

## **Avis de l'IRSN sur les critères retenus par l'Andra pour le choix d'une « zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie (ZIRA) » en vue du projet HA-MAVL - Site de Meuse/Haute-Marne**

Par lettre du 9 décembre 2009, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé l'avis et les observations de l'IRSN sur la pertinence, du point de vue de la sûreté, des critères retenus par l'Andra pour le choix d'une zone, dite « zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie (ZIRA) », propice à l'implantation des installations souterraines d'un futur centre de stockage en formation géologique profonde de déchets de haute et moyenne activité et à vie longue (HA-MAVL). Ces critères sont présentés dans le dossier en support du choix de la ZIRA déposé par l'Andra auprès des Ministres chargés de l'énergie, de la recherche et de l'environnement.

L'ASN demande par ailleurs à l'Institut de vérifier que les résultats des nouveaux travaux de reconnaissance présentés dans le dossier précité ainsi que dans :

- la synthèse des modélisations hydrogéologiques,
- la synthèse du programme de reconnaissance de la zone de transposition,
- le référentiel du site de Meuse/Haute-Marne,

ne mettent pas en lumière d'élément susceptible de modifier les conclusions émises par l'IRSN en 2005 sur la faisabilité d'implanter un tel stockage dans la zone de transposition.

### **Résultats des travaux relatifs à la caractérisation géologique de la zone de transposition**

L'IRSN rappelle en premier lieu que l'examen du « Dossier 2005 argile », déposé par l'Andra à l'échéance de la Loi n°91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs avait conclu à la faisabilité d'un stockage géologique de déchets HA-MAVL en formation argileuse dans une « zone de transposition », d'environ 250 km<sup>2</sup>, définie à l'époque comme « *la superficie sur laquelle les propriétés du Callovo-Oxfordien et la géologie des formations encaissantes sont similaires à celles déterminées sur le site du laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne* ». L'Andra avait notamment retenu que la zone de transposition devait être caractérisée par :

- une épaisseur de la formation argileuse du Callovo-Oxfordien (formation « hôte » retenue pour l'implantation des ouvrages souterrains) supérieure à 130 m ;
- un cadre structural similaire à celui défini dans l'environnement immédiat du laboratoire de Meuse/Haute-Marne, caractérisé notamment par l'absence de structure tectonique identifiée dans la formation du Callovo-Oxfordien, et un éloignement d'un kilomètre des failles majeures de Gondrecourt à l'Est de la zone, et de 1,5 km de la faille de la Marne au Sud-Ouest de la zone ;
- l'homogénéité minéralogique de la formation du Callovo-Oxfordien attestant d'une similitude des propriétés mécaniques, de transport et de rétention de cette formation à l'échelle de la zone de

transposition. Ce critère avait notamment conduit à limiter l'extension de la partie Nord de la zone au synclinal de Savonnières et à la vallée de l'Ornain, en raison de l'augmentation possible du contenu de la roche en silts (sédiments détritiques -essentiellement du quartz- à grains plus gros que les argiles) ;

- une profondeur du milieu de la couche du Callovo-Oxfordien ne dépassant pas 630 m, en vue de limiter les perturbations géomécaniques occasionnées par le creusement de la roche.

En 2007 et 2008, l'Andra a mis en œuvre des moyens de reconnaissance sur un périmètre plus important que la zone de transposition, dit « secteur de Meuse/Haute-Marne », visant à consolider la connaissance des formations profondes ainsi que le contexte hydrogéologique, stratigraphique et géodynamique de ce secteur. Il s'agit principalement d'une campagne de forages (14 nouveaux forages géologiques dont 10 dans la zone de transposition), d'une campagne de reconnaissance sismique 2D (11 profils sismiques) et de levés cartographiques de terrain. Les forages ont atteint la formation du Callovo-Oxfordien ou les formations calcaires adjacentes. Un forage a également été effectué pour explorer les niveaux aquifères du Trias (couches profondes situées de 600 à 1300 m sous la formation hôte).

S'agissant de l'épaisseur de la formation argileuse, les nouvelles données acquises en 2007 et 2008 ont notamment permis à l'Andra de mettre à jour, à l'échelle du secteur de Meuse/Haute-Marne, la carte de l'épaisseur du Callovo-Oxfordien. Cette carte confirme l'existence d'une épaisseur suffisante de la formation hôte dans la zone de transposition, sauf à l'aplomb d'une bande de quelques dizaines de mètres de large située le long de la limite Sud-Ouest de la zone. Cette bande a en conséquence été exclue de la zone de transposition.

S'agissant du cadre structural, les nouveaux levés cartographiques de terrain ne modifient quasiment pas le tracé des failles majeures de Gondrecourt et de la Marne et ne mettent donc pas en cause les bordures Sud-Est et Sud-Ouest de la zone de transposition retenue en 2005. Par ailleurs, les travaux de reconnaissance sismique ne mettent pas en évidence de structure affectant la couche du Callovo-Oxfordien. L'Andra a toutefois détecté des fractures secondaires (définies comme étant des fractures présentant un rejet vertical supérieur à la limite de la résolution de la reconnaissance sismique 2D, soit 5 m) affectant les formations du Lias et du Trias dans le Nord-Ouest de la zone de transposition. L'Andra estime que ces structures sont des accidents d'accompagnement de la faille de la Marne, scellées avant la mise en place de la couche du Callovo-Oxfordien, qui, par conséquent, ne traversent pas cette dernière. Sur cette base, l'Andra conclut à l'absence de structure tectonique affectant la formation hôte dans la zone de transposition. L'IRSN estime que les résultats de cette campagne permettent effectivement d'exclure que la formation hôte soit affectée par des structures d'importance telle qu'elles mettraient en cause la faisabilité d'un stockage dans la zone de transposition. Toutefois, l'évaluation du « Dossier 2005 argile » avait mis en lumière le fait que la capacité de la méthode de reconnaissance sismique 2D (et même de la reconnaissance sismique 3D) à détecter les structures secondaires dans les formations argileuses n'était pas acquise, au contraire des formations calcaires. L'IRSN considérait donc qu'il était nécessaire de mettre en œuvre, dans la zone susceptible d'accueillir le futur stockage, une stratégie de reconnaissance structurale adaptée telle que la réalisation d'une reconnaissance sismique 3D, complétée, à l'aplomb des éventuels indices sismiques dans les formations calcaires sous-jacentes, par des forages obliques traversant le Callovo-Oxfordien. L'IRSN note que l'Andra prévoit de réaliser, au moins sur l'emprise de la ZIRA, une campagne de reconnaissance sismique 3D complétée, si nécessaire, par des forages, ce qui est satisfaisant. Cette campagne devrait également permettre de confirmer le scellement effectif sous le Callovo-Oxfordien des structures secondaires détectées dans la partie Nord-Ouest de la zone de transposition

dont une se situe à proximité de la ZIRA ; la faille de la Marne, située non loin de la zone de transposition, est en effet connue pour avoir été réactivée maintes fois après le Lias.

S'agissant de l'homogénéité de la formation hôte, l'Andra indique que la campagne de reconnaissance 2007-2008 a permis de préciser les limites du Callovo-Oxfordien et de confirmer son homogénéité lithologique. L'IRSN relève en particulier que, d'après les observations effectuées sur les carottes extraites des forages, et compte tenu des résultats de la reconnaissance sismique 2D, une épaisseur de l'ordre de 65 m des horizons riches en smectites est confirmée sur l'ensemble de la zone. Au vu des données de forages présentées et des nouvelles connaissances acquises par l'Andra sur les conditions de dépôt des sédiments, l'IRSN estime que le Callovo-Oxfordien ne présente effectivement ni hiatus sédimentaire ni variabilité latérale notable susceptibles de mettre en cause le caractère transposable des connaissances acquises au moyen du laboratoire de Meuse/Haute-Marne à la zone de transposition.

S'agissant de la profondeur du milieu de la formation hôte (équivalent au niveau C2b étudié dans le laboratoire de Meuse/Haute-Marne), une cartographie a été réalisée. Selon celle-ci, la profondeur de la formation hôte dépasse 630 m le long de la bordure Ouest de la zone de transposition retenue en 2005. L'Andra a modifié le périmètre de la zone en conséquence. Ceci n'appelle pas de remarque.

Enfin, les résultats de la campagne de reconnaissance 2007-2008 confirment la très faible perméabilité du Callovo-Oxfordien sur l'ensemble de la zone et ont permis d'améliorer la compréhension des écoulements dans les formations calcaires adjacentes, même si celles-ci n'apparaissent pas parfaitement homogènes à l'échelle de la zone, en termes notamment de localisation et de transmissivité des horizons producteurs. En outre, le forage traversant le Trias réalisé au centre de la zone permet de confirmer l'absence de potentiel géothermique exploitable à son aplomb.

**L'IRSN estime, sur la base des éléments présentés ci-avant, que les travaux de reconnaissance menés par l'Andra en 2007 et 2008 ne mettent pas en évidence d'éléments nouveaux susceptibles de mettre en cause les conclusions émises en 2005 sur la faisabilité d'un stockage en formation argileuse dans la zone de transposition.**

### **Sélection de la ZIRA**

Le choix de la ZIRA retenue repose sur les résultats des travaux de reconnaissance examinés ci-avant, destinés à confirmer les caractéristiques géologiques favorables de la zone de transposition pour accueillir un stockage de déchets HA-MAVL, mais également sur l'identification, au sein de la zone de transposition, d'une superficie délimitant des terrains présentant des caractéristiques considérées comme plus particulièrement propices à l'implantation du futur stockage, en l'occurrence :

- une épaisseur de la formation hôte de plus de 140 m,
- un gradient de charge hydraulique inférieur à 0,2 m/m,
- une profondeur du milieu de la couche ne dépassant pas 600 m,
- la possibilité d'implanter les infrastructures souterraines perpendiculairement au pendage de la couche hôte,

- une épaisseur réduite de couches karstiques (Barrois) à traverser pour établir les liaisons jour-fond (puits ou descenderie).

La ZIRA retenue (cf. figure jointe au présent avis) est située dans le quart Sud-Est de la zone de transposition, à quelques kilomètres au Nord du Laboratoire de Meuse/Haute-Marne. Sa superficie (30 km<sup>2</sup>) est d'environ le double de l'emprise estimée nécessaire pour l'implantation des ouvrages souterrains de la future installation de stockage.

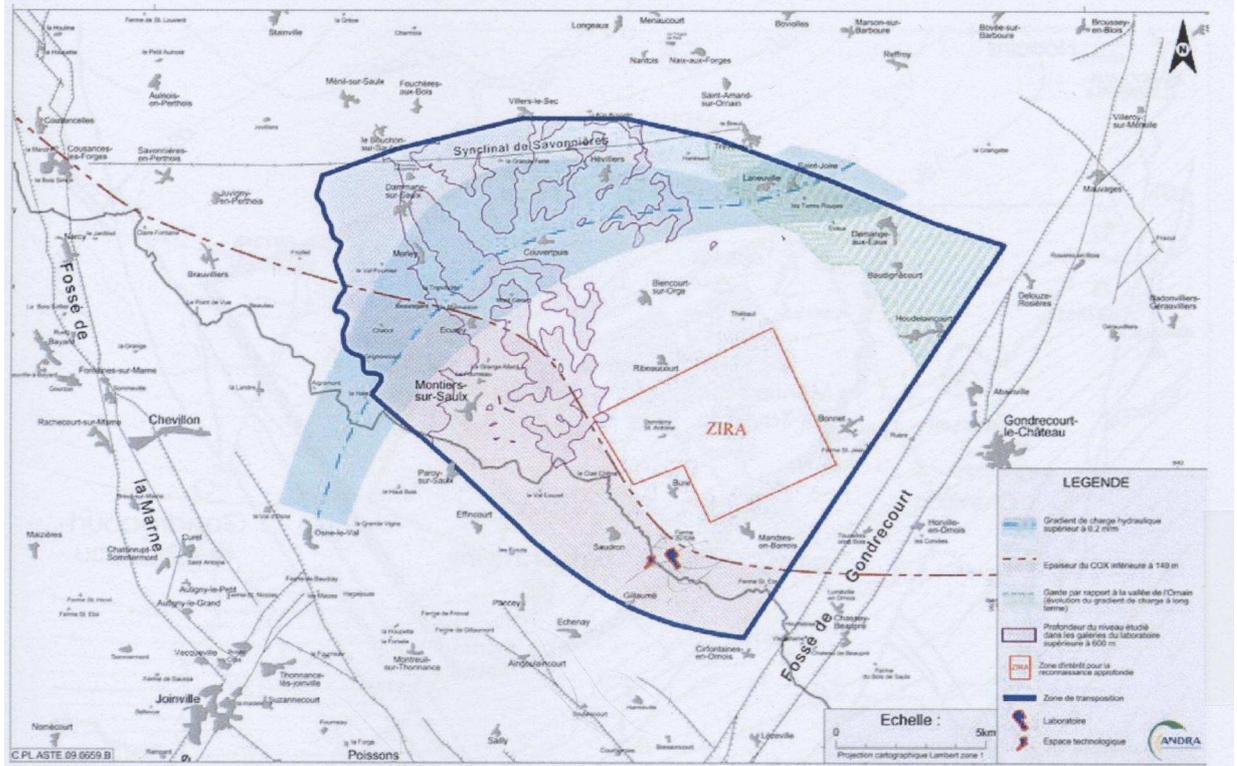
L'IRSN relève notamment que :

- l'Andra privilégie une zone au sein de laquelle l'épaisseur de la couche hôte est plus importante que l'épaisseur minimale retenue pour définir la zone de transposition ;
- la ZIRA est effectivement située dans une zone à très faible gradient de charge hydraulique ;
- la valeur du pendage de la formation hôte, bien que relativement élevée dans l'emprise de la ZIRA en comparaison de celles estimées dans la zone de transposition, reste néanmoins suffisamment faible (de l'ordre de 2 %) pour permettre la construction d'ouvrages souterrains orientés préférentiellement dans le sens perpendiculaire au pendage de la couche du Callovo-Oxfordien ;
- la formation karstifiée du Barrois présente en certains endroits où pourraient être implantées les installations de surface une épaisseur faible (quelques mètres à quelques dizaines de mètres) qui devrait permettre de minimiser les risques de venues d'eau dans les liaisons jour-fond à la traversée de cette formation. En outre, la reconnaissance préalable des poches karstiques les plus importantes, par exemple au moyen de profils de résistivité électrique ou de forages à l'avancement, reste également pour l'IRSN un moyen de prévenir le risque d'inondation lié à ces poches lors du creusement.

Toutefois, la profondeur du niveau médian du Callovo-Oxfordien dépasse 490 m (profondeur du niveau médian de la couche étudiée dans le laboratoire de Meuse/Haute-Marne) sur une grande partie de la ZIRA. L'IRSN rappelle que les premiers résultats obtenus dans le laboratoire, en 2005, ont montré que la zone endommagée lors du creusement des ouvrages était d'une forme et d'une ampleur différentes de celles attendues. L'IRSN concluait sur ce point que la démonstration de sûreté d'un futur stockage nécessiterait notamment que la compréhension et la modélisation du comportement mécanique de la roche à l'excavation soient améliorées. Cette conclusion reste d'actualité, ce d'autant plus que l'endommagement risque de croître avec la profondeur d'implantation des ouvrages, du fait notamment d'une pression lithostatique plus élevée. La nécessité ou non d'adapter les concepts de stockage évalués en 2005 à la profondeur d'enfouissement devra être traitée dans le dossier d'options de conception et de sûreté d'un stockage dont la transmission est prévue prochainement. L'IRSN relève néanmoins qu'afin de réduire les perturbations mécaniques pouvant être occasionnées par le creusement des ouvrages à une trop grande profondeur, l'ANDRA a retenu de placer la ZIRA dans un des secteurs de la zone de transposition où la profondeur de cette couche est la plus faible.

**En conclusion, l'IRSN considère que les critères techniques retenus par l'Andra pour choisir la zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie (ZIRA) sont pertinents et que la localisation de celle-ci n'appelle pas de commentaire de l'IRSN du point de vue de la sûreté. L'IRSN n'a donc pas d'objection à la réalisation des travaux de reconnaissance prévus par l'Andra dans cette zone d'intérêt.**

## Annexe à l'avis IRSN 2009-166



Localisation de la ZIRA retenue par l'Andra dans l'emprise de la zone de transposition définie en 2005.