
ANNEXE C – Analyse structurale des conduites

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada ltd)		ASA André Simard et associés		
Description du projet				
Client : Intersan		N° projet : 04-1915		
Titre du projet : Aménagement du LÉT de Magog		Date : 13-09-2005		
Ingénieur de projet : Natalie Gagné				
Localisation de la conduite				
Cellule d'enfouissement technique N° :		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11		
Type de conduite : Collecteur de cellule PEHD 150 mm perforée		Chaînage aval : s/o		
Remarques :		Chaînage amont : s/o		
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre extérieur de la conduite		OD	mm	168,28
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t_{min}	mm	15,29
Rayon moyen de la conduite		r	mm	76,50
Paramètres de calcul - Charge verticale du sol (Prism load method)		Épaisseur (m)	Masse volumique (kg/m ³)	Charge totale (kg/m)
Couche 1 : Matériau de recouvrement		0,9	2000	1800
Couche 2 : Déchets		27	850	22950
Couche 3 : Couche drainante		0,5	2200	1100
Couche 4 :				0
Couche 5 :				0
Charge verticale totale des sols		28,4	910	25850
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa	253
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre cumulatif des perforations par unité de longueur		d _p	mm	10,0
Espacement des perforations c/c		e _p	mm	75,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		L _p	m	0,133
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa	292,5
Paramètres de calcul (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre extérieur de la conduite		OD	inches	6,625
Diamètre intérieur de la conduite		ID	inches	5,421
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t_{min}	inches	0,602
Rayon moyen de la conduite		r	inches	3,012
Modulé d'élasticité apparent de la conduite (30000 psi)		E	psi	30000
Moment d'inertie par unité de longueur de la section transversale de la conduite		I	inches ⁴ /inch	0,0182
Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement dans le temps		D _t	--	1
Constante de butée		K _s	--	0,083
Module de réaction du sol (voir tableau 3)		E'	psi	3000
Charge verticale totale des sols		V _c	psi	37
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	psi	42
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	244
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	281
Charge vive sur la conduite causée par la circulation (voir figure 3)		V _w	psi	0
Charge vive sur la conduite par unité de longueur		W _w	lbs/inch	0
Charge totale		V _T	psi	37
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	psi	42
Charge totale par unité de longueur		W _T	lbs/inch	244
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	lbs/inch	281

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada ltd)		ASA André Simard et associés	
Description du projet			
Client : Intersan		N° projet : 04-1915	
Titre du projet : Aménagement du LET de Magog		Date : 13-09-2005	
Ingénieur de projet : Natalie Gagné			
Localisation de la conduite			
Cellule d'enfouissement technique N° :		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11	
Type de conduite : Collecteur de cellule PEHD 150 mm perforée		Chaînage aval : s/o	
Remarques :		Chaînage amont : s/o	
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbole	Unité
Charge compressive maximale admissible (psi)		σ_c	psi
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite		σ_c	psi
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée		σ_c	psi
Déflexion verticale maximale (formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Unité
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifiée)		Y	inches
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifiée)		Y	inches
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)		Y/OD _{ADM}	%
Deflexion sur le diamètre moyen de la conduite		Y/OD	%
Deflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée		Y/OD	%
Flambage de la paroi q_a - q_a		Symbole	Unité
Desing Factor = 0,40		DF	--
Hauteur de l'eau souterraine au-dessus de la conduite		hw	inches
Hauteur du sol au-dessus de la conduite		h	inches
Pression de vacuum dans la conduite		Pv	psi
Facteur de poussée d'archimède		Rw	
Coefficient empirique du support élastique		B'	
Charge maximale de flambage acceptable		q _a	psi
Charge de flambage appliquée		σ_a	psi
Charge de flambage appliquée conduite perforée		σ_a	psi

Harrison S., Watkins R.K. HDPE leachate collection pipe design by fundamentals of mechanics. 19th International Madison Waste Conference, Municipal and Industrial waste. University of Wisconsin-Madison, september 25-26, 1996.

- The field evidence of case histories show that deflection up to at least 20% do not lead to failure (Case histories on file at ASTM);
- Ease of cleaning considerations suggest that deflection should be kept below 5% à 7%;
- Fortunately for landfill designer, deflection should not usually be an issue.

Sharma H.D., Lewis P.L., 1994. "Waste Containment Systems, Waste Stabilization and Landfills, Design and evaluation". John Wiley & sons inc.

- If the prism load equation is use, the deflection lag factor can be reduce to 1.0 because the prism load has been found to be approximately 1.5 times greater than the load determined using Marston's equation.

Tableau 1 Déflexion maximale admissible

Ratio dimension	%Déflexion admissible
32,5	8,6
26	6,5
21	5
17	4
11	3,3
9	2,6

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada Ltd)		ASA André Simard et associés		
Description du projet				
Client : Intersan		N° projet : 04-1915		
Titre du projet : Aménagement du LET de Magog		Date : 13-09-2005		
Ingénieur de projet : Natalie Gagné				
Localisation de la conduite				
Cellule d'enfouissement technique N° :		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11		
Type de conduite : Collecteur de cellule PEHD 150 mm perforée		Chaînage aval : s/o		
Remarques :		Chaînage amont : s/o		
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre extérieur de la conduite		OD	mm	168,28
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	mm	15,29
Rayon moyen de la conduite		r	mm	76,50
Paramètres de calcul - Charge verticale du sol (Prism load method)		Épaisseur	Masse volumique	Charge totale
		(in)	(kg/m ³)	(kg/m)
Couche 1 : Matériau de recouvrement		0,9	2000	1800
Couche 2 : Déchets		27	850	22950
Couche 3 : Couche drainante		0,5	2200	1100
Couche 4 :				0
Couche 5 :				0
Charge verticale totale des sols		28,4	910	25850
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa	253
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre cumulé des perforations par unité de longueur		d _p	mm	10,0
Espacement des perforations c/c		e _p	mm	50,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		L _p	m	0,200
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa	316,9
Paramètres de calcul (formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Unité	PEHD 150 DR11
Diamètre extérieur de la conduite		OD	inches	6,625
Diamètre intérieur de la conduite		ID	inches	5,421
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	inches	0,602
Rayon moyen de la conduite		r	inches	3,012
Module d'élasticité apparent de la conduite (30000 psi)		E	psi	30000
Moment d'inertie par unité de longueur de la section transversale de la conduite		I	inches ⁴ /inch	0,0182
Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement dans le temps		D _t	-	1
Constante de butée		K _s	-	0,083
Module de réaction du sol (voir tableau 3)		E'	psi	3000
Charge verticale totale des sols		V _c	psi	37
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	psi	46
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	244
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	304
Charge vive sur la conduite causée par la circulation (voir figure 3)		V _w	psi	0
Charge vive sur la conduite par unité de longueur		W _w	lbs/inch	0
Charge totale		V _T	psi	37
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	psi	46
Charge totale par unité de longueur		W _T	lbs/inch	244
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	lbs/inch	304

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada Ltd)		ASA André Simard et associés	
Description du projet			
Client : Intersan		N° projet : 04-1915	
Titre du projet : Aménagement du LÉT de Magog		Date : 13-09-2005	
Ingénieur de projet : Natalie Gagné			
Localisation de la conduite			
Cellule d'enfouissement technique N° :		Diamètre nominal : PEHD 150 DR11	
Type de conduite : Collecteur de cellule PEHD 150 mm perforée		Chaînage aval : s/o	
Remarques :		Chaînage amont : s/o	
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbol	Unité
Charge compressive maximale admissible (psi)		σ_c	psi
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite		σ_c	psi
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée		σ_c	psi
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbol	Unité
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifiée)		Y	inches
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifiée)		Y	inches
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)		Y/OD _{ADM}	%
Deflexion sur le diamètre moyen de la conduite		Y/OD	%
Deflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée		Y/OD	%
Flambage de l'aparcilic - q _a		Symbol	Unité
Desing Factor = 0,40		DF	--
Hauteur de l'eau souterraine au-dessus de la conduite		hw	inches
Hauteur du sol au-dessus de la conduite		h	inches
Pression de vacuum dans la conduite		Pv	psi
Facteur de poussée d'archimède		Rw	
Coefficient empirique du support élastique		B'	
Charge maximale de flambage acceptable		q _a	psi
Charge de flambage appliquée		σ_a	psi
Charge de flambage appliquée conduite perforée		σ_a	psi

Harrison S., Watkins R.K. HDPE leachate collection pipe design by fundamentals of mechanics. 19th International Madison Waste Conference, Municipal and Industrial waste. University of Wisconsin-Madison, september 25-26, 1996.

- The field evidence of case histories show that deflection up to at least 20% do not lead to failure (Case histories on file at ASTM);
- Ease of cleaning considerations suggest that deflection should be kept below 5% à 7%;
- Fortunately for landfill designer, deflection should not usually be an issue.

Sharma H.D., Lewis P.L., 1994. "Waste Containment Systems, Waste Stabilization and Landfills, Design and evaluation". John Wiley & sons inc.

- If the prism load equation is use, the deflection lag factor can be reduce to 1.0 because the prism load has been found to be approximately 1.5 times greater than the load determined using Marston's equation.

Ratio dimension	%Déflexion admissible
32,5	8,6
26	6,5
21	5
17	4
11	3,3
9	2,6

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada Ltd)		ASA André Simard et associés		
Description du projet				
Client : Intersan		N° projet : 04-1915		
Titre du projet : Aménagement du LET de Magog		Date : 13-09-2005		
Ingénieur de projet : Natalie Gagné				
Localisation de la conduite				
Cellule d'enfouissement technique N° :		Diamètre nominal : PEHD 200 DR11		
Type de conduite : Collecteur principal PEHD 200 mm non perforé		Chaînage aval : s/o		
Remarques :		Chaînage amont : s/o		
Paramètres de calcul - Conduite		Symbole	Unité	PEHD 200 DR11
Diamètre extérieur de la conduite		OD	mm	216,69
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	mm	19,91
Rayon moyen de la conduite		r	mm	98,39
Paramètres de calcul - Charge Verticale au sol (Prism load method)		Épaisseur	Masse volumique	Charge totale
		(in)	(lb/ft ³)	(lb/ft ²)
Couche 1 : Matériau de recouvrement		0,9	2000	1800
Couche 2 : Déchets		27	850	22950
Couche 3 : Couche drainante		0,5	2200	1100
Couche 4 :				0
Couche 5 :				0
Charge verticale totale des sols		28,4	910	25850
Charge verticale totale des sols		V_c	Kpa	253
Ajustement pour conduite perforée		Symbole	Unité	PEHD 200 DR11
Diamètre cumulé des perforations par unité de longueur		d _p	mm	0,0
Espacement des perforations c/c		e _p	mm	1,0
Longueur cumulative des perforations par longueur unitaire des conduites		t _p	m	0,000
Charge verticale totale des sols sur conduite perforée		V_c	Kpa	253,5
Paramètres de calcul (Formule d'ova modifié)		Symbole	Unité	PEHD 200 DR11
Diamètre extérieur de la conduite		OD	inches	8,531
Diamètre intérieur de la conduite		ID	inches	6,963
Épaisseur minimale de la paroi de la conduite		t _{min}	inches	0,784
Rayon moyen de la conduite		r	inches	3,874
Module d'élasticité apparent de la conduite (30000 psi)		E	psi	30000
Moment d'inertie par unité de longueur de la section transversale de la conduite		I	inches ⁴ /inch	0,0402
Facteur de compensation pour l'accroissement du fléchissement dans le temps		D _t	--	1
Constante de butée		K _s	--	0,083
Module de réaction du sol (voir tableau 3)		E'	psi	3000
Charge verticale totale des sols		V _c	psi	37
Charge verticale totale des sols sur la conduite perforée		V _c	psi	37
Charge verticale des sols sur la conduite par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	314
Charge verticale des sols sur la conduite perforée par unité de longueur		W _{cp}	lbs/inch	314
Charge vive sur la conduite causée par la circulation (voir figure 3)		V _w	psi	0
Charge vive sur la conduite par unité de longueur		W _w	lbs/inch	0
Charge totale		V _T	psi	37
Charge totale sur la conduite perforée		V _T	psi	37
Charge totale par unité de longueur		W _T	lbs/inch	314
Charge totale par unité de longueur équivalente		W _T	lbs/inch	314

Évaluation structurale des conduites en PEHD Adapté de System design HDPE pipe (KWH pipe Canada Ltd)		ASA André Simard et associés	
Description du projet			
Client : Intersan	N° projet : 04-1915		
Titre du projet : Aménagement du LET de Magog	Date : 13-09-2005		
Ingénieur de projet : Natalie Cagné			
Localisation de la conduite			
Cellule d'enfouissement technique N° :	Diamètre nominal : PEHD 200 DR11		
Type de conduite : Collecteur principal PEHD 200 mm non perforé	Chaînage aval : s/o		
Remarques :	Chaînage amont : s/o		
Résistance en compression (Ring compression formula)		Symbole	Unité
Charge compressive maximale admissible (psi)	σ_c	psi	800
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite	σ_c	psi	200,0
Charge compressive calculée dans la paroi de la conduite perforée	σ_c	psi	200,0
Déflexion verticale maximale (Formule d'Iowa modifiée)		Symbole	Unité
Déflexion verticale calculée pour la conduite (Formule d'Iowa modifiée)	Y	inches	0,128
Déflexion verticale calculée pour la conduite perforée (Formule d'Iowa modifiée)	Y	inches	0,128
Déflexion verticale admissible retenue (Voir tableau 1 et référence)	Y/OD _{ADM}	%	3,3%
Deflexion sur le diamètre moyen de la conduite	Y/OD	%	1,50%
Deflexion sur le diamètre moyen de la conduite perforée	Y/OD	%	1,50%
Flambage de la paroi ($\sigma_a < \sigma_c$)		Symbole	Unité
Desing Factor = 0,40	DF	--	0,4
Hauteur de l'eau souterraine au-dessus de la conduite	hw	inches	0
Hauteur du sol au-dessus de la conduite	h	inches	1032
Pression de vacuum dans la conduite	Pv	psi	0
Facteur de poussée d'Archimède	Rw		1,0
Coefficient empirique du support élastique	B'		1,0
Charge maximale de flambage acceptable	qa	psi	198
Charge de flambage appliquée	σ_a	psi	40
Charge de flambage appliquée conduite perforée	σ_a	psi	40

Harrison S., Watkins R.K. HDPE leachate collection pipe design by fundamentals of mechanics. 19th International Madison Waste Conference, Municipal and Industrial waste. University of Wisconsin-Madison, september 25-26, 1996.

- The field evidence of case histories show that deflection up to at least 20% do not lead to failure (Case histories on file at ASTM);

- Ease of cleaning considerations suggest that deflection should be kept below 5% à 7%;

- Fortunately for landfill designer, deflection should not usually be an issue.

Sharma H.D., Lewis P.L., 1994. "Waste Containment Systems, Waste Stabilization and Landfills, Design and evaluation". John Wiley & sons inc.

- If the prism load equation is use, the deflection lag factor can be reduce to 1.0 because the prism load has been found to be approximately 1.5 times greater than the load determined using Marston's equation.

Ratio dimension	%Déflexion admissible
32,5	8,6
26	6,5
21	5
17	4
11	3,3
9	2,6