

Fontenay-aux-Roses, le 24 février 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2012-00080**Objet :** EDF/ Saint-Laurent-des-Eaux
INB n°74 - Silos d'entreposage de chemises de graphite
Réexamen de sûreté**Réf. :** Lettre CODEP-DRD-2010-042930 du 30 juillet 2010

Par lettre citée en référence, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur le dossier de réexamen de sûreté de l'INB n°74, transmis par le Chef de la mission sûreté qualité de EDF en janvier 2010. Ce dossier comprend le rapport de sûreté (RS), les règles générales d'exploitation (RGE) et un examen de conformité de l'installation. Dans votre lettre, vous demandez que soient notamment examinés le maintien des propriétés de confinement des silos, les performances de l'enceinte géotechnique et du système de pompage associé et le vieillissement de l'installation.

De l'examen du dossier susmentionné et des documents complémentaires transmis au cours de l'instruction et en tenant compte des positions et actions que EDF vous a transmises en février 2012 à l'issue de l'instruction, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. Contexte et description succincte de l'installation

L'INB n°74, implantée sur le site du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Saint-Laurent-des-Eaux, dans le Loir-et-Cher, est constituée de deux silos en béton servant à l'entreposage de chemises de graphite. Ces chemises constituent le support des cartouches de combustible en uranium naturel utilisées dans les réacteurs de type Uranium Naturel-Graphite-Gaz (UNGG) implantés sur le site. Les silos sont établis à proximité du canal d'amenée des eaux de la Loire jusqu'au CNPE. Chaque silo présente une capacité d'entreposage de 180 000 chemises de graphite (cf. paragraphe 2). L'annexe au présent avis permet d'appréhender les différents éléments constitutifs des silos.

Les silos ont été construits entre juin 1970 et mai 1971. Ils ont été successivement exploités à partir de 1971 par le CEA, puis par la COGEMA qui représentait le CEA pour les opérations de remplissage, d'entreposage, de surveillance et d'entretien et, depuis 1984, par EDF. Les opérations d'ensilage dans l'INB N°74 de chemises de graphite ont cessé en 1994. L'exploitation de l'INB consiste depuis en des opérations de surveillance.

La nappe des alluvions de la Loire est susceptible de baigner le radier et la partie inférieure des parois des silos lors des périodes de hautes eaux. Cette situation est défavorable à la sûreté des silos en

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

raison de l'action de l'eau qui peut affecter la résistance mécanique de l'ouvrage par corrosion des aciers d'armature du béton et de la tôle d'étanchéité (cuvelage) des silos. Elle pourrait en outre conduire à une contamination de la nappe par relâchement de radioéléments en cas de perte de l'étanchéité des parois des silos. Pour tenir compte du report des opérations de reprise des chemises de graphite entreposées qu'il a annoncé et pour répondre au besoin de renforcer la robustesse du système de confinement à l'égard du risque d'inondation d'origine externe en cas de crue de la Loire, EDF a mis en place en 2011, autour des silos, une enceinte géotechnique ancrée à 61,5 m NGF O dans la couche semi-perméable des marno-calcaires. Cette enceinte est constituée d'une paroi en bentonite ciment d'une épaisseur minimale de 50 cm et de perméabilité en grand de 10^{-9} m/s, qui permet de découpler hydrauliquement le sous-sol au droit des silos du reste de la nappe alluviale. La figure 2 de l'annexe au présent avis illustre les composants de l'enceinte géotechnique.

Un système de pompage composé de 6 pompes est installé dans des puits à l'intérieur du périmètre de l'enceinte géotechnique pour maintenir la nappe à l'intérieure de l'enceinte en dessous de la cote 76,64 m NGF O, soit 0,3 m en dessous de la base du radier des silos. En surface, l'espace situé entre l'enceinte et les silos est recouvert d'une membrane en polyéthylène haute densité assurant l'étanchéité de la zone face aux eaux météoriques et aux débordements en cas de crue importante de la Loire.

2. Matières mises en œuvre

Les matières radioactives entreposées dans l'INB n°74 se présentent principalement sous la forme de chemises de graphite irradiées. Celles-ci se composent d'un cylindre creux en graphite ayant à sa base une selle de graphite maintenue par un couple de fils en acier inoxydable. Les deux silos contiennent un total de 357 530 chemises, le tout représentant une masse d'environ 1 990 tonnes de graphite et 3,5 tonnes de fils de selle. Les silos contiennent également des déchets technologiques (surbottes, gants, toile vinyle, chiffons...). Enfin, il est à noter la présence d'environ 400 litres d'eau dans les puisards des silos, cette eau provenant essentiellement de l'égoutture des chemises qui ont précédemment séjourné en piscine.

L'activité radiologique des chemises, d'un total de l'ordre de 1 100 TBq, est principalement due à la présence de produits d'activation dans l'acier inoxydable des fils de selle solidaires des chemises (^{60}Co , ^{63}Ni) et dans le graphite (^{14}C).

3. Retour d'expérience et examen de conformité de l'installation

L'IRSN relève que les doses reçues par le personnel de l'installation sont faibles, voire nulles, sur la période s'étendant de 2001 à 2009. L'IRSN relève également que EDF n'a pas, sur les dix dernières années, déclaré d'incident, d'accident, de panne ou d'évènement significatif concernant les silos de Saint-Laurent-des-Eaux. De plus, à ce jour, aucune contamination radiologique n'a été relevée dans la nappe phréatique au droit des silos. La mise en place de l'enceinte géotechnique permet en outre de renforcer la sûreté du point de vue de la maîtrise de la dissémination de matières radioactives, en limitant le contact de la nappe avec le radier. **L'IRSN considère que le retour d'expérience de l'installation est satisfaisant.**

EDF considère que le génie civil de l'installation est en bon état. Néanmoins, l'IRSN note que les bilans annuels de sûreté de l'installation font état de fissures et de craquelures du génie civil des silos. A cet égard, EDF s'est engagé à présenter, dans les prochains bilans annuels de sûreté, une

analyse de l'évolution des fissures des parois latérales des silos et des pathologies du génie civil et de son incidence sur le comportement des structures, notamment en cas d'inondation d'origine externe et en cas de séisme, afin de montrer la maîtrise dans le temps des risques liés à la dissémination des matières radioactives. **Ceci est satisfaisant.**

4. Evaluation de sûreté

4.1. Risques d'inondation d'origine externe

Afin de valider les performances effectives de l'enceinte géotechnique, EDF a réalisé des essais durant l'hiver 2010/2011. Ces essais ont consisté à mesurer les volumes pompés dans la nappe à l'intérieur de l'enceinte géotechnique pour abaisser son niveau à celui de cinq paliers consécutifs séparés de 1 m, entre 76 et 72 m NGF O, et pour maintenir ce niveau à chacun de ces paliers, puis à mesurer la vitesse de remontée de la nappe en l'absence de pompage. Les données acquises ont été analysées et une note technique a été présentée par EDF au cours de l'instruction. Ces essais montrent que le pompage permet d'abaisser le niveau de la nappe à la cote de 75 m NGF O en quelques heures et qu'en revanche, la remontée de la nappe après arrêt du pompage est lente (54 cm en presque 20 jours) Dans sa note, EDF conclut également que l'objectif de perméabilité de 10^{-9} m/s pour l'ensemble « enceinte géotechnique/couche géologique marno-calcaire » est atteint. Néanmoins, l'IRSN considère que les résultats présentés sont entachés d'imprécisions et, qu'en tout état de cause, ils ne permettent en l'état de conclure, ni sur la perméabilité de l'ensemble « enceinte géotechnique/couche géologique marno-calcaire », ni sur la porosité des alluvions sous-jacentes aux silos. Dans ce contexte, EDF s'est engagé :

- à réaliser, après la prochaine remontée de nappe jusqu'au niveau 76 m NGF O, de nouveaux essais avec une quantification des volumes rejetés fiabilisée (utilisation d'un matériel de mesure adapté au régime de pompage, vérification du positionnement des clapets anti-retour des systèmes de comptage des débits) ;
- à transmettre au plus tard un an après, une évaluation des paramètres hydrogéologiques des alluvions entre les cotes 76 m NGF O et 74 m NGF O, de la perméabilité des marno-calcaires et des paramètres hydrogéologiques de l'enceinte géotechnique sur la base des résultats de ces essais.

Ceci est satisfaisant.

Par ailleurs, l'IRSN relève que la sensibilité de l'installation à la crue majorée de sécurité (CMS) dépend de la performance de l'enceinte géotechnique, de celle de la membrane en polyéthylène haute densité recouvrant l'espace entre l'enceinte et les silos, ainsi que de l'étanchéité des têtes de puits et de piézomètres traversant cette membrane. Aussi EDF s'est engagé à présenter, dans la prochaine mise à jour du rapport de sûreté, un récapitulatif cohérent définissant les niveaux atteints par la Loire pour toutes les situations de dimensionnement de l'installation et à compléter l'évaluation de la sensibilité à la CMS de l'installation par une modélisation tenant compte du retour d'expérience des essais de rabattement de la nappe à l'intérieure de l'enceinte géotechnique et définir, si nécessaire, les mesures compensatoires permettant de garantir le rabattement de cette nappe en dessous du niveau 76,64 m NGF O en cas de CMS. **Ceci est satisfaisant.**

L'enceinte géotechnique et les pompes de rabattement de la nappe associées ne sont pas dimensionnées aux séismes. Toutefois, EDF s'est engagé à prévoir des mesures compensatoires permettant de garantir, en situation post sismique, un rabattement de la nappe à l'intérieur de

l'enceinte géotechnique en dessous du niveau 76,64 m NGF O dans un délai raisonnable, **ce qui est satisfaisant.**

Par ailleurs, dans les cas où les dispositions précitées pour maintenir le niveau de la nappe à l'intérieur de l'enceinte géotechnique seraient défailtantes et que de plus l'étanchéité assurée par le cuvelage serait perdue, et donc où une entrée d'eau dans les silos pourrait être effective, EDF a prévu de récupérer cette eau par la mise en place d'un système de pompage, dit « solution palliative », dont les équipements sont disponibles dans un bungalow à proximité des silos. L'IRSN relève que cet équipement n'a pas été intégré à la liste des matériels faisant l'objet de contrôles périodiques, présentée dans le chapitre 9 des règles générales d'exploitation ; EDF s'est engagé à intégrer ce système de pompage dans cette liste, **ce qui est satisfaisant.**

4.2. Risques liés aux séismes

- Aléa sismique

Au cours de l'instruction, EDF a transmis une note d'étude de septembre 2009 documentant la mise à jour de l'évaluation de l'aléa sismique pour le site de Saint-Laurent-des-Eaux. Dans cette étude, EDF retient comme séisme de référence le séisme de 1827 (dit du Perche) déplacé sous le site de Saint-Laurent-des-Eaux. EDF lui associe une magnitude de 4,8 et une profondeur de 14 km. Ceci conduit EDF à réévaluer à la hausse les spectres sismiques de l'ordre de 10 % à 15 % au pic d'accélération (valeur maximale de l'accélération du mouvement du sol enregistrée en un point au cours d'un séisme) par rapport à ceux retenus dans le dossier de réexamen de sûreté de l'INB n°74.

Malgré les révisions apportées par EDF dans cette nouvelle étude, l'IRSN émet des réserves sur le zonage sismotectonique très détaillé proposé par EDF pour le bassin parisien au regard des faibles connaissances sur les caractéristiques dynamiques de la croûte. L'IRSN considère non justifiées, d'une part l'association explicite de séismes historiques à des failles compte tenu des fortes incertitudes liées à la connaissance des failles et de la sismicité dans cette région, d'autre part la révision à la baisse des intensités épicentrales de certains séismes du Poitou en l'absence de toute argumentation. L'IRSN estime que ces choix peuvent conduire EDF à sous-évaluer l'aléa sismique.

Aussi, à l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à compléter l'étude de septembre 2009 afin de démontrer que le séisme majoré de sécurité retenu, défini à partir du séisme dit du Perche, est suffisamment enveloppe au regard des incertitudes, et à identifier, conformément aux préconisations de l'ASN relatives à l'application de la RFS 2001-01, les points nécessitant l'approfondissement des connaissances. **Ceci est satisfaisant.**

- Contexte

Les silos n'ayant pas été dimensionnés en considérant des charges sismiques, EDF a présenté en 2001 en réponse à une demande de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN), une analyse du comportement sismique des silos afin d'en vérifier la stabilité en cas de séisme. Cette analyse a donné lieu à une expertise de l'IRSN. A cette époque, l'IRSN estimait important que EDF, malgré l'absence de filières d'élimination des déchets de graphite irradié, engage des études relatives à la reprise et au traitement des déchets entreposés dans les silos, et présente un calendrier prévisionnel des différentes phases du projet. **Par ailleurs, en 2003, dans le cadre de l'évaluation du précédent réexamen de sûreté, l'IRSN estimait que le comportement des silos en cas de séisme paraissait**

acceptable sous réserve que les opérations de désilage soient terminées en 2010. Or, à ce jour, les opérations de désilage sont reportées à l'horizon de 2023.

- Analyse présentée

Dans le cadre du présent réexamen de sûreté, EDF a transmis la même étude qu'en 2001 pour l'évaluation de la stabilité et de la résistance aux séismes de l'installation. Dans le rapport de sûreté, EDF indique que cette évaluation permet de garantir le rôle de protection radiologique et de confinement assuré par le radier, les voiles et la toiture des silos et par le cuvelage en acier noyé dans le béton des voiles et du radier qui ne devrait subir aucune rupture ni déchirure en cas de séisme. Dans la mesure où EDF a fourni les mêmes études que lors du précédent réexamen de sûreté, l'IRSN réitère les conclusions de son analyse formulées dans le cadre de ce dernier. En particulier, l'IRSN considère que les hypothèses retenues par EDF dans la démonstration du comportement des silos en cas de séisme (nuance de l'acier de la tôle noyée, système de connexion entre la tôle noyée et le radier...) ne sont pas vérifiées ou sont erronées. Ainsi, la présence d'un système de connexion entre le cuvelage en acier et le béton, capable d'assurer un fonctionnement monolithique des voiles et du radier, n'a pas pu être démontrée par EDF au cours de l'instruction. L'IRSN note de plus que EDF ne présente pas d'évaluation du comportement sismique du radier et de la dalle de couverture des silos.

Compte tenu de ces remarques et de celles formulées précédemment sur l'aléa sismique, EDF s'est engagé à réévaluer le comportement des silos en prenant en compte l'aléa sismique retenu dans son étude mise à jour en 2009 et en tenant compte notamment d'une valeur de limite élastique pour la tôle d'acier noyée dans le radier et dans les voiles de 260 MPa (correspondant à l'acier A42). **Ceci est satisfaisant.**

4.3. Autres risques

L'IRSN considère que EDF n'a pas démontré, dans le rapport de sûreté, l'absence de risques liés à une explosion d'origine externe. EDF s'est engagé à justifier que l'explosion externe retenue dans le rapport de sûreté ne remet pas en cause la tenue du génie civil des silos. **Ceci est satisfaisant.**

Les dispositions de maîtrise des autres risques et en particulier des risques de dissémination de matières radioactives, des risques d'exposition aux rayonnements ionisants, des risques liés au phénomène de radiolyse et des risques liés à l'incendie et à l'explosion d'origine interne apparaissent convenables à l'issue de l'instruction.

4.4. Situation accidentelle

La situation accidentelle de référence présentée dans le rapport de sûreté concerne une dissémination dans la nappe de l'eau contenue dans les puisards des silos suite à une fissuration du radier et conduit à de faibles conséquences.

4.5. Opérations de prélèvement des chemises graphite

Afin d'améliorer la connaissance de l'inventaire radiologique du contenu des silos en vue de réaliser en 2023 les opérations de désilage (dont la durée prévisionnelle est estimée par EDF à 3 ans), EDF envisage, à l'horizon 2015/2016, d'effectuer des opérations de prélèvements de chemises de graphite. Dans le rapport de sûreté, EDF indique que ces opérations se dérouleront de la façon

suivante : mise en place d'une structure de prélèvement sur le toit des silos, retrait du bouchon obturant la trémie de remplissage concernée, préhension d'une chemise de graphite, remontée de la chemise dans la structure de travail, découpe d'un échantillon de la chemise et mise en colis de celui-ci, retour dans le silo du reste de la chemise. EDF prévoit une campagne de prélèvements concernant une centaine de chemises minimum, sur une durée d'un à deux ans. Au cours de l'instruction, EDF a indiqué que l'appel d'offres pour ces opérations est prévu dans le courant de l'année 2012.

L'IRSN estime que les informations présentées par EDF dans le rapport de sûreté concernant la maîtrise des risques relèvent essentiellement de bonnes pratiques. La démonstration de sûreté associée n'est pas, à ce jour, d'un niveau suffisant pour que l'IRSN puisse émettre un avis circonstancié sur la sûreté de ces opérations. **Aussi, l'IRSN estime que les prélèvements de chemises de graphite devront faire l'objet d'une déclaration à l'ASN sur la base d'un dossier démontrant la maîtrise de la sûreté des opérations réalisées.**

5. Conclusion

En conclusion, sur la base des documents examinés et des compléments transmis au cours de l'instruction, notamment les positions et actions transmises par EDF en février 2012, l'IRSN considère que le retour d'expérience de l'exploitation de l'installation est globalement satisfaisant, hormis celui concernant le suivi de l'état du génie civil (fissures constatées), et que les dispositions de maîtrise des risques de dissémination de matières radioactives, des risques d'exposition aux rayonnements ionisants et des risques d'incendie et d'explosion d'origine interne sont convenables. L'IRSN considère également que la mise en place de l'enceinte géotechnique permet effectivement de rabattre la nappe des alluvions de la Loire sous-jacente aux silos et de renforcer la sûreté des silos, mais souligne que des compléments sont attendus concernant la justification des performances de l'enceinte.

S'agissant des risques d'agression d'origine externe, l'IRSN considère que des compléments doivent être transmis par EDF, notamment pour ce qui concerne les risques liés aux séismes, à l'inondation et à l'explosion, compléments que EDF s'est engagé à apporter.

Néanmoins, étant donné les incertitudes existantes sur le comportement du génie civil de l'installation en cas de séisme, l'IRSN estime que EDF devrait transmettre un calendrier engageant de reprise des chemises de graphite entreposées dans les silos. En tout état de cause, comme il l'avait déjà indiqué dans son avis de juillet 2011 relatif à la stratégie EDF de déconstruction des centrales nucléaires, **l'IRSN recommande que EDF présente à l'ASN la stratégie retenue pour le démantèlement de l'INB n° 74, précisant les options permettant de procéder à ce démantèlement au plus tôt, ainsi que les éléments justifiant le caractère acceptable des échéances retenues eu égard à la sûreté de l'installation. EDF devra notamment présenter :**

- une synthèse des résultats des investigations relatives à l'état du génie civil des silos, ainsi que des études visant à évaluer le comportement des silos en cas de séisme,
- des solutions alternatives possibles pour la gestion des déchets de graphite entreposés dans l'INB n° 74 en cas d'indisponibilité en temps voulu d'un centre de stockage de déchets Faible Activité-Vie Longue.

Cette présentation devra être transmise dans des délais permettant à l'ASN de prendre position sur les options à mettre en œuvre, notamment la création éventuelle d'un entreposage dédié. Elle pourra s'intégrer dans la révision du dossier présentant la stratégie retenue par EDF pour le démantèlement de ses installations.

Pour le Directeur général de l'IRSN, et par délégation,
l'adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Jean-Michel FRISON

PJ : 1 annexe

Copies :

- M. Le Directeur général de l'Autorité de sûreté nucléaire
- Mme. Le Directeur de l'ASN/DRC (2 exemplaires)
- M. Le Chef de la Division ASN/Orléans

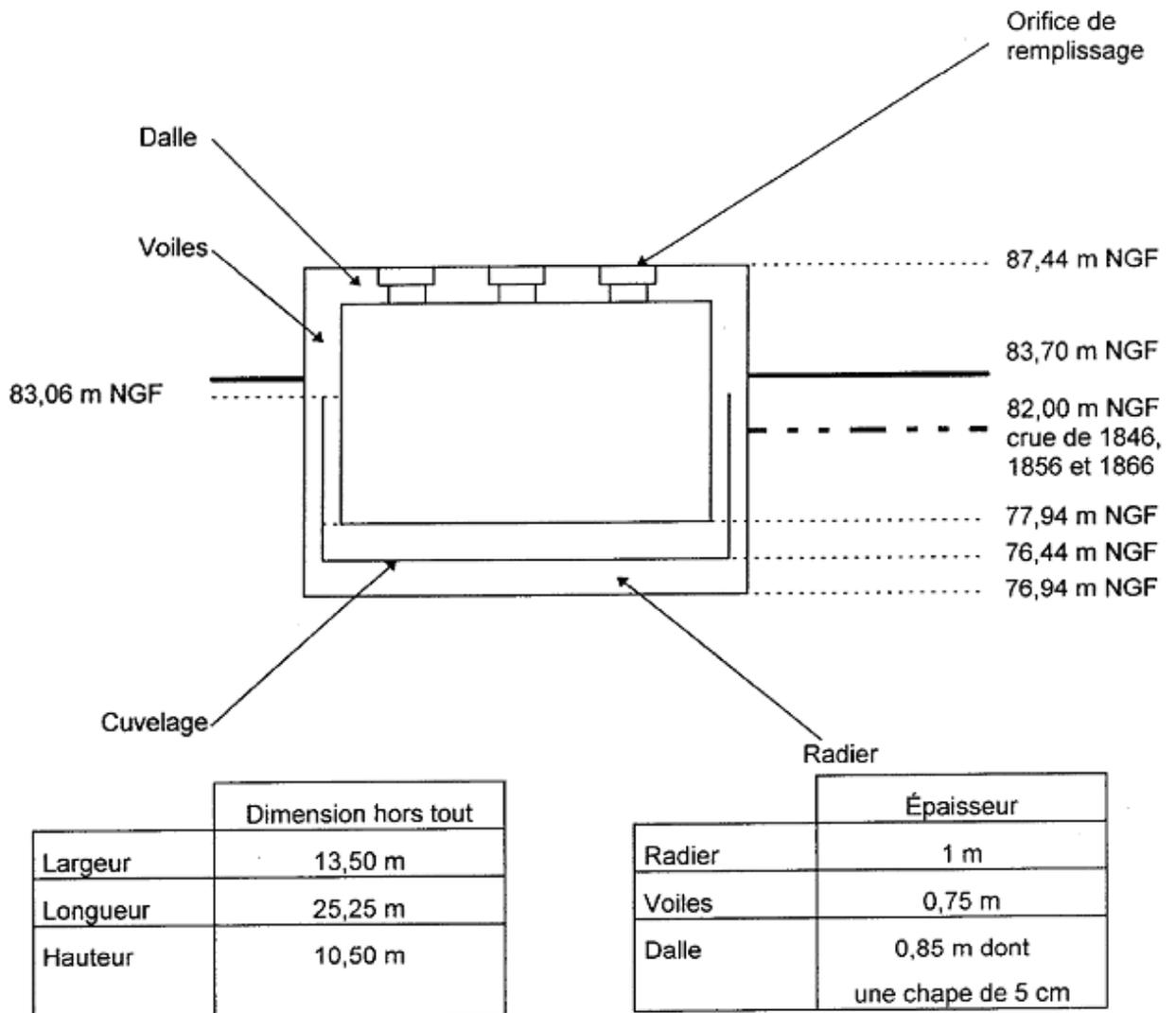


Figure 1 : Coupe transversale d'un silo

L'INB n°74 est constituée de deux silos contigus en béton armé (13,5 m de long, 25,25 m de large et 10,5 m de haut) d'un volume unitaire de 2 500 m³ et enterrés sur environ les deux tiers de leur hauteur. Ces silos ont été construits entre juin 1970 et mai 1971. Les voiles contigus, les trois autres voiles et les dalles de toit ont des épaisseurs respectives de 0,5 m, de 0,75 m et de 0,85 m. Les voiles et le toit ont une fonction de protection radiologique, qui est renforcée au nord-ouest par un « mur biologique » et sur les trois autres côtés par un mur « Evergreen ». Dix-huit orifices de remplissage sont répartis sur chaque dalle de toit. Leur fermeture est assurée par des bouchons en béton de même épaisseur que la dalle de toit. L'étanchéité à l'eau de chaque silo est assurée par un cuvelage en tôle d'acier noyée dans le béton armé du radier et jusqu'à mi-hauteur des voiles. Le radier de chaque silo, d'une épaisseur de 1 m, est équipé de quatre puisards de récupération d'eau d'un volume unitaire d'environ 0,05 m³.

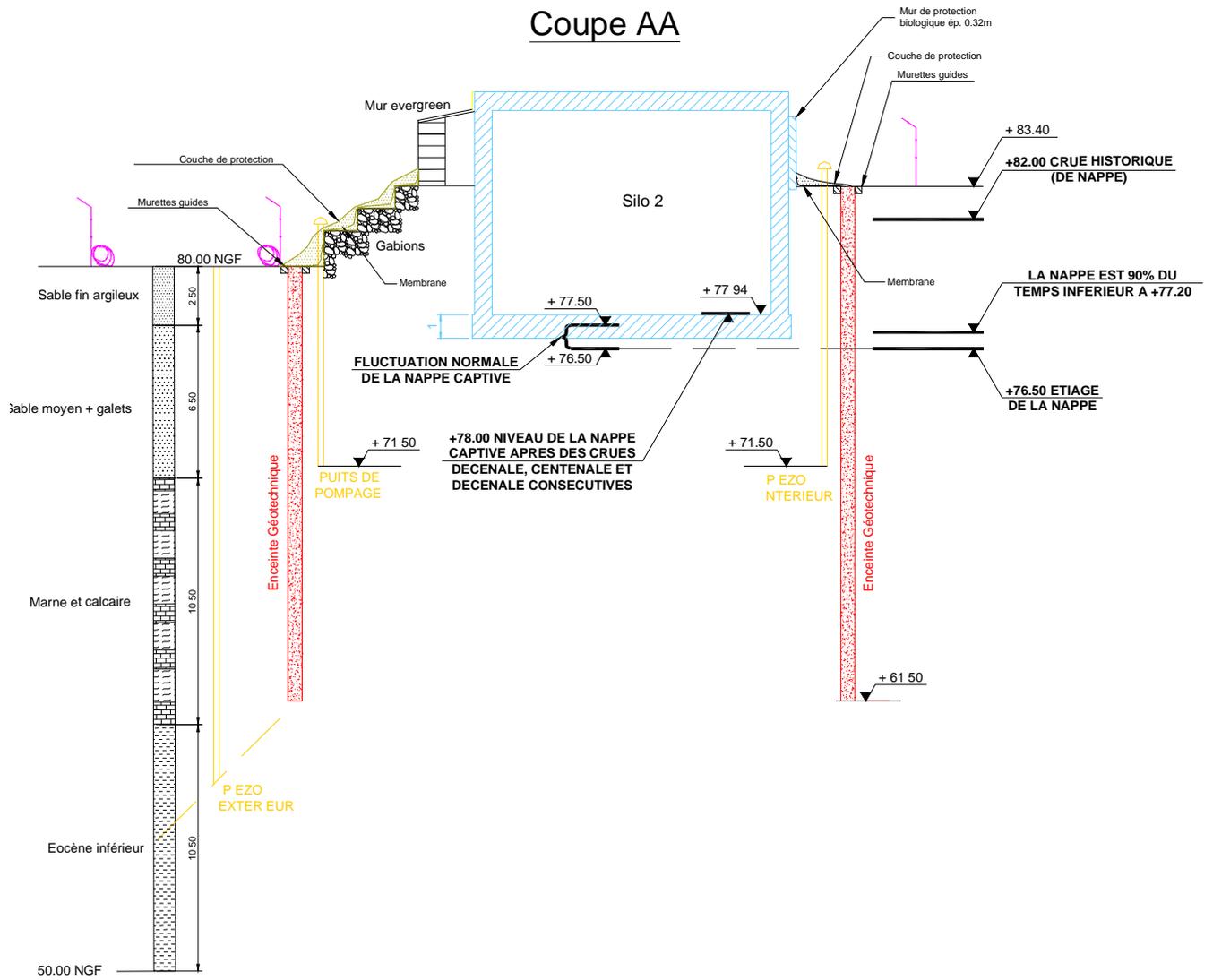


Figure 2 : Coupe transversale du silo 2 et de l'enceinte géotechnique (cotes m NGF 0)