

## BARRIÈRE D'ÉTANCHÉITÉ PAR PALFEUILLE PEHD

### VERTICAL BARRIER WITH HDPE PANELS

Jean-Luc MEUSY

AGRU Environnement France, Rouen, France

**RÉSUMÉ** – Cet article présente le confinement vertical d'un site pollué dans le sud de la France. Il s'agissait de bloquer la migration de la pollution en créant une barrière étanche verticale sur une profondeur variable de 8 à 15m, pour isoler une zone de 16 000 m<sup>2</sup> de surface.

Mots-clés : palfeuille; confinement vertical ; clé de raccordement ; bentonite ciment

**ABSTRACT** – The article presents the vertical confinement of a site polluted in the south of the France. It is a question of blocking the migration of the pollution, by creating a watertight barrier on a depth of 8 up to 15m on an area of 16 000m<sup>2</sup>

Keywords: panels; vertical curtain; keys of connecting; cement bentonite

### 1. Introduction

Dans un site industriel situé dans le sud de la France, appartenant au groupe AREVA et assurant la première étape de la conversion de l'uranium qui sert de combustible aux centrales nucléaires, divers déversements accidentels, dans le passé, ont créé une pollution des terres. Après avoir étudié différentes solutions, les experts ont retenu la solution d'un confinement vertical permettant de bloquer la pollution. La zone concernée couvre une surface de 16 000m<sup>2</sup>, avec une profondeur variable de 8 à 15m. L'étanchéité a été réalisée par palfeuille : géomembrane en PEHD de 2mm, sur laquelle sont soudées des clés de raccordement.

La solution du confinement par palfeuille PEHD a permis de répondre aux contraintes du Maître d'Ouvrage : résistance chimique ; très faible perméabilité, rapidité et souplesse de mise en œuvre.

L'article présente la préfabrication des panneaux et leur mise en œuvre.

### 2. Présentation succincte du procédé

La palfeuille PEHD est descendue dans l'horizon étanche (Figure 1)

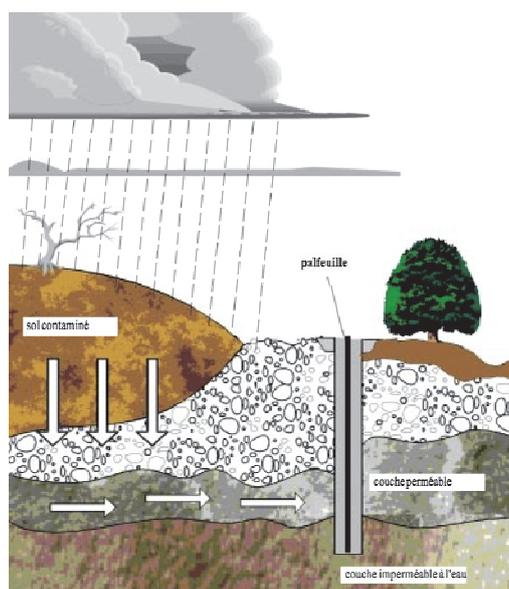


Figure 1. Coupe schématique d'un confinement vertical

### 3. L'organisation

#### 3.1 Les intervenants

Entreprises de forage et de pose des palfeuilles : groupement SEFI INTRAFOR - SPIE  
Fabrication de la géomembrane et de la clé PEHD : AGRU Autriche  
Entreprise mandataire pour la fourniture et l'assistance technique : AGRU France  
Fabrication des palfeuilles : Société MACKO

#### 3.2 Les contraintes

##### 3.2.1 Du Maître d'Ouvrage

L'industrie nucléaire impose des contraintes draconiennes : formations ; règles de sécurité strictes ; horaires de travail ; contrôle systématique de toutes les procédures...

##### 3.2.2 Météorologiques

Le chantier a été réalisé à l'été 2012, sur un site exposé à la tramontane > à 100km/h et les températures pouvant atteindre 40°C à l'ombre.

Devant ces contraintes, les palfeuilles ont été préfabriquées à l'abri, à l'extérieur du chantier.

### 4. La Préfabrication des palfeuilles

Pour ce type d'ouvrage, les palfeuilles sont généralement fabriquées en 5m de large. Cette largeur a été réduite à 2,50m (Figure 2), afin de limiter la prise au vent lors de la pose. Près de 600 panneaux ont été ainsi préfabriqués.

Le raccordement clé/géomembrane est assuré par soudure automatique et chaque panneau est numéroté (Figure 3).



Figure 2. Aire de préfabrication - ici panneau de 13,30m



Figure 3. Soudure clé /Géomembrane

La clé est pourvue d'une bavette permettant la soudure (Figure 4). L'emboîtement des panneaux est réalisé avec des clés symétriques (Figure 5).

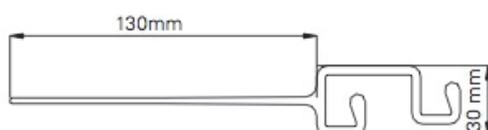


Figure 4. Coupe de la clé



Figure 5. Raccordement de 2 clés

### Contrôle des soudures

La totalité des soudures a été contrôlée par la mise en pression du canal. Le principe est de boucher les extrémités du canal à l'extrusion (Figure 7) ou au serre joint (Figure 8) : Pour un bouchage à l'extrusion, le meulage préalable (Figure 6) doit être effectué. Le canal est ensuite mis en pression (2 bars) pendant 3 minutes (Figure 8).

Des essais destructifs, Géomembrane / clé sont également effectués chaque jour.

Tous ces essais ont été reportés sur un tableau et transmis au client (Figure 9).



Figure 6. Meulage



Figure 7. Extrusion



Figure 8. Test de pression à l'aiguille

DATE DU CONTRÔLE		OPERATEUR	N° DE ROULEAU	N° DE MEMBRANE	ZONE	LARGEUR MEMBRANE	LONGUEUR MEMBRANE	G.E. DROITE - TEST A L'AIR				CONFORMITE	OBSERVATIONS	G.E. GAUCHE - TEST A L'AIR				CONFORMITE	OBSERVATIONS
								DUREE	PRESSION DEBUT	PRESSION FIN	PERTE CONSTATEE	ON		DUREE	PRESSION DEBUT	PRESSION FIN	PERTE CONSTATEE	ON	
								mm	bars	bars	%			mm	bars	bars	%		
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	21	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	22	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	23	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	24	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	25	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	26	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	27	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	28	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	29	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
17/07/12	D. TAVERNA	112 230 005	30	SPIE	2.50 + 0.18	10.50	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	31	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	32	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	33	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	34	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	35	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	36	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	37	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	38	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	39	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
18/07/12	D. TAVERNA	112 230 004	40	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
20/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	41	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
20/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	42	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
20/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	43	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
20/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	44	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
20/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	45	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	46	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	47	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	48	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	49	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	50	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	51	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	52	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	53	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	54	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	
23/07/12	D. TAVERNA	112 230 003	55	SPIE	2.50 + 0.18	8.90	1	2.00				oui		1	2.00			oui	

N° DE ROULEAU : référence du rouleau 5.00 x 100.00 m de l'usine Astrichienne  
 ZONE : zone Nord ou zone Sud => SEFI INTRAFOR = Zone Nord et SPIE FONDATIONS = Zone Sud

ETALONNAGE APPAREIL DE SOUDURE - TEST DE TRACTION					
DATE DU CONTRÔLE	OPERATEUR	N° DE ROULEAU	N° DE MEMBRANE CONCERNÉE	APPAREIL	TEST DE TRACTION
					CONFORMITE
					ON
17/07/12	D. TAVERNA	112230004		manuel	oui
18/07/12	D. TAVERNA	112230004		manuel	oui
23/07/12	D. TAVERNA	112230003		manuel	oui

VISAS		
OPERATEUR	RESPONSABLE AGRU / MACKO	RESPONSABLE ENTREPRISES
Nom :	Nom :	Nom :
Date :	Date :	Date :
Visa :	Visa :	Visa :

Figure 9. Rapport des contrôles de soudure

Les panneaux sont ensuite chargés dans une remorque (Figure 10).



Figure 10. Chargement des panneaux

## 5. Travaux sur site

### 5.1 Le terrassement

La tranchée qui recevra les palfeuilles est réalisée avec 2 bennes à câble, permettant ainsi 2 postes de travail. Des murettes guide en béton, d'une hauteur de 1m, permettent le guidage de ces bennes et de consolider la partie supérieure de la paroi (Figure 11). Les matériaux excavés sont ensuite transportés sur un site de traitement (Figure 12). La bentonite ciment est amenée par un tuyau et permet de combler la tranchée, au fur et à mesure de l'excavation (Figure 13).



Figure 11. Vue des murettes guide



Figure 12. Benne à câble



Figure 13. Tuyau alimentant la tranchée de bentonite ciment

## 5.2 Mise en œuvre de la palfeuille

### 5.2.1 Le portique

La palfeuille est fixée sur un portique métallique au moyen de sangles à cliquets (Figure 14). Le portique permet le lestage et le guidage de la palfeuille lors de sa descente dans la tranchée de bentonite ciment.

Sur cette même photo, on visualise la clé de raccordement qui dépasse du portique.

Le panneau est ensuite transporté jusqu'au pied de la tranchée. Lors de ce déplacement, le portique est guidé parallèlement au vent (Figure 15).

### 5.2.2 La descente dans la tranchée

L'importance du chantier nécessite 2 postes de travail. Un premier panneau a été descendu. Il détermine l'axe du chantier. Les 2 entreprises travailleront de part et d'autre de celui-ci (Figure 16).

Des ouvriers assurent le guidage pour l'enclenchement du panneau ainsi qu'à sa descente (Figure 17).

Le panneau est descendu jusqu'à l'horizon étanche. Il est maintenu tendu, en partie supérieure, grâce à des chevalets qui seront conservés jusqu'à la prise de la bentonite ciment (Figures 18 et 21). Cette première figure montre également la clé témoin, reliée à une cordelette, permettant de contrôler la descente du portique jusqu'à la profondeur déterminée.

On décroche ensuite la palfeuille du portique et ce dernier est remonté (Figure 19).

À la fin de la journée, on vient descendre, aux extrémités des palfeuilles, un profilé qui permettra de protéger la clé de la prise de la bentonite ciment et ainsi assurer, le lendemain, la descente du panneau suivant (Figure 20).



Figure 14. Fixation de la partie supérieure



Figure 15. Guidage du portique



Figure 16. Les deux postes de travail



Figure 17. Guidage lors de la descente

## 6. Passage de canalisations

Le raccordement de plusieurs canalisations traversant la tranchée à -2,00m de la surface, faisait partie des contraintes du chantier. En effet, ces canalisations utilisées pour le procédé industriel ne devaient pas s'arrêter de fonctionner.

Le terrassement, ainsi que la pose des panneaux, ont demandé un soin tout particulier autour de ces ouvrages.



Figure 18. Chevalet + clé de contrôle



Figure 19. Récupération du portique



Figure 20. Profilé de « fin de journée »

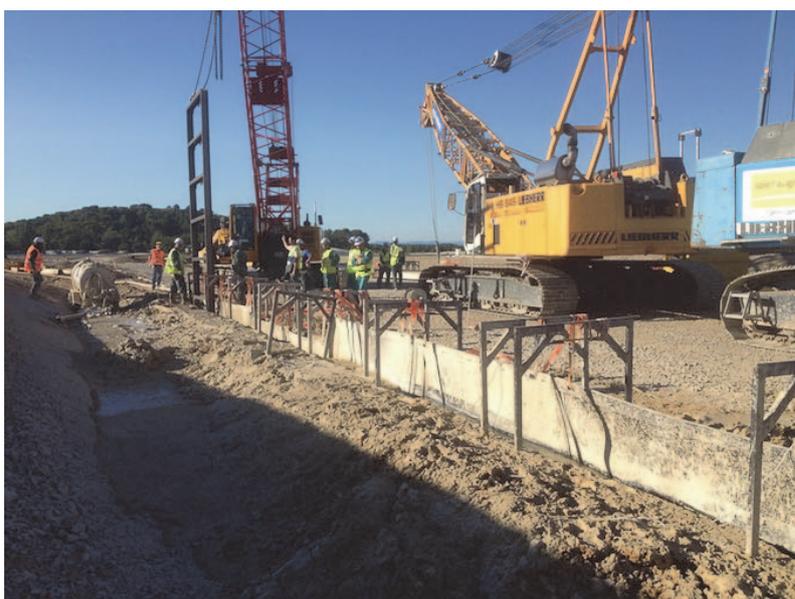


Figure 21 : Vue de quelques palfeuilles

Le raccordement a été réalisé selon le principe de la manchette ouverte (Figure 21), après avoir excaver la bentonite ciment et sécurisé la zone de travail (Figure 22). Toutes les soudures ont été contrôlées au peigne électrique.

## 7. Calcul de la perméabilité de l'écran

Le passage du polluant n'est possible qu'au travers de la clé (Figures 4 et 5). La valeur de la perméabilité de paroi dépend donc de la perméabilité de la clé et du coulis :

Le chemin de percolation à travers la clé a un développé de 200mm.

La largeur de la tranchée est de 600mm.

Le facteur  $f_1$  (avec/sans clé) :  $600/800 = 7,5 \cdot 10^{-1}$ .

La largeur des panneaux est de 2500m.

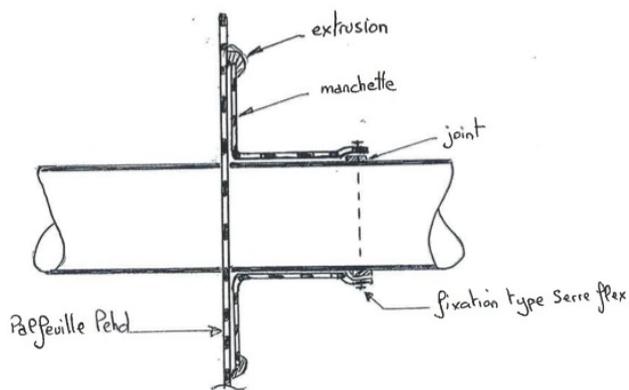


Figure 21. Principe de la manchette



Figure 22. Soudure de la manchette PEHD

L'espacement maximal perméable entre les clés est de 1,5mm

Le facteur  $f_2$ :  $1,5/2500 = 6 \times 10^{-4}$

Perméabilité du coulis :  $1 \times 10^{-10}$  m/s

Perméabilité palfeuille + coulis :  $7,5 \times 10^{-1} \times 6 \times 10^{-4} = 4,5 \cdot 10^{-14}$  m/s

La valeur initialement demandée par le Maître d'œuvre était de  $10^{-10}$  m/s

## 8. Récupération des polluants et contrôle de l'étanchéité

Dans certains cas, on remplace la bentonite-ciment par une boue biodégradable, ce qui permet de réaliser un écran drainant devant la palfeuille et ainsi de pomper les polluants (Figure 24). L'étanchéité peut-être contrôlée par la mise en place de piézomètres de part et d'autre de la palfeuille (Figure 24).



Figure 24. Vue de la tranchée drainante et d'un piézomètre

## 9. Conclusions

Le confinement par palfeuille permet de bloquer, in situ, une pollution, en obtenant un résultat immédiat, tout en limitant sensiblement les travaux de terrassement. Ces résultats sont observables par le contrôle des piézomètres mis en place derrière la palfeuille. Cette technique permet également de créer une barrière drainante devant le rideau de palfeuille, afin de récupérer les polluants.

Le confinement par palfeuille est une solution alternative appréciable, face à certaines méthodes traditionnelles de dépollution, plus longues et plus onéreuses.