

## SKB

SKB est la compagnie en charge de la gestion des déchets radioactifs en Suède. En 2011, SKB a remis sa demande de permis de construire d'un stockage définitif du combustible usé dans une formation géologique en granite. La décision du gouvernement est attendu pour 2016.

### contact //

Saida Laârouchi Engström  
Vice President at Swedish Nuclear  
Fuel and Waste Management

**Adresse** Box 250  
SE-101 24 Stockholm  
Sweden

**Tél.** +46 8 459 84 00

**Email** [saida.engstrom@skb.se](mailto:saida.engstrom@skb.se)

**Site web** [www.skb.se](http://www.skb.se)

## Quelques mots en réponse au débat lancé par Mörner dans son cahier d'acteur.

Depuis plusieurs dizaines d'années, le Dr Mörner se montre très critique envers SKB, en reprenant presque toujours le même argumentaire (voir Mörner 2001b ; McKincley et Munier 2003 ; Mörner 2003b). Pour clarifier cette situation, nous tenons aujourd'hui à apporter des réponses à quelques unes des questions soulevées par le Dr Mörner.

*« ...ont des affirmations bien trop optimistes sur la sismicité à long terme, se basant sur des données sismiques récentes qui ignorent les données connues de la sismologie paléolithique. »*

Contrairement à ce qu'affirme le Dr Mörner, l'organisme responsable de la gestion des déchets nucléaires s'appuie bien sur des recherches paléosismiques. En effet, des recherches en ce sens ont été lancées par SKB (Lagerbäck et Henkel 1977) peu de temps après une première publication (Lundqvist and Lagerbäck 1976) sur les événements sismiques en Suède. Depuis, la sismologie, et plus particulièrement la paléosismologie, ont été un domaine de recherche prioritaire, comme l'indiquent nos programmes de R&D, nos nombreux rapports et nos publications. Il est intéressant de noter que certains travaux réalisés par le Dr Mörner dans ce domaine ont également été financés par SKB (par exemple Mörner 1977). Les enjeux sismologiques ne sont donc pas nouveaux pour SKB, ni volontairement mis de côté.

*« De plus c'est déjà contredit pour les prévisions basiques par le fait que ces prévisions ne prennent pas en compte les événements observés pendant les périodes de déglaciation et postglaciaires. »*

Au fil des ans, le Dr Mörner a, à de nombreuses reprises, déclaré que SKB sous-estimait fortement la sismicité en excluant son catalogue sismique lors de l'évaluation de sûreté. Tout d'abord, la sismicité en fin de période glaciaire est bien comprise dans notre évaluation de sûreté. En effet, notre dernière évaluation de sûreté (SKB 2011) identifie la formation de failles liée à la période glaciaire comme l'un des deux facteurs contribuant à

des risques sur le long terme. En tant qu'ancien évaluateur officiel des études réalisées par SKB, le Dr Mörner est parfaitement conscient de cet état de fait qu'il décide apparemment d'occulter lors de débats publics. Par ailleurs, son catalogue d'événements sismiques a été inclus de manière indirecte dans l'une des références SKB utilisées pour évaluer la sismicité à long terme (Adams dans Hora et Jensen 2005), une information dont le Dr Mörner a, encore une fois, connaissance.

L'écart apparent entre le rapport fréquence/magnitude exposé par le Dr Mörner et celui exposé par SKB est principalement lié à une erreur de calcul (maintes fois répétée) du Dr Mörner, qui a projeté et extrapolé son catalogue, regroupant environ 60 événements répartis sur tout le territoire suédois (environ 450 000 km<sup>2</sup>),

***« Il y aura dans le futur des événements bien trop nombreux et bien trop puissants pour pouvoir affirmer que l'entreposage [lire : le stockage] géologique en profondeur pourra rester intact pour des périodes de minimum 100 000 ans. »***

Le Dr Mörner déclare qu'un ouvrage de stockage conçu par SKB serait gravement endommagé en cas de séismes d'origine glaciaire. Malgré son statut d'ancien évaluateur des évaluations de sûreté et des programmes R&D de SKB, le Dr Mörner n'a pourtant jamais expliqué, ni fourni de références le permettant, dans quelle mesure ces séismes pourraient impacter un ouvrage de stockage ou quel aspect de l'évaluation SKB en la matière pourrait être erroné. En omettant volontairement de développer ces aspects techniques, le Dr Mörner occulte de nombreuses informations documentées traitant de l'impact des activités sismiques sur des ouvrages souterrains. Par exemple, les données issues du site minier de Kamaishi, sur la côte orientale du Japon, qui a été largement étudié, indiquent clairement qu'en cas de séisme, l'accélération du sol baisse fortement en profondeur et que l'impact de ces déplacements sur les barrières ouvragées sont négligeables du fait de la plasticité de la bentonite (Yoshida et al. 2000). Le déplacement des failles lié aux mises en charge puis décharges glaciaires est un phénomène attendu. Les roches cristallines présentent de nombreuses failles à toutes les échelles. A l'évidence, sur des périodes s'étalant sur plusieurs millions d'années, des failles existantes sont réactivées en permanence. Les zones de déformation régionales constituent des volumes de

à une superficie d'environ 80 km<sup>2</sup> centrée sur Forsmark (l'erreur est flagrante dans Mörner 2003a, p. 217). Si nous acceptons, par pure hypothèse, le catalogue du Dr Mörner et que nous adaptions son échelle à la superficie et à la période en question, la fréquence des séismes exprimés en termes d'événements supérieurs ou égaux à une magnitude 5 par km<sup>2</sup> et par an devrait varier seulement d'un facteur de 2 à 7, et non de 10 000 comme le prétend le Dr Mörner (2003a, p. 217). Plus récemment, le Dr Mörner a affirmé (Mörner 2009, p. 73) que, selon d'autres « calculs » similaires, SKB sous-estimait l'énergie sismique libérée en fin de période glaciaire par un facteur de « 1 000 milliards », une déclaration qui n'a absolument aucun fondement scientifique.

faiblesse qui concentrent les mouvements résultants et l'enveloppe maximale de mouvements futurs peut être facilement corrélée à certaines caractéristiques (Wells et Coppersmith 1994 ; Leonard 2010). La conception d'un ouvrage de stockage nécessite de cartographier le sous-sol et toutes les fractures dans la zone de stockage afin d'éviter totalement les zones de déformation majeures ainsi que les fractures mineures lors de la spécification de l'implantation des galeries ou des ouvrages de stockage des déchets.

On s'attend à ce que des éléments de plus grande dimension subissent des mouvements plus importants, mais à ce que leur impact soit très localisé. Les seules fractures pouvant avoir un impact sur les déchets mis en stockage possèdent des taux de déformation projetés de l'ordre du mm-cm/million d'années en prenant en compte tous les effets de glaciation. En revanche, si nous utilisons, par pure hypothèse, le rapport fréquence/magnitude du Dr Mörner pour évaluer le nombre de colis potentiellement endommagés suite à un séisme, ce nombre passerait de moins d'un colis en moyenne (estimations SKB : SKB 2011, tableau 10-20) à légèrement moins de 4 colis endommagés en moyenne, sur la même période d'un million d'années. L'écart n'est pas si important étant donnée le niveau d'incertitude.

## « Dégagements de méthane avec les mouvements tectoniques »

L'expansion rapide de clathrate de méthane est un phénomène connu depuis des décennies dans l'industrie pétrolière. La dissolution du clathrate comme mécanisme de création de pockmarks<sup>1</sup> dans les fonds marins a été démontrée sur de nombreux sites, certains étant provoqués par des séismes. Sur ce point, nous sommes d'accord. En revanche, le problème vient de la logique selon laquelle le socle granitique du territoire suédois pourrait exploser sous l'effet d'une mise à la pression atmosphérique du clathrate de méthane. Nul par ailleurs sur terre a-t-on pu prouver que le clathrate pouvait faire exploser des collines entières, comme semble le suggérer le Dr Mörner en s'appuyant sur « l'exemple » des grottes de Boda (Mörner 2003a, 2008). Par ailleurs, le Dr Mörner ne s'attarde pas sur les pré-requis nécessaires pour que son scénario hypothétique soit plausible. D'où provient le méthane et en quelle quantité peut-il être produit dans ces conditions ? Quelle quantité peut s'accumuler et se retrouver piégée dans la roche ignée ? Les considérations théoriques du modèle de Rempel et Buffett (1997) suggèrent qu'il faudrait entre des centaines de milliers et des millions d'années pour accumuler une quantité suffisante de clathrate de méthane, même dans des roches relativement poreuses (voir Bath et Hermansson, 2009). Pourtant, même si nous supposons, par pure hypothèse, que des quantités importantes d'hydrate de méthane pourraient effectivement se retrouver piégées dans des granitoïdes, comment une mise à la pression atmosphérique de surface pourrait affecter un ouvrage de stockage situé à 500 m sous terre ? Quels sont les mécanismes à l'œuvre dans ce scénario ? La fracturation du socle à Boda a été étudiée à l'aide de plusieurs méthodes (Wänstedt 2000), y compris par forage (Carlsten and Stråhle 2000). Toutes ces méthodes démontrent clairement que la déformation visuellement impressionnante est en fait superficielle et suit le relief. L'intensité de fracturation sous la formation rocheuse de Boda

diminue rapidement avec la profondeur et ne présente aucune anomalie particulière. De plus, la corrélation suggérée entre la mise à la pression atmosphérique apocalyptique du méthane et une hypothétique série de séismes le long d'un linéament, correspondant à une faille selon le Dr Mörner (« Håckstaviken-Bothnian Sea faultline », Mörner 2003a, Figure 90), est sans fondement scientifique et demeure, au mieux, une simple spéculation. Non seulement le Dr Mörner manipule la ligne de faille interprétée à l'origine par Axberg (1980, Figure 30) pour qu'elle atteigne la zone de Boda, mais il prévoit également le sens du glissement le long de cette faille et un séisme en résultant d'une magnitude supérieure à 8, enfin sans aucune preuve à l'appui, il en identifie même l'épicentre. Tout géoscientifique possédant un minimum de connaissances en matière d'analyse sismique sait que ces paramètres sont difficiles à définir avec certitude, même pour des séismes récents ayant été analysés correctement. Prétendre pouvoir estimer un épicentre, une direction de cisaillement et une magnitude de séisme sur la base d'hypothèses douteuses relatives à l'emplacement de rochers sur une colline, relève purement et simplement de la fraude scientifique.

Il est vrai que les nombreuses références associées au Dr Mörner peuvent paraître impressionnantes. Mais d'un point de vue scientifique, son argumentaire face aux déclarations du GIEC concernant l'augmentation du niveau des océans suite au réchauffement climatique (par exemple Mörner 2004), ses théories vaguement « nouvelle âge » des calendriers solaires des mégalithes de Ale (Mörner et Lind 2012) et son utilisation innovante de la radiesthésie pour identifier des failles liées à la période glaciaire (Mörner 2001a) impressionnent beaucoup moins. À la lumière de ce qui précède, les déclarations du Dr Mörner doivent, d'un point de vue scientifique, être considérées avec beaucoup de scepticisme.

<sup>1</sup> Les Pockmarks sont des dépressions coniques (en forme de cratères) situées sur les fonds marins et causées par des fluides (gaz et/ou liquides) remontant du substrat (roche/sédiment), formant une éruption froide ou chaude, et remobilisant le cas échéant le sédiment par le courant qui le traverse

Axberg, S., 1980. Seismic stratigraphy and bedrock geology of the Bothnian Sea, northern Baltic. In: *Stockholm Contributions in Geology* Almquist och Wiksell, Stockholm. 36: 153-213. ISBN: 0585-3532, 0585-3532.

Bath, A.H.-P. Hermansson, 2009. Biogeochemistry of Redox at Repository Depth and Implications for the Canister. Research report 2009:28, Strålsäkerhetsmyndigheten. Stockholm.

Carlsten, S.A. Stråhle, 2000. Borehole radar and BIPS investigations in boreholes at the Boda area. SKB TR-01-02, Svensk Kärnbränslehantering AB. Stockholm, Sweden.

Hora, S.M. Jensen, 2005. Expert panel elicitation of seismicity following glaciation in Sweden. SSI Rapport 2005:20, SSI - Statens strålskyddsinstitut (Swedish Radiation Protection Authority) Stockholm Sweden Sweden

Lagerbäck, R.H. Henkel, 1977. Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar (Studies of neotectonic activities in central and northern Sweden, review of aerial photos and geophysical interpretation of recent faults). KBS TR 19, Svensk Kärnbränslehantering AB, Skbf/Kbs. Stockholm, Sweden.

Leonard, M., 2010. Earthquake Fault Scaling: Self-Consistent Relating of Rupture Length, Width, Average Displacement, and Moment Release. Bulletin of the Seismological Society of America, 100(5A), pp 1971-1988

Lundqvist, J.R. Lagerbäck, 1976. The Pärve Fault: A late-glacial fault in the Precambrian of Swedish Lapland. GFF, 98(1), pp 45-51

McKinley, I.R. Munier, 2003. Discussion of «In absurdum: long-term predictions and nuclear waste handling» by N.A. Mörner (Vol. 61, pp. 75-82). In: *Engineering Geology*, 68(2003), pp 401-403

Mörner, N.-A., 1977. Rörelser och instabiliteter i den svenska berggrunden (Movements and instability in the Swedish bedrock). KBS TR 18, Svensk Kärnbränslehantering AB, Skbf/Kbs. Stockholm, Sweden.

Mörner, N.-A., 2001a. Dowsing and radiation lines: the state of the art and its application to the San Giovenale site. In: *From Huts to Houses. Transformations of Ancient Societies*. R. BrandtL. Karlsson, Eds. Jonsered Åströms förlag. ISBN: 9170421633, 978-91-7042-163-1.

Mörner, N.-A., 2001b. In absurdum; long-term predictions and nuclear waste handling. *Engineering Geology*, 61(2-3), pp 75-82. ISSN: 0013-7952, 0013-7952.

Mörner, N.-A., 2003a. Paleoseismicity of Sweden - a novel paradigm. Nils-Axel Mörner Paleogeophysics & Geodynamics. ISBN: 91-631-4072-1.

Mörner, N.-A., 2003b. Reply to discussion of «In absurdum; long-term predictions and nuclear waste handling». *Engineering Geology*, 68, pp 405-407. ISSN: 0013-7952, 0013-7952.

Mörner, N.-A., 2004. Estimating future sea level changes from past records. *Global and Planetary Change*, 40(1-2), pp 49-54. ISSN: 0921-8181, 0921-8181. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00097-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00097-3).

Mörner, N.-A., 2008. Explosive methane venting at hydrate/gas transition in the bedrock. 33:rd International Geological Congress. Publisher: IGC.

Mörner, N.-A., 2009. Detta eviga avfall. PQR, Mariehamn. ISBN: ISBN 978-952-5705-12-6.

Mörner, N.-A.B. G. Lind, 2012. Stonehenge Has Got a Younger Sister. Ales Stones in Sweden Decoded. *International Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2, pp 23-27

Rempel, A. W.B. A. Buffett, 1997. Formation and accumulation of gas hydrate in porous media. *Journal of Geophysical Research*, 102(B5), pp 10-10,164. ISSN: 0148-0227, 0148-0227. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/97JB00392>.

SKB, 2011. Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project. SKB TR-11-01, Svensk Kärnbränslehantering AB

Wells, D. L.K. J. Coppersmith, 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4), pp 974-1002

Wänstedt, S., 2000. Geophysical and geological investigations of the Boda area. SKB R-00-23, Svensk Kärnbränslehantering AB. Stockholm, Sweden.

Yoshida, H., K. Aoki, T. Semba, K. Ota, K. Amano, K. Hama, M. KawamuraK. Tsubota, 2000. Overview of the stability and barrier functions of the granitic geosphere at the Kamaishi Mine; relevance to radioactive waste disposal in Japan. *Engineering Geology*, 56(1-2), pp 151-162. ISSN: 0013-7952, 0013-7952.

