**Expertise de l'IFSN sur la
demande d'autorisation générale
d'EKKM AG**

Projet de construction pour la
centrale nucléaire de remplacement de Mühleberg

Broug, septembre 2010

Editeur

Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
Téléphone +41(0)56 460 84 00
Téléfax +41(0)56 460 84 99

Commandes auprès de

Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
ou par e-mail
info@ensi.ch

Consultable sous

www.ensi.ch

Sommaire

1 Introduction

- 1.1 Présentation
- 1.2 Informations sur le requérant
- 1.3 Pièces fournies
- 1.4 Importance de la procédure d'autorisation générale
- 1.5 Délimitation des procédures d'autorisation de construire et d'exploiter
- 1.6 Critères d'évaluation
- 1.7 Composition de l'expertise
- 1.8 Etapes de l'élaboration de l'expertise

2 But et grandes lignes du projet de construction

- 2.1 But du projet
- 2.2 Informations sur le site et l'aire de la centrale
- 2.3 Informations sur l'installation planifiée
- 2.4 Principes de conception et de dimensionnement

3 Gestion du projet

- 3.1 Organisation du projet
- 3.2 Gestion de la qualité

4 Caractéristiques et risques du site

- 4.1 Caractéristiques du site
 - 4.1.1 Géographie et répartition de la population
 - 4.1.2 Voies de transport et installations industrielles
 - 4.1.3 Logistique et installation du chantier
 - 4.1.4 Météorologie
 - 4.1.5 Hydrologie et eaux souterraines
 - 4.1.6 Géologie, sol de fondation et sismique
 - 4.1.7 Raccordement au réseau électrique
 - 4.1.8 Infrastructure de protection incendie
- 4.2 Risques potentiels spécifiques au site
 - 4.2.1 Sélection des événements et des risques
 - 4.2.2 Séismes
 - 4.2.3 Inondation externe
 - 4.2.4 Chute d'avion
 - 4.2.5 Vents extrêmes et tornades
 - 4.2.6 Autres risques spécifiques au site
- 4.3 Résumé de l'évaluation de l'aptitude du site

- 5 Radioprotection**
 - 5.1 Justification, limitation et optimisation
 - 5.2 Valeur directrice de dose liée à la source
 - 5.3 Exposition au rayonnement prévisible à l'intérieur et au voisinage de l'installation
 - 5.4 Protection en cas d'urgence

- 6 Aspects humains et organisationnels**
 - 6.1 Développement de l'organisation pour l'exploitation de la centrale nucléaire
 - 6.2 Prise en compte des facteurs humains pour le développement de l'installation

- 7 Sûreté**
 - 7.1 Caractéristiques du site pour la sûreté
 - 7.2 Hypothèses de risque
 - 7.3 Mesures architecturales, techniques, organisationnelles et administratives

- 8 Concept de désaffectation**

- 9 Gestion des déchets**

- 10 Evaluation globale**

- 11 Dispositions préconisées**

- 12 Indications de l'IFSN**

- 13 Références**

Annexe
Table des abréviations

Liste des figures

- Figure 2.3-1 Exemple de plan de situation d'une installation nucléaire dotée d'un EPR et d'une tour de refroidissement hybride sur le site de Niederruntigen (source: RS CNRM)
- Figure 2.3-2 Exemple de plan de situation d'une installation nucléaire dotée d'un EPR et de deux tours de refroidissement hybrides sur le site de Niederruntigen (source: RS CNRM)
- Figure 4.1-1 Carte tectonique de la région de site intégrant les séismes connus (source: RS CNRM), FS = Structure de Fribourg, LL = Faille de La-Lance
- Figure 4.1-2 Carte structurale de la base du Tertiaire dans la région du site, fondée sur les évaluations sismiques (modifiée d'après [34])
- Figure 4.1-3 Localisation des séismes en Suisse et dans les régions limitrophes, extrait du catalogue des tremblements de terre du Service sismologique suisse (SED) couvrant la période de 1000 à 2007 (source RS CNRM).
- Figure 4.1-4 Carte des épacentres du bassin molassique occidental, recensés entre 1984 et 2003, d'une magnitude $M_w > 1$ (source: RS CNRM)

Liste des tableaux

- Tableau 2.3-1 Dimensions des bâtiments les plus importants de la CNRM (source: RS CNRM)
- Tableau 4.1-1 Installations industrielles situées dans un rayon de 8,5 km autour du site de la CNRM (source: RS CNRM)
- Tableau 4.1-2 Scénarios considérés pour les voies de transport au sol avec rayons d'action correspondants et évaluation (source: RS CNRM)

1 Introduction

1.1 Présentation

Le 4 décembre 2008, la société Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG) a soumis à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) la demande d'autorisation générale pour le nouveau projet de construction de la centrale nucléaire de remplacement de Mühleberg (CNRM) [1]. Cette demande a pour objet le projet de construction d'un réacteur à eau légère d'une puissance électrique de 1450 MW avec une marge de tolérance de +/- 20% environ sur le site de Niederruntigen (Mühleberg, canton de Berne), au nord-est de l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg.

En sa qualité d'autorité de surveillance compétente de la Confédération, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) doit réaliser une expertise concernant les questions de la sécurité et de la sûreté nucléaires, protection contre le rayonnement, désaffectation des centrales et évacuation des déchets radioactifs comprises. L'expertise servira de base à la décision du Conseil fédéral sur l'octroi de l'autorisation générale.

1.2 Informations sur le requérant

Le requérant est la EKKM AG dont le siège est à Mühleberg BE, société filiale commune aux Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse AG (NOK), à la BWK FMB Energie SA (BWK) et à la Centralschweizerische Kraftwerke AG (CKW). EKKM AG a mandaté la société Resun AG, Aarau, pour la réalisation des études de projet pour la CNRM, élaboration de la demande d'autorisation générale comprise. Resun AG, qui est elle aussi une filiale des trois entreprises susmentionnées, est une société qui a été créée pour planifier le remplacement des centrales nucléaires de Beznau et de Mühleberg. Les entreprises qui participent au nouveau projet de construction de la CNRM disposent d'une longue expérience en matière de projet, de construction et d'exploitation des centrales nucléaires.

Ces informations se réfèrent à la date de la première soumission des pièces de la requête de décembre 2008. Depuis le 1^{er} octobre 2009, NOK a une nouvelle raison sociale, Axpo AG.

1.3 Pièces fournies

La société EKKM AG a fourni à l'OFEN les pièces requises conformément à l'art. 23 de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire du 10 décembre 2004 (OENu, [10]), dont les quatre rapports que doit expertiser l'IFSN:

- Rapport de sécurité [2]
- Rapport de sûreté [3]
- Concept de désaffectation [6]
- Justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs [7].

Le requérant a fourni en plus un rapport d'impact sur l'environnement [4] ainsi qu'un rapport relatif à la concordance avec l'aménagement du territoire [5]. Ces deux rapports ne font pas l'objet de la présente expertise; ils seront analysés par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE).

1.4 Importance de la procédure d'autorisation générale

L'autorisation générale permet de décider des questions fondamentales et politiquement importantes qui se posent dans le contexte de la nouvelle construction d'une centrale nucléaire. Elle est la condition à l'autorisation de construire et d'exploiter.

L'autorisation générale fixe les éléments les plus importants des installations planifiées, à savoir le détenteur de l'autorisation, le site et le but de l'installation, les grandes lignes du projet, ainsi que la limite maximale d'exposition aux radiations des personnes vivant aux alentours de l'installation (cf. art. 14 de la loi sur l'énergie nucléaire du 21 mars 2003 (LENu, [8]); message du Conseil fédéral relatif à la loi sur l'énergie nucléaire [9], FF 2001 III 2766). Les grandes lignes du projet concernent l'indication approximative de la taille et de l'implantation des constructions, le système du réacteur (réacteur à eau légère ou à eau lourde), sa classe de puissance et son système de refroidissement principal (refroidissement direct par eau fluviale ou tour de refroidissement).

Pour le droit nucléaire, l'octroi d'une autorisation générale suppose la garantie de la protection des personnes et de l'environnement, l'existence d'un concept de désaffectation et la démonstration de l'évacuation des déchets radioactifs produits (art. 13 LENu; message du Conseil fédéral relatif à la loi sur l'énergie nucléaire [9], FF 2001 III 2764 ss.). Ces conditions sont en partie les mêmes que pour l'octroi d'une autorisation de construire et d'une autorisation d'exploiter; elles seront toutefois démontrées et vérifiées plus en détail dans les procédures d'autorisation ultérieures, sur la base de la conception concrète de l'installation.

Les conditions d'autorisation dans le droit nucléaire appellent les remarques suivantes:

L'assurance de la protection des personnes et de l'environnement doit être vérifiée aux trois étapes de l'autorisation. Dans la procédure d'autorisation générale, l'examen se limite à savoir si l'installation projetée dans ses grandes lignes est susceptible d'être construite et exploitée sur le site prévu de sorte que la protection des personnes et de l'environnement soit assurée. Au niveau de la réalisation des détails, cela suppose notamment que les dispositions déterminantes sur la protection radiologique de la population, du personnel exploitant et de l'environnement peuvent être respectées tant en fonctionnement normal qu'en cas de défaillances. L'autorisation générale met en avant des questions fondamentales concernant l'aptitude du site, par exemple la géologie, la sismique, l'hydrologie ou la faisabilité de principe de mesures de protection d'urgence. On peut déduire des caractéristiques du site les risques que court l'installation du fait de défaillances externes (séisme ou inondation), ainsi que la conception de l'installation requise contre ces risques. Au cours des étapes suivantes de l'autorisation, l'attention se déplacera pour se focaliser sur des aspects spécifiques à l'installation.

Concernant la désaffectation de l'installation, la procédure d'autorisation générale ne requiert que des réflexions fondamentales au niveau du concept. Un examen approfondi est réalisé pour la procédure d'autorisation de construire où le requérant doit présenter un plan de désaffectation concret précisant le concept de désaffectation.

Le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs est examiné enfin dans la procédure d'autorisation générale. On ne demande néanmoins aucune preuve stricte de l'emmagasinage possible des déchets radioactifs dans un dépôt géologique profond existant ou concrètement projeté. Il s'agit plutôt d'indiquer des approches très vraisemblablement possibles, les incertitudes encore présentes ne pouvant pas remettre en question la faisabilité de principe [9]. Dans ce contexte, on mentionnera que le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» [121] inclut les volumes de déchets radioactifs que produira plus tard la centrale nucléaire de remplacement de Mühleberg.

1.5 Délimitation des procédures d'autorisation de construire et d'exploiter

Conformément aux informations du chapitre précédent, on évalue dans la procédure d'autorisation générale les aspects fondamentaux de la nouvelle construction d'une centrale nucléaire (art. 14 LENu). Pour l'IFSN, l'élément central de cette phase d'autorisation consiste dans l'évaluation des caractéristiques du site. On ne présentera d'abord que les grandes lignes de l'installation projetée; la conception concrète de l'installation sera évaluée dans les procédures d'autorisation ultérieures. Au niveau de l'autorisation générale, les déclarations des pièces fournies montrent de ce fait fréquemment – notamment dans le contexte de la conception de l'installation projetée – un caractère de déclaration d'intention qui esquisse grossièrement comment respecter les spécifications à observer dans les procédures d'autorisation de construire et d'exploiter. De telles déclarations sont d'autant plus indiquées qu'elles permettent de détecter à temps et de corriger des lacunes fondamentales au niveau déjà du concept. Dans ce sens et dans le cadre de l'élaboration de la présente expertise, l'IFSN a vérifié la plausibilité des déclarations d'intention qui sont d'une importante capitale pour la poursuite du projet, ainsi que leur cohérence de principe avec les spécifications légales et officielles à observer. Mais l'IFSN indique qu'une évaluation définitive sur la base des pièces détaillées à fournir par le requérant devra se faire dans les procédures d'autorisation ultérieures.

1.6 Critères d'évaluation

La législation sur l'énergie nucléaire délimite le contenu de l'autorisation générale, les pièces que doit fournir le requérant, la procédure déterminante pour l'octroi de l'autorisation, ainsi que les conditions d'autorisation. Les conditions d'autorisation du droit nucléaire faisant foi dans la procédure d'autorisation générale ne sont pas plus concrétisées dans la législation. Mais en principe, on respecte déjà dans la procédure d'autorisation générale les dispositions de la législation sur l'énergie nucléaire et sur la radioprotection, qui sont applicables à la construction et à l'exploitation de centrales nucléaires. Et cela d'autant plus, qu'il faut vérifier si la centrale nucléaire projetée peut (une fois construite et en service) respecter les spécifications légales. Comme seuls les éléments les plus importants de l'installation sont fixés dans l'autorisation générale, la vérification reste plutôt sommaire dans de nombreux domaines. Les procédures d'autorisation ultérieures se réservent un examen détaillé.

Pour l'évaluation du nouveau projet de construction de centrale nucléaire présenté, l'IFSN se base d'abord sur la législation relative à l'énergie nucléaire et à la radioprotection, à savoir:

- la loi sur l'énergie nucléaire (LENu) du 21 mars 2003 [8]
- l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu) du 10 décembre 2004 [10]
- la loi sur la radioprotection (LRaP) du 22 mars 1991 [12]
- l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP) du 22 juin 1994 [13]

Les directives de l'IFSN concrétisant les exigences légales de lois et d'ordonnances servent aussi de bases d'évaluation.

De nouveaux projets de centrales nucléaires doivent être conformes à l'état de la science et de la technique (art. 4 LENu, cf. aussi message du Conseil fédéral relatif à la loi sur l'énergie nucléaire [9], FF 2001 III 2758). Comme divers aspects à analyser dans la procédure d'autorisation générale - notamment l'aptitude du site - n'ont pas de spécifications concrètes dans le système de règles (national), l'état de la science et de la technique prend une grande importance en tant que base d'évaluation.

L'état de la technique est déterminé notamment par:

- Les normes techniques suisses et étrangères reconnues, comme par exemple les normes européennes (NE), les normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), de l'Institut allemand de normalisation (DIN), de l'International Electrotechnical Commission (IEC), de l'Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), etc.
- Les règlements nucléaires de pays jouissant d'une longue expérience dans la construction et l'exploitation de centrales nucléaires, comme par exemple le Boiler and Pressure Code de l'American Society of Mechanical Engineers (ASME) et les règles du deutscher Kerntechnischer Ausschuss (KTA).
- Les recommandations de commissions internationales comme l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission internationale de protection radiologique (CIPR).
- L'état de la technique dans les centrales nucléaires nouvellement construites ou en projet à l'étranger.

Il faut comprendre par l'état de la science les résultats de la recherche qui sont généralement reconnus.

Les bases d'évaluation concrètes sont présentées de manière spécifique dans chacun des chapitres de la présente expertise.

1.7 Composition de l'expertise

Le chapitre 1 de la présente expertise comprend des informations générales sur le requérant, les pièces fournies, la procédure d'autorisation et l'élaboration de l'expertise, ainsi que sur les critères d'évaluation généraux dont l'IFSN doit tenir compte dans l'évaluation des informations du requérant.

Le chapitre 2 traite du but et des grandes lignes du nouveau projet de construction de la CNRM. Il donne des informations fondamentales sur l'installation planifiée et sa conception prévue. Le chapitre 3 aborde les thèmes de l'organisation du projet et de la gestion de la qualité de la société EKKM AG dans l'élaboration des pièces à fournir pour la demande d'autorisation générale et pour les phases ultérieures du projet. Les chapitres 4.1 et 4.2, qui sont d'une importance capitale pour la demande d'autorisation générale, analysent en détail les caractéristiques du site et les risques externes importants pour le site. Les risques spécifiques au site influenceront le dimensionnement ultérieur de la CNRM. Les chapitres 5 et 6 abordent la radioprotection ainsi que les aspects humains et organisationnels.

Le rapport de sûreté présenté comme un document séparé par la société EKKM AG fait l'objet du chapitre 7. Les informations sur la sûreté, requises pour l'octroi d'une autorisation générale, sont très largement génériques et ne nécessitent donc pas la confidentialité. En plus de la sûreté, EKKM AG s'occupe aussi de la désaffectation et de l'évacuation des déchets dans des rapports indépendants. Les informations correspondantes sont évaluées aux chapitres 8 et 9. Une évaluation globale de l'IFSN sur les thèmes expertisés se trouve au chapitre 10. Le chapitre 11 rassemble les dispositions préconisées par l'IFSN à l'attention de l'autorité compétente en matière d'autorisation. Le chapitre 12 réunit les indications que donne l'IFSN et dont il faudra tenir compte dans les procédures d'autorisation ultérieures.

Les chapitres dans lesquels les déclarations du requérant sont évaluées par l'IFSN se composent de:

- l'exposé récapitulatif des faits sous l'angle du requérant («informations du requérant»)
- la liste des bases d'évaluation utilisées («bases de l'évaluation»)
- la prise de position de l'IFSN («évaluation de l'IFSN»), avec éventuellement proposition de disposition et/ou indication.

On qualifie d'«indications» les analyses approfondies du requérant, demandées dans l'expertise et n'ayant pas la valeur de disposition. Ces indications ne concernent donc pas des faits importants pour la procédure d'autorisation générale ou dont la réalisation est importante pour l'octroi d'une autorisation générale. Ce sont plutôt des indications dont le requérant doit tenir compte au cours des procédures d'autorisation ultérieures et dont la réalisation sera vérifiée par l'IFSN.

1.8 Etapes de l'élaboration de l'expertise

La vérification des pièces d'EKKM AG par l'IFSN ainsi que l'élaboration de l'expertise se sont déroulées conformément aux étapes suivantes:

1. Soumission des rapports sur la demande d'autorisation générale d'EKKM AG le 4 décembre 2008 auprès de l'Office fédéral de l'énergie OFEN.
2. Examen sommaire des pièces par l'IFSN et ses experts externes (Basler & Hofmann, Service Sismologique Suisse (SED) de l'EPFZ, MétéoSuisse, Dr. von Moos AG) et notification des résultats de cet examen sommaire à l'OFEN et EKKM AG le 30 avril 2009.
3. Révision des pièces par EKKM AG en fonction des résultats de l'examen sommaire et nouvelle soumission des pièces le 30 octobre 2009.
4. Elaboration des contributions d'expertise: vérification de la prise en compte des commentaires de l'examen sommaire, contrôle et résumé des informations du requérant, énoncé des bases d'évaluation et évaluation technique par les sections spécialisées compétentes de l'IFSN avec la participation déterminante des experts externes mentionnés ci-dessus.
5. Réunion des contributions d'expertise en un projet d'expertise et rédaction de ce projet.
6. Examen et commentaire du projet d'expertise par la direction de l'IFSN et fixation des dispositions préconisées.
7. Notification du projet d'expertise à EKKM AG pour vérifier si les informations d'EKKM AG figurant dans le rapport de sécurité de l'IFSN ont été citées et rassemblées correctement dans le projet d'expertise. Notification du projet à l'OFEN pour information.
8. Notification du projet d'expertise à la Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN) pour préparer sa prise de position sur la demande d'autorisation générale de la CNRM.
9. Examen, évaluation et prise en compte des propositions d'amélioration de la CSN et d'EKKM AG.
10. Rédaction finale et impression de l'expertise de l'IFSN (septembre/octobre 2010).

2 But et grandes lignes du projet de construction

2.1 But du projet

Informations du requérant

La société EKKM AG indique que le but du nouveau projet de construction est l'exploitation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité, manipulation des produits nucléaires, conditionnement et stockage intermédiaire des déchets radioactifs de sa propre installation ou d'autres installations nucléaires suisses compris. La fourniture de chaleur industrielle ou à distance est un but optionnel.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 14 al. 1 litt. c LENU, le but de l'installation est défini dans l'autorisation générale. Conformément à l'art. 23 litt. a ch. 2 OENU, le but de l'installation figure dans le rapport de sécurité qui fait partie des pièces à fournir pour l'autorisation générale.

Evaluation de l'IFSN

Dans le rapport de sécurité, le requérant a établi que la CNRM devait viser, en plus de la production d'électricité, la manipulation de produits nucléaires, y compris le conditionnement et le stockage de déchets radioactifs de sa propre installation ou d'autres installations suisses, et en option la fourniture de chaleur industrielle ou à distance. Le rapport de sécurité donne ainsi les indications nécessaires conformément à l'art. 23 litt. a ch. 2 OENU, pour fixer le but de l'installation à construire conformément à l'art. 14 al. 1 litt. c LENU. Le but prévu de l'installation n'est pas évalué par l'IFSN, vu que cette dernière se prononce exclusivement sur les aspects de sécurité et de sûreté du site et de l'installation.

2.2 Informations sur le site et l'aire de la centrale

Informations du requérant

Le site prévu pour la CNRM est une zone directement en amont de l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg et porte le nom le Niederruntigen. Elle est située sur la rive gauche de l'Aar, à environ 1 km en aval de la centrale hydraulique de Mühleberg et 12 km à l'ouest de la ville de Berne. Elle s'étend de la rive de l'Aar à la forêt de Runtigenrain au sud, à une altitude de 465 à 490 m. Le Runtigenrain culmine à quelque 560 m d'altitude.

La surface en sol requise est de 15 à 20 ha. Tous les terrains dont on a besoin sont la propriété de FMB BKW.

L'autoroute A1 passe à environ 1km, la route cantonale T1 à 1,5 km au sud de la zone. Le site n'a pas de voie ferrée. La ligne de chemin de fer la plus proche est à 4 km au sud.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 14 al. 1 litt. b LENu, l'autorisation générale fixe le site de l'installation.

Evaluation de l'IFSN

Les informations du requérant permettent de fixer géographiquement le site de la CNRM. La surface en sol requise et les rapports de propriété actuels sont également donnés. Ainsi dispose-t-on des indications nécessaires pour, conformément à l'art. 14 al. 1 litt. b LENu, déterminer le site de l'installation dans l'autorisation générale.

L'évaluation détaillée des caractéristiques du site et du risque potentiel spécifique au site par l'IFSN figure aux chapitres 4.1 et 4.2 de la présente expertise.

2.3 Informations sur l'installation planifiée

Informations du requérant

Système de réacteur et classe de puissance

La société EKKM AG prévoit de construire un réacteur à eau légère sur le site de Niederruntigen. Le refroidissement et la modération du cœur du réacteur se feront donc avec de l'eau légère (H₂O). Le type de réacteur précis sera choisi lors de la préparation de la procédure d'autorisation de construire. On a au premier plan des types d'installation et des systèmes de réacteur des générations III et III+ qui, au niveau international, en sont déjà à la phase d'exploitation ou de réalisation, ou dont l'approbation par les autorités compétentes est déjà bien avancée. On renonce sciemment à la mise en place d'un prototype. Conformément à la LENu, la nouvelle installation sera conforme à l'état de la science et de la technique, et les mesures de protection requises dans cette même loi pour garantir la sécurité nucléaire seront prises selon des principes reconnus tant à l'échelle nationale qu'internationale.

La classe de puissance de la nouvelle installation s'élèvera à 1450 MW avec une marge de tolérance de +/- 20 % environ, la classe de puissance étant déterminée par la puissance injectée dans le réseau électrique (puissance nette).

Le réacteur pressurisé européen (EPR) sert d'installation de référence dans la description suivante des installations et des bâtiments du nouveau projet de construction de la CNRM. Cela s'applique aussi aux études sur l'aptitude du site, vu que ce type de réacteur est représentatif de la conception d'une installation moderne de réacteur à eau légère. Le requérant explique cependant que cette procédure n'est pas une pré-décision pour le choix ultérieur du système de réacteur ou du fournisseur d'installation.

Système de refroidissement principal

On prévoit pour le refroidissement principal de la CNRM un circuit de refroidissement avec une tour de refroidissement hybride d'environ 60 m de haut, fonctionnant avec du courant d'air forcé ainsi que selon le principe du refroidissement combiné sec et humide. Le requérant étudie une variante avec deux tours de refroidissement. Dans la tour de refroidissement hybride, le courant d'air humide venant de la partie humide de la tour est mélangé à un deuxième courant d'air venant de sa partie sèche et réchauffé au-dessus du point de condensation; on évite ainsi la traînée de vapeur visible de la tour de refroidissement. La vapeur rejetée par la tour sera cependant visible dans certaines conditions météorologiques,

notamment par temps froid et humide. Avec le mode de refroidissement prévu, l'air ambiant est le principal dissipateur thermique. L'eau réchauffée lors du refroidissement du condenseur est refroidie par transfert de chaleur à l'air froid et par évaporation d'une quantité partielle d'eau dans la tour de refroidissement. La partie principale de l'eau est recueillie dans le bassin de la tour de refroidissement et renvoyée au condenseur. Les pertes d'eau du circuit de refroidissement, dues à l'évaporation, sont compensées par l'apport d'eau additionnelle de l'Aar, tout comme les pertes d'eau qui résultent de la purge de l'eau du circuit. La quantité de cette eau additionnelle atteint environ 2 à 3 % du débit d'eau total du circuit de refroidissement principal. La conception des systèmes de refroidissement est conçue de sorte que les limites légales correspondantes puissent être respectées.

Dans ses considérations sur le refroidissement principal de la CNRM, le requérant a supposé une puissance électrique nette d'environ 1600 MW; la chaleur résiduelle devant être dissipée s'élève ainsi à environ 3000 MW. Une seule grande tour de refroidissement hybride ou deux plus petites permettent de dissiper cette puissance. Si une seule tour de refroidissement hybride est prévue, on partira d'un diamètre inférieur de 160 à 180 m pour une hauteur de 60 m maximum. Pour la variante avec deux tours de refroidissement hybride, le diamètre inférieur sera réduit à environ 130 m par tour de refroidissement pour une hauteur inchangée. Pour des installations d'une puissance électrique nette plus faible (1100 à 1400 MW), il suffira d'une seule tour de refroidissement d'un diamètre inférieur de 140 à 160 m. Pour estimer l'espace de construction disponible ainsi que des effets visuels et esthétiques, on s'est basé dans la demande d'autorisation générale sur les plus grandes dimensions.

Refroidissement auxiliaire et refroidissement d'urgence

Le refroidissement de systèmes et de composants dans le fonctionnement en puissance ainsi que la dissipation de la chaleur résiduelle pour un réacteur à l'arrêt se font par refroidissement auxiliaire. Le refroidissement auxiliaire passe par deux circuits de refroidissement successifs: un circuit de refroidissement intermédiaire surveillé radiologiquement qui refroidit les systèmes et les composants, un système de refroidissement complémentaire qui transfère la charge thermique à un dissipateur thermique. Les circuits de refroidissement intermédiaires et complémentaires importants pour la sécurité sont conçus de manière redondante, ce qui garantit un niveau de sécurité élevé et une grande disponibilité.

Le requérant indique que pour les types d'installation étudiés, la capacité des systèmes de refroidissement complémentaires est de 100 à 180 MW. Dans le fonctionnement en puissance, on aurait besoin de 20 à 40 MW pour évacuer la chaleur du refroidissement intermédiaire nucléaire. Cette chaleur peut être évacuée au moyen de tours de refroidissement cellulaires – humides ou hybrides – ou par refroidissement en circuit ouvert avec l'eau de la rivière. La variante à choisir est fixée dans le cadre de la demande d'autorisation de construire.

Le refroidissement d'urgence du réacteur en cas de défaillances de dimensionnement est conforme aux exigences de l'OENu en matière de redondance et de diversité. Les variantes de refroidissement complémentaire mentionnées ci-dessus peuvent servir de dissipateur thermique du refroidissement d'urgence dans quelques concepts d'installation étudiés. La société EKKM AG indique qu'un fonctionnement autarcique des systèmes de refroidissement d'urgence allant jusqu'à 72 heures est possible pour l'ensemble des technologies analysées; on utilisera dans ce but l'eau de refroidissement présente dans les bassins et les réservoirs de l'installation. On dispose ainsi en cas de besoin de suffisamment de temps pour installer un approvisionnement en eau alternatif, par exemple au moyen d'un réservoir d'eau prévu non loin de l'installation. Une autre possibilité de refroidissement d'urgence alternative réside

finalement aussi dans l'utilisation de l'eau souterraine sur le site, avec un débit de 500 l/min au moins.

Refroidissement de l'installation dans des conditions météorologiques extrêmes et lors du fonctionnement en parallèle de la CNRM et de la CNM

Le requérant a étudié aussi si le refroidissement de la CNRM serait assuré dans des conditions météorologiques extrêmes dues au réchauffement climatique. Ces études montrent que des conditions météorologiques extrêmes n'influenceront pas fondamentalement les paramètres du refroidissement et que la sécurité de l'installation n'en sera pas affectée.

Les études sur l'influence du fonctionnement de la CNRM sur le refroidissement de l'actuelle CNM montrent que le refroidissement principal de la CNM ne sera pas affecté en cas de fonctionnement en parallèle des deux installations (voir aussi le chapitre 4.1.5.1 de la présente expertise). Cette déclaration est valable aussi en cas de réchauffement climatique.

Implantation des constructions

EKKM AG a indiqué les dimensions approximatives des constructions principales; ces données figurent dans le tableau 2.3-1.

Concernant la disposition sur le site des constructions mentionnées, le requérant indique que l'implantation exacte varie selon le type d'installation considéré, mais que les installations de réacteur à eau légère offrent de nombreuses similitudes. L'implantation de constructions du type d'installation EPR, qui sert de base dans le présent projet, peut donc être considérée comme représentative. Les figures 2.3-1 (variante avec une tour de refroidissement) et 2.3-2 (variante avec deux tours de refroidissement) représentent les bâtiments centraux de la zone du réacteur et des turbines conformément à l'implantation standard du fournisseur.

La disposition des autres bâtiments (bureaux, atelier, station de pompage, etc.) est dictée notamment par des trajets et des conduits courts, ainsi que des processus et des déroulements sûrs et simples. Les emplacements des stations de pompage pour l'eau de refroidissement principale ou auxiliaire sont optimisés de sorte à maintenir des canalisations courtes entre l'Aar et la tour de refroidissement et entre cette dernière et le condenseur principal. Les dépôts intermédiaires pour déchets radioactifs et assemblages combustibles usés sont implantés au bord de l'installation; ils pourraient être clôturés séparément après la désaffectation de la CNRM.

Tableau 2.3-1

Dimensions des constructions principales de la CNRM (source : RS CNRM)

Construction	Longueur ou diamètre [m]	Largeur [m]	Hauteur [m]
Bâtiment réacteur	50-60	40-60	35-70
Salle des machines	80-120	40-60	40-50
1 tour de refroidissement	140-180	-	50-60
2 tours de refroidissement	120-140	-	50-60
Dépôt intermédiaire DHA	80-200	20-80	20-30
Dépôt intermédiaire DFMA	70-80	55-80	20-30
Cheminée d'évacuation	env. 10	-	80-130

Figure 2.3-1

Exemple de plan de situation d'une installation nucléaire dotée d'un EPR et d'une tour de refroidissement hybride sur le site de Niederruntigen (source: RS CNRM)

Légende:

TR	Tour de refroidissement
SM	Salle des machines
BR	Bâtiment réacteur
DFMA	Bâtiment de stockage de déchets de faible et de moyenne activité
DHA	Bâtiment de stockage de déchets de haute activité
SSt Est	Sous-station Est

Figure 2.3-2

Exemple de plan de situation d'une installation nucléaire dotée d'un EPR et de deux tours de refroidissement hybride sur le site de Niederruntigen (source: RS CNRM)

Légende:

TR	Tour de refroidissement
SM	Salle des machines
BR	Bâtiment réacteur
DFMA	Bâtiment de stockage de déchets de faible et de moyenne activité
DHA	Bâtiment de stockage de déchets de haute activité
SSt Est	Sous-station Est

Bases de l'évaluation

Les clauses légales de la LENu et de l'OENu régissent l'évaluation des informations d'EKKM AG sur l'installation planifiée, les systèmes d'eau de refroidissement et la planification de l'implantation. De plus, pour évaluer les informations du requérant, on recourt aussi aux annotations des articles de loi figurant dans le message relatif à la LENu [9].

Conformément à l'art. 14 al. 1 LENu, les grandes lignes du projet doivent être fixées dans la demande d'autorisation générale. L'art. 14 al. 2 LENu stipule par ailleurs que les grandes lignes du projet doivent comprendre l'indication approximative de la taille et de l'implantation des principales constructions, ainsi que le système du réacteur, la classe de puissance et le système de refroidissement principal de l'installation

Conformément à l'art. 23 litt. a ch. 2 OENu, le but du projet et ses grandes lignes doivent figurer dans les pièces fournies pour une autorisation générale.

Evaluation de l'IFSN

Le requérant a expliqué qu'il voulait construire sur le site de Niederruntigen près de Mühleberg un réacteur à eau légère doté d'un système de réacteur de la génération III ou III+. Dans les réacteurs à eau légère, la modulation et le refroidissement du cœur se font avec de l'eau ordinaire; le fluide caloporteur réchauffé peut alors être dirigé directement vers la turbine (réacteur à eau bouillante), ou alors un générateur de vapeur crée dans le circuit secondaire de la vapeur qui est acheminée vers la turbine (réacteur à eau pressurisée). Les réacteurs à eau légère sont le type de réacteur le plus répandu en Europe occidentale et aux Etats-Unis. Les centrales nucléaires suisses existantes sont elles aussi équipées de réacteurs à eau légère.

Les réacteurs à eau légère de la génération III ou III+ sont par exemple les installations conçues par Areva NP, le réacteur pressurisé européen (EPR) et le réacteur à eau bouillante moderne Kerena, l'Economic Simplified Boiling Water Reactor (ESBWR) et le Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) de General Electric Hitachi, ainsi que le Advanced Passive Plant (AP1000) de Westinghouse. Ces types de réacteur sont des évolutions de types de réacteurs existants et éprouvés, des éléments partiellement novateurs comme par exemple les installations de sécurité passives ayant été pris en considération. Le développement de ces réacteurs s'est centré sur l'augmentation de la sécurité eu égard raisonnablement à l'efficacité. De tels réacteurs à eau légère représentent l'état actuel de la technique des centrales nucléaires et ont déjà été construits (ABWR), sont en cours de construction (ABWR, EPR, AP1000) ou sur le point de l'être (AP1000, EPR); par ailleurs, de nombreuses demandes de construction pour tous les types de réacteur mentionnés ci-dessus ont été présentées dans différents pays. Ces réacteurs à eau légère sont fondamentalement en mesure de satisfaire les principes de la sécurité nucléaire des centrales suisses, exigés aux chapitres 2 de la LENu et de l'OENu. Mais des modifications de la conception standard des fabricants peuvent être ici requises.

EKKM AG n'a pas encore décidé entre un réacteur à eau pressurisée et un réacteur à eau bouillante.

La puissance électrique de 1450 MW +/-20% indiquée par EKKM AG, et qui correspond à la puissance nette électrique fournie au réseau, couvre la puissance maximale des réacteurs de la 3^{ème} génération aujourd'hui disponibles. Cette information permet au requérant de garder pratiquement toutes les options de réacteur à eau légère ouvertes. Les tranches nucléaires de l'ordre de 1450 MW sont aujourd'hui déjà courantes; les réacteurs correspondants sont par

exemple en service en Allemagne. On peut déduire de la puissance électrique mentionnée que la puissance thermique de la CNRM en fonctionnement normal s'élèvera à environ 4350 MW +/-20%, et qu'une puissance thermique d'environ 2900 MW +/-20% sera dirigée vers un dissipateur thermique. Cette évacuation thermique s'opère par le système de refroidissement principal de l'installation. Pour le refroidissement principal, le requérant a décidé de recourir à une tour hybride avec rejet thermique dans l'atmosphère. Mais on peut également installer deux tours de refroidissement hybrides plus petites. Cette disposition correspond aussi aux exigences de la protection des eaux, selon lesquelles l'apport de chaleur en plus dans les cours d'eau doit être minimisé. Les tours de refroidissement hybrides représentent une technologie éprouvée en mesure de minimiser les nuages de vapeur liés au fonctionnement de la tour de refroidissement.

L'IFSN a vérifié si les informations du requérant correspondaient aux exigences légales. Les informations requises en vertu de l'art. 14 LENU dans la procédure d'autorisation générale sur le système de réacteur et la classe de puissance sont développées dans le message relatif à la LENU [9]. Le projecteur doit indiquer sous le terme de «système de réacteur» si c'est par exemple un réacteur à eau légère, à eau lourde ou à haute température qui est prévu. La procédure d'autorisation générale n'exige pas que l'on fixe un type de réacteur, réacteur à eau pressurisée ou à eau bouillante. Selon ce même message [9], le terme de «classe de puissance» désigne la puissance électrique de la centrale nucléaire avec une tolérance de +/-20%; quant au «système de refroidissement principal», il doit indiquer si le refroidissement de l'installation se fait à circuit ouvert par l'eau fluviale ou au moyen d'une tour de refroidissement. Les informations des chapitres 2.2 et 2.3 du rapport de sécurité de la CNRM sur le système de réacteur, la classe de puissance et le système de refroidissement principal ont permis au requérant de satisfaire les exigences légales conformément à l'art. 14 LENU et à l'art. 23 OENU concernant le niveau de détail requis dans la procédure d'autorisation générale.

Les informations d'EKKM AG sur l'indication approximative de la taille et de l'implantation des principales constructions, requises dans la demande d'autorisation générale conformément à l'art. 14 al. 2 LENU, sont portées à la connaissance de l'IFSN. Les informations correspondent à l'état de la planification tel qu'il est possible au niveau de la procédure de l'autorisation générale, vu que le type de réacteur ainsi que la taille et la puissance de la centrale ne sont pas encore fixés et que des variantes sur la disposition des installations (voir figures 2.3-1 et 2.3-2) sont prises en considération. Avec les présentations du requérant au chapitre 2.3 du rapport de sécurité, les exigences de l'art. 14 al. 2 LENU sont satisfaites en ce qui concerne la description de l'implantation et de la taille approximatives des principales constructions.

2.4 Principes de conception et de dimensionnement

Informations du requérant

Le requérant explique au chapitre 2.5 du rapport de sécurité qu'il a l'obligation, dans l'étude de projet, la construction, l'exploitation et la désaffectation de la CNRM, de respecter les exigences légales et les directives officielles en vigueur. Le requérant constate que les directives ne sont que partiellement adaptées à la législation en vigueur et attend en particulier l'élaboration prochaine des directives qui définissent les principes de conception et de dimensionnement des réacteurs à eau légère. La loi sur l'énergie nucléaire définit les principes applicables à l'utilisation de l'énergie nucléaire (art. 4) et relatifs à la garantie de la sécurité nucléaire (art. 8). Le respect des dispositions de la loi sur la radioprotection permet d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les risques du rayonnement ionisant. L'ordonnance sur l'énergie nucléaire fixe les exigences pour les mesures de protection contre les défaillances d'origine interne et externe à l'installation. Ces mesures de protection englobent une conception de l'installation selon le principe de la «Defense in Depth» qui représente, en interaction avec des processus d'exploitation appropriés, une protection échelonnée contre l'apparition et les répercussions de défaillances. La conception comprend également plusieurs barrières de sécurité physiques dont l'intégrité est assurée par des fonctions de sécurité actives ou passives ou une combinaison des deux, ainsi que par des mesures d'exploitation. Pour la conception des fonctions de sécurité, on considère et on applique les principes ancrés dans l'art. 10 OENu comme par exemple la redondance, la diversité, l'indépendance et le déclenchement automatique des fonctions de sécurité. Les preuves correspondantes figurent dans les pièces fournies pour la demande d'autorisation de construire. C'est déjà aussi au niveau de la conception d'une installation qu'il faut tenir compte de la question de son démantèlement.

La protection de la CNRM contre des défaillances internes est assurée en principe par la conception et le dimensionnement concret de l'installation. Elle ne dépend pas du site. Comme au moment de la demande d'autorisation générale, seules les grandes lignes de l'installation doivent être fixées et que la conception définitive de l'installation doit être documentée dans la demande d'autorisation de construire, la demande d'autorisation générale ne peut pas encore présenter de mesures de protection concrètes contre des événements internes à l'installation.

Tandis que la protection contre des événements internes est spécifique à l'installation et n'est pas touchée par les caractéristiques du site, ces dernières peuvent être importantes au niveau de la probabilité d'occurrence ou de l'effet de défaillances externes. Les événements externes ont de ce fait été analysés pour évaluer l'aptitude du site au chapitre 3.6 du rapport de sécurité de la CNRM.

Le requérant a enfin exposé au chapitre 2.5.3 du rapport de sécurité que le dimensionnement de la CNRM exigeait des dispositions contre certaines défaillances très improbables d'une fréquence de $<10^{-6}$ par an, comme les European Utility Requirements (EUR) les prévoient pour le dimensionnement de nouvelles centrales nucléaires. Il s'agit d'événements très rares ou de défaillances déclenchées par des erreurs multiples, pouvant être maîtrisées par une conception adéquate de l'installation et sans l'aide de la gestion des accidents («Accident Management»). Des valeurs limites de dose à respecter ne sont certes pas fixées pour ces défaillances, mais pour les défaillances dont les conséquences peuvent être graves, des mesures préventives sont nécessaires, conformément à l'art. 94 ORaP [13].

Bases de l'évaluation

Les exigences légales et l'ensemble des directives de l'autorité de surveillance constituent les bases déterminantes de l'évaluation des informations du requérant sur la conception prévue de l'installation.

Les principes de la sécurité nucléaire à observer sont fixés dans la LENu. Ils comprennent les principes régissant l'utilisation de l'énergie nucléaire (art. 4 LENu) et les mesures de protection requises contre une libération inadmissible de substances radioactives et une irradiation inadmissible des personnes (art. 5 LENu).

Les principes de la sécurité nucléaire sont concrétisés encore dans l'OENu. L'art. 7 OENu précise les exigences pour la sécurité nucléaire, l'art 8 les exigences pour la protection contre les défaillances. Les principes régissant la conception d'une centrale nucléaire sont fixés dans l'art. 10. L'ordonnance du DETEC V01 [15] comprend les dispositions sur les hypothèses de risque et l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires. Les valeurs limites de dose à respecter en cas de défaillances sont fixées dans l'art. 94 ORaP [13].

Les directives de l'autorité de surveillance sont actuellement pertinentes pour la conception des centrales nucléaires, à savoir HSK-R-06 [94], HSK-R-101 [98], HSK-R-102 [99] et HSK-R-103 [100].

Evaluation de l'IFSN

Selon l'art. 14 LENu et l'art. 23 OENu, la procédure d'autorisation générale ne doit pas donner des informations détaillées sur la conception d'une centrale nucléaire. Au chapitre 2.5 du rapport de sécurité, le requérant a toutefois indiqué de manière générale comment il entendait satisfaire les exigences posées à la conception de la CNRM pour assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les risques de radiation ionisante, conformément aux dispositions de l'art. 4 LENu. A cette fin, il a présenté les exigences légales et officielles à ce sujet et s'est engagé à les satisfaire pleinement.

L'IFSN a analysé les informations du requérant et confirmé qu'il avait entièrement et correctement tenu compte des dispositions pertinentes de la LENu et de l'OENu, ainsi que des exigences actuelles de l'ensemble des directives de l'autorité de surveillance en matière de conception des centrales nucléaires et de mesures de protection contre les défaillances. La mise en œuvre de ces informations dans le dimensionnement concret de la CNRM est vérifiée en détail par l'IFSN dans la procédure d'autorisation de construire. Concernant les directives à appliquer, l'IFSN signale qu'elle élaborera en perspective de la construction de nouvelles centrales nucléaires de nouvelles directives dont il faudra tenir compte pour le dimensionnement des installations nucléaires à construire. Ces directives remplaceront les directives HSK actuellement encore valables, qui ont été citées dans les bases d'évaluation. Les principes de conception spécifiques à de nouvelles centrales nucléaires à réacteur à eau légère, exigences pour la protection contre des événements externes comprises, figureront par exemple dans la directive ENSI-G02 à venir.

3 Gestion du projet

Les paragraphes suivants se basent sur les informations du requérant figurant au chapitre 2.8 «Gestion de la qualité» et au chapitre 5 «Personnel et organisation, facteurs humains et organisationnels» du rapport de sécurité de la CNRM [2].

3.1 Organisation du projet

Informations du requérant

En développant son organisation lors des différentes phases de la réalisation du projet, le requérant poursuit trois objectifs:

- Organiser les processus de projet et d'autorisation de sorte à pouvoir démontrer que toutes les exigences de la sécurité nucléaire sont satisfaites et qu'une évaluation complète de la sécurité est possible.
- Coordonner de manière optimale les processus de projet et d'autorisation pour que les exigences des processus d'autorisation puissent être intégrées à temps aux processus de projet.
- Adapter avec flexibilité l'organisation du projet aux phases du projet et leurs différents axes prioritaires techniques et méthodologiques, puis définir une organisation appropriée.

Bien que l'organisation pour la construction et l'exploitation de l'installation se modifie au cours du projet, pendant tout le processus de développement, le requérant accorde une importance capitale aux pierres angulaires suivantes:

- La sécurité nucléaire et la culture de la sécurité
- La sécurité conventionnelle
- La sûreté de l'installation
- La coordination des processus de projet et d'autorisation
- La gestion des interfaces et la communication entre les différentes instances concernées (requérant, fournisseurs, autorités de surveillance), ainsi que la définition de leurs rôles et responsabilités.

Le requérant précise que l'objectif principal réside dans la garantie de la sécurité, de la sûreté et de la protection du personnel et de la population dans toutes les phases de la vie de l'installation, et que la sécurité dans toutes les activités est absolument prioritaire. Il s'engage à mettre en œuvre tous les moyens pour cela nécessaires et à fixer une procédure permettant de fournir ces moyens.

De plus, le requérant fixe l'attribution adéquate et orientée sur la sécurité des devoirs et des compétences du personnel à toutes les étapes du projet et la garantie des ressources et des compétences techniques et méthodologiques correspondantes. On souligne aussi le rôle du requérant en tant qu'«Intelligent Customer» devant en tout temps connaître et comprendre les produits et les services des fournisseurs, ainsi qu'assurer une surveillance complète des activités des fournisseurs.

Dans les considérations de la sécurité, on ne peut renoncer aux éléments suivants de la sécurité nucléaire à toutes les étapes de la vie de l'installation:

- Engineering nucléaire dans le domaine des analyses de sécurité déterministes et probabilistes
- Engineering des facteurs humains et organisationnels (FOH)
- Gestion de la qualité.

Le rapport de sécurité contient en plus des informations sur l'organisation du projet du requérant aux diverses étapes du projet.

Organisation du projet jusqu'à la soumission de la demande d'autorisation générale

Dans cette phase, l'organisation du projet s'articule d'abord autour des experts spécialisés en engineering nucléaire, qui ont réalisé les études sur l'aptitude du site potentiel et recherché les aspects de la compatibilité avec l'environnement, de la sécurité, de la sûreté et de la planification du territoire de ce site, un des axes prioritaire étant l'examen des risques potentiels sur le site. L'équipe de projet comprenait une équipe centrale composée des chefs de projet responsables des activités dans les domaines de la sécurité et de la sûreté, de l'évacuation des déchets et de la désaffectation des installations, ainsi que de la compatibilité avec l'environnement et de la planification du territoire. Toutes ces personnes jouissent d'une longue activité au service de la technique nucléaire et ont dirigé des projets nucléaires au sein de sociétés partenaires et d'organisations affiliées. D'autres experts de sociétés partenaires ainsi que des experts externes (notamment des bureaux d'ingénieurs spécialisés) ayant l'expérience de projets nucléaires ont soutenu l'équipe centrale. Cette dernière a assumé la responsabilité de recourir à des experts, de coordonner leur travail et d'assurer la qualité des résultats.

Organisation du projet pour les autres étapes

Dans l'étape «projet et conception», l'organisation du projet se développe en une entreprise complète, dans laquelle toutes les disciplines de l'Engineering nucléaire et FOH sont représentées. L'effectif du personnel est renforcé pour assurer les compétences essentielles nécessaires au sein de l'organisation. L'organisation du requérant continue d'être soutenue par des experts externes et en temps utile aussi par les fournisseurs de réacteurs.

Avec le début de la phase de construction, qui coïncide avec la phase de projet et de conception, on met en place l'organisation responsable de la construction. Cette dernière comprend déjà des éléments pour la mise en service et l'exploitation ultérieure de l'installation. La surveillance de la fabrication et du montage du matériel est un axe prioritaire de cette phase. Il en va de même pour la mise en place de l'organisation de l'entreprise et le recrutement et la formation du personnel (voir aussi le chapitre 6.1). Dans cette phase aussi, on adapte l'effectif du personnel aux nouveaux besoins et on sollicite le soutien des fournisseurs de réacteurs et des experts externes. Le requérant s'engage à garantir une organisation globale (c'est-à-dire requérant, fournisseurs, experts, etc.) à la hauteur des défis et des risques liés au chantier et en mesure d'identifier, d'analyser et le cas échéant de corriger d'éventuels événements ou non-conformités. Cette phase accorde une importance particulière au système de gestion de la qualité, notamment en ce qui concerne la gestion des interfaces entre les instances concernées.

Bases de l'évaluation

L'art. 23 litt. a ch. 4 OENu exige que quiconque requiert une autorisation générale doit fournir le rapport de sécurité présentant toutes les données personnelles et organisationnelles importantes. L'IFSN a précisé cette exigence et demandé que des informations notamment sur la gestion du projet (organisation du projet et gestion de la qualité, voir le chapitre 3.2 pour cette dernière) soient disponibles (voir aussi les chapitres 6.1. et 6.2).

D'autres bases d'évaluation se trouvent dans la LENu (art. 5 al. 1), l'OENu (art. 7 litt. a et art. 25), la directive HSK-G07 [92], la Convention sur la sûreté nucléaire [101] (art. 9), les Normes de sûreté de l'AIEA (notamment les fondements de sûreté SF-1, les principes fondamentaux de sûreté No 1 «Responsabilité en matière de sûreté» et No 3 «Capacité de direction et de gestion pour la sûreté» [102], les normes de sûreté concernant le système de gestion GS-R-3 [103], GS-G-3.1 [104] et GS-G-3.5 [105]9, ainsi que le Technical Assessment Guide T/AST/049 (Principe 3) de l'autorité britannique de surveillance HSE [106], qui reflète l'état de la science et de la technique à ce sujet.

Evaluation de l'IFSN

Pour la demande d'autorisation générale, l'IFSN a exigé des informations sur l'organisation du projet et la gestion de la qualité lors de l'élaboration de cette demande, mais aussi sur le perfectionnement planifié de l'organisation du projet pour les étapes ultérieures. Il a fallu par ailleurs définir d'importants principes sur lesquels le requérant a fondé l'étude de projet de la nouvelle centrale nucléaire, concernant notamment les thématiques de la culture de la sécurité et de la « Intelligent Customer Capability ». L'accomplissement de ces exigences est décrit ci-après.

Le requérant formule une série d'exigences fondamentales et s'engage, pour certains principes que l'IFSN estime d'une importance capitale, en faveur d'une réalisation sécuritaire du projet de construction d'une nouvelle centrale nucléaire. Le requérant déclare en particulier que la garantie de la sécurité et de la sûreté ainsi que de la protection du personnel et de la population est l'objectif le plus important. Il veillera à ce que les principes d'une bonne culture de la sécurité soient respectés par le personnel des organisations concernées et adaptés à la vie quotidienne. Il s'engage en faveur d'une attribution adéquate et sécuritaire des devoirs et des compétences du personnel dans toutes les phases du projet, ainsi que pour la garantie des ressources et des compétences techniques et méthodologiques correspondantes. De plus, il entend assurer que les fournisseurs mettront à disposition ces ressources et ces compétences ainsi qu'une organisation appropriée. Il se déclare favorable à l'élaboration de l'« Intelligent Customer Capability », assure qu'il gardera à tout moment une bonne connaissance et compréhension des produits et des services des fournisseurs et qu'il contrôlera de manière exhaustive les activités des fournisseurs.

Le requérant décrit l'organisation du projet lors de l'élaboration de la demande d'autorisation générale ainsi que son perfectionnement planifié pour les prochaines phases du projet. Des personnes expérimentées et aux compétences techniques spécifiques ont participé à l'élaboration et à l'examen des pièces à fournir pour l'autorisation générale, notamment dans les domaines directement liés à l'évaluation du site. Dans cette phase, l'équipe de projet n'avait pas encore intégré toutes les disciplines voulues, mais avait travaillé avec un soutien technique externe, notamment pour la préparation des informations relatives au « HOF Engineering ». Pour la prochaine phase du projet, le requérant espère toutefois intégrer dans l'organisation du projet toutes les disciplines importantes, y compris les facteurs humains et organisationnels. L'IFSN se félicite de cette intention. Elle considère qu'il est indispensable

d'avoir une organisation de projet multidisciplinaire dans laquelle toutes les disciplines et expériences importantes pour l'étude de projet et le dimensionnement d'une nouvelle installation nucléaire sont représentées avec les ressources adéquates et la valeur nécessaire. C'est pour l'IFSN une condition essentielle à la mise en place et au maintien de l'«Intelligent Customer Capability », et ainsi à sa capacité à assumer sa responsabilité pour la sécurité et la qualité du projet et de l'installation à construire.

Le rapport de sécurité contient des informations sur le développement de l'organisation à toutes les étapes du cycle de vie de l'installation et jusqu'à sa désaffectation. Le requérant s'engage à constamment adapter son organisation aux exigences différentes selon les étapes. Il s'agit par exemple d'adapter l'effectif du personnel et d'intégrer de nouvelles compétences essentielles, de recourir à des expertises externes y compris celles des fournisseurs de réacteurs, d'intégrer des éléments significatifs pour l'organisation d'entreprise ultérieure (voir chapitre 6.1), de développer (et perfectionner) le système de gestion (de la qualité) (voir chapitre 3.2), etc. Le chevauchement des phases de projet et de construction mentionné par le requérant sera pour l'IFSN, au niveau de l'organisation du projet, un défi particulier, inhérent à un projet complexe et d'envergure tel que la construction d'une nouvelle centrale nucléaire. Le requérant montre que dans la phase de construction, en plus de l'organisation de la phase de l'étude de projet qu'on garde, on met en place l'organisation nécessaire à la construction, qui comprend déjà aussi des éléments pour la mise en service et l'exploitation ultérieures. Dans cette phase de projet, tant le requérant que l'autorité de surveillance voueront donc une attention soutenue au développement de l'organisation et notamment à l'intégration de l'organisation du projet et de la construction.

La capacité de l'organisation du requérant à satisfaire les exigences du nouveau projet de construction pour toutes ses phases et à assumer la responsabilité du projet, est d'une importance capitale pour l'IFSN. L'IFSN demande donc qu'EKKM AG montre, dans le contexte de la préparation de la demande d'autorisation de construire, comment elle entend assumer sa responsabilité (voir dispositions ci-après). Cette présentation doit comprendre les éléments suivants:

- Rapport complet de l'organisation du projet: description de sa propre organisation et de l'organisation globale du projet, y compris les interfaces avec les fournisseurs de biens et de services dans le contexte de l'étude de projet, de la conception et de la construction de l'installation ainsi que leurs responsabilités.
- Confirmation du choix d'une forme d'organisation continuant de se prêter à tout moment à assumer la responsabilité de toutes les phases du projet, notamment au niveau de la sécurité et de la qualité.
- Encouragement d'une culture de la sécurité positive: présentation des mesures d'encouragement d'EKKM AG pour une bonne culture de la sécurité à chaque étape du projet et évaluation des résultats de l'application de ces mesures.

3.2 Gestion de la qualité

Informations du requérant

Gestion de la qualité lors de l'élaboration de la demande d'autorisation générale

Lors des travaux pour l'étude de l'aptitude du site et l'élaboration des pièces à fournir pour la demande d'autorisation générale, les exigences en matière de qualité sont toujours restées au premier plan, selon les informations d'EKKM AG. Les travaux ont été réalisés sur la base d'un plan Assurance de la qualité (plan AQ) comprenant les éléments suivants:

- Plan d'examen des travaux et des documents
- Evaluation de la qualification des fournisseurs externes et de leur contrôle de la qualité avant l'attribution des marchés
- Nomination du directeur AQ
- Détermination de la méthode en vue du processus de prise de décision.

Ce plan AQ a fait l'objet d'un audit externe par une société accréditée.

Les travaux ont été réalisés par une équipe de projet composée de spécialistes hautement qualifiés jouissant en partie d'une grande expérience dans la technique nucléaire. Cette équipe a été soutenue par des spécialistes compétents des maisons mères, respectivement des installations nucléaires des maisons mères, ainsi que par des experts externes.

Gestion de la qualité lors des autres phases du projet

L'étude de projet pour la nouvelle installation prévoit l'introduction d'un programme de gestion de la qualité (GQ) formel, devant régir notamment les déroulements et les processus, les exigences et les responsabilités, ce qui s'applique aussi aux phases de construction, d'exploitation et de désaffectation. En plus des exigences légales, ces programmes GQ doivent tenir compte de normes internationales (par ex. ISO-9000 ou concept GQT) ainsi que des «Safety Standards» (normes de sûreté) de l'AIEA (notamment GS-R-3 [103]). Le requérant précise qu'on vise un système de gestion intégrant les aspects de la gestion de la qualité et de l'organisation, respectivement des processus d'organisation. Les bases légales du développement du système GQ ainsi que les axes prioritaires sont donnés pour les différentes phases de vie de l'installation, de l'étude de projet à la désaffectation.

Bases de l'évaluation

Pour évaluer les informations d'EKKM AG sur la gestion de la qualité, l'IFSN recourt aux bases d'évaluation mentionnées au chapitre 3.1.

Evaluation de l'IFSN

Dans le rapport de sécurité, le requérant montre comment garantir que les informations contenues dans la demande d'autorisation générale aient la qualité requise.

Pour les autres phases de projet, le requérant s'engage à tenir compte, non seulement des exigences de l'art. 25 OENu sur le programme de gestion de la qualité pour les phases d'élaboration et d'exécution du projet, mais aussi des normes internationales et les «Safety Standards» de l'AIEA sur le système de gestion. Il vise par ailleurs un système de gestion intégrant les aspects de la gestion de la qualité, de l'organisation, respectivement des processus d'organisation. L'IFSN se félicite de ces déclarations d'intention du requérant et souhaite en complément souligner les aspects suivants: le «Safety Standard» de l'AIEA GS-

R-3 «The Management System for Facilities and Activities » (ainsi que la directive HSK-G07 demandant de respecter les exigences de GS-R-3) invite une organisation (détenteur de l'autorisation, requérant, etc.) à avoir et utiliser à chaque étape de la vie de l'installation un système de gestion complet (intégré), intégrant la sécurité, la santé, la protection de l'environnement, la sûreté, la qualité ainsi que des éléments économiques. Cela signifie que ce ne sont pas des systèmes de gestion différents et autonomes (par ex. système de gestion de la qualité, système de gestion de la sécurité, etc.) qui seront mis en œuvre, mais que toutes les activités d'une organisation seront réalisées sur la base d'un système de gestion intégré, dans lequel la sécurité a la priorité absolue. Bien que l'OENu parle d'un programme (ou système) de gestion de la qualité, les exigences formulées dans l'art. 25 OENu impliquent également un véritable système de gestion qui ne se limite pas aux aspects de l'assurance et du contrôle de la qualité, mais décrit l'organisation et les déroulements du projet. De plus, en vertu de l'art. 25 litt. 2 OENu, le programme de gestion de la qualité doit correspondre à l'état de la technique de la sécurité nucléaire et de la sûreté. En conséquence, l'IFSN demande que le système de gestion du requérant réponde aux exigences de la norme GS-R-3 de l'AEIA (voir dispositions préconisées ci-après).

Conformément à l'art. 24 OENu, le programme de gestion de la qualité pour les phases d'élaboration et d'exécution du projet fait partie des pièces à fournir pour l'autorisation de construire. Dans le rapport de sécurité sur la demande d'autorisation générale, EKKM AG s'engage à ce que le programme de gestion de la qualité pour les phases d'élaboration et d'exécution du projet soit déposé dans le cadre de la demande d'autorisation de construire. La société précise que le programme GQ pour l'étude de projet doit être déposé avant la demande d'autorisation de construire, et celui pour la construction en même temps que la demande d'autorisation de construire. L'IFSN se félicite de cette intention, mais souligne les aspects suivants:

Dans un projet complexe et d'envergure, tel que la construction d'une centrale nucléaire, une importance essentielle est attribuée à un système de gestion approprié et une gestion de projet effective. C'est ce que précisent aussi les expériences de précédents projets de construction en Suisse et à l'étranger, mais aussi de nouveaux projets actuels en Europe. Les activités de gestion influencent la sécurité et la qualité des déroulements et des produits de manière déterminante et souvent irréversible. D'une part, on ne peut souvent plus revenir sur des problèmes dus, dans les premières phases du projet, à une gestion défectueuse de la sécurité et de la qualité. D'autre part, une vérification ultérieure d'activités et d'examens déjà réalisés n'est guère plus possible.

Pour contrôler la demande d'autorisation de construire, L'IFSN doit donc connaître et prendre position à temps sur le système de gestion du requérant. Elle doit pouvoir s'assurer que le requérant dispose en tout temps des capacités et des ressources nécessaires pour la gestion du projet ainsi que d'un système de gestion adéquat permettant d'assurer une qualité élevée lors de la construction de l'installation et d'assumer sa responsabilité pour la sécurité et la qualité de la centrale nucléaire. Pour cette raison, l'IFSN demande de pouvoir consulter assez tôt le système de gestion d'EKKM AG ainsi que de contrôler les activités du requérant à ce sujet (voir dispositions préconisées ci-après)

Résumé de l'évaluation de l'IFSN aux chapitres 3.1 et 3.2

En résumé, l'IFSN constate que les informations du requérant figurant aux chapitres 2.8 et 5 du rapport de sécurité de la CNRM remplissent les exigences de l'OENu et celles qu'elle-même précise pour la phase du projet «autorisation générale».

Pour les phases d'autorisation ultérieures, l'IFSN préconise la disposition suivante:

Disposition 1:

Dans les phases d'étude de projet et de conception, ainsi que dans la phase de construction, EKKM AG doit mettre en œuvre un système de gestion conformément à l'art. 25 OENu et à la norme GS-R-3 de l'AIEA. Elle doit notamment montrer que son organisation est conforme aux exigences des phases d'élaboration et d'exécution du projet. L'IFSN contrôle le système de gestion et son application dès que commence la phase d'étude de projet.

4 Caractéristiques et risques du site

4.1 Caractéristiques du site

4.1.1 Géographie et répartition de la population

Informations du requérant

Au chapitre 3.1 du rapport de sécurité, le requérant aborde les thèmes de la géographie, de la population et de l'occupation des sols.

Le site de la CNRM se trouve dans la vallée de l'Aar, à environ 12 km à l'ouest de la ville de Berne. Il est sur la rive gauche de l'Aar, jouxte à l'ouest l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg et à l'est l'installation de distribution électrique, qui se trouve quant à elle en aval du barrage du Wohlensee. Le requérant décrit par ailleurs le paysage dans l'environnement immédiat du site, donne un aperçu du processus de formation et indique les distances minimales par rapport aux cantons et aux Etats voisins.

Concernant la population, on considère aussi bien la population résidente (habitants) que la population non résidente (séjours temporaires). La population résidente dans les zones de protection d'urgence 1 (rayon de 2,8 km) et 2 (rayon d'env. 20 km) de l'actuelle CNM (répartie jusqu'au niveau de la commune) est indiquée pour les années 1990, 2000, 2003 et 2007. Le requérant se base d'abord ici sur les plans des zones pour la CNM, vu que les installations de la CNM et de la CNRM ne seront distantes que de quelques centaines de mètres. On procédera plus tard à l'adaptation des plans des zones. Berne est la plus grande agglomération à proximité du site et ses premières zones urbanisées importantes se trouvent à plus de 8 km du site. L'agglomération de Berne représente plus de 50 % de la population totale des zones de protection d'urgence 1 et 2. Les densités de la population des communes jouxtant la zone 1 atteignent 82 habitants/km² (Radelfingen) à 248 habitants/km² (Wohlen). Par rapport au Plateau, l'environnement direct du site peut donc être qualifié de peu peuplé. Relativement peu d'habitants sont touchés par les mesures de construction de la centrale. Pendant l'exploitation de la CNRM, la planification d'urgence sera facilitée et dans un périmètre plus large, on atteindra des densités de population typiques pour le Plateau. Dans le scénario des tendances décrivant le mieux le développement futur sur la base des chiffres disponibles, on part dans le canton de Berne d'un accroissement continu de la population jusqu'en 2030, suivi cependant entre 2030 et 2040 d'une diminution de la population. Pour le canton de Fribourg, on suppose un accroissement continu jusqu'en 2050, qui faiblit toutefois avec le temps. Pour le périmètre élargi (15 km), on compte sur un accroissement de la population d'environ 20 % jusqu'en 2050.

Le requérant compte dans la population non résidente les écoliers (du degré secondaire II et du degré tertiaire), les patients hospitalisés et les touristes. La part de la population non résidente dans un périmètre de 10 km autour du site est négligeable. L'agglomération de Berne domine dans la zone entre 10 et 20 km. Dans l'ensemble, la population non résidente est avec environ 70'000 personnes bien moindre que la population permanente de 550'000 personnes. Les personnes travaillant dans les zones de protection d'urgence 1 et 2 ne sont pas comptées dans la population non résidente, contrairement à la part de l'afflux de pendulaires dans l'agglomération de Berne, qui s'élève à près de 28 %, ce qui correspond à quelque 67'000 personnes.

L'utilisation des sols dans un périmètre de 20 km est précisée au niveau des communes dans le rapport de sécurité et répartie en surfaces d'habitat, surfaces agricoles, surfaces boisées et surfaces improductives.

En résumé, le requérant évalue le site tant au niveau de la répartition de la population que de l'utilisation des sols, et l'estime approprié à la construction et à l'exploitation d'une centrale nucléaire. On considère notamment que le minimum local de la densité de la population dans l'environnement proche est favorable, avec une densité de population nettement inférieure à la valeur moyenne du Plateau suisse. Dans la zone peu habitée et essentiellement agricole, on s'attend à d'autant moins de conflits d'usage que les surfaces à construire appartiennent à BKW-FMB.

Bases de l'évaluation

Les principes généraux de l'art. 4 LENu (Principes applicables à l'utilisation de l'énergie nucléaire) et de l'art. 13 LENu (Conditions d'octroi de l'autorisation générale), de l'art. 7 OENu (Exigences pour la sécurité nucléaire) et de l'art. 23 OENu (Demande d'autorisation générale) sont déterminants pour l'évaluation des informations du requérant sur la géographie et la répartition de la population.

Evaluation de l'IFSN

Le chapitre 3.1 du rapport de sécurité de la CNRM montre correctement la situation géographique du site, la répartition et le développement de la population ainsi que les données sur l'utilisation des sols. La répartition de la population dans les zones de protection d'urgence 1 et 2 autour du site est indiquée, compte tenu tant de la population résidente que non résidente. La saisie de la densité et de la répartition de la population résulte des données actuelles de l'Office fédéral de la statistique et est présentée de manière claire et plausible. La sélection des institutions d'éducation considérées pour la population non résidente est appropriée. On a pris en compte les institutions ayant une part élevée de non-résidents. De l'avis de l'IFSN, l'exclusion des écoles primaires dont les enfants habitent la localité est correcte, vu qu'ils sont déjà enregistrés sous la population résidente.

L'IFSN évalue la densité de la population autour du site de la CNRM de faible à modérée. La présentation de l'utilisation des sols dans l'environnement du site ne révèle pas de particularités pertinentes dans l'optique de l'aptitude du site. Dans l'ensemble, l'IFSN confirme l'estimation du requérant qui juge le site de la CNRM approprié à la construction et à l'exploitation d'une centrale nucléaire, au niveau de la densité, de la répartition et du développement de la population, ainsi qu'au niveau de l'utilisation des sols.

La présentation et l'évaluation de la répartition de la population autour du site sert en premier lieu à évaluer la faisabilité de mesures de protection d'urgence. L'évaluation des informations du requérant sur la protection d'urgence externe se trouve au chapitre 5.4 de la présente expertise.

4.1.2 Voies de transport et installations industrielles

Informations du requérant

Au chapitre 3.2 du rapport de sécurité, le requérant analyse et évalue les risques potentiels liés aux entreprises industrielles, aux installations militaires et aux installations de gaz naturel à haute pression voisines, ainsi qu'au transport au sol de marchandises dangereuses. L'interaction possible entre la CNRM et l'actuelle CNM pendant la construction, respectivement pendant un fonctionnement en parallèle des deux installations est décrite au chapitre 3.6.4 du rapport de sécurité. L'approche et les résultats de chacun des domaines mentionnés sont exposés ci-après.

Installations industrielles

Hormis la CNM et la centrale hydraulique de Mühleberg, il n'y a pas d'autres installations industrielles dans un rayon d'environ 2 km autour du site de la CNRM. Le requérant décrit les entreprises industrielles se trouvant jusqu'à 8,5 km du site prévu pour la CNRM. Elles sont récapitulées dans le tableau 4.1-1 suivant.

Le requérant se réclame en outre d'une information du Laboratoire cantonal de Berne, responsable au niveau du canton de l'exécution de l'ordonnance sur les accidents majeurs [18]. Ce laboratoire confirme que selon le cadastre cantonal des risques, hormis la CNM et la centrale hydraulique de Mühleberg, l'environnement proche du site planifié pour la CNRM ne comporte pas de risques industriels potentiels pouvant avoir un impact sur le site.

Tableau 4.1-1

Installations industrielles situées dans un rayon de 8,5 km autour du site de la CNRM (source : RS CNRM)

No	Installation industrielle	Activité	Lieu	Distance par rapport à la CNRM [km]
1	Station d'essence	Station d'essence	Mühleberg	2,2
2	Décharge de Teuftal	Décharge pour déchets de réacteur solides et inactifs, ainsi que scories venant de l'incinération des déchets, y compris centrale de chauffage à distance pour incinération des gaz de décharge	Hors de la localité, à l'est de la CNRM	2,3
3	Fabrique de sucre	Transformation des betteraves en sucre	Zone artisanale d'Aarberg	env. 7
4	Swisscom AG	Centre technique	Zone industrielle de Gumme, Bern-Brünnen	env. 7
5	Coop	Centre de tri, installation d'incinération des ordures comprise	Zone industrielle de Gumme, Bern-Brünnen	env. 7
6	Fabrique de chocolat Tobler	Production	Zone industrielle de Gumme, Bern-Brünnen	env. 7
7	Centre commercial Westside	Centre commercial	Zone industrielle de Gumme, Bern-Brünnen	env. 7
8	Cruzell	Fabrication de vaccins	Niederwangen	8,5
9	Wander	Centre de production	Neuenegg	8,5

Les risques potentiels liés à la CNM et à la centrale hydraulique de Mühleberg sont présentés par le requérant comme suit:

D'après le requérant, il est possible que la centrale nucléaire de Mühleberg fonctionne encore pendant la construction de la CNRM. On ne peut pas exclure non plus un fonctionnement en puissance parallèle des deux installations. BKW-FMB tient cependant à mettre hors service l'actuelle CNM le plus vite possible après la mise en service de la CNRM. Ces deux installations peuvent avoir les interactions suivantes: rejet de substances chimiques ou radioactives, délestage dans une des deux centrales nucléaires, blocage des voies d'accès, situations d'urgence dues à la construction de la CNRM et perturbation de l'alimentation en eau de la CNM par des matériaux de construction et autres pendant la phase de construction de la CNRM. Dans le cadre de la planification de la phase de construction, le requérant entend analyser plus en détail ces interactions et prendre si nécessaire les mesures de sécurité appropriées. Mais il part en principe du fait que ces risques sont largement couverts par la conception et le dimensionnement de la CNM et de la CNRM. Les risques encourus par la CNRM du fait du fonctionnement simultané des deux installations seront analysés dans le cadre de l'étude de projet et documentés dans la demande d'autorisation de construire. EKKM AG considère que le risque que fait courir le démantèlement de la CNM à la CNRM est couvert par la conception et le dimensionnement de la CNRM contre des événements externes.

La rupture du barrage de la centrale hydraulique est abordée au chapitre 4.2.3 de l'expertise. D'autres interactions possibles sont le rejet de substances chimiques (lubrifiants) ou le blocage des voies d'accès aux grands transports. Ces risques peuvent être contrôlés par des mesures d'organisation. Des substances chimiques ne sont ainsi stockées dans la centrale hydraulique qu'en petites quantités et l'accès des forces de sauvetage sera assuré en tout temps pour les transports. Avec le renouvellement de concession en 2017, les mesures de construction dans la centrale hydraulique seront si nécessaire coordonnées par BKW-FMB par le biais de travaux préparatoires pour la CNRM.

Dans l'ensemble, le requérant conclut que les entreprises industrielles voisines ne font pas courir un risque inadmissible à la CNRM.

Installations militaires

Le requérant s'appuie sur le plan sectoriel militaire (PSM) qui énumère les places d'armes et de tir, les aérodromes militaires et les points de franchissement. Selon ce plan, il n'y a actuellement pas d'installations militaires pertinentes pour la sécurité de la CNRM se trouvant à proximité immédiate du site prévu. On n'indique qu'un seul point de franchissement sur l'Aar à proximité immédiate. Dans le cadre de la demande d'autorisation de construire, le requérant entend analyser plus en détail d'éventuels risques liés à ce point de franchissement.

Le requérant s'appuie également sur une information du PIO/Etat-major chef de l'armée (Protection des informations et des objets, Secrétariat général DDPS), selon laquelle il n'y a pas de dépôt de munitions et d'essence pertinent dans un rayon de 8 km autour du site de la CNRM. Le critère de la pertinence d'une installation militaire utilisé ici est, en analogie avec les entreprises industrielles, un dépassement des seuils quantitatifs selon l'ordonnance sur les accidents majeurs OPAM [19] pour l'essence, le diesel et le TNT.

Installations de gaz naturel à haute pression

La conduite de gaz naturel à haute pression la plus proche est à 4,5 km au moins du site de la CNRM. Le requérant évalue un risque potentiel de la CNRM sur la base des informations du rapport cadre «Sécurité des installations de gaz naturel à haute pression» [20]. Pour l'accident majeur de la «boule de feu», la distance du danger maximum donnée (taux de létalité de 1 % pour les personnes à l'extérieur) est un rayon d'env. 140 m, pour un diamètre de tuyau de 16'' et une pression de service de 70 bar. Pour les stations de détente et de mesure de la pression (stations SDM), on a selon le rapport cadre [20] des rayons d'action nettement plus petits que pour la conduite de gaz naturel à haute pression. Le requérant n'étudie donc pas plus en détail les sites des stations SDM les plus proches. De plus, il souligne que même avec les plus grandes conduites de gaz naturel à haute pression existant en Suisse, le plus grand rayon d'action (taux de létalité de 1 % pour les personnes à l'air libre, dans le cas de la boule de feu) n'est que d'env. 390 m selon le rapport cadre [20] et ainsi bien moindre que la distance entre la CNRM et la conduite de gaz naturel à haute pression la plus proche. Le requérant en conclut que, du fait de la distance suffisante, la conduite de gaz naturel à haute pression existante ne présente pas de risque pour la CNRM.

Voies de transport au sol

Différentes voies de transport se trouvent à proximité du site prévu. L'autoroute A1 Berne-Lausanne passe à env. 1,5 km au sud du site et la route cantonale Berne-Lausanne à quelque 2 km au sud du site. La ligne ferroviaire la plus proche Berne-Neuchâtel passe à 4 km au sud du site de la CNRM. Selon un guide de planification de la Confédération [21], il ne s'agit pas d'une installation ferroviaire significative sous l'angle du risque. Un raccordement ferroviaire depuis le terrain de la centrale n'est ni présent, ni prévu. Seules des embarcations de plaisance naviguent sur l'Aar qui coule directement le long du site. Dans le rapport de sécurité, une carte (figure 3.2-1) montre aussi bien les voies de communication que la conduite de gaz naturel à haute pression.

Pour le transport de marchandises dangereuses par la route et le rail, on recourt aux substances de référence propane, essence et chlore pour identifier le risque potentiel du site. Les informations des rapports cadres [22] et [24] permettent de déterminer les rayons d'action du propane et de l'essence.

Le tableau 4.1-2 suivant montre les scénarios considérés par le requérant ainsi que les rayons d'action correspondants et l'évaluation. Le phénomène BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) mentionné est l'explosion d'un gaz liquide sous pression et porté à ébullition.

Du fait des distances par rapport à l'autoroute la plus proche, aux routes principales et à la ligne ferroviaire, le requérant exclut le risque lié à des transports de propane et d'essence. Le requérant expliquera ultérieurement et avec encore plus de détails la pertinence du risque lié au gaz chlore. Il souligne maintenant déjà le temps de pré-alerte et de réaction dont on dispose vu la distance par rapport à la ligne ferroviaire. Il estime toutefois que les risques liés au gaz chlore ne sont pas déterminants pour l'évaluation du site.

Tableau 4.1-2

Scénarios considérés pour les voies de transport au sol, avec rayons d'action correspondants et évaluation (source : RS CNRM)

Substance de référence	Scénario	Rayon d'action/Evaluation
Propane	Route: BLEVE de 20 t de propane	Rayon boule de feu: 75 m 3x rayon boule de feu: 225 m
	Route: feu de nuages gazeux après libération spontanée de 20 t de propane avec inflammation retardée	Rayon d'action: env. 250m
	Rail: BLEVE de 46 t de propane	Rayon boule de feu: 98 m 3x rayon boule de feu: 294 m
	Rail: feu de nuages gazeux après libération spontanée de 46 t de propane avec inflammation retardée	Rayon d'action: env. 300m
	Feu à jet libre	Longues flammes de plusieurs fois 10 m. Danger pour le voisinage direct seulement.
	Pénétration dans canalisation (petites quantités gazeuses seulement)	Non pertinent vu les faibles quantités
Essence	Feu de nappe	Effet limité à l'étendue de la nappe, éventuellement incendie d'objets au voisinage immédiat
	Explosion dans la canalisation	Dégâts possibles selon l'emplacement de la canalisation
Chlore	Rail: libération de 55 t de chlore liquéfié sous pression	Selon les conditions ambiantes, propagation sur plusieurs km ²

Autres événements

Dans le cadre de la demande d'autorisation de construire, le requérant indiquera les conséquences possibles d'un rejet de substances chimiques et les risques liés à la livraison et au stockage de matières dangereuses dont on a besoin pour le fonctionnement de la centrale; l'installation sera conçue en conséquence. Le requérant exclut ainsi toute vulnérabilité de l'installation à la libération de substances chimiques sur le terrain.

Au chapitre 3.6.2.27 du rapport de sécurité, le requérant exclut tout risque lié à des gaz toxiques pour les raisons suivantes: les substances chimiques nécessaires au fonctionnement de l'installation seront stockées suffisamment loin des orifices d'aspiration des installations de ventilation. En cas de danger imminent, on peut par ailleurs nettoyer l'amenée d'air de l'installation par des filtres au charbon actif. Dans les parties de l'installation importantes pour la sécurité, le requérant entend prévoir des équipements de protection respiratoire personnels. Généralement, le risque lié à des gaz toxiques concerne essentiellement les personnes, pas la sécurité de l'installation. D'après les explications du requérant, on dispose de suffisamment de moyens pour contrecarrer ce risque.

Bases de l'évaluation

Pour évaluer les informations du requérant, l'IFSN se fonde en priorité sur les législations en vigueur sur l'énergie nucléaire et sur la radioprotection, ainsi que sur ses propres directives, notamment:

- Art. 8 et art. 23 OENu
- Ordonnance du DETEC du 17 juin 2009 sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires (Etat le 1er août 2009) [15]
- « Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang » (Etude probabiliste de sécurité, EPS), directive ENSI-A05, 2009 [90].

Directives et documents cadres d'autres institutions suisses, d'autres Etats et d'organisations internationales servent aussi de bases d'évaluation:

- Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Collection Normes de sûreté de l'AIEA, «Site Evaluation for Nuclear Installations», Exigences de sûreté No NS-R-3, 2003 [107]
- U.S.NRC, Regulatory Guide 4.7 – «General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations», révision 2, avril 1998 [116]
- Industrie gazière suisse, Rapport directeur «Sécurité des installations de gaz naturel à haute pression», étude réalisée par SKS Ingenieure AG, édition révisée de 1997 [20]
- CARBURA/OFEFP, «Rahmenbericht über die Sicherheit von Stahltankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe», étude réalisée par SKS Ingenieure AG, 2005 [22]
- OFEFP/OFROU, «Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Autobahn», étude réalisée par Ernst Basler + Partner AG, août 1999[23]
- OFEFP, Groupe de travail Flüssiggas-Tankanlagen, Rahmenbericht Flüssiggas-Tankanlagen zum Kurzbericht und zur Risikoermittlung im Hinblick auf die Störfallvorsorge, étude réalisée par Basler & Hofmann AG, 1992 [24]
- OFEFP/CFF, „Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Bahn“, étude réalisée par Ernst Basler + Partner AG, mai 1998 [25]
- OFT, „Quantitative Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn. Methodik und Bewertung in der Schweiz“, étude réalisée par Ernst Basler + Partner AG, 2004 [26]
- OFEV, Seuils quantitatifs selon l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), liste des substances et préparations, 2006 [19]
- Confédération suisse, Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM), 814.012, 1991 [18]
- Office fédéral du développement territorial (ARE); Guide de planification Coordination aménagement du territoire et prévention des accidents majeurs le long des installations ferroviaires significatives sous l'angle des risques, 2008 [21]

Evaluation de l'IFSN

Installations industrielles

L'art. 8 OENu stipule que des mesures de protection contre les défaillances ayant leur origine tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'installation doivent être prises dans les installations nucléaires. L'AIEA [107] indique à ce propos que pour évaluer l'aptitude du site, il faut clarifier s'il y a dans les environs des installations où sont stockées, traitées ou transportées des substances inflammables, explosives, asphyxiantes, toxiques, corrosives ou radioactives. La législation suisse n'indique pas clairement sur quelle distance les alentours d'un site planifié doivent être analysés au niveau des risques. Selon l'Autorité de sûreté nucléaire américaine NRC, il faudrait tenir compte d'un rayon de 8 km et procéder à une évaluation sommaire des risques potentiels pour les installations et les activités critiques [116]. Si ces installations présentent un risque potentiel notable, il faudra réaliser une analyse détaillée des nuages de gaz inflammables, des substances chimiques toxiques, etc.

Le requérant suit la proposition de la NRC mais considère des distances légèrement plus grandes autour de la CNRM, allant jusqu'à 8,5 km. L'IFSN ne peut toutefois pas vérifier d'après quel système les installations voisines ont été prises en compte, ni si la liste est complète. Elle formule de ce fait l'indication suivante:

Indication 1:

La confirmation écrite du Laboratoire cantonal de Berne, selon laquelle le cadastre cantonal des risques chimiques ne révèle pas de risques potentiels industriels avec effet possible sur le site de la CNRM, hormis la CNM et la centrale hydraulique de Mühleberg, devra être fournie à l'IFSN dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire.

L'IFSN est d'accord avec la déclaration du requérant selon laquelle les risques liés à la centrale hydraulique de Mühleberg et à l'actuelle CNM peuvent être contrôlés par des mesures techniques et d'organisation. L'examen plus approfondi voulu par le requérant des interactions réciproques entre la CNM et la CNRM pendant la construction de la CNRM, lors d'un éventuel fonctionnement en parallèle des deux installations et pendant le démantèlement de la CNM, est requis dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Des mesures appropriées seront prises si nécessaire. La construction d'autres réacteurs à proximité d'installations existantes est une approche usuelle au niveau international. Partout dans le monde, la majorité des réacteurs de puissance sont construits sur des sites comptant plusieurs tranches nucléaires. Une centrale nucléaire déjà en place ne présente à priori pas d'inconvénient de site. De la même manière, une ou plusieurs tranches ont été démantelées sur différents sites ayant plusieurs réacteurs de puissance, tandis que les autres tranches restaient en fonctionnement normal. Lors de la construction aussi d'un nouveau réacteur de puissance à proximité d'une centrale nucléaire existante, il est ainsi possible en tout cas de démanteler la centrale nucléaire existante, si cela s'avère nécessaire pour des raisons de sécurité et de sûreté nucléaires.

Installations militaires

D'après les renseignements du DDPS, on constate en général qu'aucun risque potentiel n'est lié à des installations et des objets militaires, ni à d'éventuelles activités militaires à proximité de l'installation planifiée (par ex. transports), qui remettrait en question l'aptitude du site.

Installations de gaz naturel à haute pression

Le rapport cadre sur la sécurité des installations de gaz naturel à haute pression [20] est le document déterminant en Suisse pour l'évaluation des risques de ce type d'installation. Il ressort que les rayons d'action maximums d'un rejet de gaz suivi d'une explosion sont nettement inférieurs à la distance entre la conduite de gaz naturel à haute pression la plus proche et la zone du projet de la CNRM. Ce rapport cadre est en cours de révision et pourrait fixer à l'avenir des rayons d'action potentiellement plus élevés. Vu le rapport élevé entre la distance minimale à la conduite de gaz naturel à haute pression et le rayon d'action maximal, doubler le rayon d'action ne nécessiterait pas une nouvelle évaluation. Comme la CNRM doit être dimensionnée aussi contre une chute d'avion avec feu de kérosène consécutif, ce qui signifie une charge thermique et mécanique inégalement plus élevée qu'une boule de feu distante du rayon d'action, et du fait de la distance importante d'environ 4,5 km entre la conduite de gaz naturel à haute pression et la CNRM, l'IFSN suit la déclaration du requérant selon laquelle l'installation de gaz naturel à haute pression ne présente pas de risque pour la CNRM.

Des accidents survenant dans des installations de gaz naturel à haute pression peuvent déclencher un incendie de forêt. Mais dans le cas de la CNRM, il n'y a pas de forêts en continu entre le site et la conduite de gaz naturel à haute pression. Les incendies de forêts déclenchés de cette manière ne présentent donc pas un risque.

Voies de transport au sol

L'IFSN juge que la procédure du requérant est opportune; elle consiste en effet à se baser sur des substances de référence pour évaluer le risque que les voies de transport font encourir à la CNRM. La prise en compte des substances de référence chlore, propane et essence correspond à une pratique usuelle en Suisse, largement reconnue, dans des documents cadres pertinents ([20], [22], [23], [24], [25]), par différents offices fédéraux tels que l'OFEV, l'OFROU et l'OFT.

Dans l'évaluation aussi de chacun des scénarios, le requérant recourt pour l'essentiel aux rapports cadres correspondants de l'OFEV. Les rayons d'action indiqués par EKKM AG correspondent aux bases de calcul de ces documents. En raison des rayons d'action maximums indiqués, un risque de la CNRM lié à des transports de propane et d'essence par la route et le rail peut être exclu. Les documents servant de base ne tiennent toutefois pas compte du fait que depuis janvier 2005, les routes suisses sont ouvertes aussi aux poids lourds de 40 tonnes et que des camions-citernes plus grands sont ainsi possibles. Selon le rapport cadre [24], même le rayon d'action d'un BLEVE de 40 t de propane (hypothèse conservatrice vu qu'on ne tient pas compte du poids net du véhicule) reste, avec env. 280 m, encore largement inférieur à la distance entre la CNRM et la route de transit la plus proche.

Le requérant étudie certes la possibilité de la propagation de substances explosives dans la canalisation et mentionne que selon l'emplacement de cette dernière, des dommages sont possibles. Mais il n'a pas étudié la question de savoir si, du fait de la construction, des substances inflammables se propagent aussi par le réseau de canalisation jusqu'au-dessous de la CNRM, ce qui pourrait provoquer une explosion contenue ayant des conséquences sur la centrale. Dans la demande d'autorisation de construire, il faut de ce fait exposer dans les spécifications de risque qu'une propagation de substances inflammables, comme par exemple le propane ou l'essence, par la canalisation et une explosion contenue dans cette dernière ne peuvent pas mettre en danger la CNRM. Dans le cas contraire, des contre-mesures techniques ou de construction doivent être prises.

Le requérant n'indique pas de source pour le calcul des distances de risque en cas de libération de gaz chlore. Les documents déterminants en Suisse pour l'analyse des risques liés aux transports routiers et ferroviaires de marchandises dangereuses sont les analyses de risques pilotes de l'OFEV ([23], [25]) ainsi qu'un document un peu plus actuel de l'OFT [26]. Ces documents cadres se basent, pour les quantités libérées déterminant le risque, sur un wagon-citerne de 55 t de gaz chlore maximum. Pour la libération par des véhicules routiers, on calcule 2 t de gaz chlore maximum. Ces quantités correspondent aux hypothèses du requérant. La distance de propagation maximale de concentrations de gaz chlore nocives dépend fortement des conditions météorologiques dominantes et de la topographie locale. Le gaz chlore est nettement plus lourd que l'air. C'est donc un gaz lourd qui, même après réchauffement à la température ambiante, reste dans les couches proches du sol jusqu'à ce qu'il soit réparti dans l'air par tourbillonnement et diffusion. Conformément aux sources mentionnées, les distances de risque maximums pour les transports routiers de chlore (2 t de chlore) atteignent quelque 500 m [23] et plusieurs kilomètres pour les transports ferroviaires (55 t de chlore) [25]. Ces grands rayons de propagation n'apparaissent toutefois que par vent nul et s'appliquent à des personnes se tenant à l'air libre. Pour des personnes à l'intérieur de bâtiments dont la ventilation notamment est arrêtée, les distances de risque sont nettement plus faibles. La topographie est par ailleurs d'une importance décisive. Les collines situées entre le site de la CNRM et la ligne ferroviaire plus au sud empêchent la propagation directe proche du sol d'un nuage de gaz chlore de la ligne ferroviaire à la CNRM. Selon une observation de l'IFSN, une propagation de gaz chlore proche du sol entre la ligne ferroviaire et la CNRM ne peut toutefois pas être entièrement exclue du fait de la topographie. En cas de libération de chlore sur l'autoroute A1, il est possible, dans des conditions de propagation défavorables et du fait de la topographie, qu'un nuage de gaz chlore atteigne l'aire de la CNRM. Comme en cas d'immission de gaz chlore, les effets sur les personnes concernées sont primordiaux, l'importance d'un nuage de gaz chlore pour la sécurité nucléaire de la CNRM n'est que secondaire. Vu la rareté des libérations de gaz chlore suite à un accident et les trajectoires de propagation de plusieurs kilomètres, l'IFSN juge que leur importance pour la sécurité nucléaire de la CNRM est marginale. L'IFSN est donc d'accord avec la déclaration du requérant selon laquelle le scénario d'une libération de chlore ne remet pas en question le site planifié pour la CNRM.

En résumé, l'IFSN constate que les voies de transport ne constituent pas de risques pour la CNRM, susceptibles de remettre fondamentalement en question l'aptitude du site. Les risques présents sont très faibles et peuvent être contrôlés par des mesures techniques de dimensionnement.

Autres événements

Les risques liés aux substances dangereuses nécessaires au fonctionnement de la CNRM sont indépendants du site de l'aire de la CNRM. La question de l'aptitude du site n'est donc pas influencée par ces substances. Un risque pour le fonctionnement de l'installation ne peut cependant pas être entièrement exclu. Comme l'a prévu le requérant, il faut donc analyser et documenter plus précisément les risques correspondants dans le cadre de la demande d'autorisation de construire et, si nécessaire, prendre les contre-mesures qui s'imposent.

Selon le rapport de sécurité, il est possible de dévier l'air aspiré pour la ventilation du bâtiment par des filtres de charbon actif. Cette mesure permet d'exclure un risque dû à des gaz toxiques. Pour pouvoir adsorber des substances anorganiques, le charbon actif doit toutefois être conditionné en conséquence. Dans le cadre de la demande d'autorisation de construire, EKKM AG doit montrer dans les spécifications de risques, pour quels scénarios les filtres

dans la ventilation du bâtiment sont conçus et quelles mesures de ventilation sont prises pour détecter et empêcher l'infiltration de substances toxiques. On tiendra compte, s'il y en a, de gaz généralement toxiques, donc par ex. aussi de l'ammoniaque dans les installations frigorifiques, des gaz de fumée, du chlore, etc.

Le rapport de sécurité n'analyse pas un risque potentiel de la CNRM lié à une propagation de substances chimiques par les eaux souterraines. En l'absence de sources d'émission de substances chimiques au voisinage de la CNRM, un tel événement est toutefois très improbable. Un éventuel dommage des fondations du bâtiment par une contamination de l'eau souterraine ne se répercuterait par ailleurs pas directement sur le fonctionnement de la CNRM, mais pourrait peut-être conduire, dans le contexte d'un improbable rejet interne de substances radioactives, à une mise en danger de l'environnement. Ce risque peut être pratiquement exclu en prenant des mesures adéquates de surveillance du vieillissement des constructions et de surveillance de l'activité dans l'installation.

Résumé de l'évaluation des risques liés aux voies de transport et aux installations industrielles

Le contrôle par l'IFSN des analyses du requérant concernant le risque potentiel de la CNRM lié aux installations industrielles, aux routes et aux lignes ferroviaires voisines a montré qu'il n'y a ni voie de transport, ni installation industrielle au voisinage du site pouvant entraîner un risque inacceptable pour la CNRM. D'une part, les distances entre ces installations et la CNRM sont suffisamment grandes pour pouvoir exclure une atteinte importante à la sécurité de la CNRM ; d'autre part, la protection de la CNRM peut être assurée par des mesures techniques de dimensionnement. Les spécifications de risques à ce sujet doivent être présentées dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. L'IFSN est d'accord avec l'évaluation du requérant selon laquelle l'aptitude du site planifié n'est pas remise en question par les risques pouvant venir d'entreprises industrielles, de routes et de lignes ferroviaires voisines.

4.1.3 Logistique et installation du chantier

Informations du requérant

Selon les informations du chapitre 2.3.5 du rapport de sécurité, le requérant compte sur une durée de construction de sept à huit ans. Pendant cette période, trois à quatre surfaces seront temporairement sollicitées. L'aire de l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg ne sera pas touchée.

Différents types d'affectation des surfaces temporaires directement attenantes au champ d'exploitation sont possibles: bureaux, places de parking, halles de montage, fabriques de béton, places de déchargement, dépôts d'humus, stations de traitement des eaux, ateliers et entrepôts. La surface prévue est d'environ 13 ha, dont une partie se trouve sur l'autre rive de l'Aar et doit être reliée au champ d'exploitation par un pont provisoire.

Une aire logistique externe est prévue à environ 1,5 km au sud du chantier de la CNRM, entre l'autoroute A1 et la route cantonale T1. Différents types d'affectation de cette aire logistique externe sont possibles: surfaces d'entreposage pour marchandises diverses, matériaux d'excavation et humus, halles de dépôt, ateliers et aménagements auxiliaires. La surface prévue est aussi d'environ 13 ha.

A quelque 2 km au sud-ouest du champ d'exploitation, au sud de l'A1, on prévoit sur une surface de 10 ha env. des baraquements avec logements, restaurant du personnel, salle de loisirs, etc.

Pour EKKM AG, le choix définitif des surfaces dépend de la viabilisation, du type et de la conception de l'installation, du déroulement des travaux et de la méthode de fabrication des modules de construction, ainsi que des grands composants non transportables en entier.

Pour la viabilisation de la circulation, les préférences vont à l'aménagement d'une route depuis le sud. Partant d'un raccordement temporaire à l'A1 à proximité immédiate de l'aire logistique externe, une nouvelle route de desserte du champ d'exploitation sera aménagée. Une route est ici indispensable en raison déjà des grands composants non transportables par le rail, mais aussi pour les services de secours et d'incendie. En option, il est possible d'aménager un raccordement ferroviaire temporaire avec place de déchargement à Riedbach, à environ 5 km au sud-est du champ d'exploitation.

La viabilisation prévue permet notamment aussi de garantir que la desserte de l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg ne sera en aucun cas entravée. Cela s'applique en particulier aussi aux transports de matières radioactives.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 49 al. 5 LENu, les installations nécessaires à la desserte et les aires d'installation en rapport avec la construction ou l'exploitation de l'installation nucléaire projetée font également partie de celle-ci. L'alinéa 2 du même article fixe que l'autorisation couvre toutes les autorisations requises par le droit fédéral. L'alinéa 3 précise qu'aucune autorisation ni aucun plan relevant du droit cantonal n'est requis. Le droit cantonal est pris en compte dans la mesure où il n'entrave pas le projet de manière disproportionnée. Ces dispositions s'appliquent à la procédure d'autorisation de construire. Les exigences à ce sujet conformément à la LENu sont commentées plus en détail dans le message relatif à la loi sur l'énergie nucléaire [9].

Evaluation de l'IFSN

Conformément à la LENu, il ne faut pas encore évaluer, dans la procédure d'autorisation générale, les aspects des installations de viabilisation nécessaires, des aires d'installation et des sites destinés au recyclage et à l'entreposage des matériaux d'excavation, de terrassement et de démolition en rapport direct avec la construction ou l'exploitation de l'installation nucléaire projetée; ces aspects sont toutefois pertinents pour la procédure d'autorisation de construire. Conformément à l'art. 49 al. 5 LENu et au message relatif à la LENu [9], l'ensemble de ces installations, aires et sites sont intégrés dans l'autorisation de construire de l'installation nucléaire. On délivre alors avec l'autorisation de construire toutes les autorisations nécessaires relevant du droit fédéral; aucune autorisation relevant du droit cantonal n'est requise. Ces clauses de l'art. 49 LENu requièrent une coordination centrale de la procédure d'autorisation. Il faut que la procédure soit concentrée de sorte que le respect des différentes dispositions du droit fédéral et du droit cantonal applicables soit évalué en première instance par une seule autorité. Toutes les autorisations prévues par le droit fédéral et le droit cantonal sont délivrées dans une décision globale. L'autorité responsable de la réalisation de la procédure principale concentre les procédures de décision; c'est une autorité unique. L'autorité unique prévue conformément à la LENu est le DETEC, mais l'OFEN traitera les procédures au niveau matériel [9]. Dans la procédure d'autorisation de construire, l'IFSN soutiendra l'OFEN pour la consultation des instances cantonales concernées.

Sous l'angle de la sécurité et de la sûreté nucléaires, seule l'interaction possible de la logistique et de l'installation du chantier avec l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg doit être évaluée. L'IFSN n'évalue pas les aspects d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement.

La nouvelle route de desserte prévue permet d'assurer que la circulation sur le chantier en rapport avec la construction de la CNRM n'affectera pas l'accès de forces d'intervention externes à l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg. Les voies de desserte requises pour le fonctionnement normal ne sont elles non plus pas affectées.

Le pont provisoire au-dessus de l'Aar est prévu en amont de l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg. Sa capacité de débit doit donc être conçue de sorte à ne pas entraver son fonctionnement sûr en cas de crue déterminante pour la CNM.

Les matériaux à utiliser pour la construction de la CNRM et les travaux de construction ne représentent pas de risque supplémentaire pertinent pour l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg. Les matériaux nécessaires pour la construction de la CNRM sont en grande majorité incombustibles. Le risque lié aux carburants est limité. Il est possible, par l'aire logistique externe située à 1,5 km au sud du chantier, d'aménager des dépôts de carburants éventuellement nécessaires (par exemple carburants pour les machines de chantier) à une distance sûre.

4.1.4 **Météorologie**

Informations du requérant

Phénomènes, données et méthode d'évaluation

Au chapitre 3.3 du rapport de sécurité, le requérant décrit la météorologie du site de la CNRM et aborde les phénomènes météorologiques suivants:

- Vent (vent / tempête / rafales / tornades)
- Température et humidité de l'air, givrage compris
- Précipitations (pluie / neige / grêle)
- Foudre

Par ailleurs, il analyse les données climatologiques et météorologiques préparées et assurées par MétéoSuisse pour les stations de mesure suivantes:

- Mât météo Mühleberg (pratiquement sur le site de la CNRM)
- Mât hertzien Stockeren (à environ 2 km au sud du site de la CNRM en hauteur)
- Wynau BE
- Bern-Liebefeld

L'évaluation de ces données permet au requérant de déduire les paramètres climatologiques qui caractérisent le site. Il utilise par ailleurs cette évaluation pour décrire les événements météorologiques qui peuvent entraîner des incidents (voir chapitre 4.2.5) ou qui sont pertinents pour le dimensionnement de constructions et de composants. Le requérant traite au chapitre 3.6.2 du rapport de sécurité le risque potentiel lié à des phénomènes météorologiques et leurs conséquences.

Dans le tableau 3.3-1 du rapport de sécurité, le requérant donne un aperçu des paramètres utilisés dans les stations de mesure mentionnées plus haut. La plupart des séries de données commencent dans les années 1980 et sont à disposition pour des intervalles de 10 minutes ou d'une heure. Les séries de données ont été analysées en règle générale jusqu'à fin 2007.

En plus de ces séries de données plutôt courtes, le requérant utilise aussi les longues séries de données du site de Bern-Liebefeld qui vont de 1864 à 2006 pour la température de l'air et les précipitations et de 1931 à 2006 pour la neige. Ces séries de données plus longues ont une résolution de 24 heures. Les données utilisées par le requérant sur la densité de foudre (2000 à 2007) en Suisse proviennent de Météorage; les données sur la grêle viennent de la Société suisse d'assurance contre la grêle et celles sur les tornades de divers sites Internet et de l'étude de Dotzek [27].

L'évaluation des séries de données se fait statistiquement pour un grand nombre de paramètres climatologiques et pour chacune des stations de mesure. Pour déterminer les événements sur plusieurs années (50, 100, 200, 1'000 et 10'000 ans), le requérant recourt à la distribution des valeurs extrêmes généralisées GEV (Generalized Extreme Value Distribution) avec la méthode dite «Blockmax». Il choisit pour les longues séries de données la grandeur bloc d'un an et pour les courtes séries de données à partir de 1980 la grandeur bloc d'un mois.

Conséquences des phénomènes étudiés

Les conséquences que le requérant tire des évaluations des séries de données et de l'analyse des valeurs extrêmes pour les différents phénomènes météorologiques sont résumées comme suit pour le site de la CNRM:

- **Vent:** en plus des études sur le vent extrême (tempête et rafale) et sur la tornade (voir chapitre 4.2.5 de la présente expertise), le requérant analyse la direction du vent en combinaison avec sa vitesse, ce qu'il illustre sous forme de roses des vents. On utilise les roses des vents pour décrire les conditions de propagation. Les roses des vents du mât météo Mühleberg sont marquées par le terrain environnant (voir figures 3.3-5 et 3.3-6 du rapport de sécurité). Du fait de la topographie, on observe une canalisation du vent en vents d'ouest et d'est le long de la vallée de l'Aar. Le mât hertzien Stockeren en hauteur fait apparaître une répartition de la direction du vent avec caractéristique sud-ouest - nord-est. Au mât météo Mühleberg, la topographie peut donc faire tourner le champ du vent de 45° par rapport au mât de Stockeren jusqu'au fond de la vallée. En outre, l'emplacement en vallée à 10 m au-dessus du sol du mât météo Mühleberg contribue aussi pour beaucoup à une absence de vent plus fréquente qu'au mât hertzien Stockeren et au point de mesure au mât météo à 110 m au-dessus du sol.
- **Température de l'air:** les températures sur le site de la CNRM n'indiquent pas de fluctuations exceptionnelles. La CNRM sera conçue pour des températures estivales élevées et des températures hivernales basses.
- **Humidité de l'air, givrage compris:** concernant l'humidité de l'air et le potentiel de givrage, le site de la CNRM peut être comparé au site de mesure de Wynau BE, vu que les deux sites se trouvent le long de l'Aar et que l'humidité relative de l'air est influencée par les possibilités locales d'évaporation. Les conditions de givrage (température entre -5 et 0°C et humidité relative > 90 %) sont réunies sur le site de mesure de Wynau du mois d'octobre au mois d'avril. Dans l'ensemble et selon les données de la société EKKM AG au chapitre 3.6.2.5 du rapport de sécurité, le givrage

ne présente pas un risque pour l'installation. Les détails des mesures techniques et de construction pour prévenir le givrage seront décrits plus tard dans la demande d'autorisation de construire.

- **Précipitations:** le requérant réalise une analyse des valeurs extrêmes pour les précipitations sur une heure et sur 24 heures, les résultats pour les sommes des précipitations sur 1'000 et 10'000 ans n'étant pas indiquées pour les précipitations sur une heure, vu qu'elles dépasseraient largement les valeurs extrêmes des précipitations sur 24 heures et que leur prise en compte conduirait à des résultats irréalistes. Pour une analyse des fortes précipitations, les valeurs extrêmes des précipitations sur 24 heures sont considérées comme étant plus réalistes que celles sur une heure. En raison de la grande similitude des régimes de précipitations aux stations de mesure de Berne et au mât météo Mühleberg, les longues séries de données de précipitations de Berne sont évaluées aussi selon les statistiques des valeurs extrêmes. Pour le requérant, le futur dimensionnement de la CNRM permettra sans autres de prévenir des accumulations d'eau dans l'aire de la centrale et/ou sur les toits des bâtiments. Des toits de capacité portante élevée et des canalisations d'eau et de drainage redondantes, spécialement conçues contre tout engorgement, correspondent à l'état actuel de la conception et du dimensionnement des installations. Des précipitations persistantes peuvent toutefois entraîner des crues et des inondations (voir chapitre 4.2.3 de la présente expertise).
- **Quantités de neige:** la station de mesure de Berne permet au requérant d'analyser les hauteurs totales maximales du manteau neigeux accumulé en une année, vu qu'elle dispose d'une longue série de données (1931 à 2006). Le requérant en conclut que la neige et les congères peuvent provoquer des charges élevées sur les bâtiments. Pour le dimensionnement de l'installation, on tiendra compte d'une charge due à la neige de 149 cm et 4,5 kN/m² une fois en 10'000 ans.
- **Grêle:** selon la carte des risques de grêle de la Société suisse d'assurance contre la grêle, le requérant classe le risque de grêle au voisinage de Mühleberg de légèrement accru. La grêle survient dans la région de Mühleberg tous les un à trois ans en moyenne. Le requérant explique que d'autres projectiles ont un potentiel de dommage plus élevé que les grêlons et que le risque dû aux grêlons est de ce fait négligeable. La preuve en sera fournie pour tous les bâtiments importants, dans le cadre de la demande d'autorisation de construire. Une conception et un dimensionnement appropriés de l'installation permettent d'exclure le risque dû à la grêle.
- **Foudre:** l'activité de la foudre en Suisse est fortement saisonnière et dure six mois, de mi-avril à mi-octobre. Elle est quasiment nulle durant les mois d'hiver. Le requérant analyse la densité de la foudre en Suisse et dans la zone de Mühleberg et indique que la région de Mühleberg est frappée par la foudre environ 1,5 fois par an et par km². Cette valeur transposée à la surface du site de la CNRM, il en résulte une densité de la foudre de 0,15 par an, ce qui correspond à un coup de foudre tous les 6 ans (voir aussi chapitre 4.2.6.1 de la présente expertise).

Statistique de diffusion

Avec les données de mesure de la station de Mühleberg entre 1989 et 2007 sur la température, le vent (force et direction) et les précipitations, le requérant réalise une statistique de diffusion à 4 paramètres conformément à KTA 1508 [28]. Il classe ainsi les conditions météorologiques sur le site, caractérisées par les gradients verticaux de température de l'air et la vitesse moyenne du vent à 10 m d'altitude avec une grandeur bloc d'une heure, dans les catégories de diffusion A à F. Dans ces catégories, A signifie très instable, B instable, C et D neutre, E stable et F très stable. La statistique pour le site de Mühleberg montre que la catégorie neutre D prédomine plus d'un tiers du temps. C'est aussi le cas dans la répartition mensuelle. Les catégories E et F ne prédominent qu'aux heures de nuit du printemps à l'automne.

Influence du changement climatique

Le requérant évalue la source suivante concernant les changements climatiques passés pour les phénomènes température de l'air et précipitations (stations de mesure de Berne et de Bâle): «Homogeneous Temperature and Precipitation Series of Switzerland from 1864 to 2000» [29]. Il en conclut que l'augmentation de la température moyenne notamment à la fin du 20^{ème} siècle a été marquante. On ne peut pas encore estimer de tendances pour les quantités de précipitations annuelles.

Le requérant tire les conclusions concernant les changements climatiques futurs du 21^{ème} siècle notamment du rapport de l'OcCC, «Les changements climatiques et la Suisse en 2050» [30]. Les modèles climatiques globaux laissent supposer que la température moyenne entre 1990 et 2100 augmentera globalement de 3°C. On prévoit pour la Suisse des étés plus secs et des hivers plus humides. Les modèles jusqu'en 2070 montrent en moyenne une augmentation d'environ 3,8°C l'été et 2,6°C l'hiver. Du fait du décalage de la distribution des températures vers des températures plus élevées, les valeurs récurrentes des événements sur 50 et 100 ans se décalent aussi. Pour les précipitations, on attend une augmentation de plus de 10% en hiver et une diminution supérieure à 20% en été. Du fait de l'augmentation de la température, on attend aussi une augmentation de la fréquence des précipitations extrêmes. Avec le réchauffement du climat, c'est aussi la limite des chutes de neige qui augmentera et la fréquence de la neige sur le Plateau qui diminuera. Par ailleurs, la neige tiendra moins longtemps.

L'influence du changement climatique sur la fréquence de vents extrêmes et de tornades est traitée au chapitre 4.2.5 de la présente expertise, l'influence sur les crues et les étiages au chapitre 4.2.3 et 4.1.5.1.

Résumé

En conclusion, le requérant évalue notamment au chapitre 3.3.13 du rapport de sécurité les conditions météorologiques du site comme suit: les conditions météorologiques correspondent au climat atlantique européen, c'est-à-dire à un climat tempéré chaud pluvieux sans variation de températures exceptionnelle. Du fait de l'emplacement du site dans la vallée, le profil du vent est principalement marqué ouest-est, les valeurs extrêmes restent dans le cadre des conditions habituelles pour le dimensionnement d'installations nucléaires. Le requérant indique par ailleurs que le climat est généralement propice à la construction et à l'exploitation d'une installation nucléaire.

Le requérant explique en outre au chapitre 3.6 du rapport de sécurité le risque potentiel lié à des événements externes, ces analyses étant au niveau de la demande d'autorisation générale plus qualitatives que quantitatives. Dans le cadre de la demande d'autorisation de construire et d'exploiter, une analyse quantitative détaillée des événements externes sera réalisée avec l'analyse des événements internes. En conclusion, le requérant indique au chapitre 3.6.6 du rapport de sécurité que le dimensionnement de la CNRM tient généralement compte des conséquences possibles d'événements externes, qui comprennent les influences météorologiques.

Bases de l'évaluation

Les dispositions légales de la LENU et de l'OENU ainsi que de l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15] sont déterminantes pour l'évaluation des informations du requérant. L'art. 5 al. 1, 3 et 4 de cette ordonnance stipule quels sont les risques dont le requérant doit tenir compte pour les défaillances et agressions ayant leur origine à l'extérieur de l'installation.

Les documents d'exigences et les guides de sûreté de l'AIEA No NS-R-3 [107], NS-G-3.2 [109] et NS-G-3.4 [112] donnent des indications sur l'approche de la météorologie ainsi que sur le transport et la propagation de substances radioactives pour les études sur l'aptitude du site. Une étude indépendante actuelle sur l'analyse de la météorologie sur le site de la centrale nucléaire de Mühleberg est disponible avec le rapport de travail 226 de MétéoSuisse [31]. Par ailleurs, les bases météorologiques doivent être mises à jour de sorte à pouvoir être utilisées pour calculer l'exposition aux radiations due à des émissions de substances radioactives hors d'installations nucléaires, ce qui est réglé dans la directive ENSI-G14 [93]. La directive ENSI-G14 renvoie dans ce contexte à l'ordonnance allemande sur la radioprotection et ainsi aussi à KTA 1508 [28], qui règle l'instrumentation pour l'étude de la propagation de substances radioactives dans l'atmosphère.

Evaluation de l'IFSN

L'IFSN estime que les informations et les analyses de la société EKKM AG sur la météorologie dans le rapport de sécurité sont suffisantes pour évaluer l'aptitude du site de la CNRM. La sélection, la quantité et la qualité des données communiquées et analysées sont suffisantes. Les données sont majoritairement plausibles et correspondent en général à celles du rapport de travail 226 de MétéoSuisse [31]. Le site jouit d'un climat atlantique européen, sans extrêmes climatiques spéciaux.

Lors de la vérification des maxima mensuels de précipitations d'une heure figurant dans le rapport de sécurité, l'IFSN a constaté des différences par rapport aux données du rapport 226 de MétéoSuisse [31] qu'elle avait pris comme rapport de référence. Les maxima mensuels de précipitations d'une heure de la station de mesure de Mühleberg, dont la liste figure dans le tableau 3.3-22 du rapport de sécurité, sont différents de ceux du rapport 226 de MétéoSuisse. De plus, des différences ont également été constatées dans les valeurs mensuelles maximales des rafales de vent; voir à ce propos l'indication ci-dessous ainsi que les explications de l'IFSN au chapitre 4.2.5 de l'expertise.

Le requérant analyse et documente tous les phénomènes météorologiques pertinents pour l'aptitude du site. Les évaluations statistiques et les analyses des valeurs extrêmes réalisées à l'aide de la distribution des valeurs extrêmes généralisées (GEV) sont en grande partie vérifiables et ciblées. Lors de la vérification des analyses des valeurs extrêmes des

précipitations documentées dans le rapport de sécurité, l'IFSN a constaté des différences par rapport aux données de MétéoSuisse. Les écarts concernent les distributions des valeurs extrêmes décrites au chapitre 3.3.7 du rapport de sécurité et les valeurs probables pour les différentes périodes de retour des précipitations d'une heure à la station de mesure de Mühleberg et des précipitations de 24 heures à la station de mesure de Wynau BE ; elles concernent aussi la distribution des valeurs extrêmes calculée par le requérant et les valeurs probables pour différentes périodes de retour des pointes de rafales de vent à la station de mesure de Mühleberg; voir à ce sujet l'indication ci-dessous ainsi que les explications de l'IFSN au chapitre 4.2.5 de l'expertise. De l'avis de l'IFSN, les différences constatées entre les données du requérant et celles du rapport de travail 226 de MétéoSuisse, résultant de l'utilisation de différentes méthodes d'évaluation, n'ont toutefois dans l'ensemble pas d'influence sur l'évaluation fondamentalement positive de l'aptitude du site concernant les conditions météorologiques.

Indication 2:

Dans le cadre de la révision et du complètement du rapport de sécurité pour la demande d'autorisation de construire et pour fixer les paramètres de dimensionnement déterminants de la CNRM, EKKM AG doit tenir compte des points suivants:

- a. *Les maxima mensuels de précipitations maximum d'une heure, figurant dans le tableau 3.3-22 du rapport de sécurité, et la distribution des valeurs extrêmes calculée pour les précipitations d'une heure à la station de mesure de Mühleberg doivent être réexaminés. Le cas échéant, les paramètres de la distribution GEV (tableau 3.3-27) ainsi que les valeurs probables et les valeurs de l'intervalle de confiance doivent être recalculés pour les différentes périodes de retour (tableau 3.3-28).*
- b. *La distribution des valeurs extrêmes calculée pour les précipitations de 24 heures à la station de mesure de Wynau BE doit être réexaminée. Le cas échéant, les paramètres de la distribution GEV (tableau 3.3-29) ainsi que les valeurs probables et les valeurs de l'intervalle de confiance doivent être recalculés pour les différentes périodes de retour (tableau 3.3-30).*

Le requérant a mis à jour la plupart des données météorologiques pour qu'elles puissent servir de bases appropriées à la définition des paramètres de dimensionnement et à l'étude probabiliste de sécurité (EPS) dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire et d'exploiter. La fixation explicite des paramètres de dimensionnement ne sera vérifiée par l'IFSN que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire.

En tant que base de l'analyse de la propagation et du dépôt de substances radioactives dus aux émissions, le requérant documente une statistique de propagation à 4 paramètres, telle qu'elle est implicitement exigée dans la directive ENSI-G14 [93].

En résumé, l'IFSN admet l'aptitude du site de la CNRM au niveau de la météorologie et ne la remet pas en question, même en tenant compte des changements futurs des conditions météorologiques. Mais pour déterminer les paramètres de dimensionnement déterminants dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, il faudra tenir suffisamment compte des changements possibles et de toutes les autres incertitudes des hypothèses. Cette évaluation ne concerne pas les vents extrêmes (tempêtes et rafales de vent) et les tornades, qui font l'objet du chapitre 4.2.5 de l'expertise. Le thème de la foudre est traité au chapitre 4.2.6.1.

4.1.5 Hydrologie et eaux souterraines

4.1.5.1 Hydrologie

Informations du requérant

Le site de la CNRM est sous l'influence de deux grands cours d'eau, l'Aar et la Sarine. A 1,5 km environ en amont de l'installation planifiée, la centrale hydraulique de Mühleberg arrête l'Aar au Wohlensee. La Sarine se jette dans l'Aar à 2 km en aval de la CNRM. La centrale hydraulique de Niederried se trouve à 3.5 km en aval de cette embouchure.

Crues

Les informations du requérant sur les thèmes des crues et des inondations figurent en détail au chapitre 4.2.3 «Inondation externe» de l'expertise.

Etiages

La société EKKM AG traite du thème de l'étiage au chapitre 3.4.4.1 du rapport de sécurité. Deux aspects y sont considérés: le régime des eaux minimum (débit) et le niveau d'eau de l'Aar.

Pour évaluer le régime des eaux minimum, on utilise les valeurs mesurées à la station de mesure de Bern-Schönau. La période de mesure avant 1930 n'est pas représentative de la situation actuelle, vu que le risque lié à l'étiage de l'Aar a été réduit avec la construction du grand lac de retenue dans le bassin versant. Les valeurs minimales à partir de 1930, de l'ordre de 30 m³/s, n'étaient enregistrées que pendant le semestre d'hiver (octobre à mars).

La centrale de Niederried en aval de la rivière est déterminante pour le niveau d'eau sur le site de la CNRM. Dans les mois d'octobre à avril, son niveau de retenue est maintenu au niveau maximum fixé dans la concession; en été, une valeur un peu plus basse ne peut être dépassée. Même pour le débit le plus bas mesuré dans la centrale hydraulique de Mühleberg ces dix dernières années, son niveau d'eau souterraine et ainsi aussi le niveau sur le site de la CNRM étaient déterminés par la cote de retenue de la centrale de Niederried.

Selon le requérant, les débits de moins de 30 m³/s pour cause d'intempéries sont très rares sur le site de la CNRM. On peut toutefois imaginer deux scénarios indépendants des intempéries, susceptibles d'entraîner des débits plus bas, notamment:

- Fuite de l'installation de retenue (bief) de Niederried et interruption simultanée du débit d'eau de l'Aar au barrage de Mühleberg. Du seul fait déjà de la fuite du barrage à Niederried, le niveau pourrait continuer de baisser en hiver et en période de faibles débits. Mais des bancs de gravier dans la zone d'embouchure de la Sarine empêchent un assèchement complet de l'Aar jusqu'au fond de la rivière. Ils assurent ainsi une hauteur d'eau minimum dans l'aire de la CNRM, qui ne peut baisser davantage. Selon le requérant, la probabilité d'un arrêt complet de l'Aar en amont est faible, vu que la centrale hydraulique de Mühleberg est équipée de suffisamment de systèmes redondants pour assurer un débit d'eau continu.
- Possibles travaux de révision des installations de retenue dans la région des centrales d'Oberhasli (KWO) et vidage des lacs de l'Oberaar et du Grimsel avant l'hiver. On peut imaginer dans ce cas des situations d'étiages extrêmes de l'ordre de 20 m³/s. Pour le requérant, ce scénario est peu probable, vu que toutes les installations de retenue et toutes les centrales ne sont pas révisées en même temps dans la zone des KWO.

C'est pourquoi le requérant conclut que, même dans des conditions d'étiages extrêmes probables, la CNRM disposera toujours d'une quantité d'eau de refroidissement suffisante, vu que son fonctionnement nécessite, pour le refroidissement principal par la tour de refroidissement hybride et le refroidissement à circuit ouvert, une quantité d'eau de 4,3 m³/s maximum pour l'eau de refroidissement auxiliaire. Concernant un fonctionnement en parallèle de la CNRM et de la CNM, le requérant explique au chapitre 2.4.7, qu'avec un besoin en eau de refroidissement de 11,6 m³/s maximum, la CNM disposera toujours elle aussi de suffisamment d'eau de refroidissement en cas d'étiage.

Influence du changement climatique

Le requérant analyse dans différents chapitres du rapport de sécurité la thématique du climat. Concernant les prévisions climatiques pour le 21^{ème} siècle, il indique en se basant sur des modèles climatiques globaux (voir par ex. les références [30] et [32]) que la température moyenne entre 1990 et 2100 augmentera globalement de 3°C. Il en résulte pour la Suisse les changements suivants:

- Etés plus secs et hivers plus humides
- Augmentation des précipitations de plus de 10 % en hiver
- Diminution des précipitations de plus de 20 % en été
- Augmentation de la fréquence des précipitations extrêmes
- Augmentation de la limite des chutes de neige et baisse de la fréquence de la neige sur le Plateau
- Fonte des neiges plus précoce et donc déplacement du débit maximum de l'été au printemps
- Périodes de sécheresse plus longues en été et donc débit réduit en été et en automne
- Multiplication des précipitations extrêmes en hiver, en particulier dans les bassins versants petits à moyens.

Sur la base de ces prévisions, le requérant n'attend pas pour l'Aar d'aggravation des événements extrêmes d'étiages, vu qu'une tendance saisonnière en sens contraire par rapport au modèle actuel est actuellement prévue.

Bases de l'évaluation

Les dispositions légales de l'OENu et de l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15] sont déterminantes pour l'évaluation des informations du requérant sur l'hydrologie.

En outre, le Guide de sûreté de l'AIEA No NS-G-3.5 [113], actuellement en préparation, donne aux chapitres 2, 8 et 14 des informations sur l'approche de l'hydrologie dans les études d'aptitude des sites.

Evaluation de l'IFSN

L'IFSN juge que la plupart des déclarations du requérant sur l'hydrologie du site de la CNRM sont vérifiables. Les observations suffisent en principe à l'évaluation de l'aptitude du site dans ce domaine.

Crues

Le requérant a analysé au chapitre 3.4 du rapport de sécurité des événements hydrologiques pouvant entraîner des crues et des inondations. On a donc calculé des écoulements d'eau et niveaux en résultant, ainsi qu'analysé des ruptures de barrage. L'évaluation détaillée des informations d'EKKM AG sur les débits de crues et sur le risque d'inondation figure au chapitre 4.2.3 de l'expertise.

Etiages

Le requérant présente différents scénarios pouvant mener à des événements extrêmes d'étiages sur le site. Dans le même temps, il indique que même dans les conditions d'étiages extrêmes probables, la CNRM et la CNM disposeront toujours d'une quantité d'eau de refroidissement suffisante (besoin de $4,3 \text{ m}^3/\text{s}$ maximum).

Les mesures réalisées depuis la construction du barrage du Grimsel montrent que les débits minimum de l'Aar sont de l'ordre de $30 \text{ m}^3/\text{s}$. L'influence des eaux souterraines sur le débit de l'Aar est faible. Par contre, le vidage d'eau du Wohlensee peut faire augmenter le débit. En adaptant le volume d'eau turbiné dans la centrale de Niederried à la somme des volumes d'eau venant du Wohlensee et de la Sarine, on peut en plus garder la cote de retenue et ainsi le niveau d'eau sur le site de la CNRM. En cas extrême d'absence d'installation de retenue à Niederried combinée à l'absence d'afflux d'eau du Wohlensee, les bancs de gravier de la zone d'embouchure de la Sarine empêcheraient un assèchement de l'Aar dans l'aire de la CNRM. Dans un autre cas extrême d'absence temporaire d'écoulement d'eau du Wohlensee avec assèchement simultané de la Sarine, l'Aar entre le déversoir de Niederried et le Wohlensee pourrait se transformer temporairement en une masse d'eau stagnante suite à l'arrêt de l'écoulement par la centrale de Niederried, qui pourrait alors servir de réserve d'eau pour la CNRM.

Dans le cas théoriquement d'un tarissement de l'afflux d'eau de l'Aar dans le lac de Brienz suite à l'arrêt de l'écoulement d'eau des centrales d'Oberhasli, un écoulement excédentaire de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ conduirait à un abaissement du niveau d'eau des lacs de Thoue et de Brienz, d'une surface totale de 78 km^2 , de 3 à 4 cm par jour. Comme le débit du lac de Thoue est régulé, un débit d'eau de l'Aar de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ pourrait être garanti sur une assez longue période.

L'IFSN approuve les considérations du requérant et les conséquences qui en sont tirées en ce qui concerne la disponibilité permanente des volumes d'eau de refroidissement requis tant pour la CNRM que pour la CNM. Cela est valable aussi compte tenu de l'évolution climatique future. L'IFSN considère que l'aptitude du site de la CNRM est admise pour ce qui est de l'approvisionnement en eau de refroidissement.

4.1.5.2 Eaux souterraines

Informations du requérant

Situation générale

Les conditions hydrogéologiques sur le site de la CNRM sont présentées au chapitre 3.5.1.4 du rapport de sécurité. La géologie locale pertinente dans ce domaine est brièvement décrite ci-après.

La séquence des dépôts quaternaires dans la zone de Mühleberg peut être présentée de manière simplifiée comme suit: le substratum est formé par la molasse d'eau douce inférieure. Les dépôts de moraines anciennes directement sur la roche (couche imperméable) sont normalement recouverts de débris de chenaux (Rinnenschotter). Ces débris de chenaux sont considérés comme des graviers de retrait de l'avant-dernière période glaciaire et forment à Mühleberg les terrasses alluviales de la vallée de l'Aar (formation aquifère locale). Par endroits, ils sont recouverts localement de dépôts de moraines de fond et de moraines de surface d'une puissance de 10 m (couche imperméable).

Les eaux souterraines s'écoulent vers le nord-ouest avec une pente moyenne de 2 à 3% et sont exfiltrées dans l'Aar. Elles sont essentiellement alimentées par l'écoulement de subsurface et l'infiltration directe des eaux météoriques. L'Aar est ainsi le cours d'eau récepteur des eaux souterraines. C'est seulement en cas de montée rapide du niveau de l'Aar que les eaux fluviales peuvent, sur les rives, s'infiltrer dans les aquifères de la roche non consolidée.

Il s'agit essentiellement d'un aquifère à nappe libre. Localement, la couverture argileuse et les récents dépôts d'alluvions de l'Aar recouvrent, tel un couvercle étanche, ces nappes aquifères. Dans quelques forages, le niveau d'eau souterraine a monté un peu après le forage; des conditions d'eau souterraine légèrement sous pression prévalent ainsi localement. Les mesures dans les piézomètres installés présentent des cotes de repérage d'env. 0,3 à 9,3 m à partir de la limite supérieure du terrain.

La puissance de l'eau souterraine des roches non consolidées dans le périmètre d'analyse est en moyenne de 4 m, avec une variation de 0 à 6 m. Les conditions de perméabilité aussi montrent que le débit de l'aquifère de la roche non consolidée est limité (des débris de chenaux à gros grains bien perméables ont des extensions latérales limitées).

Exploitation planifiée des eaux souterraines du site

Selon le chapitre 2.4.4 du rapport de sécurité, l'exploitation des eaux souterraines au moyen de puits est une option pour le refroidissement d'urgence à plus long terme (>72 h), suite à un accident de perte du caloporteur. Dans les 72 h, le refroidissement d'urgence est réalisé au moyen des réserves de caloporteur dans l'installation, prévues de par le dimensionnement et la conception de cette dernière. Une estimation du requérant qui se base sur des mesures de forage (2008) part d'un débit d'environ 500 l/min. Selon la technologie de réacteur choisie, un débit de soutirage de 500 l/min suffit pour évacuer 20 à 100% de la chaleur résiduelle produite 72 heures après le début de l'accident (dans les premières 72 heures, aucun approvisionnement alternatif en eau de refroidissement n'est nécessaire d'après les indications d'EKKM AG). Pour le site de forage RB11/P/08, on calcule dans le tableau 3.5-3 un débit théorique de 600 l/min lors de la baisse maximale admise du niveau d'eau

souterraine d'un tiers de la puissance de l'aquifère. On ne donne pas d'indications quant à la position d'un ou de plusieurs puits de soutirage. EKKM AG tient par ailleurs à ce que le débit effectif après le creusement du puits soit mesuré par des essais de pompage par paliers.

Selon les informations du chapitre 3.5.2.4.4 du rapport de sécurité, l'aire du projet se trouve dans la zone de protection des eaux B (la zone B comprend des régions dont les nappes phréatiques sont de moindre importance). Du point de vue du droit sur la protection des eaux, ce n'est pas une nappe phréatique se prêtant à l'exploitation.

Bases de l'évaluation

La LENu, l'OENu et les directives de l'IFSN ne mentionnent pas d'exigences spécifiques quant à l'hydrogéologie d'un site de centrale nucléaire. L'évaluation de l'IFSN se fonde largement sur les documents du requérant et les références citées. On a vérifié la cohérence et la plausibilité, sur la base de valeurs expérimentales, des indications données aux chapitres 2.4.4 et 3.5 du rapport de sécurité sur l'hydrogéologie et sur l'exploitation planifiée des eaux souterraines. On a tenu compte aussi des données essentielles figurant dans les rapports de base référencés [124] et [125].

Les aspects de la compatibilité avec l'environnement ne font pas l'objet de la présente évaluation. On analyse la protection des eaux souterraines en perspective d'ouvrages supplémentaires dans la nappe phréatique ou de l'emploi de substances nocives pour l'eau pendant la phase de construction, ainsi que la dégradation potentielle des captages d'eau potable et d'eau industrielle environnants suite à une prise d'eau souterraine.

Evaluation de l'IFSN

Le requérant présente de manière plutôt concise les conditions hydrogéologiques sur le site; elles ne sont vérifiables en détail qu'avec les rapports de base référencés [124] et [125] et de longs calculs théoriques.

Les sources des valeurs numériques de la perméabilité hydraulique et de la puissance de l'aquifère figurant au tableau 3.5-2 ne sont pas citées. D'autres chiffres figurent dans les annexes 10.1 à 10.6 du rapport du Geotechnisches Institut AG [124]. C'est pourquoi l'IFSN a recalculé les chiffres avec ces données (profils de forage des annexes 3.1, 3.3, 3.4 et 3.11). Les valeurs de la perméabilité hydraulique sont par conséquent valables dans l'hypothèse d'une eau souterraine à écoulement libre et, dans le cas du forage RB4/P/08, pour une puissance d'eau réduite suite au rabattement de la nappe dans le forage. Dans l'hypothèse d'une eau souterraine captive, qui semble plus réaliste pour les forages RB1/P/08, RB3/P/08 et RB4/P/08 du fait des couches de couverture (moraines, limons en nappes, dépôts d'alluvions récents), les perméabilités hydrauliques correspondantes seraient plus grandes (+ 10 %, + 13 % et + 100%).

Les données du rapport de sécurité ne permettent pas à l'IFSN de vérifier la manière dont le requérant conclut au rabattement de la nappe à partir du diamètre du puits et des volumes d'eau hypothétiques pompés (tableau 3.5-3). Sans information sur l'organisation supposée des forages (emplacement, section, gravier et matériel de filtrage, effet pelliculaire), un rabattement de la nappe peut être estimé en tant que quotient du taux de pompage et de la transmissivité; il en résulte des chiffres plus petits que dans le tableau 3.5-3 du rapport de sécurité (1,3 à 1,9 m).

Il n'a pas été démontré qu'il était effectivement possible de prélever les 500 l/min supposés dans la nappe phréatique et dans la durée. Comme on n'attend de l'Aar aucune infiltration et que la nouvelle formation d'eau souterraine sur le site résulte des eaux de l'écoulement de subsurface et des eaux météoriques, on peut estimer qu'en dépit d'une perméabilité hydraulique potentiellement suffisante, il n'y aura pas suffisamment d'eau souterraine pour assurer un refroidissement d'urgence alternatif.

En résumé, l'IFSN constate que les données du requérant sur le refroidissement d'urgence alternatif à plus long terme avec l'eau souterraine ne sont que partiellement vérifiables. On ne sait pas encore si les volumes requis sont effectivement disponibles; ils sont en tout cas peu probables d'après l'évaluation de l'IFSN. Une preuve du débit effectif seulement après le creusement du puits n'est pas admissible. L'IFSN formule donc l'indication suivante:

Indication 3:

Si EKKM AG poursuit l'option d'un refroidissement d'urgence alternatif à plus long terme au moyen de l'eau souterraine, il faut, dans le cadre déjà de la procédure d'autorisation de construire, produire des analyses et des preuves détaillées sur l'eau souterraine. Ce sont par exemple d'assez longs essais de pompage par paliers (seulement 30 min maximum jusqu'à présent) et des modélisations hydrogéologiques, afin de pouvoir tenir compte d'effets limites et de puissances variables. Comme la reformation de l'eau souterraine résulte des eaux de l'écoulement de subsurface et des eaux météoriques, il faut étudier en particulier aussi l'influence de périodes de sécheresse plus longues sur le débit du puits.

4.1.6 Géologie, sol de fondation et sismique

4.1.6.1 Géologie

Informations du requérant

Géologie de l'environnement plus éloigné

Le site de la centrale nucléaire planifiée se trouve dans le bassin molassique de l'ouest de la Suisse, délimité au nord par le Jura plissé et au sud de la molasse subalpine écaillée. Le bassin molassique s'est formé au cours de l'orogénèse alpine suite à l'enfoncement de la plaque continentale européenne sous l'orogène (subduction). Le bassin ainsi formé devant l'orogène a été rempli des débris d'érosion des jeunes Alpes. Les sédiments sont les plus puissants en bordure des Alpes et diminuent vers le nord. Les dépôts de molasse sont en discordance au-dessus des strates du Mésozoïque, qui comprennent à la base une séquence de roches évaporites ductiles (anhydrite, sel gemme). Le socle est formé par des roches cristallines avec des intercalations de fossés permio-carbonifères. Ces derniers sont le résultat de mouvements de transpression au Paléozoïque, ayant conduit par endroits à l'extension du socle.

Du fait de la compression alpine, l'empilement des couches au-dessus des évaporites mésozoïques a été décollé et charrié en direction nord-ouest (théorie d'une poussée lointaine horizontale alpine ou «Fernschub»), en commençant il y a environ 13 millions d'années. En bordure nord du bassin molassique, des discontinuités du socle ont généré des failles inverses et la formation de chevauchements et de plis. Deux types de modèles expliquent la manière dont ces structures ont été formées:

- le modèle « thin-skinned », dans lequel on suppose que la poussée lointaine horizontale a saisi et charrié vers le nord-ouest les formations au-dessus des évaporites, tandis que le socle cristallin sous-jacent n'était pas déformé.
- le modèle « thick-skinned », d'après lequel tant les formations sédimentaires que le socle cristallin ont été déformés. Un décollement dans la roche de recouvrement n'est qu'accessoire.

La plupart des géologues de même que les experts mandatés par le requérant préfèrent le modèle « thin-skinned ».

L'enfoncement du fossé du Rhin supérieur entre la Forêt-Noire et les Vosges a commencé il y a 40 millions d'années. Le fossé rhénan constitue un autre élément tectonique important.

Modèle géodynamique

Situation géologique et tectonique régionale

Le site de la CNRM se trouve dans la zone de transition entre le Plateau occidental et le Plateau central. Le substratum est formé par les dépôts de molasse d'une puissance d'environ 2000 m dans la région de Mühleberg. Les formations de molasse ont été déposées au Tertiaire il y a 34 à 10 millions d'années: on distingue deux séquences marines et deux séquences continentales. La séquence la plus inférieure, la molasse marine inférieure (MMI), ne s'est pas déposée dans la région; les dépôts les plus anciens font partie de la molasse d'eau douce inférieure (MDI). Il s'agit de marnes sablo-silteuses avec de puissantes bancs de grès. Les séquences supérieures de la molasse ont été érodées sur le Plateau occidental suite à un soulèvement ultérieur, de sorte que seuls des dépôts de MDI apparaissent sur le site.

Une séquence de calcaire, marne, argile, anhydrite et sel gemme, formée au cours du Jurassique et du Trias, se trouve au-dessous des dépôts de la molasse. Au-dessous de cette séquence, se trouve le socle cristallin qui devrait correspondre au socle cristallin de la Forêt-Noire et des Vosges. Dans le socle paléozoïque, on observe localement la présence de fossés avec sédiments permo-carbonifères.

Les unités structurales du Plateau suisse ont résulté d'un allongement pendant la sédimentation des dépôts de molasse et d'une surimpression compressive ultérieure pendant la phase principale de l'orogénèse alpine il y a 25 à 3 millions d'années. L'histoire géologique plus récente du bassin s'est déroulée dans la zone située entre les Alpes, la Forêt-Noire et le fossé rhénan. Lors des phases tardives de l'orogénèse alpine, les roches de recouvrement au-dessus des évaporites du Trias ont été décollées du socle cristallin et charriées vers le nord-ouest. Localement, des surfaces de cisaillement aussi peuvent apparaître à la base des molasses, dans le bassin méridional. La direction de contrainte principale dans le bassin molassique occidental est SE-NO, à la verticale du front alpin.

Structures tectoniques dans le bassin molassique

Les structures tectoniques dans le bassin molassique occidental prennent naissance dans l'horizon de décollement des évaporites du Trias. Les plis et les chevauchements sont en général orientés SO-NE et se terminent en partie axialement aux rampes latérales orientées SSO-NNE (structures de Tschugg et d'Hermrigen, voir figure 4.1-1). On mentionnera, du fait de sa longueur, la structure de Fribourg, respectivement les synclinaux qui s'étendent de la molasse subalpine au sud de Fribourg à la région à l'est du lac de Morat.

Les failles avec déplacements latéraux et horizontaux sont d'un intérêt particulier. La structure de Fribourg et la faille NO-SE de La-Lance en font partie. D'après les résultats de la sismique réflexion, ces failles se composent de plusieurs segments de faible extension. Les éléments structuraux les plus remarquables de la région sont ici les failles qui forment la bordure est de la structure de Fribourg.

Structure et zone de Fribourg

L'expression «zone de Fribourg» provient des études de trois séries de secousses qui semblent se trouver le long d'un linéament N-S dans la région à l'est de Fribourg. La structure de Fribourg est un synclinal de direction N-S dont les bordures occidentale et orientale sont formées de flexures pouvant localement aussi prendre le caractère d'anticlinaux. Dans la zone centrale de la structure de Fribourg (noyau du synclinal), les évaporites du Trias sont réduites, mais en bordure elles sont plus puissantes (flexures ou anticlinaux). Des failles de même direction sont à l'origine de l'activité sismique observée qui se concentre sur la bordure orientale de la structure. Les séries de secousses le long de la ligne N-S ont permis de supposer qu'il s'agirait d'une assez grande faille active de près de 30 km de long [33]. Les mécanismes au foyer déduits des solutions indiquent des failles de décrochement presque entièrement sénestres le long de plans de ruptures orientées N-S. Les hypocentres des séismes se trouvent dans les roches de la couverture.

Figure 4.1-1 : Carte tectonique de la région de site intégrant les séismes connus (source: RS CNRM), FS = Structure de Fribourg, LL = Faille de La-Lance

Le requérant a réévalué des lignes de sismique réflexion existantes, en partie plutôt anciennes. Il en conclut qu'il n'existe pas de faille continue de cette dimension. Selon son interprétation, la structure de Fribourg est composée de plusieurs failles d'extension limitée.

Dans la région à l'est du lac de Morat, la structure de Fribourg passe à un système de structures plissées provoquées par des ruptures orientées SO-NE. Les chevauchements liés à ces plis forment des rampes frontales nettement identifiables sur les cartes structurales (par ex. dans la figure 3.5-39 du rapport de sécurité). Dans la partie ouest, ces rampes changent de direction pour N-S. D'après les données sismiques, la structure synclinale qui se profile entre les rampes n'est pas liée à la structure de Fribourg; c'est une structure d'interférence des rampes.

Le requérant note que les structures de rupture (failles) observées dans la couverture sédimentaire ne se poursuivent pas dans le socle cristallin. Les mouvements tectoniques dans la couverture ne sont pas liés au socle cristallin. On en déduit que l'existence d'une plus grande faille dans le sous-sol profond est peu probable.

Topographie, tectonique récente et néotectonique

Les processus postglaciaires dans la région ont engendré des vallées fluviales profondément creusées. Les avancées des glaciers ont laissé des structures qui s'étirent principalement parallèlement à la chaîne du Jura (SO-NE). Les données morphologiques haute résolution (LIDAR de swisstopo) n'ont pas permis d'identifier des structures tectoniques telles que niveaux et déplacements superficiels, qui signaleraient la présence de ruptures actives. La comparaison des directions des vallées et des orientations des ruptures parle toutefois en faveur d'un certain lien d'origine.

La région de Mühleberg n'a pas révélé de structures néotectoniques significatives. Les mouvements néotectoniques les plus proches proviennent de la faille de La-Lance plus à l'ouest. C'est une faille dextre qui s'étire NO-SE et s'étend de la chaîne du Jura à la région sud-ouest de Payerne. Sur la ligne sismique du sous-sol du lac de Neuchâtel, deux segments de cette faille disloquent les dépôts quaternaires.

En raison de mesures GPS et de nivellement, on peut se baser, pour le bassin molassique de l'ouest de la Suisse, sur un taux de soulèvement de 0,25 mm/an maximum. On n'a pas trouvé d'indications de mouvements différentiels susceptibles de prouver une activité tectonique récente.

Modèle tectonique

Le requérant décrit un modèle géodynamique régional qui comprend des failles transversales régionales conjuguées, sénestres et dextres. Les processus tectoniques dans la couverture et dans le socle cristallin sont indépendants les uns des autres. Des dislocations transversales sénestres de direction N-S et des failles dextres NO-SE se sont développées dans la couverture sédimentaire avec la compression SE-NO lors de la formation du Jura («Jurafernschub»). Le long du bassin molassique occidental, la direction de ces systèmes de ruptures varie de NNO-SSE dans la région du site de la CNRM à E-O dans le bassin occidental.

La structure de Fribourg, qui s'étire de la molasse subalpine au sud à l'extrémité orientale du lac de Morat (longueur d'à peine 25 km), peut être incluse dans ce modèle malgré sa position tectonique particulière. Les flancs de la structure sont formés de flexures et témoignent de faisceaux de ruptures de direction plus ou moins N-S. Les foyers sismiques de la zone de Fribourg sont interprétés comme la réactivation de la rupture de fossé orientale de la structure de Fribourg. Le lien spatio-temporel de la structure de Fribourg et de la faille de La-Lance reste toutefois encore vague en l'état actuel des connaissances.

Géologie locale du site

Histoire de la vallée

Au cours des différentes périodes glaciaires, la région du site a été plusieurs fois entièrement recouverte de glace. Pendant la plus grande glaciation et les dernières avancées de glaciers du Würm, les surfaces des molasses se sont formées et les vallées se sont creusées (Wohlensee, Sarine, etc.). Une fine strate de sédiments de roche non consolidée du Quaternaire recouvre en grande partie la roche molassique. La région du site fait partie de la vallée en auge de l'Aar qui s'étend jusque dans la région au sud de Berne. Tandis que la vallée de la Sarine d'orientation N-S ne s'enfoncé que très peu dans la roche molassique, la vallée de l'Aar d'orientation E-W présente un surcreusement important entre Wohlén et l'embouchure de la Sarine.

Substratum – Molasse d'eau douce inférieure

Le substratum de la région du site est formé de molasses d'eau douce inférieure d'une puissance de 2000 m. Il s'agit d'une alternance de grès et de silts avec des marnes colorées. Les roches se sont déposées sur une large plaine fluviale; on distingue quatre types de faciès qui s'engrènent latéralement. Les grès en tant que dépôts d'anciens chenaux d'écoulement sont imbriqués dans des dépôts à grains fins des plaines d'inondation entre les bras de la rivière. La roche molassique est peu déformée, mais présente des diaclases de décompression

qui se sont formées après la fonte de la surcharge du glacier. On suppose que l'échelonnement des parois rocheuses de la vallée de l'Aar est dû à ces diaclases.

Couverture de roche quaternaire non consolidée dans la zone de Mühleberg

Suite à de nombreux forages, le requérant a analysé les dépôts quaternaires dans la zone du site. Le tableau 3.5-1 du rapport de sécurité réunit les séquences de roches non consolidées. A la base, on observe une moraine de fond attribuée à la plus grande glaciation (glaciation de Riss, moraine ancienne). Elle est abondamment recouverte de graviers sableux interprétés comme des graviers de retrait de l'avant-dernière glaciation. Ils forment sur 15 m d'épaisseur maximum une formation aquifère locale. Sur les débris de chenaux, se trouve une deuxième moraine de fond et partiellement aussi de surface. Elle se compose d'une matrice silto-argileuse avec gravier, joue le rôle de couche imperméable et est attribuée à la dernière glaciation (glaciation de Würm). Des couches de sables silteux et de gravier détachées de fines couches d'humus forment la surface de la couverture de roche non consolidée.

Sismologie et risque sismique spécifique au site

Nouveaux résultats sur la zone de Fribourg d'après PEGASOS

Un nouveau modèle conceptionnel de tectonique et une nouvelle interprétation des profondeurs de foyer sismique à Fribourg réalisés par le Service sismologique suisse (SED) ont sensiblement modifié les représentations de la structure de Fribourg. Les profondeurs de foyer de 7 km calculées antérieurement passent, suite à la révision des calculs, à 2 km en moyenne au-dessous de la surface de la terre, donc dans les roches de la couverture, à la limite inférieure des dépôts molassiques du Tertiaire.

Pour étudier la situation, le requérant a acquis les droits sur 44 km de lignes sismiques encore non rendues publiques, mises en place par l'industrie de l'exploration, et évalué les données. Il s'agit en partie de lignes plutôt anciennes, dont la plupart n'avaient pu être évaluées précisément que dans les couches mésozoïques. Le requérant constate toutefois que les hypothèses sismiques sont suffisantes pour l'étude de la situation tectonique.

Figure 4.1-2: Carte structurale de la base du Tertiaire dans la région du site, fondée sur les évaluations sismiques (modifiée d'après [34])

La structure de Fribourg, qui n'est pas cartographiable en surface, est reproduite sur les lignes sismiques comme un synclinal de direction N-S, délimité à l'ouest et à l'est par des zones de failles de direction N-S (voir figure 4.1-2). La sismique permet une localisation précise des failles. A l'est, la structure de Fendringen délimite la structure de Fribourg. On observe une élévation des couches due à un coussin d'évaporites à la base des roches de la couverture décollées.

La structure de Fendringen se compose de plusieurs failles partielles. On suppose qu'il s'agit d'une dislocation transversale sénestre (flower structure). Directement au sud de la région du site, on n'observe pas de failles correspondantes dans le prolongement nord de la structure de Fendringen. Le requérant en déduit donc que la structure ne se poursuit pas vers le nord.

La structure de Hermrigen se compose de deux anticlinaux (Tschugg et Möriken) accompagnés de deux synclinaux (Galmiz, Niederried). On observe dans la structure un recourbement des axes structuraux de N-S à NE-SO. Ce faisant, la structure tectonique change aussi, passant de rampes latérales (mouvement horizontal avec éventuellement de petits composants de chevauchement) à des rampes frontales (chevauchement pur).

Le requérant souligne que l'évaluation des lignes sismiques n'a pas révélé de structures s'étirant de la couverture au socle cristallin. L'absence de liens directs entre les failles abruptes et des éléments de structure du socle serait explicable par l'absorption des mouvements de la couverture dans les évaporites ainsi qu'un détachement de la tectonique du socle. L'interprétation des lignes sismiques a réfuté la présence d'une zone de failles d'extension régionale, telle qu'elle a été postulée dans la littérature (par ex. dans [33]).

Evaluation de l'aptitude du site par le requérant

Dans le bassin molassique du Plateau, le site de la CNRM est une zone relativement calme du point de vue tectonique, dénuée de grandes complications structurales. La faille potentiellement active la plus proche se trouve à l'intérieur de la structure de Fribourg, sur la bordure est d'une dépression synclinale N-S des sédiments mésozoïques et tertiaires, près de la ville de Fribourg. La structure se termine au sud de Mühleberg et n'a pas d'influence sur le site. Une nouvelle interprétation de lignes sismiques environnantes de l'industrie pétrolière montre qu'il n'y a pas de failles d'importance régionale à proximité du site. Sur la base des données de sismique réflexion, les failles locales peuvent être exclues dans un rayon de 2,5 km au moins. On peut ainsi aussi exclure avec certitude tout risque de dislocation.

Sur la base des cartes de risques du Service sismologique suisse (SED), la région du site de Mühleberg se trouve dans une zone sismiquement relativement calme. Les accélérations (dans la roche) spécifiques au site, déterminées dans le cadre de PEGASOS, sont comparables au risque dans d'autres régions à activité sismique faible à moyenne. Selon les résultats de l'étude PEGASOS, l'influence de la structure de Fribourg sismiquement active sur le risque dans la région du site de Mühleberg est faible.

Le site lui-même repose sur des couches à stratification calme. Comme il n'y a pas de failles en contact avec le tracé de l'installation planifiée, on peut exclure avec certitude tout risque de dislocation. Du fait de la roche qui affleure à faible profondeur et de la stratification horizontale, le sol de fondation se prête à la réception de grandes charges verticales. La propension au tassement est faible. Les couches de roche non consolidée résistantes ne présentent pas un potentiel de liquéfaction des sols.

Toutes ces réflexions amènent à une évaluation positive de l'aptitude du site en perspective de la géologie, des propriétés du sol de fondation et du risque sismique.

Bases de l'évaluation

Les recherches géologiques en rapport avec l'évaluation de la sécurité d'un projet de centrale nucléaire suivent trois axes d'action:

- Pour déterminer le risque sismique d'une centrale nucléaire, il faut connaître l'extension et la structure des grandes zones de failles dans l'environnement du site. Il faut donc étudier et décrire les modèles de failles régional et local, ainsi qu'évaluer la fréquence sismique et les magnitudes sismiques maximums possibles.

- Des dislocations significatives dans les zones de failles peuvent compromettre la sécurité d'une centrale nucléaire. Il faut donc s'assurer qu'aucune zone de faille potentiellement active ne traverse l'aire de la centrale et son environnement immédiat.
- Pour calculer l'impact sismique sur l'installation, il faut connaître les propriétés du sol de fondation qui sont, avec les exigences du séisme de dimensionnement, une base importante pour la conception et le dimensionnement de l'installation.

La base de l'évaluation repose sur le Guide de sûreté de l'AIEA No NS-G-3.3 « Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants », qui présente les étapes de la recherche nécessaires [110].

Dans le cadre du projet PEGASOS, on a déjà évalué les structures géologiques régionales et discuté de leur importance pour le risque sismique. Les résultats figurent dans les rapports des experts sur l'étude PEGASOS. Les publications [35] et [36] récapitulent par exemple les aspects géologiques et sismiques.

Evaluation de l'IFSN

Géologie de l'environnement plus éloigné

L'évaluation de l'IFSN concernant la géologie de l'environnement plus éloigné est conforme à celle du requérant. La seule divergence consiste dans l'observation plus large de l'IFSN des structures discutées ci-après et de leur continuation dans le sous-sol cristallin. Pour l'interprétation de la situation tectonique actuelle dans le bassin molassique de l'ouest de la Suisse et dans les Alpes voisines, Mosar [37] propose que les plans de chevauchement englobent non seulement la couverture, mais aussi le socle cristallin sous-jacent. Comme on ne peut pas mener ici de discussion définitive sur le type de déformation, l'IFSN estime qu'il faut alors, dans le sens d'une observation pessimiste du requérant, considérer le cas le plus défavorable pour le site. Pour le risque sismique, c'est la prise en compte de l'éventualité de failles enracinées dans le socle cristallin. Concernant une éventuelle continuation sud des systèmes de failles du fossé rhénan, s'étendant du Jura plissé au bassin molassique, l'IFSN est d'avis qu'il faut choisir ici aussi une approche pessimiste. Dans ce cas, c'est l'éventualité que la structure de Fribourg fasse partie d'un système relié au fossé rhénan supérieur. Comme on manque ici en surface d'évidences sur d'assez grandes zones, on peut supposer qu'un tel lien n'a guère été actif depuis la fin de la sédimentation molassique.

Modèle géodynamique

Situation géologico-tectonique régionale

Pour l'IFSN, la situation du site dans une zone géologique relativement calme de la molasse du Plateau est partiellement vérifiable. L'IFSN constate que la cartographie des failles est difficile dans les formations molassiques, vu que d'importants changements lithologiques font défaut et que les moraines présentes couvrent souvent le substratum. Les observations des structures tectoniques sur le terrain se limitent donc largement aux affleurements dans les vallées. L'évaluation du substratum plus profond et de sa situation tectonique doit donc se fonder pour l'essentiel sur quelques rares forages profonds et sur les lignes sismiques présentes. Ces dernières indiquent un modèle de failles qui délimitent des segments de stratification calme, d'une extension de quelques kilomètres maximum.

Structures tectoniques dans le bassin molassique

Le bassin molassique suisse n'a pas une structure homogène. Sa partie occidentale a connu un rétrécissement nettement plus fort que sa partie orientale. La région du site se trouve dans une zone de transition où on observe, sur une structure transversale à la chaîne du Jura, un changement de direction des axes du pli de la direction SO-NE à la direction N-S (voir figure 4.1-1).

Les différents types de structure du bassin molassique sont dus au fait que, d'une part, les évaporites de la formation du Trias présentent de plus grandes épaisseurs dans la partie occidentale du bassin [38] et que, d'autre part, la largeur du bassin diminue vers l'ouest.

Pour l'IFSN, la situation tectonique de la région du site résulte de l'interaction des aspects suivants:

- L'influence de structures héritées dans le socle cristallin sur les roches de la couverture.
- L'extension à l'Eo-Oligocène et de l'Eocène dans la région du système des fossés rhéno-bressan.
- Le plissement jurassique du Miocène tardif et du Pliocène.
- L'orogénèse potentiellement durable dans la chaîne alpine, qui pourrait déclencher des processus tectoniques.

Le requérant suppose que le socle cristallin de la région de recherche est resté détaché de la couverture au Tertiaire récent et au Quaternaire. La tectonique plus récente se serait limitée à la couverture au-dessus des évaporites du Trias. L'IFSN ne peut pas vérifier cette hypothèse dans cette forme absolue. Les structures tectoniques observées sont largement explicables en relation avec la poussée lointaine horizontale formant le Jura. Du fait de la dislocation de la couverture lors de la poussée horizontale (de l'ordre d'environ 20 km en direction du NW [39]), les structures dans la couverture ont été séparées des structures qui en faisaient partie avant, au-dessous de l'horizon de décollement, là où la dislocation s'est vérifiée avec un grand angle par rapport à la direction de la faille. En cas de petits angles entre la direction de la faille et la direction du mouvement, des connexions pourraient aujourd'hui encore exister. La littérature récente tient compte par ailleurs de la possibilité d'un style de déformation qui engloberait aussi le socle cristallin dans le rétrécissement [37].

Les évaluations de la sismique présentées par le requérant n'indiquent pas clairement la présence de structures dans le sous-sol cristallin qu'on pourrait corréliser avec des failles dans la peau des sédiments décollée. Pour compléter l'évaluation de lignes sismiques présentée par le requérant, l'IFSN renvoie à des travaux (par ex. [40]) qui suggèrent une étroite relation entre des dénivellations à la surface du socle cristallin et la nucléation d'éléments tectoniques dans la couverture. La qualité de représentation de la sismique est toutefois limitée à cette profondeur, vu que le socle cristallin ne présente guère de réflecteurs. Si on part de l'idée que les champs de fractures présents dans la roche de recouvrement se sont développés au-dessus d'une grande faille du socle, ainsi que Kastrup et al., 2007 [33] l'ont suggéré, il faudrait compter sur une faille d'extension régionale importante. L'IFSN suit largement les interprétations sismiques du requérant, mais pas jusqu'à exclure une faille étendue.

Structure et zone de Fribourg

La structure de Fribourg se trouve dans l'extrapolation sud d'une zone de failles étendue qui, partant du fossé rhénan, peut se poursuivre avec des interruptions à travers tout le Jura plissé. Dans le fossé rhénan, la faille forme vraisemblablement la limite entre le fossé de Dannemarie et le horst de Mulhouse (Faille d'Ilfurt [42], [43], [44]). Plus au sud, elle semble former la bordure ouest du Jura de Ferrette, puis passer vers le sud au réseau de failles de Caquerelle-Les Rangiers, qui forme sur la feuille 40 St-Ursanne [45] la bordure ouest du bassin de Delémont. Le séisme de Bassecourt de 5,5 Mw en 1577 est le séisme historique le plus fort de la région de cette faille rhénane régionale [46]. Plus au sud, au nord de Bienne, la faille est moins bien documentée. Elle se manifeste toutefois dans le changement axial discontinu de la géométrie structurale des plis et des chevauchements, sur les deux flancs de la faille transversale. La structure se poursuivrait sur environ 7 km à l'ouest du site de la CNRM [33]. L'IFSN est d'avis qu'il n'est pas possible de démontrer ce postulat sur la base des lignes sismiques présentes, notamment si la part de la faille au-dessus de l'horizon de décollement basal a été disloquée avec la poussée lointaine horizontale et la formation du Jura en travers de l'orientation du plan de faille [127].

La faille dans le bassin molassique a été cartographiée aussi en lignes sismiques (voir figure 4.1-1) et documentée dans les Alpes dans des affleurements. Dans le rapport de sécurité, la structure de Fribourg apparaît comme étant composée de plusieurs segments. Les failles partielles de la structure ne sont pas identifiables en surface, mais elles se profilent par des synclinaux et des anticlinaux qui dessinent les structures. La partie centrale de la structure est reconnaissable en tant que vallée orientée nord-sud. Une localisation précise des champs de fractures nécessiterait des levés supplémentaires de sismique réflexion. On remarque que ces segments n'ont pas été déplacés dans le sens de la direction, comme c'est normalement le cas pour une faille transversale segmentée [47]. On peut donc aussi argumenter que les segments documentés dans le rapport de sécurité (structure de Herbringen comprise) sont une seule et même partie de la faille continue. Pour une segmentation de la structure de Fribourg, il faudrait par ailleurs s'attendre à ce qu'elle s'exprime localement, selon l'arrangement géométrique des segments dans la région entre les segments, soit dans un allongement (*pull-apart basin*), soit dans un raccourcissement.

La structure de Fribourg se caractérise par des séismes récents (zone de Fribourg). L'activité sismique dans le cadre de trois séries de secousses s'étend sur une longueur de 20 à 30 km (voir figure 3.5-25 du rapport de sécurité). Les mécanismes au foyer déduits des solutions indiquent des mouvements horizontaux sénestres [33]. Pour l'estimation de la rupture la plus longue possible le long de la structure de Fribourg, il n'est pas très important pour l'IFSN de savoir si la faille est segmentée, vu que des ruptures provoquant des séismes peuvent fréquemment sauter des extrémités de segments de failles voisins se trouvant à moins de 3 à 5 km [48], [49], [50], ce qui pourrait conduire à une rupture de l'ensemble de la structure.

Si on considérait la structure de Fribourg comme une structure connexe, elle atteindrait une longueur d'à peine 50 km. Le fait que les séismes se limitent à la couverture ne prouve pas que la structure ne se poursuit pas en profondeur. Pour l'IFSN, il n'y a pas de raisons mécaniques qui limiteraient à la couverture sédimentaire les ruptures sub-verticales le long de la structure de Fribourg. Le rapport longueur-largeur constant des ruptures et documenté dans le monde entier ([51], [52]) fait paraître improbable que la structure de Fribourg n'ait atteint que 2 km de profondeur pour une longueur sismiquement active de 30 km. Il faut donc plutôt

s'attendre à ce que la faille se soit développée aussi en profondeur et ainsi dans le socle cristallin, à moins d'y avoir été initiée.

Faille de La-Lance

La faille de La-Lance mentionnée n'est discutée que marginalement dans le rapport de sécurité. Elle s'étend de la région du Chasseron au bassin molassique. Le point le plus au sud se trouve à environ 30 km du site. La structure d'une longueur de 27 km décale les axes des anticlinaux dans la molasse. En se basant sur l'évaluation de lignes sismiques dans le lac de Neuchâtel, il s'agit d'une rupture d'origine néotectonique qui a été active lors de la période postglaciaire. Les réflecteurs le long de la faille montrent un décalage vertical qui comprend aussi les réflecteurs les plus récents [41]. Le champ de fractures large d'environ 1 km est limité des deux côtés par des failles. Sur des lignes sismiques commerciales qui traversent la fracture à l'est du lac, la faille de La-lance a été identifiée comme flower structure [41]. Lors de la caractérisation des sources sismiques de l'étude PEGASOS, la faille de La-Lance n'a pas été considérée explicitement comme une source sismique linéaire, mais elle fait implicitement partie de la zone de source autour du site.

Topographie, tectonique récente et néotectonique

L'IFSN suit les conclusions du requérant sur la géologie locale, la topographie et la néotectonique au voisinage immédiat du site de la CNRM. Elle estime toutefois que les déclarations sur les recherches avec LIDAR ne sont pas entièrement vérifiables, vu qu'il n'y a pas de documents ni de rapports correspondants. L'indication suivante tient compte de cet état de chose.

Indication 4

L'IFSN attend de la société EKKM AG qu'elle lui donne accès aux résultats des recherches avec LIDAR.

Modèle tectonique

Le rapport de sécurité présente un modèle tectonique devant expliquer la structure géologique de la structure de Fribourg. Le modèle se fonde sur deux failles qui se croisent (Fribourg et La-Lance) et dont l'interaction engendre un modèle structural complexe. Pour l'IFSN, les liens tectoniques et cinématiques entre la structure de Fribourg et la faille de La-Lance ne sont actuellement pas encore suffisamment identifiés. Une interaction entre les failles doit rester hypothétique en raison des connaissances actuelles. Mais l'IFSN est d'accord sur le fait que les spectres des risques qui partent de ces lignes sont couverts par les spectres des séismes déterminés dans PEGASOS pour le site de la centrale nucléaire de Mühleberg (voir chapitre 4.1.6.3 de l'expertise).

Evaluation de l'aptitude du site par l'IFSN

L'IFSN est d'accord avec l'évaluation des lignes sismiques présentée par le requérant dans la mesure où il n'en résulte pas d'indices clairs d'une prolongation nord de la structure de Fribourg. Pour l'IFSN, les résultats du projet PEGASOS sont ainsi largement pertinents pour le site de Mühleberg. La géologie et l'évolution de la vallée au voisinage immédiat du site de la CNRM sont évalués en conformité avec le requérant.

4.1.6.2 Propriétés du sol de fondation

Informations du requérant

Modèle du sol de fondation

De nombreuses recherches sur le terrain et en laboratoire ont été réalisées pour étendre les connaissances sur les propriétés du sol de fondation, connues suite à de précédentes recherches pour la centrale nucléaire de Mühleberg [124], ce qui permet de caractériser le sol de fondation local de la CNRM. Les recherches comprennent 13 profils sismiques par méthode sismique-marteau et sismique de surface (sismique hybride), ainsi que 10 carottages sur la rive gauche de l'Aar et deux sur la rive droite. Des tests de pénétration standard ont été réalisés dans les trous de forage. On a recouru en plus à la sismique en forage ainsi qu'aux scanners acoustique et optique de forage. Tous les forages ont été équipés de tubes piézométriques et/ou de capteurs de pression interstitielle. En laboratoire, des paramètres géotechniques usuels comme la densité, la résistance au cisaillement, la résistance à la pression et l'angle de frottement ont été définis sur des échantillons de sol et de roche. On a aussi réalisé des essais à colonne résonante sur des carottes de forage pour déterminer les vitesses des ondes P et S ainsi que le degré d'amortissement dépendant de la déformation et les modules de cisaillement.

Dans les figures 3.5-12 et 3.5-13 du rapport de sécurité, le requérant présente le graphique du modèle du sol de fondation du site avec profils longitudinaux et transversaux. Les couches les plus importantes sont décrites comme suit (de haut en bas):

Les remblais artificiels, respectivement les couches de revêtement, se composent de fondations de terre, de revêtements noirs, d'humus et de sable faiblement à fortement silteux. Au-dessous viennent de jeunes dépôts d'alluvions de la l'Aar constituées de silt et de sable fin avec peu de gravier. Sur le versant, ces alluvions se transforment en une couverture argileuse constituée d'un silt à sable très fin ainsi que d'un sable fin faiblement à fortement silteux. La couverture argileuse recouvre des moraines composées de silt graveleux fortement sableux, respectivement de sable moyen faiblement silteux à silteux avec peu de gravier. Les moraines aussi s'amenuisent vers l'Aar. Les débris de chenaux constitués de gravier fortement sableux et faiblement silteux, respectivement de roches graveleuses, sableuses et faiblement silteuses, se trouvent en différentes puissances dans l'ensemble de l'aire du projet. Ils reposent directement sur la molasse d'eau douce inférieure qui monte dans la zone du versant jusqu'au-dessous de la surface du terrain.

Situation des eaux souterraines

L'aquifère se compose de débris de chenaux et, dans un moindre mesure, des dépôts de moraine surincombants. Le requérant en estime la puissance à environ 5 m. En général, l'aquifère révèle une nappe souterraine libre et localement seulement une nappe légèrement captive.

L'écoulement des eaux souterraines suit la direction nord-ouest. Normalement, l'eau souterraine s'exfiltre dans l'Aar; ce n'est qu'en cas de niveau d'eau élevé de l'Aar que l'eau de la rivière s'infiltre dans la nappe souterraine. Cette situation n'est qu'à court terme. L'alimentation de la nappe souterraine résulte pour l'essentiel des écoulements de subsurface et, dans une moindre mesure, de l'infiltration des eaux météoriques.

En raison de la grande perméabilité des moraines et des graviers et des faibles profondeurs du rocher molassique en tant que couche imperméable, le requérant prévoit de consolider les fouilles de fondation avec des enceintes de fouille étanches, fixées dans le rocher molassique. Des puisards sont prévus pour l'assèchement des fouilles.

L'aire du projet se trouve dans la zone de protection des eaux B. Le requérant est d'avis qu'il ne faut pas compter sur une modification d'attribution à la zone de protection des eaux A_u, vu que la nappe d'eau souterraine ne se prête pas à l'exploitation.

Evaluation du sol de fondation par le requérant

Le requérant prévoit de creuser les fondations du bâtiment réacteur directement sur le rocher. Ce sont en premier lieu les dépôts de moraines et les débris de chenaux qui se prêtent, pour les petits bâtiments, à des fondations peu profondes dans la roche non consolidée. Les alluvions récentes et les couvertures argileuses ne conviennent pas à des fondations superficielles. Selon la hauteur et la charge d'un bâtiment, le requérant envisagera aussi de réduire les charges en recourant à des pieux dans le sous-sol plus profond.

Le potentiel de liquéfaction du sol de fondation sur le site a été déterminé par une procédure empirique, sur la base des résultats de tests de pénétration standard (SPT). Comme les fondations ne sont pas creusées sur des alluvions récentes ou des couvertures argileuses, mais sur des dépôts de moraines et des débris de chenaux, le requérant conclut que, même en cas d'importantes accélérations induites par séisme, il ne faut s'attendre qu'à des tassements insignifiants. On peut à son avis exclure tout endommagement, dû à la liquéfaction des sols, des parties de l'installation importantes pour la sécurité. Le requérant remet toutefois en question la stabilité des berges de l'Aar en raison du risque de liquéfaction. Comme les couches ne sont pas tenues latéralement, on est exposé ici au risque de glissements latéraux.

Le requérant constate au chapitre 3.5.2.4.5 du rapport de sécurité que l'aire de la centrale nucléaire planifiée ne comporte pas de véritables zones de glissement de terrain. Il indique deux zones de pente présentant une disposition à des glissements spontanés. Il s'agit de la colline molassique de «Runtigerain» au sud et du pied de versant en avant au nord constitué de produits d'érosion de la molasse. De tels glissements spontanés à proximité de la surface peuvent être déclenchés, selon le requérant, par de fortes précipitations ou des séismes. Les précipitations peuvent entraîner des mouvements fortement limités dans l'espace, ne portant pas atteinte au site étudié. Par contre, un séisme pourrait entraîner l'arrachement d'assez grands paquets de terre et de roche. La région de «Runtigerain» est exposée au risque de chutes de pierres. Mais le requérant pense que les pierres seront déposées directement au pied de la paroi abrupte, du fait de l'amortissement de la couverture argileuse. Au pied de versant nord, des glissements de terrain spontanés sont possibles. Ce risque sera écarté par des drainages. Des glissements de terrain dans le Wohlensee ou dans l'Aar sont aussi jugés possibles, mais importants seulement par rapport à leur influence sur le débit de l'Aar.

Au chapitre 3.6.2.7 du rapport de sécurité, qui traite principalement de l'influence des mouvements de terrain (glissement de terrain et chute de pierres) sur l'hydrologie, on aborde aussi le danger potentiel que représente la paroi rocheuse de près de 50 m de haut, qui se trouve en face du site de la CNRM. Il ressort des analyses réalisées dans le cadre des recherches sismiques du site de l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg une image favorable de la stabilité de la pente, étayée par l'absence de matériel de chute de pierres au pied de la paroi rocheuse. S'il devait y avoir quand même chute de pierres, le matériel atterrirait dans l'Aar large ici de 80 m.

Bases de l'évaluation

Pour évaluer le sol de fondation, l'IFSN se fonde essentiellement sur les documents suivants:

- Normes de sûreté de l'AIEA: «Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants», Guide de sûreté NS-G-3.6, décembre 2004 [114]
- Normes de sûreté de l'AIEA: «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations», ébauche du Guide de sûreté NS-G-3.7, 15.10.2009 (révision du Guide de sûreté No NS-G-3.3) [111]
- Ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu) du 10 décembre 2004 [10]
- Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA); norme SIA 267, «Géotechnique», 2003 [53]
- Norme suisse NS 670 010b, indices du sol, VSS 1999[54]
- Carte de protection des eaux du canton de Berne sur Internet du 23 février 2010 [55]
- Carte des dangers du canton de Berne sur Internet du 23 février 2010 [56]

Evaluation de l'IFSN

Les données requises au niveau de l'autorisation générale sur les composants déterminants du sol de fondation («selection stage» et «verification stage» d'après [114]) sont dans le rapport de sécurité ainsi que dans le rapport sur l'analyse du sol de fondation [124]. La structure du substratum, le modèle du sol de fondation et la situation des eaux souterraines sont présentés à quelques exceptions près de manière compréhensible et complète dans les documents de la requête; quelques points nécessitent toutefois des précisions.

Avec les recherches de site réalisées, le requérant remplit les objectifs conformément à l'ébauche du Guide de sûreté DS422 de l'AIEA «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations» [111], d'après lequel il faut clarifier:

- si le site convient du point de vue géotechnique,
- s'il y a sur le site un potentiel de dislocations du substratum pouvant être lié à des séismes (le long de failles, par liquéfaction, affaissement ou effondrement de cavernes),
- la qualité des caractéristiques statiques et dynamiques des matériaux de fondation.

La stratigraphie et la structure du site, la série stratigraphique et la puissance des couches ainsi que leurs caractéristiques dynamiques sont présentées de manière suffisamment détaillée dans le rapport de sécurité. Les données et les valeurs requises sur la densité de la stratification et les caractéristiques statiques des couches, ainsi qu'une évaluation du potentiel de liquéfaction selon les directives KTA, se trouvent dans le rapport de référence sur l'étude du sol de fondation [124]. La déclaration selon laquelle les dépôts de moraines et les débris de chenaux prévus pour les fondations de la construction ne présentent pas de potentiel de liquéfaction est plausible en raison de la densité de la stratification et de la granulométrie de ces couches. Pour déterminer la densité de la stratification, le requérant s'est fondé sur les résultats des tests de pénétration standard (SPT). Les résultats des tests SPT dans le gravier peuvent toutefois être faussés à cause des pierres ou de l'influence réciproque lors d'une distance trop faible entre chaque essai. En complément des analyses de détail à réaliser de toute façon, il faudrait vérifier ces valeurs avec d'autres méthodes, dans le cadre de la demande d'autorisation de construire. Pour évaluer le potentiel de liquéfaction, il faut également tenir compte de la situation de crue. Dans les pièces de la requête pour

l'autorisation de construire, il faudra par ailleurs caractériser les couches de revêtement et les remblais artificiels. Le rapport de sécurité et le rapport sur l'analyse du sol de fondation [124] traitent de ces couches ensemble. Du fait de leur dissemblance géotechnique, l'IFSN considère que cela est peu judicieux.

Le requérant ne fait pas de déclaration concernant le risque auquel le site est exposé du fait de l'effondrement d'éventuelles cavités dans le substratum, ce qui serait requis d'après les exigences internationales de l'AIEA [114]. Le rapport [124] aborde la situation des eaux souterraines captives dans la molasse d'eau douce inférieure. Le requérant explique cette eau artésienne par la présence de diaclases, mais surtout par les débris de chenaux de porosité assez élevée, qui sont entourées de roche argileuse de faible porosité. Vu que des bancs gréseux en chenal sont fréquemment observés dans les molasses d'eau douce inférieure, cette explication est vérifiable pour l'IFSN. L'IFSN ne s'attend pas non plus à de grandes cavités karstiques, les grès molassiques étant pauvres en carbonate. Il ne faut donc pas s'attendre à une vulnérabilité du site due à l'effondrement de cavités.

Selon les informations de l'AIEA aux chapitres 5.2 à 5.6 «Natural slopes» [114], il faut étudier le danger potentiel des pentes au voisinage du site. Si du fait de la distance, on ne peut pas exclure la mise en danger de certaines parties de l'installation importantes pour la sécurité, on procédera à des études approfondies comprenant d'une part les caractéristiques des pentes et d'autre part les conséquences de séismes et de fortes pluies. Si on identifie un risque, il faut, conformément à [114], prendre des mesures de stabilisation et de renforcement de pentes potentiellement dangereuses, ainsi que des mesures de protection des parties de l'installation importantes pour la sécurité. Si cela n'est pas possible, l'emplacement des bâtiments doit être modifié en conséquence.

Du fait de la situation topographique du site de la CNRM, on donne aux preuves de sécurité une importance considérable. D'après l'évaluation de l'IFSN, les informations du requérant sur les risques directs qu'encourt le site du fait des glissements de terrain, de la chute de pierres et de l'éboulement, sont partiellement contradictoires et peu plausibles. Le sens des termes utilisés au chapitre 3.5.2.4.5 du rapport de sécurité, à savoir «eigentliches Rutschgebiet» (zone de glissement proprement dite), par opposition à «Rutschgebiet» (zone de glissement), et «Spontanrutschungen» (glissements de terrain spontanés), par opposition aux «Rutschungen» (glissements de terrain), n'est pas clair. Dans le même chapitre, on déclare d'une part qu'il n'y a pas de «zones de glissement proprement dites» dans l'aire de la centrale nucléaire planifiée, et on identifie d'autre part deux «zones de glissement» (colline molassique de «Runtigerain» et le pied de versant en avant au nord). La déclaration du requérant selon laquelle d'assez grands paquets de terre et de roche ne peuvent se détacher qu'en cas de séisme n'est pas justifiée. Des précipitations extrêmes, éventuellement liées à des périodes de gel et dégel, peuvent également entraîner le détachement de l'ensemble lithologique, comme l'a montré par exemple l'éboulement de Goldau en 1806. De plus, on ne peut pas vérifier la déclaration selon laquelle la chute de pierres sur le site ne présenterait pas un risque pour l'installation projetée du fait de l'effet amortisseur de la couverture argileuse. Lors de l'évaluation, la sécurité de l'installation ne peut pas reposer sur l'effet amortisseur mal quantifiable d'un dépôt de couverture argileuse. Dans l'ensemble, l'IFSN conclut que les informations du requérant concernant le risque direct du site par glissement de terrain, chute de pierres et éboulement, ne permettent pas encore une évaluation pertinente.

Les débris de chenaux, les dépôts de moraines et la roche molassique sont un bon sol de fondation en mesure de recevoir des charges d'ouvrages assez importantes. Par contre, les

couches de revêtement proches du terrain, les alluvions récentes de l'Aar et la couverture argileuse ne conviennent pas à des fondations. Le requérant l'a très bien reconnu et tiendra compte de cet état de fait dans l'étude de projet. Des enceintes de fouilles étanches sont prévues pour des ouvrages dont les fondations sont au-dessous de la nappe d'eau souterraine. On préfère à juste titre cette solution plutôt que des fouilles de fondation ouvertes, car il faudrait sinon compter avec d'importants rabattements de la nappe d'eau et des problèmes de tassement. Un concept de réalisation des fouilles de fondation et de sécurité de ces fouilles doit être présenté dans la demande d'autorisation de construire, dans le cadre des documents B1, conformément à l'annexe 4 OENu.

Selon l'actuelle carte de protection des eaux du canton de Berne [55], l'aire de la CNRM se trouve dans le secteur de protection des eaux B qui correspond à une zone non exploitable. Il ne faut donc pas observer de mesures particulières pour la profondeur d'ancrage des ouvrages. Du fait des résultats des toutes dernières recherches de terrain sur le site ([124], [125] puissance d'eau souterraine d'environ 5 m), on ne peut néanmoins pas entièrement exclure un déclassement futur par le canton de Berne. Il faudra en tenir compte pour l'étude de projet ultérieure.

Sur la base de l'évaluation ci-dessus, l'IFSN propose à l'autorité de surveillance la disposition suivante :

Disposition 2 :

La mise en danger directe du site par glissement de terrain, chute de pierres et éboulement doit être analysée plus précisément par EKKM AG. Les secteurs susceptibles d'être affectés par les zones de glissement de terrain de «Runtigerain» et du pied de versant en avant au nord doivent être identifiés et mis en rapport avec le site planifié pour les parties de l'installation importantes pour la sécurité. L'analyse correspondante devra tenir compte de la carte des dangers révisée du canton de Berne [56]. Pour l'origine des instabilités de pentes, il faudra considérer non seulement les séismes graves, mais aussi toutes les influences potentiellement importantes, notamment les fortes précipitations. Les résultats de la vérification doivent être remis à l'IFSN au plus tard d'ici la demande d'autorisation de construire.

4.1.6.3 Sismique

Informations du requérant

Sismicité

Le requérant constate au chapitre 3.5.3 du rapport de sécurité que la Suisse fait partie d'une région relativement stable au sein d'une assez grande unité tectonique qui se caractérise par de faibles probabilités de forts séismes (la dite région intraplaque, « intraplate region »). A l'intérieur de la Suisse, le site de Mühleberg se trouve en plus dans une région à risque sismique assez faible. Mais même en présence de très faibles probabilités d'occurrence annuelles, il faut envisager de forts séismes pouvant provoquer d'importantes oscillations du sol.

Les cartes du Service sismologique suisse (SED) sur la sismicité récente en Suisse permettent de présenter la répartition géographique et en profondeur des séismes connus. La figure 4.1-3 donne un aperçu des séismes connus en Suisse dans la période allant de 1000

après J.-C. à 2007. Le bassin molassique central et occidental, où se trouve la région de site, présente une sismicité diffuse, dont les épïcêtres, comme dans presque toutes les régions de Suisse (à quelques rares exceptions près), ne peuvent pas être attribués à des éléments tectoniques connus. On trouve une accumulation d'épïcêtres directement à l'est de la ville de Fribourg (voir figure 4.1-4). La plupart de ces séismes font partie des trois séries de séismes des années 1987, 1995 et 1999. Le séisme le plus fort avait une magnitude de 4,0 sur l'échelle de Richter.

Cette concentration de foyers sismiques est réunie sur une étroite bande qui se poursuit vers le nord jusqu'à la hauteur du lac de Biègne. Pour le requérant, on peut se demander dans quelle mesure les origines des séismes du nord sont liées à celles des trois séries de séismes près de Fribourg. Les profondeurs de foyer des trois séries de séismes sont en moyenne de l'ordre de 2 km. Les représentations graphiques du mécanisme au foyer indiquent un cisaillement presque purement sénestre le long d'un plan de rupture orienté N-S. On peut lier l'accumulation de l'activité sismique observée à des failles tectoniques connues de direction N-S, sur la bordure est de la structure de Fribourg (zone de Fribourg). Le requérant suppose que la zone de Fribourg correspond potentiellement aux critères de faille active. Mais il indique aussi que dans le catalogue des séismes historiques (données macrosismiques), cette zone n'apparaît pas comme une région sismiquement active dans la période allant de 1000 après J.-C. à 1975.

En cas de fort séisme, le site peut être mis en danger par les événements suivants: oscillations du sol (risque vibratoire) et dislocation superficielle discrète le long de failles tectoniques (risque de dislocation).

Secousses du sol

Pour évaluer le risque de secousse du sol sur le site de la CNRM, le requérant se base sur les résultats du projet PEGASOS [57]. Certains résultats sélectionnés de l'étude PEGASOS se trouvent sous les informations du requérant, au chapitre 4.2.2 de l'expertise, où ils sont évalués. Pour pouvoir comparer avec les résultats géologiques, on ne considère ici que la première étape du projet, à savoir la caractérisation des sources sismiques: pour représenter la sismicité d'une région, on qualifie de sources sismiques, les dites sources planes ou sources linéaires discrètes, ces dernières représentant des failles actives concrètes. Dans des régions à sismicité diffuse comme la Suisse, on recourt essentiellement à des sources planes. Une source plane décrit une zone de la croûte terrestre ayant un taux de réplique sismique spécifique fonction de la magnitude, une magnitude maximale M_{max} et une distribution des profondeurs de foyer avec les incertitudes adéquates. A l'intérieur d'une source plane, on part d'une distribution homogène des paramètres sismiques.

L'étude PEGASOS [57] a tenu compte de la sismicité dans un rayon allant jusqu'à 300 km autour des sites des centrales. Sur la base des données actuelles disponibles, quatre groupes d'experts ont développé des modèles de zones sources individuels qui présentent, du fait de diverses hypothèses sismo-tectoniques, des sous-modèles encore diversement pondérés. A l'exception d'un groupe, tous les experts PEGASOS ont modélisé l'activité sismique sous forme de sources planes. Un groupe a pris pour source dans le modèle, la zone de Fribourg et la faille de Reinach en tant que variantes faiblement pondérées.

Pour les magnitudes maximales (M_{max}) dans chacune des sources, on a supposé des distributions de probabilités. Avec diverses probabilités d'occurrence, les quatre groupes d'experts supposent, dans les zones sources du nord de la Suisse, des magnitudes maximales

allant jusqu'à 7 au moins, trois des quatre groupes calculent même avec des $M_{\max}$ encore plus élevées (voir figure 3.5-19 du rapport de sécurité). Donnée par tous les groupes d'experts, la valeur médiane des distributions de $M_{\max}$ pour ces zones sources est de $M = 6,1$. Les résultats de la réévaluation de la caractérisation des sources sismiques dans le cadre du projet PRP (voir chapitre 4.2.2 de l'expertise) ne sont pas encore disponibles.

Le requérant se prononce aussi sur le risque sismique lié à des failles dans la molasse et dans les formations plus profondes, plus spécialement sur le risque potentiel de la zone de Fribourg. Les sédiments peu contrastés dans la molasse d'eau douce inférieure ne permettent qu'une mauvaise cartographie des fractures dans cette formation. Mais du fait de la faible profondeur et de l'extension limitée, ces failles ne sont d'aucun intérêt pour le risque sismique.

Figure 4.1-3

Localisation des séismes en Suisse et dans les régions limitrophes, extrait du catalogue des tremblements de terre du Service sismologique suisse (SED) couvrant la période de 1000 à 2007 (source RS CNRM)

Figure 4.1-4

Carte des épicentres du bassin molassique occidental, recensés entre 1984 et 2003, d'une magnitude $M_w > 1$ (source: RS CNRM)

Les études des experts de PEGASOS montrent que la zone de Fribourg – indépendamment de sa classification ou non comme une faille active et de sa prise en compte dans les modèles – n'a pas une influence dominante sur le risque sismique de la région du site. Après le projet PEGASOS, on a obtenu de nouveaux résultats qui modifient l'image de la zone de Fribourg:

Le requérant a présenté une nouvelle interprétation des lignes de sismique réflexion de l'industrie pétrolière, qui montre que la zone de Fribourg ne s'étend que jusqu'au sud-ouest de Mühleberg et n'est pas liée à la faille à vergence ouest au nord de Mühleberg (structure de Hermrigen). Les zones de failles de la zone de Fribourg restent en plus limitées aux sédiments et montrent une disposition en échelon. Une nouvelle interprétation des profondeurs de foyer des séries de secousses près de Fribourg a donné par ailleurs une nouvelle profondeur moyenne de foyer de seulement 2 km environ. Pour la magnitude maximale des séismes dans la zone de Fribourg, le requérant estime donc une valeur de $M = 4,8$, ce qui devrait tendanciellement conduire à une réduction du risque de la zone de Fribourg par rapport aux résultats figurant dans le projet PEGASOS.

Même si on supposait des zones de failles plus profondes avec des plans de ruptures plus importants et donc une plus grande magnitude potentielle, ces séismes forts seraient déjà compris dans les résultats des risques du site, du fait des distributions supposées des magnitudes maximales.

Dislocations superficielles

La nouvelle interprétation des lignes sismiques de l'industrie pétrolière montre aussi, selon le requérant, que des failles régionales et locales peuvent être exclues dans un rayon de 2,5 km au moins autour du site de la CNRM. Comme il n'y a pas de failles en contact avec le tracé de l'installation planifiée, on peut exclure avec certitude tout risque de dislocation.

Les interprétations des données LIDAR de haute résolution n'indiquent pas non plus, dans la zone de la CNRM ni dans celle de Fribourg, de fractures néotectoniques actives qui se seraient déplacées durant la période postglaciaire. Les mouvements néotectoniques les plus proches sont le long de la faille de La-Lance, près du lac de Neuchâtel. Le requérant mentionne en plus les faibles taux de soulèvement récents entre Berne, Bienne et Yverdon, qui sont de l'ordre de 0 à 0,25 mm/an.

Autres recherches planifiées

Dans le cadre des travaux de préparation de la demande d'autorisation de construire, le requérant prévoit la réalisation d'autres études et travaux de terrain.

La surveillance de l'activité (micro)sismique doit donner des informations sur la disposition des zones de faiblesse actives et sur l'état actuel de contrainte de la croûte terrestre. C'est pourquoi on densifie l'actuel réseau sismique du Service sismologique suisse. Il est prévu d'installer dans le Plateau et dans le Jura, en collaboration avec la Nagra, une vingtaine de stations d'enregistrement supplémentaires, dont quatre environ à proximité de chaque centrale nucléaire. Cette densification des stations permettra d'enregistrer des microséismes jusqu'à une magnitude de 1,0.

En vue d'une meilleure compréhension encore de la zone de Fribourg, le requérant utilisera et évaluera aussi les résultats d'une étude de sismicité de l'université de Fribourg, dans la zone de Fribourg.

Les résultats de l'étude PRP permettront de garantir que, jusqu'à la demande d'autorisation de construire, la conception de la nouvelle installation reposera sur des pronostics actualisés des accélérations au sol maximales attendues.

Bases de l'évaluation

Les exigences pour la protection des installations nucléaires contre les défaillances causées par un tremblement de terre sont ancrées dans l'art. 8 LENu ainsi que dans l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15].

La mise en œuvre de ces exigences requiert d'autres bases d'évaluation qui sont documentées dans des règlements internationaux. Au niveau de la demande d'autorisation générale, la spécification du risque est déterminante. Elle est réglée dans le Guide de sûreté de l'AIEA NS-G-3.3 qui a été remplacé en 2010 par le NS-G-3.7 [111]. Ces règlements comprennent aussi les spécifications (type et niveau d'approfondissement des études) requises pour mettre à disposition les bases de données nécessaires.

Pour la définition mise à jour du risque sismique spécifique au site, l'IFSN a demandé qu'on recoure à la méthode du Senior Seismic Hazard Analysis Committee [62] développée aux Etats-Unis, conformément au Level 4 qui y est défini.

Evaluation de l'IFSN

Sismicité

Du fait de l'exceptionnelle profusion de données se trouvant dans l'étude PEGASOS, le requérant n'expose les bases de données sismiques et sismotectoniques utilisées qu'à titre d'exemple dans le rapport de sécurité. Au chapitre 4.2.2 de l'expertise, l'IFSN juge l'évaluation de la sismicité ainsi réalisée dans l'étude PEGASOS, dans le contexte du risque sismique. Elle estime qu'on dispose des déclarations les plus importantes sur la sismicité de la région du site et notamment aussi sur les toutes dernières interprétations des trois séries de séismes à l'est de la ville de Fribourg. L'IFSN juge que les informations du requérant à ce sujet sont correctes. La méthode SSHAC-Level-4 [62] garantit par ailleurs qu'on a utilisé des données actuelles et que tous les modèles et représentations sismotectoniques importants discutés par les spécialistes sont pris en compte avec les pondérations correspondantes.

Secousses du sol

L'IFSN reconnaît que l'étude PEGASOS fait partie des études les plus complètes et les plus modernes de son genre dans le monde, pour évaluer le risque de secousses du sol provoquées par des tremblements de terre et obtenir des données de base pour le dimensionnement des constructions et des différentes parties de l'installation. L'étude acceptée par l'IFSN s'est fondée sur toutes les données sismiques, tectoniques, sismotectoniques et géodynamiques disponibles au moment de l'étude. Concernant la base de données et la méthode, les recommandations du Guide de sûreté de l'AIEA No NS-G-3.3 [110] sont ainsi aussi couvertes pour l'évaluation du risque d'oscillation du sol.

Le risque de secousses sismiques sur le site de la CNRM est actuellement suffisamment bien présenté du fait de l'utilisation des données PEGASOS pour Mühleberg. L'IFSN peut en principe suivre l'argumentation sur le risque sismique lié à la zone de Fribourg. D'après cette argumentation, cette zone de failles n'a pas un potentiel sismique qui ne serait déjà couvert par les résultats des risques de l'étude PEGASOS. Pour l'IFSN, on ne démontre pas clairement que la zone de Fribourg n'est qu'une structure dans la couverture sédimentaire, même si les séismes mesurés récemment se limitent aux profondeurs correspondantes. La continuation de cette faille vers le nord est incertaine et la représentation dans [33] liée à une grande incertitude (voir à ce sujet les explications au chapitre 4.1.6.1 de l'expertise).

La nouvelle interprétation des profils de sismique réflexion de l'industrie pétrolière par le requérant [58] confirme l'hypothèse de Mosar [40], selon laquelle les failles de la zone de Fribourg se concentrent dans les sédiments mésozoïques-tertiaires au-dessus des évaporites du Trias et sont séparées du socle cristallin par cet horizon de décollement. La nouvelle interprétation d'une série de segments de failles plus petits d'orientation NNE-SSO est pour l'IFSN problématique et vraisemblablement dénuée de pertinence en cas de séisme fort, vu que les segments seraient liés par la rupture (voir chapitre 4.1.6.1). Mais l'IFSN est d'accord avec la déclaration selon laquelle les failles faisant partie de la zone de Fribourg ne peuvent être observées que jusqu'à environ 6 km au sud-ouest de Mühleberg et ne révèlent pas, plus au nord sur les lignes sismiques présentes, de lien démontrable avec la structure de Hermrigen qui se développe au nord de Mühleberg. Même dans l'hypothèse d'une faille continue (et d'une extension dans le socle cristallin), les séismes liés à la zone de Fribourg font partie des résultats des risques d'oscillation du sol de l'étude PEGASOS.

Les données de sismique réflexion n'ont pas permis d'observer un lien direct entre les structures des séries de couches mésozoïques et celles du socle cristallin. Concernant de

possibles failles dans le socle cristallin, les données de sismique réflexion ne permettent toutefois pas de conclusions claires. Les interprétations sismiques proposées par Mosar [40] se basent sur la présence de structures importantes à la surface du socle cristallin pour le développement tectonique de la couverture sédimentaire. Des sédiments permo-carbonifères évidents ne sont identifiables que dans la partie nord de la zone de recherche [58]. Les distributions de magnitudes maximales appliquées dans l'étude PEGASOS couvrent toutefois les magnitudes maximales attendues en fonction du niveau actuel des connaissances de séismes potentiels dans le socle cristallin.

Dislocations superficielles

Le risque de dislocation sur chacun des sites n'a pas fait l'objet de l'étude PEGASOS. Comme on n'a pas connaissance de failles qui soient en contact avec le tracé de l'installation, le requérant exclut avec certitude tout risque de dislocation. Pour l'IFSN, les taux de soulèvement régionaux à grande échelle de 0 à 0,25 mm/an ne présentent pas de risque pour les constructions et les différentes parties de l'installation. Du fait des informations connues aujourd'hui sur la répartition des failles sur l'aire du futur site de l'installation (voir chapitre 4.1.6.1), cette conclusion est vérifiable pour l'IFSN aussi.

Selon les déclarations du requérant, on a réalisé aussi des recherches avec LIDAR à proximité immédiate du site, mais on n'a pas trouvé d'indications de mouvements néotectoniques différentiels le long des failles. Au chapitre 4.1.6.1, l'IFSN a formulé une indication concernant l'absence d'accès aux rapports de LIDAR.

Autres recherches planifiées

Selon les résultats du projet PEGASOS, le site proposé pour la CNRM se trouve dans une région de faible activité sismique; on ne dispose donc que de peu de résultats de mesures et de données à ce sujet. La validité des quelques données sismiques mesurées est de ce fait limitée et la base de données en question doit être élargie à l'aide d'une extension du réseau de mesures pour la micro-sismicité. L'IFSN formule de ce fait la disposition suivante ainsi qu'une indication:

Disposition 3:

La densification du réseau de micro-séismes du SED, proposée par EKKM AG, doit être mise en œuvre sans retard, afin de pouvoir disposer, pour les prochaines étapes de l'autorisation, de séries de mesures sur une plus longue période de temps.

Indication 5:

Lorsqu'elle déposera la demande d'autorisation de construire, EKKM AG devra expliquer comment la fouille de fondation sera analysée au niveau des mouvements néotectoniques.

4.1.7 Raccordement au réseau électrique

Informations du requérant

Le requérant entend relier la CNRM au réseau suisse à haute tension et, en cas de perturbations du réseau, assurer l'approvisionnement de la CNRM par des systèmes internes d'alimentation électrique de secours.

Le rapport de sécurité indique pour la CNRM une classe de puissance électrique de 1450 MW avec une tolérance d'environ +/- 20%. La puissance électrique émise s'élève ainsi à 1740 MW maximum.

En complément des données spécifiques pour la CNRM, on constate au chapitre 3.7.1 du rapport de sécurité que le site de Mühleberg est aujourd'hui déjà l'un des nœuds les plus importants du réseau suisse à très haute tension et que le réseau de transport autour de Mühleberg continuera d'être complété lors des projets planifiés conformément au plan sectoriel des lignes de transport d'électricité PSE, afin de garantir la stabilité du réseau requise dans l'espace Berne-Plateau suisse. Les conditions sont ainsi réunies pour acheminer de la puissance électrique fournie par une nouvelle installation.

Le chapitre 2.3.2 du rapport de sécurité mentionne deux projets indépendants du nouveau projet de construction de la CNRM. Premièrement, pour augmenter la stabilité du réseau dans l'espace Plateau suisse, l'installation de commutation et de distribution Ouest (sous-station SSt Ouest) sera déplacée à proximité de la centrale hydraulique de Mühleberg et intégrée dans la nouvelle sous-station de Mühleberg Est (SSt Est), où se trouvera aussi le nouveau nœud de réseau 380 kV. Selon la planification actuelle, ces travaux seront réalisés d'ici 2015 environ. Le raccordement 380 kV est nécessaire même sans la CNRM (voir explications sur la stabilité actuelle du réseau). Deuxièmement, le déplacement du centre d'exploitation principal (ZLS) de BKW/FMB est prévu plus tard. Le chapitre 3.7.3 mentionne un troisième projet dont la procédure d'autorisation est en cours: une ligne 220 kV supplémentaire de Mühleberg à Wattenwil doit permettre en premier lieu le meilleur raccordement des centrales hydrauliques régionales au réseau à très haute tension.

EKKM AG présente aux chapitres 3.7.1 et 3.7.2 la topologie du réseau prévue dès 2015 avec la SSt Est et l'évacuation de l'énergie électrique qui sera produite par la CNRM. L'énergie produite par la CNRM passe du transformateur à la SSt Est par une connexion souterraine 380 kV et alimente ainsi le réseau à très haute tension. Les deux niveaux de tension 380 kV et 220 kV du réseau très haute tension sont couplés dans la SSt Est par un transformateur, un deuxième transformateur pouvant si nécessaire être installé (voir explications ci-après). La structure du réseau avec les lignes 380 kV planifiées Mühleberg-Bassecourt et Mühleberg-Romanel ainsi que le réseau 220 kV comprenant actuellement sept lignes 220 kV au départ de Mühleberg (trois lignes doubles et une ligne simple) garantit une évacuation sûre de l'énergie électrique qui sera produite par la CNRM. Cet acheminement se fera en principe sur le réseau 380 kV, contrairement à l'actuelle CNM qui achemine l'énergie produite sur le réseau 220 kV. La panne d'une ligne 380 kV est déterminante pour évaluer le cas critique pour le transport sûr de l'énergie (cas N-1). Si une des deux lignes 380 kV en direction de Bassecourt ou de Romanel tombe en panne, l'énergie sera acheminée par l'autre ligne 380 kV et par une partie des jeux de barres 220 kV. Le transport de 1'800 MW maximum est possible sur le réseau 220 kV, si on installe dans la SSt Est un deuxième transformateur 380/220 kV pour 800 à 1'200 MW. La place et les dérivations nécessaires sont prévues.

Au chapitre 3.7.3, EKKM AG donne des détails sur la stabilité du réseau sur le site. Les informations concernent l'actuelle topologie du réseau sans le raccordement prévu du nœud de réseau Mühleberg au réseau 380 kV. Ces dernières années, on a observé sur le nœud de réseau 220 kV de Mühleberg des fluctuations de tension relativement fortes, entre 230 et 247 kV. Elles ont été particulièrement fortes pendant la révision de la CNM, parce que la production réactive de la CNM, qui dans ce cas réduit les fluctuations de tension, n'est alors

pas disponible pour assurer la stabilité de la tension. Il n'y a pas eu de mises hors circuit pendant cette période. La tension du réseau 220 kV suit une évolution hebdomadaire et saisonnière typique. Le raccordement planifié du nœud de réseau Mühleberg au réseau 380 kV doit permettre de redresser encore ce dernier à partir de 2015, de sorte qu'une nette amélioration de la situation peut être attendue au moment de la réalisation de la CNRM.

La disponibilité des sous-stations 220 kV et 132 kV sur le site de Mühleberg est présentée à la fin du chapitre 3.7.3. Il ressort des statistiques de ces dix dernières années que tant les deux sous-stations 220 kV (SSt Est et Ouest) que la sous-station 132 kV (SSt Ouest) indiquent une très haute disponibilité et que les non-disponibilités ont été quasi-exclusivement dues à la maintenance.

Aux chapitres 3.7.4 et 3.7.5, le requérant traite de la qualité des installations d'approvisionnement en électricité et des dispositions contre des événements externes sur le site, y compris la garantie de l'alimentation électrique interne et de l'approvisionnement électrique de secours de la CNRM. La réalisation de la SSt Est est conforme aux définitions de qualité de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI) qui lui donne son autorisation. L'installation dispose notamment de protections contre la foudre et les surtensions, ainsi que d'une mise à terre adéquate. La protection et la commande sont réalisées dans des appareils séparés et tout le système de protection est construit de manière redondante. De plus, l'aire de la nouvelle installation est à plus de 467 m d'altitude; il en résulte une plus large protection contre les crues. Pendant et après des événements externes tels que les crues, la foudre, les séismes de type OBE (séismes sans interruption d'exploitation), la SSt Est reste selon toute vraisemblance disponible.

L'alimentation propre de la CNRM peut être couverte par le générateur de la centrale ou dès le niveau haute tension 132 kV. L'alimentation 132 kV se fait sur deux trains redondants à partir de SSt Est. Le niveau 132 kV peut être approvisionné à partir du niveau 220 kV. Deux transformateurs 220/132 kV ayant chacun une capacité de 400 MVA sont prévus. Le niveau 220 kV est quant à lui couplé à son tour au niveau 380 kV. A partir du niveau 380 kV, une alimentation directe par le transformateur est aussi possible.

En perspective de l'approvisionnement électrique de secours, nécessaire en cas de panne de tous les raccordements externes au réseau, EKKM AG suggère différents types et systèmes de réacteurs actuels, mais n'indique pas quel sera l'ensemble des installations électriques de secours qualifiées de classe 1E. Deux variantes sont décrites: les systèmes de réacteurs avec systèmes de mise à l'arrêt et de refroidissement actifs disposent de plusieurs divisions avec approvisionnement classé sécurité de courant alternatif par des générateurs diesel; les systèmes de réacteurs avec systèmes passifs de mise à l'arrêt et de refroidissement d'urgence disposent pour leur commande de systèmes d'alimentation en courant continu classés sécurité avec batterie tampon, ainsi que de générateurs diesel non classés sécurité. Les solutions concrètes seront décrites dans la demande d'autorisation de construire.

Du fait de sa faible puissance, l'actuelle centrale hydraulique de Mühleberg (de même que son remplacement planifié) est prévue comme source électrique de secours supplémentaire, tout au plus dans les cas sortant du cadre de la prise en compte lors de la conception et du dimensionnement (par ex. garantie d'une évacuation de chaleur résiduelle à plus long terme).

Bases de l'évaluation

Les fondements généraux figurant dans l'art. 7 OENu (Exigences pour la sécurité nucléaire), dans l'art. 8 OENu (Exigences pour la protection contre les défaillances), dans l'art. 10 OENu (Principes régissant la conception d'une centrale nucléaire) ainsi que dans l'art. 23 OENu (Demande d'autorisation générale), sont d'une importance déterminante pour évaluer les informations du requérant à propos du raccordement au réseau. Les exigences pour l'approvisionnement électrique figurent plus particulièrement dans la directive HSK-R-101 ([98], chapitre 5 sur les critères de conception pour l'approvisionnement en électricité).

Evaluation de l'IFSN

Les données actuelles et les changements prévus dans le domaine du raccordement au réseau de la CNRM sont décrits dans le rapport de sécurité de manière complète et appropriée. Les projets séparés mentionnés (déplacement de la sous-station Ouest avec intégration dans la SSt Est et aménagement de la SSt Est avec connexion directe du nœud de réseau de Mühleberg au réseau 380 kV, déplacement du Centre d'exploitation principal de BKW-FMB, ligne 220 kV supplémentaire à partir de Mühleberg) ne font pas l'objet de la présente évaluation de l'IFSN, à l'exception des nouveaux raccordements 380 kV prévus à partir de 2015.

L'état supposé à partir de 2015 permet en principe de garantir le raccordement fiable et sûr de la CNRM aux réseaux à très haute tension existants. Cela concerne tant l'injection d'électricité produite sur le réseau 380 kV que la garantie de l'alimentation électrique interne des auxiliaires depuis le réseau, lorsque le générateur n'est pas disponible.

L'alimentation propre externe planifiée (raccordements au réseau) remplira les exigences légales et correspondra à l'état de la technique au niveau de la redondance. D'une part, cette alimentation peut se faire par double couplage sur les barres de distribution électrique interne à partir du réseau à très haute tension 380 kV (avec position de repli sur les lignes 220 kV en cas de défaillance du réseau 380 kV). D'autre part, l'alimentation propre de la centrale peut également être couverte à partir du réseau régional 132 kV (également par double couplage sur les barres de distribution interne). Dans ce cas aussi, le réseau 220 kV est disponible en tant que position de repli.

L'IFSN considère que l'indépendance des deux raccordements au réseau décrits (380 kV et 132 kV) pour la CNRM ainsi que l'indépendance de la CNM et de la CNRM sont suffisantes. En raison des raccordements au réseau et des mesures de protection décrits, ainsi que des schémas de sous-station représentés (alimentation de la CNM sur le réseau 220 kV, alimentation de la CNRM sur le réseau 380 kV, barres omnibus redondantes avec interrupteur de couplage adéquat, système de protection redondant de la sous-station de Mühleberg), une panne d'un des réseaux, une panne dans la CNM ou dans la CNRM ne porteront pas atteinte de manière inadmissible aux autres installations et notamment ne compromettent pas la sécurité nucléaire.

En raison de la capacité de transport de l'actuel nœud de réseau 220 kV de Mühleberg et du nœud de réseau 380 kV planifié et en combinaison avec le maillage étroit et les possibilités d'ajustement du réseau, l'IFSN est d'avis qu'il ne faut pas s'attendre, en cas de panne dans la CNRM avec le transitoire électrique maximal (délestage électrique jusqu'au niveau d'alimentation propre), à une perturbation inadmissible du réseau et de l'interconnexion des réseaux. Des transitoires ne sont ainsi pas déclenchés dans d'autres centrales nucléaires.

Selon EKKM AG, la perte totale des approvisionnements électriques externes est maîtrisée par une alimentation électrique interne de secours, pour laquelle le requérant suit différentes approches conceptuelles selon le type de réacteur considéré. L'alimentation de secours à plus long terme se fait dans le cadre de la gestion des accidents, au besoin indépendamment du combustible par alimentation depuis la centrale hydraulique de Mühleberg. Les mesures de raccordement de secours qui doivent être planifiées et préparées à l'avance, conformément à la directive HSK-R-101 [98], chapitre 5.3.2, doivent être présentées en détail dans les documents de la requête pour l'autorisation de construire. Ces concepts de dimensionnement de l'alimentation électrique interne de secours ne sont toutefois pas pertinents pour l'évaluation de l'aptitude du site dans la procédure d'autorisation générale.

Dans l'ensemble, l'IFSN constate que les mesures décrites pour l'alimentation électrique de secours répondent en principe aux exigences légales et à l'état de la technique, les détails du dimensionnement devant toutefois être exposés dans la procédure d'autorisation de construire.

4.1.8 Infrastructure de protection incendie

Informations du requérant

Dans le rapport de sécurité, le requérant examine la protection incendie pour la CNRM et l'infrastructure prévue à cet effet. Le chapitre 3.6.5 aborde plus en détail l'incendie dont l'origine peut être à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation. Le requérant mentionne que, conformément à la directive HSK-R-30 [96], un concept de protection incendie fera partie des documents de la requête présentés pour la demande d'autorisation de construire.

Le même chapitre indique que le site disposera d'un corps de sapeurs-pompiers entièrement équipé. Il expose aussi les possibilités de recours à une assistance externe supplémentaire en cas d'incendie plus important.

Aux chapitres 3.2 et 3.6, le requérant examine les risques spéciaux liés à des installations industrielles, des voies de transport et autres événements externes susceptibles de provoquer des incendies. Les calculs et démonstrations de la sécurité correspondants seront présentés dans les pièces fournies avec la demande d'autorisation de construire.

Au chapitre 2.4.4 du rapport de sécurité relatif au refroidissement d'urgence, EKKM AG mentionne le réservoir d'eau d'une contenance maximale de quelques milliers de mètres cubes, qui doit être installé et aménagé non loin de la nouvelle installation, à 50 m environ au-dessus du niveau 0 de l'installation, et qui pourrait être utilisé en cas d'incendie pour l'alimentation d'eau d'extinction.

Bases de l'évaluation

Les fondements généraux figurant dans l'art. 7 OENu (Exigences pour la sécurité nucléaire), dans l'art. 8 OENu (Exigences pour la protection contre les défaillances), dans l'art. 10 OENu (Principes régissant la conception d'une centrale nucléaire) ainsi que dans l'art. 23 OENu (Demande d'autorisation générale), sont d'une importance déterminante pour évaluer les informations du requérant à propos de la protection incendie. Les exigences pour la protection incendie dans les centrales nucléaires figurent par ailleurs dans la directive HSK-R-50 [97].

Evaluation de l'IFSN

Le requérant examine en détail le risque d'incendie, y compris le risque pouvant résulter d'événements externes, et souligne que des mesures appropriées permettent d'atteindre la sécurité requise sur le site sélectionné.

Avec le corps de sapeurs-pompiers de l'installation et les différents autres se trouvant à proximité du site et auxquels on peut recourir en cas de besoin, on dispose si nécessaire de suffisamment de forces d'intervention.

Dans les pièces présentées, EKKM AG n'étudie pas les données actuelles en matière d'alimentation en eau d'extinction. La disponibilité de l'eau de la rivière est en effet automatique pour le site le long de l'Aar. Concernant les changements planifiés, on indique seulement que le réservoir d'eau à installer pourrait être utilisé aussi pour lutter contre un incendie. Avec une capacité planifiée de quelques milliers de mètres cubes, il représente une grande réserve d'eau d'extinction. Des données détaillées sur l'alimentation en eau d'extinction font partie du concept de protection incendie devant être déposé avec la demande d'autorisation de construire.

4.2 Risques potentiels spécifiques au site

Ce chapitre aborde les risques spécifiques au site susceptibles de résulter d'événements externes, à savoir:

- Risques sur lesquels, conformément à l'ordonnance du DETEC [15] ou à la directive ENSI-A05 [90], il faut réaliser une analyse probabiliste des risques dans le cadre d'une autorisation de construire¹ et sur lesquels on a déjà des informations dans la demande d'autorisation générale. Concrètement, il s'agit des risques de séisme (chapitre 4.2.3), de chute d'avion (chapitre 4.2.4), ainsi que de vents extrêmes et de tornades (chapitre 4.2.5). Il faut ici comprendre par «analyse probabiliste des risques» l'analyse permettant de définir la fréquence des risques.
- Autres risques dont le danger potentiel est défini d'abord de manière déterministe dans le rapport de sécurité. Il s'agit de la foudre, de l'explosion, des incendies externes, de l'obstruction des captages d'eau de rivière ainsi que du givrage des composants. Ces risques sont analysés au chapitre 4.2.6.

L'IFSN évalue la sélection des risques considérés par le requérant au chapitre 4.2.1. Les chapitres 4.2.2 à 4.2.6 évaluent ensuite les méthodes et les résultats utilisés dans les analyses probabilistes des risques. On évalue notamment si les résultats des analyses présentes remettent en question la faisabilité d'un dimensionnement contre ces risques. Le chapitre 4.3 récapitule les résultats de la vérification de l'IFSN.

¹ Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, une analyse probabiliste des risques ne sera réalisée que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Pour quelques risques, le requérant a déjà procédé à des analyses de la fréquence des risques, qu'il entend actualiser et compléter dans le cadre des procédures d'autorisation ultérieures.

4.2.1 Sélection des événements et des risques

Informations du requérant

Sur la base de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire et compte tenu de normes internationales [59], [60], [61] et [107], le requérant présente au chapitre 3.6.2 du rapport de sécurité, dans le but de vérifier l'intégralité des risques considérés, une liste d'événements externes susceptibles de conduire à une défaillance dont l'origine est extérieure à l'installation. Cette liste comprend principalement des risques liés à l'industrie et la circulation, à la météorologie, à l'hydrologie ou à la sismique, ainsi que leurs conséquences. Le chapitre 3.6.3 analyse par ailleurs trois risques consistant en des événements avec une dépendance causale potentielle. Dans les subdivisions des chapitres 3.6.2 et 3.6.3, les événements recensés sont discutés séparément avec éventuellement quelques références aux caractéristiques correspondantes du site (chapitres 3.2 à 3.5). On établit pour chaque événement s'il y a lieu d'en tenir compte dans la conception et le dimensionnement de l'installation.

Une analyse de la fréquence des risques a été réalisée pour les risques suivants:

- Séisme
- Inondation
- Chute d'avion
- Vents extrêmes et tornades
- Températures de l'air minimales et maximales
- Fortes précipitations
- Surcharges de neige
- Foudre
- Débit de rivière minimal
- Chute de météorites
- Perte d'alimentation électrique externe

A l'exception de la chute de météorites, que le requérant exclut de ses réflexions ultérieures du fait de sa fréquence minimale ($6,0 \times 10^{-8}$ par an), tous ces risques sont pris en compte dans la conception et le dimensionnement de l'installation.

Bases de l'évaluation

L'ordonnance sur l'énergie nucléaire sert de base au contrôle de la sélection des risques à considérer. L'art. 8 al. 3 OENu indique les défaillances externes contre lesquelles il faut prendre des mesures de protection. L'art. 5 de l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15] ainsi que le chapitre 4.6 de la directive ENSI-A05 [90] précisent encore le type et l'étendue des risques à analyser. En outre, le document d'exigences de sûreté de l'AIEA No NS-R-3 « Site Evaluation for Nuclear Installations » [107] concerne la sélection et l'analyse d'événements externes.

Evaluation de l'IFSN

L'IFSN considère que la sélection des événements considérés pour l'étude du risque spécifique au site, présentée par EKKM AG au chapitre 3.6 du rapport de sécurité, est complète. La procédure de sélection réalisée par le requérant permet, à partir des événements considérés, l'identification des risques importants pour le site. Les textes de la réglementation suisse pour les centrales nucléaires et les autres fondements pertinents de cette sélection sont

pris en compte par le requérant. Les exigences à ce propos pour la demande d'autorisation générale sont ainsi satisfaites.

L'IFSN évalue au chapitre 4.2 de la présente expertise les risques mentionnés ci-dessus, à l'exception de la chute de météorites qui, conformément à la directive ENSI-A05 [90], ne doit pas être analysée. Des analyses probabilistes des risques ne seront réalisées que dans le cadre d'une procédure d'autorisation de construire. Les analyses disponibles sont évaluées au chapitre 4.2.

Les risques consistant en des événements avec une dépendance causale potentielle sont évalués ci-après. Il s'agit des combinaisons de risques « conditions hivernales exceptionnellement rudes » avec congères, températures basses et verglas, ainsi que « conditions estivales spécialement difficiles » avec températures élevées, sécheresse, incendies de forêt et bas niveau de l'eau des rivières. Le requérant établit au chapitre 3.6.3 du rapport de sécurité que ces événements peuvent conduire finalement à une perte de l'approvisionnement en eau externe et éventuellement à une perte de l'alimentation électrique externe. L'installation de la CNRM sera conçue pour affronter ces événements. L'IFSN considère que les informations et les conclusions d'EKKM AG à ce sujet sont correctes. L'évaluation de ces risques présente une étendue et un niveau de détail suffisants pour la demande d'autorisation générale. Pour l'IFSN, la conception et le dimensionnement de l'installation contre les séismes, les crues, la coupure de l'alimentation externe d'eau de refroidissement, l'incendie de carburant et la perte de l'alimentation électrique externe permettent de maîtriser d'autres risques tels que l'inondation due à la rupture de barrage à la suite d'un séisme et de ses répliques. Par ailleurs, les risques potentiels liés à des conditions hivernales et estivales exceptionnelles ne sont pas des événements qui apparaissent brusquement, mais qui se développent au contraire sur une assez longue période. On peut donc supposer que dans ces cas, d'autres mesures techniques sont possibles pour contrer ces risques. L'aptitude du site n'est donc pas remise en question.

Dans l'ensemble, l'IFSN constate que le requérant a tenu compte de l'étendue des risques à analyser avec exhaustivité et en accord avec l'ensemble des directives suisses et les exigences de l'AIEA [107].

4.2.2 Séismes

Informations du requérant

Dans le rapport de sécurité, EKKM AG a présenté le risque sismique spécifique au site au chapitre 3.5.3 intitulé « Sismologie et risque sismique spécifique au site ». Pour évaluer le risque lié aux secousses du sol sur le site de la CNRM, le requérant se base sur les résultats du projet PEGASOS (« Analyse probabiliste de l'aléa sismique sur les sites des centrales nucléaires suisses », [57]). Cette analyse probabiliste a été réalisée dans les années 2001 à 2004 selon une méthode [62] mise au point par le Senior Seismic Hazard Committee (SSHAC) à la demande de l'autorité de surveillance américaine (US NRC) et d'autres institutions américaines. L'étude PEGASOS a été réalisée selon la variante la plus exigeante de cette méthode, « SSHAC Level 4 », recommandée pour des installations particulièrement importantes en matière de sécurité. La méthode « SSHAC Level 4 » a pour objectif de représenter avec le plus de réalisme possible et pour chaque question pertinente pour le calcul du risque, le spectre des hypothèses et des opinions qui prévalent parmi les spécialistes, y compris les incertitudes qui leur sont liées. Les recommandations SSHAC indiquent

comment, par des règles et des procédures, atteindre cet objectif par le biais d'une consultation formelle des experts. Conformément aux principales étapes habituelles d'une analyse probabiliste de l'aléa sismique, le projet a été divisé en quatre volets:

- **Modèles de sources sismiques:** dans ce volet, quatre groupes d'experts ont élaboré des modèles individuels pour décrire l'activité sismique dans un rayon allant jusqu'à 300 km autour des sites des centrales nucléaires. Cette caractérisation des sources sismiques s'est fondée sur une large base de données constituée en fonction des conceptions des quatre groupes d'experts. A l'exception d'une variante faiblement pondérée avec modélisation discrète de la zone de Fribourg et de la faille de Reinach, les quatre groupes d'experts ont modélisé l'ensemble de l'activité sismique sous forme de zones de sources sismiques. Chaque zone représente une zone de l'écorce terrestre qui se distingue par une récurrence sismique spécifique fonction de la magnitude, une magnitude maximale ($M_{\max}$) et une distribution des profondeurs des foyers sismiques.
- **Modèles d'atténuation sismique:** pour les conditions rocheuses de référence, qui ont été définies par une vitesse d'ondes de cisaillement de 2000 m/s, cinq experts ont développé de propres modèles d'atténuation sismique. Ces derniers décrivent comment, plus on s'éloigne de l'épicentre, plus l'oscillation du sol décroît en fonction de la magnitude et de la fréquence. Il faut comprendre ici par oscillation du sol, l'accélération au sol. Les travaux ont compris l'évaluation, la sélection, la recombinaison et la pondération de liens d'atténuation sismique empiriques publiés pour différents domaines de magnitude et d'éloignement.
- **Influences du site:** quatre autres experts ont développé des modèles individuels pour décrire l'intensification des ondes sismiques dans les couches spécifiques au site proches de la surface, entre la profondeur rocheuse de référence et la surface du terrain ou la cote de fondation des ouvrages. Cette intensification est tributaire de la fréquence et définie dans une première approche par le profil de vitesse des ondes de cisaillement dans les couches proches de la surface.
- **Calcul du risque:** pour le calcul numérique du risque, toutes les variantes de modèle et distributions paramétriques mises au point par les experts des volets de projet mentionnés, y compris leur pondération, ont été réunies en un modèle global. Par ailleurs, des analyses de sensibilité sur les contributions au risque ont été réalisées dans ce quatrième volet de projet.

EKKM AG suppose que les résultats de l'étude PEGASOS dont on dispose pour l'installation existante de la CNM sont aussi valables pour le site de la CNRM distant d'environ 500 m, mais avec quelques petites restrictions concernant les conséquences des différentes puissances et caractéristiques des couches de roche non consolidée. Les résultats comprennent des courbes et des spectres de risque, des classifications des contributions au risque selon l'éloignement et la magnitude, ainsi que les résultats des analyses de sensibilité. On dispose des résultats pour l'accélération horizontale et verticale et – en plus de la surface du terrain et de la profondeur rocheuse de référence – pour deux cotes de fondation des ouvrages.

Les courbes de risque représentent la fréquence de dépassement en fonction de l'amplitude d'accélération et incluent la distribution des incertitudes de la fréquence de dépassement avec les courbes de valeur moyenne et de centiles. Le requérant déduit par exemple des courbes de risque dont il dispose pour le site de la CNM, qu'à la profondeur rocheuse de référence, une accélération horizontale (« peak ground acceleration » PGA) de 0,26g en moyenne est dépassée à une fréquence de 10^{-4} par an.

Dans un projet consécutif au projet PEGASOS, le « PEGASOS Refinement Project » (PRP), on essaiera de réduire les incertitudes des résultats des risques sismiques dont on dispose pour les actuels sites des centrales nucléaires. On calculera aussi dans le PRP le risque sismique spécifique au site de la CNRM. Les travaux du PRP visent principalement le développement d'un nouveau modèle d'atténuation sismique suisse et le contrôle des influences du site, sur la base des résultats des nouvelles analyses du sol de fondation qui ont été réalisées en 2008 pour le site de la CNRM. D'autres travaux prévoient la révision et la mise à jour du catalogue des tremblements de terre du Service sismologique suisse (SED), le calcul du risque pour une magnitude limite plus basse de 4,5 à la place de 5,0 comme jusqu'à présent, ainsi que la modélisation numérique alternative de scénarios de tremblements de terre sélectionnés, au moyen des «extended source simulations» (ESS). Les ESS permettent de calculer l'oscillation du sol spécialement dans la zone proche d'un plan de failles déclenchant des séismes. Les calculs reposent sur un modèle spatial et dynamique clairement défini de la zone de failles, un modèle de couches géologiques et les lois de la propagation des ondes.

Le requérant suppose que les résultats du PRP seront disponibles d'ici le dépôt de la demande d'autorisation de construire et entend baser la conception et le dimensionnement de l'installation de la CNRM sur les résultats de risque actualisés. Il élaborera une spécification du risque sismique et fixera les bases de mesure pour la conception sismique. Vu les résultats de risque sismique disponibles et ceux du projet PRP qui manquent encore, le requérant ne s'attend pas à rencontrer de difficultés au niveau de l'observation et du respect des critères de sécurité.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, une analyse probabiliste des risques ne doit être réalisée que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Les analyses probabilistes que le requérant a déjà réalisées sur le risque sismique sont évaluées ici par analogie.

Les exigences pour la sécurité sismique des installations nucléaires sont ancrées dans l'art. 8 OENu et dans l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15].

Pour déterminer le risque spécifique au site lié aux secousses sismiques, l'IFSN a exigé que la méthode du «Senior Seismic Hazard Analysis Committee» (SSHAC) [62] soit utilisée conformément au Level 4 qui y est défini. Cette exigence a été reprise dans la directive ENSI-A05 sur l'étude probabiliste de sécurité «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90].

On dispose d'autres bases d'évaluation avec notamment le document d'exigences de sûreté No NS-R-3 de l'AIEA «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107], le Guide de sûreté No NS-G-3.3 de l'AIEA «Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants» [110], ainsi que l'ébauche de Guide de sûreté de l'AIEA «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations» [111], qui est entrée en vigueur en 2010 sous le titre de Guide de sûreté NS-G-3.7, remplaçant ainsi le Guide de sûreté NS-G-3.3.

Evaluation de l'IFSN

L'IFSN juge correcte l'approche du requérant qui consiste à présenter le risque sismique potentiel pertinent pour la conception et le dimensionnement de l'installation, d'abord par la secousse du sol due à un séisme sur le site de la CNRM. Les séismes peuvent aussi entraîner des conséquences telles qu'affaissement du sol, glissement de terrain ou destruction d'installations proches. Ces répercussions peuvent avoir lieu aussi indépendamment de séismes et sont analysées dans les chapitres correspondants de la présente expertise.

L'IFSN est d'avis que les résultats du projet PEGASOS [57] permettent au requérant de s'appuyer sur des bases actuellement déterminantes pour évaluer l'aptitude du site de la CNRM par rapport au risque de secousse sismique. L'IFSN se range au point de vue du requérant qui affirme que les résultats du risque disponibles pour la CNM sont plus ou moins valable pour la CNRM, du fait de la proximité et de la similitude des sites de la CNM et de la CNRM. De plus, l'IFSN reconnaît que l'étude PEGASOS satisfait des exigences méthodiques très élevées et fait partie des analyses probabilistes des aléas sismiques les plus complètes au monde.

La méthode SSHAC Level 4 à la base de l'étude PEGASOS a permis d'inclure dans le calcul du risque les données les plus actuelles et les modèles et représentations sismiques, tectoniques, sismo-tectoniques et géodynamiques pertinents. Concernant la base de données et la méthode, les exigences [107] et les recommandations [110], [111] de l'AIEA sont satisfaites pour le calcul du risque de secousse. Dès le début, l'IFSN a vérifié le projet PEGASOS avec sa propre Review Team et accepté les résultats de risque calculés dans le projet au terme d'une vérification finale [63].

Dans la procédure d'autorisation de construire, le requérant basera la conception et le dimensionnement des constructions et de certaines parties de l'installation sur les résultats du risque sismique, qui sont déterminés de manière spécifique au site de la CNRM par une procédure conforme à la méthode SSHAC Level 4, qui intègre depuis le début le contrôle par l'IFSN. L'IFSN approuve l'intention du requérant de concevoir et dimensionner l'installation de la CNRM d'après les résultats du projet « PEGASOS Refinement Project » (PRP).

Le niveau de risque présenté dans le rapport de sécurité pour la CNRM est d'un ordre de grandeur pour lequel l'IFSN estime que la mesure et la construction sismiques des bâtiments et parties de l'installation pertinents pour la sécurité sont faisables. Par exemple, la composante horizontale de la PGA sur la cote de fondation -14 m, telle que le bâtiment réacteur de la CNM la montre, est pour une fréquence de dépassement de 10^{-4} par an de l'ordre de 0,15g à 0,45g. Pour ces valeurs PGA, la fréquence de dépassement est, avec 16% et 84% de confiance, plus petite que 10^{-4} par an. Pour les valeurs PGA 0,28g et 0,39g, la valeur médiane (fractile 50%), resp. la valeur moyenne de la fréquence de dépassement est de 10^{-4} par an. Etant donné que les analyses de risque devant être encore réalisées de manière spécifique à la CNRM peuvent, par rapport aux résultats de PEGASOS, conduire à des résultats un peu différents, l'IFSN pense que pour une centrale nucléaire construite sur le site de la CNRM, une protection suffisante contre les secousses sismiques peut être démontrée grâce à une conception et un dimensionnement adéquats de l'installation.

En perspective des analyses que la société EKKM AG doit encore réaliser sur le risque sismique de la CNRM, l'IFSN formule la disposition suivante:

Disposition 4:

Pour étayer la conception et le dimensionnement des constructions et de certaines parties de l'installation dans le projet de construction, EKKM AG doit utiliser des résultats du risque sismique déterminés de manière spécifique au site de la CNRM, par une procédure conforme à la méthode SSHAC Level 4, intégrant dès le début le contrôle par l'IFSN.

4.2.3 Inondation externe

Informations du requérant

Au chapitre 3.4 «Événements hydrologiques» du rapport de sécurité, le requérant montre le risque spécifique au site par inondation externe due à des crues naturelles ainsi qu'à la défaillance d'aménagements hydrauliques.

Le site de la CNRM se trouve le long de l'Aar, à tout juste 2 km en amont de l'embouchure de la Sarine. L'analyse du risque par inondation externe tient donc compte aussi bien du bassin versant de l'Aar que de celui de la Sarine.

Dans le cas de la CNRM, la méthode standard de l'évaluation statistique de données de mesures de niveau n'est pas appropriée pour estimer les débits qui, en cas de crue naturelle, atteignent ou dépassent la fréquence de 10^{-4} par an (période de retour de 10'000 ans). Cela est dû au fait que les conditions sur le site dépendent des débits des deux rivières. A la place de la méthode standard, on recourt de ce fait à quatre autres méthodes permettant de déterminer le niveau d'eau maximum attendu en cas de crue naturelle.

Une première méthode consiste à étudier des combinaisons de débits de l'Aar et de la Sarine avec une période de retour de 30, 100, 300 et 1'000 ans. On recourt pour cela à une étude des crues réalisée pour la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) toute proche. Un modèle de simulation unidimensionnel permet de calculer, pour ces combinaisons de débits, les hauteurs d'eau correspondantes sur le site de la CNM et d'en déduire une courbe du risque de crue avec distribution des incertitudes. Le niveau d'eau moyen extrapolé sur une période de retour de 10'000 ans atteint sur le site de la CNM une hauteur de 465,70 m.

Une deuxième méthode se base sur une étude des crues extrêmes du canton de Berne. Trois scénarios y sont considérés, mais seules les valeurs moyennes du débit journalier sont retenues. Le requérant multiplie ces valeurs avec un facteur correspondant au rapport entre le débit de pointe et la valeur moyenne journalière des trois crues maximales mesurées pour l'Aar et la Sarine. Cette correction permet d'estimer la valeur journalière maximale des débits pour les trois scénarios de crue extrême. Le modèle de simulation unidimensionnel mentionné plus haut permet de calculer les niveaux d'eau pour les sites de la CNRM et de la CNM. Le scénario aux conséquences les plus importantes donne un niveau d'eau de 465,92 m sur le site de la CNRM. La différence entre les sites de la CNRM et de la CNM est de 1 à 6 cm selon le scénario. Le requérant conclut de la faible différence des résultats de ce calcul que la courbe de risque de crue de l'étude de crue de la CNM mentionnée plus haut et ainsi aussi le niveau d'eau déduit de cette étude pour la CNM peuvent être repris tels quels pour la CNRM pour une période de retour de 10'000 ans.

Deux autres calculs pour déterminer le niveau d'eau maximum attendu en cas de crue naturelle sur le site de la CNRM sont évalués à l'aide d'un modèle de simulation bidimensionnel.

Dans le premier calcul, les masses d'eau d'une crue de 10'000 ans sont estimées par la règle de base que ces masses d'eau correspondent à 1,2 fois celles d'une crue millennale. Les masses d'eau de l'Aar et de la Sarine, dont la combinaison provoque une crue millennale, sont tirées de l'étude de la CNM. En conséquence, il en résulte pour une crue de 10'000 ans une combinaison de 980 m³/s pour l'Aar et de 1262 m³/s pour la Sarine. Pour le site de la CNRM, il en résulte un niveau d'eau calculé de 466,30 m. Le débit de l'Aar est vérifié à l'aide de la méthode de calcul du Kerntechnischer Ausschuss allemand (KTA) [65] (qui donne 997 m³/s) et en analogie avec la directive de l'OFEG [66] sur la sécurité des ouvrages d'accumulation (qui donne 975 m³/s).

Dans le deuxième calcul, le requérant définit pour le site de la CNRM une crue maximale probable (Probable Maximum Flood = PMF). Sur la base d'une analyse des relations surface-quantité-durée de fortes précipitations en Suisse [64], on suppose que la pluie maximale probable (PMP = Probable Maximum Precipitation) pour le bassin versant de l'Aar correspond à des précipitations sur deux jours avec pluie homogène sur toute la surface de 250 mm. Il en résulte un débit maximal de 1'166 m³/s pour l'Aar et de 2'110 m³/s pour la Sarine. La pointe de crue de la Sarine devance toutefois celle de l'Aar de 18 heures, de sorte que les valeurs maximales ne se superposent pas. Il ressort de ce scénario un niveau d'eau maximum de 466,70 m pour la CNRM.

Le requérant conclut des analyses réalisées que le niveau des crues sur le site de la CNRM ne dépassera pas 467 m en cas de crues naturelles.

Le requérant analyse les retenues sur l'Aar et la Sarine dans le but d'identifier les aménagements hydrauliques susceptibles de provoquer des scénarios de crue pertinents pour le site. En raison du volume des lacs de retenue concernés, il analyse plus précisément la défaillance du barrage de Mühleberg sur l'Aar, ainsi que celle des barrages de Schiffenen, de Rossens et de l'Hongrin sur la Sarine. Pour l'étude des ruptures de barrage, on suppose des lacs de retenue entièrement pleins et une rupture à 100%. On recourt ici aussi au modèle de simulation bidimensionnel. Prévu à titre de mesure de protection contre les crues, le remblayage du terrain en une terrasse est représenté dans le modèle, vu qu'il relève la cote de la crue, en particulier pour la crue dynamique en cas de rupture du barrage de Mühleberg.

La rupture du barrage de Mühleberg provoque sur le site de la CNRM un niveau d'eau maximum de 474,20 m. En raison du rétrécissement dû à la terrasse planifiée et de la retenue d'eau qui s'ensuit, le niveau d'eau est d'environ 2 m plus haut que sans terrasse. En aval par contre, la retenue désamorçait la situation, puisqu'on s'attend notamment sur le site de la CNM à des hauteurs d'eau plus faibles de 90 cm que sans la construction de la terrasse.

La rupture du barrage de Schiffenen entraîne sur le site de la CNRM un niveau maximum de 469,70 m, celle du barrage de Rossens un niveau maximum de 469,00 m. La rupture du barrage de l'Hongrin entraîne des masses d'eau plus faibles que la crue millennale et a ainsi des conséquences négligeables sur la CNRM.

On considère qu'une rupture simultanée des barrages de Schiffenen et de Mühleberg n'est pas problématique, vu que la première onde de submersion a déjà reculé lorsque la deuxième arrive sur le site. Du fait de la différence de durée des ondes de submersion de trois heures environ, une rupture simultanée des barrages de Rossens et de Schiffenen n'entraîne pas un niveau d'eau plus élevé que la seule rupture du barrage de Schiffenen. Une défaillance du barrage de Schiffenen due à l'onde de submersion déclenchée par la rupture du barrage de

Rossens donne une cote de crue de 474,60 m pour la CNRM. De telles ruptures multiples ont cependant une probabilité d'occurrence bien plus faible que des ruptures isolées et, selon l'estimation du requérant, ne devraient pas contribuer de manière essentielle à la fréquence d'endommagement du cœur. Il rappelle qu'une évaluation concrète des probabilités d'occurrence et des contributions correspondantes à la fréquence d'endommagement du cœur sera réalisée dans le cadre de l'EPS pour les demandes d'autorisation de construire et d'exploiter.

Selon l'estimation du requérant, les glissements de terrain ne présentent pas de risque pour le site. Il admet qu'une retenue d'eau potentielle par obstruction du lit est négligeable pour le site. De même, l'érosion qui accompagne une crue naturelle n'a pas d'effets pertinents sur le niveau de la crue. Les processus érosifs dus à une onde de submersion suivant une rupture de barrage ne sont par contre pas négligeables. La terrasse planifiée est dimensionnée de sorte à résister, en cas de rupture du barrage du Wohlensee, aux contraintes de cisaillement attendues. Les modifications de terrain dans la vallée de la Sarine dues à des ruptures de barrage n'ont pas pu être représentées dans la simulation. Comme les cotes de crue des ruptures isolées des barrages de la Sarine sont nettement inférieures à celles du barrage de Mühleberg, on dispose, selon les informations du requérant à ce sujet, d'une réserve de sécurité suffisante, tant que cette dernière est conforme à la conception de l'installation.

Le requérant analyse aussi l'impact du remblaiement du fond du lit de l'Aar à l'embouchure de la Sarine. Avec une sédimentation constante jusqu'en 2084, on s'attend, dans une hypothèse pessimiste, à un relèvement du fond du lit de 1,2 m. Pour des crues de 10'000 ans, cela correspond à une cote de crue sur le site de la CNRM de 20 cm plus haut qu'aujourd'hui. Le requérant qualifie donc de faible l'impact d'une sédimentation continue sur l'hydrologie du site.

Sur la base du rapport de synthèse du Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC [32], le requérant suppose qu'en raison du réchauffement climatique, il faut s'attendre en hiver surtout à des précipitations extrêmes plus fréquentes. Etant donné que:

- l'Aar présente sur le site un grand bassin versant hétérogène, dans lequel des effets de bassins versants plus petits à moyens s'équilibrent,
- les précipitations hivernales continueront sous forme solide dans le bassin versant haut-alpin,
- les crues ont lieu actuellement surtout au semestre d'été,

le requérant ne s'attend pas, au vu des prévisions sur le réchauffement climatique, à une aggravation des crues pour le site de la CNRM.

En conclusion, EKKM AG affirme que les effets des scénarios de rupture de barrage dépassent largement ceux des crues naturelles. La conception et le dimensionnement adéquats des terrasses et de l'installation feront en sorte que seules les crues à très faible probabilité d'occurrence entraînent une inondation de la terrasse. Le requérant affirme que pour de tels événements dont le niveau d'eau dépasse le niveau 0 de l'installation, l'arrêt sûr du réacteur est garanti, par exemple par des systèmes de sas étanches et le positionnement approprié des points de pénétration des bâtiments. Le requérant est d'avis que la sécurité face aux crues sur le site de la CNRM peut être réalisée dans la procédure d'autorisation de construire. Cette dernière fixera la cote effective du remblaiement et l'étendue de l'aire à remblayer. La

conception adéquate permettra aussi de couvrir les effets actuellement prévisibles du changement climatique.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, une analyse probabiliste des risques ne doit être réalisée que dans le cadre de l'autorisation de construire. Les pièces déjà disponibles sont évaluées ici par analogie.

Les exigences pour la protection des installations nucléaires contre les inondations externes sont ancrées dans l'art. 8 OENu et dans l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15].

Pour déterminer le risque spécifique au site lié à l'inondation externe, on se réfère aux exigences fixées dans la directive ENSI-A05 sur l'étude probabiliste de sécurité «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90].

On dispose d'autres bases d'évaluation avec le document d'exigences de sûreté No NS-R-3 de l'AIEA «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107] et le Guide de sûreté No NS-G-3.5 de l'AIEA «Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites» [113].

Evaluation de l'IFSN

Les causes d'inondation examinées par le requérant – rupture de barrage unique, ruptures de barrages successives et ruptures de barrages simultanées sur l'Aar et la Sarine, ainsi que crue de 10'000 ans et PMF – couvrent, avec les hypothèses qui sont à leur base, le spectre des causes de risque déterminantes et de leurs combinaisons pertinentes. Les données recueillies constituent une base se prêtant à l'analyse des risques de crues dues à la nature et à la civilisation.

L'IFSN a déjà vérifié dans une autre procédure l'analyse probabiliste des crues pour la CNM. La courbe de risque de crue qu'on en a déduit et le niveau d'eau attendu pour la période de retour de 10'000 ans sont fiables. L'étude tient compte des données particulières du site (forte influence de la Sarine qui débouche en aval). Les autres considérations étayées sur l'étude des crues extrêmes du canton de Berne montrent que les résultats de l'étude des crues de la CNM peuvent être repris tels quels pour le site de la CNRM.

Une deuxième estimation alternative du niveau d'eau attendu pour une période de retour de 10'000 ans, telle que l'a réalisée le requérant, n'est pas nécessaire, vu que la crue maximale probable (PMF) repose sur une évaluation déterministe de la pluie maximale probable (PMP), pour définir le niveau d'eau maximal attendu en cas de crues naturelles. Il faut remarquer que l'utilisation d'une règle de base (multiplication des masses d'eau de la crue millennale par le facteur 1,2) pour l'estimation alternative du niveau attendu de la crue de 10'000 ans, n'est pas scientifiquement étayée. La vérification en calculant la crue de période de retour de 10'000 ans pour l'Aar à l'aide de la méthode de calcul du Kerntechnischer Ausschuss KTA n'est pas appropriée non plus pour étayer l'application de la règle de base; en effet, vu l'influence de la Sarine, la crue de 10'000 ans sur le site de la CNRM ne peut pas être déduite directement de la crue de 10'000 ans de l'Aar. Enfin, la directive de l'OFEG sur la sécurité des ouvrages d'accumulation [66] n'étaye pas non plus l'utilisation de la règle de base, car elle ne fait pas de déclaration sur la crue de 10'000 ans et ne définit une crue de sécurité qu'en multipliant les masses d'eau de la crue millennale par le facteur 1,5.

Les analyses des relations surface-quantité-durée des fortes précipitations en Suisse [64], dont se sert le requérant, sont une base appropriée à l'estimation du PMP. Les précipitations sur deux jours avec pluie homogène sur toute la surface de 250 mm pour l'ensemble du bassin versant de l'Aar correspondent au PMP dans cette région pour la durée mentionnée. L'estimation du PMP satisfait notamment aussi les exigences du document d'exigences de sûreté No NS-R-3 de l'AIEA «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107]. Le niveau d'eau indiqué de 466,70 m pour le PMF correspondant est plausible. L'analyse étaye que le niveau de crue sur le site de la CNRM sera, en cas de crues naturelles, tout au plus de l'ordre de 467 m.

Le modèle d'inondation développé par le requérant permet une détermination fiable du niveau d'eau attendu ainsi que des conditions d'écoulement pour les différentes causes d'inondation considérées. Le niveau d'eau maximal attendu pour la rupture du barrage du Wohlensee de 474,20 m est plausible et montre que cette rupture dépasse largement les effets d'une crue naturelle et des ruptures isolées de barrages sur la Sarine. Seule la rupture consécutive du barrage de Rossens et du barrage de Schiffenen conduit à une cote de crue plus élevée de 40 cm sur le site de la CNRM. Comme des ruptures multiples de barrages apparaissent avec une fréquence inférieure à 10^{-6} par an, il n'est pas nécessaire, conformément à l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15], que les effets correspondants soient pris en compte dans la conception et le dimensionnement de l'installation. Dans le cadre de l'EPS à présenter dans la procédure d'autorisation de construire, le risque en question doit être montré et évalué. Des mesures de protection visant à réduire le risque peuvent, si nécessaire, être fixées et réalisées dans la procédure d'autorisation de construire.

Les observations du requérant à propos du remblaiement du fond du lit de l'Aar et des processus érosifs, du risque d'obstruction du lit (avec effet de barrage) et des glissements de terrain (en rapport avec l'inondation externe), sont vérifiables et raisonnables pour contrôler la sensibilité du site à ces phénomènes. Les résultats ne remettent pas en question l'aptitude du site. L'évaluation des glissements de terrain en dehors du contexte d'une inondation externe figure au chapitre 4.1.6.2 de la présente expertise.

Pour le site de la CNRM, le requérant ne s'attend pas sur la base des prévisions climatiques à une aggravation du risque de crue. Pour l'IFSN, on ne peut pas faire de déclaration évidente sur l'influence de l'évolution du climat. Les différentes études sur les crues naturelles montrent toutefois que les niveaux d'eau maximums attendus sont de plusieurs mètres inférieurs à ceux atteints en cas de ruptures de barrages. Un bon dimensionnement contre ces dernières – compte tenu des fréquences de défaillance supposées – couvre de ce fait des effets climatiques potentiellement négatifs.

Le remblayage planifié indiqué dans le rapport de sécurité pour une partie de l'aire de la CNRM est, selon le Guide de sûreté No NS-G3.5 de l'AIEA «Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites» [113], une bonne mesure de protection contre les crues; elle correspond au concept du «site sec». Les études présentées montrent notamment que la surélévation d'une partie de l'aire de la CNRM n'entraîne pas d'inconvénients pour la centrale nucléaire de Mühlberg (CNM) toute proche. La hauteur de remblayage et l'étendue de l'aire à remblayer peuvent être déterminées concrètement dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire.

Pour résumer, il ressort de l'évaluation de l'IFSN que l'aptitude du site de la CNRM n'est pas remise en question à cause du risque de crues externes.

4.2.4 Chute d'avion

Informations du requérant

Le chapitre 3.6.2.25 du rapport de sécurité de la CNRM décrit le site sous l'angle de la proximité spatiale des aéroports et des couloirs aériens et analyse le risque de chute accidentelle des:

- grands avions (de plus de 20 t)
- avions moyens (de 5,7 à 20 t)
- avions légers (de moins de 5,7 t)
- avions militaires de 5,7 à 20 t et de moins de 5,7 t.

Quatre aéroports régionaux (Bern-Belp, Ecuwillens, Granges, Les Eplatures), onze champs d'aviation (par ex. Bellechasse) et un aéroport militaire avec utilisation civile (Payerne)² se trouvent dans un rayon de 50 km autour du site de la CNRM. Les couloirs aériens entre Zurich et Genève ainsi que les couloirs d'accès de l'aéroport de Payerne aux zones d'exercices de l'Oberland bernois et le Jura sont par ailleurs importants pour le site.

Pour définir la fréquence de chute d'avion (par an et par kilomètre carré), il faut évaluer:

- le nombre de mouvements aériens (par an)
- le taux de chutes d'avion (par mouvement de vol)
- le risque par unité de surface (par chute d'avion), appelé aussi dans le rapport de sécurité probabilité conditionnelle³ d'une chute d'avion sur une surface de 1 km².

On recourt pour ce faire à la méthode selon la directive ENSI-A-05 [90] ainsi qu'à d'autres méthodes, notamment celle du Département américain de l'Energie US DOE [73] dont les résultats sont pondérés et réunis, compte tenu des incertitudes, en un résultat global.

Les données sur le trafic aérien (nombre de mouvements aériens sur la base des décollages et des atterrissages ainsi que du trafic de transit) utilisées pour l'analyse des risques se basent sur des statistiques publiées ([67], [68], [69], [70], [71]), ainsi que sur des informations fournies par des exploitants d'aéroports. On a évalué le nombre actuel de mouvements aériens annuels par rapport à la phase de vol considérée et à la catégorie de poids de l'avion (par ex. 5'000 sur la base des décollages et des atterrissages de grands avions sur l'aéroport de Bern-Belp) et donné un pronostic de l'évolution du trafic aérien (par ex. augmentation annuelle de 0,1 % pour l'aéroport de Bern-Belp).

² Remarque de l'IFSN: *aéroport régional* et *aéroport militaire avec utilisation civile* sont les termes utilisés par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC). Le rapport de sécurité parle d'*aéroports régionaux* et de *terrains d'aviation militaires*.

³ Remarque de l'IFSN : c.-à-d. en cas de chute

Concernant les avions militaires de la catégorie de poids de 5,7 à 20 t, on précise qu'ils se déplacent principalement d'un aérodrome à l'autre ou dans les couloirs d'accès aux zones d'exercices, et que les accès aux zones d'exercices du Jura et des Alpes passent à quelque distance du site de la CNRM. De ce fait, les 16'300 mouvements de vol de transit annuels en Suisse ont été considérés comme le 95^{ème} centile d'une distribution log-normale avec un facteur d'erreur⁴ de 5. La valeur moyenne résultant de cette estimation est de 5'300 mouvements de vol de transit par an. Dans la catégorie de poids de moins de 5,7 t, les décollages et les atterrissages d'hélicoptères n'ont pas été comptabilisés, vu qu'ils ont lieu à 30 km du site de la CNRM et que les hélicoptères ont besoin d'une piste de décollage et d'atterrissage nettement plus petite que celle des avions.

Pour déterminer le taux de chute d'avion, on a procédé comme suit:

- On a déterminé le taux de chute d'avion par mouvement de vol dans le trafic des décollages et des atterrissages de grands avions et d'avions moyens sur la base d'une statistique de Boeing [72] (pondération de 3 %), d'une statistique du US DOE [73] (12%), d'une étude réalisée pour l'aéroport de Zurich [74] (15 %), des valeurs proposées par l'instance de surveillance IFSN [90] (20 %), ainsi que d'une analyse de l'historique des chutes d'avion en Suisse [75], [67] (50 %). A partir de la somme des valeurs pondérées, on a obtenu la distribution des taux de chute pertinents pour le risque sur le site, par ex. $5,3 \times 10^{-7}$ comme valeur moyenne du taux de chute par mouvement de vol de grands avions au décollage et à l'atterrissage. Pour calculer le taux de chute d'avion dans le trafic de transit, on a recouru à trois des sources mentionnées ci-dessus (US DOE, ENSI-A05, historique des chutes d'avion en Suisse).
- Pour les avions civils légers, les taux de chute annuels résultent des données de l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) pour la période de 1980 à 2006. Le taux de chute pour les décollages et les atterrissages d'avions civils légers a été multiplié par la probabilité de 0,235, tout en considérant seuls 16 des 68 aérodromes suisses se trouvant à proximité (moins de 50 km) du site de la CNRM.
- On a déterminé le taux de chute d'avions militaires sur la base des données d'une statistique suisse [76]. Pour la catégorie de poids de 5,7 à 20 t, les types d'avions retirés de la circulation ou rarement utilisés ont été moins fortement pondérés; pour la catégorie de poids de moins de 5,7 t, on n'a pas tenu compte des accidents pendant des manœuvres militaires, vu que les avions ne survolent que des zones d'exercices définies.

Pour déterminer le risque par unité de surface pour le site de la CNRM, on a procédé comme suit:

- Pour les grands avions, on a tenu compte de la proximité de l'aérodrome de Bern-Belp et pour les avions moyens de la proximité aussi des aérodromes de Granges, Ecuwillens et Les Eplatures. Les calculs ont intégré les modèles pour la détermination du risque par unité de surface, conformément à la directive ENSI-A05 [90] et à la méthode américaine standard du US DOE [73], le modèle ENSI-A05 ayant été pondéré de 10 % et le modèle US DOE de 90%. Pour expliquer la pondération plus faible du modèle ENSI-A05, le requérant précise que ce modèle ne comprend pas de

⁴ Remarque de l'IFSN: le facteur d'erreur est défini comme le rapport du 95^{ème} centile au 50^{ème} centile (ou du 50^{ème} centile au 5^{ème} centile).

manière explicite la distance par rapport à l'aérodrome et l'orientation des pistes. Il argumente aussi que l'altitude de vol des avions à 50 km de l'aérodrome varie très fortement.

- On a considéré également les grands avions et les avions moyens des couloirs de transit entre Zurich et Genève. En plus des modèles selon ENSI-A05 (pondération de 45 %) et US DOE (pondération de 10 %), on a utilisé un modèle de «statistique d'accident» (pondération de 45 %) basé sur des réflexions géométriques sur la longueur de vols de transit et la largeur de couloir moyennes.
- Pour le trafic des décollages et des atterrissages d'avions légers, on a tenu compte de la proximité spatiale des 16 aérodromes situés dans un rayon de 50 km autour du site. La modélisation du risque par unité de surface a été réalisée selon le US DOE. Pour le trafic de transit, on a supposé un risque également réparti sur toute la surface de la Suisse (41'285 km²).
- Pour le trafic des décollages et des atterrissages d'avions militaires, on a tenu compte de la proximité spatiale de l'aérodrome de Payerne. La modélisation du risque lié à la surface a été réalisée selon le US DOE. Pour les avions militaires de la catégorie de poids de 5,7 à 20 t, on a inclus en plus le modèle pour avions de transport selon ENSI-A05, avec une pondération de 10 %. Pour le trafic de transit des avions militaires, on a supposé un risque également réparti sur toute la surface de la Suisse.

Les fréquences (par an et par kilomètre carré) des chutes d'avions accidentelles sur le site de la CNRM, qui résultent des calculs mentionnés ci-dessus, sont de:

- $7,4 \times 10^{-7}$ pour les grands avions
(contribution principale du trafic de transit de 7×10^{-7})
- $3,2 \times 10^{-7}$ pour les avions moyens
(contribution principale du trafic de transit de 2×10^{-7})
- $1,7 \times 10^{-4}$ pour les avions légers
(contribution principale du trafic de transit de $1,6 \times 10^{-4}$)
- $9,8 \times 10^{-7}$ pour les avions militaires de la catégorie de poids de 5,7 à 20 t
(contribution principale du trafic de transit de $5,3 \times 10^{-7}$) et
- $1,8 \times 10^{-5}$ pour les avions militaires de la catégorie de poids de moins de 5,7 t
(contribution principale du trafic de transit de $1,7 \times 10^{-5}$)

Par ailleurs, le requérant a déterminé (sans subdivision des catégories de poids des avions militaires) des valeurs de fréquences de chute d'avion plus petites pour l'aire de la centrale nucléaire (environ 0,16 km²).

Au chapitre 3.6.2.25, le requérant indique que les conséquences d'une chute d'avion sur les bâtiments de la CNRM ne pourront être analysées qu'une fois la conception du dimensionnement de la CNRM fixée. Le dimensionnement doit tenir compte des exigences des autorités en matière de protection contre les chutes d'avion. Les bâtiments seront dimensionnés de sorte à offrir une protection suffisante contre des impacts mécaniques directs et des effets indirects (par ex. impact des débris et incendie). De plus, la perte de l'alimentation électrique externe sera supposée comme conséquence d'une chute d'avion.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, une analyse probabiliste des risques ne doit être réalisée que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Les pièces déjà disponibles sont évaluées ici par analogie.

Les exigences pour la protection contre les défaillances dues à la chute accidentelle d'un avion sont ancrées dans l'art. 8 OENU et dans l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15].

Pour déterminer le risque spécifique au site lié à la chute accidentelle d'un avion, on se réfère aux exigences fixées dans la directive ENSI-A05 sur l'étude probabiliste de sécurité (EPS), «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90].

Evaluation de l'IFSN

Concernant la proximité spatiale des aéroports, le requérant a correctement décrit le site de la CNRM. Les catégories et subdivisions des types d'avions considérés sont généralement adéquates. Seules manquent des informations sur les avions militaires de la catégorie de poids de plus de 20 t, dont fait partie l'avion de combat F/A-18 Hornet utilisé en Suisse. L'IFSN entend que ce type d'avion soit pris en compte par l'analyse probabiliste des risques.

L'IFSN a vérifié les calculs du nombre de mouvements aériens, des taux de chute d'avion, ainsi que des risques de chute d'avion par unité de surface, tels qu'ils sont documentés dans le rapport de sécurité. Les points à améliorer qui ont été identifiés sont énumérés ci-après.

Nombre de mouvements aériens

- Il manque une description systématique du site concernant les couloirs de transit se trouvant dans un rayon de 100 km et devant être pris en compte conformément à la directive ENSI-A05. On mentionne les couloirs aériens entre Zurich et Genève ainsi que les couloirs d'accès de l'aéroport de Payerne. On ne sait pas clairement si les avions ayant décollé sur d'autres aéroports (par ex. Bâle-Mulhouse) et atteint l'altitude de croisière, traversent l'espace aérien dans un rayon de 100 km autour du site de la CNRM.
- Dans l'analyse du risque lié au trafic de transit d'avions militaires de la catégorie de poids de 5,7 à 20 t, le requérant estime que sur les 16'300 vols de transit par an en Suisse, seuls 5'300 sont pertinents, parce qu'ils passent au-dessus du site. Concernant le risque par unité de surface, l'IFSN pense qu'on calcule toutefois des valeurs trop basses parce que d'une part, on ne compte que les vols passant au-dessus du site et que d'autre part, la surface de toute la Suisse est considérée comme surface de chute possible.

Taux de chute d'avion

- Le calcul du taux de chute par mouvement d'avion militaire n'est pas documenté de manière explicite.
- Il ressort d'une comparaison des données du rapport de sécurité avec les sources qui y sont citées ([72], [73]), que le requérant n'attribue pas les phases de vol «climb» (montée jusqu'à l'altitude de croisière) et «descent» (descente jusqu'à 2'000 à 3'000 m d'altitude pour l'approche finale et l'atterrissage) au trafic des décollages et des atterrissages, mais au trafic de transit. Pour déterminer le nombre de vols de transit annuels, les phases climb et descent n'ont toutefois pas été comptées sur la base du trafic des décollages et des atterrissages sur l'aéroport de Bern-Belp. Pour l'IFSN, ces phases doivent être attribuées au trafic des décollages et des atterrissages [77].
- Conformément à la directive ENSI-A05, on suppose pour le taux de chute d'un vol en transit (par km) une distribution log-normale avec un facteur d'erreur de 3, ce qui correspond à un rapport du 95^{ème} centile au 5^{ème} centile de 9. Pour la fréquence de

chute d'avion (par an et par kilomètre carré) calculée par le requérant avec cette distribution d'incertitudes comme valeur d'entrée, le rapport des centiles s'élève à 6,5. L'incertitude exprimée en tant que rapport diminue donc après multiplication par d'autres facteurs. On peut donc douter que la méthode de calcul utilisée par le requérant représente correctement les incertitudes.

- Le taux de chute d'avion utilisé dans l'analyse du risque lié au trafic de transit des avions militaires de la catégorie de poids de moins de 5,7 t ne tient pas compte des accidents pendant les manœuvres militaires. La valeur de risque par unité de surface a été toutefois obtenue par la multiplication avec la valeur inverse de la surface de la Suisse. Cela constitue pour l'IFSN une combinaison de valeurs de références incohérentes.

Risque par unité de surface

- La méthode de détermination de la probabilité conditionnelle d'une chute d'avion sur une surface de 1 km² n'est pas documentée de manière explicite.
- Les pondérations des différents modèles, par ex. US DOE [73] avec 90 % par rapport à ENSI-A05 [90] avec 10%, sont des estimations directes d'experts et ne correspondent pas à l'estimation de l'IFSN. Pour l'IFSN, des extrapolations à de plus grandes distances sont nécessaires pour calculer, avec la méthode US DOE, les probabilités par unité de surface pour le site de la CNRM. Cela remet en question pour le site de la CNRM la pertinence du modèle US DOE, qui donne un risque plus faible d'un facteur 20 que le modèle Seabrook [78] recommandé dans la directive ENSI-A05. Contrairement au modèle US DOE, le modèle Seabrook permet une quantification spécifique au site des fréquences de chute d'avion aussi dans les zones qui ne se trouvent pas à proximité immédiate d'un aéroport [91].
- La probabilité conditionnelle d'une chute d'avion sur une surface donnée, attribuée au trafic des décollages et des atterrissages à Bern-Belp, est plus faible pour de grands avions (1,23 x 10⁻⁵/km²) que pour des avions moyens (1,8 x 10⁻⁵/km²), sans qu'on dispose d'une raison plausible pour ce résultat.

En raison des points mentionnés ci-dessus, les fréquences de chute d'avion constatées pour le site dans le rapport de sécurité ont pour l'IFSN une validité limitée. Lors de l'élaboration de l'EPS pour une éventuelle demande d'autorisation de construire, l'IFSN entend qu'on révisé l'analyse des chutes d'avions accidentelles sur la base de la directive ENSI-A05 et formule de ce fait l'indication suivante:

Indication 6:

La détermination des fréquences de chute d'avion accidentelles doit être révisée par EKKM AG selon la directive ENSI-A05, dans le cadre de la demande d'autorisation de construire.

Sur le principe, l'approche du dimensionnement de l'installation contre la chute d'avion et ses conséquences que présente le requérant satisfait les exigences de l'OENu et de l'ordonnance correspondante du DETEC [15]. Les exigences concrètes du dimensionnement doivent être fixées dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, conformément à l'annexe 4 OENu. Pour ce faire, le requérant doit élaborer des spécifications de risque correspondantes. Il faut ici tenir compte de la directive de l'IFSN sur la spécification du risque, valable au moment de la présentation de la demande (ENSI-G02, principes du dimensionnement des réacteurs à eau légère), qui intégrera aussi les risques liés à un accident d'avion intentionnel.

L'aptitude du site de la CNRM n'est pas fondamentalement remise en question par le risque lié à la chute d'avion, vu qu'un dimensionnement adéquat de l'installation permet de contrer le risque de manière déterministe, indépendamment des fréquences de chute calculées et de la topographie du site. La vérification du dimensionnement concret de l'installation sera effectuée dans le cadre de l'autorisation de construire.

4.2.5 Vents extrêmes et tornades

Informations du requérant

Vents extrêmes

Aux chapitres 3.3.4 et 3.6.2.23 du rapport de sécurité, le requérant analyse les risques du site de la CNRM liés à des vents extrêmes. Il a pour ce faire évalué les séries de mesures des vitesses de rafale maximales enregistrées, avec une résolution temporelle de 10 minutes, sur trois points de mesure (mât météo Mühleberg, à 10 m du sol; mât météo Mühleberg, à 110 m du sol; mât hertzien Stockeren, à 70 m du sol), dans un rayon de 2 kilomètres autour du site prévu pour la CNRM, ainsi que dans deux autres stations de mesure plus éloignées, avec une résolution horaire (Wynau et Bern-Liebefeld, les deux à 10 m du sol). Les séries de mesure des stations de Mühleberg et de Stockeren couvrent la période de 1987 à 2007, tandis que celles des stations de Wynau et de Bern-Liebefeld sont disponibles depuis déjà 1981.

Les séries de mesure mentionnées ont été analysées au moyen de la statistique des valeurs extrêmes. Les aspects méthodiques de cette analyse sont résumés au chapitre 3.3.2 du rapport de sécurité. Pour évaluer les vitesses de pointe de rafale maximales attendues pour les périodes de retour de 50, 100, 200, 1'000 et 10'000 ans, on a fait appel à une distribution des valeurs extrêmes généralisées (GEV) et utilisé la méthode dite Blockmax. Le requérant explique que la détermination des vitesses de rafale maximales à l'aide des données est problématique pour les longues périodes de retour, vu que, avec une durée de 20 ans, les séries de données sont trop courtes pour obtenir des résultats statistiquement probants. Afin de réduire les incertitudes le plus possible, le requérant a appliqué dans la méthode Blockmax des longueurs de bloc d'un mois à la place d'un an.

A Mühleberg, on s'attend pour la fréquence de dépassement de 10^{-4} par an, à 10 et 110 m au-dessus du sol, à des vitesses de rafale maximales de 29,6 m/s (intervalle de confiance de 95% entre 25,6 et 35,3 m/s) et de 46,3 m/s (intervalle de confiance de 95 % entre 36,7 et 62,2 m/s). Le requérant explique que depuis que le point de mesure du mât météo Mühleberg à 10 m de haut est opérationnel, la rafale de vent la plus forte que l'on ait mesurée (tempête Lothar) a atteint la vitesse de 102 km/h (env. 28 m/s). Au cours de cette tempête, on a même mesuré en plaine des vitesses de rafale allant jusqu'à 158 km/h (env. 44 m/s). Cette différence serait due à la protection que forme l'arrière-pays vallonné. Le requérant indique que la tempête Lothar a une période de retour de 830 ans à Mühleberg, à 10 m au-dessus du sol, et même de 2'000 ans au Stockeren.

Suite à la comparaison des vitesses de rafale maximales aux différents sites de mesure, le requérant conclut que le site de la CNRM est bien protégé des vents forts, de par sa situation dans la vallée de l'Aar. Il explique que le risque de vents extrêmes sera analysé en détail dans l'étude de projet de la nouvelle installation, en tenant compte des exigences des autorités en vigueur.

Tornades

Au chapitre 3.3.4 du rapport de sécurité, le requérant commente deux situations météorologiques susceptibles d'entraîner en Suisse la formation de tornades: d'une part, en présence d'importants mouvements de convection en été, lorsque plusieurs cellules orageuses se réunissent en une super-cellule; d'autre part, suite à de fortes tempêtes d'ouest qui surviennent essentiellement en hiver. Le risque de tornades sur le site de la CNRM est analysé aux chapitres 3.3.4 et 3.6.2.23 du rapport de sécurité. Le requérant s'appuie ici sur les documentations d'observations de tornades disponibles sur Internet de TorDACH [79] et de Schweizer Sturmarchiv (Archives de temps violents en Suisse) [80]. Il ressort des observations de tornades en Suisse pour la période d'observation de 1890 à 2008 que les tornades surviennent essentiellement dans l'Arc jurassien, entre le lac Léman et le lac de Constance. Sur la base des observations de ces dix dernières années (13 observations et 15 présomptions), le requérant suppose 2,8 tornades par an en Suisse. Cela correspond à peu près à la valeur indiquée dans l'étude Dotzek [27] et aux informations contenues dans la directive ENSI-A05 [90]. Pour l'évaluation des fréquences de tornades sur le site de la CNRM, on a tenu compte des dimensions des dégâts occasionnés par les tornades et de l'aire planifiée pour la centrale nucléaire. Par ailleurs, on a supposé une distribution uniforme pour toute la Suisse de l'apparition de tornades. Les fréquences de tornades évaluées sont présentées selon la force du vent d'après l'échelle Fujita dans le tableau 3.6-4 du rapport de sécurité. On constate pour le site de la CNRM une fréquence totale de tornades de $1,7 \cdot 10^{-4}$ tornades par an.

Le requérant explique que le risque de tornades sera analysé en détail dans l'étude de projet de la nouvelle installation, en tenant compte des exigences des autorités en vigueur.

Influence du changement climatique

Au chapitre 3.3.11, le requérant analyse les conséquences du réchauffement climatique. Sur la base d'un rapport [81] de l'Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC), il indique que les fortes dépressions et donc les tempêtes sont plus fréquentes depuis 1930, mais que leurs trajectoires se sont déplacées vers le nord. Le nombre de jours de vent fort par an (vitesse de rafale > 25 m/s) a diminué ces 150 dernières années à Zurich. Il est difficile d'en prévoir l'évolution. Les modèles climatiques montrent encore de grandes incertitudes. D'une part, l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère renforce l'intensité et la fréquence des dépressions, d'autre part, les contrastes de température entre l'Arctique et les régions tropicales diminuent et avec eux le potentiel de formation de fortes dépressions.

Concernant les tornades aussi, le requérant souligne qu'on ne peut pas faire de déclarations précises sur l'évolution future de l'activité des tornades en Suisse, vu que les caractéristiques de la situation orageuse changent d'année en année.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, une analyse probabiliste des risques ne doit être réalisée que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Les pièces déjà disponibles sont évaluées ici par analogie.

Les exigences pour la protection des installations nucléaires contre des vents extrêmes et des tornades sont ancrées dans l'art. 8 OENu et dans l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15].

Pour déterminer le risque spécifique au site lié aux vents extrêmes et aux tornades, on se réfère aux exigences fixées dans la directive ENSI-A05 sur l'étude probabiliste de sécurité (EPS), «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang» [90].

Par ailleurs, le Guide de sûreté NS-G-3.4 de l'AIEA [112] et le rapport 219 de MétéoSuisse [82] donnent des indications sur les aspects méthodiques (méthode de mesure, collecte des données de mesure) permettant d'évaluer le risque de vents extrêmes et de tornades.

C'est notamment le rapport 226 de MétéoSuisse [31] qui a servi de base à la vérification des données de mesure utilisées pour les vitesses du vent.

Evaluation de l'IFSN

Dans le cadre de l'étude du risque lié au vent sur le site de la CNRM, des données de mesure de différentes stations météo au voisinage du site planifié ont été analysées et évaluées au moyen de la statistique des valeurs extrêmes. On n'a toutefois pas réalisé d'évaluation sur la base de données à court et à long terme spécifiques au site et au voisinage du site, ainsi que le prévoit la directive ENSI-A05 [90]. Pour l'IFSN, les séries de mesure de la station météo de Mühleberg (mât météo à 10 et à 110 m au-dessus du sol) s'étendant sur 21 années (1987-2007) conviennent à une analyse probabiliste représentative des risques spécifiques au site, car ces séries de mesures comprennent aussi les données des ouragans Vivian et Lothar. Comme il faut aussi estimer pour l'EPS des fréquences de dépassement inférieures à 10^{-4} par an, l'IFSN attend de l'EPS, qui doit être présentée dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, une analyse plus exhaustive de l'utilisation de données à long terme.

Pour déterminer la fréquence annuelle de dépassement des vitesses de vent maximales, le requérant recourt à la distribution des valeurs extrêmes généralisées (GEV). La directive ENSI-A05 [90] prévoit une distribution de Gumbel, qui représente un cas particulier de la GEV. L'IFSN juge toutefois que l'approche du requérant est appropriée. L'AIEA [112] aussi recommande dans ce cas la GEV.

L'IFSN est d'avis que les vitesses de rafales de vent évaluées avec une longueur de bloc d'un mois à l'aide de la méthode Blockmax, pour les points de mesure du mât météo Mühleberg à 10 et à 110 m, pourraient être sous-estimées. Un indice est la période de retour élevée (830 ans) obtenue avec cette méthode pour la tempête Lothar au point de mesure du mât météo Mühleberg à 10 m. Les résultats du rapport 226 de MétéoSuisse [31] et les vérifications indépendantes de l'IFSN avec une longueur de bloc d'un an donnent pour la période de retour de 10'000 ans des vitesses plus élevées d'environ 10 m/s. Selon le rapport 219 de MétéoSuisse [82], l'indépendance et la distribution uniforme des données utilisées pour la statistique des valeurs extrêmes sont une condition nécessaire à l'obtention de résultats fiables avec la méthode Blockmax. En utilisant des longueurs de bloc inférieures à une année, des dépendances saisonnières peuvent apparaître. MétéoSuisse [82] ne recommande donc pas l'utilisation de longueurs de bloc inférieures à une année.

En accord avec le requérant, l'IFSN juge favorable cet emplacement dans l'étroite et tortueuse vallée de l'Aar avec ses flancs abrupts.

Selon l'IFSN, un dimensionnement solide de l'installation permet de contrer les incertitudes dans la détermination des vitesses de rafales maximales attendues, en raison de l'étendue limitée des séries de mesure.

Analysée au chapitre 3.6.2.23 du rapport de sécurité, la fréquence d'occurrence des tornades sur le site de la CNRM se base sur une évaluation complète des tornades documentées ayant eu lieu en Suisse. La prise en compte de l'étendue des dégâts occasionnés par les tornades et de l'aire de la CNRM dans le calcul correspond aux exigences fixées dans la directive ENSI-A05 [90]. Mais en s'écartant de cette directive, on a supposé une distribution uniforme des tornades sur toute la Suisse et non sur une surface de 12'500 km², ce qui entraîne des valeurs trop basses de la fréquence d'occurrence des tornades sur le site de la CNRM. Pour une éventuelle autorisation de construire, l'IFSN attend un ajustement de l'estimation dans le cadre de l'EPS.

L'IFSN ne remet pas en question l'aptitude du site exposé aux risques de vents extrêmes et de tornades, et compte tenu aussi des futurs changements des conditions météorologiques. Des mesures de construction permettent de maîtriser les risques spécifiques au site, dus à des vents extrêmes et des tornades. La fixation des paramètres de dimensionnement déterminants dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire devra toutefois suffisamment tenir compte des incertitudes. Il ressort de l'évaluation de l'IFSN l'indication suivante:

Indication 7:

Dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, EKKM AG doit:

- a) *ajuster l'étude sur les vents extrêmes et les tornades compte tenu de la directive ENSI-A05 et*
- b) *tenir compte des incertitudes de la détermination des vitesses de rafales de vents extrêmes et de tornades par un dimensionnement solide.*

4.2.6 Autres risques spécifiques au site

4.2.6.1 Foudre

Informations du requérant

Dans le rapport de sécurité, le requérant a analysé le risque potentiel de l'installation de la CNRM par la foudre. Le chapitre 3.3.9 analyse la densité de la foudre pour le site prévu. Le requérant constate que la région de Mühleberg enregistre en moyenne 1,5 coup de foudre par an et par km². Compte tenu d'une surface d'environ 0,1 km² pour le site, EKKM AG conclut que l'aire de la CNRM est chaque année frappée par la foudre à raison en moyenne de 0,15 coup de foudre, soit une fois tous les 6,7 ans.

Au chapitre 3.6.2.8, EKKM AG indique encore que le dimensionnement de bâtiments et de systèmes importants pour la sécurité permettra de les protéger suffisamment des effets possibles de la foudre, selon la fréquence d'occurrence attendue. Conformément aux exigences légales et administratives, la demande d'autorisation de construire sera accompagnée du concept de protection contre la foudre de l'installation.

Bases de l'évaluation

L'art. 8, al. 6 et l'annexe 4 ch. 2 OENu, ainsi que l'art. 5 al. 1 litt. 2 de l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15] sont déterminants pour l'évaluation des mesures de protection contre la foudre qui sont prévues.

Evaluation de l'IFSN

Le requérant a analysé de manière appropriée l'activité de la foudre sur le site planifié. L'analyse montre que la valeur de la densité de la foudre sur le site correspond à la moyenne suisse de 1,5 coup de foudre par km² et par an. Il n'y a donc pas de conditions particulières concernant la densité de la foudre. Le requérant présentera avec la demande d'autorisation de construire un concept de protection contre la foudre. Ce concept de protection contre la foudre permet de satisfaire l'exigence figurant dans l'annexe 4 ch. 2 OENu, qui exige implicitement un concept correspondant sous la rubrique « G1, Concepts d'installation/Bases de conception ».

4.2.6.2 Explosion

Le risque potentiel de la CNRM par explosion, boule de feu et feu torche a été considéré dans le contexte des risques liés aux voies de communication et aux installations industrielles au voisinage de la CNRM, au chapitre 4.1.2 de la présente expertise. Le requérant y a analysé les effets d'explosions (BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) comme conséquences d'accidents de transport par la route et le rail. On a également tenu compte des risques susceptibles de venir de la conduite de gaz naturel à haute pression qui se trouve à proximité. Les analyses du requérant ont montré que, du fait des distances qui séparent la ligne de chemin de fer, les routes et la conduite de gaz naturel à haute pression de la CNRM, de tels événements ne présentent pas un risque pertinent pour l'installation. L'IFSN approuve cette évaluation du requérant.

4.2.6.3 Incendies externes

Informations du requérant

Au chapitre 3.6.2.3 du rapport de sécurité, le requérant observe qu'une distance adéquate par rapport à la forêt la plus proche, respectée lors de la conception de l'installation, assure la protection de la CNRM contre les effets d'incendies de forêt. De même, les zones situées autour de la clôture externe sont débroussaillées pour empêcher le feu d'attendre le terrain. Par ailleurs, les installations et les dispositifs de protection contre le feu sont implicitement dimensionnés pour que des incendies de forêt ne puissent pas se propager à l'installation. Un corps de sapeurs-pompiers entièrement équipé sera opérationnel sur le site de la CNRM. En cas de nécessité, le corps de sapeurs-pompiers professionnels de Berne ou des corps de sapeurs-pompiers voisins viendront renforcer l'équipe sur place.

Selon les informations d'EKKM AG, un risque supplémentaire peut venir de l'aspiration de fumée dans les installations de ventilation ou les groupes électrogènes de secours. Mais l'apport d'air frais se fera de sorte que l'aspiration de fumée soit détectée et que des contre-mesures adéquates soient introduites. Ces mesures permettent au requérant d'exclure le risque de la CNRM lié à un incendie de forêt.

Selon les déclarations du requérant au chapitre 3.6.5 du rapport de sécurité, les exigences pour la protection incendie seront fixées dans le cadre des procédures d'autorisation de construire et d'approbation. Un concept de protection contre l'incendie fait partie des pièces de la requête à présenter pour la demande d'autorisation de construire.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, les spécifications de risque ne doivent être réalisées que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Les pièces du requérant déjà disponibles sont évaluées ici par analogie.

Les exigences pour la protection des installations nucléaires contre des incendies externes sont ancrées dans l'art. 8 OENu et dans l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15].

Le texte de l'ordonnance du DETEC concernant la détermination de la fréquence est concrétisé encore dans la directive ENSI-A05 [90]. Selon le chapitre 4.6 de cette directive, le risque par incendie externe doit être analysé et sa fréquence, si pertinente, calculée.

On a fait appel à d'autres bases d'évaluation, notamment au Guide de sûreté NS-G-3.1 de l'AIEA, «External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plant Design» [108].

Evaluation de l'IFSN

L'art. 8 de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire demande que des mesures de protection soient prises contre les incendies ayant leur origine tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'installation. L'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires [15] spécifie par ailleurs que le requérant doit prendre en compte et évaluer, en cas d'incendie, les conséquences suivantes: gaz chauds, fumée et rayonnement thermique. Selon le Guide de sûreté NS-G-3.1 de l'AIEA [108], il faut analyser les charges calorifiques possibles dans un rayon de 1 à 2 km autour du site de la CNRM. Pour le site planifié de la CNRM, pareille charge calorifique est présente avec la forêt toute proche.

Le requérant entend observer une distance suffisante par rapport à la forêt. On clarifiera l'importance de cette distance dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. L'IFSN juge qu'avec le dimensionnement contre l'incendie de carburant suite à un crash d'avion sur l'aire de la centrale nucléaire, la sécurité de la CNRM est fondamentalement garantie aussi en cas d'incendie de forêt proche. L'emplacement du site au pied du Runtigerain boisé jouit d'une évaluation favorable concernant un risque potentiel par incendie de forêt, vu que les incendies de forêt se propagent de préférence en montant. En cas d'incendie de forêt sur la rive opposée, l'Aar représente une barrière efficace.

L'IFSN considère que les possibilités d'accès au terrain de la centrale sont en principe suffisantes pour assurer l'accès aux forces d'intervention et au personnel en cas d'incendie de forêt. Seul un incendie de forêt très étendu, affectant simultanément l'accès de Buttenried et celui au-dessus du barrage de Mühleberg, pourrait faire obstacle à l'accès au terrain de la centrale. L'IFSN formule donc l'indication suivante:

Indication 8:

Dans le concept de protection incendie, EKKM AG doit analyser l'action à mettre en œuvre en cas d'incendie de forêt portant atteinte tant à l'accès de Buttenried qu'à celui au-dessus du barrage de Mühleberg.

Une défaillance potentielle de l'alimentation électrique externe suite à un incendie de forêt est couverte par les exigences de dimensionnement selon l'art. 8 al. 3 OENu, qui stipule que des mesures de protection contre ce risque doivent être prises. L'IFSN conclut dans l'ensemble que l'aptitude du site n'est pas remise en question par le risque lié à des incendies externes.

4.2.6.4 Obstruction des captages d'eau de rivière

Informations du requérant

Au chapitre 3.6.2.14 du rapport de sécurité, le requérant étudie les causes pouvant conduire à une obstruction des captages d'eau de rivière. On analyse ici exclusivement des événements biologiques tels que des obstructions par bancs de poissons, algues, posidonies et bois flottants. D'autres parties du chapitre 3.6 considèrent d'autres causes d'obstruction des captages d'eau de rivière, respectivement la coupure de l'alimentation en eau de refroidissement, à savoir: accumulations de matériel après rupture de digue, boues provoquées par des glissements de terrain, givre, séisme et risques dus à des « conditions hivernales exceptionnelles » et à des « conditions estivales exceptionnelles ».

La disposition et la dimension appropriées des captages d'eau au cours de l'étude de projet permettront de contrecarrer le risque d'obstruction. Dans le cas du bois flottant, on tient compte de l'effet de retenue qu'exerce le Wohlensee. Au chapitre 3.6.2.42 du rapport de sécurité, on constate en outre que des mesures de dimensionnement permettront d'assurer la protection de l'installation contre la perte de l'alimentation externe en eau de refroidissement.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, les spécifications de risque ne doivent être élaborées que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Les pièces du requérant déjà disponibles sont évaluées ici par analogie.

Les exigences pour la protection des installations nucléaires contre l'entrave ou la coupure de l'alimentation externe en eau de refroidissement sont ancrées dans l'art. 8 OENu. Selon le chapitre 4.6 de la directive ENSI-A05 [90], ce risque doit être analysé et sa fréquence, si pertinente, calculée.

Evaluation de l'IFSN

Le requérant considère les causes essentielles pouvant conduire à l'obstruction des captages d'eau de rivière. EKKM AG n'a pas encore défini la fréquence de ce risque au niveau de la procédure d'autorisation générale. Selon les exigences de l'OENu et de la directive ENSI-A05 [90], ces études ne doivent être réalisées que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire et pour autant que le risque soit pertinent.

L'IFSN est d'avis que le risque d'obstruction des captages d'eau de rivière dépend essentiellement du dimensionnement concret de l'installation à construire. Dans ce contexte, elle constate que des dispositions contre la défaillance de l'alimentation externe en eau de refroidissement ont déjà été prises pour les centrales nucléaires existantes et que la maîtrise de ce risque correspond à l'état de la technique. C'est pourquoi, dans le cadre de la demande d'autorisation générale, la déclaration du requérant selon laquelle l'installation sera conçue contre une défaillance de l'alimentation externe en eau de refroidissement, est considérée comme suffisante. La fixation du dimensionnement concret ainsi que des mesures pour

empêcher l'obstruction des captages d'eau de rivière font l'objet de la procédure d'autorisation de construire.

4.2.6.5. Givrage des composants

Informations du requérant

Le requérant a considéré le risque de givrage et de ses effets dans le rapport de sécurité. Le phénomène du givrage est analysé à l'aide des conditions d'environnement et le chapitre 3.3.6 montre qu'il faut s'attendre, dans les mois d'octobre à avril, à un risque de givrage selon la période de la journée. Il y a un risque de givrage en présence de températures entre -5 et 0°C et d'une humidité de l'air relative de >90 %.

Le chapitre 3.6.2.5 analyse les effets de la formation de glace sur les composants. EKKM AG parle de la possibilité de formation de glace sur les composants du réseau électrique (câbles, transformateurs) et indique qu'une perte de l'alimentation électrique externe comme conséquence du givrage est maîtrisée par l'installation (alimentation électrique de secours interne). Par ailleurs, on discute le givrage de prises d'air de systèmes de ventilation ou de systèmes auxiliaires importants pour la sécurité. Le requérant entend contrecarrer ce risque par un dimensionnement adéquat, par exemple en chauffant électriquement les cadres ou les grilles qui sont placés sur les orifices d'entrée, afin d'éviter l'entrée de corps étrangers et d'insectes.

Le requérant conclut que le givrage de composants ne présente pas un risque potentiel important. Les détails des mesures constructives et techniques visant à empêcher le givrage seront décrits plus tard par EKKM AG, dans la demande d'autorisation de construire.

Bases de l'évaluation

Conformément à l'art. 24 OENu lié à l'art. 8 OENu, les spécifications de risque ne doivent être élaborées que dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire. Les pièces du requérant déjà disponibles sont évaluées ici par analogie.

Les principes généraux de l'art. 7 (Exigences pour la sécurité nucléaire), de l'art. 8 (Exigences pour la protection contre les défaillances), de l'art. 10 (Principes régissant la conception d'une centrale nucléaire), de l'art. 23 (Demande d'autorisation générale) et de l'art. 24 OENu (Demande d'autorisation de construire) sont déterminants pour l'évaluation.

Les exigences spécifiques aux hypothèses de risque lors de conditions météorologiques extrêmes figurent dans l'art. 5 al. 1 litt. d de l'ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l'évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires protection des installations nucléaires [15].

Evaluation de l'IFSN

Le requérant a analysé de manière adéquate le risque de givrage des composants dans le rapport de sécurité. Il a évalué les conditions d'environnement météorologiques régionales susceptibles d'entraîner le givrage. La possibilité de givrage de la fin de l'automne au début du printemps pour le site de la CNRM est jugée plausible par l'IFSN.

Dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, EKKM AG prévoit donc de tenir compte, pour le dimensionnement, du potentiel de givrage des prises d'air de systèmes

de ventilation ou de systèmes auxiliaires importants pour la sécurité. Les exigences légales dans ce domaine sur le niveau de détail des données du rapport de sécurité en matière de demande d'autorisation générale sont ainsi satisfaites. Les mesures concrètes doivent être mises en évidence dans la procédure d'autorisation de construire.

Selon l'estimation de l'IFSN, la défaillance de l'alimentation électrique externe suite au givrage de lignes aériennes de courant fort du réseau à très haute tension est improbable en Suisse du fait de la conception redondante des lignes ainsi que de la forte interconnexion de la distribution régionale d'électricité. De plus, une conception adéquate de l'installation (possibilité de délestage jusqu'au niveau d'alimentation propre de la centrale, alimentation électrique de secours) permet de maîtriser pareille défaillance. Cela s'applique aussi à une perte de l'alimentation électrique externe par givrage dans l'installation de commutation et de distribution.

4.3 Résumé de l'évaluation de l'aptitude du site

On a analysé et évalué aux chapitres 4.1 et 4.2 les caractéristiques qui déterminent la construction et l'exploitation d'une centrale nucléaire sur le site de la CNRM, ainsi que le risque potentiel qui leur est lié. L'étendue des caractéristiques du site considérées correspond aux spécifications formulées dans le document d'exigences de sûreté NS-R-3 de l'AIEA «Site Evaluation for Nuclear Installations» [107]. Voici un résumé de l'évaluation des caractéristiques du site et des risques qui leur sont liés.

EKKM AG a analysé les caractéristiques de site requises pour évaluer l'aptitude d'un site de centrale nucléaire, à savoir:

- Géographie et répartition de la population
- Voies de transport et installations industrielles
- Installation de chantier et logistique
- Météorologie
- Hydrologie et hydrogéologie
- Géologie, sismique et sol de fondation
- Raccordement au réseau
- Infrastructure de protection incendie

On a évalué dans le rapport de sécurité pour la demande d'autorisation générale leur influence sur l'aptitude du site de la CNRM. Dans l'ensemble, le requérant conclut que le site présente des propriétés favorables à la construction et à l'exploitation de la CNRM.

L'IFSN a vérifié en détail les informations du requérant sur l'aptitude du site et constate qu'EKKM AG a amplement tenu compte des caractéristiques du site. Tous les aspects du site pertinents pour la construction et l'exploitation d'une centrale nucléaire ont été évalués. On a tenu compte ce faisant d'exigences internationales au niveau de l'étendue et des détails d'une évaluation de site, telles que les préconise l'AIEA. Selon les estimations de l'IFSN, les résultats des analyses ont montré qu'il n'y avait pas de caractéristiques remettant fondamentalement en question le site de la CNRM. L'IFSN a relevé un besoin de clarification sur quelques aspects des analyses du requérant concernant le sol de fondation et la sismique et proposé les dispositions 2 et 3 à l'autorité compétente en matière d'autorisation. Par ailleurs, quelques indications sur différents thèmes ont été formulées et devront être observées par le

requérant au cours de la procédure d'autorisation suivante. Mais dans l'ensemble, l'IFSN juge que l'aptitude du site est acquise.

Le chapitre 4.2 a analysé les risques potentiels de la CNRM liés à des défaillances externes et évalué leur impact sur l'aptitude du site et le dimensionnement de l'installation. Les risques suivants ont été étudiés:

- Séismes
- Inondation externe
- Chute d'avion
- Vents extrêmes et tornades
- Autres risques tels que explosion, incendies externes, foudre, obstruction des captages d'eau de rivière et givrage.

Pour le requérant, les analyses ont montré qu'il n'y avait pas de risque potentiel remettant en question le fonctionnement sûr de la CNRM. Des mesures de dimensionnement permettent de contrecarrer les risques liés à des secousses sismiques, à des inondations externes, à la chute d'un avion ainsi qu'à des vents extrêmes et des tornades. D'autres risques spécifiques au site ont été considérés, notamment la foudre, les explosions, les incendies externes, l'obstruction des captages d'eau de rivière et le givrage des composants. Ces risques ne présentent pas de potentiel exceptionnel et peuvent aussi être maîtrisés par des mesures de dimensionnement conformes à l'état de la technique actuelle.

Il résulte de la vérification par l'IFSN des informations d'EKKM AG sur le risque potentiel spécifique au site que le risque potentiel décrit dans le rapport de sécurité a été présenté de manière exhaustive et correcte dans la plupart des cas. L'éventail des événements externes considérés correspond aux exigences de la réglementation suisse ainsi qu'aux exigences internationales de l'AIEA. L'IFSN considère que les analyses réalisées par le requérant sont largement correctes, conformes à l'état de la science et de la technique et appropriées à l'évaluation du risque potentiel. Mais l'IFSN estime que le risque sismique, la chute d'avion, les vents extrêmes et l'incendie de forêt sont des domaines nécessitant des études supplémentaires pour que les principes de dimensionnement et/ou les mesures de protection puissent être définis pour la CNRM. Dans cette optique, l'IFSN a formulé la disposition 4 ainsi que quelques indications.

Dans l'ensemble, l'IFSN est d'avis que les résultats de l'analyse des risques potentiels externes ne remettent pas en question l'aptitude du site de la CNRM. Des mesures de dimensionnement adéquates permettent de maîtriser les risques. La mise en œuvre concrète des risques potentiels en des spécifications de risque pour le dimensionnement de l'installation aura lieu dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire.

5 Radioprotection

5.1 Justification, limitation et optimisation

Informations du requérant

L'exposé d'EKKM AG sur la radioprotection et l'exposition au rayonnement aux alentours de l'installation figure au chapitre 4 du rapport de sécurité. Le requérant retient que la production d'énergie électrique par une centrale nucléaire est liée à une exposition au rayonnement. Le respect des spécifications de la loi sur la radioprotection permet de garantir la protection de l'homme et de l'environnement contre les dangers dus aux rayonnements ionisants (art. 1 L RaP [12]). En vertu de la loi sur la radioprotection, une activité par laquelle l'homme ou l'environnement sont exposés à des rayonnements ionisants (exposition aux radiations) ne doit être exercée que si elle se justifie par rapport aux avantages et aux dangers qui y sont liés (art. 8 L RaP).

Dans le sens de la définition de la Commission internationale de protection radiologique CIPR, la justification équivaut à peser les avantages et les inconvénients, l'utilité et le risque des activités liées à l'exposition au rayonnement. Une telle évaluation est largement qualitative. Elle peut être à la rigueur quantifiée partiellement et reste donc une question d'appréciation. Ainsi la réponse à la question de savoir dans quelle mesure une activité liée à une exposition aux radiations est licite est finalement une décision politique. De l'avis de la CIPR, la justification est alors donnée dans un sens général, lorsque le législateur a réglé une activité. La question fondamentale de la justification ne doit alors plus être posée pour chaque autorisation.

La justification de l'exposition aux radiations venant de la CNRM est généralement donnée dans la loi sur l'énergie nucléaire qui régit l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire et vise en particulier à protéger l'homme et l'environnement des dangers qui y sont liés (art. 1 L ENu).

Aux termes de la loi sur la radioprotection, pour réduire l'exposition aux radiations de chaque individu ainsi que de l'ensemble des personnes concernées, il y a lieu de prendre toutes les mesures commandées par l'expérience et par l'état de la science et de la technique (art. 9 L RaP). Les efforts pour limiter l'exposition aux radiations doivent ici être proportionnels à la diminution de l'exposition radioactive visée. Suite à l'optimisation concrétisée dans l'ordonnance sur la radioprotection, l'exposition aux radiations sera, en vertu du principe de la proportionnalité, aussi basse que raisonnablement atteignable (art. 6 O RaP [13]). Cette exigence sera observée, d'une part pour la conception de l'installation, d'autre part aussi pour les mesures à prendre pour la protection du personnel lors de la mise en service et de l'exploitation ultérieure, au sein de l'installation et de la population.

Les principes de dimensionnement de l'installation concernant la radioprotection, qu'EKKM AG indique au chapitre 4.1.4.1 du rapport de sécurité, stipulent que des mesures de protection obéissant aux principes reconnus sur le plan international sont prises dès la conception ; elles comprennent notamment l'utilisation d'éléments de construction de qualité,

la mise en place de barrières de sécurité multiples, la pluralité et l'automatisation des systèmes de sécurité (art. 5 al. 1 LENu).

Lors de la conception de la CNRM, il est prévu de tenir compte des aspects de la radioprotection dès le stade initial du design de l'installation. Cela concerne en particulier les concepts faisant partie de la description technique de la demande de construction et qu'il y a lieu de présenter, conformément à la LENu, pour les zones radiologiques, l'écran de protection, la surveillance de l'environnement, la surveillance du secteur, du système et des émissions, la protection en cas d'urgence, les eaux usées, la procédure de conditionnement des déchets et leur entreposage. L'évaluation de ces concepts tiendra particulièrement compte du critère d'une séparation nette entre la zone contrôlée et la zone non contrôlée, tant en ce qui concerne la construction que les systèmes d'installation.

La protection des personnes exposées aux radiations est réglée au chapitre 2 de la loi sur la radioprotection. Les dispositions sur le respect des valeurs limites de dose (art. 11 L RaP), sur la mesure de la dose de radiations (art. 12 L RaP), sur les mesures médicales applicables aux personnes professionnellement exposées aux radiations (art. 13 L RaP), sur la communication de données médicales de ces personnes (art. 14 L RaP), ainsi que sur la responsabilité au sein des entreprises (art. 16 L RaP) sont pertinentes pour une installation nucléaire. Les mesures visant le respect de ces dispositions sont présentées, conformément aux spécifications de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, dans les pièces à fournir pour l'autorisation d'exploitation, notamment dans le règlement de la radioprotection.

Bases de l'évaluation

Les exigences légales à ce sujet sont déterminantes pour l'évaluation des informations du requérant concernant la justification, la limitation et l'optimisation de la radioprotection: le but selon l'art. 1 L RaP, la justification de l'exposition aux radiations selon l'art. 8 L RaP, l'objet et le but selon l'art. 1 LENu, la limitation de l'exposition aux radiations selon l'art. 9 L RaP, l'optimisation selon l'art. 6 O RaP, les mesures de protection selon l'art. 5, al. 1 LENu, le respect des valeurs limites de dose selon l'art. 11 L RaP, la mesure de la dose de radiation selon l'art. 12 L RaP, les mesures médicales applicables aux personnes professionnellement exposées aux radiations selon l'art. 13 L RaP, la communication de données médicales selon l'art. 14 L RaP, ainsi que la responsabilité au sein des entreprises selon l'art. 16 L RaP.

Evaluation de l'IFSN

L'IFSN constate que les informations du requérant concernant la justification, la limitation et l'optimisation de la radioprotection correspondent aux exigences légales. Les informations, qui s'avèrent pour la plupart avoir un caractère de déclaration d'intention au niveau de l'autorisation générale, continueront d'être concrétisées par le requérant dans le cadre des étapes ultérieures de la procédure d'autorisation. Leur mise en œuvre sera alors vérifiée par l'IFSN.

5.2 Valeur directrice de dose liée à la source

Informations du requérant

En accord avec la directive HSK-R-11 [95], on a fixé pour le site de l'actuelle CNM une valeur directrice de dose liée à la source de 0,3 mSv par an. Cette valeur a permis de limiter les quantités de rejet de substances radioactives dans l'environnement ainsi que le rayonnement direct pour la CNM.

Vu que la centrale nucléaire de remplacement est prévue à proximité immédiate de la CNM, le requérant propose d'appliquer la valeur directrice de dose liée à la source valable pour la CNM à l'ensemble du site de la CNM et de la CNRM. Le futur détenteur de l'autorisation d'exploiter la CNRM et le titulaire de l'autorisation de l'actuelle CNM régleront de manière contractuelle l'utilisation commune de cette valeur directrice de dose liée à la source déterminée pour le site des deux installations.

Bases de l'évaluation

La limite maximale d'exposition des personnes aux radiations aux alentours de l'installation doit être fixée dans l'autorisation générale, conformément à l'art. 14 al. 1 let. e LENU. Les principes suivants sont déterminants pour évaluer les informations du requérant sur la valeur directrice de dose liée à la source:

- Art. 7 ORaP, Valeur directrice de dose liée à la source
- Art. 80 ORaP, Rejet de déchets sous forme de gaz, d'aérosol ou de liquide
- Art. 94 ORaP, Prévention
- Art. 4, al. 2 LENU, Prise en compte des conséquences à long terme sur le patrimoine héréditaire
- Art. 8 OENU, Exigences pour la protection contre les défaillances

Evaluation de l'IFSN

Conformément à l'art. 14 al. 1 let. e LENU, l'autorisation générale fixe la limite maximale d'exposition des personnes aux radiations aux alentours de l'installation. D'après le message du Conseil fédéral relatif à la loi sur l'énergie nucléaire [9], on entend par là la fixation d'une valeur directrice de dose liée à la source (VDDS) en vertu de l'art. 7 ORaP. L'autorité qui délivre les autorisations fixe la VDDS selon le principe de l'optimisation et compte tenu des rejets de substances radioactives et du rayonnement direct provenant d'autres entreprises (art. 7 al. 3 ORaP), de sorte qu'elle ne dépasse pas la valeur limite de dose applicable aux personnes exposées aux rayonnements dans des circonstances non liées à l'exercice de leur profession.

Conformément à l'art. 94 al. 2 et 3 ORaP, la VDDS doit permettre de limiter l'exposition aux radiations au voisinage de l'installation tant dans des conditions normales d'exploitation, lors de défaillances dont la fréquence est supérieure à 10^{-1} par année (panne d'exploitation), qu'en cas d'accidents dont la fréquence se situe entre 10^{-1} et 10^{-2} par année.

La prise en compte des conséquences à long terme sur le patrimoine héréditaire (Art. 4 al. 2 LENU) est donnée par la fixation des facteurs de dose dans l'ordonnance sur la radioprotection.

La somme des doses de toutes les voies de rejet ne doit pas dépasser la VDDS. Le DETEC (en tant qu'autorité qui délivre les autorisations de construire et d'exploiter) fixe les taux maximums admissibles des rejets en conséquence (art. 80 ORaP). De plus, les valeurs limites d'immissions doivent être respectées conformément à l'art. 102 al. 3 ORaP.

Concernant le rayonnement direct provenant des installations, on observe que la valeur directrice fixée pour le rayonnement direct en dehors de l'enceinte de l'entreprise est une dose effective de 0,1 mSv par année par personne [95].

L'IFSN se félicite de l'intention du requérant de viser un règlement contractuel à l'amiable pour l'utilisation commune de la VDDS du site, au cas où il y aurait différentes organisations d'exploitants sur le site. On observe qu'une VDDS n'est pas formellement fixée dans l'autorisation pour la CNM.

Sur la base de ces constats, l'IFSN propose à l'autorité qui délivre les autorisations de fixer la disposition suivante dans l'autorisation générale de la CNRM:

Disposition 5:

Pour les installations nucléaires exploitées sur le site de Mühleberg, une valeur directrice de dose liée à la source de 0,3 mSv par année et par personne doit être fixée en commun pour la protection de la population. Si plusieurs installations nucléaires se trouvent sur le site, les limites pour les rejets de chaque installation doivent être fixées de sorte que la dose globale qui en résulte pour la population soit inférieure à 0,3 mSv par an et par personne. La contribution du rayonnement direct du site à la valeur directrice de dose liée à la source pour la population doit être limitée à 0,1 mSv par an et par personne.

5.3 Exposition au rayonnement prévisible à l'intérieur et au voisinage de l'installation

Informations du requérant

L'exposition au rayonnement provoquée par la CNRM au voisinage de l'installation se compose de l'exposition aux radiations due aux rejets de déchets sous forme de gaz, d'aérosol ou de liquide, ainsi que du rayonnement direct émanant de l'installation. Comme le dimensionnement, la construction et l'exploitation de la CNRM se dérouleront dans le respect conséquent des principes tels qu'ils sont formulés dans le contexte de l'exposition aux radiations, dans la loi sur l'énergie nucléaire (art. 4 LENu) et dans la législation sur la radioprotection (art. 9 LRaP et art. 79 ORaP), on suppose que l'exposition au rayonnement provoquée par la CNRM au voisinage de l'installation ne sera, en fonctionnement normal, pas plus élevée que celle des dernières installations de même type de réacteur aujourd'hui en service.

Le dimensionnement de la CNRM aura lieu de sorte que les valeurs limites d'immissions fixées dans l'ordonnance sur la radioprotection (art. 102 ORaP) puissent être respectées lors de l'exploitation ultérieure et que la surveillance des immissions exigée (art. 103 ORaP) puisse être dûment réalisée par l'entreprise.

Dans le sens du principe d'optimisation, on réduira encore l'exposition aux radiations de la population en installant des filtres appropriés, des conduites de désactivation à retardement, des écrans de protection, des systèmes de traitement des eaux usées, etc., et en instaurant un mode de circulation approprié au-dessous des valeurs limites légales et des limites de rejet fixées par les autorités. On garantit ainsi que les autorités compétentes, conformément aux tâches qui leur incombent dans l'exécution des dispositions de la protection de l'environnement [117], tiendront compte notamment aussi des recommandations conformément aux conventions internationales [118], [120], ainsi que pour la protection de l'Atlantique du nord-est [119].

Bases de l'évaluation

Selon l'art. 23 OENu, quiconque requiert une autorisation générale doit fournir des pièces présentant notamment l'exposition au rayonnement prévisible au voisinage de l'installation.

L'indication de l'exposition au rayonnement prévisible doit figurer dans la demande d'autorisation générale de manière suffisamment détaillée pour permettre l'évaluation de l'exécution de l'art. 4 al. 3 let. a LENu et demander que, lors de l'utilisation de l'énergie nucléaire, on prenne, au titre de la prévention, toutes les mesures qui s'imposent en vertu de l'expérience et de l'état de la science et de la technique. De plus, selon l'art. 4 al. 3 let. b LENu, il faut prendre toutes les mesures qui contribuent à diminuer encore le danger, pour autant qu'elles soient appropriées.

Conformément aussi à l'art. 9 LRaP, pour limiter l'exposition aux radiations de chaque individu ainsi que de l'ensemble des personnes concernées, il y a lieu de prendre toutes les mesures commandées par l'expérience et par l'état de la science et de la technique. Les efforts pour limiter l'exposition aux radiations doivent ici être proportionnels à la diminution de l'exposition radioactive visée.

Evaluation de l'ISFN

Les informations du requérant présentées selon l'art. 23 OENu sur l'exposition au rayonnement prévisible au voisinage de l'installation en exploitation normale et en cas de pannes correspondent à la présentation détaillée attendue de la procédure d'autorisation générale. L'ISFN est d'accord avec les déclarations du requérant et acquerra la conviction, au cours des prochaines étapes de l'autorisation, que les mesures commandées par EKKM AG sont prises, conformément à l'expérience et à l'état de la science et de la technique, pour limiter l'exposition au rayonnement de chaque individu ainsi que de l'ensemble des personnes concernées.

5.4 Protection en cas d'urgence

Informations du requérant

Le chapitre 2.6 du rapport de sécurité porte sur la protection en cas d'urgence. Pour la protection des risques d'irradiation, une installation nucléaire est conçue sur la base du concept de défense en profondeur («Defence in depth»). Ce concept englobe aussi la protection d'urgence interne à l'installation, dont le dimensionnement de l'installation doit tenir compte. La protection d'urgence externe à l'installation forme le dernier échelon de la défense en profondeur et sert à la protection de la population. La préparation et la mise en œuvre de mesures de protection d'urgence feront partie de l'organisation du futur titulaire de l'autorisation, qui évoluera au cours du projet. Une instrumentation suffisante en matière de défaillances, un SPDS (Safety Parameter Display System) et un PASS (Post Accident Sampling System) seront à la disposition de l'équipe en charge de l'exploitation et/ou de l'état-major d'urgence. Par ailleurs, on développera des stratégies visant à atténuer l'impact d'accidents graves ainsi que des aides à la prise de décision correspondantes.

L'analyse détaillée de défaillances graves et de leurs répercussions possibles sur le voisinage de l'installation nucléaire et sur la population qui y réside est documentée dans la demande d'autorisation de construire. Il en résulte aussi des mesures éventuellement à prendre. Concernant la protection d'urgence externe à l'installation, le requérant explique que

les types de réacteur entrant en question pour la CNRM présentent une conception avancée avec dispositif de sécurité très hautement développé. Il est fortement probable que les conséquences aussi de défaillances graves resteront ainsi limitées à l'installation. Pour de très improbables défaillances dépassant le cadre du dimensionnement, des mesures de protection d'urgence externe à l'installation sont prévues. Elles correspondront au concept des mesures à prendre en fonction des doses CMD de l'OROIR [17].

Au chapitre 2.6.4 du rapport de sécurité, EKKM AG a également considéré l'évacuation préventive temporaire de la population de la zone 1 de la CNRM et formulé quelques principes à ce sujet. Sur la base de ces considérations, le requérant conclut qu'une évacuation préventive en l'espace de quatre à six heures serait réalisable. La planification de ces mesures incombe toutefois aux instances cantonales.

En résumé, le requérant déclare que les plans d'urgence sont conçus pour la CNRM de la même manière que pour la CNM voisine. Du fait de la faible densité d'habitation de la zone proche de la CNRM et de l'évolution modérée du nombre d'habitants au voisinage du site, les problèmes de mise en œuvre de mesures de protection d'urgence resteront limités, même en présence d'une certaine pression de temps lors de la réalisation de toute évacuation. Le requérant ne s'attend pas à des entraves des plans d'urgence à plus longue échéance. On peut aujourd'hui déjà supposer que la possibilité de la mise en œuvre pratique des mesures de protection d'urgence sera en accord avec les recommandations de l'AIEA.

Bases de l'évaluation

Les principes généraux figurant dans l'art. 4 LENu (Principes applicables à l'utilisation de l'énergie nucléaire) et dans l'art. 13 LENu (Conditions d'octroi de l'autorisation générale), dans l'art. 7 OENU (Exigences pour la sécurité nucléaire) ainsi que dans l'art. 23 OENU (Demande d'autorisation générale), sont déterminants pour l'évaluation de ce chapitre.

On évalue les données sur la protection d'urgence interne à l'installation sur la base de l'art. 5 LENu et de l'annexe 4 OENU. On évalue les données sur la protection d'urgence externe à l'installation sur la base des exigences fixées, d'une part dans l'ordonnance sur la protection en cas d'urgence au voisinage des installations nucléaires [11], d'autre part dans l'ordonnance relative à l'organisation d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité OROIR [17]. On tient compte par ailleurs des dispositions du concept pour la protection en cas d'urgence au voisinage des installations nucléaires [83], ainsi que des spécifications de l'AIEA «Collection Normes de sûreté de l'AIEA, «Site Evaluation for Nuclear Installations», NS-R-3, 2003 [107]).

Evaluation de l'IFSN

Les mesures de protection en cas d'urgence à préparer conformément à l'art. 5 LENu doivent être présentées selon l'annexe 4 OENU, avec les demandes d'autorisation de construire et d'exploiter, dans le cadre du concept de protection en cas d'urgence, et/ou du règlement en cas d'urgence. Cela concerne en particulier de futures mesures d'organisation de l'exploitation pour garantir la protection en cas d'urgence.

Conformément à l'art. 13 LENu, une autorisation générale peut être accordée si entre autres la protection de l'homme et de l'environnement peut être assurée. Dans ce contexte, les mesures de protection d'urgence externe à l'installation représentent le dernier échelon du concept de défense en profondeur. Elles servent à se protéger des effets radiologiques d'un relâchement potentiel hors de l'installation. A l'appui des exigences de l'AIEA [107], l'IFSN

est d'avis qu'il faut observer la répartition de la population autour du site planifié et son possible impact sur la mise en œuvre de mesures de protection d'urgence. Ce faisant, il faut montrer conformément à l'AIEA que la future élaboration de plans d'urgence ne sera pas entravée par des difficultés insurmontables. En vue de la prévention pour les mesures de protection mentionnées dans le concept des mesures à prendre en fonction des doses de l'OROIR [17], on peut en Suisse, et en particulier dans le canton de Berne avec la CNM à proximité de laquelle la CNRM doit être construite, en revenir à une prévention établie depuis longtemps, notamment sur la base de la NSVO [11], de l'OROIR [17] et du concept de protection d'urgence de la ComABC [83]. Ce sont par exemple des dispositifs de sécurité en place, des mesures d'alerte et d'alarme des autorités et de la population, ainsi que des mesures de distribution de comprimés d'iode dans les actuelles zones 1 et 2. La planification d'une évacuation préventive n'a jusqu'ici pas été prioritaire en Suisse (contrairement aux mesures de protection séjour dans la maison, à la cave ou dans l'abri). Dans cette optique, le requérant montre les principes que le canton de site compétent devrait observer pour planifier une évacuation préventive. L'autoroute A1, qui traverse la zone 1 et représente un axe de sauvetage et d'évacuation efficace, joue ici un rôle déterminant.

L'IFSN suit la conclusion du requérant: en raison des mesures et des équipements de protection d'urgence externe à l'installation déjà en place pour le site de la CNM, de la disponibilité de possibles routes d'évacuation pour l'éventuelle mise en œuvre d'une évacuation préventive, ainsi que des caractéristiques du site concernant la répartition et l'évolution de la population, il n'y a pas d'obstacle qui s'oppose à la future planification de mesures pour la protection de la population.

6 Aspects humains et organisationnels

Les chapitres suivants se basent sur les informations du requérant figurant au chapitre 5 du rapport de sécurité de la CNRM, intitulé «Personnel et organisation, facteurs humains et organisationnels».

6.1 Développement de l'organisation pour l'exploitation de la centrale nucléaire

Informations du requérant

Le requérant montre comment développer l'organisation pour l'exploitation ultérieure de l'installation. La mise en place de l'organisation, y compris le recrutement et la formation du personnel pour cela nécessaire, se fait pendant la phase de construction. Cette organisation doit déjà être opérationnelle avant la mise en service de l'installation. Elle résulte largement de l'organisation de la construction (voir chapitre 3.1 de l'expertise). Mais cette dernière doit être complétée par des disciplines plus spécifiques (par exemple opérateurs de réacteur, personnel de maintenance, personnel de surveillance de la radioactivité). La formation du futur personnel exploitant doit commencer pendant la dernière partie de la phase de construction.

Le développement de l'organisation (de l'installation) fait partie de la démarche présentée par le requérant pour la prise en compte des facteurs humains et organisationnels (démarche dite FOH⁵, voir chapitre 6.3).

Le requérant donne par ailleurs déjà des indications sur l'organisation de la désaffectation de l'installation, qui doit être préparée et organisée pendant la phase d'exploitation. La structure d'organisation correspondra en principe à la structure d'organisation de la construction; on accorde ici aussi beaucoup d'importance à la gestion des interfaces (voir chapitre 3.1).

Bases de l'évaluation

L'art. 23 litt. a ch. 4 OENu exige que quiconque requiert une autorisation générale doit fournir le rapport de sécurité présentant les données personnelles et organisationnelles importantes. L'IFSN a précisé cette exigence et demandé que des informations notamment sur l'approche du développement de l'organisation pour le fonctionnement de l'installation soient disponibles (voir aussi chapitre 3 et chapitre 6.2).

D'autres bases d'évaluation se trouvent dans la LENu (art. 5 al. 1, art. 22 al. 1 et al. 2 litt. a, b et j), l'OENu (art. 7 litt. a, art. 30), l'ordonnance sur les qualifications du personnel des installations nucléaires (OQPN, [16], ainsi que la directive HSK-G07 [92].

⁵ Facteurs Organisationnels et Humains (« Human and Organizational Factors », HOF)

Evaluation de l'IFSN

Le requérant esquisse un premier concept du développement de la future organisation de l'installation. Il présente notamment les principes juridiques que l'organisation devra satisfaire. De plus, il constate d'une part que l'organisation de l'installation découlera en grande partie de l'organisation de la construction, mais montre d'autre part que cette dernière doit être complétée par des disciplines spécifiques à l'installation. Le requérant a par ailleurs conscience que le développement de l'organisation, y compris la formation du personnel et l'instauration d'un système de gestion de la qualité pour l'exploitation, doit être une composante explicite du travail de projet et être abordé à temps et de manière systématique, pour autant que le développement de l'organisation s'inscrive aussi dans le contexte de la démarche FOH (plus de détails au chapitre 6.2). L'IFSN se félicite expressément de cette vision et complète les aspects cités ultérieurement.

Au niveau de la demande d'autorisation générale, fixer complètement la future organisation de l'installation n'est ni judicieux, ni possible, vu qu'on ne sait pas encore quel type concret de CN sera construit ni quelles exigences en résulteront pour l'organisation. Mais on doit déjà définir certaines conditions cadres indépendantes de la technologie et présenter des réflexions générales sur l'approche du développement de l'organisation. C'est ce qu'a fait le requérant dans le rapport de sécurité. Pour les autres étapes du projet, on devra consacrer assez tôt l'attention nécessaire au développement de la future organisation, dans le cadre d'une procédure systématique. Comme on l'a mentionné ci-dessus, le requérant indique que la démarche FOH sera importante pour configurer l'organisation du fonctionnement de l'installation. L'IFSN formule donc l'indication suivante:

Indication 9:

L'IFSN demande qu'EKKM AG élabore, en rapport déjà avec la préparation de la demande d'autorisation de construire, un concept pour le développement de la future organisation de l'installation et présente l'état de ces travaux dans la demande d'autorisation de construire. Des données complètes sur le développement de la future organisation de l'installation sont requises dans le contexte de la demande d'autorisation d'exploiter.

6.2 Prise en compte des facteurs humains pour le développement de l'installation

Informations du requérant

Le requérant explique comment, dans le cadre d'une démarche FOH, il entend tenir compte des aspects humains et organisationnels dans toutes les étapes de cycle de vie de l'installation. Les explications et la démarche présentée se fondent sur l'hypothèse que le personnel apporte une contribution essentielle à la sécurité de l'installation et à la défense en profondeur.

La démarche FOH s'appuie sur les principes suivants:

- Prise en compte continue, précise et structurée des FOH par le requérant, à toutes les étapes de l'étude de projet, de la construction, de l'exploitation et de la désaffectation de l'installation ;
- Conformité aux exigences nationales et internationales définies au sujet des FOH ;
- Prise en compte multidisciplinaire des FOH dès l'étude de projet ;
- Prise en considération du retour d'expérience en matière de FOH ;

- Prise en compte itérative des FOH au cours du projet ;
- Définition, examen et approbation des bases de décision de la démarche FOH conformément aux processus et aux prescriptions du programme de gestion de la qualité du projet.

La démarche FOH porte sur tous les états de l'installation et sur toutes les activités relevant de l'exploitation, de la maintenance, des essais et de la logistique, en particulier si elles sont liées à la sûreté de l'installation, peuvent avoir des incidences sur l'environnement ou se déroulent dans un environnement présentant des risques pour le personnel. Il s'agit donc ici de concevoir les moyens de travail (de type technique, comme les interfaces homme-système dans la salle de commande, et de type organisationnel, comme les prescriptions d'exploitation) et l'organisation (par exemple fixation de processus de travail).

Le requérant est responsable de la définition et de la mise en œuvre de la démarche FOH. On nommera un coordinateur FOH qui sera subordonné au directeur technique du projet de la CNRM. Le coordinateur FOH veillera à la mise en réseau des compétences des différents départements, afin de favoriser une prise en compte multidisciplinaire des FOH dès la phase d'étude de projet.

Dans le rapport de sécurité sur la demande d'autorisation générale, la démarche FOH est décrite pour les différentes phases de projet et étapes de cycle de vie de l'installation (étude de projet, construction, exploitation, désaffectation). On décrit alors pour chaque étape les objectifs qui sont poursuivis et les activités qui leur sont liées.

Bases de l'évaluation

L'art. 23 litt. a ch. 4 OENu exige que quiconque requiert une autorisation générale doit fournir le rapport de sécurité présentant les données personnelles et organisationnelles importantes. L'IFSN a précisé cette exigence et demandé que des informations notamment sur la prise en compte des facteurs humains et organisationnels lors de l'étude de projet et du dimensionnement de l'installation soient disponibles (voir aussi chapitre 3 et chapitre 6.1).

D'autres bases d'évaluation se trouvent dans la LENu (art. 7 litt. a, art.10 al. 1 litt. j), dans la Convention sur la sûreté nucléaire (art. 12, art. 18 clause iii, [101]), ainsi que dans les normes de sûreté de l'AIEA (notamment les Fondements de sûreté SF-1, Principes fondamentaux de sûreté 3 «Capacité de direction et de gestion pour la sûreté» § 3.14 [102] et les Exigences de sûreté NS-R-1, § 5.50 [115]).

Evaluation de l'IFSN

Le requérant s'engage à tenir compte des facteurs humains et organisationnels à toutes les étapes du cycle de vie de l'installation, de l'étude de projet à la désaffectation. Pour ce faire, il présente une démarche FOH et en décrit les principes, le domaine, les étapes et le mode opératoire. Le requérant montre ainsi qu'il fonde le projet de construction de la nouvelle centrale nucléaire sur une approche socio-technique en ayant conscience de l'importance d'une prise en compte et d'une conception globale des aspects techniques, humains et organisationnels. La démarche FOH considère une série de principes jugés capitaux pour l'IFSN, à savoir une prise en compte continue, structurée et itérative des facteurs humains et organisationnels, compte tenu de l'expérience d'exploitation et de projet disponible, ainsi qu'une organisation de projet multidisciplinaire comprenant aussi des compétences techniques spécifiques au domaine des facteurs humains et organisationnels et considérant les expériences et intérêts des futurs utilisateurs des éléments à concevoir (par exemple moyens

de travail techniques et administratifs, structures d'organisation, etc.). L'IFSN se félicite expressément de cette déclaration d'intention et souhaite apprécier une série de points:

- La démarche FOH décrite est complète. Elle porte explicitement sur tous les états de l'installation à toutes les étapes de la vie de l'installation et sur toutes les activités relevant de l'exploitation, de la maintenance, des essais et de la logistique, qui sont liées à la sûreté de l'installation, peuvent avoir des incidences sur l'environnement ou se déroulent dans un environnement présentant des risques pour le personnel. En plus des tâches réalisées par le personnel exploitant, elle comprend explicitement aussi les autres activités exercées par le personnel de maintenance. Par ailleurs, les observations ne se limitent pas aux moyens de travail et postes de travail dans la salle de commande (principale), mais comprennent aussi des moyens de travail locaux dans l'installation, les bâtiments et les locaux, les systèmes de communication, les méthodes de travail, les prescriptions, etc.
- Le requérant entend intégrer la prise en compte des facteurs humains et organisationnels dans l'organisation du projet. Un coordinateur FOH, directement subordonné au directeur technique du projet de la CNRM, doit piloter l'ensemble de la démarche FOH. Le requérant donne ainsi un signe clair et crée une condition indispensable pour attribuer aux facteurs humains et organisationnels de l'ensemble du projet la valeur qui leur revient.
- Le requérant reconnaît sa responsabilité en matière de définition et de mise en œuvre de la démarche FOH. L'IFSN corrobore ce principe. La responsabilité de la prise en compte des facteurs humains et organisationnels ne peut et ne doit pas être déléguée au constructeur de l'installation, bien que ce dernier, de son côté, mette en œuvre ou doive mettre en œuvre aussi des programmes plus ou moins complets de prise en compte des facteurs humains et organisationnels. La responsabilité globale de la démarche FOH spécifique au projet incombe en tout temps à l'organisation du requérant. Cela implique notamment aussi que la procédure d'adjudication de l'installation doit considérer les travaux liés à l'élaboration et à la concrétisation ultérieure de la démarche FOH.

Avec cette démarche FOH qui vient d'être décrite, le requérant va nettement au-delà des exigences formulées par l'IFSN au niveau de la demande d'autorisation générale et concernant le niveau de concrétisation et de détail des informations pour la prise en compte des facteurs humains et organisationnels.

Pour la future phase de projet, l'IFSN, dans le contexte de la préparation de la demande d'autorisation de construire, attend du requérant qu'il concrétise la démarche FOH et élabore et présente un programme prenant en compte les facteurs humains et organisationnels dans l'étude de projet et le dimensionnement, ainsi que dans la construction de l'installation (voir disposition préconisée ci-après).

Résumé de l'évaluation par l'IFSN des informations sur les aspects humains et organisationnels

La nécessité d'une prise en compte systématique, complète et précoce des facteurs humains et organisationnels dans un projet de construction de nouvelle centrale nucléaire est aujourd'hui incontestée ainsi que reconnue aussi par le requérant dans le rapport de sécurité sur la demande d'autorisation générale. Du fait de l'importance de ces aspects, l'IFSN préconise la disposition suivante:

Disposition 6

Pour l'étude de projet et le dimensionnement de l'installation, EKKM AG doit mettre en œuvre un programme visant à prendre en compte les facteurs humains et organisationnels. L'IFSN vérifie le programme et sa mise en œuvre dès le début de l'étude de projet.

7 Sûreté

Le rapport de sûreté [3] a été soumis avec la demande d'octroi d'une autorisation générale pour la CNRM.

La protection des installations et des matières nucléaires contre les actes de sabotage, les actes de violence ou le vol doit reposer sur un système de défense échelonné en profondeur, comprenant des mesures de nature architecturale, technique, organisationnelle, personnelle et administrative (art. 9 et annexe 2 OENu).

Ces mesures doivent être décrites en grandes lignes dans la demande d'autorisation générale. Une description détaillée n'est prévue que dans les demandes ultérieures (demandes d'autorisation de construire et d'exploiter) et sera alors classifiée de manière appropriée, l'ordonnance concernant la protection des informations [84] pouvant être appliquée par analogie.

7.1 Caractéristiques du site pour la sûreté

Informations du requérant

Le requérant évalue les caractéristiques du site concernant la sûreté de la CNRM au chapitre 2.3.1 «Aperçu du site». La demande d'autorisation générale n'étudie pas directement l'actuelle centrale nucléaire de Mühleberg, car les questions de synergies possibles ne se poseront que dans les demandes ultérieures.

Le site se caractérise par son emplacement particulier dans une vallée sur la rive gauche de l'Aar et ne dispose que d'accès restreints. On ne trouve pas à proximité immédiate d'installations industrielles dont le sabotage pourrait causer un risque direct pour la sûreté de la CNRM.

Le requérant en conclut que les exigences légales pour les mesures de sûreté requises dans une installation nucléaire peuvent être mises en œuvre intégralement sur le site de Niederruntigen.

Bases de l'évaluation

Il n'y a pas sur le site d'une installation nucléaire d'exigences légales concernant le domaine de la sûreté. L'évaluation de l'IFSN repose sur les conditions topographiques et les expériences venant de l'exploitation des installations nucléaires existantes.

Évaluation de l'IFSN

Le site se caractérise par une série d'obstacles naturels, dont l'Aar et ses méandres d'au moins 90 degrés en amont et en aval de la CNRM planifiée, et la situation fond d'une vallée aux flancs abrupts sur la rive gauche de l'Aar. Du fait de l'éloignement des installations industrielles (voir chapitre 3.2 du rapport de sécurité), il n'y a pas de risques directs pour la sûreté. L'IFSN considère qu'au niveau de la sûreté, le site est en principe approprié à la CNRM. Les déclarations sur l'inondation externe au chapitre 4.2.4 de la présente expertise couvrent aussi la rupture de barrages. La terrasse mentionnée au chapitre 3.4.3.3 du rapport de sécurité, dont la hauteur de terrain sera définie dans le cadre de la conception de l'installation

avec pour but de protéger l'installation de crues importantes, est une mesure appropriée à la protection aussi des dispositifs de sûreté.

L'IFSN pense qu'on ne doit pas évaluer l'exposition du site à une chute d'avion ciblée (terrorisme), vu que, conformément aux exigences de l'ordonnance V01 [15], la nouvelle installation présentera une protection suffisante contre de tels événements.

Pour l'IFSN, le site de la CNRM est en principe approprié au niveau de la sûreté.

7.2 Hypothèses de risque

Informations du requérant

Sous le point 3.2 «Hypothèses de risque et mesures de sûreté pour les installations et les matières nucléaires», le requérant renvoie à l'ordonnance du DETEC du même nom, du 16 avril 2008 (RS 732.112.1, [14]). Cette dernière vise le terrorisme mondial et l'extrémisme violent, la situation de menaces spécifique de la Suisse ainsi que le potentiel de risque des objets à protéger. Elle tient compte de l'état de la technique d'agression et du comportement possible d'auteurs d'actes illicites.

L'ordonnance [14] définit les objectifs de protection suivants:

- a. Protection des installations nucléaires contre les actes illicites
- b. Protection des matières nucléaires contre le vol et les actes illicites
- c. Protection de l'homme et de l'environnement contre des dommages radiologiques causés par des actes illicites.

Selon les informations d'EKKM AG, des mesures de sûreté concrètes découleront de ces objectifs de protection et des hypothèses de risque conformément à l'ordonnance [14].

Bases de l'évaluation

Pour évaluer les informations du requérant sur les hypothèses de risque, l'IFSN a recouru aux bases d'évaluation suivantes:

- Ordonnance du DETEC du 16 avril 2008 sur les hypothèses de risque et sur les mesures de sûreté pour les installations et les matières nucléaires [14].
- Révision de la Convention sur la protection physique des matières nucléaires [86] (art. 1A al. 3, BBI 2008 1237). Le principe fondamental G «Menace» stipule: «La protection physique dans un Etat devrait être basée sur l'évaluation actuelle de la menace faite par l'Etat.»

Le danger ou la menace de référence (Design Basis Threat, DBT) est défini par l'autorité de surveillance et sert de base et de critère pour la sûreté d'installations et de matières nucléaires. Les détails de la menace de référence avec des informations concrètes sur des auteurs d'actes illicites et des techniques d'agression sont définis dans une directive classifiée. La protection de ces informations est déterminée par l'ordonnance concernant la protection des informations (OPrI, [84]).

Evaluation de l'IFSN

Le requérant renvoie à l'ordonnance du DETEC [14] sur les hypothèses de risque et sur les mesures de sûreté pour les installations et les matières nucléaires et présente son intention de mettre en œuvre les exigences résultant des hypothèses de risque.

La sûreté des installations et des matières nucléaires doit empêcher, par le biais de mesures appropriées, que des actes illicites portent atteinte à la sécurité nucléaire, que des quantités dangereuses de substances radioactives soient libérées de manière ciblée dans l'environnement et que des matières nucléaires soient dérobées. Dans ce but, le requérant a présenté les principes servant de base aux mesures de sûreté à prendre.

L'étendue et le degré de détail des informations du requérant sur les hypothèses de risque correspondent aux exigences de l'IFSN déterminantes au moment de la demande d'autorisation générale. Pour l'IFSN, il n'en résulte pas d'objections contre les hypothèses de risque qu'EKKM AG pense considérer lors de l'élaboration des mesures de sûreté.

7.3 Mesures architecturales, techniques, organisationnelles et administratives

Informations du requérant

Par des mesures de sûreté ciblées, le requérant entend empêcher qu'on porte atteinte à la sécurité nucléaire des installations ou des matières nucléaires ou qu'on dérobe des matières nucléaires.

La protection des installations et des matières nucléaires contre les actes de sabotage, les actes de violence ou le vol repose sur un système de défense échelonné en profondeur, comprenant des mesures architecturales, techniques, personnelles et administratives.

Plusieurs barrières de sûreté opposant une résistance croissante de l'extérieur vers l'intérieur doivent résister à un auteur d'actes illicites.

Concernant les **mesures de sûreté architecturales**, les équipements vitaux des installations nucléaires sont répartis en zones de sûreté D, C ou B, conformément à des résistances définies et classifiées. La résistance d'une barrière de sûreté reste en principe maintenue et des points de passage sont de ce fait conçus comme des sas.

Les **mesures de sûreté techniques** comprennent les systèmes de détection et d'avertissement en cas d'effraction, la CCTV («Closed Circuit Television» ou télévision en circuit fermé), les dispositifs de communication et de contrôle de l'accès. Les futurs systèmes d'accès et de surveillance seront équipés de technologies de pointe, comme par exemple un contrôle biométrique lors de l'accès et du passage dans une zone de sûreté.

Les **mesures de sûreté personnelles et organisationnelles** se basent essentiellement sur les équipes de surveillance et les responsables de la sûreté de l'installation nucléaire. Les équipes de surveillance sont opérationnelles 24 heures sur 24 et font partie de l'organisation d'exploitation. Les tâches et les compétences sont déterminées par l'ordonnance sur les équipes de surveillance des installations nucléaires (OESN, [85]). Les mesures organisationnelles et administratives comprennent des réglementations concernant le contrôle des mouvements des personnes, des véhicules et du matériel entrant ou sortant de

l'installation. Elles sont complétées par des accords et des exercices avec les autorités, la police et l'armée.

Bases de l'évaluation

L'art. 9 et l'annexe 2 OENu fixent les exigences générales pour la sûreté. Les exigences détaillées sont décrites dans des directives classifiées de l'autorité de surveillance.

L'ordonnance sur les équipes de surveillance des installations nucléaires (OESN, [85]) comprend les exigences pour les tâches et les compétences, l'équipement, l'armement et l'organisation, ainsi que les exigences posées aux qualifications et aptitudes requises des membres des équipes de surveillance.

Evaluation de l'IFSN

La sûreté de la CNRM doit reposer sur la défense en profondeur, soit un échelonnement des mesures architecturales et techniques. Plusieurs barrières de sûreté opposant une résistance croissante de l'extérieur vers l'intérieur doivent résister à un auteur d'actes illicites. La conception décrite dans la demande d'autorisation générale correspond à des principes éprouvés. La défense en profondeur se base sur les recommandations de l'AIEA et est majoritairement appliquée dans le monde entier.

Le requérant indique que des mesures de sûreté doivent être fixées, le cas échéant adaptées, conformément à l'état de la science et de la technique, de manière spécifique à l'installation et en harmonie avec les mesures de sécurité.

Les exigences posées à chaque barrière de sûreté sont définies dans des directives classifiées de l'autorité de surveillance. Le requérant démontrera à l'autorité de surveillance la qualité des mesures de sûreté dans les phases ultérieures de l'autorisation.

L'ensemble du rapport de sûreté doit être classifié dans les demandes ultérieures.

Résumé de l'évaluation par l'IFSN du rapport de sûreté de la CNRM

L'IFSN juge que les informations du requérant sur la sûreté de la CNRM sont suffisantes pour la demande d'autorisation générale. Les mesures planifiées par EKKM AG correspondent au concept de la sûreté conformément à l'art 9 et à l'annexe 2 OENu.

Des données plus précises sur des mesures concrètes architecturales, techniques, organisationnelles et administratives ne sont pas possibles dans la procédure d'autorisation générale et devront donc figurer dans les pièces de la requête aux étapes suivantes de l'autorisation.

Les informations du requérant correspondent, question d'étendue et de détail, à ce qui est exigé pour une demande d'autorisation générale.

Vu la nécessité de classifier les documents relevant de la sécurité et de la sûreté nucléaires, selon l'art. 5 al. 3 LENu, l'IFSN préconise la disposition suivante:

Disposition 7:

EKKM AG doit classifier et protéger les informations qui, portées à la connaissance de personnes non autorisées, pourraient compromettre l'efficacité des mesures de sûreté. L'IFSN vérifie la protection des informations dès le début de l'étude de projet.

8 Concept de désaffectation

Informations du requérant

Dans le contexte de la demande d'octroi de l'autorisation générale pour la CNRM, le requérant a soumis le rapport «Concept de désaffectation, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg» [6].

Le chapitre 2 détaille les bases légales dans ce domaine, le chapitre 3 explique la distinction entre plan et projet de désaffectation et le chapitre 4 la distinction entre concept de désaffectation et justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs. Les volumes de déchets produits, le conditionnement, le stockage intermédiaire des déchets de désaffectation ainsi que leur enfouissement dans le dépôt géologique profond y sont également décrits.

Au chapitre 5, le requérant décrit les options de désaffectation en principe possibles:

- Le démantèlement immédiat, qui comprend une phase de mise à l'arrêt définitif et la désaffectation proprement dite. Au cours de la phase de mise à l'arrêt définitif, les éléments combustibles sont évacués, les déchets d'exploitation restants conditionnés et évacués eux aussi, les systèmes vidangés et séchés. Le projet de désaffectation est élaboré et présenté aux autorités compétentes en vue de la décision de désaffectation. La décision de désaffectation met un terme à la phase de mise à l'arrêt définitif qui est directement suivie – dans le cas du démantèlement immédiat – de l'évacuation de la totalité des matières radioactives de l'installation. Suite au conditionnement, on procède soit à un entreposage préalable des déchets, soit à leur stockage direct dans un dépôt en couches géologiques profondes. Les structures de bâtiment restées inactives sont, selon les modalités de la décision de désaffectation, soit entièrement démolies, soit affectées à autre un usage.
- Le démantèlement différé après un confinement sûr, dont la phase de mise à l'arrêt définitif se déroule, dans un premier temps, de manière analogue à la procédure de démantèlement immédiat décrite ci-dessus. Mais dans le cas du démantèlement différé, le projet de désaffectation et la décision de désaffectation correspondante prévoient d'abord une phase de confinement sûr de plusieurs dizaines d'années. Pendant cette période, l'installation reste sûre et sous surveillance. Un programme de maintenance et de surveillance est mis en œuvre pour garantir la sécurité requise. Le démantèlement réalisé après cette phase se déroule alors de nouveau de manière analogue à l'option de démantèlement immédiat.
- La possibilité d'une éventuelle combinaison des options des concepts mentionnés.

Le chapitre 6 du concept de désaffectation décrit la phase de mise à l'arrêt définitif et présente notamment l'organisation prévue des travaux de désaffectation proprement dits. Le requérant énumère ici les différentes étapes et projets partiels suivants:

- Démontage des équipements
- Décontamination et déclasserment des bâtiments
- Démolition des bâtiments ou, selon la décision de désaffectation, réaffectation éventuelle
- Réutilisation des matières valorisables

- Evacuation des déchets produits
- Mesurage de déclassement du site
- Fin de la désaffectation constatée par le département compétent.

Le requérant estime qu'un démantèlement immédiat dure 17 ans maximum, dont 5 pour la phase de mise à l'arrêt définitif et 10 à 12 pour la phase de désaffectation. Lors de la phase de mise à l'arrêt définitif, des optimisations possibles du déroulement sont toutefois expressément indiquées. Dans le cas du démantèlement différé, on ajoutera encore la durée du confinement sûr, spécifiée dans la décision de désaffectation.

Le chapitre 6.3 aborde les possibilités d'adapter la désaffectation par étapes à la situation nationale de la gestion des déchets radioactifs, selon par exemple la disponibilité des dépôts géologiques profonds. Une certaine flexibilité résulte de la possibilité de poursuivre l'exploitation des installations d'évacuation sur le site.

Le chapitre 7 décrit le contenu des dispositions et démonstrations techniques, organisationnelles et commerciales, dont l'élaboration est prévue dans le contexte du projet de désaffectation, sans qu'on se réfère concrètement à la CNRM. Le chapitre 8 enfin indique les critères qui dicteront le choix de l'option de désaffectation dans le plan de désaffectation. L'objectif premier est que, une fois la désaffectation dûment terminée, l'installation ne soit plus sous le coup de la législation sur l'énergie nucléaire. On constate par ailleurs que, selon les normes internationales en vigueur, l'option de désaffectation préférentielle est le démantèlement immédiat. Le requérant conclut au chapitre 9 que les procédures décrites dans les chapitres précédents permettent de satisfaire, conformément à la LENu, toutes les exigences légales posées à un concept de désaffectation en rapport avec une demande d'autorisation générale.

Bases de l'évaluation

L'art. 13 LENu et l'art. 23 OENU décrivent les pièces à fournir dans le cadre d'une demande d'autorisation générale. Un concept de désaffectation est demandé à la litt. c (LEnu) et à la litt. d (OENU). Contrairement au projet de désaffectation dont les documents sont décrits en détail dans l'art. 45 LENu, le contenu et l'étendue du concept de désaffectation ne sont définis ni dans la LENu, ni dans la l'OENU. Il en va de même du plan de désaffectation qui est requis pour la première fois dans les documents pour la demande d'autorisation de construire et qu'il faudra poursuivre pendant la phase de construction et d'exploitation de l'installation nucléaire. Pour l'IFSN, il en résulte indirectement une délimitation logique comme suit:

La demande d'autorisation générale a pour objet essentiel de présenter les conséquences que peut avoir une installation nucléaire sur les alentours du site. Par rapport à la désaffectation, il en résulte deux questions centrales:

1. Quel est l'état final une fois le démantèlement réalisé ?
2. Quel est le déroulement, c'est-à-dire quand cet état final est-il atteint ?

Il faut donc attendre au moins d'un concept de désaffectation qu'il réponde à ces deux questions et indique éventuellement les critères qui dictent ce choix d'options et déterminent la concrétisation ultérieure du concept de désaffectation.

Le plan de désaffectation à soumettre avec les pièces de la requête doit être suffisamment détaillé pour permettre une évaluation des provisions prévues pour le fonds de désaffectation et de gestion des déchets radioactifs. Il faut donc tenir compte de tous les facteurs de coûts importants et estimer les besoins en crédits dans le temps. La planification technique et organisationnelle qui en résulte doit évoluer dans le cadre des définitions de conception venant de l'autorisation générale.

La délimitation décrite ici découle finalement indirectement du droit sur l'énergie nucléaire. Elle est en principe impérative, car c'est ainsi seulement que les exigences directes de la LENu, de l'OENu et de l'OFDG [87] peuvent être satisfaites.

Evaluation de l'IFSN

Les considérations du requérant concernant le concept de désaffectation de la CNRM sont vérifiables à l'aide des pièces de requête présentées. Tant les options techniques et temporelles que les critères de décision sont justes au niveau de l'étendue et du contenu et correspondent à l'état de la technique sur le plan international. Pour la CNRM, on répond aux questions centrales sur chaque projet de désaffectation comme suit:

1. L'objectif premier est de libérer l'installation de la législation sur l'énergie nucléaire, ce qui correspond à l'état final visé.
2. L'option de désaffectation préférentielle reconnue au niveau international et clairement identifiée est le démantèlement immédiat.

Mais concernant le choix de l'option, on émet une réserve sur la question 2, en renvoyant à des paramètres supplémentaires dont la prise en compte pourrait requérir une adaptation de l'option de désaffectation jusqu'au plan de désaffectation et au projet de désaffectation proprement dit.

Le concept de désaffectation indique que le plan de désaffectation ultérieur étudiera aussi des améliorations à entreprendre pour l'exploitation, qui faciliteront la désaffectation future. Mais il ne mentionne pas si et comment tenir compte de critères de réalisation si possible simples des travaux de démantèlement, dès la conception et la construction. Une déclaration d'intention générale du requérant, figurant dans le rapport de sécurité de la CNRM (chapitre 5.3) devra être concrétisée lors de l'élaboration des documents pour la demande d'autorisation de construire. Ces exigences sont l'objet de règlements et de publications internationaux et donc considérées comme étant conformes à l'état de la technique. L'IFSN attend donc des déclarations correspondantes déjà dans les documents de requête et formule l'indication suivante:

Indication 10:

Dans les documents de demande d'autorisation de construire, EKKM AG doit montrer quelles mesures seront prises pour le dimensionnement et la construction de la CNRM pour faciliter la réalisation ultérieure des travaux de démantèlement.

L'IFSN juge que le fait de se libérer de la législation sur l'énergie nucléaire est l'état final raisonnable et adéquat de toutes les activités de désaffectation de l'installation. Elle pense aussi qu'il est correct que le démantèlement immédiat, dans les conditions limites momentanées, présente en Suisse aussi une option de désaffectation raisonnable et conforme à la loi. Il faut se féliciter qu'EKKM AG se réserve le droit d'adapter le choix des options. Cette éventuelle adaptation peut par exemple résulter de la mise à jour régulière du plan de

désaffectation à présenter pour la première fois avec la demande de construction, plan qui doit être ensuite réactualisé régulièrement pour refixer périodiquement des contributions au fonds de désaffectation et de gestion des déchets radioactifs. L'IFSN évalue cette possibilité d'adaptation de manière expressément positive, d'autant qu'il faut s'attendre dans les années à venir et de par les activités réalisées à l'étranger à une augmentation sensible des expériences dans le domaine de la désaffectation des installations nucléaires.

Pour l'IFSN, les documents présentés par le requérant au niveau de la demande d'autorisation générale satisfont pleinement les exigences posées aux installations dans un concept de désaffectation.

9 Gestion des déchets

Informations du requérant

Le requérant EKKM AG a soumis le rapport «Justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg» [7], soit une partie des documents en vue de l'octroi de l'autorisation générale pour la CNRM. D'autres informations complémentaires, notamment sur les dispositifs prévus pour l'entreposage des déchets et les quantités de déchets anticipées figurent aux chapitres 2.2.2 et 2.3.3.3 du rapport de sécurité.

Déchets

Le requérant constate dans le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs [7] que les déchets bruts produits par la CNRM ne se distinguent en principe pas, concernant leurs caractéristiques pour leur gestion, des déchets produits dans les centrales nucléaires aujourd'hui en service en Suisse. On considère les catégories de déchets suivantes:

- Déchets radioactifs solides
- Déchets radioactifs liquides
- Composants de grande taille
- Déchets de retraitement
- Eléments combustibles usés.

Des informations spécifiques plus détaillées sur la composition et d'autres caractéristiques de ces déchets ne figurent pas dans les dossiers. On se réfère ici aux documents à remettre dans le cadre de la demande d'autorisation de construire ainsi qu'au principe de minimisation des déchets conformément à l'art. 30 LENu. Le chapitre 2.2.2.2 du rapport de sécurité indique toutefois une valeur de référence d'environ 20'000 m³ pour le volume de stockage des déchets d'exploitation et des déchets issus de la désaffectation, ces derniers en représentant quelque 70 %. Pour le stockage des éléments combustibles usés, on estime le nombre d'emballages de transport et de stockage (emballages TS) à 180, soit un volume d'éléments combustibles à stocker d'environ 1'500 m³, éléments combustibles des dernières années d'exploitation de la CNM à remplacer compris. Toutes les indications de volume sur les fûts de déchets se réfèrent au volume des déchets selon Archimède (sans emballage/conteneur). Le requérant constate que les indications de quantités ne sont que des valeurs de référence, vu que la puissance et le dimensionnement précis de la centrale nucléaire projetée ne sont pas encore définis dans la procédure d'autorisation générale.

Conditionnement et emballage

Les installations de conditionnement sont en principe prévues sur le site même de la centrale nucléaire, mais dans des cas particuliers aussi sur le site d'autres installations nucléaires. Deux stratégies sont possibles pour les éléments combustibles, le stockage profond direct et le retraitement. C'est pourquoi, dans les indications de quantité pour l'évacuation des éléments combustibles, on considère aussi 600 m³ de solutions vitrifiées de produits de fission ainsi que 1000 m³ de déchets alpha-toxiques.

Entreposage

L'entreposage de tous les déchets conditionnés et des éléments combustibles usés, respectivement des déchets produits lors de l'éventuel retraitement, a lieu en principe sur le site de la CNRM. Les bâtiments pour cela nécessaires seront construits en plusieurs étapes, en fonction de la réalisation des dépôts en couches géologiques profondes correspondants. Les capacités de stockage doivent couvrir les dernières années d'exploitation de la CNM et au besoin toute la durée d'exploitation de la CNRM et inclure également les déchets de désaffectation. En alternative, on aborde aussi la possibilité d'utiliser des installations sur d'autres sites pour l'entreposage des déchets de la CNRM.

Le chapitre 2.1 du rapport de sécurité, qui décrit le but de l'installation, mentionne aussi le conditionnement et l'entreposage de déchets radioactifs venant d'autres installations nucléaires suisses.

Stockage en profondeur

Concernant le stockage en profondeur final de tous les déchets provenant de la CNRM, y compris les éléments combustibles usés, EKKM AG se réfère aux deux décisions du Conseil fédéral sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique des DFMA [88] et des DHA [89]. Sur la base de ces deux décisions, le requérant juge que la preuve de la faisabilité de principe du stockage géologique en profondeur est donnée aussi pour les déchets qui seront produits dans la CNRM, vu que des justificatifs ont été apportés pour:

- La faisabilité du conditionnement des déchets d'exploitation y compris leur emballage, conformément aux exigences du stockage en couches géologiques profondes.
- La sécurité à long terme du stockage géologique profond dans le respect des prescriptions des autorités.
- La faisabilité de la construction et de l'exploitation des dépôts géologiques profonds.
- L'existence en Suisse de masses rocheuses appropriées et d'extension suffisante pour accueillir un dépôt en couches géologiques profondes.

La recherche de site concrète pour des dépôts géologiques profonds suit actuellement le plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes». Les capacités de stockage comprennent toutes les quantités de déchets prises en compte dans le programme de gestion nucléaire [126] et ce faisant aussi les volumes de déchets qui seront produits plus tard par la CNRM.

Autres informations

Dans le rapport sur le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs, le requérant déclare que:

- La mise à jour régulière du programme de gestion nucléaire suisse permet d'inclure les volumes de déchets concrètement attendus dans les travaux de planification des projets de dépôts géologiques profonds.
- Les contributions et exigences de la CNRM au niveau du fonds de désaffectation et de gestion des déchets radioactifs sont réglées dans l'ordonnance correspondante (OFDG, [87]).

En résumé, le requérant conclut que les déchets radioactifs produits lors de l'exploitation et de la désaffectation de la CNRM ne remettent pas en question les bases des décisions prises

pour la démonstration de la faisabilité et qu'en particulier on ne produit pas de nouveaux déchets qui ne sont pas couverts par ce justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs.

Bases de l'évaluation

La notion d'évacuation est définie par «le conditionnement, l'entreposage et le stockage des déchets radioactifs dans un dépôt en profondeur» (art. 3 litt. b LENu). Le conditionnement est défini comme «l'ensemble des opérations de préparation des déchets radioactifs en vue de leur entreposage ou de leur stockage dans un dépôt en profondeur,... » (art. 3 litt. g LENu).

L'évacuation comprend ainsi:

- I. la collecte, la caractérisation et la conservation des déchets bruts,
- II. l'ensemble de toutes les étapes de traitement et d'emballage (conditionnement),
- III. l'éventuel entreposage des déchets traités,
- IV. l'emmagasinage dans un dépôt géologique profond et indirectement
- V. les transports requis entre ces différentes étapes,
- VI. la formation de réserves financières pour réaliser tous les travaux mentionnés.

L'art. 13 al. 1 litt. d LENu stipule qu'une autorisation générale ne peut être accordée que «s'il est démontré que les déchets radioactifs produits seront évacués».

Ni la LENu, ni l'OENu ne spécifient plus précisément le mode et l'étendue de la démonstration. Mais les exigences concernant les documents pour la demande ultérieure d'octroi de l'autorisation de construire donnent une délimitation: des preuves isolées, détaillées et quantitatives sont demandées, conformément à l'art. 24 al. 2 litt a LENu en relation avec les documents U1 de l'annexe 4 OENu pour les déchets d'exploitation, ainsi que dans l'art. 24 al. 2 litt. f OENu, sous forme de plan de désaffectation pour les déchets de désaffectation. Pendant l'exploitation ultérieure, ces informations seront mises à jour dans le programme de désaffectation, pour les déchets d'exploitation tous les cinq ans, conformément à l'art. 32 LENu, et pour les déchets de désaffectation lors de la poursuite du plan de désaffectation tous les dix ans, conformément à l'art. 42 OENu.

Dans les documents pour la demande d'autorisation générale, il faut ainsi démontrer, pour les points I à V mentionnés, la faisabilité de principe dans le cadre du concept de gestion nucléaire suisse. Dans la future demande d'octroi d'autorisation de construire, EKKM AG devra donc concrétiser quantitativement ces bases d'évacuation qualitatives fixées dans la demande d'autorisation générale, y compris les éventuelles dispositions, conformément aux exigences de l'art. 24 OENu.

Evaluation de l'IFSN

Les informations du requérant sur l'évacuation des déchets radioactifs produits dans la CNRM correspondent, au niveau de l'étendue et du degré de détail, à l'état tel qu'il est requis et possible dans la procédure d'autorisation générale. Les valeurs de référence indiquées concernent les volumes estimés et les espaces nécessaires pour les emballages TS. Pour plus de détails, le requérant renvoie aux documents de requête pour l'autorisation de construire. Cela s'applique à toutes les catégories de déchets. Sur la base de ces estimations, des installations d'entreposage autonomes sont prévues sur le site de la CNRM, qui seront développées si nécessaire pour offrir une capacité suffisante pour toute la durée d'exploitation, y compris la phase de désaffectation. Le conditionnement des déchets est

prévu en principe aussi sur le site. Ce n'est que pour les procédures de conditionnement dans lesquelles des installations centrales sont à disposition, que les déchets non conditionnés seront transportés vers ces installations.

L'IFSN juge que les informations du requérant sur les déchets sont pertinentes et suffisantes pour l'évaluation dans la procédure de l'autorisation générale. Pour l'évaluation des données sur les volumes et les chiffres, il faut considérer que, selon les informations du requérant, elles représentent des valeurs de référence. Les volumes mentionnés pour les déchets d'exploitation et de désaffectation sont dans le cadre des expériences actuelles en cours dans les installations. Le nombre des emplacements requis dans un dépôt pour les emballages TS affiche une tendance à la hausse tout en restant compatible avec les combustions visées relativement basses et supposées conservatives.

Pour l'IFSN il est positif qu'à ce stade initial déjà, toutes les éventualités soient considérées pour la conception des entrepôts et que le conditionnement et l'entreposage se déroulent de préférence sur le site de la CNRM. Ainsi d'une part, les transports de déchets radioactifs peuvent être minimisés et d'autre part des synergies utilisées avec l'installation CNM à désaffecter. Comme le démontrent des expériences correspondantes réalisées à l'étranger, cela aura des répercussions positives notamment sur le déroulement des travaux de démantèlement de la CNM.

Le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» [121] inclut les volumes de déchets produits lors de l'exploitation et de la désaffectation de nouvelles centrales nucléaires. Les propositions actuelles de la Nagra pour des régions de site tiennent compte des réserves de place pour cela nécessaires dans le sous-sol géologique (Nagra NTB 08-05, p. A1-28, [123]). Les déchets issus de la CNRM en nécessiteraient environ un tiers.

Pour l'IFSN, l'étendue et le degré de détail des documents présentés satisfont les conditions posées, lors d'une demande d'autorisation générale, à la démonstration de la faisabilité du stockage géologique des déchets radioactifs produits par la CNRM.

10 Evaluation globale

Avec la demande d'octroi d'une autorisation générale pour la construction d'une centrale nucléaire sur le site de Mühleberg, le requérant EKKM AG (Ersatz Kernkraftwerk Mühlerberg AG) a soumis à l'Office fédéral de l'énergie OFEN les documents suivants:

- Rapport de sécurité [2]
- Rapport de sûreté [3]
- Rapport d'impact sur l'environnement [4]
- Rapport relatif à la concordance avec l'aménagement du territoire [5]
- Concept de désaffectation [6]
- Justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs [7].

A la demande de l'OFEN, l'autorité de surveillance nucléaire compétente, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN, a vérifié parmi eux le rapport de sécurité, le rapport de sûreté, le concept de désaffectation et le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs.

Dans le rapport de sécurité, le requérant a exposé le but et les grandes lignes du projet de la CNRM, analysé en détail et évalué les caractéristiques spécifiques du site de la CNRM avec le potentiel de risque qui leur est lié, proposé la limite maximale d'exposition des personnes aux radiations aux alentours de la CNRM. De plus, il s'est prononcé sur des aspects personnels et organisationnels en vue de la construction et de l'exploitation de la CNRM.

Dans le rapport de sûreté, EKKM AG a montré que la protection de la CNRM et des matières nucléaires peut être assurée en principe contre le sabotage, les actes de violence ou le vol par des mesures de sûreté.

Dans le concept de désaffectation, le requérant a décrit les options en principe possibles de la désaffectation comme le démantèlement immédiat ou le démantèlement différé après un confinement sûr et distingué le concept de désaffectation du plan de désaffectation et au projet de désaffectation nécessaires plus tard.

Dans le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs, EKKM AG a calculé des valeurs de référence pour les volumes des déchets radioactifs à éliminer, compte tenu des déchets issus de la désaffectation de la CNRM. Elle a montré que ces volumes ne remettent pas en question les principes des décisions prises par le Conseil fédéral sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique et que cette démonstration reste valable aussi pour les déchets radioactifs de la CNRM.

L'IFSN a examiné en détail les rapports mentionnés ci-dessus en recourant à des experts externes et présenté les résultats de cette vérification dans la présente expertise. Elle s'est assurée que toutes les dispositions de la loi sur l'énergie nucléaire, de la loi sur la radioprotection, de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire et d'autres ordonnances, importantes pour la procédure d'autorisation générale, ont bien été prises en compte, que les directives pertinentes de l'autorité de surveillance nucléaire ont été respectées et que le mode opératoire du requérant pour l'évaluation du site correspond aux exigences internationales de l'AIEA, compte tenu de l'état de la science et de la technique.

La vérification a principalement porté sur l'évaluation des caractéristiques du site et des risques potentiels spécifiques au site qui leur sont liés. Le site a donc été analysé au niveau de la géographie et de la répartition de la population, des voies de transport et des installations industrielles, de la logistique et des installations de chantier, de la météorologie, de l'hydrologie, de l'hydrogéologie, de la géologie, de la sismique, du sol de fondation, du raccordement au réseau électrique et de l'infrastructure de protection incendie. Les résultats de la vérification présentés aux chapitres 4.1 et résumés au chapitre 4.3 de l'expertise montrent que le site ne présente pas de caractéristiques remettant en question la construction d'une centrale nucléaire.

Les risques potentiels liés au site pour l'installation de la CNRM ont également été largement considérés par le requérant. Dans ce contexte, on a analysé la vulnérabilité potentielle de la CNRM aux séismes, aux inondations externes, à la chute d'avion, aux vents extrêmes et aux tornades, aux explosions, à l'incendie, à la foudre, ainsi qu'au givrage et à l'obstruction des captages d'eau de rivière. L'étendue des dangers ainsi considérés correspond aux spécifications de l'AIEA [107]. Les résultats des risques et leur évaluation par l'IFSN figurent au chapitre 4.2 et sont récapitulés au chapitre 4.3. Il ressort de la vérification et de l'évaluation des informations d'EKKM AG que les informations requises au moment d'une demande d'autorisation générale sont largement complètes, suffisamment détaillées et conformes aux faits. On constate pour résumer que le potentiel de risque du site de la CNRM ne remet pas en question la nouvelle construction d'une centrale nucléaire conçue en conséquence.

Lors de la vérification des documents de requête, l'IFSN a constaté peu d'éléments nécessitant une clarification ultérieure, mais elle a formulé des indications ou préconisé des dispositions.

La vérification des informations d'EKKM AG à propos du sol de fondation a montré, suite à l'évaluation de l'IFSN, que le requérant devait approfondir l'étude de la vulnérabilité du site aux glissements de terrain, chutes de pierres et éboulements. L'IFSN a préconisé une disposition dans ce sens (voir disposition 2 au chapitre 11).

Pour l'IFSN, il résulte de la vérification des analyses d'EKKM AG sur la vulnérabilité du site aux séismes que le requérant doit approfondir encore ses analyses. L'IFSN a donc préconisé des dispositions dans ce sens (voir dispositions 3 et 4 au chapitre 11).

En vue de la limite maximale d'exposition des personnes aux radiations aux alentours de l'installation, à fixer dans l'autorisation générale conformément à l'art. 14 al. 1 litt. e LENU, l'IFSN préconise la disposition 5 qui concerne la fixation de la valeur directrice de dose liée à la source pour le site de Mühleberg.

Dans le contexte de la vérification du rapport de sûreté pour la CNRM, l'IFSN préconise la disposition 7. Elle entend ainsi garantir à temps aux aspects de la protection de l'information dans le domaine de la sécurité et de la sûreté nucléaires toute l'importance qui doit leur revenir.

Suite à l'évaluation des informations d'EKKM AG sur la gestion de projet et les aspects humains et organisationnels lors de la construction d'une centrale nucléaire, l'IFSN demande que l'on tienne compte des dispositions 1 et 6. Elle pense qu'un système de gestion adéquat et une gestion de projet effective sont d'une importance capitale dans un projet aussi étendu et

complexe que la construction d'une centrale nucléaire. Cela est valable aussi pour la prise en compte d'une intégration systématique, complète et précoce des facteurs humains et organisationnels.

Pour l'IFSN, la vérification du concept de désaffectation et du justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs ne nécessite pas de dispositions particulières. Les concepts que présente EKKM AG à ce sujet sont suffisants au niveau de la procédure d'autorisation générale.

Lors de la vérification des documents de requêtes d'EKKM AG, l'IFSN a constaté qu'il fallait approfondir partiellement encore certaines études. Dans l'expertise, elle a formulé les études requises sous forme d'«indications». Il s'agit ici de recherches plus approfondies par le requérant, qui n'ont pas la valeur de dispositions. Les indications ne concernent ainsi pas des faits pertinents pour la procédure d'autorisation générale ou dont la réalisation est importante pour l'octroi d'une autorisation générale. Il s'agit davantage d'indications devant être suivies par le requérant au cours des procédures d'autorisation ultérieures et dont la réalisation est vérifiée par l'IFSN. Les indications de l'IFSN sont récapitulées au chapitre 12 de la présente expertise.

En résumé, l'IFSN constate qu'EKKM AG a montré dans les documents de requête pour l'autorisation générale de la CNRM que la protection de l'homme et de l'environnement contre le rayonnement ionisant, pendant la phase d'exploitation et de mise à l'arrêt définitif de la CNRM, peut être assurée, qu'on dispose d'un concept faisable pour la désaffectation de la CNRM et que le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs produits dans la CNRM est fourni. Dans la mesure où elles devaient être évaluées par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN, les conditions pour l'octroi de l'autorisation générale, requises conformément à l'art. 13 LENu, sont, pour l'IFSN, satisfaites compte tenu des dispositions préconisées.

11 Dispositions préconisées

Ce chapitre récapitule les dispositions préconisées par l'IFSN à l'attention de l'autorité qui délivre les autorisations. La justification de chacune de ces dispositions figure dans le chapitre correspondant de la présente expertise. Ce chapitre est chaque fois indiqué entre parenthèses, après le numéro de la disposition concernée.

Disposition 1 (3.1/3.2):

Dans les phases d'étude de projet et de conception, ainsi que dans la phase de construction, EKKM AG doit mettre en œuvre un système de gestion conformément à l'art. 25 OENu et à la norme GS-R-3 de l'AIEA. Elle doit notamment montrer que son organisation est conforme aux exigences des phases d'élaboration et d'exécution du projet. L'IFSN contrôle le système de gestion et son application dès que commence la phase d'étude de projet.

Disposition 2 (4.1.6.2):

La mise en danger directe du site par glissement de terrain, chute de pierres et éboulement doit être analysée plus précisément par EKKM AG. Les secteurs susceptibles d'être affectés par les zones de glissement de terrain de «Runtigerain» et du pied de versant en avant au nord doivent être identifiés et mis en rapport avec le site planifié pour les parties de l'installation importantes pour la sécurité. L'analyse correspondante devra tenir compte de la carte des dangers révisée du canton de Berne [56]. Pour l'origine des instabilités de pentes, il faudra considérer non seulement les séismes graves, mais aussi toutes les influences potentiellement importantes, notamment les fortes précipitations. Les résultats de la vérification doivent être remis à l'IFSN au plus tard d'ici la demande d'autorisation de construire.

Disposition 3 (4.1.6.3):

La densification du réseau de micro-séismes du SED, proposée par EKKM AG, doit être mise en œuvre sans retard, afin de pouvoir disposer pour les prochaines étapes de l'autorisation de séries de mesures sur une plus longue période de temps.

Disposition 4 (4.2.2):

Pour étayer la conception et le dimensionnement des constructions et de certaines parties de l'installation dans le projet de construction, EKKM AG doit utiliser des résultats du risque sismique déterminés de manière spécifique au site de la CNRM, par une procédure conforme à la méthode SSHAC Level 4, intégrant dès le début le contrôle par l'IFSN.

Disposition 5 (5.2):

Pour les installations nucléaires exploitées sur le site de Mühleberg, une valeur directrice de dose liée à la source de 0,3 mSv par année et par personne doit être fixée en commun pour la protection de la population. Si plusieurs installations nucléaires se trouvent sur le site, les limites pour les rejets de chaque installation doivent être fixées de sorte que la dose globale qui en résulte pour la population soit inférieure à 0,3 mSv par an et par personne. La contribution du rayonnement direct du site à la valeur directrice de dose liée à la source pour la population doit être limitée à 0,1 mSv par an et par personne.

Disposition 6 (6.2):

Pour l'étude de projet et le dimensionnement de l'installation, EKKM AG doit mettre en œuvre un programme visant à prendre en compte les facteurs humains et organisationnels. L'IFSN vérifie le programme et sa mise en œuvre dès le début de l'étude de projet.

Disposition 7(7.3):

EKKM AG doit classifier et protéger les informations qui, portées à la connaissance de personnes non autorisées, pourraient compromettre l'efficacité des mesures de sûreté. L'IFSN vérifie la protection des informations dès le début de l'étude de projet.

12 Indications de l'IFSN

Dans le cadre de l'expertise des informations données par EKKM AG dans le rapport de sécurité [2], le rapport de sûreté [3], le concept de désaffectation [6] et le justificatif de l'évacuation des déchets radioactifs [7], l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN formule les indications ci-dessous. Ces indications sont des remarques sur diverses questions ou divers points restés en suspens, ne requérant pas encore de réponse pour la procédure d'autorisation générale, mais dont l'IFSN attend une réponse du requérant pour les procédures d'autorisation de construire et d'exploiter. La justification de chacune de ces indications figure dans le chapitre correspondant de la présente expertise. Ce chapitre est chaque fois indiqué entre parenthèses, après le numéro de l'indication concernée.

Indication 1 (4.1.2):

La confirmation écrite du Laboratoire cantonal de Berne, selon laquelle le cadastre cantonal des risques chimiques ne révèle pas de risques potentiels industriels avec effet possible sur le site de la CNRM, hormis la CNM et la centrale hydraulique de Mühleberg, devra être fournie à l'IFSN dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire.

Indication 2 (4.1.4):

Dans le cadre de la révision et du complètement du rapport de sécurité pour la demande d'autorisation de construire et pour fixer les paramètres de dimensionnement déterminants de la CNRM, EKKM AG doit tenir compte des points suivants:

- a) *Les maxima mensuels de précipitations d'une heure, figurant dans le tableau 3.3-22 du rapport de sécurité, et la distribution des valeurs extrêmes calculée pour les précipitations d'une heure à la station de mesure de Mühleberg doivent être réexaminés. Le cas échéant, les paramètres de la distribution GEV (tableau 3.3-27) ainsi que les valeurs probables et les valeurs de l'intervalle de confiance doivent être recalculés pour les différentes périodes de retour (tableau 3.3-28).*
- b) *La distribution des valeurs extrêmes calculée pour les précipitations de 24 heures à la station de mesure de Wynau BE doit être réexaminée. Le cas échéant, les paramètres de la distribution GEV (tableau 3.3-29) ainsi que les valeurs probables et les valeurs de l'intervalle de confiance doivent être recalculés pour les différentes périodes de retour (tableau 3.3-30).*

Indication 3 (4.1.5.2):

Si EKKM AG poursuit l'option d'un refroidissement d'urgence alternatif à plus long terme au moyen de l'eau souterraine, il faut, dans le cadre déjà de la procédure d'autorisation de construire, produire des analyses et des preuves détaillées sur l'eau souterraine. Ce sont par exemple d'assez longs essais de pompage par paliers (seulement 30 min maximum jusqu'à présent) et des modélisations hydrogéologiques, afin de pouvoir tenir compte d'effets marginaux et de puissances variables. Comme la reformation de l'eau souterraine résulte des eaux de l'écoulement de subsurface et des eaux météoriques, il faut étudier en particulier aussi l'influence de périodes de sécheresse plus longues sur le débit du puits.

Indication 4 (4.1.6.1):

L'IFSN attend de la société EKKM AG qu'elle lui donne accès aux résultats des recherches avec LIDAR.

Indication 5 (4.1.6.3):

Lorsqu'elle déposera la demande d'autorisation de construire, EKKM AG devra expliquer comment la fouille de fondation sera analysée au niveau des mouvements néotectoniques.

Indication 6 (4.2.4):

La détermination des fréquences de chute d'avion accidentelles doit être révisée par EKKM AG selon la directive ENSI-A05, dans le cadre de la demande d'autorisation de construire.

Indication 7 (4.2.5):

Dans le cadre de la procédure d'autorisation de construire, la société EKKM AG doit:

- a) ajuster l'étude sur les vents extrêmes et les tornades compte tenu de la directive ENSI-A05 et*
- b) tenir compte des incertitudes de la détermination des vitesses de rafales de vents extrêmes et de tornades par un dimensionnement solide.*

Indication 8 (4.2.6.3):

Dans le concept de protection incendie, EKKM AG doit analyser l'action à mettre en œuvre en cas d'incendie de forêt portant atteinte tant à l'accès de Bittenried qu'à celui au-dessus du barrage de Mühleberg.

Indication 9 (6.1):

L'IFSN demande qu'EKKM AG élabore, en rapport déjà avec la préparation de la demande d'autorisation de construire, un concept pour le développement de la future organisation de l'installation et présente l'état de ces travaux dans la demande d'autorisation de construire. Des données complètes sur le développement de la future organisation de l'installation sont requises dans le contexte de la demande d'autorisation d'exploiter.

Indication 10 (8):

Dans les documents de demande d'autorisation de construire, EKKM AG doit montrer quelles mesures seront prises pour le dimensionnement et la construction de la CNRM pour faciliter la réalisation ultérieure des travaux de démantèlement.

13 Références

- [1] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Demande d’octroi d’une autorisation générale pour la construction et l’exploitation d’une centrale nucléaire dans la commune de Mühleberg», lettre de la CNRM du 4 décembre 2008
- [2] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Rapport de sécurité, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg», TB-042-RS080011 – v02.00, octobre 2009
- [3] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Rapport de sûreté, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg», TB-042-RS080012 – v02.00, octobre 2009
- [4] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Rapport d’impact sur l’environnement, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg», TB-042-RS080013 – v02.00, décembre 2008
- [5] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Rapport relatif à la concordance avec l’aménagement du territoire», TB-042-RS080014 – v02.00, décembre 2008
- [6] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Concept de désaffectation, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg», TB-042-RS080015 – v02.00, octobre 2009
- [7] Ersatz Kernkraftwerk Mühleberg AG (EKKM AG); «Justificatif de l’évacuation des déchets radioactifs, Remplacement de la centrale nucléaire de Mühleberg», TB-042-RS080016 – v02.00, octobre 2009
- [8] LENu 2003, Loi sur l’énergie nucléaire du 21 mars 2003 (LEnu), loi du 21 mars 2003 (Etat le 1^{er} janvier 2009).
- [9] Message du Conseil fédéral du 28 février 2001 relatif à la loi sur l’énergie nucléaire, FF 2001 III 2665 ss.
- [10] OENu 2004, Ordonnance sur l’énergie nucléaire du 10 décembre 2004 (OENu), ordonnance du 10 décembre 2004 (Etat le 1^{er} janvier 2009)
- [11] NSVO 1983, Ordonnance sur la protection en cas d’urgence au voisinage des installations nucléaires du 28 novembre 1983, ordonnance du 28 novembre 1983 (Etat le 1^{er} janvier 2009)
- [12] LRaP 1991, Loi sur la radioprotection du 22 mars 1991 (LRaP), loi du 22 mars 1991 (Etat le 1^{er} janvier 2007)
- [13] ORaP 1994, Ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP), ordonnance du 22 juin 1994 (Etat le 1^{er} janvier 2009)
- [14] DETEC V00 2008, Ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur les mesures de sûreté pour les installations et les matières nucléaires, ordonnance du 16 avril 2008 (Etat le 1^{er} mai 2008)
- [15] DETEC V01 2009, Ordonnance du DETEC sur les hypothèses de risque et sur l’évaluation de la protection contre les défaillances dans les installations nucléaires du 17 juin 2009, ordonnance du 17 juin 2009 (Etat le 1^{er} août 2009)
- [16] OQPN 2006, Ordonnance du 9 juin 2006 sur les qualifications du personnel des installations nucléaires (OQPN), ordonnance du 9 juin 2006 (Etat le 1^{er} janvier 2009)
- [17] OROIR 2007, Ordonnance du 17 octobre 2007 relative à l’organisation d’intervention en cas d’augmentation de la radioactivité (OROIR), ordonnance du 17 octobre 2007 (Etat le 1^{er} janvier 2009)

- [18] Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM), RS 814.012, 1991
- [19] OFEV, Seuils quantitatifs selon l'Ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), liste des substances et préparations, 2006
- [20] Industrie gazière suisse, Rapport cadre «Sécurité des installations de gaz naturel à haute pression», étude réalisée par SKS Ingenieure AG, édition révisée de 1997
- [21] Office fédéral du développement territorial (ARE); Guide de planification Coordination aménagement du territoire et prévention des accidents majeurs le long des installations ferroviaires significatives sous l'angle des risques, 2008
- [22] CARBURA/OFEFP, Rapport cadre «Sicherheit von Stahltankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe», étude réalisée par SKS Ingenieure AG, 2005
- [23] OFEFP/OFROU, «Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter», Fallbeispiel Autobahn, étude réalisée par Ernst Basler + Partner AG, août 1999
- [24] OFEFP, Groupe de travail Flüssiggas-Tankanlagen, Rapport cadre «Flüssiggas-Tankanlagen zum Kurzbericht und zur Risikoermittlung im Hinblick auf die Störfallvorsorge», étude réalisée par Basler & Hofmann AG, 1992
- [25] OFEFP/CFF, «Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter, Fallbeispiel Bahn», étude réalisée par Ernst Basler + Partner AG, mai 1998
- [26] OFT, «Quantitative Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn. Methodik und Bewertung in der Schweiz», étude réalisée par Ernst Basler + Partner AG, 2004
- [27] Dotzek N.: «An updated estimate of tornado occurrence in Europe», 2003
- [28] Kerntechnischer Ausschuss KTA: «Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre», règles de sécurité du KTA, KTA 1508
- [29] Begert M., Schlegel T., Kirchhofer W.: «Homogeneous Temperature and Precipitation Series of Switzerland from 1864 to 2000», International Journal of Climatology 2005, V.25, p. 65-8
- [30] OcCC/ProClim: «Les changements climatiques et la Suisse en 2050, Impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie», Berne, 2007
- [31] MétéoSuisse, 2009, «Analysen der sicherheitsrelevanten klimatologischen Parameter am Standort KKW-Mühleberg», rapport de travail de MétéoSuisse, 226
- [32] Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Rapport de synthèse, 2007, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- [33] Kastrup U., Deichmann N., Fröhlich A. et Giardini D. (2007): «Evidence for an active fault below the northwestern Alpine foreland of Switzerland», Geophysical Journal International, v. 169, p. 1273–1288
- [34] Meier B. (2009): «2D Seismik Interpretation im Gebiet Fribourg und Berner Seeland», rapport Interoil E & P Switzerland AG
- [35] Schmid S. M. et Slejko D. (2009): Seismic source characterization of the Alpine foreland in the context of a probabilistic seismic hazard analysis by PEGASOS Expert Group 1 (EG1a). Swiss Journal of Geosciences 102, 121–148
- [36] Burkhard M. et Grünthal G. (2009): «Seismic source characterization of the Alpine foreland in the context of a probabilistic seismic hazard analysis by PEGASOS Expert Group 2 (EG1b)», Swiss Journal of Geosciences 102, 121–148
- [37] Mosar J. (1999): «Present-day and future tectonic underplating in the western Swiss Alps: reconciliation of basement-wrench-faulting and décollement folding of the Jura and Molasse basin in the Alpine foreland», Earth and Planetary Science Letters. 173, 143–145
- [38] Sommaruga A. (1997): «Geology of the Central Jura and the Molasse basin: new insight into an evaporite-based foreland fold and thrust belt», Mémoire de la société neuchâteloise des sciences naturelles 12, 176 p

- [39] Sommaruga A. (1999): «Décollement tectonics in the Jura foreland fold-and-thrust belt», *Marine and Petroleum Geology* 16, 111 – 134
- [40] Mosar J. (2006): «Aléa sismique dans le Canton de Fribourg», étude réalisée sur mandat de l'Etat de Fribourg. Etude non publiée à l'attention du canton de Fribourg, 2006
- [41] Gorin G. E., Morend D. et Pugin A. (2003): «Bedrock, Quaternary sediments and recent fault activity in central lake Neuchatel, as derived from high-resolution reflection seismic», *Eclogae geologicae Helvetiae* 96 (supplément 1), 3–10
- [42] Rotstein Y., Schaming M. et Rousse S. (2005a): Tertiary tectonics of the Dannemarie Basin, Upper Rhine Graben, and regional implications: *International Journal of Earth Sciences* 94, 669-679
- [43] Rotstein Y., Schaming M. et Rousse S. (2005b): «Structure and Tertiary tectonic history of the Mulhouse High, Upper Rhine Graben: block faulting modified by changes in the Alpine stress regime»: *Tectonics* 24, doi: 10.1029/2004TC001654
- [44] Ford M., Le Carlier de Veslud C. et Bourgeois O. (2007): «Kinematic and geometric analysis of fault-related folds in a rift setting: The Dannemarie Basin, Upper Rhine Graben, France»: *Journal of Structural Geology* 29, 1811–1830
- [45] Laubscher H. P., 1963, Erläuterungen zum geologischen Atlasblatt 1085 St. Ursanne, 26 p.
- [46] Gisler M., Fäh D. et Giardini D. (2008): «Nachbeben: Eine Geschichte der Erdbeben in der Schweiz»: Haupt Verlag, Berne, 187 p.
- [47] Yeats R. S., Sieh K., Allen C. R., 1997, «The geology of earthquakes»: Oxford University Press, 568 p.
- [48] Zhang P., Mao F. et Slemmons D. B., 1999, «Rupture terminations and size of segment boundaries from historical earthquake ruptures in the Basin and Range Province»: *Tectonophysics* 308, 37–52
- [49] Wesnousky S. G., 2008, «Displacement and geometrical characteristics of earthquake surface ruptures: issues and implications for seismic-hazard analysis and the process of earthquake rupture»: *Bulletin of the Seismological Society of America* 98, 1609–1632
- [50] Kase Y., 2010, «Slip-length scaling law for strike-slip multiple segment earthquakes based on dynamic rupture simulations»: *Bulletin of the Seismological Society of America* 100, 473–481
- [51] Turcotte D. L. (1997): «Fractals and chaos in geology and geophysics», 2ème édition. Cambridge University Press, 398 p.
- [52] Scholz C. H. (2002): «The mechanics of earthquakes and faulting», 2ème édition. Cambridge University Press, 471 p.
- [53] Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA); norme SIA 267, «Géotechnique», 2003
- [54] Norme suisse NS 670 010b, Indices du sol, VSS 1999
- [55] Carte de protection des eaux du canton de Berne sur Internet du 23 février 2010
- [56] Carte des dangers du canton de Berne sur Internet du 23 février 2010
- [57] Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) (2004): «Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Swiss Nuclear Power Plant Sites (PEGASOS Project) », rapport final, volume 1–6, préparé pour le Comité Energie nucléaire (UAK) des sociétés d'électricité d'importance nationale (UeW), Wettingen, 2004
- [58] Meier B. (2009): «2D Seismik Interpretation im Gebiet Fribourg und Berner Seeland», Rapport pour Resun AG, octobre 2009
- [59] NUREG/CR-2300, «PRA Procedures Guide», 1983

- [60] NUREG-1407, «Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities», 1991
- [61] ANSI/ANS-58.21-2007, American National Standard «External-Events PRA Methodology», 2007
- [62] SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee); «Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts» U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-6372, avril 1997
- [63] Division principale de la sécurité des installations nucléaires; «HSK-RT Final Report: Review Approach and Comment on «Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Swiss Nuclear Power Plant Sites (PEGASOS Project) – Final Report», HSK-AN-5364, décembre 3, 2004
- [64] Grebner D., Roesch T.: «Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen von Starkniederschlägen und mögliche Niederschlagsgrenzwerte in der Schweiz», Zürich 1998
- [65] Kerntechnischer Ausschuss KTA: «Schutz von Kernkraftwerken vor Hochwasser», Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 2207, édition 11/04, BAnz. No. 35a
- [66] Directive de l'OFEG: «Sécurité des ouvrages d'accumulation», version 1.1, novembre 2002
- [67] Office fédéral de la statistique OFS, «Bewegungen im Linien- und Charterverkehr seit 1950»; Neuchâtel, 2009
- [68] Intraplan Consult GmbH, «Im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt, Entwicklung des Flugverkehrs in der Schweiz bis 2030, Nachfrageprognose», Intraplan Consult GmbH, Munich, août 2005
- [69] Skyguide, «Fact and Figures 2003», Genève, août 2003
- [70] Skyguide, «Annual Report 2003», Genève, février 2004
- [71] Skyguide, «Flugsicherung», Skyguide 4-2002
- [72] Boeing, «Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations 1959–2003», Aviation Safety, Boeing Commercial Airplanes, Seattle, Washington, 2004
- [73] DOE Standard, «Accident Crash into Analysis Hazardous Facilities», DOE-STD-3014-96, U.S. Department of Energy, Washington, DC, octobre 1996
- [74] Bienz A.F., «Analysis of the Risks due to Airplane Crashes Around Zürich Airport», Proceedings of PSAM7 & ESREL'04, Springer Verlag, (London), Berlin, juillet 2004; Vol. 1, 227–235
- [75] Federal Office of Civil Aviation FOCA, «Swiss Civil Aviation 2007», Neuchâtel, 2008
- [76] Brotschi P., «Gebrochene Flügel, Alle Flugunfälle der Schweizer Luftwaffe», Orell Füssli Verlag AG, 2007
- [77] DSN, «Risikobetrachtungen zum «gekröpften Nordanflug» und Herleitung einer Empfehlung zur Überflugregelung im Bereich von Kernanlagen», HSK-AN-5645, Würenlingen, mars 2005
- [78] Pickard, Lowe et Garrick, Inc., «Seabrook Station Probabilistic Safety Assessment. Prepared for Public Service Company of New Hampshire and Yankee Atomic Electric Company», PLG-0300, décembre 1983, section 9.3
- [79] Site Internet TorDACH, <http://www.tordach.org>
- [80] Site Internet Sturmarchiv, <http://www.sturmarchiv.ch>
- [81] OcCC, «Événements extrêmes et changements climatiques», Berne, 2003
- [82] MétéoSuisse, 2008, «Extreme Value Analysis of Wind Speed Observations over Switzerland», 219

- [83] ComABC, «Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen», janvier 2006
- [84] Ordonnance du 4 juillet 2007 concernant la protection des informations de la Confédération (Ordonnance concernant la protection des informations, OPrI) (RS 510.411)
- [85] Ordonnance du 9 juin 2006 sur les équipes de surveillance des installations nucléaires (OESN) RSR732.143.2
- [86] Révision de la Convention sur la protection physique des matières nucléaires, BBI 2008, 1237 ss.
- [87] Ordonnance du 7 décembre 2007 sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion des déchets radioactifs pour les installations nucléaires (Ordonnance sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion, OFDG) RS732.17
- [88] Conseil fédéral suisse, décision relative à la gestion des déchets nucléaires: projet Garantie, appréciation matérielle, 3.6.1988
- [89] Conseil fédéral suisse, décision relative à la demande de la Nagra du 19.12.2002 concernant la démonstration de la faisabilité du stockage géologique des éléments combustibles usés, des déchets de haute activité vitrifiés et des déchets de moyenne activité à vie longue, 28.6.2006
- [90] ENSI-A05/d 2009, «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang», directive pour les installations nucléaires suisses, janvier 2009
- [91] ENSI-A05/d 2009, «Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang», rapport explicatif de la directive, janvier 2009
- [92] HSK-G07/d 2008, «Organisation von Kernanlagen», directive pour les installations nucléaires suisses, avril 2008
- [93] HSK-G14/d 2008, «Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen», directive pour les installations nucléaires suisses, février 2008
- [94] HSK-R-06/d 1985, «Sicherheitstechnische Klassierung, Klassengrenzen und Bauvorschriften für Ausrüstungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren», directive pour les installations nucléaires suisses, mai 1985, réimpression: janvier 1993.
- [95] HSK-R-11/d 2003, «Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen», directive pour les installations nucléaires suisses, mai 2003
- [96] HSK-R-30/d 1992, «Aufsichtsverfahren beim Bau und Betrieb von Kernanlagen», directive pour les installations nucléaires suisses
- [97] HSK-R-50/d 2003, «Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen», directive pour les installations nucléaires suisses
- [98] HSK-R-101/d 1987, «Auslegungskriterien für Sicherheitssysteme von Kernkraftwerken mit Leichtwasser-Reaktoren», directive pour les installations nucléaires suisses, mai 1987, réimpression: janvier 1993
- [99] HSK-R-102/d 1996, «Auslegungskriterien für den Schutz von sicherheitsrelevanten Ausrüstungen in Kernkraftwerken gegen die Folgen von Flugzeugabsturz», directive pour les installations nucléaires suisses
- [100] HSK-R-103/d 1989, «Anlageninterne Massnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle», directive pour les installations nucléaires suisses, novembre 1989, réimpression: janvier 1993
- [101] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Convention sur la sûreté nucléaire, juillet 1994
- [102] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Principes fondamentaux de sûreté, Collection Normes de sûreté de l'AIEA, Fondements de sûreté No SF-1, 2006

- [103] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «The Management System for Facilities and Activities», Exigences de sûreté GS-R-3, juillet 2006
- [104] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Application of the Management System for Facilities and Activities», Guide de sûreté GS-G-3.1, 2006
- [105] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «The Management System for Nuclear Installations», Guide de sûreté GS-G-3.5, 2009
- [106] Health and Safety Executive (HSE), Licensee use of contractors and intelligent customer capability, T/AST/049, Issue 3/2009
- [107] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Collection Normes de sûreté de l'AIEA, Site Evaluation for Nuclear Installations», Exigences de sûreté No NS-R-3, 2003
- [108] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plant Design», Guide de sûreté NS-G-3.1, mai 2002
- [109] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants», Guide de sûreté NS-G-3.2, avril 2002
- [110] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants», Collection Normes de sûreté de l'AIEA, Guide de sûreté No NS-G-3.3, 2002
- [111] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations», Collection Normes de sûreté de l'AIEA, ébauche de Guide de sûreté DS422, 15 octobre 2009 (entrée en vigueur en 2010 sous le titre NS-G-3.7)
- [112] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants», Guide de sûreté NS-G-3.4, juillet 2003
- [113] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites», Guide de sûreté NS-G-3.5, mars 2004
- [114] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants», Guide de sûreté NS-G-3.6, avril 2005
- [115] Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), «IAEA Safety Standards Series, Safety of Nuclear Power Plants : Design», Exigences de sûreté No NS-R-1, 2000
- [116] Commission américaine de réglementation nucléaire NRC, «Regulatory Guide 4.7 – General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations», révision 2, avril 1998
- [117] Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) du 28. octobre 1998, RS 814.201
- [118] Ordonnance du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC sur l'approbation de décisions et de recommandations internationales du 10 janvier 2000, RS 814.201.81
- [119] Convention du 22 septembre 1992 pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, RS 0.814.293
- [120] Recommandation PARCOM 91/4 sur les rejets radioactifs, source: OFEFP, 3003 Berne
- [121] Office fédéral de l'énergie OFEN, plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», conception générale, du 2 avril 2008
- [122] ASK, Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen; «Blitzschutz aus der Sicht der nuklearen Sicherheit», Lettre ASK VA/bl du 23 mars 1979
- [123] Nagra, Société coopérative nationale pour le stockage de déchets radioactifs; «Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager», rapport technique NTB 08-05 (octobre 2008)

- [124] Geotechnisches Institut AG: «EKKM Mühleberg, Baugrunduntersuchung», Rapport Gt-No. 31.3714.030, Berne 2009
- [125] Geotechnisches Institut AG: «EKKM Mühleberg, Grundwasserstände im Lockergestein, Porenwasserdrücke im Fels», Rapport Gt-No. 31.3714.050, Berne 2009
- [126] Nagra, Société coopérative nationale pour le stockage de déchets radioactifs; «Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen», rapport technique NTB 08-01 (octobre 2008)
- [127] Affolter, T. et Gratier, J.-P., 2004, «Map view retrodeformation of an arcuate fold-and-thrust belt: The Jura case»: *Journal of Geophysical Research*, v. 109, B03404, doi:10.1029/2002JB002270

Annexe : table des abréviations

AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ARE	Office fédéral du développement territorial
ASME	American Society of Mechanical Engineers
<hr/>	
BKW	BKW FMB Energie SA
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (ébullition-explosion)
<hr/>	
CCTV	Closed Circuit Television
CH	Centrale hydraulique
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CKW	Centralschweizerische Kraftwerke AG
CMD	Concept des mesures à prendre en fonction des doses
CN	Centrale nucléaire
CNM	Centrale nucléaire de Mühleberg
CNRM	Centrale nucléaire de remplacement de Mühleberg
CNS	Convention on Nuclear Safety
CSN	Commission fédérale de la sécurité nucléaire
<hr/>	
DAG	Demande d'autorisation générale
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DFMA	Déchets de faible et de moyenne activité
DHA	Déchets de haute activité
DSN	Division principale de la sécurité des installations nucléaires
<hr/>	
EKKM AG	Centrale nucléaire de remplacement de Mühleberg AG, requérant
EPR	Réacteur pressurisé européen
EPS	Etude probabiliste de sécurité (PSA)
<hr/>	
FF	Feuille fédérale
FOH	Facteurs organisationnels et humains
<hr/>	
GEV	Generalized Extreme Value Distribution (distribution des valeurs extrêmes généralisées)
<hr/>	
HOF	Human and Organizational Factors
<hr/>	

IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IFSN	Inspection fédérale de la sécurité nucléaire
<hr/>	
KTA	Kerntechnischer Ausschuss (Allemagne)
<hr/>	
LENu	Loi sur l'énergie nucléaire
LRaP	Loi sur la radioprotection
<hr/>	
MW	Mégawatt
<hr/>	
Nagra	Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs
NE	Norme européenne
NOK	Forces motrices du nord-est de la Suisse AG
NTB	Rapport technique de la Nagra
<hr/>	
OcCC	Organe consultatif sur les changements climatiques
OENu	Ordonnance sur l'énergie nucléaire
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
OFEG	Office fédéral des eaux et de la géologie
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFROU	Office fédéral des routes
OFT	Office fédéral des transports
OPAM	Ordonnance sur les accidents majeurs
ORaP	Ordonnance sur la radioprotection
OPrI	Ordonnance concernant la protection des informations
OPU	Ordonnance sur la protection d'urgence
OQPN	Ordonnance sur les qualifications du personnel des installations nucléaires
OROIR	Ordonnance relative à l'organisation d'intervention en cas d'augmentation de la radioactivité
<hr/>	
PGA	Peak Ground Acceleration
PMF	Probable Maximum Flood
PMP	Probable Maximum Precipitation
PRP	PEGASOS Refinement Project
PSA	Probabilistic Safety Analysis (EPS)
PSE	Plan sectoriel des lignes de transport d'électricité
<hr/>	
RS	Rapport de sécurité
<hr/>	

SED	Service sismologique suisse
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
SSHAC	Senior Seismic Hazard Analysis Committee
SSt	Sous-station

TB	Technisches Bericht (Rapport technique)
NTB	Rapport technique de la Nagra

US DOE	United States Department of Energy (Département américain de l'énergie)
US NRC	United States Nuclear Regulatory Commission (Commission américaine de réglementation nucléaire)

VDDS	Valeur directrice de dose liée à la source
------	--