confié qu'à une entreprise présentant les compétences requises par le cahier des charges, dotée de la technicité et disposant des moyens en rapport avec la nature et l'importance des tâches objet de la prestation ainsi que de l'organisation de nature à satisfaire les exigences du CEA en matière de sûreté et de sécurité. Cette dernière condition fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des décideurs, tant lors de la définition des besoins, que de la sélection des offres et de l'exécution du marché.

Pour l'attribution des marchés de sous-traitance, le CEA applique le principe du mieux-disant, consistant à choisir l'offre qui présente les meilleures garanties de bon achèvement tout en étant économiquement avantageuse, c'est-à-dire celle qui est le plus en adéquation avec ses besoins et respecte au mieux, à un coût raisonnable, les exigences requises, notamment en matière de sécurité et de sûreté. A cette fin, la prestation sous-traitée fait l'objet, avant la procédure de mise en concurrence (appel d'offre, dialogue compétitif, ...), d'un cahier des charges définissant précisément les besoins de l'unité, les conditions posées à l'attribution du marché, les exigences établies, notamment en matière de sûreté, et le résultat attendu.

L'entreprise sous-traitante retenue par le CEA, doit, au cas où elle recourt elle-même à des entreprises sous-traitantes, respecter les règles fixées par les conditions générales d'achat du CEA et en particulier obtenir un accord écrit et préalable du CEA pour ce faire.

Par ailleurs, la situation de la sous-traitance, avec ou sans intervention de personnel d'entreprises extérieures, fait l'objet d'une information annuelle des Comités d'établissement et du Comité National, conformément aux articles L. 2323-55 et R. 2323-11 du code du travail. En cas de primo-sous-traitance, il y a également consultation du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail.

### 8.1 Champs d'activité

Il existe trois types de prescriptions auxquels l'INB MASURCA peut recourir en faisant appel à des entreprises extérieures :

- les prestations globales du centre réalisées par des entreprises extérieures dont les contrats sont gérés par les unités support du centre de Cadarache (Ex : contrat électromécanique, équipements de radioprotection, équipements de téléalarme, ...),
- les marchés spécifiques passés par une unité autre que l'installation (ex : le projet de rénovation), mais intervenant sur MASURCA,
- les prestations passées par des prescripteurs de l'installation.

Certaines compétences propre à l'exploitation de l'installation ne sont pas sous-traitées (ex. : conduite du réacteur, gestion des magasins...).

## 8.2 Modalités de choix des prestataires

L'article 4 de l'arrêté du 10 août 1984 dispose que « l'exploitant, responsable de la sûreté de l'installation, est de ce fait responsable de l'application des dispositions du présent arrêté relatives aux activités concernées par la qualité. Pour les activités concernées par la qualité exercées par les prestataires, l'exploitant veille à ce que les contrats incluent la notification à ces prestataires des dispositions permettant l'application du présent arrêté.

L'exploitant exerce ou fait exercer sur tous les prestataires une surveillance permettant de s'assurer de l'application par ceux-ci des dispositions ainsi notifiées. En particulier, il veille à ce que les biens ou services fournis fassent l'objet de contrôles permettant de vérifier leur conformité à la demande. »

La circulaire du 10 août 1984 précise les termes de l'arrêté. Elle précise notamment que la surveillance exercée sur les prestataires doit commencer au moment où ils sont choisis. Ce choix est effectué notamment sur la base d'une évaluation des aptitudes à fournir des biens ou services répondant aux exigences du client, que celui-ci soit l'exploitant lui-même ou l'un des prestataires, dans le cadre de l'application des dispositions de l'arrêté. Cette évaluation se fonde notamment sur la capacité technique du prestataire et l'organisation mise en place pour obtenir et maintenir la qualité de sa prestation.

En matière d'évaluation préalable des fournisseurs, le CEA dispose de deux outils.

### Des procédures d'évaluation des fournisseurs

Ces procédures locales d'évaluation des fournisseurs permettent aux Directeurs de centres :

- de répondre aux exigences de la norme ISO 9001 et à celles de l'arrêté qualité en consolidant au plan transverse les positions locales adoptées par les unités,
- d'améliorer la surveillance de nos prestataires en traçant leurs performances et le suivi des actions d'amélioration qu'ils mettent en œuvre,
- de rendre accessibles les données et résultats au plus grand nombre.

Les données recueillies permettent de connaître les caractéristiques des entreprises dans les domaines juridique, financier, technique (domaines de compétences, moyens humains et techniques), organisationnel (qualité, sécurité), commercial (contrats conclus avec le CEA et avec d'autres clients). Elles permettent également d'évaluer les prestations (services, fournitures et travaux) réalisées par les entreprises dans le cadre d'un contrat sur la base de six critères, à savoir la conformité technique par rapport au cahier des charges, le respect des coûts, le respect des délais, le respect de la réglementation (notamment l'environnement, la sécurité, la radioprotection et la sûreté), la remise de la documentation prévue par le contrat et la qualité du service client.

Ce recueil de données permet de contribuer au choix des fournisseurs, en mutualisant le travail d'évaluation effectué sur tous les aspects de la réalisation des prestations.

### La Commission d'Acceptation des Entreprises en Assainissement Radioactif (CAEAR)

Les opérations d'assainissement radioactif et de démantèlement sont des opérations qui induisent des risques spécifiques pour le CEA et pour ses prestataires. Pour prendre en compte ces risques, le CEA pratique une sélection des entreprises et prononce, après examen d'un dossier et réalisation d'un audit, une acceptation dans les domaines de l'assainissement ou du démantèlement. Ce dispositif permet de s'assurer préalablement à tout contrat avec une entreprise appelée à réaliser une prestation concernant l'assainissement et le démantèlement :

- de sa connaissance du métier,
- de la gestion des compétences de son personnel,
- de sa prise en compte de la sûreté et de la sécurité.

Des pages spécifiques sur les sites internet et intranet du CEA ont été mises en ligne pour informer les entreprises, les prescripteurs d'achats et les services commerciaux dans le respect des principes d'ouverture, d'équité et de transparence des procédures commerciales ; elles permettent de télécharger tous les documents nécessaires au fonctionnement du dispositif.

La procédure d'acceptation se déroule en cinq étapes :

- le renseignement du questionnaire d'évaluation préalable par l'entreprise candidate ;
- l'étude de recevabilité, qui en cas d'issue favorable, conduit à la réalisation d'un audit d'évaluation ;
- la réunion du comité technique ;
- la décision de la commission ;
- le suivi et le renouvellement de l'acceptation.

L'acceptation est accordée pour une durée maximale de 3 ans et par agence. Elle est délivrée de façon spécifique pour des domaines précis et bornés. L'élargissement des domaines concernés à des opérations de conduite d'installation est en cours d'examen.

Le système d'acceptation de la CAEAR permet ainsi de qualifier les entreprises respectant les exigences du CEA dans le cadre des opérations d'assainissement et de démantèlement. Il constitue un moyen de surveiller et de maîtriser les prestataires intervenant dans ces domaines qui sont appelés à avoir un développement important dans les prochaines années. La CAEAR permet une présélection des prestataires en fonction de critères de sécurité, de technicité, de compétence des opérateurs. Elle permet également de rechercher un partage des objectifs de sécurité avec les entreprises, une production de déchets optimisée,... Elle contribue à maintenir et à développer la qualification des intervenants, et une meilleure intégration de la sûreté et de la sécurité dans le savoir-faire des entreprises.

Des programmes d'audits des fournisseurs et prestataires sont également élaborés et réalisés par chaque centre.

L'étape finale de la phase de consultation conduit à retenir un prestataire. Ce choix est réalisé suivant des critères de dépouillement énoncés dans le Règlement de Consultation, tenant compte, notamment, du prix, des capacités techniques du prestataire, des résultats qualité et sécurité et de l'organisation de son entreprise. Pour chaque offre remise par les soumissionnaires, qui donneront suite à un rapport de dépouillement, une validation de l'installation est faite, avant transmission du rapport au service commercial du Centre de Cadarache.

### **8.3 Dispositions prises pour maîtriser les conditions d'intervention**

Les obligations de sécurité que doivent respecter les titulaires de marché et leurs sous-traitants en application du code du travail (en matière de santé et de sécurité au travail, notamment de radioprotection) et du code de la défense (en matière d'accès aux installations d'importance vitale, de protection et de contrôle des matières nucléaires, de protection du secret de la défense nationale) sont joints aux marchés passés par le CEA. Les modalités retenues par les soumissionnaires pour respecter ces obligations font partie des critères de choix des entreprises.

Lors d'une intervention d'une ou plusieurs entreprises sur un site pour des travaux, le CEA en sa qualité d'entreprise utilisatrice, assure la coordination générale des mesures de prévention qu'il prend et de celles prises par le chef de l'entreprise extérieure. En conformité avec la réglementation, il définit et s'assure de la mise en œuvre des règles et dispositions prises au titre de la prévention des risques. Ces règles ont pour but de prévenir les risques liés à l'interférence entre les activités, les installations et matériels des différentes entreprises présentes sur un même lieu de travail occupées ou non à une même opération.

En préalable à toute intervention de travailleurs d'entreprises extérieures, une inspection commune des lieux de travail, des installations et matériels qui s'y trouvent permet d'échanger toutes les informations nécessaires à la prévention des risques, notamment la description des travaux à accomplir, des matériels utilisés et des modes opératoires dès lors qu'ils ont une incidence sur la santé et la sécurité. L'analyse de ces informations permet de mener une analyse des risques d'interférence, et de définir les mesures de prévention associées à ces risques. En matière de radioprotection, l'article R. 4451-8 du code du travail précise que « chaque chef d'entreprise est responsable de l'application des mesures de prévention nécessaires à la protection des travailleurs qu'il emploie ». En application de cet article, l'entreprise extérieure doit posséder ses propres compétences en radioprotection et doit être capable de fournir une prestation radioprotection vis-à-vis de son personnel à la hauteur des risques radiologiques présents sur le lieu de la prestation.

Le chef d'installation du CEA exerce son autorité en matière de sécurité dans le périmètre de son installation, sans préjudice des responsabilités de l'employeur des intervenants. Il est chargé de mettre en œuvre les actions nécessaires à la maîtrise des risques inhérents à son installation et aux travaux qui y sont réalisés.

En matière de radioprotection, il s'appuie sur l'expertise technique du Service Compétent en Radioprotection (SCR) du CEA, à savoir le Service de Protection contre les Rayonnements ionisants (SPR), et il coordonne les interactions entre le SCR et l'entreprise extérieure.

La personne compétente en radioprotection de l'entreprise extérieure (PCR/EE) assure l'ensemble des missions prévues par le code du travail pour le compte de l'EE, en s'appuyant sur les informations fournies par les salariés de son entreprise et par le CEA. Ses prestations sont fixées par le contrat qui précise sa présence en permanence sur le site ou à certains moments (inspection commune préalable, plan de prévention, réunions périodiques de suivi, retour d'expérience en fin de prestation...).

La PCR/EE a la possibilité de se faire représenter sur le lieu de la prestation par un ou plusieurs techniciens qualifiés en radioprotection (TQRP). Les modalités de cette représentation doivent être acceptées par le CEA.

Outre les dispositions réglementaires relatives à son personnel, la PCR/EE agit sous la responsabilité de son employeur et a la responsabilité de mettre en œuvre les actions liées à la radioprotection définies notamment dans le cahier des charges, le contrat, le plan de prévention et, le cas échéant, la convention signée avec le CEA.

Le SCR/CEA veille au respect des exigences définies dans le cahier des charges ; il participe à la réunion d'inspection commune et au plan de prévention et accompagne, dans l'installation et avant le début de leur prestation, les salariés de l'entreprise extérieure, la PCR/EE et le TQRP/EE et leur présente les risques radiologiques spécifiques à l'installation. Il s'assure que la PCR/EE et son représentant se sont appropriés le référentiel de radioprotection visé dans le cahier des charges et le plan de prévention et procède, en accord avec le Chef d'installation, aux contrôles nécessaires, sur la base d'un échantillonnage, permettant de garantir que l'EE met en œuvre les mesures de radioprotection qu'elle a la responsabilité d'appliquer. Il peut suspendre la prestation de l'EE à tout moment dès lors qu'il constate un risque avéré.

Conformément au principe d'équivalence : les dispositions de protection radiologique et le niveau de surveillance du personnel sont les mêmes pour tous les travailleurs exposés (CEA et entreprises extérieures).

#### **8.4 Modalités de surveillance**

Le recours à la sous-traitance implique du CEA un suivi spécifique, tout aussi rigoureux que la gestion d'une activité interne, mais dans la limite des responsabilités contractuelles et réglementaires du titulaire du marché et de ses sous-traitants éventuels. Ce suivi s'exerce dans tous les domaines concernant l'exécution du marché (sûreté, sécurité, juridique, technique, social...) et fait intervenir, en tant que de besoin, les unités de support des centres.

Le CEA veille également à ce que l'entreprise prestataire (et ses sous-traitants éventuels) aient mis en place une organisation adaptée à la nature de la prestation et aux obligations de l'entreprise, et permettant de répondre aux objectifs de sûreté et de sécurité.

L'unité concernée du CEA doit veiller au respect des règles de sûreté et de sécurité par les entreprises sous-traitantes. En cas de non-respect de ces règles, elle dispose du droit d'arrêter unilatéralement la prestation ou de suspendre le marché et d'exiger qu'il soit porté remède à la situation dans les meilleurs délais sous la responsabilité de l'entreprise. Elle peut également lui appliquer des pénalités financières spécifiques.

#### **8.4.1 Suivi des prestations**

La surveillance « en continu » de la prestation par l'installation est effectuée comme suit :

- le chargé d'affaire s'assure du bon déroulement de la prestation,
- le chargé d'affaire s'assure que les opérations sont bien conduites dans le respect des référentiels de sûreté et de sécurité en vigueur. En tant que de besoin, des visites de sûreté et de sécurité sont organisées par l'installation,
- le CEA peut commanditer un audit du prestataire (auditeurs CEA ou cabinet d'audit) afin de s'assurer que l'organisation mise en place par celui-ci est conforme aux directives de l'Arrêté Qualité et ainsi satisfait aux exigences de l'exploitant,

Tout au long de la prestation, l'installation est également en contact avec le prestataire par le biais de réunions (d'enclenchement, de suivi, ponctuelles et de clôture).

#### **8.4.2 Surveillance des interventions sur site**

Le chargé d'affaire est responsable du bon déroulement des travaux sur le plan sûreté, radioprotection, sécurité et technique (il s'assure notamment que les consignes de sécurité sont respectées).

Le chargé d'affaire supervise l'intervention et rend compte au Chef d'Installation et/ou au Chef du Laboratoire de toute difficulté rencontrée par l'entreprise (ex. : non-conformité, interface avec d'autres entreprises, arrêt de chantier pour raisons techniques : indisponibilité du circuit, déconsignation électrique ...).

En cas d'incident sur l'installation, il rend compte immédiatement au Chef d'installation. De même, en cas de non respect des dispositions de sûreté, sécurité, radioprotection, qualité et/ou environnement, le chargé d'affaire prévient immédiatement la personne de l'installation compétente dans le(s) domaine(s) concerné(s).

L'ingénieur sécurité de l'installation fait des visites régulières et inopinées sur tous les chantiers pour s'assurer du respect des dispositions de sécurité de l'installation ou spécifiques à leurs propres travaux, consignées dans le plan de prévention, dans l'additif au plan de prévention, dans le bon d'intervention ou dans le bon de travail.

## 9. SYNTHESE

A la demande de l'ASN, le CEA a mené une évaluation complémentaire de la sûreté de l'installation MASURCA, au regard de l'accident survenu à la Centrale de Fukushima Daiichi. Conformément au cahier des charges de l'ASN, cette évaluation a été conduite sur la base des études existantes et du jugement d'ingénieur. Elle a permis d'identifier des études ou dispositions complémentaires qui peuvent être envisagées pour améliorer la robustesse de l'installation face à des situations extrêmes. Ces actions, rappelées ci-après, pourraient être mises en œuvre au regard de l'amélioration qu'elles seraient susceptibles d'apporter en termes de prévention, de résistance, ou de gestion des accidents.

### 9.1 Bilan de l'évaluation complémentaire de la sûreté

La présente évaluation complémentaire de sûreté a porté sur l'installation actuelle, telle que construite et exploitée au 30 juin 2011, c'est-à-dire avec un cœur déchargé de toute matière nucléaire. L'installation est dans cette configuration jusqu'à la fin de la rénovation prévue en 2017.

Dans cette configuration, le réacteur est à l'arrêt et il ne sera réalisé aucune constitution d'assemblage.

L'évaluation a donc porté sur le Bâtiment de Stockage et de Manutention (BSM) qui est le seul concerné par les risques d'effet falaise.

Une évaluation complémentaire spécifique de l'installation dans sa configuration rénovée sera conduite dans le cadre de l'instruction du dossier relatif au projet de rénovation.

#### **Bilan de l'évaluation des risques d'effet falaise**

##### Risque séisme :

Le seul effet falaise identifié sur MASURCA est dû à un effondrement partiel ou total du BSM induit pour un niveau de séisme de l'ordre de celui du SMS (Séisme Majoré de Sécurité) de l'installation et pouvant conduire à une des conséquences ci-après :

- une dissémination de matières radioactives dans l'environnement supérieure à celle prise en compte dans le PUI, suite à la dégradation de barrière(s) de confinement statique (gaine des éléments de simulation neutronique, génie civil du BSM),
- un accident de criticité induit par la perte de la géométrie initiale des équipements d'entreposage (columbariums, coffrets, casiers), qui aurait pour conséquence de possibles dégradations complémentaires de gainages par élévation de température, une dissémination plus importante de matières radioactives, ainsi qu'une forte émission de neutrons, de rayonnement  $\gamma$  et de produits de fission.

En ce qui concerne l'accident de criticité potentiel, les calculs réalisés mettent en évidence la présence de marges significatives de déformation des structures de stockage, cependant, il n'est pas possible de garantir totalement la maîtrise de la sous-criticité et notamment la conservation de l'intégrité des dispositifs de stockage du MG1, au-delà d'un niveau de séisme de l'ordre de celui du SMS de l'installation.

##### Risque inondation :

Après prise en compte des situations pouvant conduire à un risque inondation, l'analyse des conditions extrêmes de ces phénomènes montre qu'aucun effet falaise n'est identifié en cas d'inondation même largement plus importante que celle prise en compte pour le dimensionnement :

- les matières nucléaires du BSM sont toujours maintenues hors d'eau,
- la configuration des entreposages est telle qu'il n'y a pas de risque de criticité même si les matières venaient à être partiellement ou totalement ennoyées,

- aucun effet falaise n'est à craindre d'une éventuelle perte des alimentations électriques induite par une inondation.

Autres phénomènes naturels extrêmes :

Les conditions météorologiques extrêmes liées à l'inondation (vents violents, grêle, foudre) ne présentent pas de risque d'effet de falaise.

De même, il n'a pas été identifié d'effet falaise supplémentaire en cas de cumul d'un séisme dépassant le niveau de séisme pour lequel l'installation ou certains ouvrages (barrages, canal de Provence) sont dimensionnés avec une inondation induite dépassant le niveau d'eau pour lequel l'installation est dimensionnée.

Perte des alimentations électriques :

La perte de toutes les alimentations électriques n'entraîne pas d'effet falaise.

**Conditions de recours aux entreprises prestataires**

L'examen des conditions de recours aux entreprises prestataires a permis d'évaluer leur champ d'activité, les modalités de choix de ces entreprises, leurs conditions d'intervention et la surveillance effectuée par le CEA.

Cet examen n'a pas mis en évidence de difficulté particulière. En particulier, en matière de radioprotection, il y a équivalence des dispositions opérationnelles entre les salariés des entreprises extérieures et ceux du CEA.

**9.2 Evaluation de propositions de dispositions complémentaires qui pourraient être mises en place au regard de l'amélioration qu'elles seraient susceptibles d'apporter en termes de résistance des composants, de renforcement de l'indépendance entre les différents niveaux de défense de l'installation ou de gestion de l'accident.**

La présente évaluation conforte la décision, prise dans le cadre du dernier réexamen de sûreté, de construire un nouveau bâtiment, répondant aux exigences de tenue sismique actuelles (RFS 2001-01), et permettant l'entreposage pérenne d'éléments fissiles et sodium de l'installation MASURCA. La construction de ce bâtiment fait partie intégrante du projet de rénovation. Sa mise en service est prévue fin 2017.

Dans l'attente de cette échéance, les dispositions suivantes sont envisagées :

- la vidange et l'isolement des circuits d'eau de ville et d'eau glacée dans le BSM, pour limiter au seul circuit d'eau chaude (0,5 m<sup>3</sup>) la quantité d'eau pouvant être répandue dans ce bâtiment en cas de rupture de canalisation suite à un séisme,
- la mise à niveau des systèmes de collecte et d'évacuation des eaux de pluie, si cela s'avère nécessaire à l'issue des études de réévaluation en cours,
- l'inversion de la forme de pente de l'aire de manœuvre des camions, localisée au nord du BSM, pour favoriser l'écoulement gravitaire des eaux de pluie vers l'aval de l'installation MASURCA.

Enfin, pendant la construction et dans l'attente de la mise en service du nouveau bâtiment d'entreposage de MASURCA, il est décidé le transfert et l'entreposage temporaire des matières fissiles dans une autre installation (MAGENTA).