

# **ENKELE KRITISCHE BEMERKINGEN BIJ DE GEOLOGISCHE BERGINGSOPTIE IN BELGIË**

**BRIEFING IN OPDRACHT VAN GREENPEACE**

# OVER DE AUTEUR

---

**BERTRAND THUILLIER** is agronoom en professor aan Polytech Lille, aan de Université de Lille I. Hij behaalde zijn diploma aan het Institut national agronomique Paris-Grignon (INA-PG), studeerde aan het Asian Institute of Management in Manilla, Filippijnen, en behaalde een doctoraat Biologie aan de Université de Reims. Hij is een van de eerste onafhankelijke experts die in 2012 op gedetailleerde wijze de tekortkomingen in het Franse Cigéo-project aan de kaak stelde, meer bepaald door te wijzen op de risico's op brand en de zwakheden in het ontwerp van het Franse geologische bergingsproject in Bure. De door hem geïdentificeerde problemen werden in 2017 bevestigd in het veiligheidsdossier van IRSN.

# INLEIDING

---

Diepe geologische berging van kernafval is een dreigend en complex probleem, niet alleen door de wetenschappelijke, technische, ethische, politieke en sociologische factoren die hiermee gepaard gaan, maar ook door tijdsgerelateerde factoren, gezien de operationele tijd van honderd jaar van een site alsook de sluiting hiervan voor een periode van minstens honderdduizend jaar waarin het afval gevaarlijk blijft.

Het doel van deze publicatie is de huidige stand van zaken te verduidelijken van het project rond diepe geologische berging in een laag Boomse klei in Mol, in het noordoosten van België, waarbij de drie belangrijkste componenten van het project worden beschreven: a) het afvalbeheer b) het gastgesteente, en c) de geplande ondergrondse infrastructuur.

Deze beschrijving zal daarna worden gebruikt om na te gaan hoe deze factoren kunnen worden gecombineerd en hoe ze interageren om zowel de veiligheidsrisico's, de gevolgen en de migratie van radioactieve elementen in de bovenste grondwaterlagen te beïnvloeden. Uiteindelijk zal een overzicht van de risico's en onduidelijkheden worden gebruikt om constructieve inzichten te verwerken in dit complexe probleem.

Noot : Prof. Thuillier identificeerde in het recente verleden belangrijke zwakheden en tekortkomingen in het Franse geologische bergingsconcept in de ondergrondse kleiformatie in Bure. Op vraag van Greenpeace nam hij ook de tot voor kort in België als referentiestrategie voorgestelde geologische bergingsoptie in de Boomse kleiformatie onder de loep. De regering gaf ondertussen opdracht om ook andere potentiële gastformaties te onderzoeken, maar houdt vast aan het concept van geologische berging. Omdat het project in de Boomse klei momenteel het enige uitgewerkte is en belangrijke geïdentificeerde tekortkomingen inherent zijn aan alle geologische bergingsopties, beperkt deze beknopte analyse zich tot het bestaande Euridice project in Mol.

# BESCHRIJVING VAN HET GEOLOGISCH BERGINGSPROJECT IN MOL

## KERNAFVALBEHEER

### — HOEVEELHEDEN

Dit project behandelt twee types afval: Type B middelactief en langlevend afval, en Type C hoogactief en hitte producerend afval.

Doordat de Belgische wetgeving de constructie en het gebruik van nieuwe commerciële reactoren (Wet van 31 januari 2003), en de sluiting van de zeven bestaande reactoren na een actieve periode van 40 jaar<sup>1</sup> heeft verboden, is het in dit geval (in tegenstelling tot Frankrijk) mogelijk om een voorlopige maar relatief duidelijke inventaris op te stellen van de hoeveelheid afval die moet worden beheerd:

. 10 430–11 100 kubieke meter Type B-afval (ongeveer 2% van de totale afvalradioactiviteit)<sup>2</sup> – Er zou echter moeten worden toegevoegd dat een deel van de 85 000 kubieke meter ongeconditioneerd radioactief afval dat is opgeborgen in Olen (Umicore 2011) de hoeveelheid aanzienlijk zou kunnen verhogen<sup>3</sup>.

. 4500 kubieke meter Type C-afval (ongeveer 98% van de totale afvalradioactiviteit)<sup>2</sup> - In deze hoeveelheden is dus de verbruikte splijtstof inbegrepen, die nu definitief moet worden geklasseerd als afval en dit als gevolg van de opschorting van het Belgisch nucleair programma (zie hierboven), de beslissing van België in 1993<sup>4</sup> om niet langer zijn gebruikte kernbrandstof op te werken (een beslissing die werd bevestigd in 1998<sup>5</sup>), en, uiteindelijk, de Europese Richtlijn van 19 juli 2011 betreffende kernafval en de beschouwing van verbruikte splijtstof als 'afval'<sup>6</sup>.

### — EIGENSCHAPPEN

Afhankelijk van het afvaltype (B of C) en de afvalcategorie spelen vier eigenschappen een belangrijke rol in de manier waarop de site evolueert in het bijzonder in een ondergrondse omgeving:

#### De aanwezigheid van bitumen

Enkel Type B-afval heeft deze eigenschap<sup>7</sup>; 47% van dit afval bestaat uit roestvrij stalen vaten in een bitumenmatrix (ongeveer 16 600 tonnen van de 35 000). Deze coatingprocedure (die 60% puur bitumen bevat<sup>8</sup>) wordt niet langer gebruikt; bitumen is niet alleen zeer ontvlambaar, **met 3200 ton pure bitumen met brandrisico**, maar in de aanwezigheid van zouten en ioniserende straling (tussen 400 en 5000 Gy/u) kan deze matrix haar **aanvankelijke hoeveelheid tot 70% vergroten**<sup>9</sup>.

Deze volumetoename is gerelateerd aan de waterstofbubbel die worden gegenereerd door de radiolyse van organisch materiaal in de matrix.

#### Waterstofproductie

Hetzelfde Type B-afval kan ook aanzienlijke hoeveelheden waterstof genereren en radioactieve gasen zoals tritium, krypton-85, carbon-14 en chloor-36 uitstoten, zoals aangegeven in de rapporten van Andra, het Franse agentschap voor het beheer van radioactief afval<sup>10</sup>. In de Andra-beoordelingen van deze standaardvaten (Eurobitumen) wordt opgemerkt dat deze - gemiddeld per verpakking en per jaar - 10L H<sub>2</sub> kunnen uitstoten, **een totaal van 150 tot 200 kubieke meter waterstof per jaar**. De uitstoot van bepaalde verpakkingen kan echter oplopen tot 500L H<sub>2</sub>/ton/jaar<sup>11</sup> door radiolyse in de aanwezigheid van water en organisch materiaal.

#### Vervalwarmte

Deze eigenschap betreft het Type C-afval, dat voor het grootste deel bestaat uit ZAGALS- en UOX-verbruikte splijtstof (ongeveer 10 250 van de 11 000)<sup>12</sup>; deze extreem exothermische verpakkingen zijn echte kleine radiatoren. Hun thermisch vermogen (in Watt per pakket) daalt naargelang de tijd verstrijkt, tot 1000-1400 W na 20 jaar, en **400-600 W na 60 jaar**. Ook de plutonium- en americium-inhoud van dit afval is belangrijk, omdat het thermisch vermogen hiervan veel langzamer afneemt<sup>13</sup>. Het is ook opmerkelijk dat MOX-verpakkingen (144) in de Andra-rapporten (CU2/MOX) een thermisch vermogen van **1100 W behouden na een bewaarperiode van 90 jaar nadat het de reactor heeft verlaten**<sup>14</sup>.

#### Splijtstoffen

Eveneens op basis van de beschrijvingen in de Andra-rapporten kunnen we afleiden dat de massa van residuele splijtstoffen bij het verlaten van de reactor ongeveer 10 kg bedraagt, met inbegrip van vier tot vijf kg uranium-235 en minder dan **vier kg plutonium-239** per verpakking verbruikte UOX-splijtstof. Maar dit kan oplopen tot een massa van 20 kg, met bijna **12 kg plutonium-239** per verpakking verbruikte splijtstof.

Het is belangrijk om op te merken dat plutonium-239 een kritische massa heeft van 510g.<sup>15</sup> Daarom is het essentieel dat de opbrandgraad in rekening wordt gebracht bij de indeling van de verpakkingen om ervoor te zorgen dat criticiteit - en nucleaire kettingreacties - wordt vermeden.

## GASTGESTEENTE (BOOMSE KLEI)

### — SITUATIE

Boonse klei is een sedimentaire formatie die ongeveer 30 miljoen jaar geleden is afgezet, met een daling van 1-2% naar het noordoosten en een dikte van ongeveer 100 meter, die zich tussen een afstand van 190 en 290 meter onder het oppervlak van Mol-Dessel bevindt. De dikte en diepte van de klei neemt toe naarmate men dichterbij de grens met Nederland komt<sup>16</sup>.

Deze ondoorlatende laag bevindt zich net onder een laag Neogeenzand, de tweede grootste waterhoudende grondlaag die wordt gebruikt voor de abstractie van drinkwater in België, en die voornamelijk gebruikt wordt in het noordoosten (zie Figuur1)<sup>17</sup>.

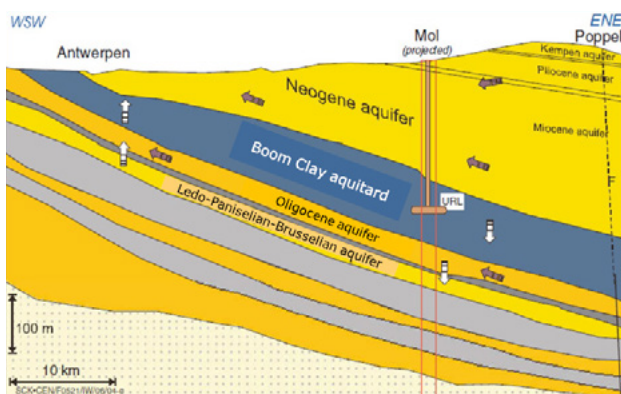


Figure 1

### — EIGENSCHAPPEN

#### Plasticiteit

Deze klei is een zeer plastische steensoort die niet zelfdragend is (niet zoals graniet bijvoorbeeld). Om retractive en aardverschuivingen tijdens uitgravingen tegen te gaan, zijn aanzienlijke dragers vereist, met inbegrip van zeer grote hoeveelheden beton en immense metalen constructies (bv. honderdduizend ton voor het CI-GEO-project in Frankrijk - vijf keer de hoeveelheid afval voor berging).

#### Aanwezigheid van water

19 à 24% van het gewicht van de klei bestaat uit water<sup>18</sup>. Dit is zeer belangrijk om twee redenen: ten eerste, een dergelijk verzadigingsniveau veroorzaakt intrekkingen en breuken, afhankelijk van de desaturatiegraad met betrekking tot ventilatie in het bijzonder. Ten tweede veroorzaakt de aanwezigheid van krachtige stralingen radiolyse, waarbij watermoleculen worden afgebroken tot twee radicalen: H<sup>+</sup> en OH<sup>-</sup> die daarna opnieuw willekeurig zullen worden gecombineerd om verschillende moleculen te vormen, zoals waterstofgas (H<sub>2</sub>) en waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), om zeer oxiderende en reductieve onderdelen te vormen. Deze onderdelen zullen daarna metalen aanvallen, die reageren door ook waterstofgas (H<sub>2</sub>) aan te maken tijdens dit intense corrosieproces in de metaalstructuren.

#### Temperatuur

Aan de volgende twee temperatuurbepalingen moet worden voldaan: ten eerste, het gesteente mag nooit een temperatuur boven de 90-100°C bereiken wegens een duidelijk risico op structuurveranderingen en doorlaatbaarheid (waterdamp en kokend water), en ten tweede, de temperatuurbepaling voor zand en klei ligt momenteel op 14-15°C; een stijging van 10 graden zou de kwaliteit van het drinkwater ernstig aantasten (een wettelijke grens werd vastgesteld op 25°C, onder andere om de ontwikkeling van legionellabacteriën tegen te gaan)<sup>19</sup>.

## OPSLAGINFRASTRUCTUUR

### — ONTWERP

De bergingsfaciliteiten zullen worden geïnstalleerd op een diepte van ongeveer 240 meter en zullen drie ingangen en ventilatieschachten van zes meter diameter hebben, met inbegrip van een centrale schacht die specifiek bestemd is om verpakkingen te laten afdalen. Deze toegangsschachten, die door de hierboven vermelde zandlaag gaan, moeten waterbestendig blijven gedurende de volledige periode waarin de site wordt gevuld en verzegeld.

Ondergronds zijn de schachten verbonden door een centrale toegangstunnel naar de opslag galerijen (zie Figuur 2)<sup>20</sup>.

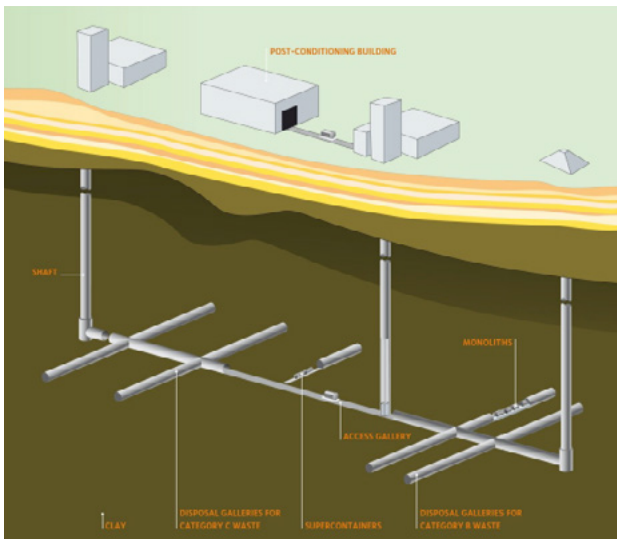


Figure 2 — Indicative diagram of the geological repository envisaged for B&C waste and of the surface facilities for the production of supercontainers and monoliths B. The waste shaft has a central position.

Deze toegangstunnel is een rechtlijnig eenpijpsysteem van ongeveer zes meter diameter en één kilometer lang. De opslag galerijen, van drie meter diameter en maximum een kilometer lang, zijn loodrecht verbonden met de centrale tunnel met telkens een afstand van 50-120 meter ertussenin. De aanleg van betonnen vloeren en rails staat gepland, waarop pakketten zullen worden getransporteerd in supercontainers (zie hieronder).

De uiteinden van de opslag galerijen tegenover de centrale tunnel zijn afgesloten<sup>21</sup>. De opgetelde totale lengte van deze galerijen bedraagt ongeveer 30 kilometer over een totale oppervlakte van 3,1 vierkante kilometer. Zodra deze zijn afgewerkt worden ze gebruikt om de supercontainers op te slaan, die bovengronds worden gebouwd.

Gevulde supercontainers bevatten afvalverpakkingen van 2,1 meter diameter en 4-6,2 meter lang; de massa van de grootste containers kan tot 70 ton bedragen.

Type B-supercontainers bevatten primaire verpakkingen (van 1 tot 12 verpakkingen of vaten) die worden opgehangen in betonconstructies (Figuur 3)<sup>22</sup>.

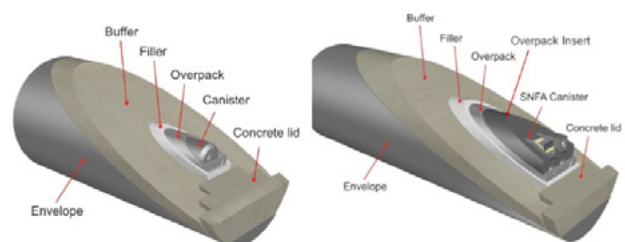


Figure 3 — Supercontainer for vitrified high-level-waste (left) and UOX irradiated fuel (right)

Type C-supercontainers bevatten één tot vier primaire verpakkingen (één MOX-verpakking, twee verglaasde verpakkingen of vier UOX-verpakkingen) die zich binnen in een roestvrijstalen behuizing van 30 millimeter bevinden, die daarna wordt gecoat in bentonietklei, één laag beton en een tweede stalen behuizing (zie Figuur 4)<sup>23</sup>.

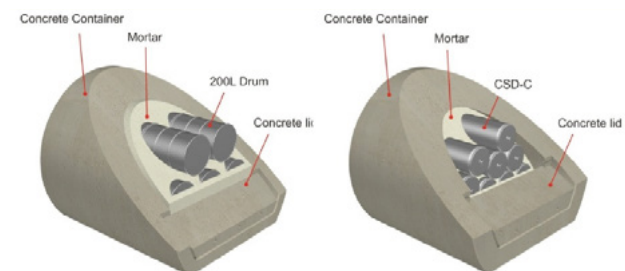


Figure 4 — Monolith B for category B waste (200 L drums) (left) and CSD-C (right)

Het hierboven beschreven ontwerp voorziet niet in de mogelijkheid om van deze supercontainers terug naar de oppervlakte te brengen (niet recuperabel): de galerijen worden verzegeld zodra ze gevuld zijn.

---

## **OBSERVATIES**

Deze aanpak brengt de invoering van vier vreemde bestanddelen in een ondergrondse omgeving met zich mee: beton, staal, ventilatielucht, en - in geval van verlies van waterdichtheid in een schacht - water, dat moet worden verwijderd tijdens de operationele fase van de site.

### **Waterdichtheid**

Dit is een complex probleem dat te maken heeft met de aanwezigheid van zandlagen, wat ervoor zorgt dat er nood is aan een dubbele betonstructuur met een geïntegreerde hermetische laag van polyethyleen en versterkt met asfalt en staal in de tweede schacht van het HADES-laboratorium (gesitueerd 225 meter onder de grond en opgericht in 1980 om de diepe berging in deze klei-omgeving te bestuderen). Asfaltlekken werden reeds nagekeken in de tweede schacht en regelmatige herinspuitingen met waterdichte polyethyleen zijn nodig om de waterdichtheid te behouden<sup>24</sup>. Zonder een terugwinningspompsysteem zou een dergelijke breuk kunnen leiden tot een volledige overstroming van de site door de waterdichtheid van de klei, als de ondergrondse delen niet zouden worden afgewaterd.

### **Hantering**

Behoudens ontwerpwijzigingen blijkt dat de geplande diameter van de toegangsschacht voor verpakkingen contrasteert met de diameter en lengte van de supercontainers en dus een horizontale lading op transportbanden in de opening meteen uitsluit. Bijgevolg is het essentieel dat er onderaan de toegangsschacht een voldoende grote opvangruimte wordt voorzien om richtingsveranderingen die bemoeilijkt worden door de betrokken massa (70 ton) aan te kunnen. Evenzo is het onduidelijk hoe haakse wendingen (om binnen te gaan in opberggalerijen) zullen verlopen op deze op rails voortbewogen transportbanden zonder platformen. Er zijn dus ook bijkomende grote ruimtes voor iedere intersectie nodig<sup>25</sup>.

### **Veiligheid**

Met voorbehoud, omdat we niet over de meest recente projectdiagrammen beschikken, is het verrassend om een éénpijpsysteem, eerder dan een tweepijpsysteem op te merken in de galerijen: in geval van een brand of aardverschuiving is een vluchtweg van vitaal belang. Voorbeelden zijn ondergrondse snelwegtunnels, de Kanaaltunnel en ontwerpveranderingen in het CIGEO-project.

### **Kriticiteit**

Het is ook verrassend om te zien dat hoogactieve en verbruikte Type C splijstofverpakkingen naar beneden worden gelaten via een verticale schacht. Als een verpakking in een schacht zou vallen, zou de splijstofconfiguratie van de geassembleerde verpakkingen tot kriticiteit kunnen leiden. Het valt op dat omwille hiervan deze methode om pakketten verticaal te laten afdalen door een schacht niet wordt toegepast bij het Franse CIGEO-project, waar men eerder koos voor een systeem met hellende in plaats van verticale schachten.

### **Co-activiteit**

Aangezien dit niet specifiek wordt vermeld is het moeilijk om zich in te beelden hoe constructie- en bergingsactiviteiten gezamenlijk zullen worden gestuurd in zones die niet fysiek gescheiden zijn. Het zal noodzakelijk zijn om de coëxistentie van stofextractie, de uitstoot van machines die worden gebruikt om puin op te graven en over te brengen (een geschatte 1 tot 2 miljoen kubieke meter), stockageplaatsen voor machineolie, acculaadstations, waterstof- en radioactieve gassen (in beperkte, maar toch definitieve hoeveelheden) te beheren.

### **Ventilatie**

Er bestaat geen twijfel - in het bijzonder tijdens de co-activiteitsfase (zie paragraaf hierboven) - dat krachtige ventilatie nodig zal zijn; de CIGEO-projectontwerpen, bijvoorbeeld, voorzien een ventilatie tussen 500 en 650 kubieke meter per seconde in een ventilatieschacht van 11 meter diameter<sup>26</sup>. Het is ook moeilijk om te begrijpen hoe geschikte ventilatie (uitlaat versus extractie) kan worden geïnstalleerd zonder afscheiding tussen de drie geplande schachten, en zonder aparte pijpen op het niveau van de galerijen. Er blijkt niets te zijn vermeld over de aanwezigheid van terugslagkleppen of protocollen voor het emissiebeheer in geval van brand. Het is ook onduidelijk hoe de noodzakelijke taak van luchtverversing wordt gegarandeerd (om niet de lage explosiegrens van 4% te bereiken) in de afgesloten galerijen, of hoe HEPA (high-efficiency particulate air) -filters effectief en haalbaar kunnen zijn in een dergelijke omgeving in geval van een radiologisch ongeval.

## **INTERACTIES TUSSEN ELEMENTEN EN GEASSOCIEERDE RISICO'S**

### **—TEMPERATUUR EN VERHOOGDE DOORLAATBAARHEID**

Als de berging van Type C-afval na een bovengrondse afkoelperiode van 60 jaar zou beginnen, zou het thermisch vermogen van de supercontainers niveau's kunnen bereiken van ver boven de 1000 W (4 x 500 of zelfs 1110 W). Het Praclay-experiment<sup>27</sup> heeft aangetoond dat 350 tot 450 W/m thermisch vermogen voldoende is om de temperaturen in het gesteente tot 80°C te doen stijgen. Boven dit maximum zullen mineralogische transformaties ongetwijfeld tot structuurveranderingen in de doorlaatbaarheid van de klei leiden. Hetzelfde experiment toonde aan dat deze temperatueffecten geleidelijk toenemen gedurende het experiment (42 maanden) en gebieden beïnvloedden die tot 15 meter verwijderd waren van de warmtebronnen<sup>28</sup>.

### **—VENTILATIE (DESATURATIE) EN RISICO OP INSTORTING**

Een studie in 2011 over de impact van gasoverdrachten op de pro-mechanische eigenschappen van kleimaterialen<sup>29</sup> bevestigde niet alleen dat de doorlaatbaarheid van gassen in klei sterk afhangt van de verzadigingsgraad<sup>30</sup>; maar ook dat, bij krachtige ventilatie, gecombineerd met grote hoeveelheden warmte, een aanzienlijke wandverdamping zelfs kan leiden tot scheuren en aanzienlijke schade aan het gesteente. Er is zelfs een verband met observaties van breuken in kleibodems door waterverdamping. Deze verdamping creëert preferente stroombanen<sup>31</sup> en de potentiële migratie van radioactieve elementen; het zou zelfs zo ver kunnen gaan dat het ernstige barsten en spleten in het massief zou kunnen veroorzaken<sup>32</sup> (zie Figuren 5), met veranderingen in de dichtheid van maar liefst 8 tot 11%<sup>33</sup>, en met als resultaat het risico op instabiele infrastructuur.

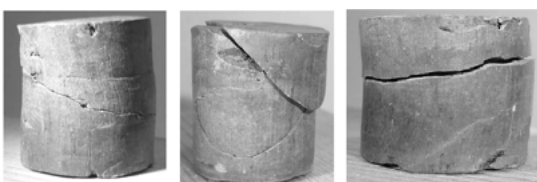


Figure 5: Macroscopic observations of cracks on boom clay samples under desaturation

### **—ROOKGAS (WATERSTOF) EN GESTEENTEBREUKEN**

Betreffende Type C-, bitumen matrix-verzegeld afval, zal de invoering van deze verpakkingen in beton, waarbij slechts 20% van de ruimte leeg wordt gelaten<sup>34</sup> om een zwelling tot 70% (zoals hierboven vermeld) aan te kunnen, uiteindelijk leiden tot het barsten van de supercontainers (aangezien de druk in de container tot 43 Mpa kan oplopen<sup>35</sup>) en het loskomen van dit beton, wat kan leiden tot een door druk geïnduceerde gesteentevervorming. Het is ook belangrijk om op te merken dat de drukgrens, gelijk aan een aanvankelijke breuk, in Boomse klei begint bij een zeer lage druk (0,9 tot 2,9 Mpa<sup>35</sup>), wat natuurlijk kan leiden tot preferente stroombanen zoals hierboven aangetoond.

### **—ONTWERP (SCHACHTEN EN AFGESLOTEN GALERIJEN) EN HET RISICO OP EXPLOSIE**

Het belangrijkste risico op een ongeval met radiologische gevolgen zit in het neerlaten van de verpakkingen met verbruikte splijtstof via een verticale schacht. De Andra-rapporten van 2005 vermelden duidelijk, met betrekking tot het Franse project dat gebruik maakt van hellende schachten: 'Voorvallen die hoogstwaarschijnlijk een risico van criticiteit met zich meebrengen komen overeen met de combinatie van aanzienlijke accidentele schade aan een verpakking met verbruikte splijtstof tijdens het neerdalen, en de plotse aanwezigheid van water'<sup>36</sup>.

Het tweede risico zit in het feit dat elke ruimte waar waterstof aanwezig kan zijn verplicht moet worden geventileerd om een explosie te voorkomen: het is belangrijk om op te merken dat een dergelijke explosie kan plaatsvinden wanneer er een waterstofniveau van 4% wordt bereikt en één kubieke meter waterstof gelijk is aan de explosiekracht van ongeveer 2 kg TNT. In het licht hiervan is het moeilijk om te zien hoe tijdens de exploitatiefase galerijen van bijna één kilometer lang kunnen worden geventileerd als ze aan één uiteinde worden afgesloten, zonder enige luchtventilatie.



# SAMENVATTING

## — GRAAFZONES (BREUKEN) EN MIGRATIE VAN RADIOACTIEVE ELEMENTEN

De mechanische beperkingen van graven in een plastisch gesteente zoals klei, leiden tot een zogenaamde 'door graafwerken beschadigde zone' (GBZ), die, afhankelijk van de gebruikte graafmethode, kan groeien tot ongeveer 2,1 keer de straal van de uitgegraven ruimte<sup>37</sup>. Deze zone is bijzonder kwetsbaar, aangezien galerijen een diameter hebben van zes meter (nuttige oppervlakte) en het installeren van dragers draagstructuren een graafdiepte uitgraving van minstens acht meter vereist. Dit resulteert in een 4-5 keer grotere<sup>38</sup> doorlaatbaarheid in de kleilaag in een zone tot op zo'n 16 meter van de bergingsgalerijen. Hierdoor blijft er slechts een laag aan onbeschadigde klei van zo'n 40 meter over als buffer voor de aanpalende watervoerende grondlagen.

## — OPERATIONELE PERIODE EN BRANDRISICO'S

Zoals hierboven vermeld is klei zeer gevoelig voor temperatuurverhogingen. Dit betekent dat een ondergrondse brand, wat een 'oven'effect en warmte-afvoer veroorzaakt, zeer snel een temperatuurverhoging teweegbrengt. Een mogelijke oorzaak is het in brand schieten van een transportband naar aanleiding van een onderhoudsprobleem (olie, diesel, batterij), zoals zich heeft voorgedaan in de Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), een bergingssite in de VS. Een andere mogelijke oorzaak is een chemische reactie tussen componenten (voorbeelden zijn een explosie, ook in de WIPP, en de StocaMinebrand). Deze voorbeelden tonen aan dat de dunheid van de kleilaag geen afwijking of aardverschuiving die doorgaans met dit soort incidenten wordt geassocieerd, zou aankunnen.

## PROJECTSTRUCTUUR

Het is duidelijk dat de structuur van het project nog steeds inherente, aanzienlijke en meerdere risico's inhoudt. Essentieel hierbij is:

- de keuze van de kleimatrix voor diepe berging, een gesteente dat is verzadigd met water en niet zelfdragend is,
- de (on)diepte van de site, te dicht bij het oppervlak en enkele tientallen meters verwijderd van belangrijke drinkwaterbronnen die reeds worden gebruikt,
- de te dunne kleilaag, die daarenboven licht helt (met een percentage dat overeenkomt met een afwijking van 40 meter voor een daling van 2% over 2 kilometer). Dergelijke infrastructuren zouden een strikt horizontaal ontwerp vereisen door het verkeer en de vertakking. Het is ook belangrijk om de vele operationele risico's die worden geassocieerd met co-activiteiten (tegelijk de site uitbouwen en al met de berging van de eerste verpakkingen starten) en aanzienlijke verstoringen door krachtige ventilatie dicht bij residentiële gebieden op te merken. We mogen evenmin de lange tijdsspanne voor dit soort sites vergeten; hoe. Hoe waterdicht zullen de schachten nog zijn binnen een eeuw? Hoe kunnen galerijen die ingestort zijn, worden onderhouden? Hoe zal het afval evolueren? Een perfect voorbeeld is de in 2014 vastgestelde aanwezigheid van gel op bepaalde vaten, of stabiliteitsproblemen in deze vaten na verloop van tijd<sup>39</sup>.

## PROJECTKOST

De projectkosten hebben duidelijke schommelingen vertoond door onzekerheden inzake inventarissen (onder andere met betrekking tot de vraag om wel of niet op te werken), door momenteel nog onverwerkt radiumafval (in Olen), en, bovenal, door de keuze van het gastgesteente en het bergingsconcept. De totale kost, met inbegrip van een marge voor ongeplande gebeurtenissen, werd geraamd op 3 miljard euro in 2011<sup>40</sup>, en nu op 8 tot 10 miljard euro<sup>41</sup>.

# INZICHTEN

---

Aangezien deze goed geïdentificeerde risico's en blijvende onzekerheden inherent zijn aan de complexiteit van de fenomenen en hun evolutie over een grote tijdsperiode, is het niet aangewezen om voor het beheer van het hoogradioactief afval nu snel een keuze te maken tussen een optie voor de middellange termijn (verlengde gecontroleerde opslag) en een definitieve optie voor de lange termijn (definitieve ondergrondse berging).

Om deze last niet over te dragen aan toekomstige generaties en met in het achterhoofd het door gebrek aan kennis en inzicht dumpen van radioactief afval in zee, zou het beter zijn om een benadering te kiezen die beide opties combineert. Dit brengt het volgende met zich mee:

**1.**

**Afval veilig langdurig stockeren in opbergfaciliteiten voor minstens 100 jaar, zodat het thermisch vermogen van de verpakkingen met verbruikte splijtstoffen kan afnemen, samen met de thermische ontgassing, maar ook;**

**Toekomstige generaties twee giften meegeven, waardoor ze dit afvalprobleem op een adequate manier, met betere inzichten en meer kennis ter zake, kunnen aanpakken :**

**2.**

**Voldoende fondsen voorzien in de huidige periode (op basis van een betere kostenbeoordeling), en;**

**3.**

**Alle data verzamelen die nodig zijn om op doordachte wijze een definitieve oplossing op lange termijn te kiezen, door middel van langlopend onderzoek en representatieve tests van de eigenschappen voor ondergrondse berging van verschillende gastformaties.**

- 
- 1 ONDRAF/NIRAS Onderzoek, Ontwikkeling en Demonstratie (OO&D) Plan 2012 (NIROND TR 2013-12E), pagina 59
  - 2 NIROND TR 2013-12E, pagina 60 (in het Frans)
  - 3 NIROND TR 2013-12E, pagina 66 (in het Frans)
  - 4 Kamer van Vertegenwoordigers Resolutie 541/9-91/92 betreffende het gebruik van splijtstoffen die plutonium en uranium bevatten in Belgische nucleaire fabrieken en betreffende de voordelen van de herverwerking van splijtstofstaven, vastgesteld op 22 december 1993
  - 5 ONDRAF Afvalplan, september 2011 (NIROND 2011-02 F), pagina 24 (in het Frans)
  - 6 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0070&from=RO>
  - 7 NIROND-TR 2013-12 E, pagina 350 (in het Frans)
  - 8 NIROND-TR 2013-12 E, pagina 190 (in het Frans)
  - 9 Thesis van M. Mouazen, 2011 – Evolution des propriétés rhéologiques des enrobés bitume, pagina 179 (in het Frans)
  - 10 ANDRA – Dossier Argile 2009, concepts d’entreposage, pagina 282 (rapport over klei, onderdeel over concepten rond afvalbeheer, in het Frans).
  - 11 ANDRA – Dossier Argile 2005, Architecture du stockage, pagina 456 (Idem, onderdeel over bergingsarchitectuur, in het Frans)
  - 12 NIROND-TR 2013-12 E, pagina 350 (in het Frans)
  - 13 ANDRA – Dossier Argile 2005, Evaluation faisabilité, pagina 47 (haalbaarheidsbeoordeling, in het Frans)
  - 14 ANDRA – Dossier Argile 2005, Architecture du stockage, pagina 146 (Idem, onderdeel over bergingsarchitectuur, in het Frans)
  - 15 ANDRA – Dossier Argile 2005, Architecture du stockage, pagina 144 (Idem, onderdeel over bergingsarchitectuur, in het Frans)
  - 16 NIROND 2011-02 F, pagina 140 (in het Frans)
  - 17 NIROND 2011-02 F, pagina's 135 en 140 (in het Frans)
  - 18 NIROND-TR 2013-12 E, pagina 89 (in het Frans)
  - 19 NIROND-TR 2013-12 E, pagina 253 (in het Frans)
  - 20 NIROND TR 2013-12 E, pagina's 69 en 76
  - 21 NIROND TR 2013-12 E, pagina 69
  - 22 NIROND TR 2013-12 E, pagina 74
  - 23 Id.
  - 24 NIROND TR 2013-12 E, pagina 212
  - 25 NIROND TR 2013-12 E, pagina 221
  - 26 ANDRA – Dossier Argile 2005, Architecture du stockage, pagina 281 (Idem, onderdeel over bergingsarchitectuur, in het Frans)
  - 27 Het Praclay-verwarmingsexperiment, EURIDICE-rapport, 2017, pagina 24
  - 28 Het Praclay-verwarmingsexperiment, EURIDICE-rapport, 2017, pagina 33
  - 29 Thesis van Pierre Gérard, Impact des transferts de gaz sur le comportement poro-mécanique des matériaux argileux, Mei 2011 (TPG) (in het Frans)
  - 30 TPG, pagina 26
  - 31 TPG, pagina 56

---

32 TPG, pagina 137

33 TPG, pagina 141

34 NIROND TR 2013-12 E, pagina 169

35 TPG, pagina 58

36 ANDRA – Dossier Argile 2005, Evaluation faisabilité, pagina 30 (haalbaarheidsbeoordeling, in het Frans)

37 TPG, pagina 170

38 ANDRA – Dossier Argile 2005, Architecture du stockage, pagina 352 (Fenomenologische veranderingen en berging, in het Frans)

39 ONDRAF – 26/09/2014 Persbericht

40 NIROND TR 2013-12 E, pagina 133

41 Les échos.be – Des milliards supplémentaires pour stocker les déchets nucléaires – 22 augustus 2018 (in het Frans).

---

**DEZE BRIEFING WERD IN NOVEMBER 2018 GEPUBLICEERD DOOR GREENPEACE FRANCE**

**AUTEUR:** BERTRAND THUILLIER

**COÖRDINATIE:** SHAUN BURNIE, GREENPEACE GERMANY

**DESIGN:** ALEXANDRA BAUSCH, BÜREAU-ABCD.COM

**VERTALING:** VERLINGUA (OORSPRONKELIJKE VERSIE IN HET FRANS)

**GREENPEACE IS EEN INTERNATIONALE EN ONAFHANKELIJKE ORGANISATIE DIE  
SCHENDINGEN VAN HET LEEFMILIEU AANKLAAGT EN DURRZAME OPLOSSINGEN AANREIKT.**

---