



# BARRICK

## RÉVISION DU PLAN DE RESTAURATION EST-MALARTIC

INFORMATION CONFIDENTIELLE  
PROPRIÉTÉ DU COMPLEXE BOUSQUET  
SOCIÉTÉ AURIFÈRE BARRICK

2, Chemin Bousquet  
Route 395  
Preissac (Québec)  
J0Y 2E0

Mars 2002 #2

**ANNEXE F**

**DIGUE OUEST**

PROJET: 9817011

# JOURNAL DE SONDAGE BH-106 A

PAGE 1 DE 2

LOCALISATION: 5330915.915 N - 408769.219 E

DATE DU FORAGE: 06/7 AVRIL 1991

DATUM: GEODESIQUE



MARTEAU D'ECHANTILLONNAGE, 63.5kg, COURSE, 760mm

MARTEAU DE PENETRATION, 63.5kg, COURSE, 760mm

PROFONDEUR METRES	METHODE	STRATIGRAPHIE		ECHANT.		PENETRATION DYNAMIQUE RESISTANCE, COUPS/0.3m		CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE, k, cm/s		ESSAIS AU LAB. ADDITIONNELS	INSTALLATION DE PIEZOMETRE
		DESCRIPTION	STRATIL.	ELEV. PROF. (m)	NUMERO	TYPE	COUPS/0.3m	RES. AU CISAIL Cu, kPa	nat.V. + rem.V. -		
0		surface		321.15							
1		CAILLOUX ET GRAVIER, tout venant brun, avec du sable et des blocs, matériaux de remplissage.		0.00							
2		RESIDUS MINIERs, gris, laches.		319.63							
3				1.52	1	DO 8					
4				317.32	2	DO 10					
5		TOURBE, brune, organique, avec des couches de silt.		1.76	3	DO 3					
6				315.74	4	DO 3					
7				5.41	5	DO 1					
8					6	TO PM	+				
9							+				
10					7	DO WR	+				
11							+				
12					8	TO PH	+				
13							+				
14							+				
15							+				
16							+				

CME 55 MARATHON  
 TAHERIE AME CREUSE (203 mm)  
 CME 55 MARATHON  
 TAHERIE AME CREUSE (203 mm)

SOL DE REMBLAI

MH

LAB

LAB

15 - 5 % DE DEFOR. AXIALE A LA RUPTURE

ECHELLE VERTICALE

## GOLDER ASSOCIÉS

JOURNAL PAR: P.V.

VERIFIE PAR: M.G.F.

PROJET: 961-7011

# JOURNAL DE SONDAGE BH-106 A

PAGE 2 DE 2

LOCALISATION: 5390915.915 N - 408769.219 E

DATE DU FORAGE: 6<sup>er</sup> AVRIL 1991

DATUM: GEODESIQUE

MARTEAU D'ECHANTILLONNAGE, 63.5kg. COURSE, 760mm

MARTEAU DE PENETRATION, 63.5kg. COURSE, 760mm



PROFONDEUR METRES	METHODE	STRATIGRAPHIE		ECHANT.		PENETRATION DYNAMIQUE RESISTANCE, COUPS/0.3m				CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE, k, cm/s		ESSAIS AU LAB ADDITIONNELS	INSTALLATION DE PIEZOMETRE	
		DESCRIPTION	STRATI.	ELEV. PROF. (m)	NUMERO	TYPE	COUPS/0.3m	RES. AU CISAILL Cu, kPa	nat.L.V. - +	rem.V. - ⊕	U - O			TAUX D'HUMIDITE, POURCENT
10		SUITE DE PAGE PRECEDENTE												
11					9	DO	WH						MH	
12		ARGILE SILTEUSE a SILT ET ARGILE, grise, ferme a raide, (a silt argileux en profondeur).			10	DO	WH							SOL DE REMBLAI
13	CME 55 MARATHON TARIERE A ME CREUSE (203 mm)													
14				307.13 14.02	11	DO	1							BENTONITE CIMENT
15		SILT, gris, lache.			12	DO	6							Sable- Filtre
16				305.00 16.15										Piezo 1/2" diam.
17		FIN DU FORAGE, refus sur socle rocheux probablement.												
18														
19														
20														

0  
15 → 5 % DE DEFOR. AXIALE A LA RUPTURE  
10

ECHELLE VERTICALE

1 : 50

GOLDER ASSOCIATES

JOURNAL PAR: P.V.

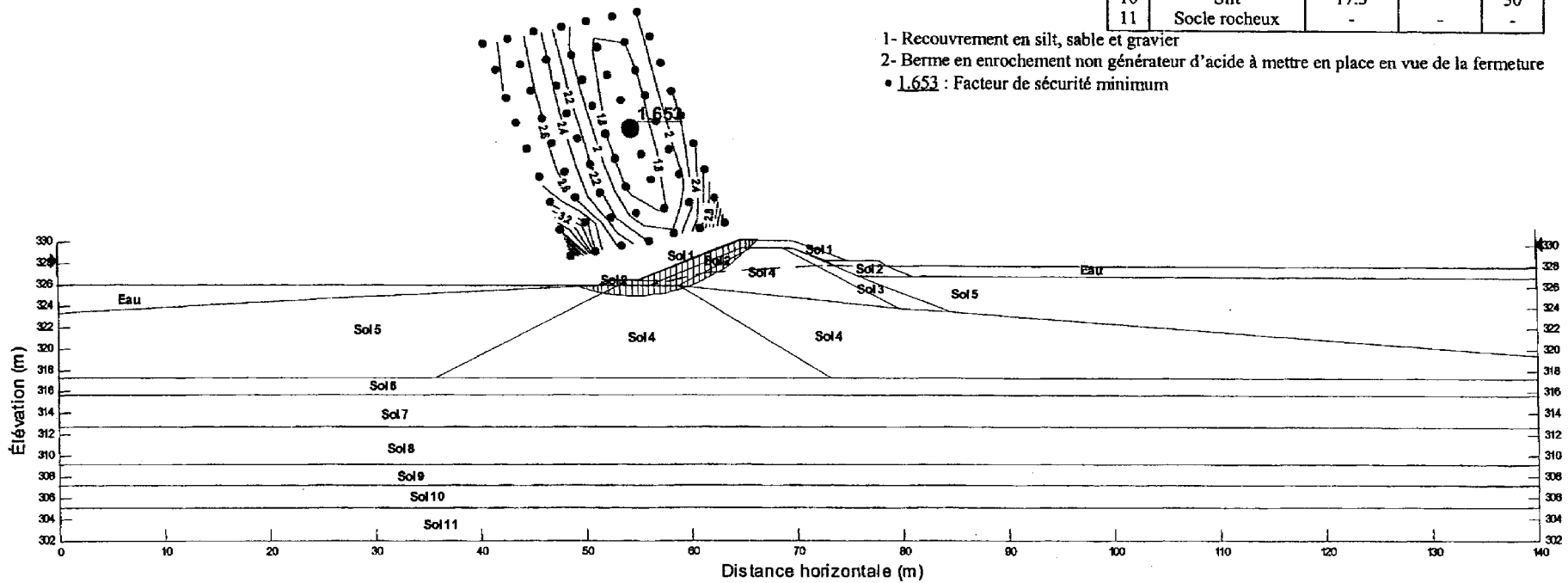
VERIFIE PAR: M.G.F.

**TABLEAU F1****VÉRIFICATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION, DIGUE OUEST**

<i>No.</i>	<i>Type de matériau</i>	<i>Profondeur (m)</i>	<i>Indice SPT mesuré</i>	<i>Facteur de sécurité</i>
5&6	Résidus miniers	318,33	9	1,61
7	Tourbe	316,60	3	1,05

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	26
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

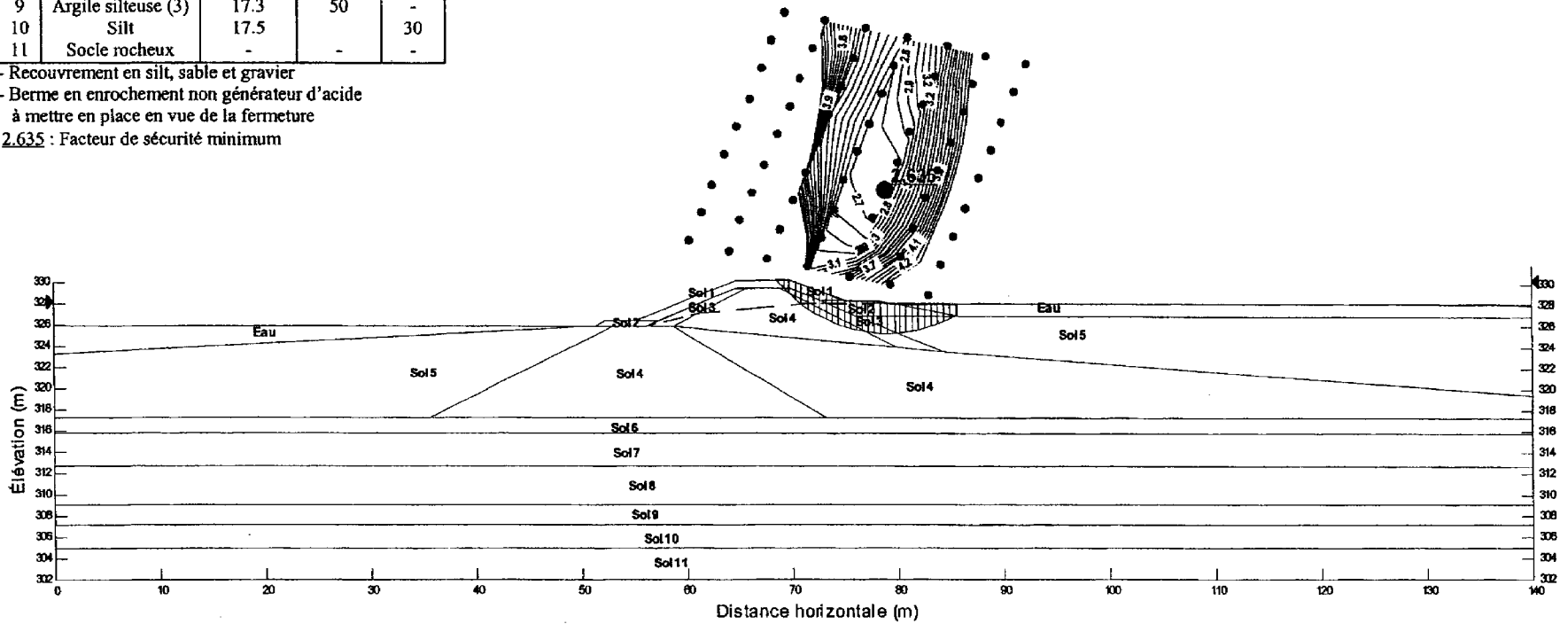
- 1- Recouvrement en silt, sable et gravier
- 2- Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture
- 1.653 : Facteur de sécurité minimum



Digue Ouest : Analyse statique, Paroi aval	FIGURE F-1
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_v$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	26
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

- 1- Recouvrement en silt, sable et gravier
- 2- Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture
- 2.635 : Facteur de sécurité minimum

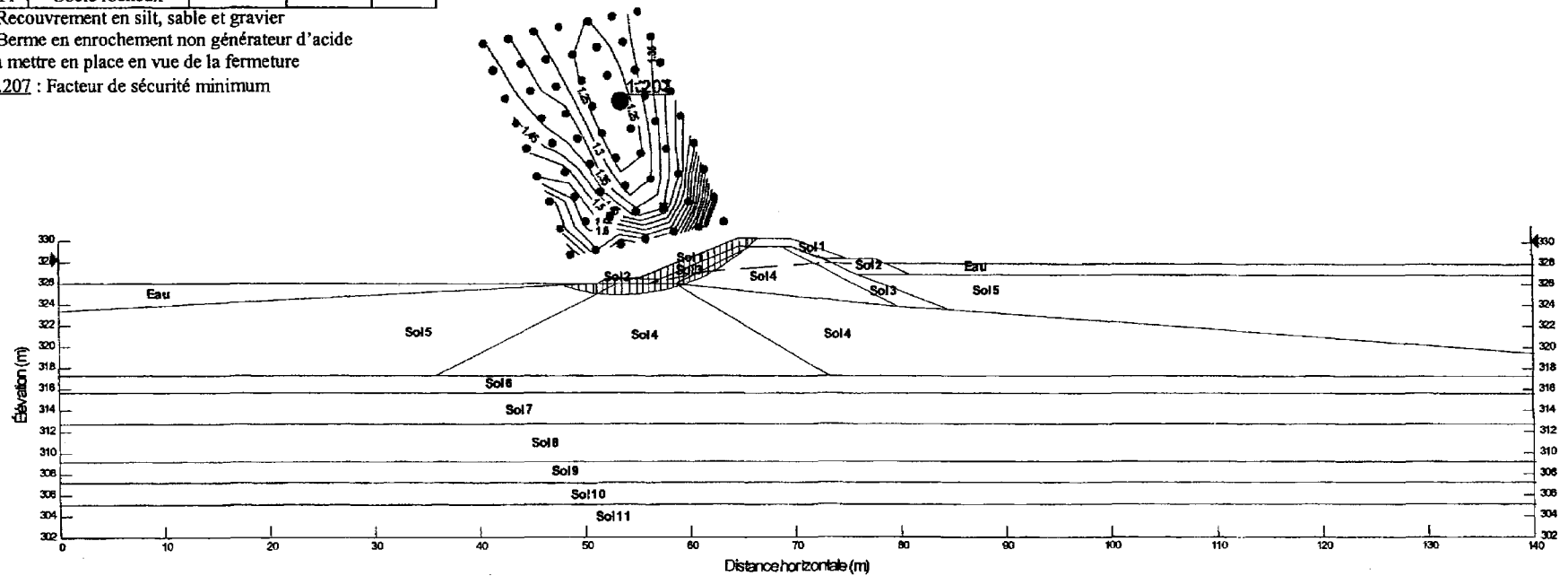


Digue Ouest : Analyse statique, Paroi amont	FIGURE F-2
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	26
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

- 1- Recouvrement en silt, sable et gravier
- 2- Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture

• 1.207 : Facteur de sécurité minimum

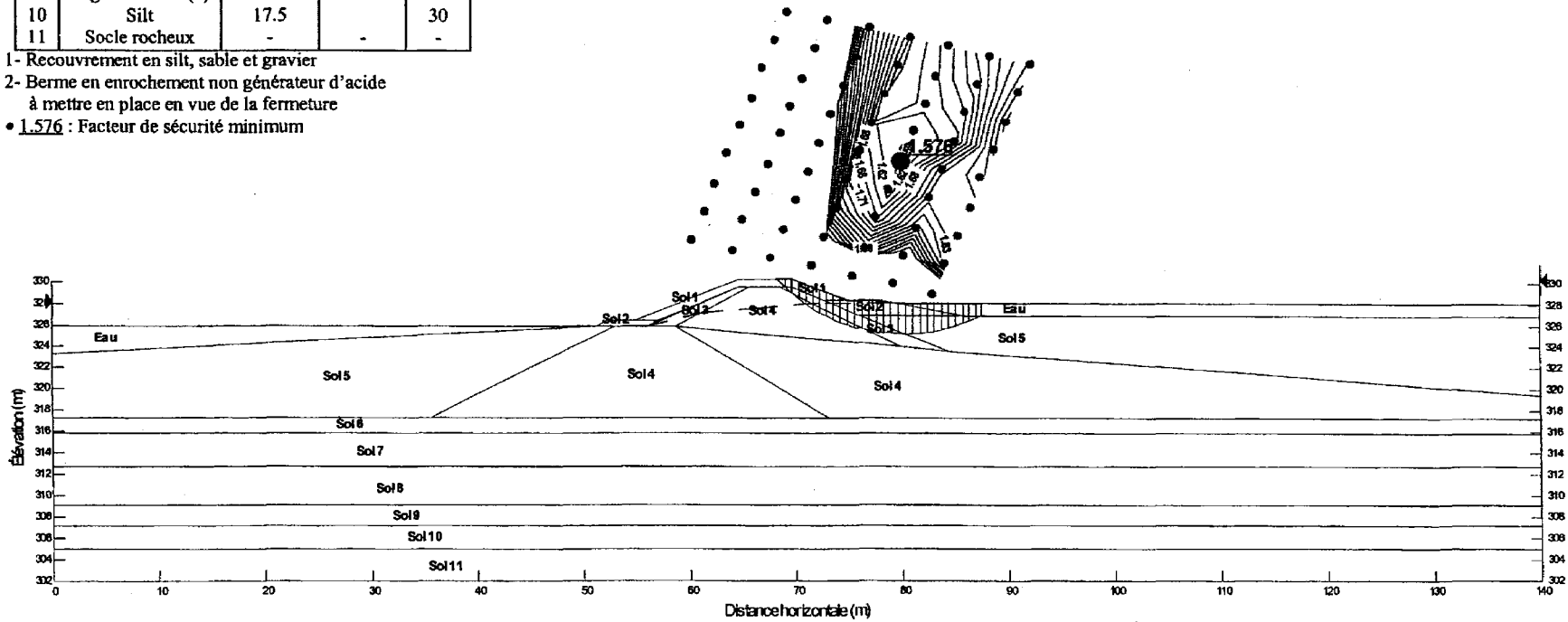


Digue Ouest : Analyse pseudo-statique(a=0.1 g), Paroi aval	FIGURE F-3
Revue de stabilité, Est-Malartic	



No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	26
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

- 1- Recouvrement en silt, sable et gravier
- 2- Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture
- 1.576 : Facteur de sécurité minimum

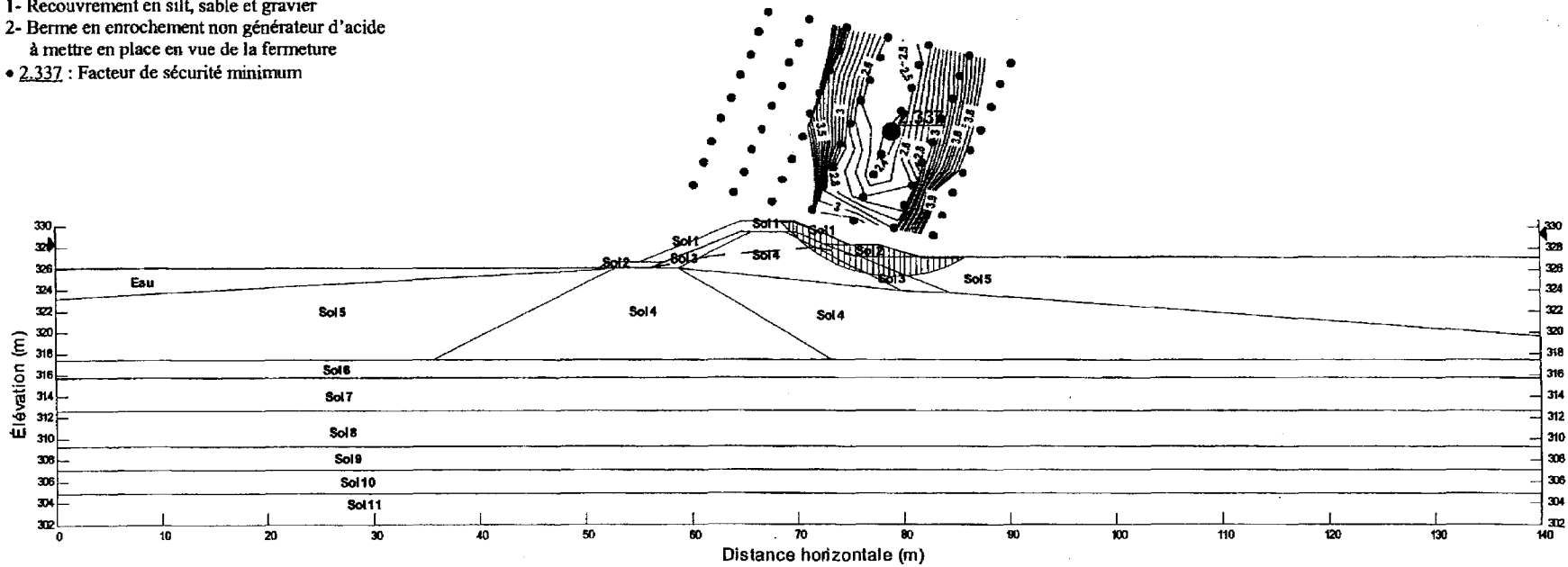


Digue Ouest : Analyse pseudo-statique (a=0.1 g), Paroi amont	FIGURE F-4
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	26
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

- 1- Recouvrement en silt, sable et gravier
- 2- Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture

• 2.337 : Facteur de sécurité minimum



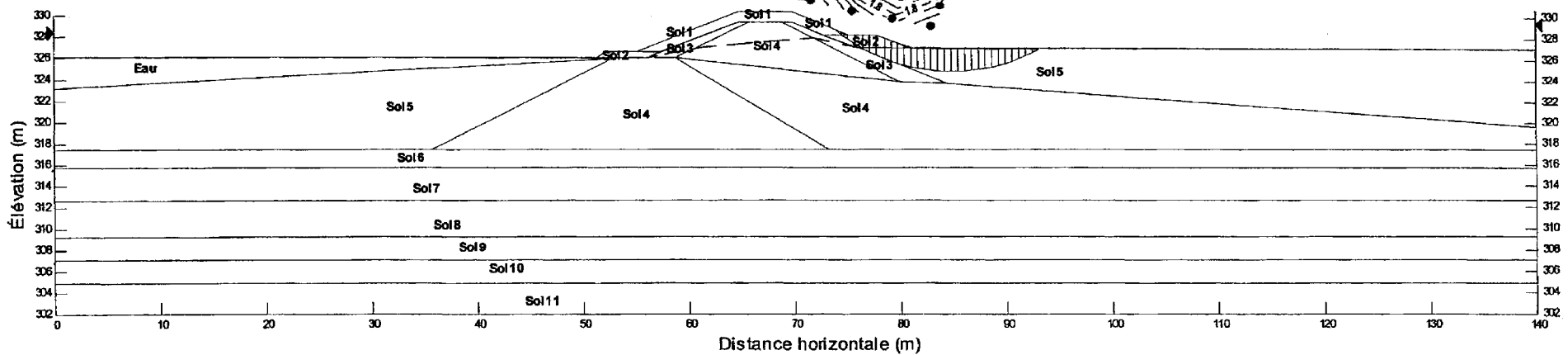
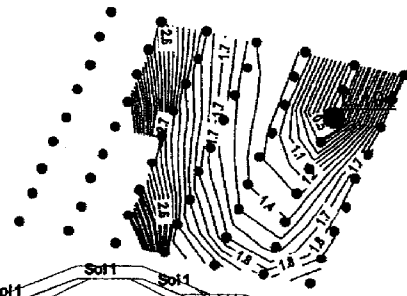
Digue Ouest : Analyse statique, Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE F-5
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	0
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

1- Recouvrement en silt, sable et gravier

2- Berme en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture

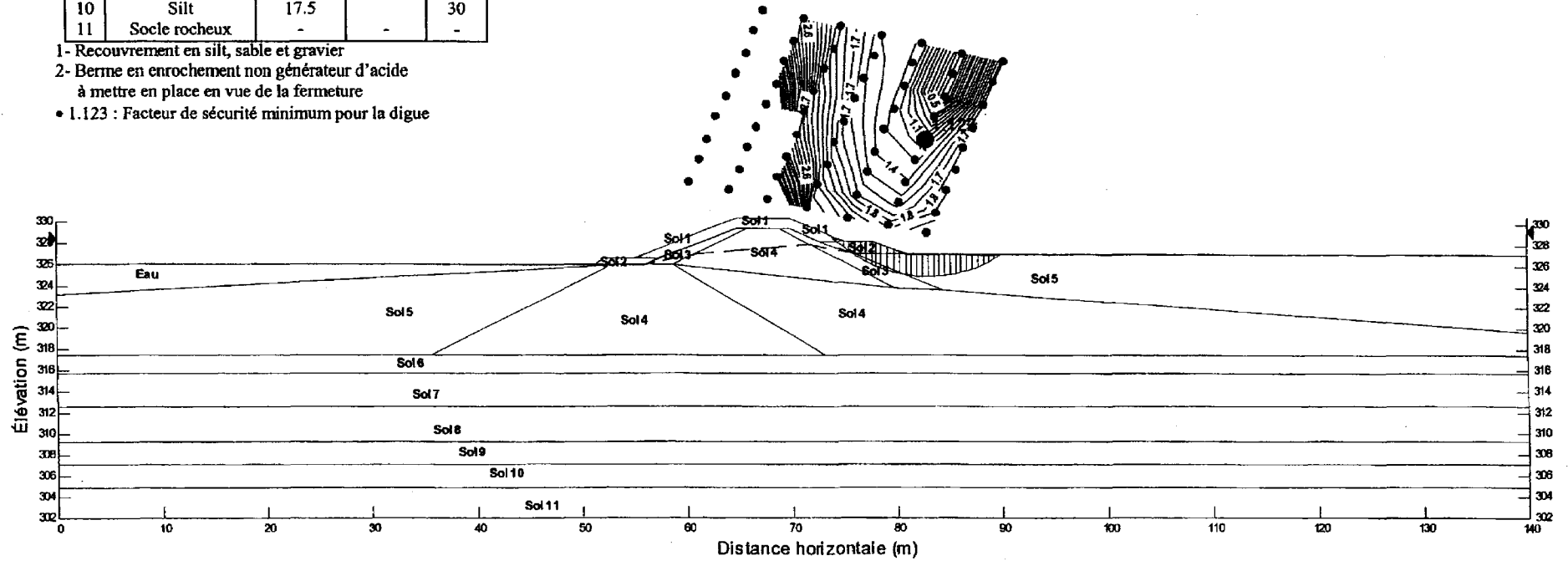
• 0.104 : Facteur de sécurité minimum pour la berme



Digue Ouest : Analyse pseudo-statique (a=0.1g), Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE F-6
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Recouvrement <sup>1</sup>	17	-	35
2	Berne <sup>2</sup>	18	-	40
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue en résidus	17.5	-	30
5	Résidus miniers	17	-	0
6	Tourbe	11	-	30
7	Argile silteuse (1)	15.7	30	-
8	Argile silteuse (2)	17.3	35	-
9	Argile silteuse (3)	17.3	50	-
10	Silt	17.5	-	30
11	Socle rocheux	-	-	-

- 1- Recouvrement en silt, sable et gravier
- 2- Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture
- 1.123 : Facteur de sécurité minimum pour la digue



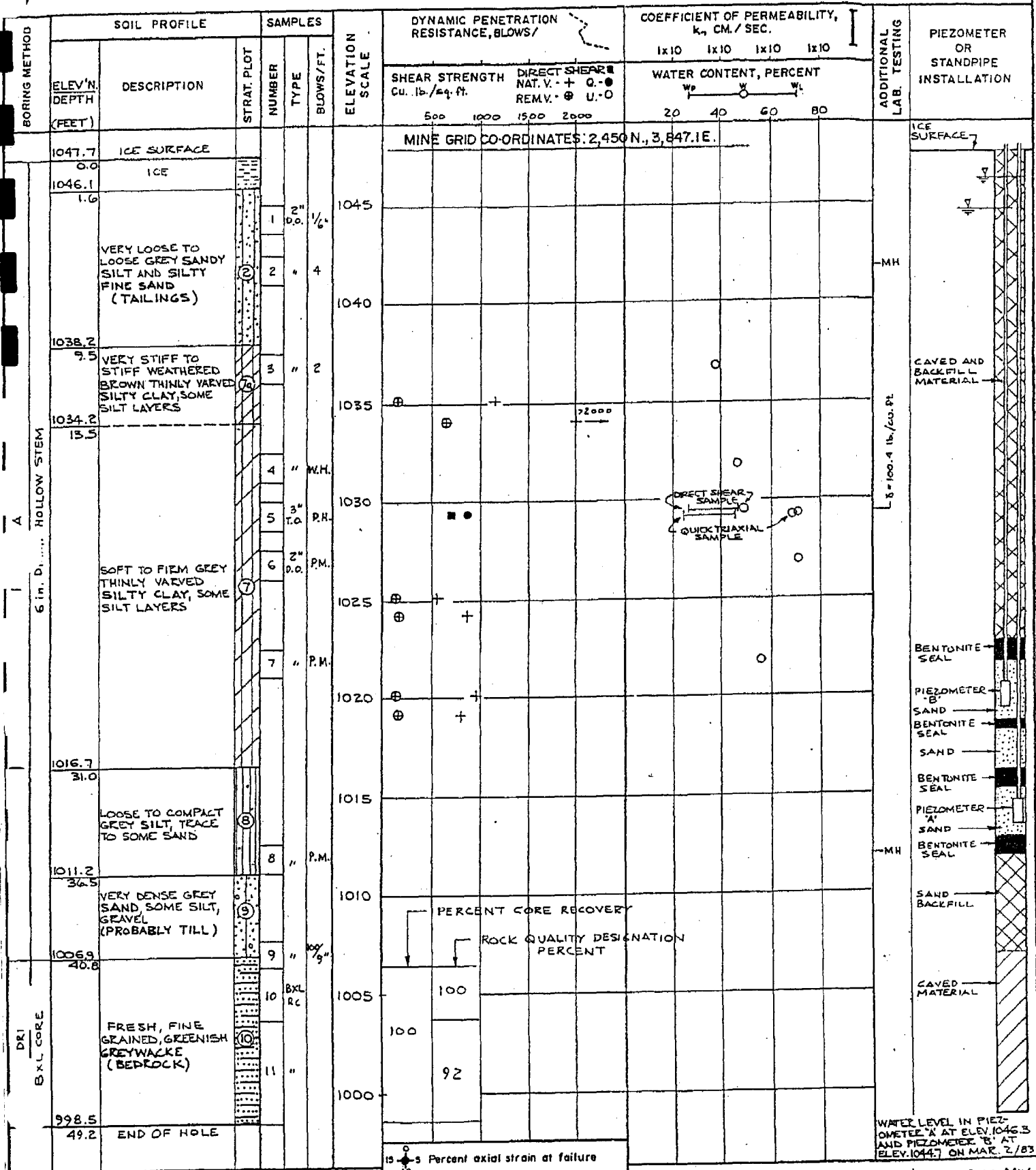
Digue Ouest : Analyse pseudo-statique ( $a=0.1g$ ), Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE F-7
Revue de stabilité, Est-Malartic	

**ANNEXE G**

**DIGUE EST**

# RECORD OF BOREHOLE 103

LOCATION See Figure 3 (CO-ORDINATES BELOW) BORING DATE FEB. 12, 1983 DATUM GEODETIC  
 SAMPLER HAMMER WEIGHT 140 lb. DROP 30 in. PENETRATION TEST HAMMER WEIGHT — DROP —



WATER LEVEL IN PIEZOMETER 'A' AT ELEV. 1046.3 AND PIEZOMETER 'B' AT ELEV. 1044.7 ON MAR. 2/83

15 0  
10 0 Percent axial strain at failure

# RECORD OF BOREHOLE 104

LOCATION See Figure 3 (CO-ORDINATES BORING DATE  
BELOW)

FEB. 14, 1983

DATUM GEODETIC

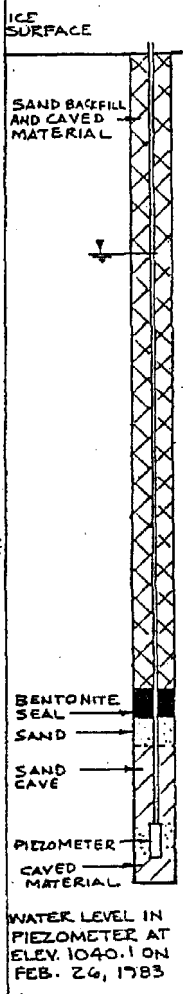
SAMPLER HAMMER WEIGHT 140 lb DROP 30 in.

PENETRATION TEST HAMMER WEIGHT — DROP —

BORING METHOD	SOIL PROFILE			SAMPLES		ELEVATION SCALE	DYNAMIC PENETRATION RESISTANCE, BLOWS/		COEFFICIENT OF PERMEABILITY, $k_v$ , CM./SEC.				ADDITIONAL LAB. TESTING	PIEZOMETER OR STANDPIPE INSTALLATION	
	ELEV'N. DEPTH (FEET)	DESCRIPTION	STRAT. PLOT	NUMBER	TYPE		BLOWS/FT.	SHEAR STRENGTH Cu.		WATER CONTENT, PERCENT.					
								NAT. V. +	O. ●	W <sub>p</sub>	W	W <sub>L</sub>			W <sub>U</sub>
MINE GRID CO-ORDINATES: 2,185.0 N., 3,780.0 E															
	1047.0	ICE SURFACE													
	0.0	ICE													
	1045.4														
	1.6														
		VERY LOOSE TO LOOSE GREY SANDY SILT AND SILTY FINE SAND (TAILINGS)	②												
		APPROX. 3 in. DARK BROWN PEAT	③												
	1029.0														
	18.0														
		LOOSE TO COMPACT GREY BROWN ORGANIC SANDY SILT TO SILTY SAND	④												
	1025.5														
	21.5														
		COMPACT GREY SAND, TRACE SILT	⑤												
	1022.0														
	25.0														
		DENSE GREY SAND, SOME SILT, GRAVEL (PROBABLY TILL)	⑥												
	1018.3														
	28.7	END OF HOLE	⑦												
		REFUSAL TO AUGER (PROBABLY BEDROCK)													

POWER JGER  
6 in. DIAM. HOLLOW STEM

ORGANIC CONTENT 7%, G.S. = 2.73, MH



15 0 5 Percent axial strain at failure

VERTICAL SCALE  
1 INCH TO 5 FEET

**Golder Associates**

DRAWN D.M.  
CHECKED JMA

PROJECT: 961-7144  
 LOCATION: SEE LOCATION PLAN  
 DIP: 90

**RECORD OF BOREHOLE ED-1**

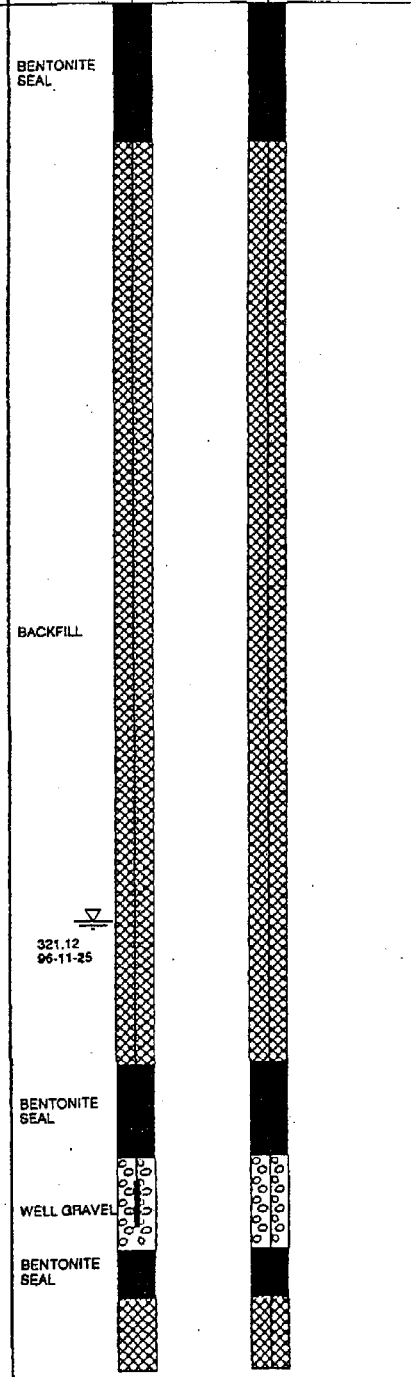
BORING DATE: 96-11-04/05

SHEET 1 OF 2  
 DATUM: GEODETIC



SAMPLER HAMMER: 63 kg; DROP: 76 mm

DEPTH SCALE METRES	BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES					SHEAR STRENGTH (kpa)		HYDRAULIC CONDUCTIVITY, k, cm/s		INSTALLATIONS					
		DESCRIPTION	STRATA PLOT	ELEV. DEPTH (m)	NUMBER	TYPE	BLOWS/0.3m	RECOVERY %	LAB. TESTING	20	40	60	80	100	120	WATER CONTENT, PERCENT Wp — W — Wl		
0		GROUND SURFACE.		327.17														
		GRAVEL ROAD BASE.		0.00														
				0.13	1	DO 10	63											
1																		
2		TAILINGS: Compact grey-green SAND with some silt, moist.			2	DO 10	63											
3																		
4																		
5	ACKER ROTARY HOLLOW STEM AUGER			322.75														
				4.42	4	DO 4	33											
6																		
7		TAILINGS: Loose grey SAND with some silt, wet.			8	DO 3	78											
8																		
9																		



DEPTH SCALE (ALONG HOLE)

LOGGED: D.J.  
 CHECKED: M.K.



PROJECT: 961-7144

**RECORD OF BOREHOLE ED-1**

SHEET 2 OF 2

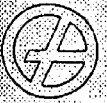
LOCATION: SEE LOCATION PLAN

BORING DATE: 96-11-04/05

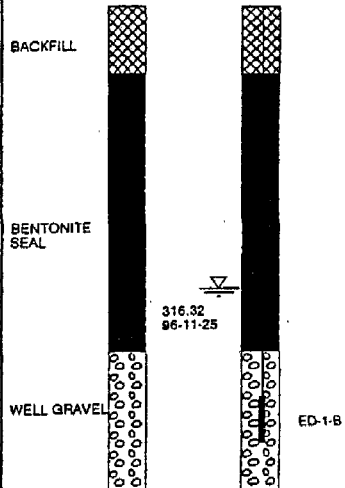
DATUM: GEODETIC

DIP: 90

SAMPLER/HAMMER: 63 kg; DROP: 76 mm



DEPTH SCALE METRES	BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES				SHEAR STRENGTH (kpa)		HYDRAULIC CONDUCTIVITY, k cm/s		INSTALLATIONS								
		DESCRIPTION	STRATA PLOT	ELEV. DEPTH (m)	NUMBER	TYPE	BLOWS/3m	RECOVERY %	LAB. TESTING	20	40	60	80	100	120	WATER CONTENT, PERCENT Wp — W — Wn				
9	ACKER ROTARY HOLLOW STEM AUGER	Loose brown-black PEAT with some silt and clay, moist.		318.03												BACKFILL		316.32 96-11-25	ED-1-B	
				9.14	7	DO16	89													
				9.30																
10					8	V			remolded	initial										
11		Stiff grey SILTY CLAY, moist (native).																		
12		END OF BOREHOLE.		314.97																
				12.20	9	DO8	83													
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				



DEPTH SCALE (ALONG HOLE)

PROJECT: 961-7144  
 LOCATION: SEE LOCATION PLAN  
 DIP: -90

# RECORD OF BOREHOLE ED-2

BORING DATE: 96-11-04

SHEET 1 OF 2  
 DATUM: GEODETIC



SAMPLER HAMMER, 63 kg; DROP, 76mm

DEPTH SCALE METRES	BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES				SHEAR STRENGTH (kpa)		HYDRAULIC CONDUCTIVITY, k cm/s		INSTALLATIONS				
		DESCRIPTION	STRATA PLOT	ELEV. DEPTH (m)	NUMBER	TYPE	BLOWS/30cm	RECOVERY %	LAB. TESTING	DYNAMIC CONE PENETRATION		WATER CONTENT, PERCENT		1	2	3
										20	40	60	80			
-1																
0																
0																
0																
1																
1																
1																
1																
2																
2																
2																
2																
3																
3																
3																
3																
4																
4																
4																
4																
5																
5																
5																
5																
6																
6																
6																
6																
7																
7																
7																
7																
8																
8																
8																
8																
9																
9																
9																
9																

DATA INPUT: M  
 REMBLAY

BENTONITE SEAL

320.18  
96-11-25  
WELL GRAVEL

320.14  
96-11-25  
ED-2-A

BENTONITE SEAL

DEPTH SCALE (ALONG HOLE)

1 to 50

Golder Associates

LOGGED: D.J.  
 CHECKED: M.K.

PROJECT: 961-7144

RECORD OF BOREHOLE ED-2

SHEET 2 OF 2

LOCATION: SEE LOCATION PLAN

BORING DATE: 96-11-04

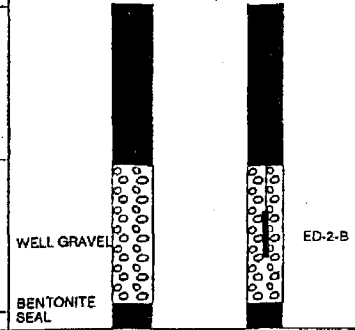
DATUM: GEODETIC

DIP: -90

SAMPLER HAMMER: 63 kg; DROP: .76mm



DEPTH SCALE METRES	BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES				SHEAR STRENGTH (kpa)		HYDRAULIC CONDUCTIVITY, K, cm/s		INSTALLATIONS				
		DESCRIPTION	STRATA PLOT	ELEV. DEPTH (m)	NUMBER	TYPE	BLOWS/0.3m	RECOVERY %	LAB. TESTING	DYNAMIC CONE PENETRATION		WATER CONTENT, PERCENT		1	2	3
										20	40	60	80			
9	ACKER DIAMOND DRILL CORING	TAILINGS: Very loose grey SAND with some silt, wet.	[Cross-hatched]	317.26	7	DO2	96									
10		Stiff SILTY CLAY with traces of gravel, wet (native).	[Diagonal lines]	315.88	8	DO35	13									
11		END OF BOREHOLE.		11.13	9	V										
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																



DATA INPUT: 1 / REMBLAY

DEPTH SCALE (ALONG HOLE)

1 to 50

Golder Associates

LOGGED: D.J.

CHECKED: M.K.

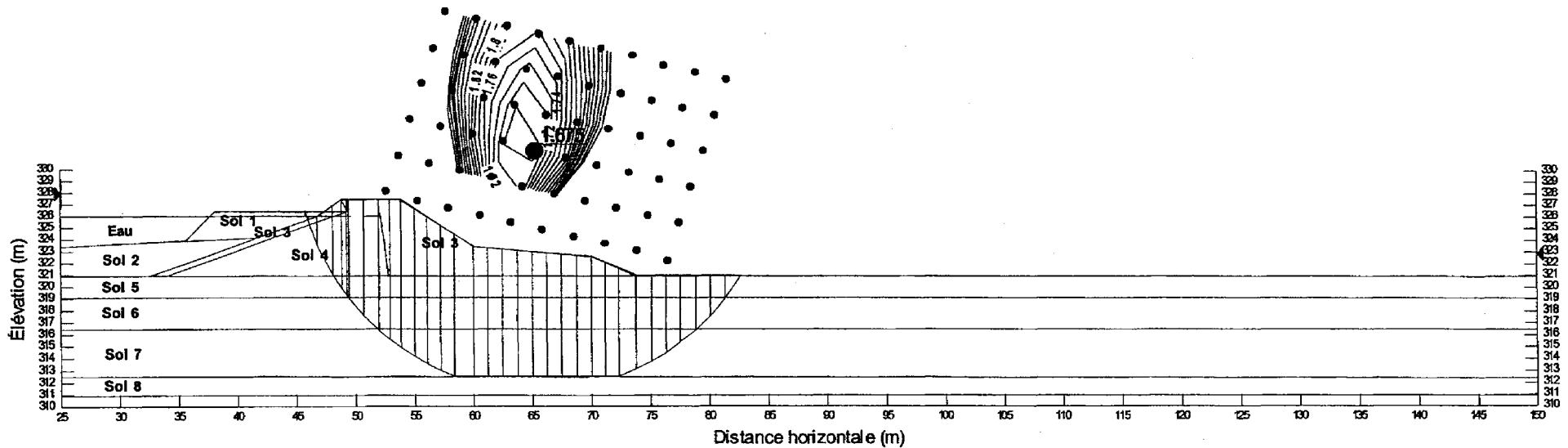
**TABLEAU G1****VÉRIFICATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION, DIGUE EST**

<i>No.</i>	<i>Type de matériau</i>	<i>Profondeur (m)</i>	<i>Indice SPT mesuré</i>	<i>Facteur de sécurité</i>
4&6	Résidus miniers	317,70	3	1,16

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Berne <sup>1</sup>	18	-	40
2	Résidus	17	-	26
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue de résidus	17.5	-	30
5	Résidus	17	-	26
6	Argile silteuse	17	48	-
7	Argile silteuse molle	17	29	-
8	Socle rocheux	-	-	-

1-Berne en enrochement non générateur d'acide  
à mettre en place en vue de la fermeture

• 1.675 : Facteur de sécurité minimum

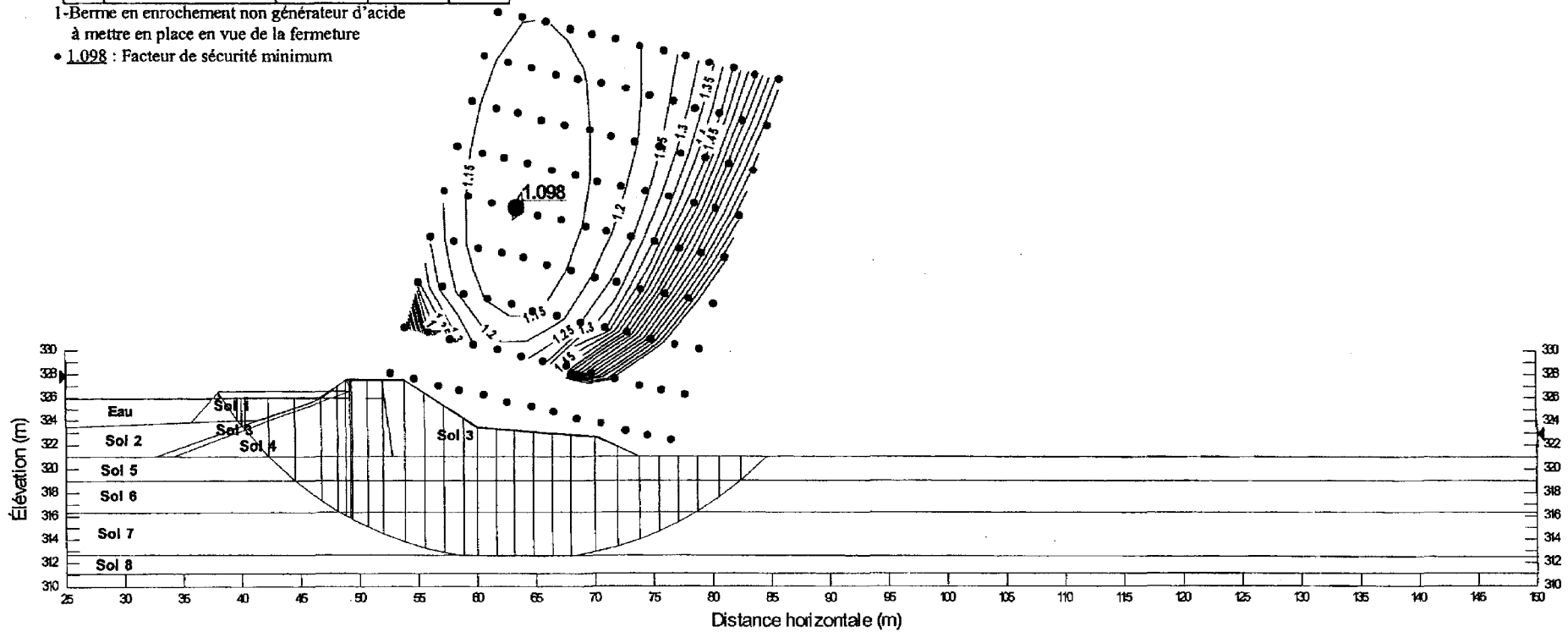


Digue Est Partie Sud : Analyse statique, Rupture dans la couche d'argile silteuse molle ( $C_u=29$ kPa)	FIGURE G-1
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Berne <sup>1</sup>	18	-	40
2	Résidus	17	-	26
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue de résidus	17.5	-	30
5	Résidus	17	-	26
6	Argile silteuse	17	48	-
7	Argile silteuse molle	17	29	-
8	Silt	18	-	30

1-Berne en enrochement non générateur d'acide  
à mettre en place en vue de la fermeture

• 1.098 : Facteur de sécurité minimum

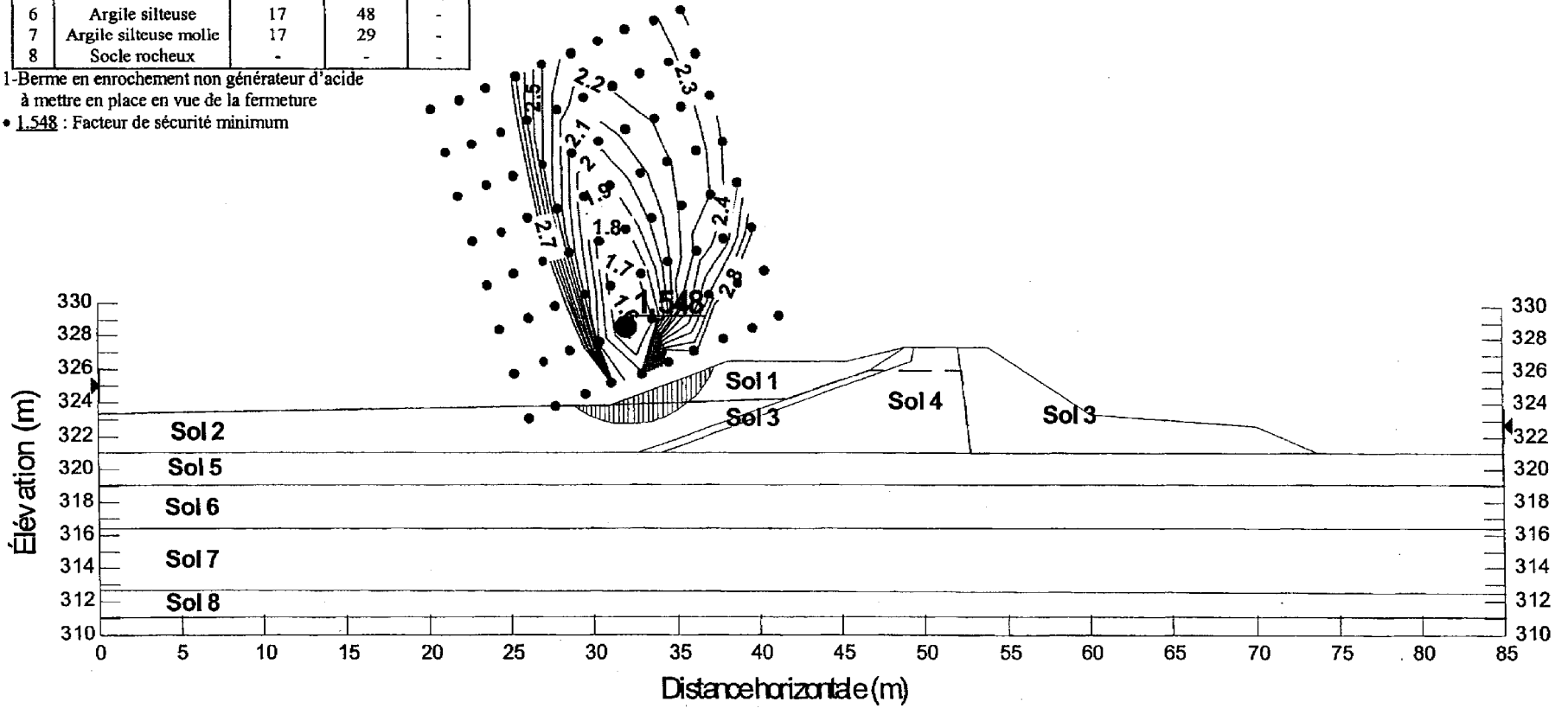


Digue Est Partie Sud : Analyse pseudo-statique, Rupture dans la couche d'argile molle ( $C_u=29kPa$ )	FIGURE G-2
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_a$ (kPa)	$\phi$ (°)
1	Berne 1	18	-	40
2	Résidus	17	-	26
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue de résidus	17.5	-	30
5	Résidus	17	-	26
6	Argile silteuse	17	48	-
7	Argile silteuse molle	17	29	-
8	Socle rocheux	-	-	-

1-Berne en enrochement non générateur d'acide à mettre en place en vue de la fermeture

• 1.548 : Facteur de sécurité minimum

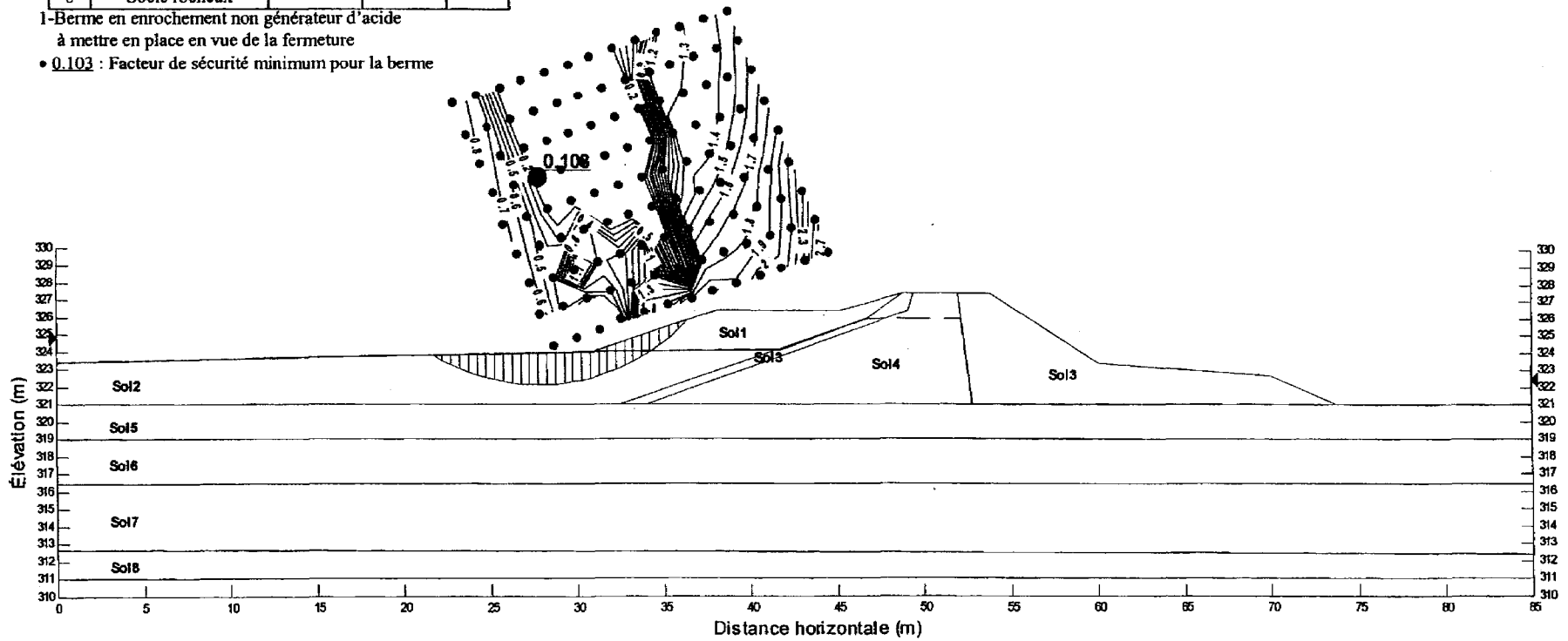


Digue Est Partie Sud : Analyse statique, Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE G-3
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
1	Berne <sup>1</sup>	18	-	40
2	Résidus	17	-	0
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue de résidus	17.5	-	30
5	Résidus	17	-	26
6	Argile silteuse	17	48	-
7	Argile silteuse molle	17	29	-
8	Socle rocheux	-	-	-

1-Berne en enrochement non générateur d'acide  
à mettre en place en vue de la fermeture

• 0.103 : Facteur de sécurité minimum pour la berme



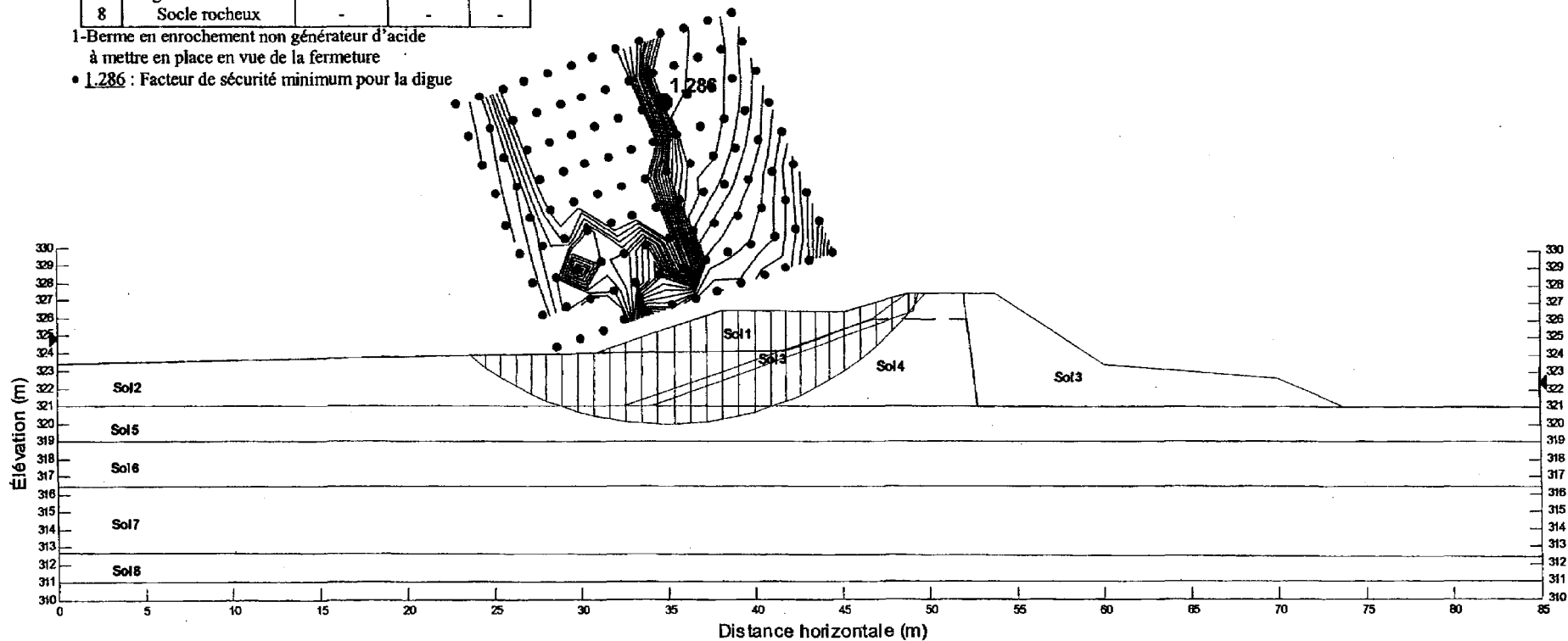
Digue Est Partie Sud : Analyse pseudo-statique ( $a=0.1$ g), Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE G-4
Revue de stabilité, Est-Malartic	



No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
1	Berne 1	18	-	40
2	Résidus	17	-	0
3	Enrochement	18	-	40
4	Digue de résidus	17.5	-	30
5	Résidus	17	-	26
6	Argile silteuse	17	48	-
7	Argile silteuse molle	17	29	-
8	Socle rocheux	-	-	-

1-Berne en enrochement non générateur d'acide  
à mettre en place en vue de la fermeture

• 1.286 : Facteur de sécurité minimum pour la digue



Digue Est Partie Sud : Analyse pseudo-statique (a=0.1 g), Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE G-5
Revue de stabilité, Est-Malartic	

**ANNEXE H**

**DIGUE DU BASSIN DE POLISSAGE**

# RECORD OF BOREHOLES 101 and 102

LOCATION See Figure 3 (CO-ORDINATES BORING DATE  
BELOW)  
SAMPLER HAMMER WEIGHT 140 lb., DROP 30 in.

FEBRUARY 9, 1983

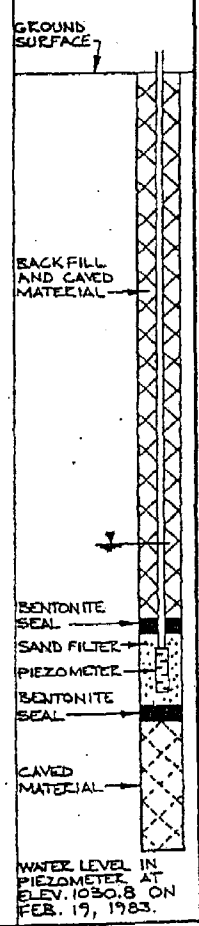
DATUM GEODETIC

PENETRATION TEST HAMMER WEIGHT

DROP

BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES			ELEVATION SCALE	DYNAMIC PENETRATION RESISTANCE, BLOWS/				COEFFICIENT OF PERMEABILITY, $k_v$ CM./SEC.				ADDITIONAL LAB. TESTING	PIEZOMETER OR STANDPIPE INSTALLATION		
	ELEV'N DEPTH (FEET)	DESCRIPTION	STRAT. PLOT	NUMBER	TYPE		BLOWS/FT.	10	20	30	40	1x10	1x10	1x10			1x10	
								SHEAR STRENGTH Cu.		WATER CONTENT, PERCENT								
	<b>BH. 101</b>						MINE GRID CO-ORDINATES: 3,004.4 N, 6,272.6 E.											
6 in. DIA. HOLLOW STEM	1048.7	GROUND SURFACE																
	1039.2	COMPACT GREY SILTY SAND, GRAVEL AND COBBLES, SOME BOULDETS (MINE WASTE ROCK FILL)																
	1037.7	LOOSE GREY SILTY SAND, SOME GRAVEL AND ORGANICS		1	2" D.O.	7/16" S&S												
	11.0	END OF HOLE REFUSAL TO AUGER (PROBABLY BEDROCK)																
	<b>BH. 102</b>						MINE GRID CO-ORDINATES: 3,398.2 N, 6,108.2 E.											
6 in. DIA. HOLLOW STEM	1047.2	GROUND SURFACE																
	1034.2	COMPACT GREY SILTY SAND, GRAVEL COBBLES, SOME BOULDETS (MINE WASTE ROCK FILL)																
	1028.2	DENSE GREY MEDIUM SAND		1	2" D.O.	3/8"												
	1024.2	COMPACT GREY SILT, TRACE FINE SAND		2	"	26												
	1020.0	COMPACT MOTTLED GREY-BROWN CLAYEY SILT WITH GRAVEL AND COBBLES (PROBABLY TILL)		3	"	27												
	1020.0	END OF HOLE REFUSAL TO AUGER (PROBABLY BEDROCK)																

WATER LEVEL IN OPEN HOLE DURING DRILLING AT ELEV. 1036.7



15 0 5 Percent axial strain at failure

VERTICAL SCALE  
1 INCH TO 5 FEET

**Golder Associates**

DRAWN EFC, MHW  
CHECKED JMAS

PROJECT: B61-7144

# RECORD OF BOREHOLE P-P-1

SHEET 1 OF 1

LOCATION: SEE LOCATION PLAN

BORING DATE: 96-11-18

DATUM: GEODETIC

DIP: 90

SAMPLER HAMMER: 63 kg; DROP: 76 mm



DEPTH SCALE METRES	BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES				SHEAR STRENGTH	HYDRAULIC CONDUCTIVITY	INSTALLATIONS		
		DESCRIPTION	STRATA PLOT	ELEV. DEPTH (m)	NUMBER	TYPE	BLOWS/30cm	RECOVERY %	LAB. TESTING			
										20	40	60
-1												
0		GROUND SURFACE		318.85								
1												
2												
3	ROTARY HOLLOW STEM AUGER	Compact brown medium SAND with gravel and cobbles, some boulders, dry, pit run (fill).			1	DO 24	83				BENTONITE SEAL	
4				315.43							SILICA SAND	316.36 96-11-25
5		Mine waste FILL, moist to dry.		4.42 315.13								
6		PEAT, dry. Loose brown to grey SILT, clayey with depth, moist to wet.		4.72 314.82	2	DO 7	83				315.54 96-11-25	BENTONITE SEAL
7				5.03							SILICA SAND	PP-1-B
8					3	DO 7	33				BACKFILL	
9		END OF BOREHOLE		313.15								
10				6.70								
11												
12												
13												
14												

DEPTH SCALE (ALONG HOLE)

1 to 75

Golder Associates

LOGGED: D.J.

CHECKED: M.K.

PROJECT: 961-7144

RECORD OF BOREHOLE P-P-2

SHEET 1 OF 1

LOCATION: SEE LOCATION PLAN

BORING DATE: 96-11-18

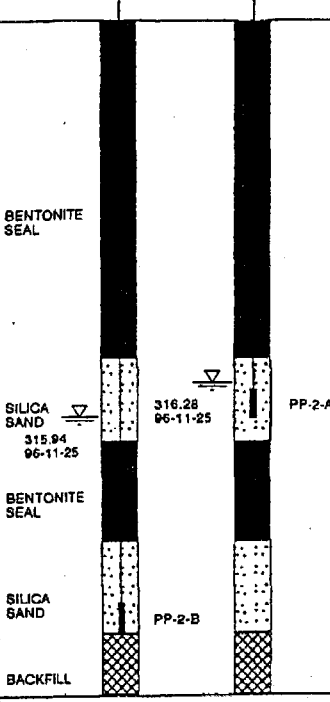
DATUM: GEODETIC

DIP: 90

SAMPLER HAMMER: 63 kg DROP: 76 mm



DEPTH SCALE METRES	BORING METHOD	SOIL PROFILE		SAMPLES					SHEAR STRENGTH ( )		HYDRAULIC CONDUCTIVITY, $k_v$ cm/s		INSTALLATIONS					
		DESCRIPTION	STRATA PLOT	NUMBER	TYPE	BLOWS/0.3m	RECOVERY %	LAB. TESTING	20 40 60 80				WATER CONTENT, PERCENT		1	2	3	
									ELEV. (m)	DEPTH (m)	DYNAMIC CONE PENETRATION 20 40 60 80							Wp — W — W
0		GROUND SURFACE		318.85														
1	ACKER ROTARY HOLLOW STEM AUGER	Compact brown SAND and GRAVEL with cobbles, some boulders, dry, pit run (fill).	[Cross-hatched pattern]	0.00														
2																		
3																		
4		PEAT, topsoil.		315.74														
5		Very stiff brown SILTY CLAY, moist, (weathered crust).	[Diagonal hatching]	4.11														
6				315.43														
7		Dense brown SILTY SAND, wet.	[Diagonal hatching]	4.42														
8				314.06														
9		END OF BOREHOLE.	[Diagonal hatching]	5.79														
10				313.14														
11				6.71														



JUL  
DAT

DEPTH SCALE (ALONG HOLE)  
1 to 75

Golder Associates

LOGGED: D.J.  
CHECKED: M.K.

**TABLEAU H1****VÉRIFICATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION, DIGUE DU BASSIN DE POLISSAGE, NORD**

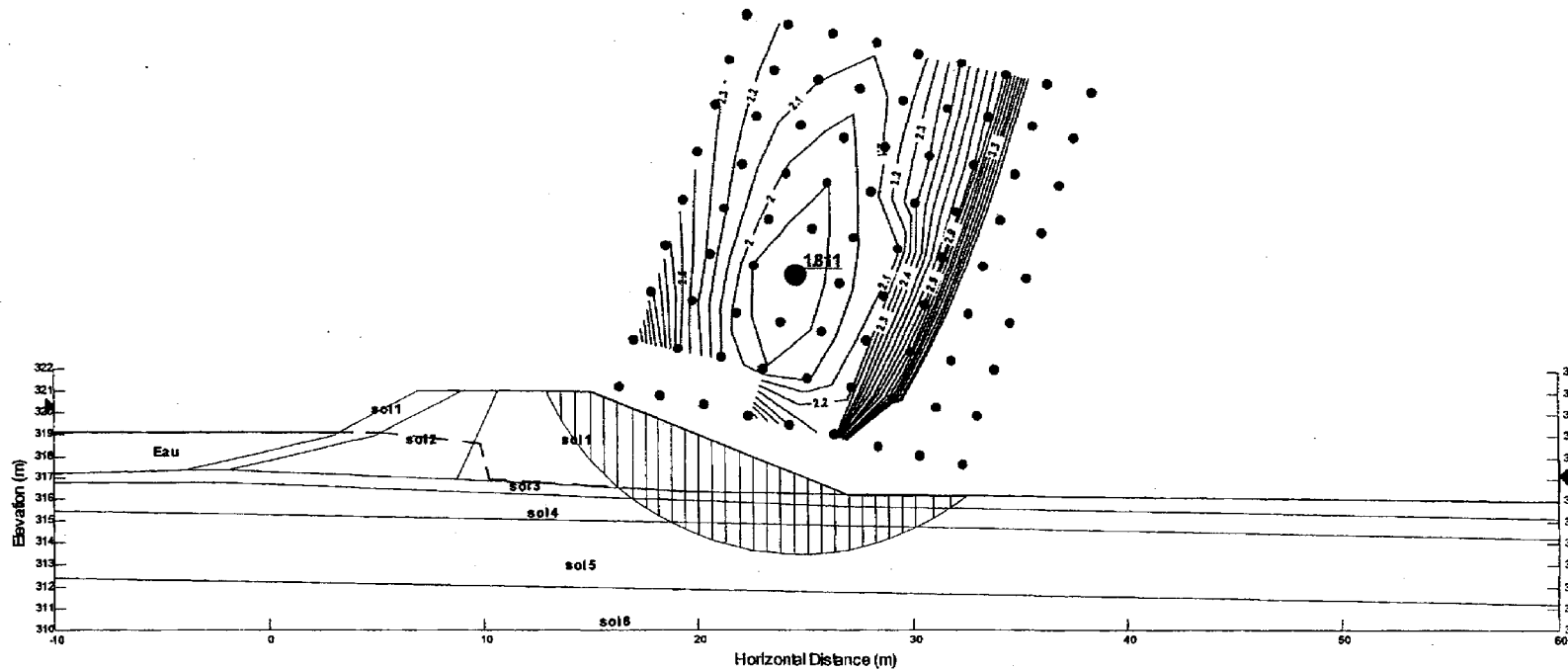
<i>No.</i>	<i>Type de matériau</i>	<i>Profondeur (m)</i>	<i>Indice SPT mesuré</i>	<i>Facteur de sécurité</i>
3	Tourbe	315,00	7	1,66
5	Silt	313,30	7	1,28

**TABLEAU H2****VÉRIFICATION DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION, DIGUE DU BASSIN DE POLISSAGE, SUD**

<i>No.</i>	<i>Type de matériau</i>	<i>Profondeur (m)</i>	<i>Indice SPT mesuré</i>	<i>Facteur de sécurité</i>
4	Tourbe	315,00	7	1,66
6	Silt	313,30	7	1,28

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_v$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Argile	17	26	-
3	Tourbe	11	-	30
4	Argile silteuse	17	25	-
5	Silt	18	-	30
6	Socle rocheux	-	-	-

• 1.811 : Facteur de sécurité minimum

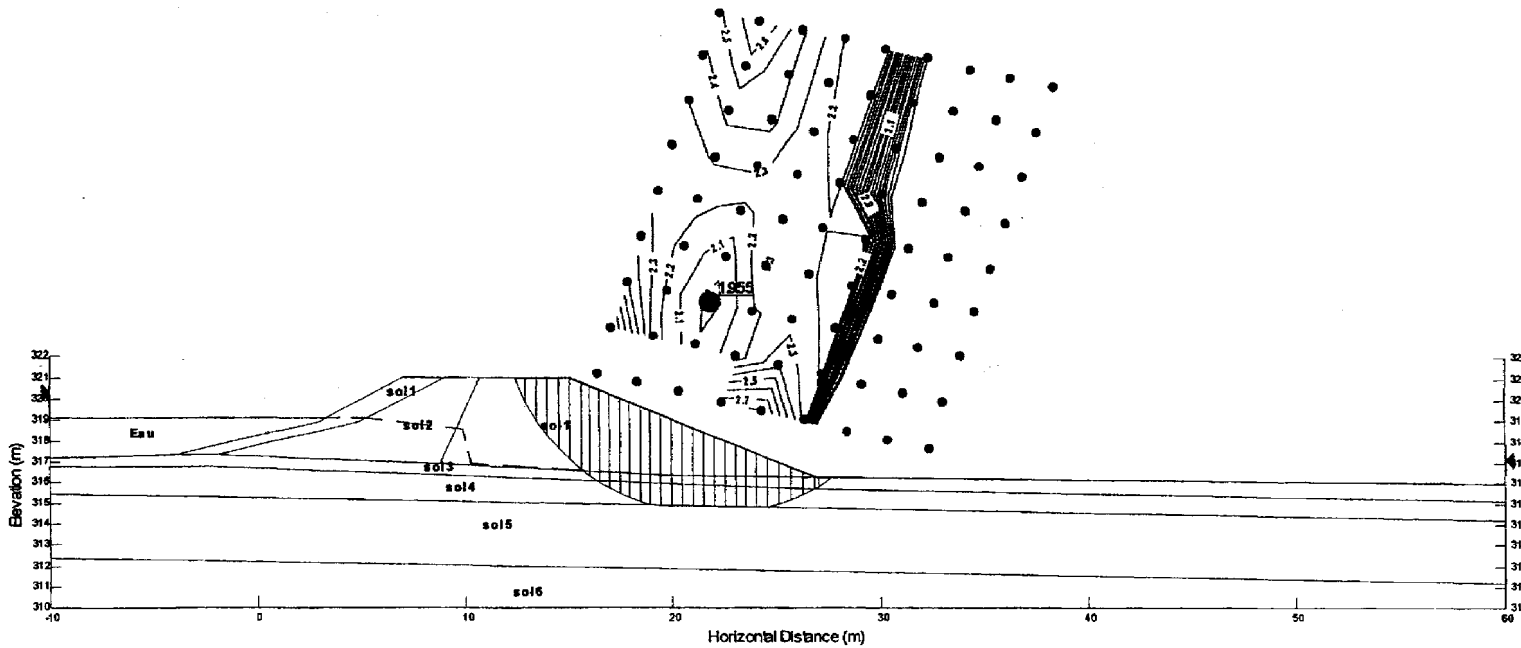


Digue du bassin de polissage, Partie Nord : Analyse statique, Paroi aval	FIGURE H-1
Revue de stabilité, Est-Malartic	



No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Argile	17	26	-
3	Tourbe	11	-	30
4	Argile silteuse	17	25	-
5	Socle rocheux	-	-	-
6	Socle rocheux	-	-	-

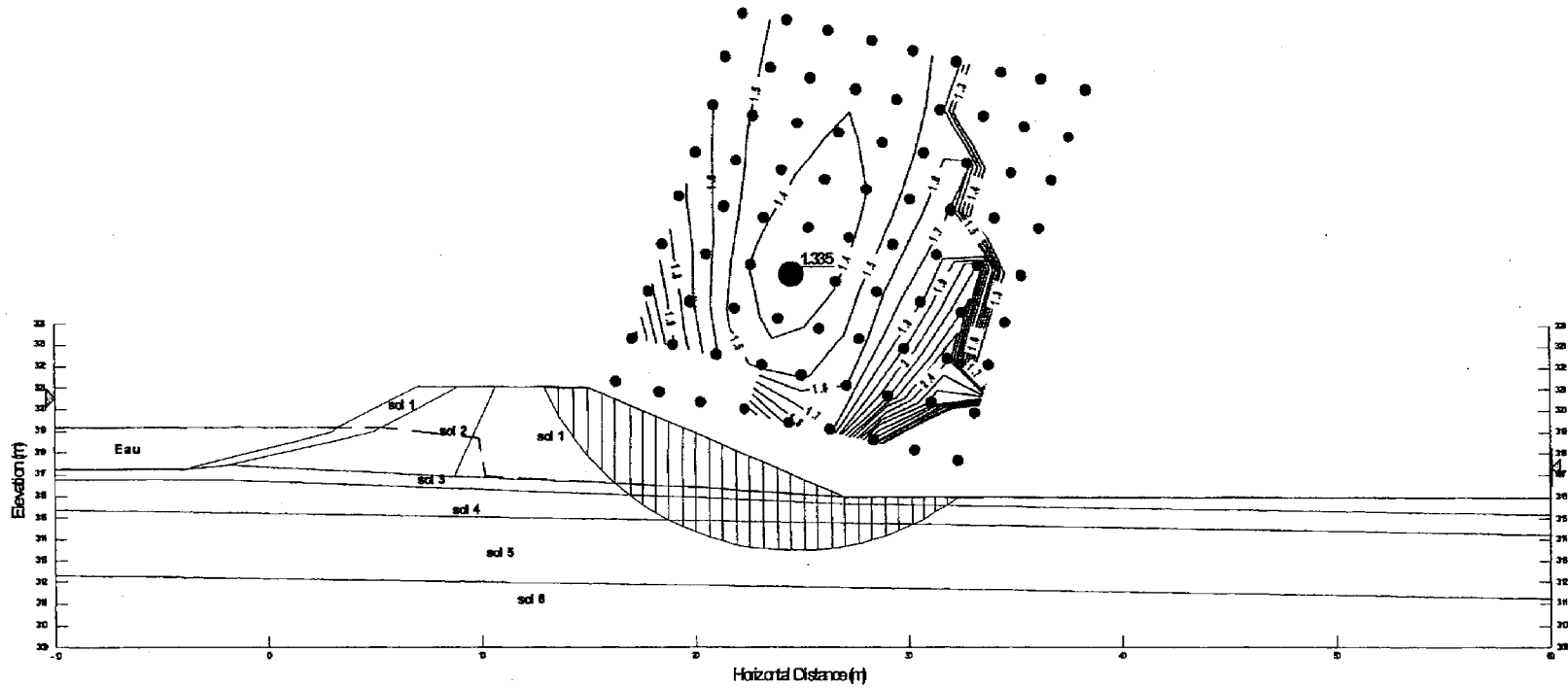
• 1.955 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Nord : Analyse statique, Rupture dans la couche d'argile molle ( $C_u=25$ kPa) Paroi aval	FIGURE H-2
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Argile	17	26	-
3	Tourbe	11	-	30
4	Argile silteuse	17	25	-
5	Silt	18	-	30
6	Socle rocheux	-	-	-

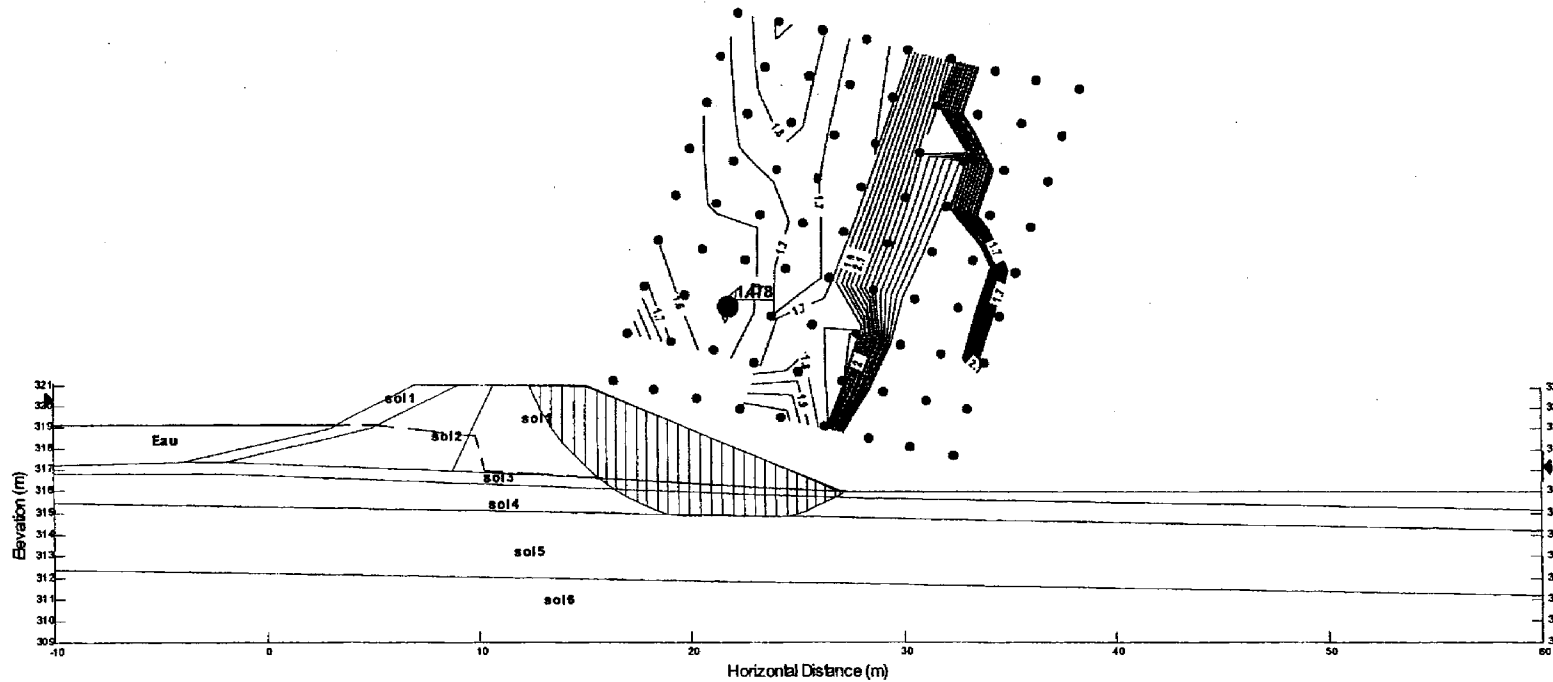
• 1.335 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Nord : analyse Pseudo-statique ( $a=0.1$ g), Paroi aval	FIGURE H-3
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Argile	17	26	-
3	Tourbe	11	-	30
4	Argile silteuse	17	25	-
5	Socle rocheux	-	-	-
6	Socle rocheux	-	-	-

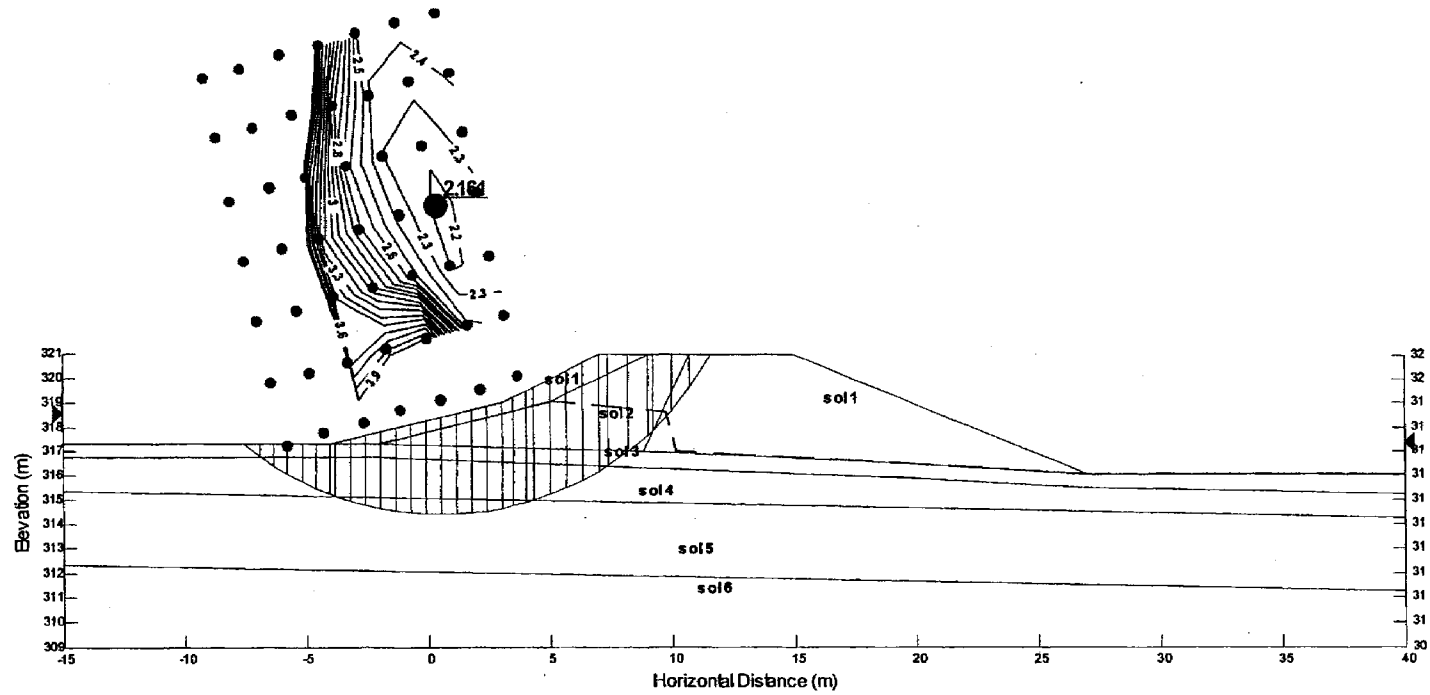
• 1.478 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Nord : Analyse pseudo-statique (a=0.1 g), Rupture dans la couche d'argile molle (Cu=25 kPa), Paroi aval	FIGURE H-4
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Argile	17	26	-
3	Tourbe	11	-	30
4	Argile silteuse	17	25	-
5	Silt	18	-	30
6	Socle rocheux	-	-	-

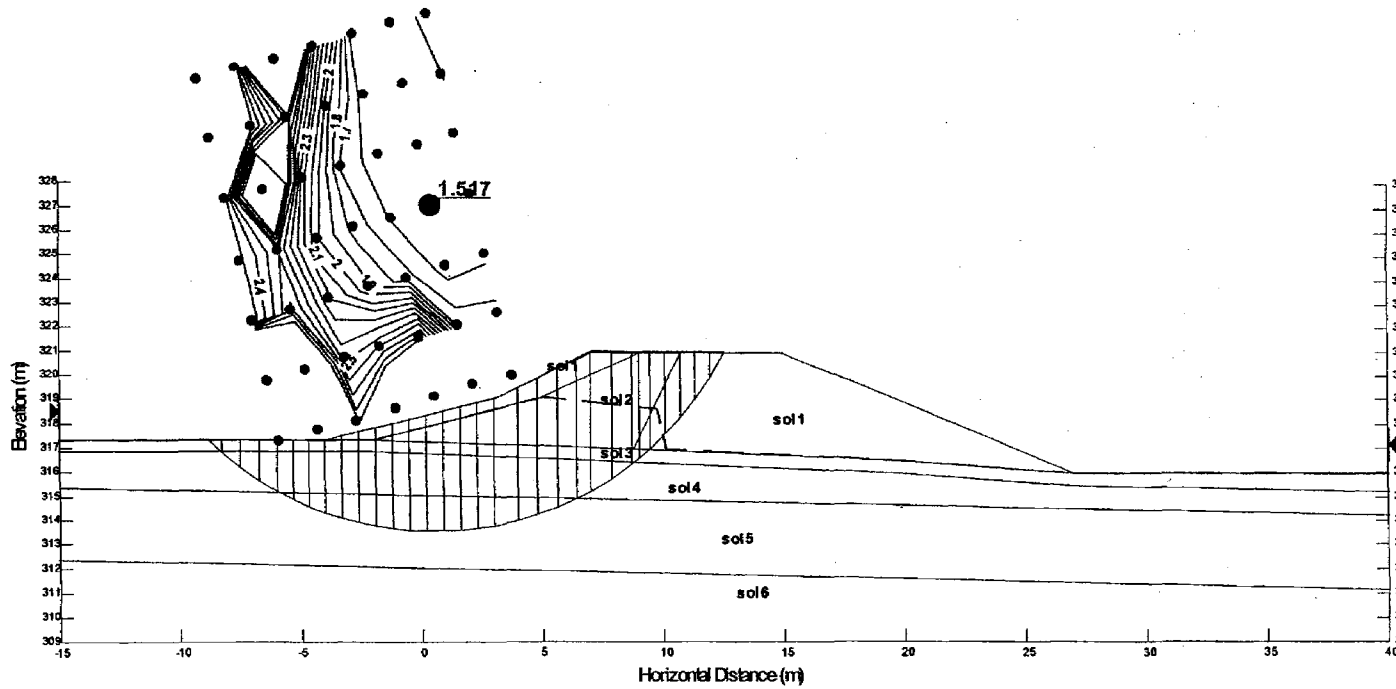
• 2.156 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Nord : Analyse statique, Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE H-5
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Argile	17	26	-
3	Tourbe	11	-	30
4	Argile silteuse	17	25	-
5	Silt	18	-	30
6	Socle rocheux	-	-	-

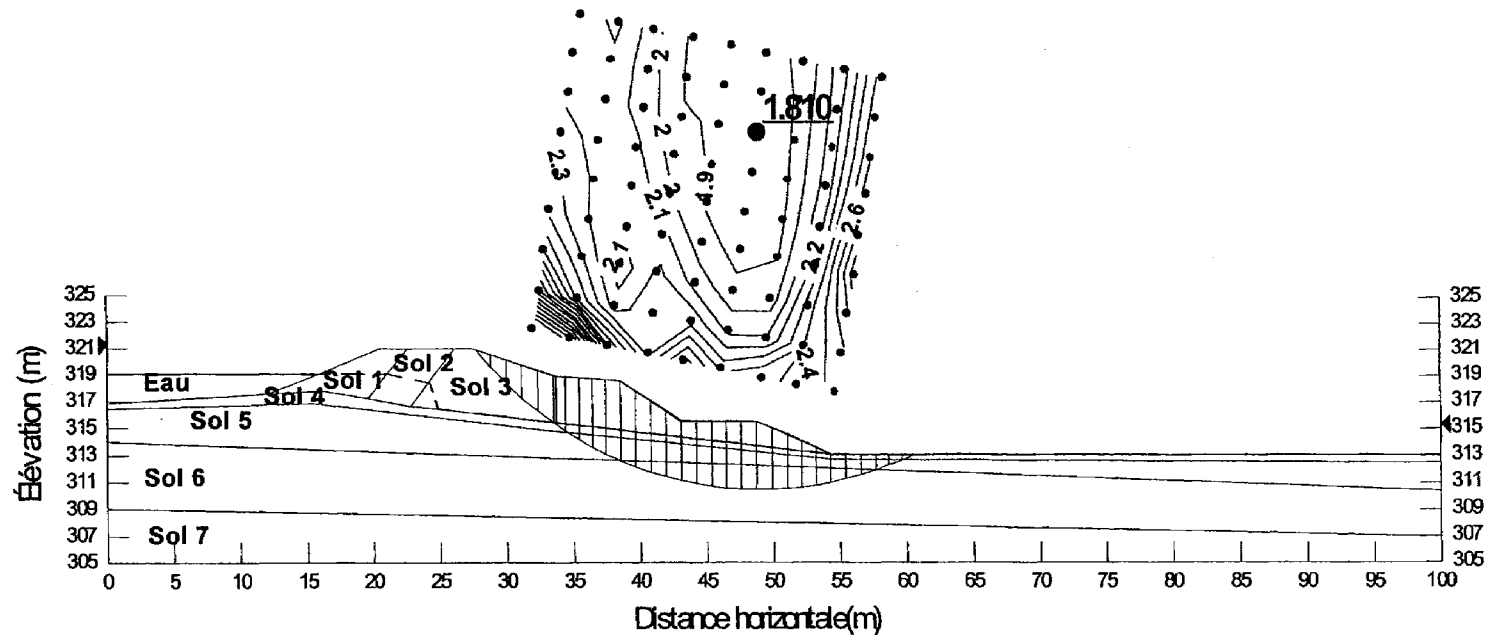
• 1.512 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Nord : Analyse pseudo-statique ( $a=0.1$ g), Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE H-6
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Noyau	17	26	-
3	Enrochement	18	-	40
4	Tourbe	11	-	30
5	Argile silteuse	17	25	-
6	Silt	18	-	30
7	Socle rocheux	-	-	-

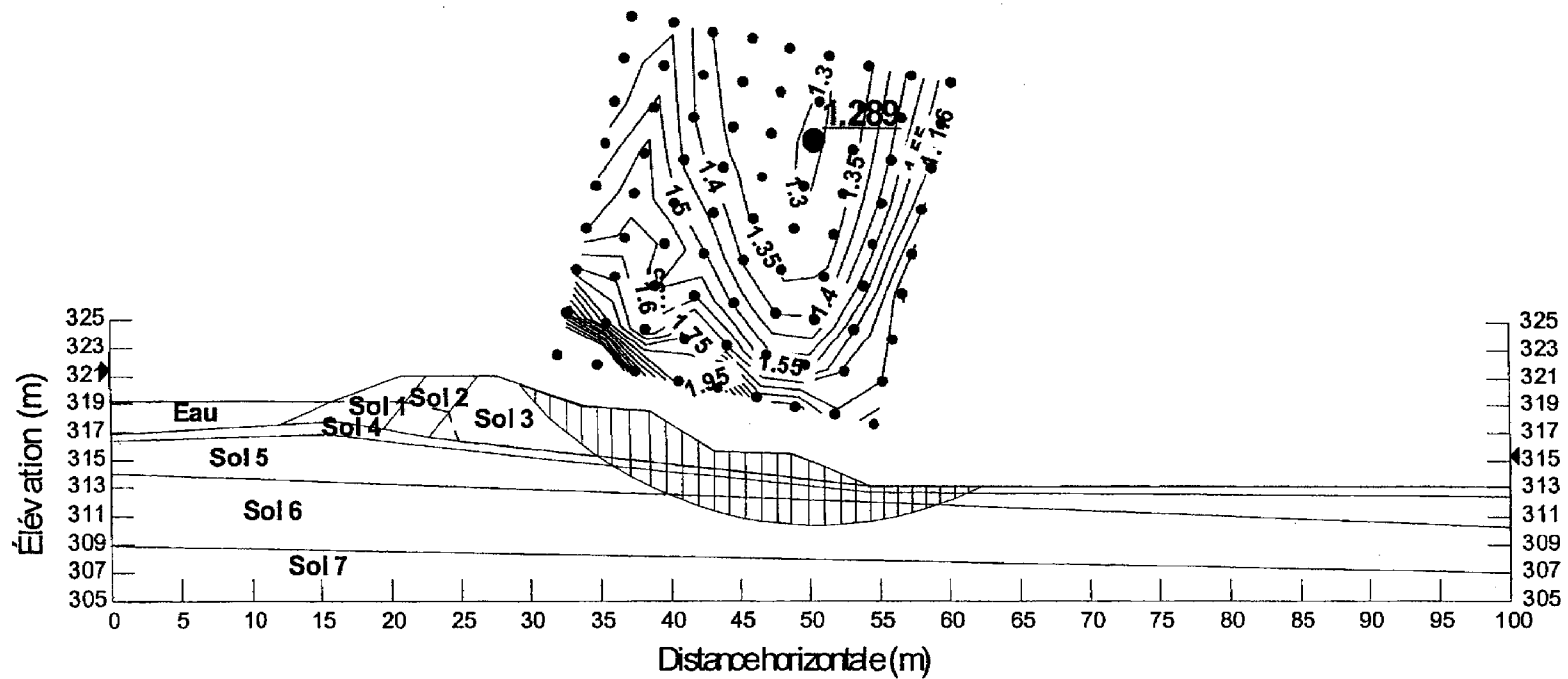
• 1.810 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Sud : Analyse statique, Paroi aval	FIGURE H-7
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Noyau	17	26	-
3	Enrochement	18	-	40
4	Tourbe	11	-	30
5	Argile silteuse	17	25	-
6	Silt	18	-	30
7	Socle rocheux	-	-	-

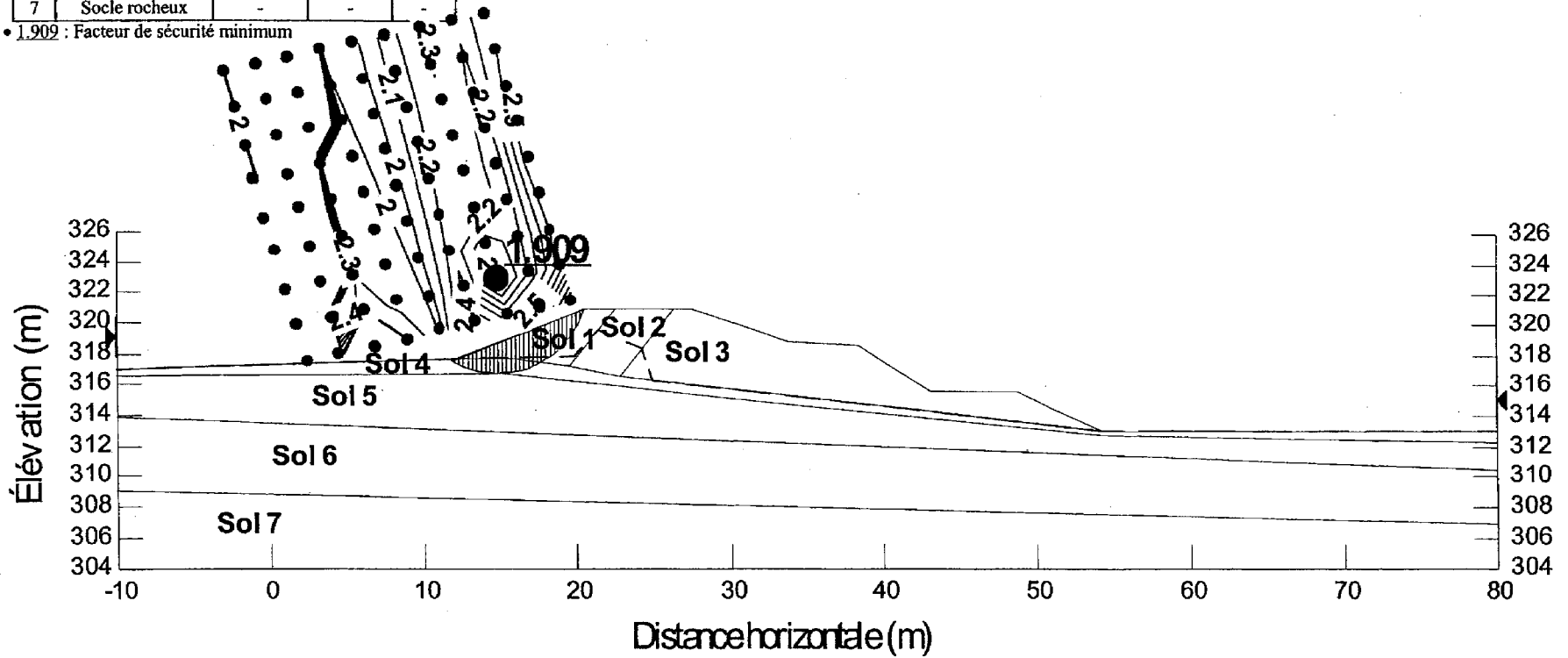
• 1.289 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Sud : Analyse pseudo-statique (a=0.1 g), Paroi aval	FIGURE H-8
Revue de stabilité, Est-Malartic	

No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Noyau	17	26	-
3	Enrochement	18	-	40
4	Tourbe	11	-	30
5	Argile silteuse	17	25	-
6	Silt	18	-	30
7	Socle rocheux	-	-	-

• 1.909 : Facteur de sécurité minimum

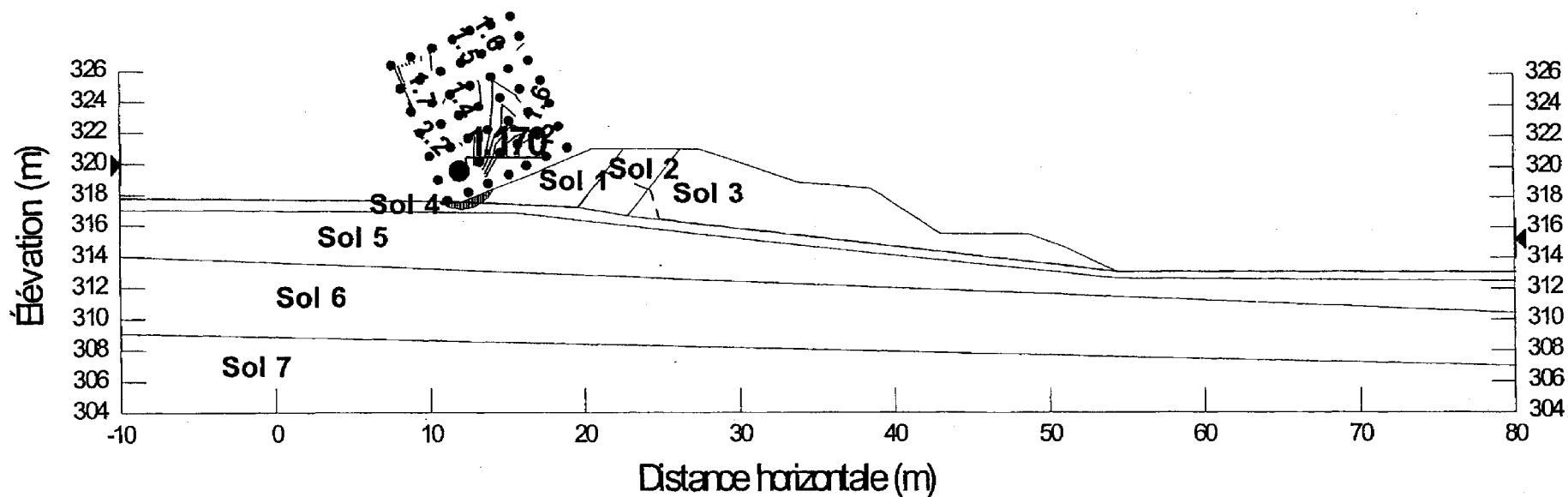


Digue du bassin de polissage, Partie Sud : Analyse statique, Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE H-9
Revue de stabilité, Est-Malartic	



No	Type de matériau	Propriétés géotechniques		
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\phi$ (°)
-	Eau	9.8	-	-
1	Enrochement	18	-	40
2	Noyau	17	26	-
3	Enrochement	18	-	40
4	Tourbe	11	-	30
5	Argile silteuse	17	25	-
6	Silt	18	-	30
7	Socle rocheux	-	-	-

• 1.170 : Facteur de sécurité minimum



Digue du bassin de polissage, Partie Sud : Analyse pseudo-statique (a=0.1 g), Vidange rapide, Paroi amont	FIGURE H-10
Revue de stabilité, Est-Malartic	

## ANNEXE C

### Étude des bilans hydriques de fermeture

**Golder Associés Ltée**

9200, boul. de l'Acadie, bureau 10  
Montréal, Québec, Canada H4N 2T2  
Téléphone (514) 383-0990  
Fax (514) 383-5332



**BILAN HYDRIQUE,  
PARC À RÉSIDUS, BASSIN DE SÉDIMENTATION,  
BASSIN DE POLISSAGE ET BASSIN VERSANT NORD  
SITE EST MALARTIC**

Rapport soumis à :

Barrick Gold Corporation  
Division Est-Malartic  
2 Chemin Bousquet  
Route 395  
Preissac, Québec  
JOY 2E0

**DISTRIBUTION :**

16 copies Barrick Gold Corporation, Preissac, Québec  
1 copie Golder Associates Ltd., Calgary, Alberta  
2 copies Golder Associés Ltée, Montréal, Québec



Mars 2002



021-7013-5300

## TABLE DES MATIÈRES

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1.0 INTRODUCTION.....	1
1.1 Objectifs de l'étude.....	1
1.2 Aperçu de l'approche adoptée pour la réalisation du bilan hydrique.....	2
1.3 Approche adoptée pour la réalisation de l'étude .....	3
2.0 DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS .....	6
2.1 Description générale .....	6
2.2 Caractéristiques géométriques et hydrauliques des bassins et des ouvrages hydrauliques .....	7
2.2.1 Caractéristiques de superficie et de volume des bassins .....	7
2.2.2 Caractéristiques des ouvrages et canaux d'évacuation des bassins.....	9
3.0 DONNÉES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES.....	15
3.1 Précipitation.....	15
3.1.1 Données mensuelles (pour le scénario de sécheresse) .....	15
3.1.2 Données de précipitation maximale (pour l'analyse des crues) .....	18
3.2 Évaporation .....	20
3.3 Ruissellement régional.....	22
3.3.1 Évaluation selon un faible débit.....	22
3.3.2 Événements de crue .....	23
3.4 Couverture de glace.....	25
3.5 Fonte des neiges.....	25
3.5.1 Introduction .....	25
3.5.2 Estimation de la fonte des neiges à partir de l'épaisseur du couvert de neige (Cas conservateur) .....	26
3.5.3 Estimation du ruissellement à partir de la combinaison de fonte des neiges et précipitation (Cas de base) .....	27
3.6 Exfiltration à travers les digues.....	28
4.0 MODÉLISATION HYDROLOGIQUE .....	29

4.1 Scénario de sécheresse.....	29
4.1.1 Introduction.....	29
4.1.2 Méthodologie.....	29
4.1.3 Résultats.....	30
4.2 Scénario de crue.....	38
4.2.1 Introduction.....	38
4.2.2 Méthodologie.....	39
4.2.3 Résultats.....	40
5.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	45
RÉFÉRENCES.....	48

### LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins.....	6
Tableau 2: Détails – élévation des digues.....	6
Tableau 3 : Historique des précipitations mensuelles (mm) à Val d'Or, 1952-1998.....	15
Tableau 4 : Statistiques mensuelles des séries historique et synthétique.....	17
Tableau 5 : Intensité-Durée-Fréquence des précipitations à l'aéroport de Val d'Or.....	19
Tableau 6 : Historique d'évaporation mensuelle (mm) à Amos.....	22
Tableau 7 : Capacité spécifique mensuelle (mm) à quelques stations hydrométriques choisies.....	23
Tableau 8 : Densité des différents types de neige.....	26
Tableau 9: Prédiction - fonte des neiges et précipitation pour l'Aéroport de Val d'Or.....	27
Tableau 10 : Estimation du taux d'exfiltration des digues.....	28
Tableau 11 : Minima des niveaux d'eau mensuels moyens simulés sur 1000 années de simulation (mm).....	31
Tableau 12 : Niveau d'eau maximum, tirant d'eau et décharge pour le scénario de crue.....	40

**LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Carte de localisation du site .....	4
Figure 2 : Plan du site - Sous-bassins de drainage .....	5
Figure 3 : Parc à résidus (élévation-superficie-volume) .....	7
Figure 4 : Bassin de sédimentation (élévation-superficie-volume) .....	8
Figure 5 : Bassin de polissage (élévation-superficie-volume) .....	8
Figure 6 : Courbe élévation-débit du décanteur 1 .....	10
Figure 7 : Courbe élévation-débit du déversoir d'urgence du parc à résidus .....	11
Figure 8 : Courbe élévation-débit du décanteur 2 .....	12
Figure 9 : Courbe élévation-débit du déversoir d'urgence du bassin de sédimentation .....	13
Figure 10 : Courbe élévation-débit du déversoir du bassin de polissage .....	14
Figure 11 : Hyétoqramme synthétique des précipitations, événement millénal de 3 jours .....	19
Figure 12 : Données maximales du ruissellement régional quotidien moyen .....	24
Figure 13 : Cas de sécheresse : Courbe de durée du niveau d'eau dans le parc à résidus pour la simulation sur 1000 années (saison d'eau libre seulement, mai-octobre) .....	32
Figure 14 : Cas de sécheresse : Courbe de durée du niveau d'eau dans le bassin de sédimentation pour la simulation sur 1000 années (saison d'eau libre seulement, mai-octobre) .....	33
Figure 15 : Cas de sécheresse : Courbe de durée du niveau d'eau dans le bassin de polissage pour la simulation sur 1000 années (saison d'eau libre seulement, mai-octobre) .....	34
Figure 16 : Hypothèse de base (sécheresse): Niveaux d'eau mensuels simulés du parc à résidus pour diverses périodes de retour .....	35
Figure 17 : Hypothèse de base (sécheresse): Niveaux d'eau mensuels simulés du bassin de sédimentation pour diverses périodes de retour .....	36
Figure 18 : Hypothèse de base (sécheresse): Niveaux d'eau mensuels simulés du bassin de polissage pour diverses périodes de retour .....	37
Figure 19 : Niveaux d'eau du parc à résidus pendant la crue millénale .....	41
Figure 20 : Niveaux d'eau du bassin de sédimentation pendant la crue millénale .....	42
Figure 21 : Niveaux d'eau du bassin de polissage pendant la crue millénale .....	43

**LISTE DES ANNEXES**

Annexe A Normales climatiques à Val d'Or

Annexe B Explication des analyses fontes des neiges- pluie

Annexe C Évaluation du bassin versant Nord

## 1.0 INTRODUCTION

Barrick Gold Corporation (Barrick) prépare actuellement le plan de fermeture pour son complexe de gestion des résidus du site Est-Malartic. Pour ce faire, une étude pour établir le bilan hydrique du site est nécessaire afin d'évaluer la couverture d'eau disponible pour les résidus potentiellement générateurs d'acide. En janvier 2002, Barrick a confié la réalisation de ce bilan hydrique à la firme Golder Associés Ltée (Golder).

Barrick opère l'usine Est-Malartic, située près de Val d'Or, Québec, approximativement à 48°07' N et 78°11'W (voir Figure 1). Les minerais traités par le concentrateur du site a produit à la fois des résidus potentiellement générateurs et non-générateurs d'acide, lesquels sont stockés dans le parc à résidus, tel que montré à la Figure 2. Dans le système du parc et ses bassins, l'eau circule du bassin à résidus au bassin de sédimentation et enfin au bassin de polissage, avant d'être déversée dans le milieu naturel. Les bassins sont créés par une série de digues et par la topographie naturelle. Le drainage des bassins se fait soit par des décanteurs (sous des débits normaux), soit par des déversoirs d'urgence en cas d'obstruction des décanteurs ou de débits extrêmes.

### 1.1 Objectifs de l'étude

L'objectif du bilan hydrique était d'examiner la performance des bassins et des ouvrages d'évacuation connexes, tant sous des conditions de sécheresse que de crue. Plus précisément, les contraintes de conception du système sont les suivantes :

- les résidus acidifiants ne doivent pas être exposés même sous des conditions de sécheresse extrême (1000 ans) ;
- aucune submersion des digues ni dépassement des capacités des ouvrages d'évacuation ne doit survenir lors de l'événement de crue millénaire.

Une étude distincte est présentée séparément en Annexe C. Lorsque le parc à résidus existant a été créé, le drainage du secteur du Bassin versant Nord (voir figure 2) a été

redirigé via le fossé de dérivation Nord vers le nord-est, où ultimement il se décharge dans la rivière Malartic. L'adéquation de ce système existant est abordée séparément dans l'Annexe C. Toutefois, la plus grande partie des données utilisées pour la réalisation de cette analyse sont présentées dans le corps principal du rapport.

## 1.2 Aperçu de l'approche adoptée pour la réalisation du bilan hydrique

Un bilan hydrique compare les intrants et extrants d'un réseau hydrologique. Le volume d'un bassin à un moment  $t$  dépend donc de son volume au moment  $t-1$  et des apports et pertes pendant cette période.

$$\text{Volume}_t \text{ du bassin} = \text{Apports}_t - \text{Pertes}_t + \text{Volume du bassin}_{t-1}$$

Les apports aux bassins peuvent inclure :

- les apports directs locaux (ruissellement provenant des environs) ;
- les apports des bassins en amont (dans le cas des bassins de sédimentation et de polissage) ;
- les précipitations directes ;
- l'exfiltration à travers les digues des bassins amont ;
- les apports de ruisseaux adjacents (le cas échéant).

Les pertes des bassins comprennent :

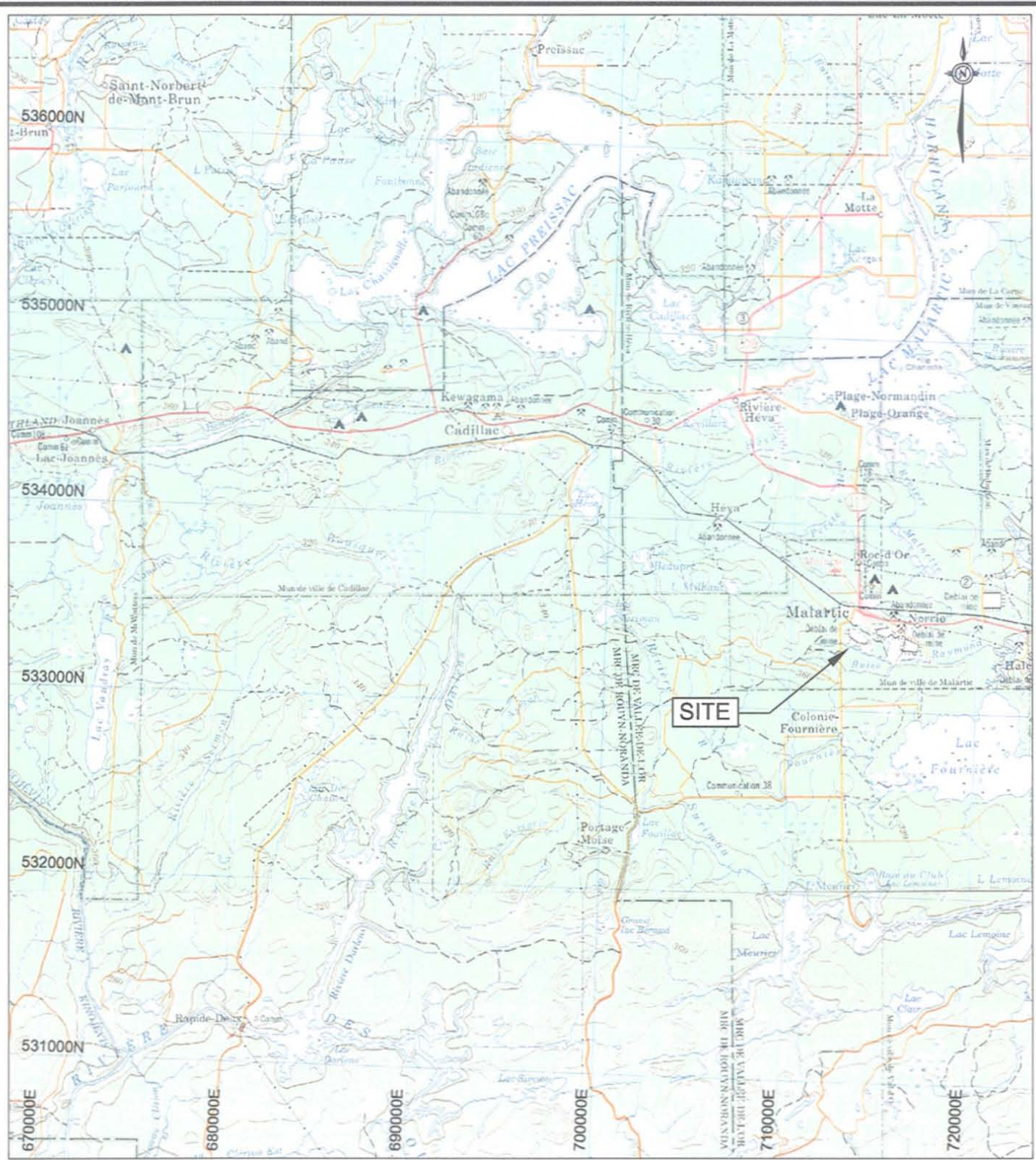
- l'évaporation ;
- l'exfiltration dans la nappe phréatique (supposée négligeable) ;
- l'exfiltration à travers les digues vers le milieu ou le bassin aval ;
- le déversement par les décanteurs et les déversoir d'urgence des bassins.

Les détails du réseau de bassins, les données hydrométéorologiques utilisées et les méthodes de calcul du bilan hydrique sont décrits dans les chapitres qui suivent.



### **1.3 Approche adoptée pour la réalisation de l'étude**

Un hydrologue professionnel pourra remarquer que le présent rapport contient certaines hypothèses très conservatrices pour les variables du bilan hydrique, telles la fonte des neiges, les précipitations, l'évaporation et les exfiltrations. Une revue hydrologique exhaustive pour les bassins d'eau n'était pas possible ni jugée appropriée compte tenu du manque de données hydrologiques mesurées sur place. Toutefois, pour les cas de sécheresse et de crue, deux scénarios ont été développés, notamment les scénarios de base et conservateur. Le scénario de base représente la meilleure estimation (compte tenu des données disponibles) des apports hydrologiques au système. Le cas conservateur reflète des hypothèses beaucoup plus conservatrices : pour le cas d'une sécheresse, ceci inclut des précipitations basses, de l'évaporation et des exfiltrations élevées, tandis que dans le cas de crue, il s'agit des taux de fonte des neiges beaucoup plus élevés. Particulièrement en ce qui a trait aux scénarios de crue, l'approche adoptée a été démontré que même en supposant des apports extrêmement conservateurs (élevés) au système, les bassins étaient capables d'acheminer les débits de fonte des neiges.

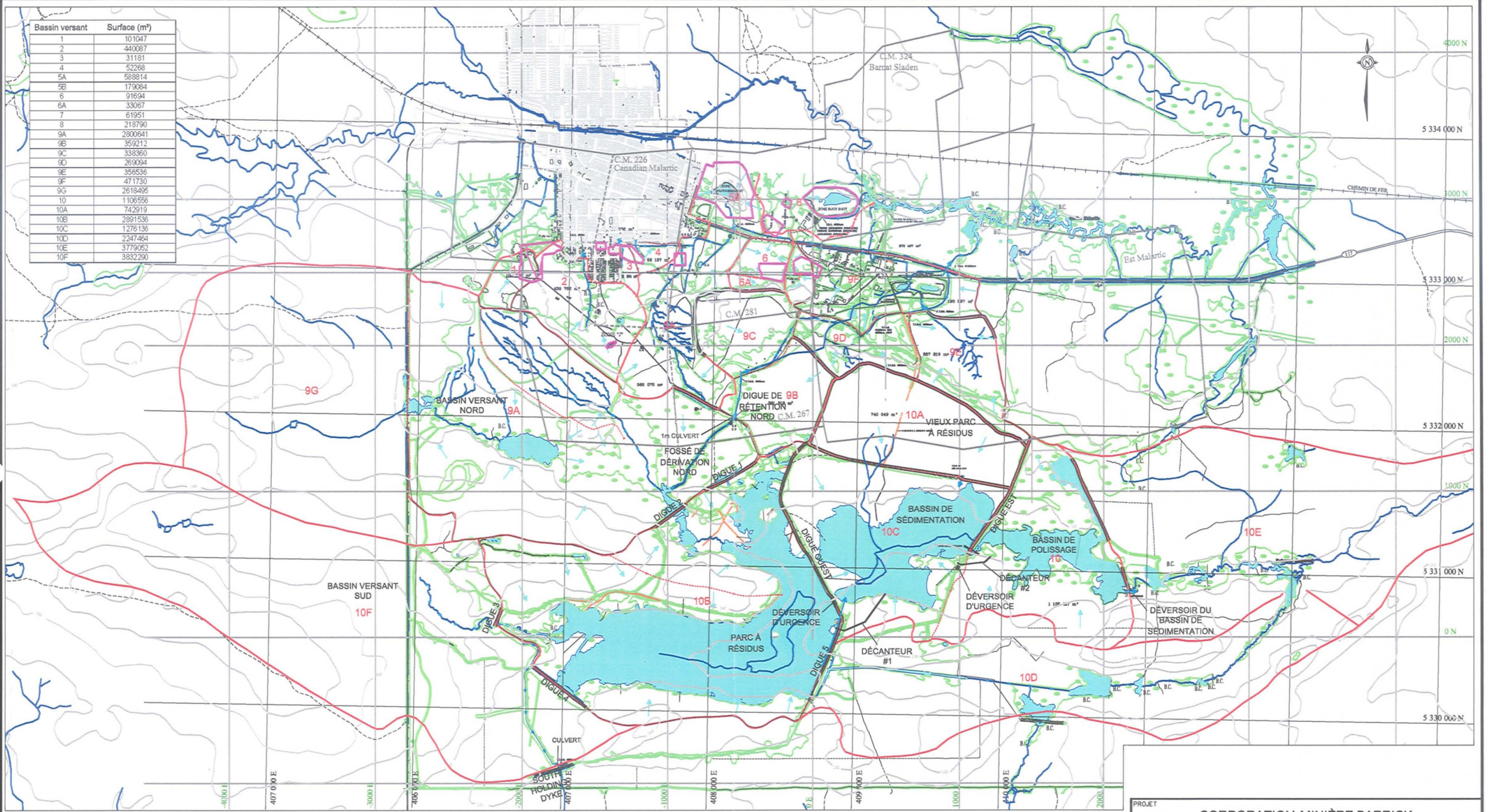


PROJET	CORPORATION MINIÈRE BARRICK SITE EST-MALARTIC		
TITRE	LOCALISATION DU SITE		
	No. PROJET: 021-7013-5300	No. DESSIN: 0217013-5300-01	
	PROJETÉ		ÉCHELLE INDIQUÉE
	DESSINÉ	A.S. 02-03-01	REV. 0
	VÉRIFIÉ		
APPR.			
			<b>FIGURE: 1</b>

**RÉFÉRENCE**

CARTE DE BASE FOURNIE PAR LE BUREAU DES CARTES DU CANADA (OTTAWA),  
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES.  
31 M (1995). NAD 83 ZONE 17.

Bassin versant	Surface (m²)
1	10 1047
2	440087
3	31181
4	52268
5A	588814
5B	179084
6	91694
6A	33067
7	61951
8	218790
9A	2800641
9B	359212
9C	338360
9D	269094
9E	356536
9F	471730
9G	2618495
10	1106556
10A	742919
10B	2891536
10C	1276136
10D	2247464
10E	3779052
10F	3832290



**LÉGENDE**

LIMITE DE ZONE BOISÉE	BARRAGE DE CASTOR	VOIE FERRÉE	DIRECTION DE L'ÉCOULEMENT HYDRAULIQUE À L'EXUTOIRE	EMERGENCY SPILLWAY
ARBRE ISOLÉ	CHEMIN ASPHALTÉ	LIGNE D'OCCUPATION	TUYAU DE TÔLE ONDULÉE GALVANISÉE	DIVERSION #1 OR #2
ZONE DE MARÉCAGE	CHEMIN DE TERRE OU EN CONSTRUCTION	TOUR	TUYAU DE BÉTON ARMÉ	
ROCHE À FLEUR D'EAU	SENTIER	POINT D'ARPENTAGE + CONTRÔLE PHOTOGRAM.	TUYAU DE POLYÉTHYLÈNE HAUTE DENSITÉ	
GROS BLOC DE ROCHE ISOLÉ	BÂTIMENT	NUMÉRO ET CENTRE DE PHOTOGRAPHIE	LIGNE DE PARTAGE DES EAUX	
LIMITE DE ZONE COUVERTE DE ROCHE	PONT	POINT D'ÉCHANTILLONNAGE DES EAUX DE SURFACE	BRÈCHE	
COURS D'EAU LARGEUR PLUS DE 2 MÈTRES	EMPILEMENT	LIMITE DES BASSINS VERSANTS	DÉVERSOIR	
RUISSEAU: LARGEUR MOINS DE 2 MÈTRES	POINT DE VÉRIFICATION TOPOGRAPHIQUE	LIMITE DES SOUS-BASSINS VERSANTS	NUMÉRO DE BASSIN VERSANT	
R	CLÔTURE	LIMITE DE BASSIN DONT L'ÉCOULEMENT EST MAL DÉFINI	DIGUE	
		DIRECTION DE L'ÉCOULEMENT HYDRAULIQUE DE SURFACE (INTERPRÉTÉE)	COURBES TOPOGRAPHIQUES (équidistance au 10m)	
			COURBES TOPOGRAPHIQUES (équidistance au 2m)	

**PROJET**  
CORPORATION MINIÈRE BARRICK  
SITE EST-MALARTIC

**TITRE**  
PLAN DU SITE - BASSINS VERSANTS

No. PROJET	021-7013-5300	No. DESSIN	0217013-5300-02
PROJETÉ	RL	02-03-01	ÉCHELLE: INDIQUÉE   REV. 0
DESSINÉ	RFM	02-03-01	
VÉRIFIÉ			
APPR.			

Golden Associates  
Calgary, Alberta

**FIGURE: 2**

## 2.0 DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS

### 2.1 Description générale

Le système faisant l'objet de l'étude consiste en trois bassins reliés en série. Les caractéristiques de ces bassins sont résumées dans le Tableau 1 et les informations concernant les digues dans le tableau 2 :

**Tableau 1 : Caractéristiques des bassins**

Bassin	Élévation importantes (m)		Sources de ruissellement	Superficie drainée locale (incluant le bassin)	Superficie du bassin au NNR
	NNR (m)	Déversoirs d'urgence			
Parc à résidus	327,3	328,3	Drainage local (10B)	2,89 km <sup>2</sup>	1,59 km <sup>2</sup>
Bassin de sédimentation	325,5	326,3	Décharge du bassin à résidus		
			Drainage local (10C)	1,28 km <sup>2</sup>	0,98 km <sup>2</sup>
			Secteur 10A	0,72 km <sup>2</sup>	
Bassin de polissage	319,1	319,1	Décharge du bassin de sédimentation		
			Drainage local (Secteur 10)	1,11 km <sup>2</sup>	0,23 km <sup>2</sup>

NNR : niveau normal de retenue = élévation minimale du déversoir

**Tableau 2: Détails – élévation des digues**

Digue	Élévation du noyau (m)	Élévation de la surface de roulement (m)
1	329.2	329.5
2	330.5	330.8
3	329.5	329.8
4	329.5	329.8
5	329.2	329.5
Ouest	329.4	329.7
Est	327.5	327.8
Bassin de polissage	321.0	321.3

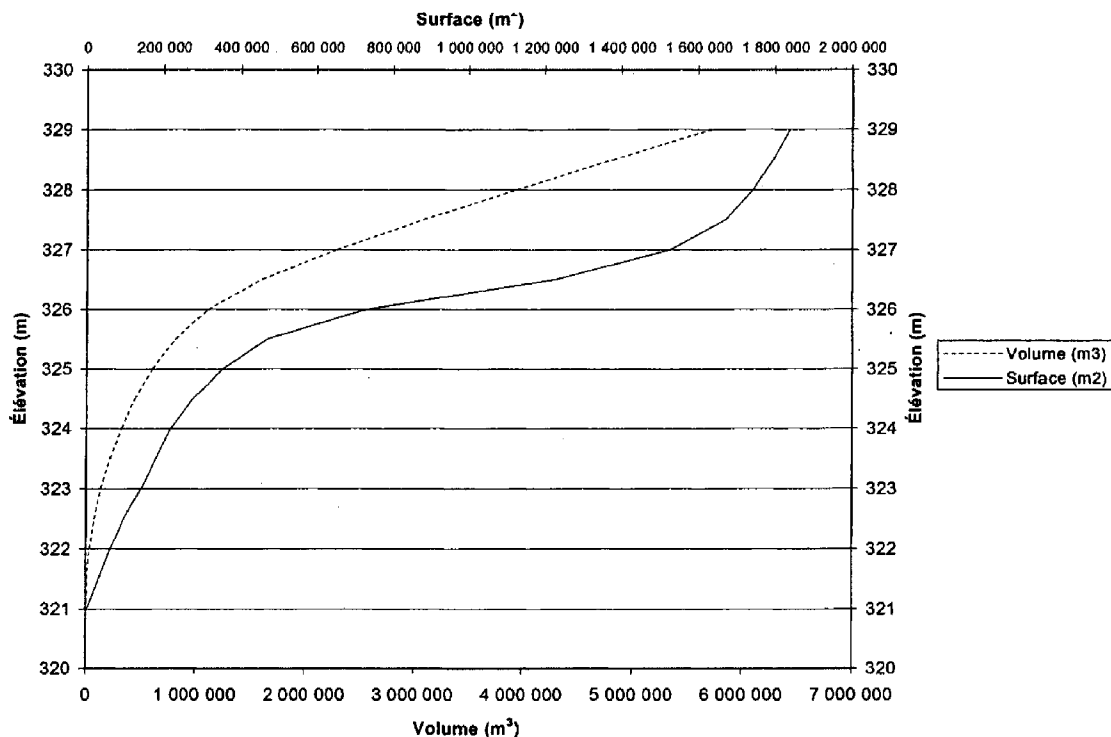
## 2.2 Caractéristiques géométriques et hydrauliques des bassins et des ouvrages hydrauliques

Cette section décrit la relation hauteur-surface-volume des bassins ainsi que la géométrie et la capacité hauteur-débit des ouvrages hydrauliques associés aux bassins à résidus, de sédimentation et de finition. Cette information a été utilisée dans le modèle de simulation du bilan hydrique afin d'évaluer les scénarios de sécheresse et de crue.

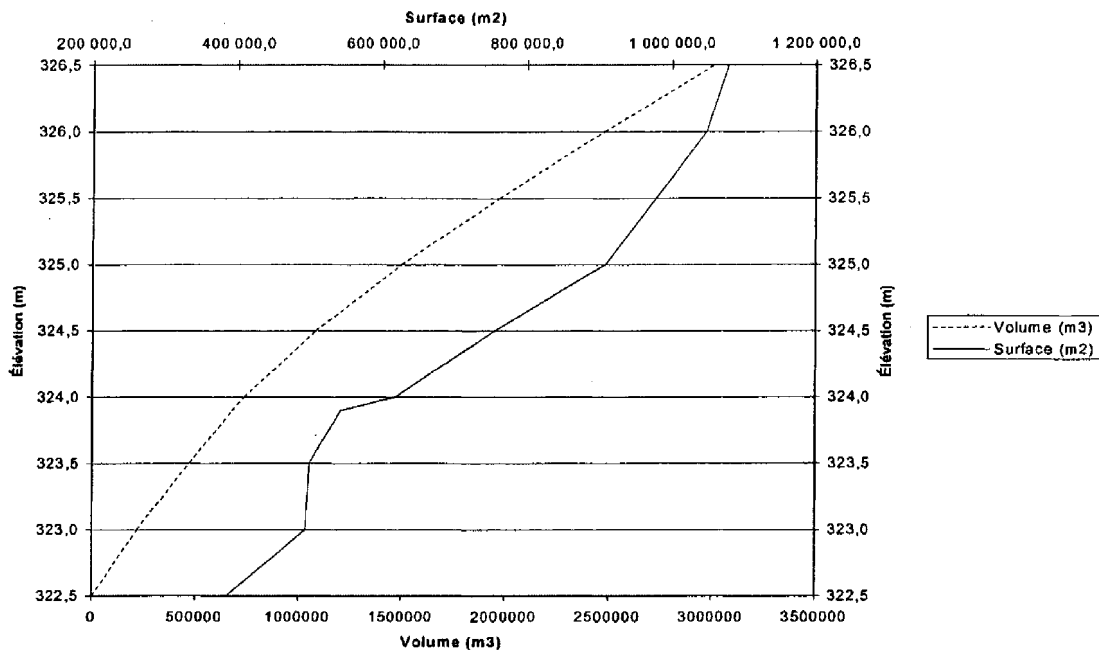
### 2.2.1 Caractéristiques de surface et de volume des bassins

La relation hauteur-surface-volume de chaque bassin, illustrée aux figures 3 à 5, a été obtenue à partir des données disponibles sur la topographie et la bathymétrie du site.

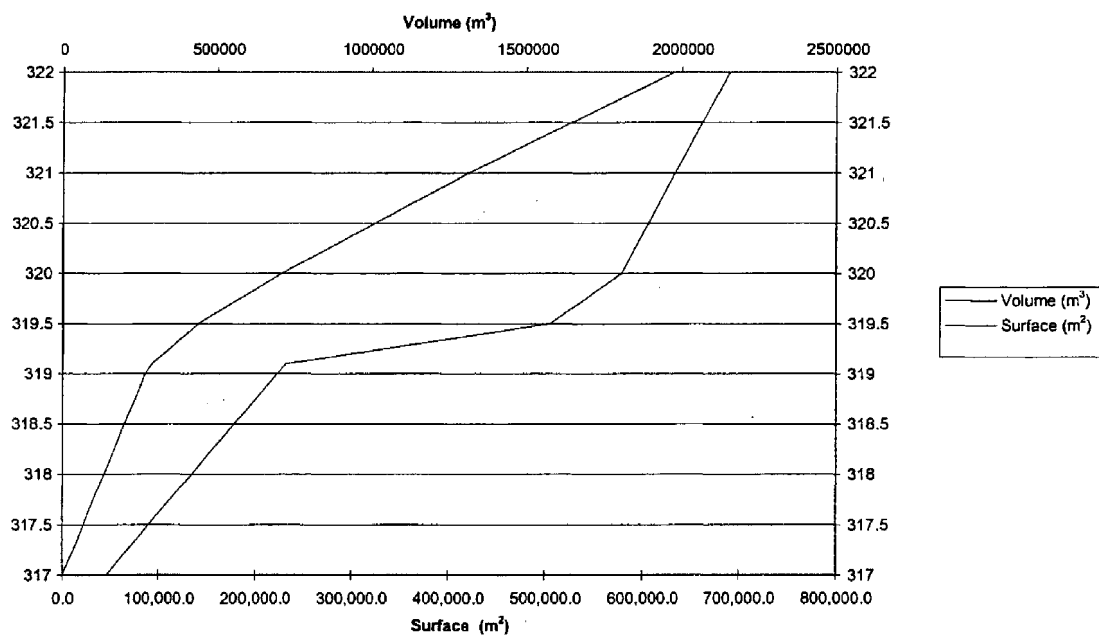
Figure 3 : Parc à résidus (élévation-surface-volume)



**Figure 4 : Bassin de sédimentation (élévation-superficie-volume)**



**Figure 5 : Bassin de polissage (élévation-superficie-volume)**



## **2.2.2 Caractéristiques des ouvrages et canaux d'évacuation des bassins**

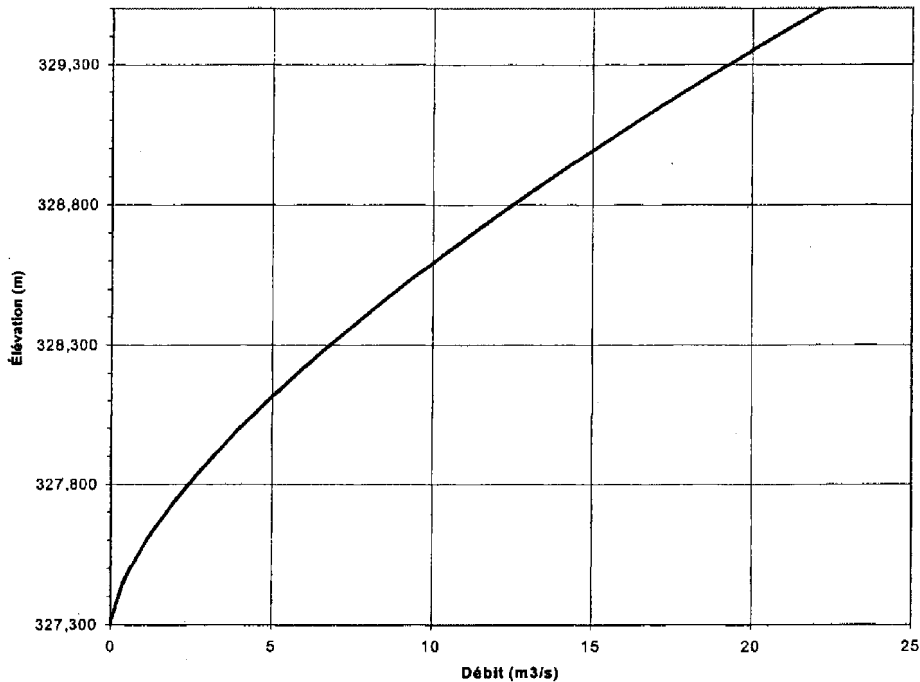
Les ouvrages pris en considération comprennent :

- Décanteur 1, du parc à résidus au bassin de sédimentation (projeté) ;
- Déversoir d'urgence du parc à résidus au bassin de sédimentation (projeté) ;
- Décanteur 2, du bassin de sédimentation au bassin de polissage (projeté) ;
- Déversoir d'urgence du bassin de sédimentation au bassin de polissage (projeté) ;
- Déversoir existant du bassin de polissage au milieu récepteur.

### **2.2.2.1 Décanteur 1 (parc à résidus vers le bassin de sédimentation)**

Le décanteur 1 est un canal excavé d'une longueur d'environ 400 m qui achemine le débit du parc à résidus vers le bassin de sédimentation. L'entrée du décanteur 1 est un ouvrage en béton d'une longueur d'environ 15 m et comportant deux canaux de section rectangulaire larges de 2 m. L'élévation de la crête, à 327,3 m, peut être augmentée par l'ajout de poutrelles de vannage. Pour les fins de la modélisation, il a été supposé que le décanteur se comporte comme une large plaque de jaugeage.

La courbe élévation-débit du décanteur 1 est illustrée à la Figure 6.

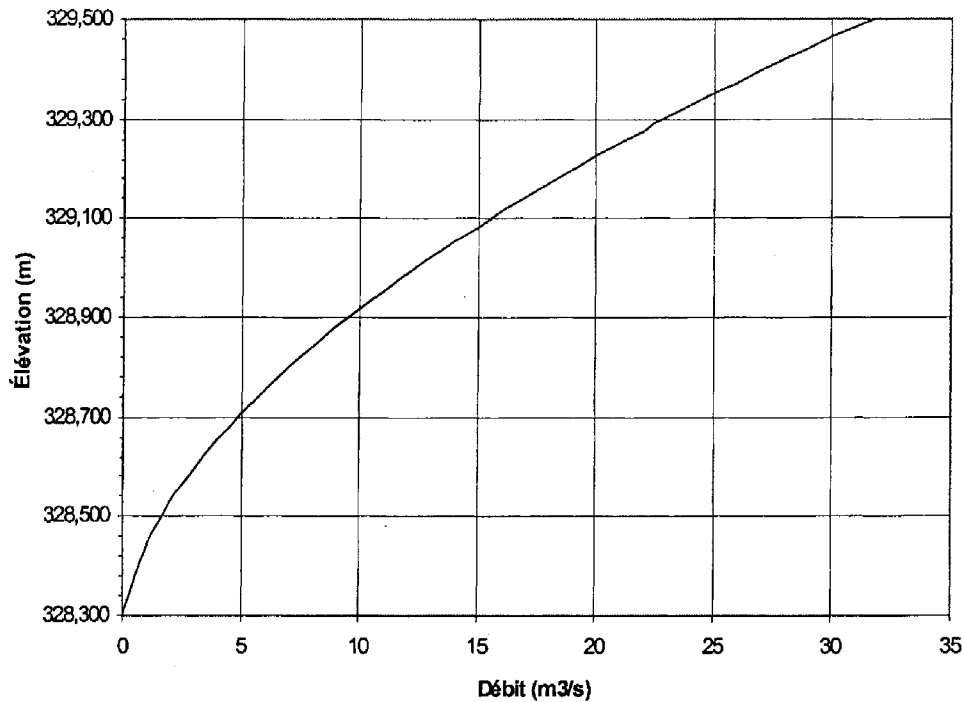
**Figure 6 : Courbe élévation-débit du décanteur 1**

### 2.2.2.2 Déversoir d'urgence du parc à résidus

Le déversoir d'urgence du parc à résidus (élévation en crête 328,3 m) est un déversoir trapézoïdal d'une largeur de 10 m qui achemine le débit du parc à résidus vers le bassin de sédimentation, à travers la digue Ouest. Le déversoir d'urgence est large de 10 m à la base, avec des côtés inclinés à 5:1.

En supposant un comportement hydraulique de déversoir, la courbe élévation-débit du déversoir d'urgence du parc à résidus est illustrée à la Figure 7.

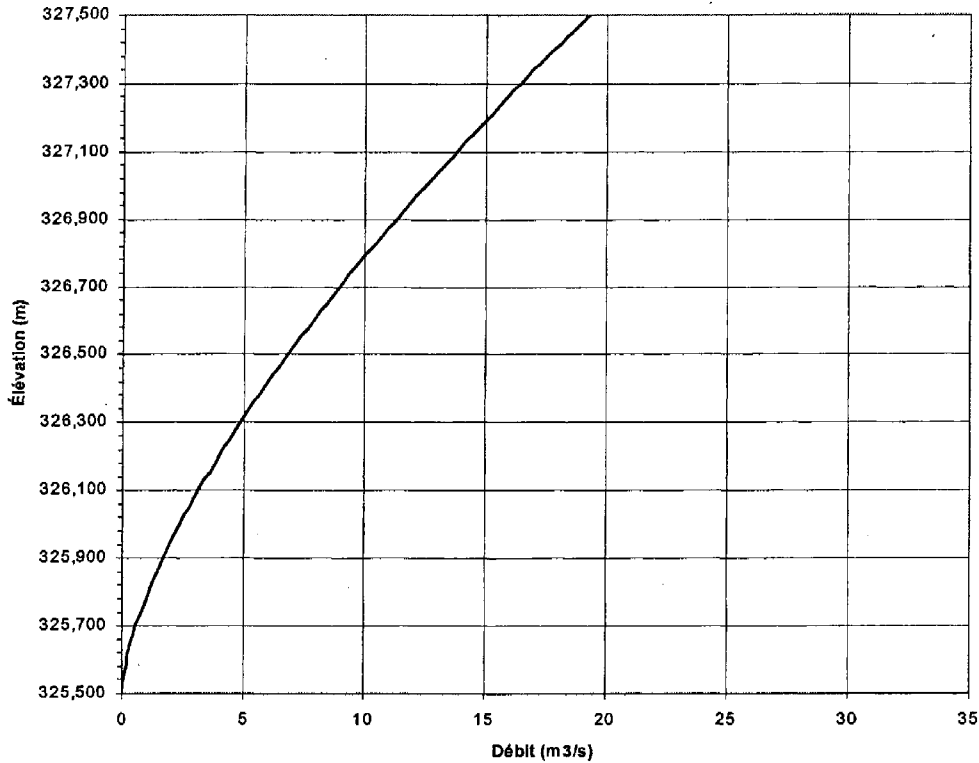


**Figure 7 : Courbe élévation-débit du déversoir d'urgence du parc à résidus**

### 2.2.2.3 Décanteur 2 (du bassin de sédimentation au bassin de polissage)

Le décanteur 2 est un canal excavé d'une longueur d'environ 250 m qui achemine le débit du bassin de sédimentation au bassin de polissage. L'entrée du décanteur 2 est un ouvrage en béton d'une longueur d'environ 15 m et comportant deux canaux de section rectangulaire larges de 2 m. L'élévation de la crête, à 325,5 m peut être augmentée par l'ajout de poutrelles de vannage. Pour les fins de la modélisation, il a été supposé que le décanteur se comporte comme une large plaque de jaugeage.

La courbe élévation-débit du décanteur 2 est illustrée à la Figure 8.

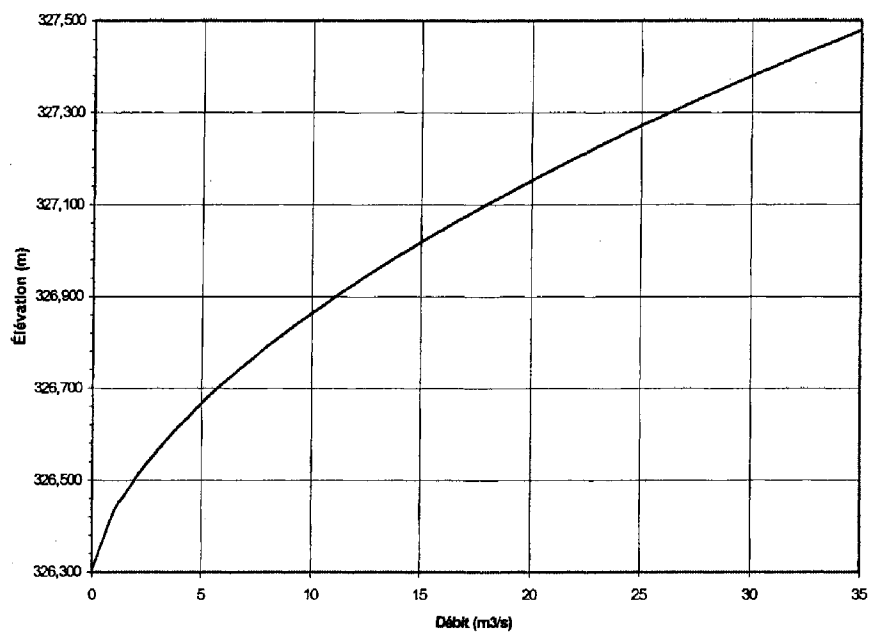
**Figure 8 : Courbe élévation-débit du décanteur 2**

#### 2.2.2.4 Déversoir d'urgence du bassin de sédimentation

Le déversoir d'urgence du bassin de sédimentation est un déversoir trapézoïdal qui achemine le débit du bassin de sédimentation au bassin de polissage, à travers la digue Est. L'élévation en crête du déversoir d'urgence est de 326,3 m ; il mesure 12 m de largeur à la base, avec des côtés inclinés à 5:1.

En supposant un comportement hydraulique de déversoir à seuil épais, la courbe hauteur-débit du déversoir d'urgence du bassin de sédimentation est telle qu'illustrée à la Figure 9.

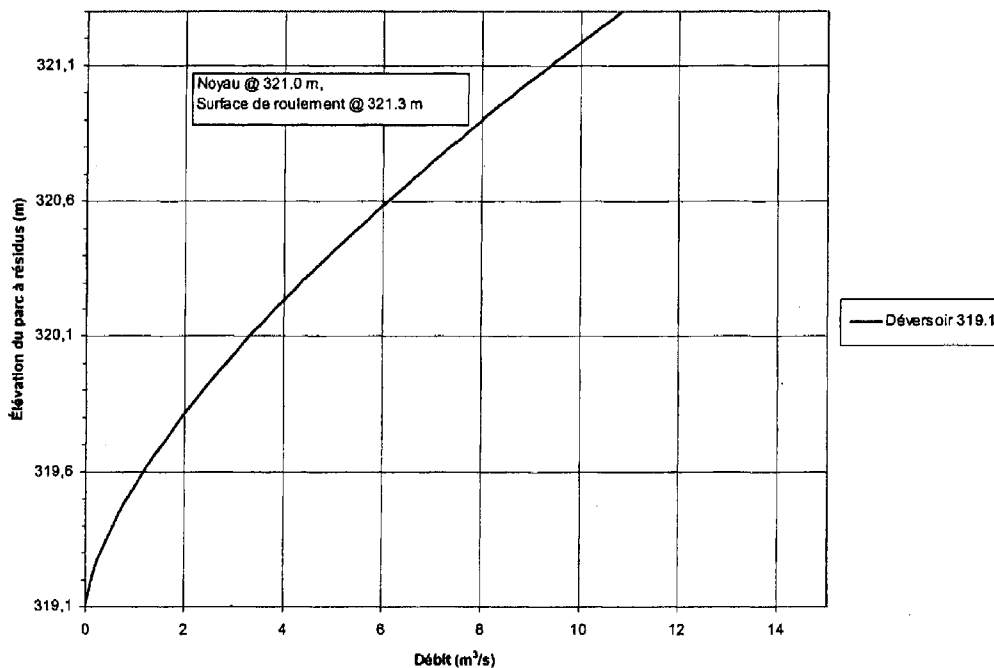
**Figure 9 : Courbe élévation-débit du déversoir d'urgence du bassin de sédimentation**



### 2.2.2.5 Déversoir du bassin de polissage

Le déversoir du bassin de polissage est un ouvrage en béton qui achemine le débit du bassin de polissage vers le bassin versant naturel. Au moment d'écrire ces lignes, les renseignements disponibles au sujet de la géométrie de l'ouvrage ne permettent pas d'évaluer la capacité hydraulique de ce déversoir. Barrick a indiqué que le déversoir est un canal rectangulaire d'une largeur de 1,95 m, avec une élévation du seuil de 319,1 m. Pour fin de modélisation, on a aussi supposé que le déversoir de décharge se comporte comme un déversoir à seuil épais. La courbe élévation-débit du déversoir du bassin de polissage est montrée à la Figure 10.

Figure 10 : Courbe élévation-débit du déversoir du bassin de polissage



### 3.0 DONNÉES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES

Les données hydrologiques et météorologiques sont des intrants essentiels de tout bilan hydrique. Les sections suivantes décrivent le type de données recueillies, leur extrapolation pour créer des simulations millénales, ainsi que les incertitudes potentielles associées à ces utilisations.

#### 3.1 Précipitation

##### 3.1.1 Données mensuelles (pour le scénario de sécheresse)

Les données sur les précipitations mensuelles à l'aéroport de la ville de Val d'Or, située non loin du site étudié, ont servi aux simulations des conditions de sécheresse. Les données sur les précipitations disponibles couvrent la période de 1952 à 1998 et sont présentées au Tableau 3.

**Tableau 3 : Historique des précipitations mensuelles (mm) à Val d'Or, 1952-1998**

Année	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1952	52	79	80	60	90	69	176	155	78	47	78	58	1021
1953	88	69	26	24	8	56	33	47	75	11	31	49	516
1954	47	47	34	23	62	116	124	100	135	64	81	43	873
1955	42	22	50	15	25	71	54	106	78	124	90	103	780
1956	60	47	35	34	83	56	131	73	108	55	71	98	852
1957	36	61	10	34	5	162	76	58	175	86	84	97	883
1958	64	73	23	33	75	99	72	107	125	118	57	49	894
1959	65	37	73	53	58	60	87	136	61	107	100	65	902
1960	52	62	33	72	93	189	144	108	93	48	111	43	1049
1961	24	38	54	39	33	68	67	103	173	40	118	83	841
1962	69	46	20	35	63	27	105	104	100	47	25	87	727
1963	39	45	63	38	46	113	77	217	64	29	117	30	878
1964	86	59	81	53	94	113	51	105	72	85	67	114	977
1965	61	124	14	42	116	36	96	189	136	113	76	72	1075
1966	73	24	97	25	56	101	164	113	109	89	171	85	1107
1967	141	84	57	102	52	61	63	92	96	110	142	72	1073
1968	26	79	69	80	24	105	161	65	69	82	57	90	906
1969	54	22	56	41	68	113	135	58	84	101	111	64	906
1970	29	56	60	41	78	111	138	73	119	68	63	72	908
1971	77	63	77	42	63	80	118	38	78	79	57	87	858
1972	57	56	107	42	41	87	79	58	95	68	47	88	824
1973	54	34	75	59	78	98	65	123	108	104	65	52	916
1974	100	68	40	117	137	127	63	43	185	102	55	58	1094
1975	72	28	62	48	63	94	88	105	101	57	78	45	840
1976	65	84	81	56	93	74	156	103	117	98	59	65	1053
1977	35	44	64	66	13	127	94	112	86	58	61	70	828
1978	72	11	35	58	49	77	78	71	105	68	52	96	774
1979	58	18	110	84	103	137	76	146	122	178	106	45	1183

Année	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
1980	36	17	101	84	28	63	108	128	127	98	68	49	905
1981	25	73	53	113	70	90	64	79	69	103	60	38	836
1982	61	25	30	81	40	95	72	91	103	67	57	88	810
1983	48	48	61	75	111	41	88	52	81	78	69	80	833
1984	31	56	29	66	149	112	98	98	62	52	114	81	946
1985	39	58	74	55	64	89	201	99	63	56	75	83	956
1986	67	17	91	87	108	81	54	118	139	105	57	71	995
1987	32	18	70	52	85	95	109	69	75	69	53	75	800
1988	70	64	43	83	74	99	32	169	125	126	99	61	1045
1989	65	27	95	30	105	96	92	78	75	83	133	36	915
1990	64	60	45	60	52	125	124	87	153	118	91	52	1030
1991	55	30	78	52	59	65	50	119	84	62	58	56	768
1992	67	31	89	44	61	88	93	121	108	70	71	52	896
1993	39	14	27	59	108	59	140	83	108	116	87	44	884
1994	48	29	43	60	62	168	130	83	92	52	92	28	889
1995	66	38	50	79	129	54	114	57	86	98	143	31	946
1996	41	12	15	115	44	88	137	58	85	65	64	102	824
1997	114	32	39	32	95	66	151	96	125	93	18	31	889
1998	59	23	91	34	47	174	81	81	85	5	5	28	711
Moyenne	58	46	58	57	69	93	100	97	102	80	77	65	902

Les données disponibles pour la période 1952 – 1959 sont seulement mensuelles et leur qualité est considérée moindre que celle du reste de l'historique, de 1960 à 1998. L'année 1953, en particulier, semble inclure certaines valeurs extrêmement faibles et le total annuel de seulement 516 mm semble présenter une période de retour largement supérieure à 100 ans. Les valeurs de précipitation de février, juin et juillet 1953 sont manquantes. Ces lacunes ont été comblées par des valeurs provenant d'une station voisine, celle d'Amos. Néanmoins, sauf pour 1953, les totaux annuels de la période 1952 – 1959 sont compatibles avec ceux des années suivantes et ont donc été utilisés dans l'analyse.

La période couverte par l'historique des précipitations ne suffit pas à l'étude de la performance des bassins en termes d'exploitation à long terme. Par conséquent, la série historique de données sur la précipitation a servi d'intrant à un modèle stochastique qui a généré une série de précipitations mensuelles simulées sur une période de 1000 années. Cette série stochastique préserve toutes les statistiques annuelles et mensuelles pertinentes de la série historique, y compris la moyenne, l'écart type et l'autocorrélation entre des mois ou années subséquents. Pour les fins de l'évaluation des effets de la

sécheresse, la caractéristique importante de la série de 1000 années est la présence d'un plus grand nombre de mois et d'années de précipitations extrêmement faibles.

Dans le cadre de l'examen initial de la série historique, nous avons déterminé qu'il n'y a pas d'autocorrélation significative dans les données de précipitations annuelles ou mensuelles. Le Tableau 4 donne la comparaison des statistiques de la série historique et de la série générée sur 1000 années.

**Tableau 4 : Statistiques mensuelles des séries historique et synthétique**

Statistiques mensuelles de la série historique													
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Moyenne	57,9	45,8	57,6	56,9	69,3	93,0	100,1	97,3	101,9	79,8	77,5	65,3	902,3
Écart type	22,9	24,1	26,7	25,0	33,1	35,2	39,1	37,1	30,4	32,2	33,1	23,0	119,8
Min	23,5	11,2	9,5	15,1	4,9	27,0	32,2	27,5	61,1	5,0	5,0	27,8	516,6
Max	140,7	123,6	110,4	116,5	148,6	189,3	201,4	217,1	185,0	177,5	170,7	113,5	1182,8
AC-1	0,16	-0,24	0,00	0,25	-0,10	0,04	-0,11	0,01	0,31	0,28	-0,07	0,12	-0,01
AC-2	0,00	0,07	0,00	0,05	0,12	-0,06	-0,14	0,15	-0,02	0,00	0,11	0,28	0,07

Statistiques mensuelles de la série synthétique													
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Moyenne	58,28	46,03	56,15	56,69	66,69	92,78	99,62	96,18	103,51	80,70	78,93	65,46	903,03
Écart type	23,48	24,44	24,41	25,24	31,71	32,84	36,68	36,09	29,83	31,30	35,60	21,96	119,86
Min	18,1	10,7	13,7	10,1	13,8	22,9	24,8	24,2	43,5	23,8	20,4	20,9	571,5
Max	171,8	233,9	221,8	200,9	246,5	230,6	251,5	270,0	242,9	263,3	269,9	171,7	1485,5
AC-1	0,17	-0,19	-0,01	0,23	-0,14	0,05	-0,10	0,05	0,29	0,17	-0,08	0,03	0,00
AC-2	0,03	0,08	0,01	0,03	0,15	-0,04	-0,12	0,10	-0,05	-0,02	0,01	0,02	-0,02

\* Remarque : La précipitation annuelle minimum de la série synthétique rapportée ci-dessus est plus élevée que celle de la série historique. Comme mentionné plus haut, le total annuel minimum enregistré (1953) est considéré erroné.

Le Tableau 4 démontre que les valeurs maximales de précipitation mensuelle sont toujours plus élevées dans la série synthétique que dans la série historique, ce qui est prévisible. La situation est semblable à l'extrémité sèche du spectre, sauf pour les mois de mars et mai, alors que les données historiques présentent des valeurs extrêmement faibles dans les années précédant 1960. Ceci est vraisemblablement l'effet de lacunes dans les données de ces mois, mais cette hypothèse ne peut être vérifiée puisque seules les données mensuelles sont disponibles. Des observations semblables peuvent être faites à propos des deux autres mois (octobre et novembre) où des anomalies surviennent dans les minima d'une même année (1998).

Tandis que les statistiques des séries synthétiques et historiques concordent bien, il est important de noter que l'extrapolation d'une série de données de 47 ans jusqu'à une série complète de 1000 ans n'est jamais parfaite. À la section 4.1 un cas de base (utilisant les estimations présentées au tableau 4) et un cas conservateur (pour lequel la précipitation est supposée de 10 % inférieure aux valeurs du tableau 4) sont considérés dans la réalisation du bilan hydrique.

### 3.1.2 Données de précipitation maximale (pour l'analyse des crues)

Les évaluations portant sur les crues sont souvent réalisées à partir de données dérivées *intensité-durée-fréquence (IDF)*. Ces données fournissent, par exemple, la quantité totale de précipitation pendant un événement de 24 heures d'une période de retour de 100 ans. Les intensités des événements de précipitation sont habituellement données pour des périodes de retour de 2 à 100 ans et des épisodes durant de 5 minutes à 24 heures. Connaissant les valeurs de précipitation quotidienne, on peut extrapoler les données IDF pour des événements de durée supérieure à 24 heures.

Des courbes IDF pour des événements d'une durée allant jusqu'à 24 heures dans la région de Val d'Or ont été obtenues auprès d'Environnement Canada et sont présentées dans le Tableau 5. Compte tenu de l'effet tampon du stockage en bassins, des données IDF pour des durées supérieures à 24 heures étaient nécessaires. De plus, nous souhaitons analyser les crues millénales. Plutôt que d'adopter l'approche, plus laborieuse, d'une analyse de l'ensemble de données historiques sur le débit quotidien, nous avons extrapolé les données IDF du Tableau 5<sup>1</sup>. Une distribution log-normale à deux facteurs a permis d'étendre l'ensemble de données pour couvrir l'événement millénaire, et ces données ont à leur tour été étendues au moyen d'une extrapolation log-log afin d'estimer les événements de plusieurs jours.

<sup>1</sup> Une analyse préliminaire du scénario de crue indique que la submersion des digues est très peu probable ; par conséquent, le recours à une extrapolation des données IDF, moins précise mais plus rapide, a été jugé acceptable.



Les données du Tableau 5 ont servi à générer un hyétogramme synthétique des précipitations (Figure 11), lequel a été combiné aux estimations de la fonte des neiges et utilisé dans les scénarios de simulation de crues.

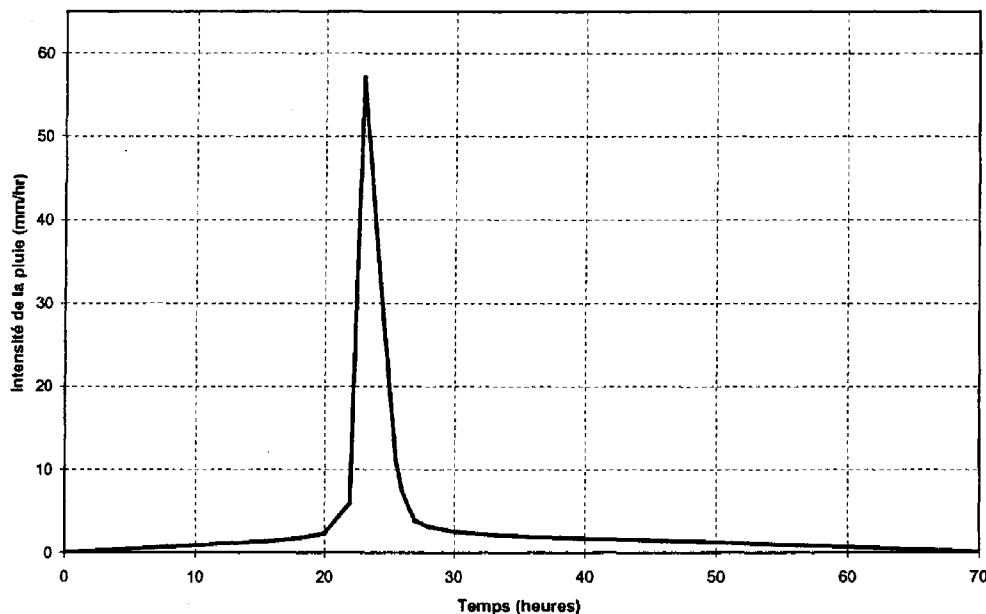
**Tableau 5 : Intensité-Durée-Fréquence des précipitations à l'aéroport de Val d'Or**

Période de retour (années)	Précipitation totale (mm)										
	3 jours	2 jours	1 jour	12 h	6 h	2 h	1 h	30 min	15 min	10 min	5 min
2	<b>63,5</b>	<b>56,1</b>	41,0	36,0	30,5	22,0	18,6	15,3	11,8	9,8	6,8
5	<b>74,2</b>	<b>65,9</b>	49,5	42,5	35,8	27,5	24,2	19,9	14,7	12,2	8,9
10	<b>81,6</b>	<b>72,7</b>	55,1	46,8	39,3	31,2	28,2	23,0	16,6	13,7	10,2
25	<b>90,5</b>	<b>80,9</b>	62,2	52,2	43,7	35,8	33,0	26,9	19,1	15,7	12,0
50	<b>97,4</b>	<b>87,2</b>	67,5	56,2	47,0	39,2	36,5	29,8	20,9	17,2	13,2
100	<b>104,1</b>	<b>93,3</b>	72,7	60,2	50,3	42,6	40,1	32,7	22,7	18,7	14,5
1000	<b>121,2</b>	<b>109,3</b>	86,9	70,6	58,6	52,5	51,4	41,7	27,9	22,9	18,5

Remarques :

- Périodes de retour de 2 à 100 ans à l'aéroport de Val D' Or (Service de l'environnement atmosphérique), basées sur les données 1960 - 1991.
- Les valeurs en caractères gras sont des extrapolations.

**Figure 11 : Hyétogramme synthétique des précipitations, événement millénal de 3 jours**



### 3.2 Évaporation

Des estimations de l'évaporation atmosphérique mensuelle<sup>2</sup> couvrant une période de 26 années (1968 – 1993) à la station d'Amos (environ 50 km au nord de Malartic) ont été fournies par Environnement Canada. Le taux d'évaporation est affecté par plusieurs variables climatiques, mais il est vraisemblable que le taux d'évaporation régional à Amos soit comparable à celui de Malartic, puisque la température moyenne annuelle est pratiquement la même aux deux endroits (1,1°C à Amos, 1,2°C à Val d'Or), qui sont à des latitudes semblables.

Comme l'historique de données est incomplet, les valeurs d'évaporation manquantes ont été comblées par les valeurs moyennes mensuelles. Une évaporation moyenne de 20 mm a été supposée pour le mois de mars de chaque année. Dans la période de novembre à février, l'évaporation est supposée nulle ; ceci n'est pas tout à fait exact, car il y a des pertes par sublimation pour lesquelles aucune donnée n'est disponible. Dans ce cas, l'absence de données n'est pas jugé significative, puisque tout ruissellement additionnel faisant augmenter le volume dans le bassin au-delà du niveau normal de retenue (NNR) serait évacué du système en avril.

Il faut mentionner que, dans la plage du 50<sup>e</sup> centile, l'évaporation surpasse la précipitation seulement pendant les mois de juin, juillet et août. Il faut aussi remarquer que l'évaporation nette moyenne pendant ces mois est de 350 mm, tandis que la précipitation moyenne pendant ces mêmes trois mois est de 290 mm. Ceci entraîne une baisse moyenne dans le niveau du bassin de seulement 60 mm sous le radier du déversoir de décharge, en supposant que le ruissellement local est égal aux pertes par exfiltration. Le ruissellement local, comme les pertes par exfiltration, sont des facteurs mineurs dans

---

<sup>2</sup> Les estimations de l'évaporation sont dérivées par Environnement Canada d'après la méthode de Kohler, Nordenson et Fox telle que décrite dans le document *Research Paper No. 38* du US Weather Bureau. Elles sont applicables aux plans d'eau naturels ouverts de faible superficie présentant une capacité d'emmagasinage de chaleur négligeable. Les estimations sont dérivées à partir de données obtenues avec des bacs évaporatoires de classe A.

le bilan hydrique général, qui est principalement contrôlé par la précipitation et l'évaporation.

Les estimations d'évaporation n'ont pas été développées au moyen de méthodes stochastiques. Premièrement, elles ne sont pas en corrélation avec la précipitation. Deuxièmement, la variation des valeurs mensuelles (ou annuelles) est beaucoup plus faible dans la série évaporation que dans la série précipitation. Nous avons donc décidé d'utiliser la série de données d'évaporation telle quelle et de la répéter en séquence de manière à correspondre à chaque séquence de 26 années sur les 1000 années de la série synthétique sur la précipitation. On suppose que la variation nettement supérieure dans les données de précipitation ainsi que la possibilité de rencontrer de faibles précipitations pendant deux années consécutives ou plus sont plus significatives que le manque de rares années d'évaporation extrême. L'écart type des données d'évaporation est beaucoup plus faible que celui des données de précipitation, si bien que même une année centennale de forte évaporation serait significativement plus faible qu'une année de précipitation moyenne. Le choix d'une série répétée tend à sous-représenter les événements extrêmes dans la série synthétique sur l'évaporation. Cet inconvénient a toutefois été considéré dans le scénario de sécheresse « conservateur », dans lequel toutes les données d'évaporation ont été majorées de 10 % afin de tenir compte des incertitudes.

Les estimations de l'évaporation mensuelle moyenne utilisées dans cette étude sont présentées dans le Tableau 6.

**Tableau 6 : Historique d'évaporation mensuelle (mm) à Amos**

Année	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1968	0	0	20	69	114	94	111	97	63	45	0	0
1969	0	0	20	69	93	99	118	107	51	32	0	0
1970	0	0	20	63	94	126	117	117	51	47	0	0
1971	0	0	20	58	124	156	114	103	69	38	0	0
1972	0	0	20	69	130	118	124	95	69	38	0	0
1973	0	0	20	69	87	108	137	99	52	36	0	0
1974	0	0	20	69	116	119	120	112	53	38	0	0
1975	0	0	20	69	134	127	123	120	46	43	0	0
1976	0	0	20	69	116	148	113	106	53	38	0	0
1977	0	0	20	69	180	107	138	82	54	29	0	0
1978	0	0	20	69	128	119	128	112	62	38	0	0
1979	0	0	20	69	131	129	194	87	74	38	0	0
1980	0	0	20	69	111	103	131	92	61	35	0	0
1981	0	0	20	69	106	121	148	113	55	56	0	0
1982	0	0	20	69	118	114	132	91	50	36	0	0
1983	0	0	20	69	95	130	130	107	58	38	0	0
1984	0	0	20	69	75	104	117	96	61	38	0	0
1985	0	0	20	69	112	109	114	96	62	36	0	0
1986	0	0	20	69	118	114	119	97	48	38	0	0
1987	0	0	20	84	109	123	115	102	62	23	0	0
1988	0	0	20	69	124	117	128	93	56	38	0	0
1989	0	0	20	69	99	130	148	100	77	38	0	0
1990	0	0	20	69	112	111	126	110	62	38	0	0
1991	0	0	20	69	116	159	146	109	63	40	0	0
1992	0	0	20	69	152	129	106	95	61	38	0	0
1993	0	0	20	69	116	129	109	102	59	38	0	0
Moyenne	0	0	20	69	116	121	127	102	59	38	0	0

### 3.3 Ruissellement régional

#### 3.3.1 Évaluation selon un faible débit

Une analyse régionale de quelques stations hydrométriques, utilisée pour cette étude, est résumée dans le Tableau 7. Une des principales difficultés associées à la transposition de la capacité spécifique observée à ces stations réside dans le fait qu'elles couvrent toutes un bassin versant beaucoup plus vaste que celui du site. Il a été possible de dériver des tables de capacité spécifique mensuelle pour un certain nombre de stations hydrométriques de la région. Ceci a permis d'estimer des statistiques mensuelles sur la capacité spécifique, telles que la moyenne et l'écart type pour chaque mois. Ces statistiques mensuelles sur la capacité spécifique ont ensuite été rapprochées avec les précipitations estimées de la série chronologique stochastique au moyen d'une simple

relation linéaire afin de préserver l'écart type trouvé dans la série historique de capacités spécifiques. Ainsi, les estimations du ruissellement local sont d'abord basées sur les capacités spécifiques extraites des stations hydrométriques locales. Leur variation suit également les patrons de variation trouvés dans les données historiques ; cependant, cette variation a été créée artificiellement de façon à obtenir plus de ruissellement dans les années de précipitation supérieure à la moyenne, et vice versa. En raison des très faibles superficies drainées, le ruissellement local représente une fraction relativement faible dans le bilan d'ensemble.

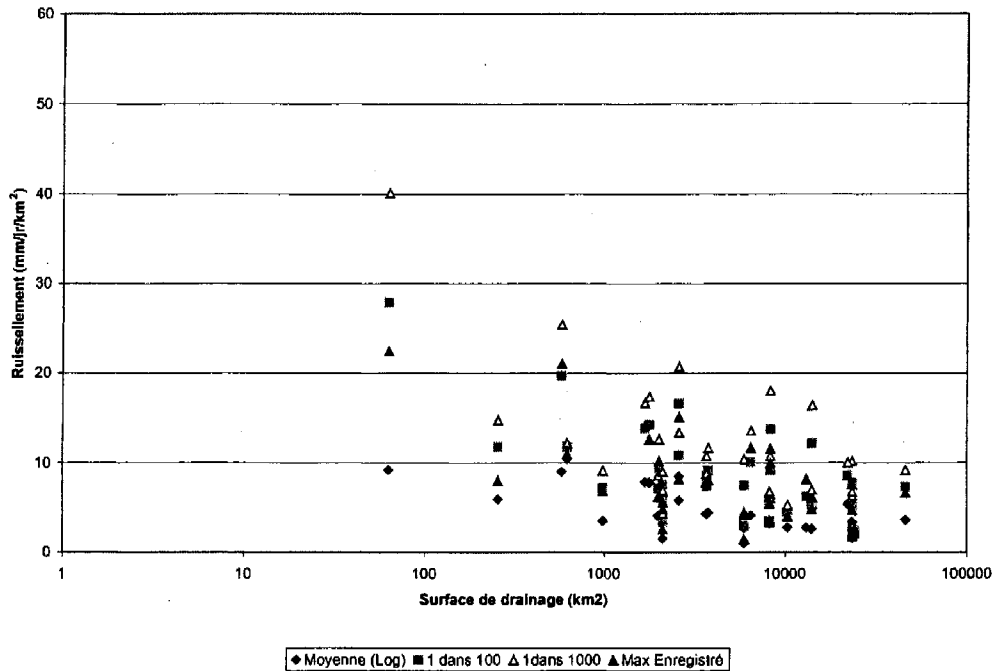
**Tableau 7 : Capacité spécifique mensuelle (mm)  
à quelques stations hydrométriques choisies**

Station	Bassin (km <sup>2</sup> )	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
KINOJEVIS (RIVIÈRE) EN AVAL DU LAC PREISSAC	984	25	17	16	32	89	77	56	39	34	39	40	36
KINOJEVIS (RIVIÈRE) EN AVAL DE LA RIVIÈRE VILLEMONTÉL	1680	18	13	15	74	97	65	43	33	37	41	38	25
BELL (RIVIÈRE) À SENNETERRE-1	1990	24	16	15	34	96	73	50	40	36	45	45	36
KINOJEVIS (RIVIÈRE) À CLÉRICY	2590	15	12	15	93	107	50	32	25	25	39	37	22
HARRICANA (RIVIÈRE) À AMOS	3680	22	15	14	47	113	74	48	34	31	41	43	35
	Moyenne	21	14	15	56	100	68	46	34	33	41	41	31
	Maximum	46	31	37	151	206	170	107	80	83	118	99	85

### 3.3.2 Événements de crue

Des relevés de débit aux stations hydrométriques situées dans un rayon de 150 km de Malartic ont été obtenus auprès de Environnement Canada. Une analyse de fréquence a ensuite été réalisée afin de déterminer les événements de crue extrême (centennale, millénale) pour chaque station, en supposant une distribution log-normale à deux facteurs. Ces estimations ont ensuite été normalisées en les convertissant sous forme de débit par unité de superficie drainée. La Figure 12 illustre les événements de crue maximal mesurés, moyens et extrêmes réduits sous forme de hauteur équivalente par kilomètre carré par jour (mm/jour/km<sup>2</sup>).

**Figure 12 : Données maximales du ruissellement régional quotidien moyen**



Le ruissellement quotidien moyen le plus élevé jamais enregistré est de 22,4 mm/jr/km<sup>2</sup>. D'après l'examen des données disponibles, les petits bassins versants (comme celui du site Est-Malartic) devraient connaître un ruissellement millénal d'environ 60 à 80 mm/jr/km<sup>2</sup>. Par comparaison, la précipitation millénale de 24 heures est de 86,9 mm (voir section 3.1.2). La moyenne annuelle du ruissellement quotidien maximum varie de 1 à 10 mm/jr/km<sup>2</sup>, selon le bassin versant. Tel que mentionné dans la section précédente, les bassins mesurés par Environnement Canada sont beaucoup plus vastes que ceux apportant le ruissellement dans le parc à résidus, si bien que l'évaluation de crue régionale a seulement servi à vérifier les estimations du ruissellement générées en imposant de la pluie sur une couverture de neige fondante, tel que décrit à la section 4.2.2. Si on adopte des hypothèses conservatrices avec cette dernière méthode, le taux moyen de ruissellement sur trois jours est de 124 mm/jour, soit environ deux fois la valeur estimée à partir de l'analyse régionale.

### 3.4 Couverture de glace

Bien que le moment de la fonte des glaces recouvrant les bassins affecte le niveau d'eau en début de saison, le volume d'eau retenu sous forme de glace n'influence pas les scénarios de sécheresse ou de crue. Par conséquent, les simulations ont supposé que toute l'eau était retenue sous forme liquide, bien que le débit déchargé des bassins ait été mis à zéro pendant la période hivernale (novembre à mars).

### 3.5 Fonte des neiges

#### 3.5.1 Introduction

La fonte des neiges résulte d'une interaction complexe entre l'épaisseur de la neige, sa densité et l'énergie de fonte appliquée au couvert de neige. Cette énergie peut prendre diverses formes, dont le rayonnement solaire et l'apport de chaleur par l'air ou la pluie. Dans plusieurs régions du Canada, la pluie tombant sur la neige entraîne les taux de ruissellement les plus élevés de l'année, puisque la pluie contribue directement au ruissellement et surtout, apporte de la chaleur qui fait fondre le couvert neigeux.

Pour les fins du bilan hydrique, les données nivométriques devraient idéalement être présentées sous forme d'une épaisseur d'eau équivalente. Dans la plupart des cas, dont ceux des stations proches de Malartic, seule l'épaisseur de neige est relevée. Il faut donc convertir cette épaisseur en *équivalent-eau*, au moyen du calcul suivant :

$$EE = 0,01 d_s \rho_s$$

où  $d_s$  est l'épaisseur de neige (cm),  $\rho_s$  est sa densité en  $\text{kg/m}^3$  et EE est l'épaisseur en équivalent-eau en mm.

### 3.5.2 Estimation de la fonte des neiges à partir de l'épaisseur du couvert de neige (Cas conservateur)

Des données sur l'épaisseur de neige sont disponibles pour divers endroits. Les données nivométriques journalières pour la période de 1955-1995 de la station de Val d'Or ont été utilisées pour les simulations de la fonte des neiges. Les valeurs de densité du couvert de neige ont été tirées du *Handbook of Hydrology* (Maidment et al, 1992) et elles sont résumées au Tableau 8. Pour la simulation des débits de crue, nous avons retenu la densité de neige la plus conservatrice ( $500 \text{ kg/m}^3$ , soit la moitié de la densité de l'eau). Les données fournies par Environnement Canada (discutées plus en détail à la section 3.5.3) suggèrent que le taux maximal de fonte des neiges apparaît en avril (et parfois en mai). L'épaisseur de neige moyenne mensuelle pour Val d'Or à avril est de 22 cm, tandis que l'épaisseur maximale moyenne mensuelle est de  $47 \text{ cm}^3$

**Tableau 8 : Densité des différents types de neige**

Type de neige	Densité ( $\text{kg/m}^3$ )
Neige poudreuse	10-30
Neige fraîche ordinaire, juste après une chute en air calme	50-65
Neige en cours de tassement	70-190
Neige tassée	200-300
Neige très légèrement durcie par le vent, juste après la chute	63-80
Neige moyennement durcie par le vent	280
Neige cartonnée	350
<b>Densité au moment de la fonte</b>	<b>350-500</b>

Source : Tiré du *Handbook of Hydrology*. La source originelle des données est *Snow Structure and Ski Fields*, G. Seligman, 1980.

Nous avons posé une hypothèse beaucoup plus conservatrice pour la simulation du scénario de crue. Nous avons supposé que l'ensemble du couvert de neige (50 cm)

<sup>3</sup> l'épaisseur de neige maximale moyenne mensuelle est la moyenne des épaisseurs pour chaque année (i.e. la moyenne des épaisseurs maximales en Avril 1955, 1956, 1957, ..., 1995).



fondait pendant la période de trois jours couverte par la simulation, ce qui correspond à un taux de fonte en équivalent eau d'environ 83 mm/jour.

### 3.5.3 Estimation du ruissellement à partir de la combinaison de fonte des neiges et précipitation (Cas de base)

Environnement Canada utilise un programme basé sur la méthode de Louie et Hogg (1985) pour estimer la fonte des neiges en employant un modèle simple basé sur l'indice de température. Ces données, lorsque combinées avec les données de précipitation, peuvent également être utilisées pour estimer le ruissellement. Tableau 9 présente les résultats de durée de 1 à 20 jours et pour des périodes de retour de 2 à 1000 ans. Les détails de la méthode (fournis par Environnement Canada) sont présentés en Annexe B. Les données fournies par Environnement Canada pour le modèle de fonte des neiges no.1 (Bassin Forestier de l'est du Canada) sont présentées au tableau 9. Les événements ayant une période de retour de 1000 ans sont basés sur une extrapolation semi-logarithmique produisant des résultats quelque peu plus élevés (plus conservateurs) que la distribution des valeurs de Gumbel utilisé par Environnement Canada.

**Tableau 9: Prédiction - fonte des neiges et précipitation pour l'Aéroport de Val d'Or**

Période de retour (années)	Prédiction - fonte des neiges et précipitation totaux (mm)											
	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours	8 jours	9 jours	10 jours	15 jours	20 jours
2	28.4	46.7	63.5	78.2	90.9	101.0	110.3	119.2	126.7	133.9	162.7	183.8
5	34.9	55.7	76.6	94.4	111.0	124.1	136.3	147.1	157.6	166.7	203.7	235.6
10	39.2	61.7	85.3	105.2	124.4	139.4	<b>153.6</b>	165.7	178.1	188.4	230.9	270.1
25	44.7	69.3	96.2	118.8	141.3	158.7	175.3	189.0	204.0	215.9	265.3	313.4
50	48.8	75.0	104.4	128.8	153.8	173.1	191.5	206.3	223.1	236.3	290.7	345.6
100	52.8	80.6	112.5	138.9	166.3	187.3	207.5	223.6	242.2	256.5	316.1	377.6
1000	<b>67.3</b>	<b>100.8</b>	<b>141.7</b>	<b>175.0</b>	<b>211.2</b>	<b>238.8</b>	<b>265.5</b>	<b>285.7</b>	<b>311.0</b>	<b>329.6</b>	<b>407.5</b>	<b>493.1</b>

Notes:

1. Les période de retour de 2-100 ans (Environnement Canada), basés sur les données de 1952-1995, employant le modèle de fonte des neiges no.1 ( voir annexe II).
2. Période de retour de 1000 ans, basée sur une extrapolation semi-logarithmique (items en gras)

### 3.6 Exfiltration à travers les digues

Les taux d'exfiltration des digues ont été estimés à partir de leur largeur en coupe, de leur longueur et de leur conductivité hydraulique présumée en état saturé ( $K_{sat}$ ). Les taux estimés sont présentés au Tableau 10.

**Tableau 10 : Estimation du taux d'exfiltration des digues**

Digue	Retenue	Taux de fuite (m <sup>3</sup> /mois)	Commentaires
1,2,3 et 4 5	Bassin à résidus Fuite du bassin à résidus vers le milieu	Pas de fuite • 5 300 à la cote 327,3 m • 6 700 à la cote 328,0 m	supposant que $K_{sat}=10^{-6}$ m/s
Ouest	Fuite du bassin à résidus vers le bassin de sédimentation	• 650 à 327,3 m • 900 à 328,0 m	"
Est	Fuite du bassin de sédimentation vers le bassin de polissage	8 900 à 326,0 m	"
Digue du bassin de polissage, partie Nord	Fuite du bassin de polissage vers le milieu	560	supposant que $K_{sat}=10^{-7}$ m/s
Digue du bassin de polissage, partie Sud	"	540	"

Remarques :

- Une étude de 1991 estimait à 2 000 m<sup>3</sup>/mois l'exfiltration totale du bassin de sédimentation (Demande de certificat d'autorisation pour un parc à résidus, Propriété Est-Malartic, Malartic, Québec, Phase II – Rapport de conception, rapport no. 911-7010A)
- Une étude de 1991 estimait à 10 000 m<sup>3</sup>/mois le taux d'exfiltration combiné des digues 5 et Ouest (Demande de certificat d'autorisation pour un parc à résidus, Propriété Est-Malartic, Malartic, Québec, Phase II – Rapport de conception, rapport no. 911-7010A)

En réalité, les taux d'exfiltration à travers les digues ne sont pas bien connus. En ce qui concerne particulièrement les bassins de sédimentation et de polissage, le taux d'exfiltration pourrait avoir un effet significatif sur les niveaux d'eau sous des conditions de sécheresse et représenter une des plus grandes incertitudes dans les simulations de scénarios de sécheresse. Le scénario « conservateur » tel que décrit plus loin tient compte de cette incertitude en adoptant des taux d'exfiltration supérieurs aux estimations.

## **4.0 MODÉLISATION HYDROLOGIQUE**

### **4.1 Scénario de sécheresse**

#### **4.1.1 Introduction**

Deux scénarios de sécheresse ont été évalués :

- Hypothèse de base : représente la meilleure estimation de toutes les variables hydrologiques ;
- Hypothèse conservatrice : les variables hydrologiques clés ont été ajustées afin de tenir compte des incertitudes dans les données. Les valeurs pour la précipitation ont été réduites de 10 %, l'évaporation augmentée de 10 % et l'exfiltration de 100 %. L'hypothèse conservatrice a été introduite afin d'évaluer la sensibilité des prédictions de niveau d'eau aux estimations de précipitation, d'évaporation et d'exfiltration.

#### **4.1.2 Méthodologie**

Les éléments suivants ont été utilisés dans l'étude du scénario de sécheresse :

- 1000 années de précipitation mensuelle estimée, développées au moyen de la méthode stochastique décrite à la section 3.1.1 ;
- 26 années de données sur l'évaporation mensuelle, répétées en séquence tel que décrit à la section 3.2 ;
- les estimations sur l'exfiltration des digues, données au Tableau 10. Les sources et destinations de l'exfiltration sont données dans le tableau. Toute cette exfiltration n'aboutit pas dans le milieu car elle inclut un certain échange d'eau entre les bassins. Par exemple, l'exfiltration substantielle du bassin de sédimentation vers le bassin de polissage sert à maintenir le niveau d'eau dans le bassin de polissage en période de sécheresse ;
- les estimations du ruissellement local basées sur les analyses régionales et sur un modèle pluie-ruissellement linéaire simple, tel que décrit à la section 3.3.1 ;

- les courbes élévation-superficie-volume dérivées pour chaque bassin, tel que décrit à la 2.2.1 ;
- les courbes débit-élévation basées sur les caractéristiques des ouvrages d'évacuation, tel que décrit à la section 2.2.2.

Comme nous disposions seulement de données mensuelles sur l'évaporation et la précipitation, et puisque les études sur la sécheresse ne sont pas particulièrement sensibles à la durée de l'intervalle de temps, la simulation de sécheresse a été effectuée en fonction d'un intervalle de un mois.

La modélisation était basée sur un des modèles informatiques développés par le personnel de Golder Associés pour des projets antérieurs. Le logiciel n'a nécessité que des modifications mineures pour la présente étude.

#### **4.1.3 Résultats**

Les résultats des simulations de sécheresse sont illustrés dans les figures 13 à 18.

Ces résultats sont présentés sous deux formats :

1. Le nombre de mois de la saison d'eau libre en fonction du niveau d'eau. Ils sont donnés pour les hypothèses de base et conservatrice (figures 13 à 15) ;
2. Les périodes de retour des élévations mensuelles de la surface d'eau dans les bassins, pour l'hypothèse de base seulement (figures 16 à 18).

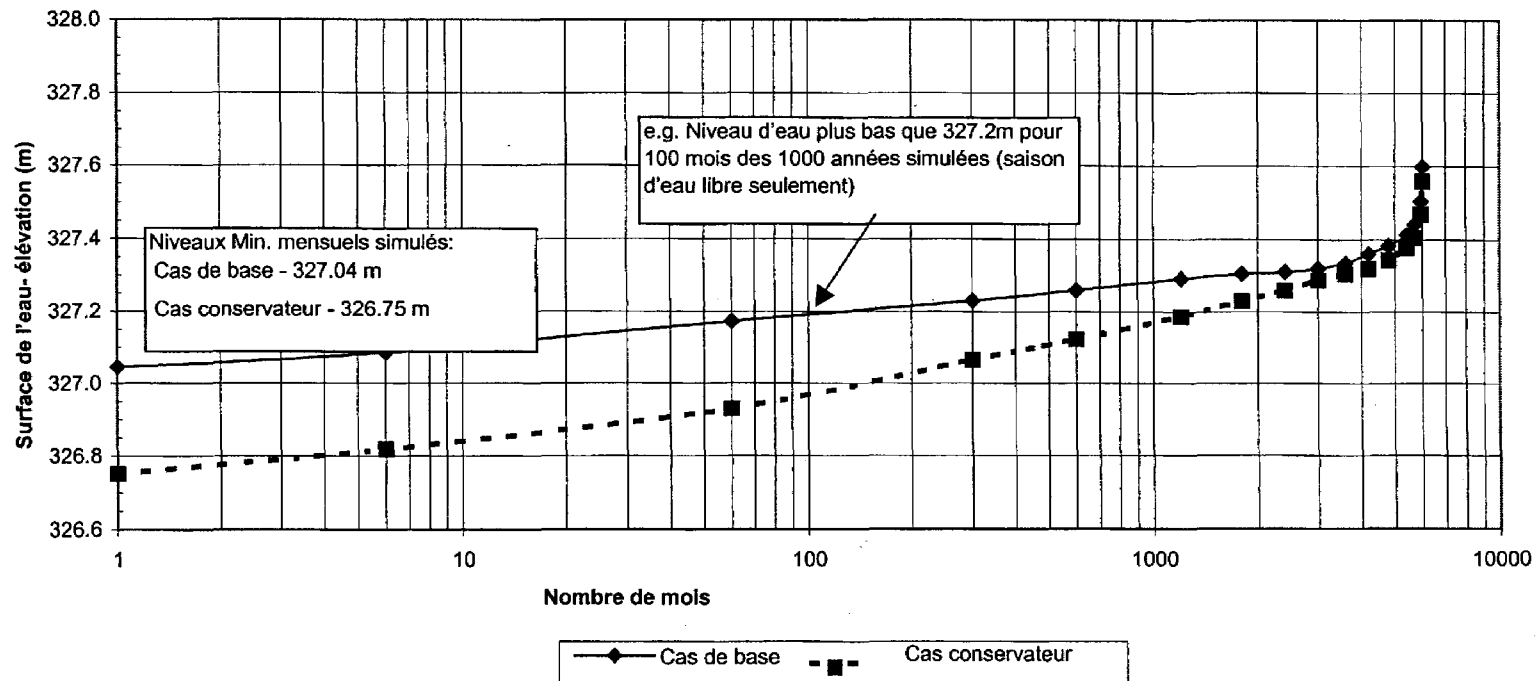
La première série de figures est la plus intéressante pour l'évaluation des deux scénarios de sécheresse en termes de qualité de l'eau, car elle indique la durée pendant laquelle les résidus pourraient être exposés en saison d'eau libre. Le Tableau 11 résume les niveaux d'eau sur la période de 1000 années de la simulation (mois d'eau libre seulement, soit de mai à octobre).

Les élévations mensuelles de la surface d'eau dans les bassins présentent la variation dans les niveaux d'eau pour une période de retour de 1000 années et donnent une indication sur l'évolution de la surface de l'eau d'un mois à l'autre.

**Tableau 11 : Minima des niveaux d'eau mensuels moyens simulés sur 1000 années de simulation (mm)**

	Bassin à résidus	Bassin de sédimentation	Bassin de finition
Hypothèse de base (m)	327.04	325.26	319.06
Hypothèse conservatrice (m)	326.75	325.01	319.07
Radier du déversoir (m)	327.3	325.5	319.1
Élévation maximale des résidus ou des sédiments (m)	327.0	324,5	319,0

**Figure 13 : Cas de sécheresse : Courbe de durée du niveau d'eau dans le parc à résidus pour la simulation sur 1000 années (saison d'eau libre seulement, mai-octobre)**



**Figure 14 : Cas de sécheresse : Courbe de durée du niveau d'eau dans le bassin de sédimentation pour la simulation sur 1000 années (saison d'eau libre seulement, mai-octobre)**

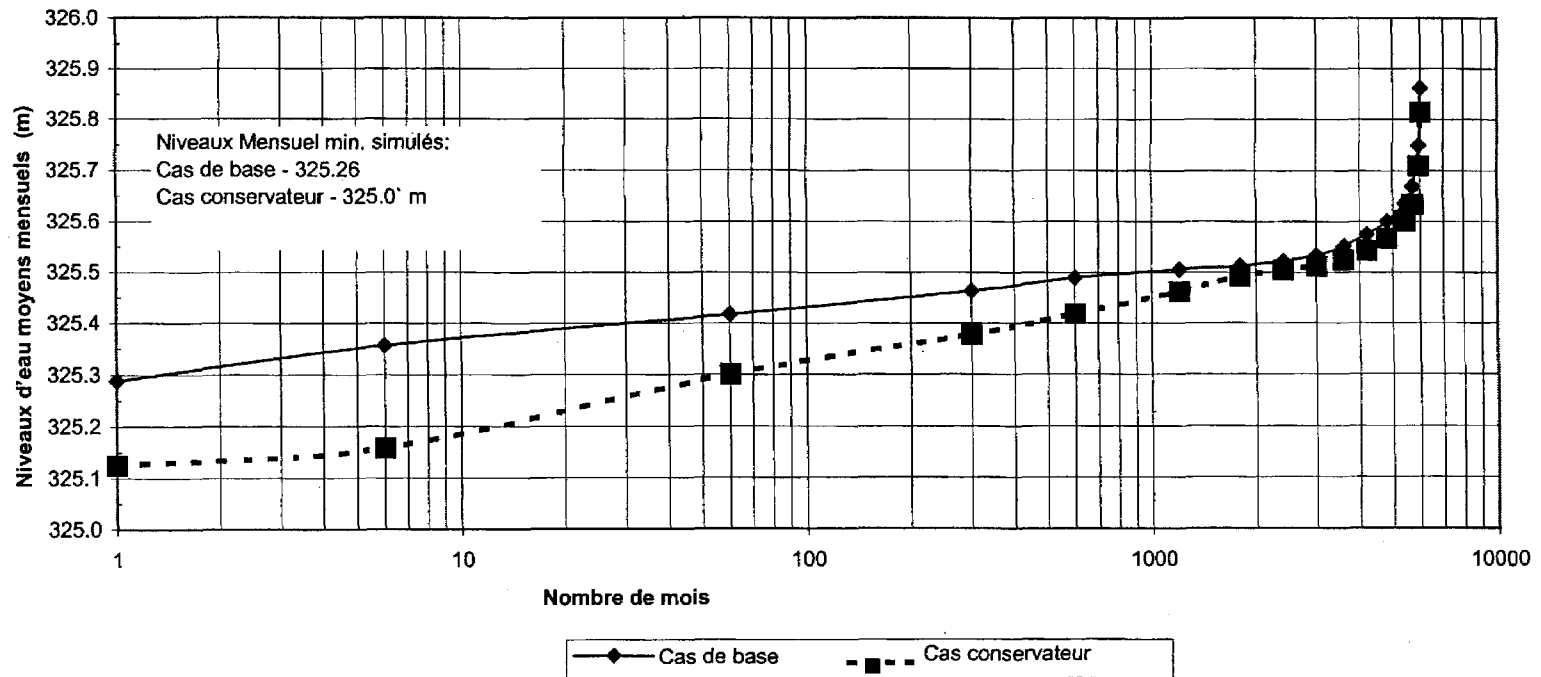
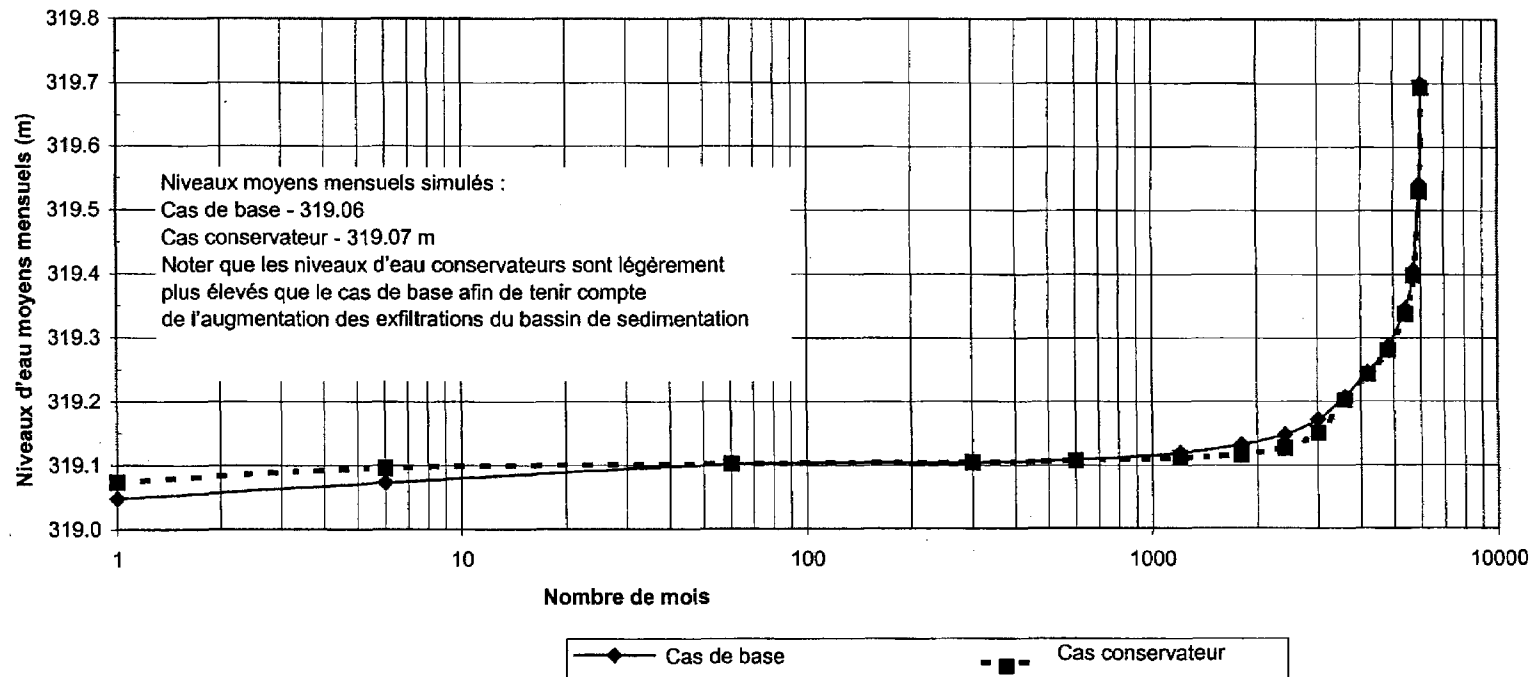
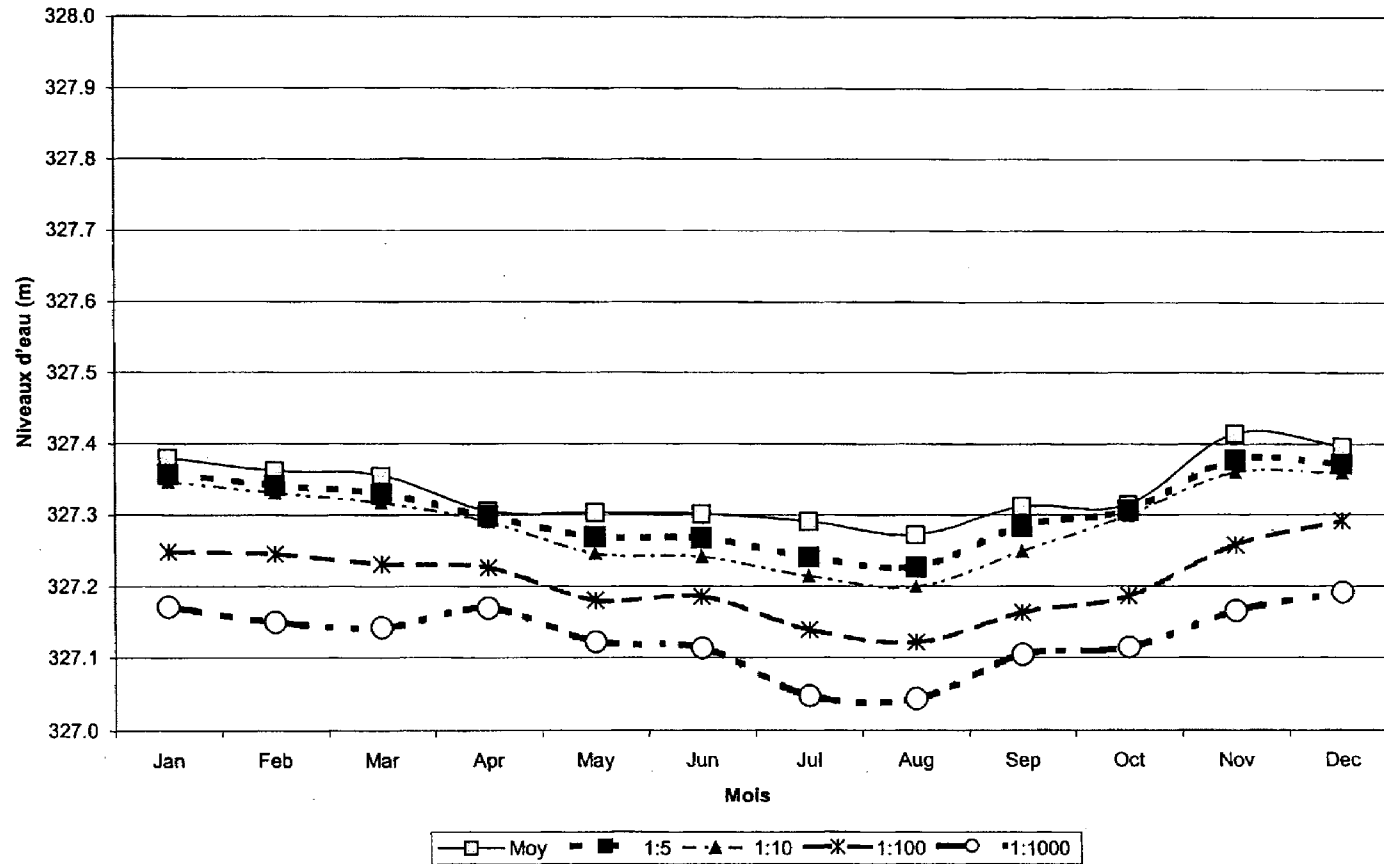


Figure 15 : Cas de sécheresse : Courbe de durée du niveau d'eau dans le bassin de polissage pour la simulation sur 1000 années (saison d'eau libre seulement, mai-octobre)





**Figure 16 : Hypothèse de base (sécheresse): Niveaux d'eau mensuels simulés du parc à résidus pour diverses périodes de retour**



**Figure 17 : Hypothèse de base (sécheresse): Niveaux d'eau mensuels simulés du bassin de sédimentation pour diverses périodes de retour**

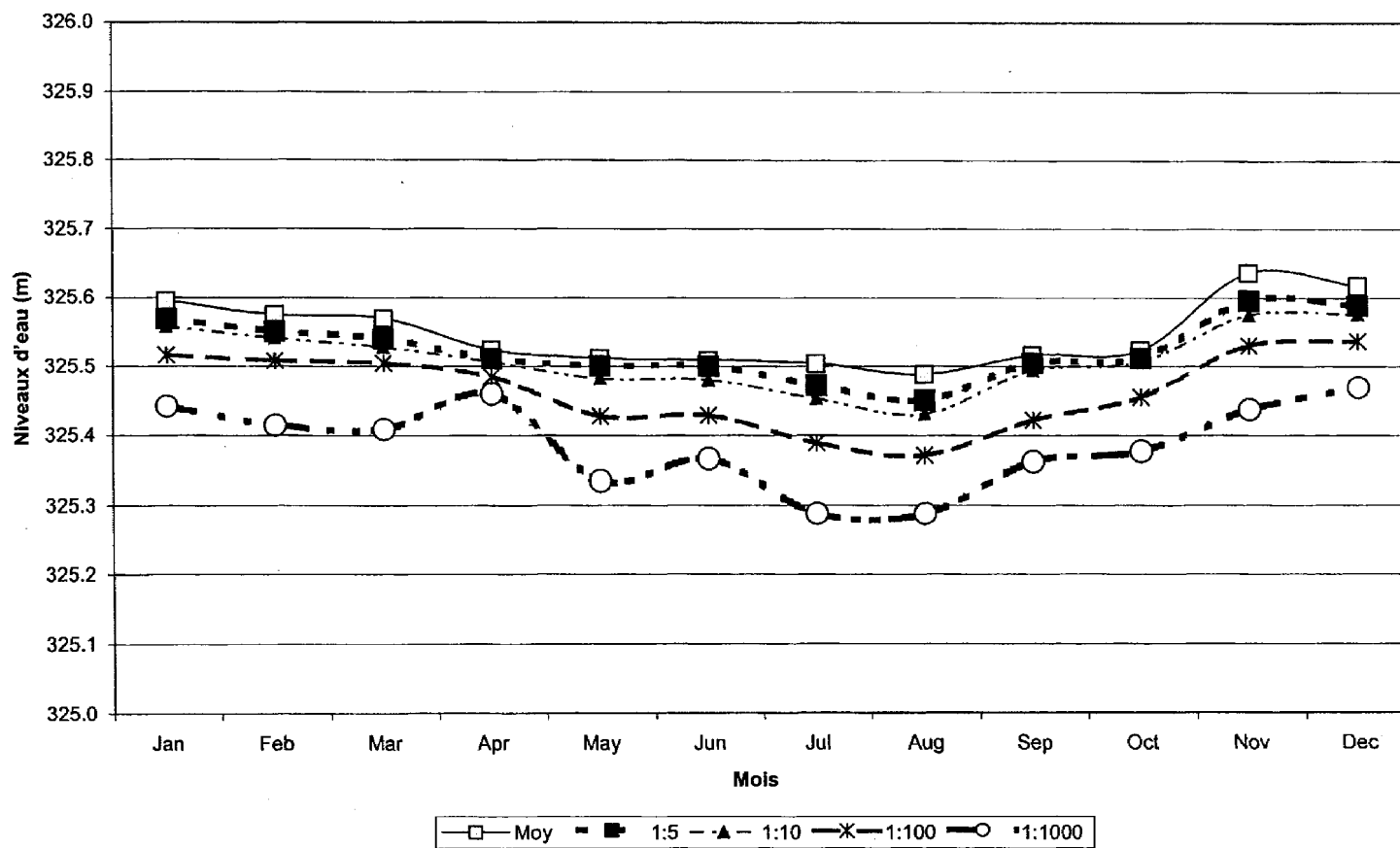
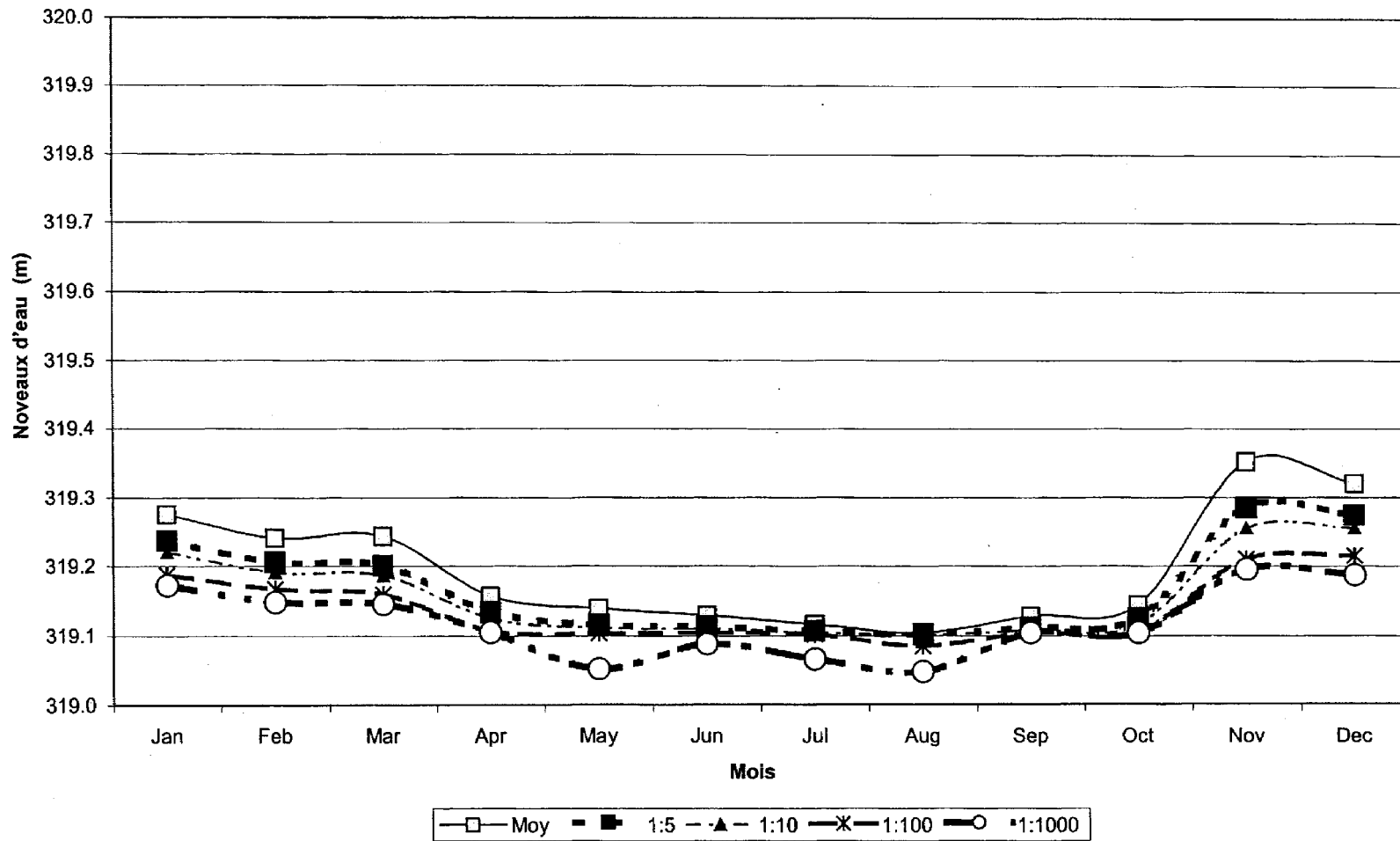


Figure 18 : Hypothèse de base (sécheresse): Niveaux d'eau mensuels simulés du bassin de polissage pour diverses périodes de retour



Les principales constatations tirées des simulations sont les suivantes.

- Dans le bassin à résidus, les plus bas niveaux d'eau simulés sont de 327,04 m et 326,75 m pour les hypothèses de base et conservatrice, respectivement. Ce niveau est supérieur à la hauteur maximale des résidus (327,0 m), et moins de 30 cm au-dessous de l'élévation du radier du déversoir de décharge. Pour l'hypothèse conservatrice, le niveau minimal d'eau serait environ de 50 cm sous le seuil du déversoir.
- Pour le parc à résidus selon le scénario de l'hypothèse de base, les niveaux d'eau tombent à plus de 10 cm sous le radier du déversoir pendant seulement 100 des 6 000 mois de la simulation en saison d'eau libre. Dans l'hypothèse conservatrice, ce niveau baisse en bas de 327,0 m environ 150 des 6000 mois (eau libre) simulés.
- Dans le bassin de sédimentation, les niveaux mensuels les plus bas simulés étaient environ 21 cm (élévation 325,29 m) sous le seuil de la structure de déversement. Dans le cas conservateur, le niveau d'eau baisse de 37 cm (élévation 325,13 m) à cause de l'augmentation des exfiltrations (doublées afin d'avoir une estimation conservatrice). Basé sur ces résultats, les sédiments ne devraient pas être exposés puisque les niveaux de sédiments maximum estimé serait de 324,5 m.
- Dans le bassin de polissage, les niveaux d'eau demeurent égaux ou supérieurs au radier de déversoir pendant pratiquement tous les mois. La baisse maximale sous le radier atteint à peine 5 cm dans le cas extrême. Cependant, ces niveaux d'eau dépendent beaucoup du taux supposé d'exfiltration provenant du bassin de sédimentation. En effet, l'hypothèse conservatrice a donné des niveaux d'eau légèrement supérieurs à ceux de l'hypothèse de base en période sèche, en raison de l'augmentation supposée des fuites du bassin de sédimentation.

## 4.2 Scénario de crue

### 4.2.1 Introduction

L'objectif des scénarios de crue est d'évaluer les niveaux d'eau pendant les crues extrêmes, avec une insistance particulière sur l'adéquation du décanteur et du déversoir d'urgence du bassin. Le test le plus sévère de la capacité des bassins est associé aux évènements de fonte des neiges. Tandis que les conditions de précipitations peuvent être

critiques pour quelques heures, le ruissellement résultant peut facilement être emmagasiné dans les bassins. Les niveaux d'eau plus élevés résultent des événements d'une plus grande durée. En ce qui concerne des événements de plusieurs jours, les volumes de ruissellement les plus élevés sont associés aux événements combinés de fonte des neiges et précipitations. Par conséquent, les événements de fonte des neiges sont utilisés comme base pour cette analyse.

#### 4.2.2 Méthodologie

Deux cas ont été considérés pour l'analyse en condition de crue. Dans les deux cas, une crue simulée d'une durée de 3 jours a été supposée afin de maximiser les débits et de neutraliser l'effet d'emmagasinement dans les bassins. Les deux cas sont comme suit :

- Cas de base: incorpore une pluie directement sur les bassins, et le ruissellement de la fonte des neiges en employant la méthode d'indice de température d'Environnement Canada présentée à la section 3.5.3. Un coefficient de ruissellement de 1,0 a été supposé (toute la fonte atteint les bassins);
- Cas conservateur : pluie représentée de façon similaire au cas de base, mais une approche beaucoup plus conservatrice employée pour adresser la fonte et la pluie.

Le cas conservateur a supposé un hyétogramme correspondant à 3 jours de pluie d'une période de retour de 1 en 1000 ans avec un coefficient de ruissellement de 1,0 imposé à la neige fondant très rapidement (équivalent-eau de 250 mm fondant à un taux constant sur 3 jours). Ceci correspond à la fonte complète d'une neige très mature, d'une épaisseur de 50 cm, équivalente à l'épaisseur de neige maximale moyenne mensuelle pour le mois d'avril à la station de l'Aéroport de Val d'Or.

Une supposition potentiellement non-conservatrice faite dans les deux cas est que les déversoirs se comporteraient comme des plaques de jaugeage. Ceci exige que le niveau aval dans les canaux soit assez bas pour ne pas entraver le débit sur le seuil. Compte tenu des niveaux d'eau relativement bas présentés dans les sections suivantes, il paraît

vraisemblable que même si ces suppositions sont inexactes, la probabilité d'excéder les capacités des déversoirs est minime.

#### 4.2.3 Résultats

Les niveaux d'eau simulés dans les trois bassins sont présentés dans les figures 19 à 21. Les résultats clés sont présentés au Tableau 12

**Tableau 12 : Niveau d'eau maximum, tirant d'eau et décharge pour le scénario de crue**

Description	Parc à résidus	Bassin de sédimentation	Bassin de polissage
Structure de décantation – élévation du radier (m)	327.3	325.5	319.1
Élévation du radier du déversoir d'urgence (m)	328.3	326.3	Pas de déversoir d'urgence
<b>Cas de base:</b>			
Niveau d'eau maximal (m)	327.64	325.94	319.85
Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	1.36	2.00	2.20
Profondeur de l'eau maximale au-dessus du seuil du décanteur (cm)	34	44	75
Profondeur de l'eau au-dessus du seuil du déversoir (cm)	0	0	---
<b>Cas conservateur:</b>			
Niveau d'eau maximal (m)	327.76	326.10	320.15
Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)	2.16	3.30	3.59
Profondeur de l'eau maximale au-dessus du seuil du décanteur (cm)	46	60	105
Profondeur de l'eau au-dessus du seuil du déversoir (cm)	0	0	---

Figure 19 : Niveaux d'eau du parc à résidus pendant la crue millénale

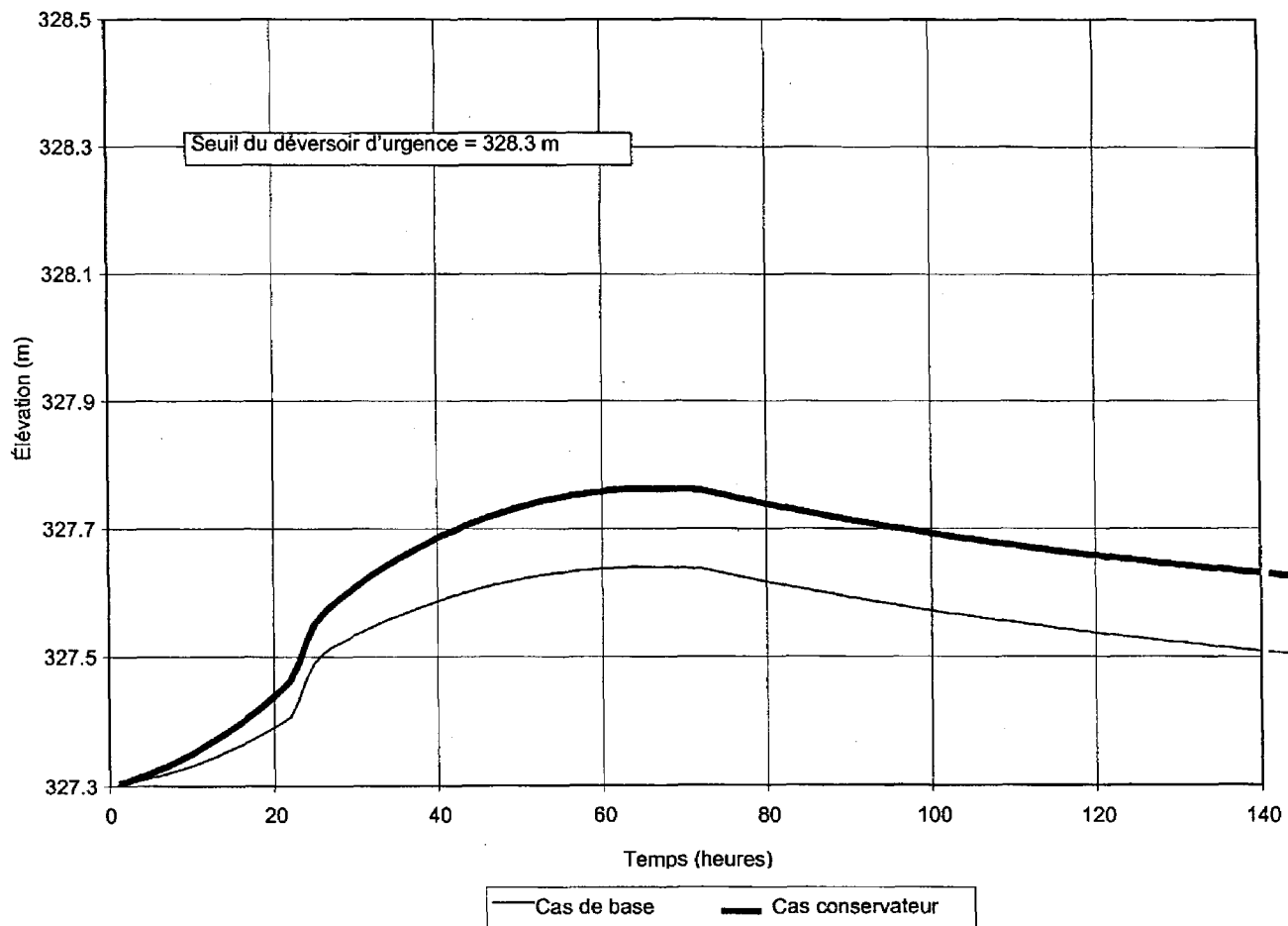


Figure 20 : Niveaux d'eau du bassin de sédimentation pendant la crue millénale

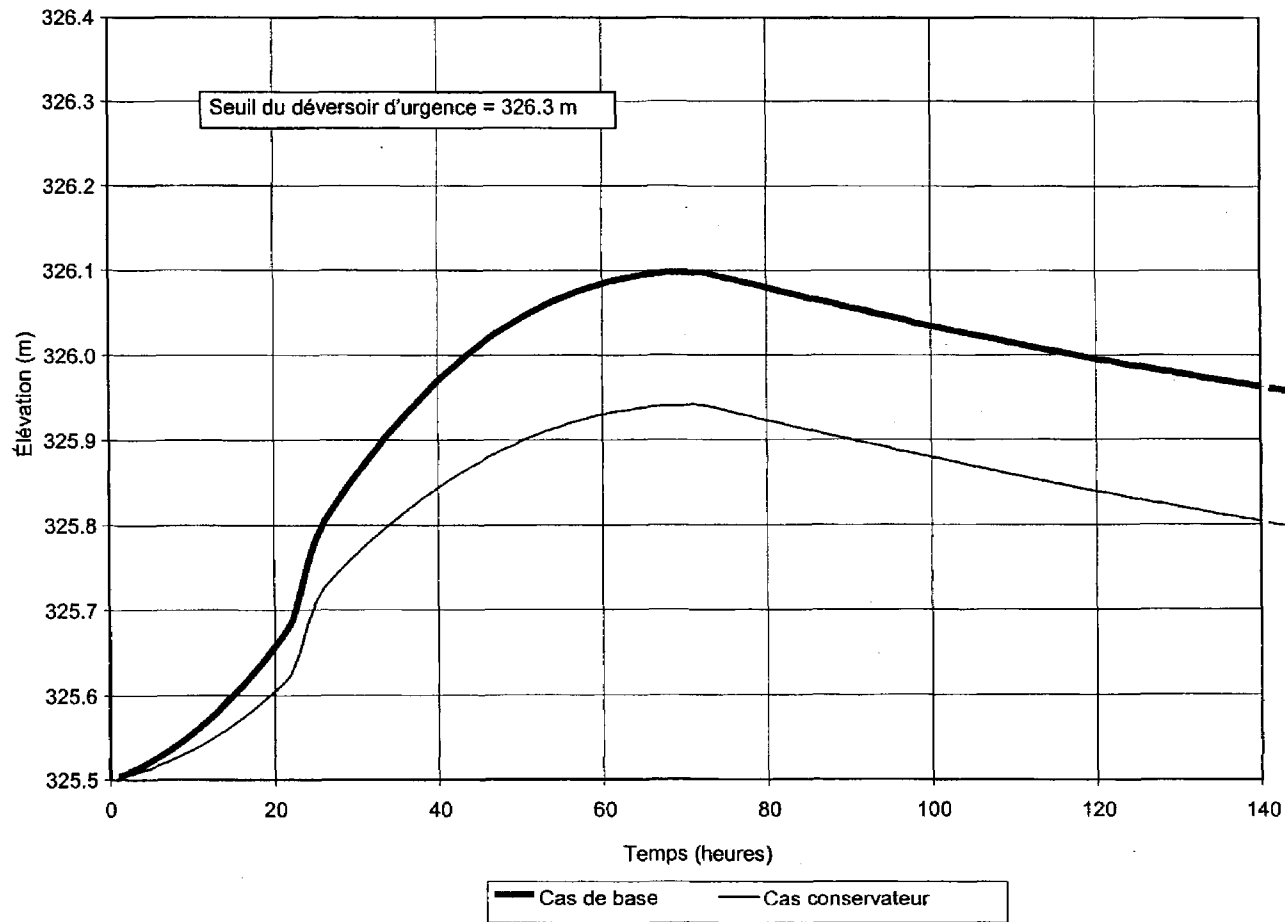
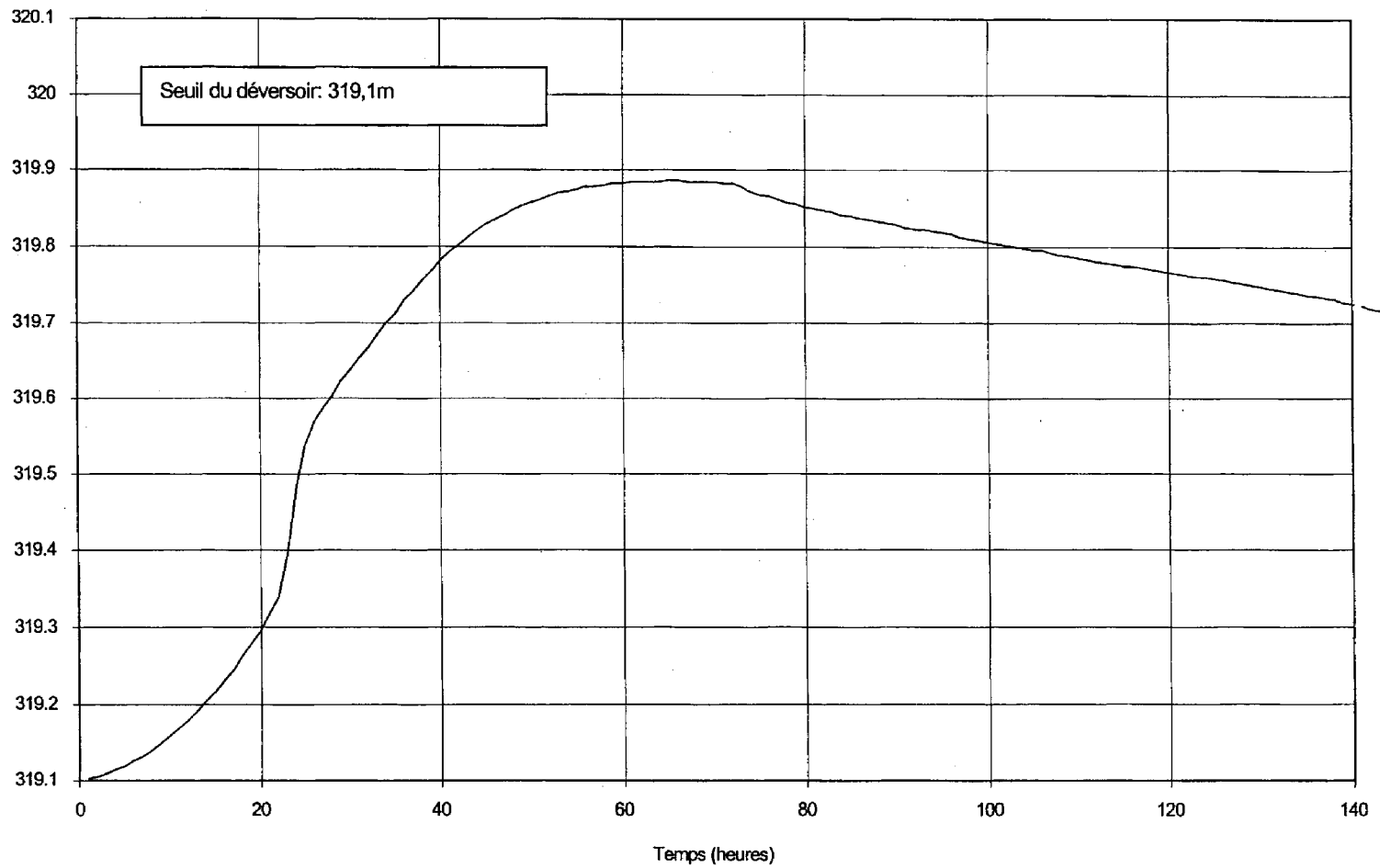




Figure 21 : Niveaux d'eau du bassin de polissage pendant la crue millénale



Les principales constatations tirées du scénario de crue sont les suivantes.

- Les élévations maximales atteintes selon les simulations des niveaux d'eau dans le parc à résidus pendant l'événement millénal de 3 jours sont de 327,64 m et 327,76 m pour le cas de base et le cas conservateur, respectivement. Ces élévations correspondent à des hausses de 34 et 46 cm au-dessus du radier du décanteur. Ce niveau d'eau maximum se situe bien à l'intérieur de la plage d'exploitation privilégiée pour le bassin à résidus (de 327,3 m à 328,0 m) et ne solliciterait pas le déversoir d'urgence.
- Les élévations maximales atteintes selon les simulations des niveaux d'eau dans le bassin de sédimentation pendant l'événement millénal de 3 jours sont de 325,94 m (hausse de 44 cm au-dessus du seuil du décanteur) et 326,10 m (hausse de 60 cm) pour le cas de base et le cas conservateur, respectivement. Ces niveaux d'eau maximum se situent bien à l'intérieur de la plage d'exploitation privilégiée pour le bassin de sédimentation (de 325,5 m à 326,5 m) et solliciterait pas le déversoir d'urgence.
- La hausse du niveau d'eau est la plus importante dans le bassin de polissage, qui doit accommoder le plus de débit avec la structure de déversement la plus étroite. Les niveaux d'eau maximum simulés dans le bassin de polissage sont de 319,85 (hausse de 0,75 m) et 320,15 m (hausse de 105 cm). Ces niveaux se situent sous le niveau du noyau de la digue du bassin de Polissage (321,0 m) et le niveau de la surface de roulement (321,3 m).
- Les débits maximaux simulés à la sortie du parc à résidus et des bassins de sédimentation et de polissage sont respectivement de 1,36 ; 2,00 et 2,2 m<sup>3</sup>/s pour le cas de base ; et 2,16 ; 3,30 et 3,59 m<sup>3</sup>/s pour le cas conservateur.

## 5.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'analyse en situations de crue et de sécheresse décrite dans le présent rapport suggère que le système de bassins de la mine Est-Malartic est probablement en mesure à la fois d'assurer une couverture aqueuse adéquate des résidus pendant les périodes de sécheresse et d'évacuer les crues sans risque excessif pour les digues et les ouvrages d'évacuation. Ces conclusions dépendent évidemment dans une large mesure de l'exactitude des hypothèses posées et des données hydrologiques et hydrauliques utilisées.

Dans le cas de l'évaluation en situation de crue, les hypothèses au sujet des apports hydrologiques dans le système étaient extrêmement conservatrices et nous sommes donc très confiants dans la capacité du système d'évacuer adéquatement les crues extrêmes, pourvu que :

- les ouvrages d'évacuation ne soient pas obstrués (barrage de castor, glace ou autres débris) ;
- le niveau d'eau aval des canaux d'évacuation soit assez bas pour ne pas en affecter la performance hydraulique ;
- les bassins soient hydrauliquement isolés des bassins versants environnants (c'est-à-dire qu'il n'y ait pas d'écoulement ou de submersion des digues entraînant un apport des bassins versants extérieurs).

Même si les décanteurs principaux étaient bloqués, il est à toutes fins pratique certain que les déversoirs d'urgence du parc à résidus et du bassin de sédimentation pourraient évacuer un débit suffisant. Le bassin de polissage montre la hausse de niveau d'eau la plus importante des trois bassins puisqu'il possède la plus grande surface de contribution et la structure de décantation la plus étroite. Toutefois, le niveau d'eau maximal simulé est de presque 1 mètre sous le sommet du noyau de digue et presque 1,3 m sous la surface de roulement de la digue. Cependant, des trois bassins, le bassin de polissage est le plus susceptible au blocage et ne possède pas de déversoir d'urgence.

L'évaluation favorable du système en situation de sécheresse dépend beaucoup plus de la validité des hypothèses décrites dans les sections précédentes. Les variables clés que sont la précipitation, l'évaporation et l'exfiltration présentent toutes des incertitudes et l'exactitude des niveaux d'eau simulés dépend avant tout de l'exactitude de ces données. Parmi les hypothèses posées, les plus incertaines sont les estimations de l'exfiltration, qui revêtent une importance significative pour la détermination des niveaux d'eau, particulièrement en ce qui a trait aux bassins de sédimentation et de polissage. La mesure directe de l'exfiltration le long des digues n'est pas réalisable en pratique. Il serait possible de réaliser des essais d'exfiltration (avec des traceurs) mais nous ne considérons pas que de tels essais soient justifiés pour le moment. La précipitation est naturellement très variable et compte pour beaucoup dans le bilan hydrique. Bien que les données enregistrées non loin à Val d'Or soient substantielles, ces données de précipitation sont notoirement sujettes aux variations locales et aux erreurs de mesure. On peut s'attendre à ce que l'évaporation soit moins variable, bien que la méthode de calcul utilisée par Environnement Canada pour dériver l'évaporation des plans d'eau à partir de bacs évaporatoires de classe A soit vraisemblablement sujette à un degré d'erreur non déterminé.

Nous recommandons donc de mettre en place un programme de surveillance du niveau d'eau dans les trois bassins. L'objet de ce programme de suivi serait de confirmer que la performance des bassins correspond bien aux résultats de la modélisation. Il serait irréaliste d'espérer qu'une sécheresse extrême se produise pendant le programme de suivi (nous recommandons initialement une saison d'eau libre), mais une évaluation des facteurs tels que l'évaporation et l'exfiltration (combinées) devrait être possible. Un suivi hebdomadaire des niveaux d'eau suffirait à une évaluation en situation de sécheresse. Un suivi continu serait préférable si le comportement en situation de crue était souhaité. Les stations de mesure en continu pourraient être reliées à un système de communication par téléphone ou satellite afin de permettre un suivi à distance. La mesure hebdomadaire des

Mars 2002

-47-

021-7013-5300

niveaux d'eau pourrait prendre la forme d'une simple lecture d'échelles limnimétriques par le personnel du site.

Le bilan hydrique modélisé pourrait évidemment être compliqué par la mise en place des résidus dans un ou plusieurs bassins; il serait donc très souhaitable d'avoir une estimation exacte<sup>4</sup> des volumes de résidus déposés. S'il est impossible d'avoir une estimation adéquate du volume de résidus, un suivi hydrologique sur un plan d'eau de référence des environs pourrait être approprié. Toutefois, un tel programme de suivi serait considérablement plus onéreux que le programme proposé pour les bassins de la mine Est-Malartic.

Des recommandations additionnelles (incluant les exigences au niveau du suivi) sont présentées pour le bassin versant Nord en annexe C.

## GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

*pour: Normand Dion*  
Murray Fitch, M.A.Sc.

Ingénieur principal, Ressources hydriques

*pour: Anil Beersing*  
Dr. Anil Beersing, Ph.D.

Réviser principal

*pour: Mayana Kisiova*  
Mayana Kisiova, ing, M.ing.,

*pour: Leslie F. Sawatsky*  
Leslie F. Sawatsky, M.Sc., P. Eng.  
Principal

EM/MK/MF/AB/NDA/LFS/kr

\\MON\_MAINDATA\ACTIF\7000\021-7013\TACHE 5300\RAPPORT DE CALGARY\TRADUCTION ET ANNEXES\RPA-021-7013-5300-FR-REVISÉ\MK- 26 MARS.DOC

<sup>4</sup> La mesure très précises de la déposition des résidus est essentielle, puisque les volumes de résidus pourrait être assez importants comparativement aux apports dus aux précipitations ou au ruissellement pendant les périodes de faibles pluies.

## RÉFÉRENCES

Hydat Version 99-2.00. Surface Water and Sediment Data, Environment Canada.

Golder Associés Ltée, décembre 1991. Demande de certificat d'autorisation pour un parc à résidus, Propriété Est-Malartic, Malartic, Québec, Phase II - Rapport de conception, rapport no. 911-7010A.

Maidment et al, 1992. Handbook of Hydrology. McGraw-Hill Inc., New York.

**ANNEXE A**

**NORMALES CLIMATIQUES À VAL D'OR**

VAL D'OR A, Québec

48°04-N 77°47-O/W

337m

1951 à/1990

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juill	août	sept	oct	nov	déc	année	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Température													Temperature	
Maximum quotidien (°C)	-10.8	-8.5	-1.6	6.7	15.7	20.9	23.4	21.4	15.8	9.0	0.3	-7.9	7.0	Daily Maximum (°C)
Minimum quotidien (°C)	-23.3	-21.8	-14.8	-5.0	2.2	7.6	10.8	9.5	5.0	-0.2	-7.8	-18.8	-4.7	Daily Minimum (°C)
Moyenne quotidien (°C)	-17.0	-15.1	-8.2	0.9	8.9	14.3	17.1	15.5	10.4	4.4	-3.7	-13.3	1.2	Daily Mean (°C)
Maximum extrême (°C)	7.8	10.8	16.8	28.2	32.8	33.9	36.1	36.1	32.2	26.1	18.3	13.7		Extreme Maximum (°C)
Date	975/11	984/23	979/23	986/28	962/18	956/12	975/31	975/01	953/01	968/16	961/03	982/03		Date
Minimum extrême (°C)	-43.9	-42.2	-36.1	-26.1	-11.1	-3.9	-0.1	-2.8	-5.7	-13.3	-29.6	-40.6		Extreme Minimum (°C)
Date	962/29	962/01	984/12	974/08	966/09+	972/11	982/03	951/25	980/28	976/25	989/23	968/26		Date

	Degrés-jours													Degree-Days	
Au-dessus 18°C	0.0	0.0	0.0	0.1	4.6	17.1	36.5	21.0	4.5	0.2	0.0	0.0	84	Above 18°C	
Au-dessous 18°C	1086.6	937.3	813.6	513.9	285.7	128.7	63.2	98.4	232.1	422.1	651.9	972.9	6206	Below 18 °C	
Au-dessus 5°C	0.0	0.0	0.8	24.9	144.3	279.2	376.4	325.6	167.6	56.8	3.2	0.2	1379	Above 5 °C	
Au-dessous 0°C	529.0	430.6	269.8	57.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	139.7	417.7	1861	Below 0 °C	

	Précipitations													Précipitation	
Chutes de pluie (mm)	4.3	3.3	18.1	32.2	68.2	90.8	97.2	99.5	101.3	70.1	34.3	10.9	630.0	Rainfall (mm)	
Chutes de neige (cm)	57.9	48.0	49.5	28.4	3.6	0.2	0.0	0.0	1.6	14.7	48.7	65.0	317.6	Snowfall (cm)	
Précipitations (mm)	57.6	48.2	63.8	61.1	71.8	91.1	97.2	99.5	103.0	84.3	80.0	69.7	927.2	Précipitation (mm)	
Extrême quotidien de pluie (mm)	15.6	9.9	34.4	27.2	42.4	67.1	67.8	64.0	53.8	50.5	37.6	20.6		Extreme Daily Rainfall (mm)	
Date	988/31	975/24	980/21	974/14	952/12	960/24	952/09	963/04	974/11	951/24	984/01	977/01		Date	
Extrême quotidien de neige (cm)	32.5	54.1	28.0	32.6	8.2	3.2	0.0	0.0	9.6	20.8	38.1	33.0		Extreme Daily Snowfall (cm)	
Date	964/09	965/25	987/31	986/21	989/08	980/10	990/31+	990/31+	980/17	957/24	961/27	957/10		Date	
Extrême quotidien de préc. (mm)	30.5	65.0	35.8	33.6	42.4	67.1	67.8	64.0	53.8	51.0	38.9	33.0		Extreme Daily Pcpn. (mm)	
Date	964/09	965/25	980/21	986/21	952/12	960/24	952/09	963/04	974/11	988/18	966/28	957/10		Date	
Couver. de neige, fin de mois (cm)	62	68	45	2	0	0	0	0	0	1	16	42		Month-end Snow Cover (cm)	

	Journées avec													Days With	
Température maximale 0°C	3	3	13	26	31	30	31	31	30	29	15	4	245	Maximum Temperature 0°C	
Hauteur de pluie mesurable	2	1	4	7	12	15	14	15	16	13	7	3	108	Measurable Rainfall	
Hauteur de neige mesurable	20	16	13	9	3	*	0	0	*	7	16	21	105	Measurable Snowfall	



Hauteur de précipitation mesurable	20	16	15	13	13	15	14	15	16	17	20	21	196	Measurable Précipitation
Précipitation verglaçante	4	1	2	1	*	0	0	0	0	*	3	4	16	Freezing Précipitation
Brouillard	*	1	2	2	2	2	2	3	4	3	3	2	27	Fog
Orages	0	0	*	*	2	4	7	5	2	*	*	*	23	Thunderstorms

Insolation (h)	95.3	129.3	159.2	183.3	233.5	240.4	267.3	230.1	136.3	95.9	57.7	74.5	1903.0	Sunshine (Hrs)
----------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	--------	----------------

Pression à la station (kPa)	97.20	97.35	97.36	97.32	97.35	97.26	97.33	97.45	97.54	97.47	97.33	97.35	97.36	Station Pressure (kPa)
-----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------------------------

Humidité	Moisture													
Pression de vapeur (kPa)	N	0.19	0.28	0.47	0.76	1.12	1.41	1.34	1.04	0.70	0.44	0.23	N	Vapour pressure (kPa)
Humidité relative – 0600L (%)	75	75	77	79	78	81	85	89	90	87	86	80		Rel. Humidity - 0600L (%)
Humidité relative – 1500L (%)	71	65	60	56	50	52	55	58	64	67	76	76		Rel. Humidity - 1500L (%)

Vent	Wind													
Vitesse (km/h)	13	13	14	14	13	13	12	11	13	13	13	12	13	Speed (km/h)
Direction la plus fréquente	S	NW	NW	NW	N	SW	SW	SW	S	S	S	S	S	Most Frequent Direction
Vitesse horaire extrême (km/h)	63	48	56	56	56	54	56	48	48	57	61	56		Extreme Hourly Speed (km/h)
Direction	N	N	NW	SE	SW	N	NW	N	SE	S	S	SW		Direction
Vitesse extrême du coup de vent (km/h)	96	89	91	89	89	119	100	84	98	98	89	104		Extreme Gust Speed (km/h)

---

Direction	NE	S	W	S	S	NW	W	SW	S	S	W	SW	Direction
-----------	----	---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	----	-----------

Droits d'auteur © 1998, Environnement Canada, Tous droits réservés. Copyright © 1998, Environment Canada. All rights reserved.  
Si vous utilisez cette information, veuillez indiquer qu'Environnement Canada en est la source.  
If you use this information, please indicate Environment Canada as the source.

**ANNEXE B**

**EXPLICATION DES ANALYSES  
FONTE DES NEIGES - PLUIE**

## APPENDIX B

### EXPLANATION OF RAIN + SNOWMELT EXTREME VALUE ANALYSIS

PREPARED BY THE HYDROMETEOROLOGY DIVISION, CANADIAN CLIMATE CENTRE  
ATMOSPHERIC ENVIRONMENT SERVICE

Daily rainfall and snowmelt estimates for the noted stations ARE analysed assuming a Gumbel extreme value distribution. Data are for the period of record shown on the attached computer printout. The results provide annual extreme values for durations from 1 to 30 days and estimated amounts for return periods up to 100 years. The snowmelt estimates were based on degree-day type equations. Five different snowmelt equations were used giving five different sets of snowmelt values.

#### Data

The input data used in this analysis and in the calculation of the snowmelt estimates were daily maximum and minimum temperatures, daily rainfall total and daily depth of fresh snow measurements by ruler. A snow DENSITY of 0.1 was assumed to convert snow depth into its water equivalent. Such snow measurements may not be spatially representative. The snowmelt estimates should therefore be considered with the same precaution in mind.

#### Snowmelt Calculation

Daily snowmelt estimates were calculated using degree-day type equations. Five different equations were used and a description of each is given below. The units of measure indicated below are the units used in the original presentation of the model. All models and resulting output have been converted to metric (SI) units in the computer software. The algorithm for accumulating and depleting the snow pack is given in Figure 1.

- 1) Model 1 - Eastern Canada Forested Basin

$$SM1 = 0.0397 (Ta - 27.6) \quad (\text{inches/day})$$

Ta = mean daily air temperatures F

Ref: Pysklywec, D.W., K.S. Davar and D.I. Bray (1968): Snowmelt at an Index Plot, Water Resour. Res., 4(5), 937-946.

- 2) Model 2 - Western North America Mountain Basin

$$SM2 = (0.074 + 0.007 R) (Ta - 32) + 0.05 \quad (\text{inches/day})$$

R = daily rainfall in inches  
Ta = mean daily air temperature F

Ref: United States Army Corps of Engineers (1956): Snow Hydrology, North Pacific Division, Portland, Oregon

- 3) Model 3 - Western Canada Mountain Basin

$$SM3 = 3.0 (Ta + TCA) (((Tx - TN)/8) + TN) \quad (\text{mm/day})$$

Ta = mean daily air temperatures C  
Tx = maximum daily temperature C  
TN = minimum daily temperature C  
TCA = (TN/4.4) but must be IN THE RANGE OF 0 TO 1.5

Ref: Quick, M.C. and A. Pipes (1975): The UBC Watershed Model, Proceedings of Symposium in Bratislava, Application of Mathematical Models in Hydrology and Water Resource Systems, IAHS Pub. No. 115

4) Model 4 - Southern Ontario

SM4 = 0.02 (Tx - 32) (inches/day)  
Tx = maximum daily air temperature F

Ref: Bruce, J.P. and R.H. Clark (1966): Introduction to Hydro meteorology, p. 257, Pergamon Press, Toronto

5) Model 5 - Modification of Model 4

SM5 = 0.08 (Ta - 32) (inches/day)  
Ta = mean daily air temperature F

#### Method of Analysis

The algorithm is based upon synthetic snowpacks which are accumulated according to the daily snowfall measurements and depleted according to the snowmelt as determined by each of the snowmelt models. The algorithm ceases to operate when the synthetic snowpack is reduced to zero. Daily rainfall is added to the daily snowmelt as calculated by each model and the maxima of the combined rain plus snowmelt values are used to determine the annual maximum series for the different durations.

Maximum annual values for rainfall plus snowmelt for each of the five snowmelt estimate data sets were determined for 1 to 30 day periods. These annual maximum value series were then analyzed assuming a Gumbel extreme value (EV1) distribution and using a method of moments fit (see Hogg and Carr, 1985) to derive extreme value estimates for RETURN PERIODS UP TO 100 years. The annual maximum values for each duration PERIOD HAVE BEEN TABULATED together with the starting date of EACH MAXIMUM EVENT.

No attempt was made to estimate missing data. Periods with missing data were not analyzed for maximum values but an annual maximum was still determined provided 90% of the data were available for the critical period of the year as specified on the printout. Such annual maxima based on an incomplete data year are flagged; (\*\*).

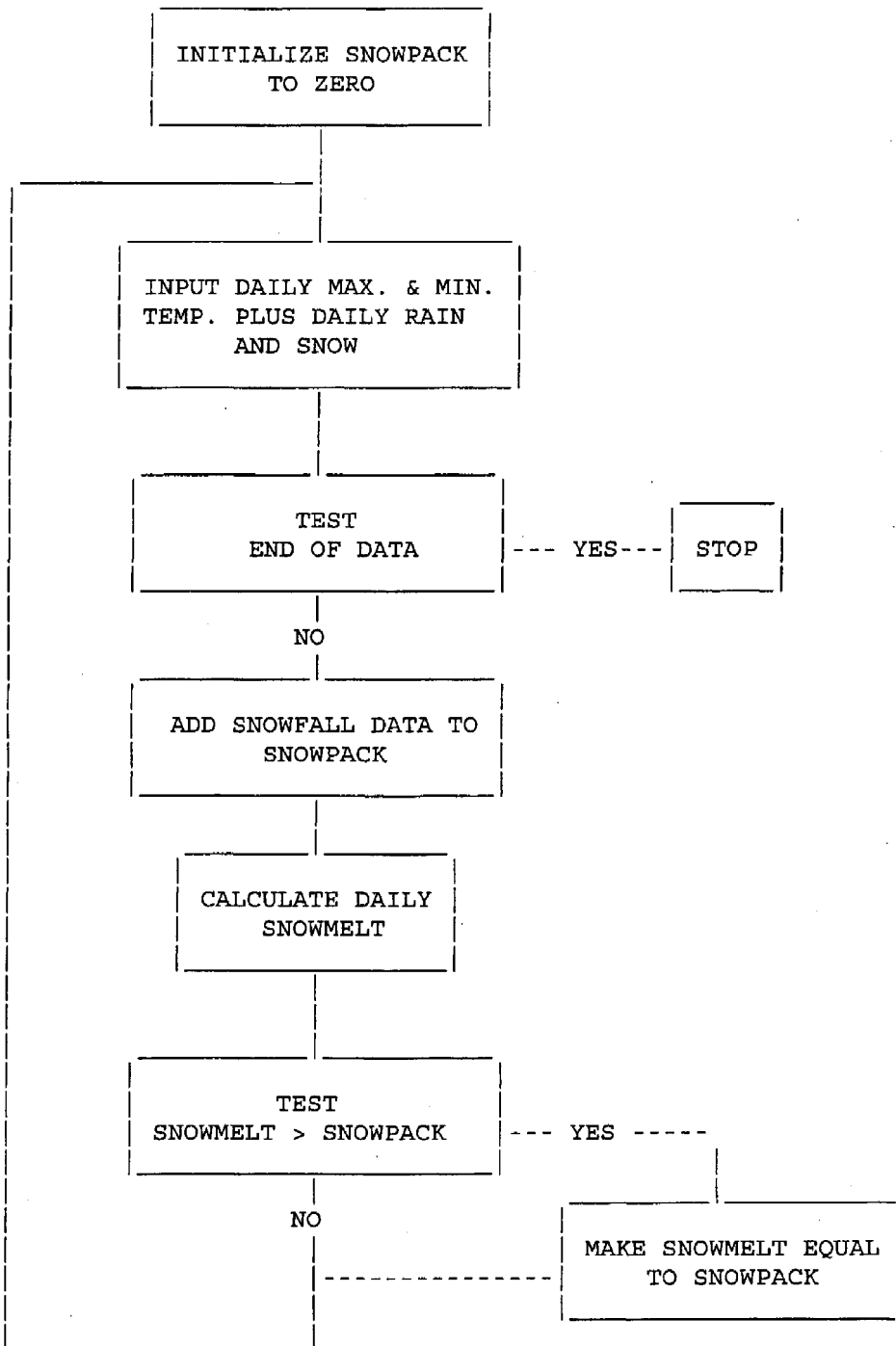
Rigorous testing of the annual maximum series for goodness OF fit to the Gumbel distribution has not been done. However, plots of several randomly chosen series on Gumbel graph paper have shown reasonably good fits. (SEE LOUIE AND HOGG, 1980)

#### References

Hogg, W.D. and D.A. Carr, 1985. Rainfall Frequency Atlas for Canada. 90 pp., Supply & Services Canada, ISBN 0-660-52992-0, Ottawa.

FIGURE # 1

ALGORITHM FOR ACCUMULATING AND DEPLETING  
THE SNOWPACK



DEplete SNOWPACK BY  
AMOUNT OF DAILY  
SNOWMELT

**ANNEXE C**

**ÉVALUATION DU BASSIN VERSANT NORD**



## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Objectif de l'évaluation

Cette annexe présente une évaluation de l'adéquation du fossé de dérivation Nord et le bassin d'emmagasinement pour accommoder les débits dérivés du bassin versant Nord, situé à l'ouest du parc à résidus existant (voir figure 2), et vise à fournir des recommandations pour l'amélioration du système, si requis. L'adéquation du système a été évaluée selon les critères suivants :

- Les dommages sur les structures sont inacceptables (e.g. digue de retention Nord, les digues 1 et 2 du parc à résidus);
- Inondation minimale le long du système pendant des événements de crue modérés à extrêmes;
- Inondation minimale ou inexistante de la Route 117 et du passage du CN minimal ou inacceptable pendant les événements de crue exceptionnels.

### 1.2 Information disponible

Deux rapports antérieurs traitant du système de drainage du bassin versant Nord et ses impacts sur les structures en aval telles la Route 117 et la voie de CN ont été révisés :

- Cumming Cockburn, March 5, 1992. *East Malartic Tailings Basin Diversion, Impact Analysis – CNR Crossing*. Présenté à Lac Minerals Ltd., East Malartic Division.
- Cumming Cockburn, March 23, 1992. *Analysis of Proposed Drainage Scheme, East Malartic Tailings Basin*. Présenté à Lac Minerals Ltd., East Malartic Division.

Les éléments clés du système de drainage du bassin versant Nord sont présentés dans le deuxième rapport. Dans l'évaluation du système, ces paramètres de conception ont été typiquement utilisés.

### 1.3 Critères de conception

Le critère de conception à la fermeture pour les structures du bassin versant Nord, de façon similaire au système du parc à résidus, est l'événement d'une période de récurrence de 1000 ans. Dans l'analyse suivante il a été supposé que :

- De l'entretien continu sera effectué (particulièrement pour l'enlèvement de blocage dû au débris et les barrages de castor);
- Un ennoiment local du fossé de drainage est acceptable; et
- L'apparition d'une brèche ou une rupture catastrophique de la digue de rétention Nord n'est pas acceptable.

#### 1.4 Description du système de drainage

La partie est du bassin versant est relativement plate et composée de petits étangs et marécages, tandis que les pentes de la partie ouest sont plus élevées et par conséquent celle-ci possède un meilleur drainage de surface. Avant la construction des trois bassins, le drainage s'effectuait vers le sud-est, mais les digues 1 et 2 du parc à résidus interceptent et dirigent maintenant l'écoulement vers le nord-est à travers le fossé de dérivation Nord. Le fossé amène l'eau de dérivation du bassin versant Nord et d'une petite aire de drainage sous la route 117 jusqu'à une décharge à la rivière Malartic. Une composante importante du système de drainage est l'existence d'un ponceau sous la digue de rétention Nord conçu pour limiter les débits du bassin versant Nord vers le fossé. Pendant des événements de crue, l'eau est temporairement retenue par trois digues (digue de rétention Nord, et digues 1 et 2) et la topographie naturelle.

#### Bassin de rétention

Le bassin de rétention est formé par la digue de rétention Nord, les digues 1 et 2, et la topographie naturelle. La décharge à travers la digue de rétention Nord a été modélisée par Cumming Cockburn compte tenu d'une conduite en béton d'un diamètre de 450 mm. Les capacités d'emmagasinement et de décharge du système sont présentées au tableau AIII.1

**Tableau AIII.1 Caractéristiques d'élévation -emmagasinement -décharges du bassin de rétention Nord**

Élévation (m)	Emmagasinement (m <sup>3</sup> )	Débits (m <sup>3</sup> /s)
326.20	0	0.000
327.10	10,000	0.380
327.50	35,000	0.480
328.00	140,000	0.600
328.50	330,000	0.680

Source: Cumming Cockburn, March 23, 1992. *Analysis of Proposed Drainage Scheme, East Malartic Tailings Basin*. Submitted to Lac Minerals Ltd., East Malartic Division.

### Fossé de dérivation

Le lit du fossé de dérivation, long approximativement de 3200 m entre la digue de rétention Nord et la Route 117, varie selon une pente de 0,1 à 1,0%. Il a été supposé que le canal aurait une largeur à la base de 1 mètre, avec des pentes de 3H :1V et une profondeur minimale de 0,8 m. En supposant que le canal est révégété, un coefficient de Manning de 0,04 semble être adopté par Cumming Cockburn, résultant en une capacité estimée (basé sur l'équation de Manning) de 1,3 m<sup>3</sup>/s à 3,9 m<sup>3</sup>/s.

### Ponceaux à la Route 117

Un ponceau d'un diamètre théorique<sup>1</sup> de 1500 mm conduit le débit sous la Route 117. Basé sur les analyses de Cumming Cockburn, la relation élévation – débit pour ce ponceau est présenté au tableau AIII.2.

**Table AIII.2 Caractéristiques Élévation – ponceau sous la Route 117 Bridge (surface à approx. 310.5 m)<sup>2</sup>**

Débit (m <sup>3</sup> /s)	Élévation (m)
1	308.30
2	308.61
3	308.92
4	309.23
5	309.54
6	309.85
7	310.27
8	310.50
9	310.72

Les débits dans le fossé de dérivation à la route 117 représentent un résultat des débits du bassin de rétention Nord et les débits d'un sous-bassin versant extérieur (surface de drainage=1,05 km<sup>2</sup>). Pour l'analyse de l'écoulement, il a été supposé que le sous-bassin versant possède les mêmes caractéristiques de ruissellement que le bassin versant Nord.

<sup>1</sup> Il est possible que les conduites réellement mises en place sur le tracé du fossé de dérivation Nord ait des sections plus grandes que celles d'insérées dans les divers rapports de conception. La recommandation de suivi sur le terrain inclut également un volet de vérification de toutes les caractéristiques des conduites réellement en place pour en tenir compte dans les révisions subséquentes du bilan hydrique.

<sup>2</sup> Basé sur la figure 6 du rapport de Cumming Cockburn daté du Mars 23, 1992.

## 2. RESULTATS

### 2.1 Description des résultats antérieurs

Un certain nombre d'analyses sont présentées dans les rapports mentionnés précédemment, incluant une évaluation hydrologique du bassin versant Nord, et une évaluation des niveaux d'inondation de la Route 117 et la voie de CN.

L'analyse de ruissellement a été réalisée en utilisant le programme Otthymo qui utilise comme base la méthode SCS (US Soil Conservation Service) pour estimer l'« excès » de précipitation disponible pour le ruissellement. La méthode SCS est largement utilisée, et le model Otthymo a été appliqué largement dans la pratique, particulièrement en Ontario. Les analyses ont été réalisées pour les évènements de pluie d'une durée de 12 heures avec des périodes de retour allant jusqu'à 100 ans.

Les résultats des analyses indiquent que les débits provenant du bassin versant Nord (pour la période de retour de 100 ans) pourrait atteindre un maximum de  $9,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pour amener un débit si élevé, un canal de dérivation très large et possiblement la construction d'un pont à la route 117 seraient requis. De plus, une augmentation de l'inondation pourrait se produire due aux effets d'augmentation des niveaux de la rivière Marlartic, causant des problèmes au pont du CN. Afin de réduire les effets du débit provenant du bassin versant Nord, il a été recommandé que la digue de rétention Nord soit construite avec un ponceau d'un petit diamètre acheminant le débit vers le fossé. Pendant les évènements de crue, l'eau est retenue derrière cette digue, et la décharge vers le fossé se fait à un débit maximum approximatif de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le drainage local vers le fossé en aval du bassin a été estimé à environ  $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , résultant en un débit maximal simulé à la Route 117 d'environ  $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ce débit correspondait à un niveau d'eau de 308,8 (comparé à la surface de la route qui est approximativement de  $310,5 \text{ m}$ )<sup>3</sup>.

L'objectif de l'analyse était de concevoir un système qui ne résulterait en aucune augmentation des niveaux d'inondation due au débit maximal de décharge de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  du bassin versant Nord. Les recommandations incluait l'installation de ponceaux additionnels le long du fossé de drainage et la Route 117 afin de réduire les niveaux d'inondation.

---

<sup>3</sup> Tiré de la figure 6 du rapport de Cummings Cockburn, daté de Mars 23, 1992.

## 2.2 Simulation des débits et des niveaux d'eau

### 2.2.1 Décharge du bassin de rétention

Les analyses antérieures utilisaient exclusivement des événements d'une courte durée (12 heures). Une pluie de courte durée produit instantanément des taux de ruissellement très élevés, mais des volumes totaux relativement faibles puisque le ruissellement total est faible (environ 60 mm pour l'événement de 12 heures ayant une période de retour de 1 dans 100 ans). Dans le cas du bassin versant Nord, le bassin de rétention avait montré une capacité adéquate pour emmagasiner des événements de courte durée. Toutefois, l'événement de conception approprié avec le bassin en place n'est pas l'événement de courte durée, mais un événement d'une plus longue durée tel la fonte des neiges, où un plus grand ruissellement total se produit (malgré que le taux de ruissellement maximal est moindre). Dépendant des hypothèses faites pour la modélisation des événements d'une durée plus importante, il est possible que ces événements causent un remplissage du bassin, un passage par-dessus la digue Nord et l'inondation ennoient des secteurs en aval.

Un modèle de calcul simple a été employé pour modéliser la performance du bassin de rétention et la décharge du ponceau en utilisant les caractéristiques de stockage et de décharge définies au tableau AIII.1. Le ruissellement a été distribué sur 3 jours en supposant une distribution triangulaire avec un délai de un jour pour arriver au maximum. Dans l'analyse du système du parc à résidus et ses bassins, il a été supposé qu'un coefficient de ruissellement de 1,0 permettait d'obtenir des résultats conservateurs. Dans le cas du bassin de rétention et le fossé de dérivation, une approche moins conservatrice est justifiée puisque les conséquences de bris de digue sont moins significatives (que le bris de la digue 5 du parc à résidus, par exemple).

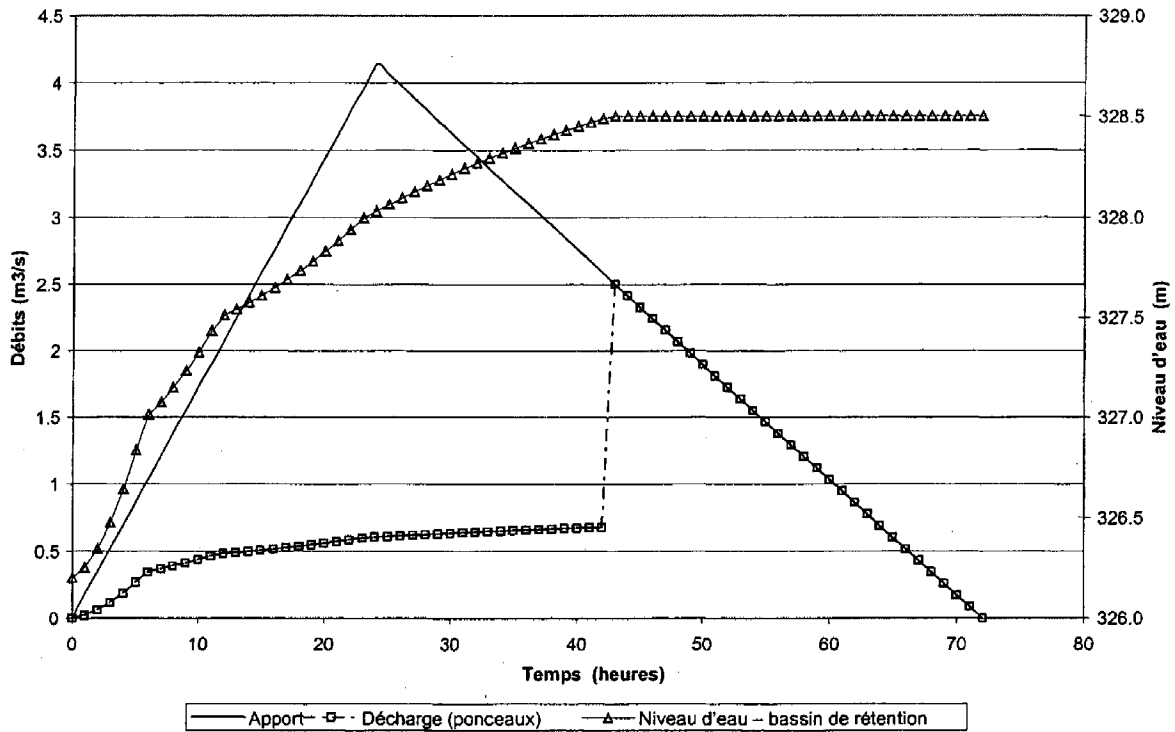
Il a été établi que les débits modélisés du bassin de rétention étaient extrêmement sensibles au ruissellement estimé, en termes de volume et en considérant la forme de l'hydrogramme. Les résultats des modélisations sont présentés au tableau AIII.3.

**Tableau AIII.3 Débits maximum modélisés du bassin de rétention Nord pour des coefficients de ruissellement variables (1000 ans, événement de fonte des neiges d'une durée de 3 jours)**

Coefficient de ruissellement	Débits modélisés du bassin de rétention Nord (m <sup>3</sup> /s)	Débits à la Route 117 (m <sup>3</sup> /s)
60%	0.7	1.3
65%	1.8	2.2
70%	2.5	3.0
80%	4.1	4.1

La modélisation est présentée en format graphique (pour un coefficient de ruissellement de 70%) à la figure AIII.1.

Figure AIII.1 Remplissage du bassin de rétention (coefficient de ruissellement =70%)



Les résultats de la modélisation semblent significatifs. Si le ruissellement est relativement faible (soit à cause d'un coefficient de ruissellement bas ou soit à cause d'un volume de la fonte des neiges qui est moindre que les résultats modélisés de provenance d'Environnement Canada), alors la capacité en termes de hauteur du bassin de rétention ne devrait pas être dépassée, et la décharge serait limitée à la capacité du ponceau. Cependant, un ruissellement légèrement plus élevé, résulterait en un dépassement du niveau de la digue de rétention Nord et des volumes de décharges significatifs pouvant potentiellement excéder la capacité du fossé de dérivation et augmentant les risques d'inondation de la Route 117. Il est important de noter que pour des événements moins extrêmes le bassin semble adéquat pour le contrôle du ruissellement. Par exemple, un ruissellement produit par un événement millénal avec un coefficient de ruissellement de 60 % est équivalent à un événement d'une période de retour de

100 ans avec un coefficient de 75%, et un événement d'une période de retour de 50 ans avec un coefficient de 82%.

### **2.2.2 Débit à la Route 117**

Les débits à la Route 117 sont une combinaison des débits du bassin de rétention et de l'aire de drainage locale d'environ 1,05 km<sup>2</sup>. Cimring Cockburn avait estimé que le débit maximal à la Route 117 pour un événement de 1 dans 100 ans était de 2,02m<sup>3</sup>/s sans l'ajout du débit de provenance du bassin versant Nord. Selon le tableau AIII.3, les débits pour un événement de fonte des neiges d'une période de retour de 1 en 1000 ans peuvent varier entre 1,3 m<sup>3</sup>/s pour un coefficient de ruissellement de 60 % à 4,1 m<sup>3</sup>/s pour un coefficient de 80%. Ces débits correspondraient aux élévations de 308, 42 et 309,5 m. Ces niveaux sont inférieurs à l'élévation de la route 117 qui est supposée être de 310,5 m. Toutefois, une inondation locale peut se produire due à l'augmentation des niveaux d'eau.

### **2.2.3 Incertitudes du model**

Des incertitudes existent dans les trois suppositions inhérentes à la modélisation : i) l'estimation du total de la fonte des neiges (tel que fournie par Environnement Canada); ii) le coefficient de ruissellement; et iii) la forme de l'hydrogramme.

Les coefficients de ruissellement pour les événements de fonte des neiges peuvent varier considérablement. Il est possible, compte tenu de la surface relativement plate du bassin versant Nord, que les coefficients de ruissellement pour la crue de conception soient inférieurs à 60%. L'expérience à d'autres endroits démontre que les coefficients de ruissellement peuvent varier considérablement. Des coefficients de ruissellement estimés par Golder pour les Territoires du Nord-Ouest ont résulté en valeurs variant de 32 à 100 %. Pour des événements de fonte d'envergure, toutefois, le coefficient était typiquement dans la gamme de 70-90 %. Les bassins qui ont été étudiés étaient typiquement caractérisés par des secteurs de roc exposé beaucoup plus importants. Pour les événements extrêmes considérés, un coefficient de ruissellement élevé semble approprié pour le bassin versant Nord.

Le ruissellement unitaire provenant des bassins versant observés sont typiquement de 20 mm/jour (voir section 3.3.2). Par comparaison, le ruissellement modélisé pour un jour de l'événement de 1000 ans serait de 62mm, en supposant un coefficient de 70 % (89 mm\*70%=62 mm). Pour les événements de 25 et 50 ans (typique pour les enregistrements à proximité du site) le ruissellement estimé serait de

40 mm et 43 mm, ou approximativement le double du ruissellement unitaire des larges bassins versants situés à proximité. Toutefois, on peut s'attendre que le coefficient de ruissellement pour les événements extrêmes pour des petits bassins versants soit élevé. Selon les données présentées au tableau AIII.2, il peut être remarquer que la gamme de coefficients probables (60 – 80 %) est associée aux différences substantielles dans les débits de décharges du bassin de rétention.

En plus du volume de ruissellement total, la forme de l'hydrogramme affecte fortement les prédictions des débits. L'hydrogramme d'apport triangulaire utilisé pour les modélisations (avec un temps de un jours pour atteindre le maximum) est plutôt typique pour un événements de pluie. L'hydrogramme pour une fonte des neiges aurait probablement un maximum moins prononcé, mais une durée plus importante. Un temps plus long pour atteindre le maximum devrait produire des débits plus élevés provenant du bassin puisque le maximum de l'apport d'eau survient après que le bassin a été rempli complètement.



### 3. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les modélisations ont démontré que le modèle est relativement sensible aux hypothèses faites au sujet des volumes de ruissellement. Compte tenu de ces incertitudes, des recommandations précises pour le dimensionnement des ponceaux, etc. sont difficiles à produire. Toutefois, les actions suivantes sont recommandées :

- **Initier un programme de suivi d'une durée de un an :** Des mesures de terrain adéquates ne sont pas disponibles pour le bassin versant Nord afin de confirmer les hypothèses. Il est donc recommandé que des données de suivi d'une durée minimale d'au moins un an soient collectées afin d'améliorer les hypothèses du modèle.
- **Installer un déversoir d'urgence pour la digue de rétention Nord :** Si le bassin est rempli dû à des événements extrêmes ou à cause du blocage des ponceaux (castors, glace ou débris), un déversoir d'urgence devrait être construit. Tel que mentionné lors de la discussion des critères de conception, la rupture catastrophique de la digue de rétention Nord n'est pas acceptable, de même que le passage d'eau sur la crête de la digue devrait s'effectuer par des structures d'ingénierie.
- **Installer une deuxième plus petite conduite à la digue de rétention Nord :** Le ponceau de décharge est un élément clé du système. Si cette conduite est bloquée, les débits pourraient passer sans atténuation vers l'aval. Pour des conditions de fermeture, la mise en place d'une deuxième plus petite conduite (débit maximal approximatif de  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  ou plus, selon les résultats de l'analyse plus détaillée du fossé) est conseillée. La capacité du fossé devrait être suffisante pour accommoder le débit des deux conduites. La deuxième conduite devrait être mise en place à une élévation différente de la première. Idéalement, la conduite la plus petite devrait être placée plus bas afin que lorsqu'elle est bloquée la conduite supérieure entre en jeu et achemine le débit. Il est à noter toutefois que cette recommandation est conditionnelle aux résultats du programme de suivi.
- **Vérifier la capacité du fossé de drainage :** Il est recommandé qu'un modèle plus détaillé du fossé de dérivation soit développé afin de modéliser les débits et l'emmagasinement potentiel de façon plus précise. Une compréhension précise de la capacité du fossé est nécessaire afin de déterminer s'il peut adéquatement acheminer les débits de décharge du bassin de rétention.
- **Installer un deuxième ponceau à la Route 117 :** Cette recommandation est seulement pertinente si réévaluée selon les résultats du programme de suivi.

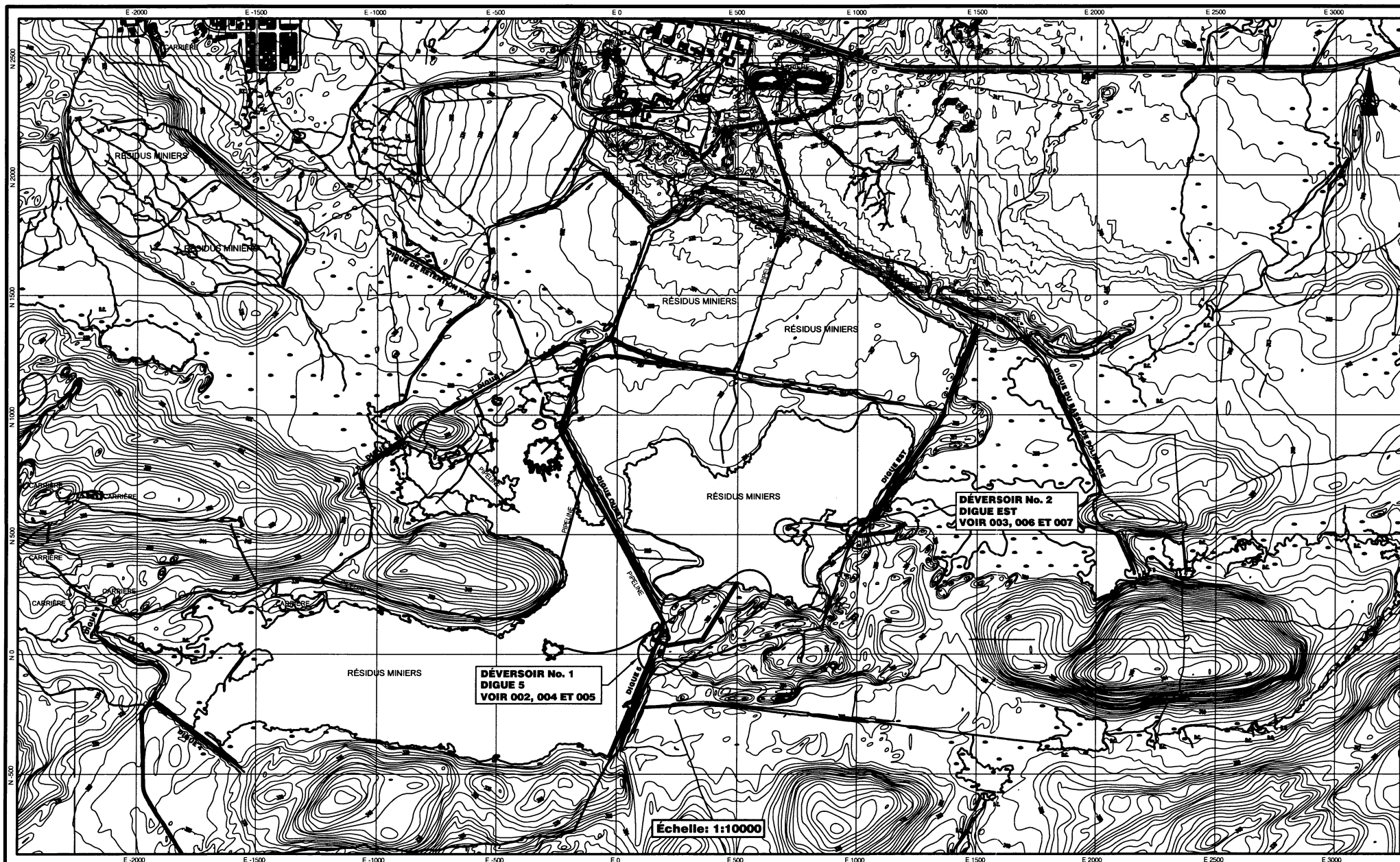
## **ANNEXE D**

**Plans des déversoirs aux digues 5 et Ouest**



# TRAVAUX DE CONSTRUCTION - MINE EST-MALARTIC

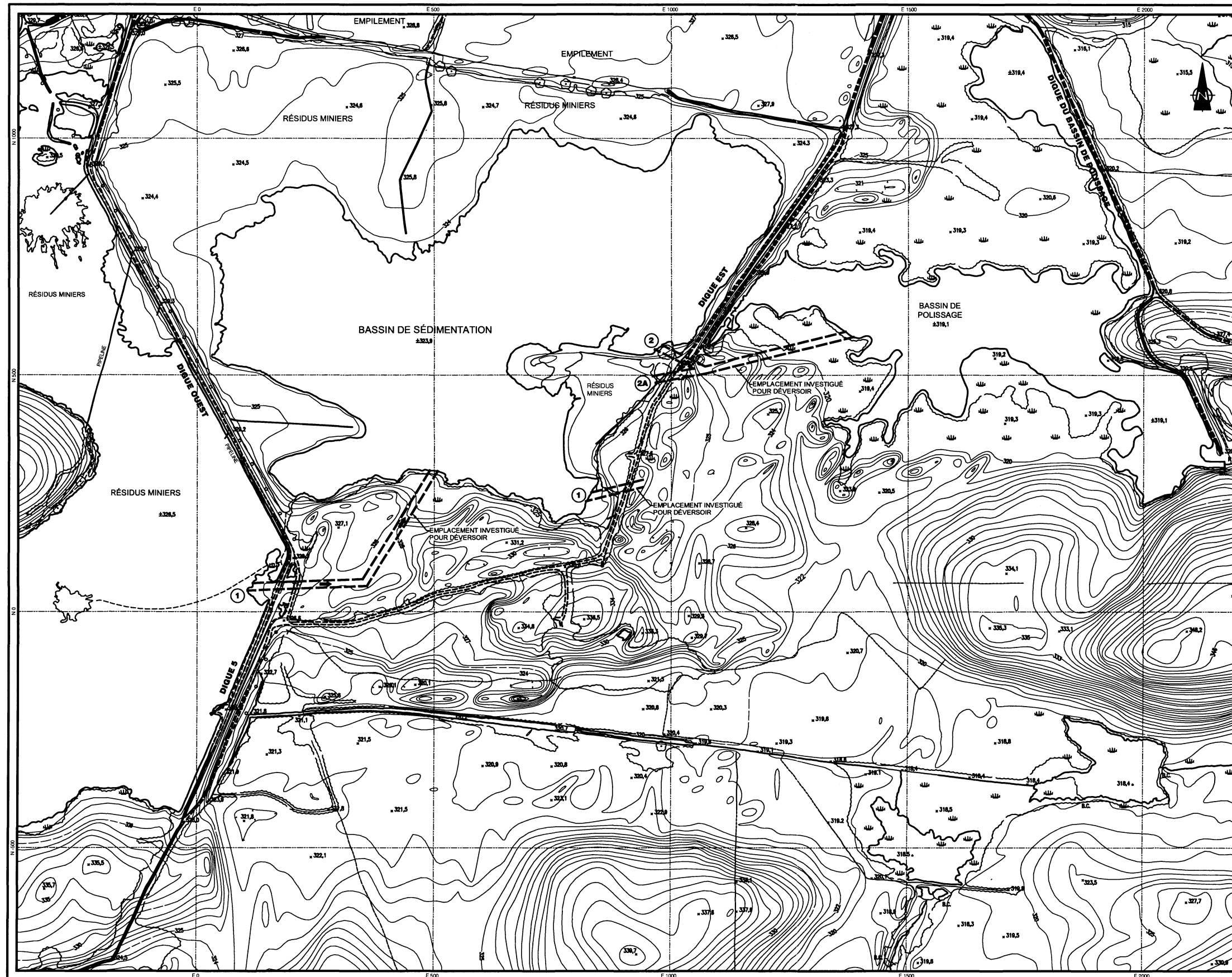
## Construction de déversoirs 2002



Page no.	Titre
001	EMPLACEMENTS INVESTIGUÉS
002	DÉVERSOIR No. 1 - DIGUE 5 VUE EN PLAN ET PROFILS
003	DÉVERSOIR No. 2 - DIGUE EST DIGUE EST - VUE EN PLAN ET PROFILS
004	DIGUE 5 - VUE EN PLAN, DÉVERSOIR D'URGENCE ET FOSSÉS
005	DIGUE 5 - DÉTAILS DU DÉCANTEUR
006	DIGUE EST - VUE EN PLAN, DÉVERSOIR D'URGENCE ET FOSSÉS
007	DIGUE EST - DÉTAILS DU DÉCANTEUR

PRÉLIMINAIRE





**PRÉLIMINAIRE**

**RÉFÉRENCE :**  
 CE DESSIN A ÉTÉ TIRÉ DU DESSIN C-6780/521, INTITULÉ "TOPOGRAPHE-PLANIMÉTRIE",  
 DATÉ DE SEPTEMBRE 1996, PRODUIT PAR JEAN-LUC CORREVEAU, APPRENTI-  
 GÉOMÈTRE, VAL D'OR, QUÉBEC.

**NOTE :**  
 LES COORDONNÉES SUR CE DESSIN SONT CELLES DE LA MINE.

REV.	DATE	DESCRIPTION	DESSINÉ	VÉRIFIÉ	APPR.
A	2002-03-25	EMIS POUR COMMENTAIRES	M.T.	E.M.	M.K.

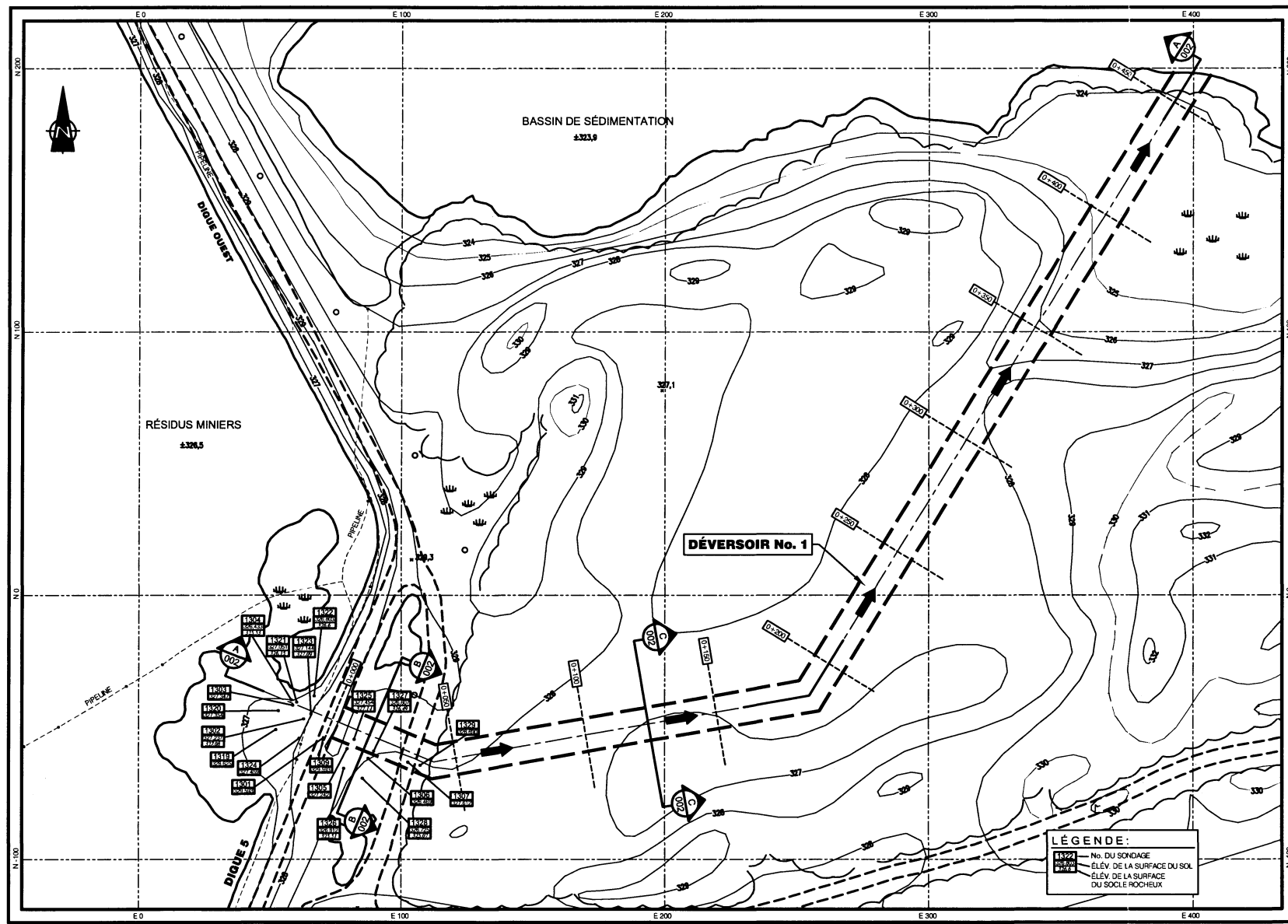


DÉVERSOIRS PERMANENTS  
 MINE EST-MALARTIC

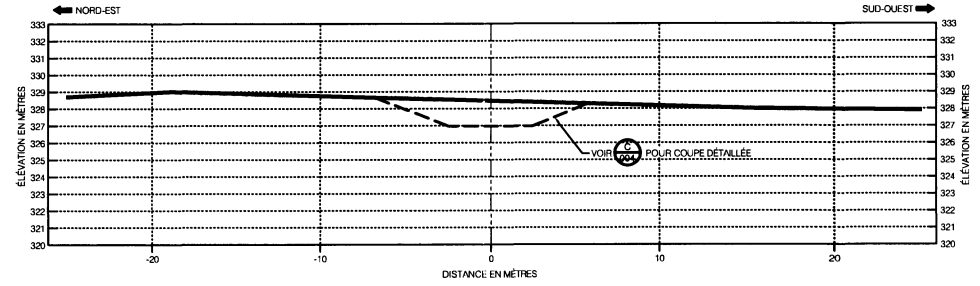
**EMPLACEMENTS INVESTIGUÉS**

<p><b>Golder Associates</b>        9200, boulevard de l'Acadie, bureau 10        Montréal (Québec) H4N 2T2        Tél. (514) 383-0900 Fax (514) 383-8332</p>	N° DE PROJET	021-7013-5400	DATE	2002-03-21
	N° DE FICHER	0217013-5400-01	ÉCHELLE	1:4000
	DESSINÉ	M. Tremblay		
	PROJETÉ	P. Desjardins		
	VÉRIFIÉ	E. Massing		
APPR.	M. Krasovec			

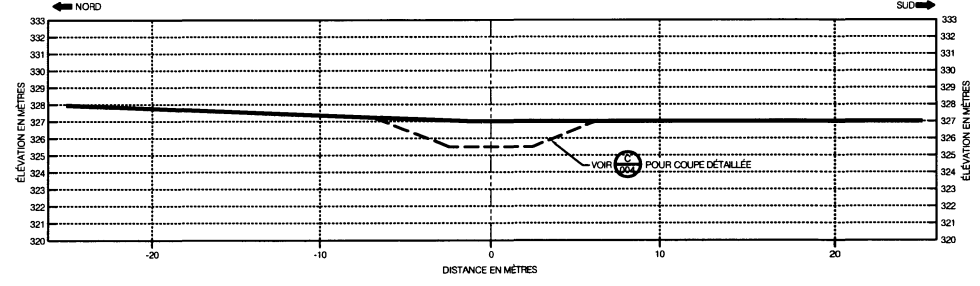
**001**



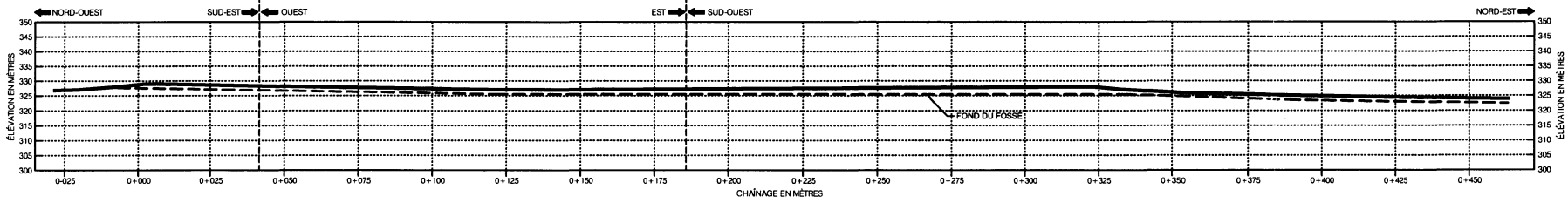
**VUE EN PLAN**  
ÉCHELLE: 1:1000



**B PROFIL TRANSVERSAL**  
ÉCHELLE: 1:200



**C PROFIL TRANSVERSAL**  
ÉCHELLE: 1:200



**A PROFIL LONGITUDINAL**  
ÉCHELLE: 1:1000

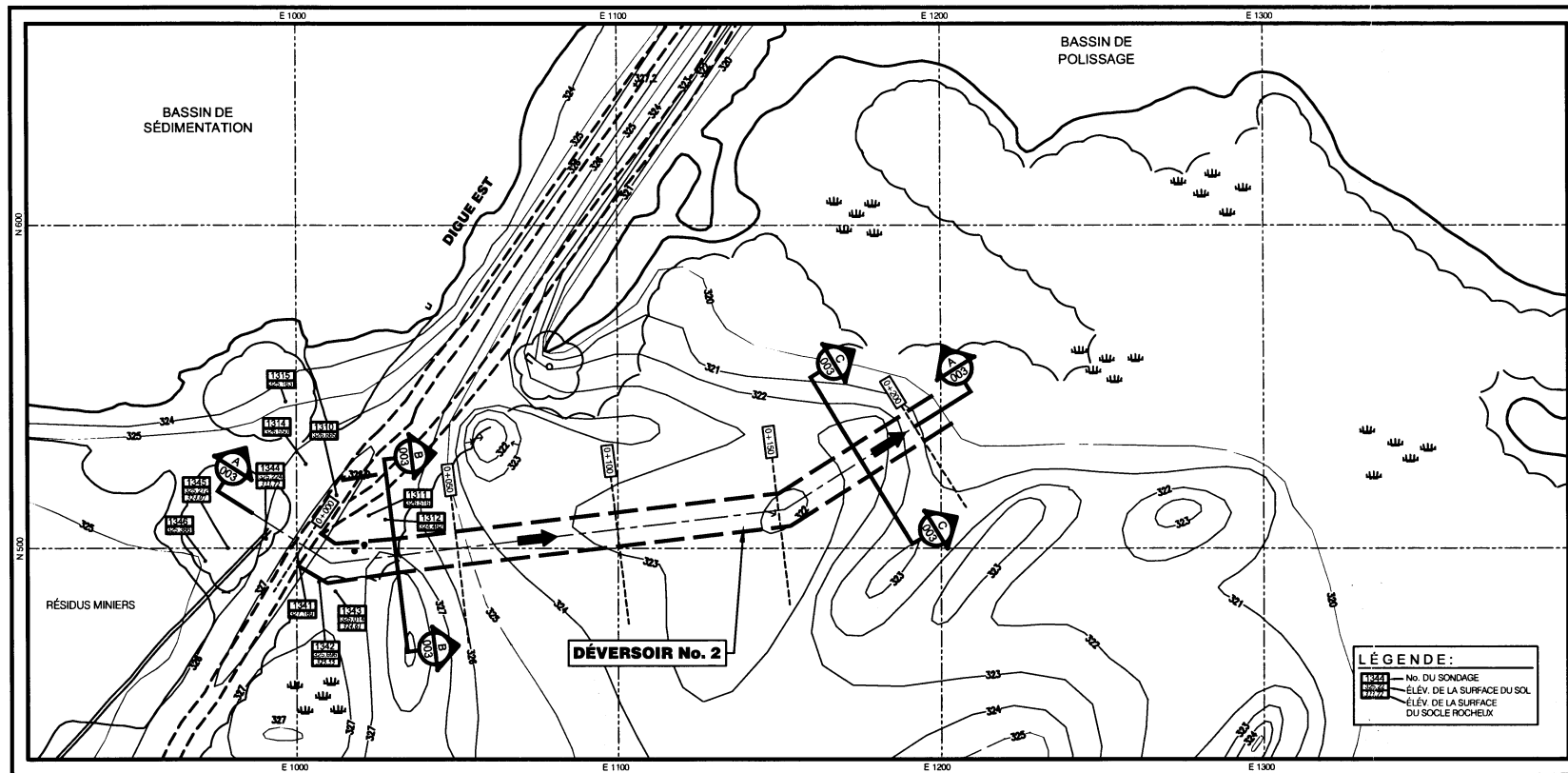
**RÉFÉRENCE:**  
CE DESSIN A ÉTÉ TIRÉ DU DESSIN C-6780/S21, INTITULÉ 'TOPOGRAPHIE-PLANIMÉTRIE'  
DATÉ DE SEPTEMBRE 1996, PRODUIT PAR JEAN-LUC CORREVEAU, ARPEUTEUR-  
GÉOMÈTRE, VAL D'OR QUÉBEC.

**NOTE:**  
LES COORDONNÉES SUR CE DESSIN SONT CELLES DE LA MINNE.

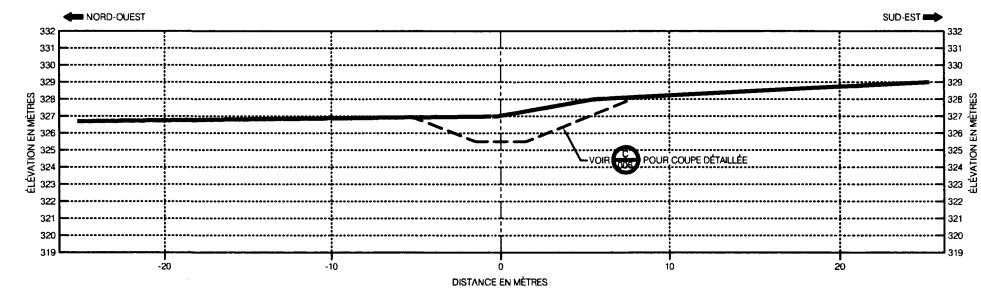
**PRÉLIMINAIRE**

<p align="center"><b>BARRICK</b></p> <p align="center">DÉVERSOIRS PERMANENTS MINE EST-MALARTIC</p> <p align="center"><b>DÉVERSOIR No. 1 - DIGUE 5</b> <b>VUE EN PLAN ET PROFILS</b></p>				
No. DE PROJET:	021-7013-5400	DATE:	2002-03-21	
No. DE FICHER:	021-7013-5400-02	ÉCHELLE:	INDIQUÉE	
DESSINÉ:	M. Tremblay	PROJETÉ:	P. Desjardis	
VÉRIFIÉ:	E. Massing	APPR:	M. Kessouh	
<b>002</b>				

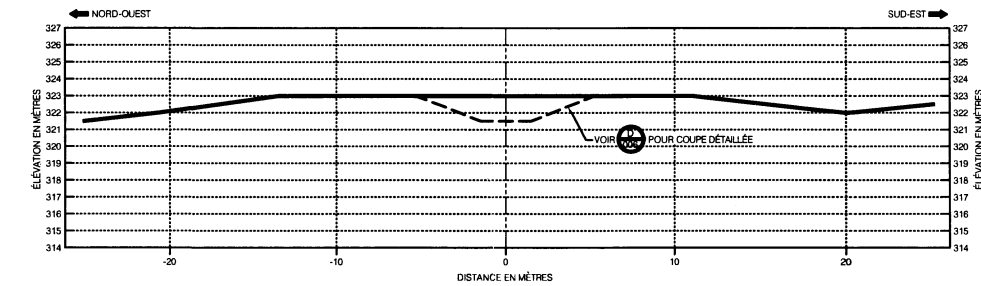
Dessin: 1:000 1013-5400-02.dwg 20020321 09:30



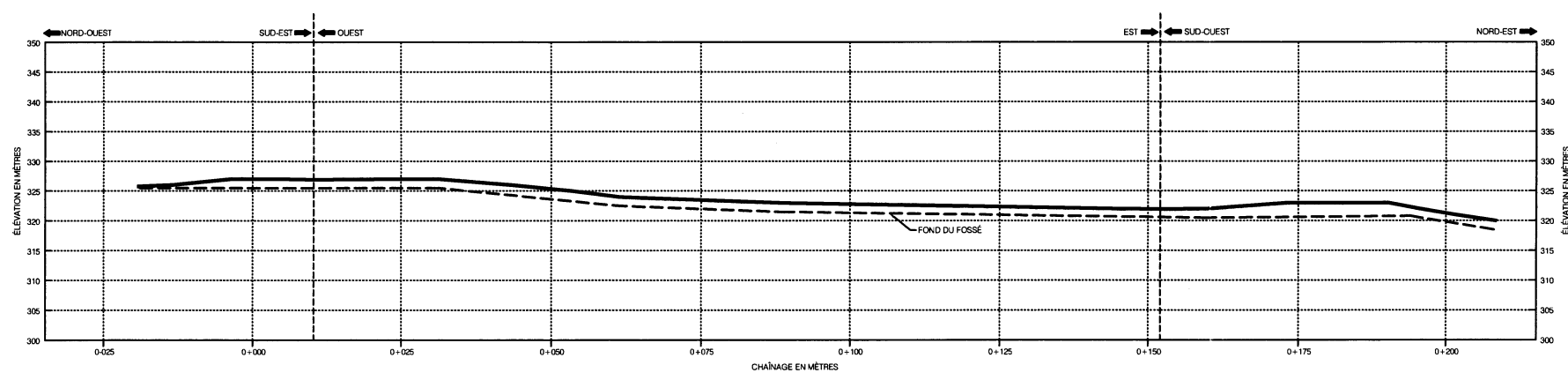
**VUE EN PLAN**  
ÉCHELLE: 1:1000



**B PROFIL TRANSVERSAL**  
ÉCHELLE: 1:200



**C PROFIL TRANSVERSAL**  
ÉCHELLE: 1:200



**A PROFIL LONGITUDINAL**  
ÉCHELLE: 1:500

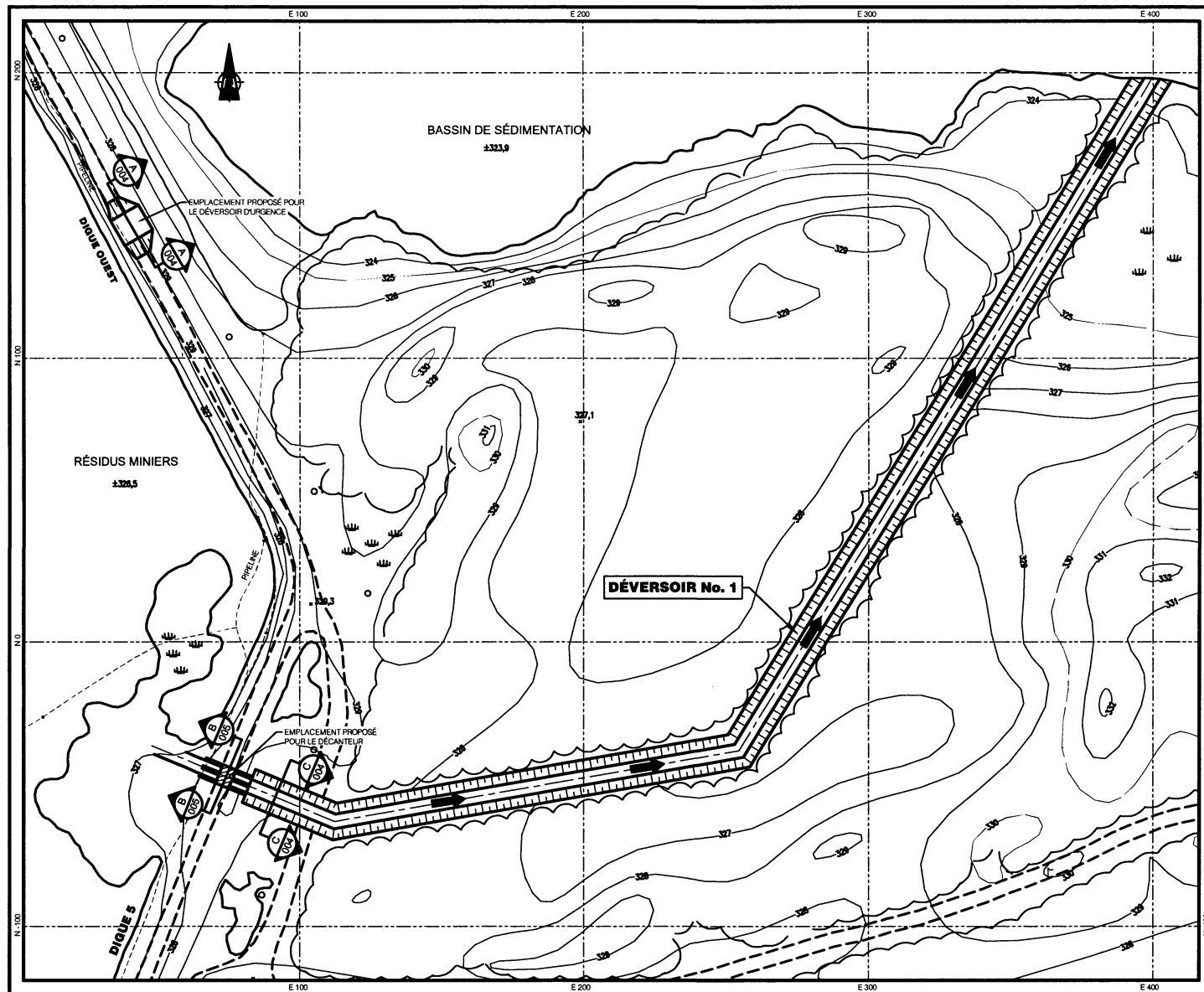
**RÉFÉRENCE:**  
CE DESSIN A ÉTÉ TIRÉ DU DESSIN C-6780/521 INTITULÉ "TOPOGRAPHE-PLANIMÉTRIE"  
DATE DE SEPTEMBRE 1996. PRODUIT PAR JEAN-LUC CORNÉAU, APPRENTI-  
GÉOMÈTRE, VAL D'OR, QUÉBEC.

**NOTE:**  
LES COORDONNÉES SUR CE DESSIN SONT CELLES DE LA MINE

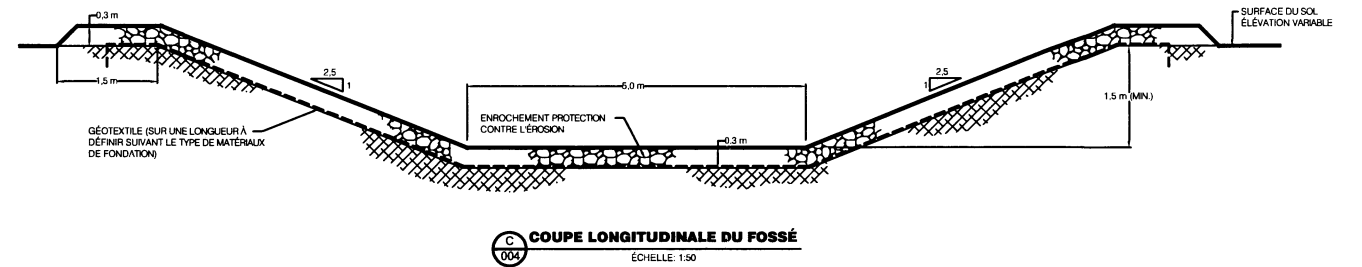
A		ÉMIS POUR COMMENTAIRES		M.T.	É.M.	M.K.
RÉV.	DATE	DESCRIPTION		DESSINÉ	VÉRIFIÉ	APPR.
<b>BARRICK</b>						
DÉVERSOIRS PERMANENTS MINE EST-MALARTIC						
<b>DÉVERSOIR No. 2 - DIGUE EST</b> <b>VUE EN PLAN ET PROFILS</b>						
No. DE PROJET	021-7013-5400	DATE	2002-03-21			
No. DE FICHER	0217013-5400-03	ÉCHELLE	INDIQUÉE			
DESSINÉ	M. Tremblay	<b>003</b>				
PROJETÉ	P. Desage					
VÉRIFIÉ	E. Masango					
APPR.	M. Kislova					

*PRÉLIMINAIRE*

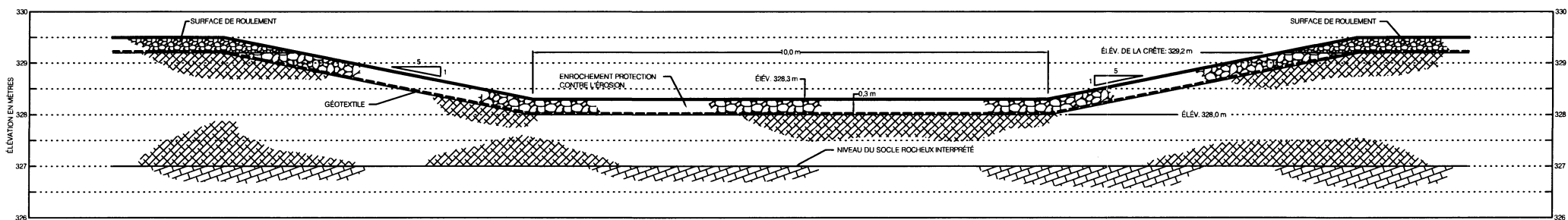
**Golden Associates**  
8050 boul. de l'Industrie, bureau 10  
Montréal (Québec) H4N 2T2  
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332



**VUE EN PLAN**  
ÉCHELLE: 1:1000



**COUPE LONGITUDINALE DU FOSSÉ**  
ÉCHELLE: 1:50



**COUPE LONGITUDINALE DU DÉVERSOIR D'URGENCE**  
ÉCHELLE: 1:50

**PRÉLIMINAIRE**

**RÉFÉRENCE:**  
CE DESSIN A ÉTÉ TIRÉ DU DESSIN C-6780/521, INTITULÉ 'TOPOGRAPHIE-PLANIMÉTRIE' DATÉ DE SEPTEMBRE 1996, PRODUIT PAR JEAN-LUC CORRIVEAU, ARPELLEUR GÉOMÉTRÉ, VAL D'OR, QUÉBEC.

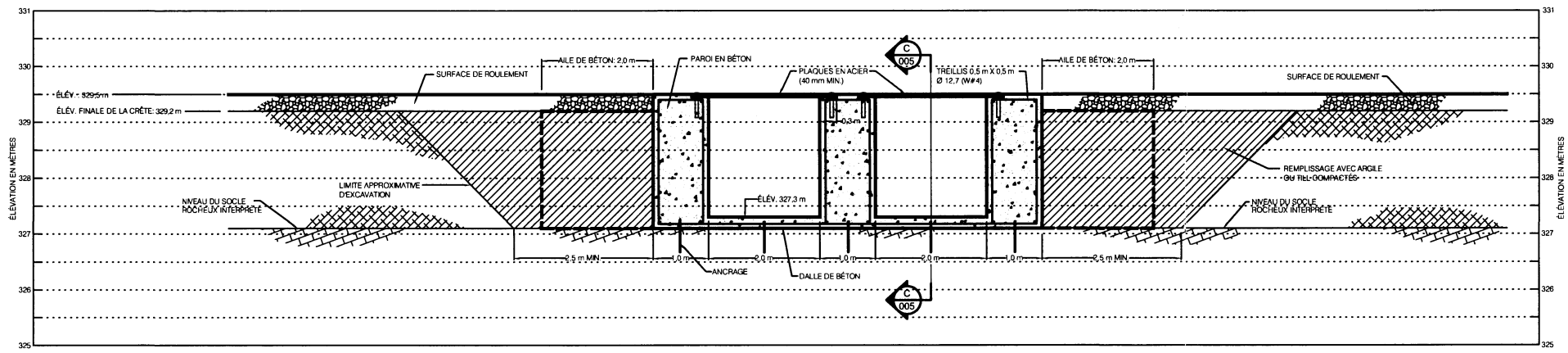
**NOTE:**  
LES COORDONNÉES SUR CE DESSIN SONT CELLES DE LA MINE.

REV	DATE	DESCRIPTION	DESSINÉ	VÉRIFIÉ	APPR.
A	002-03-26	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	M.T.	É.M.	M.K.

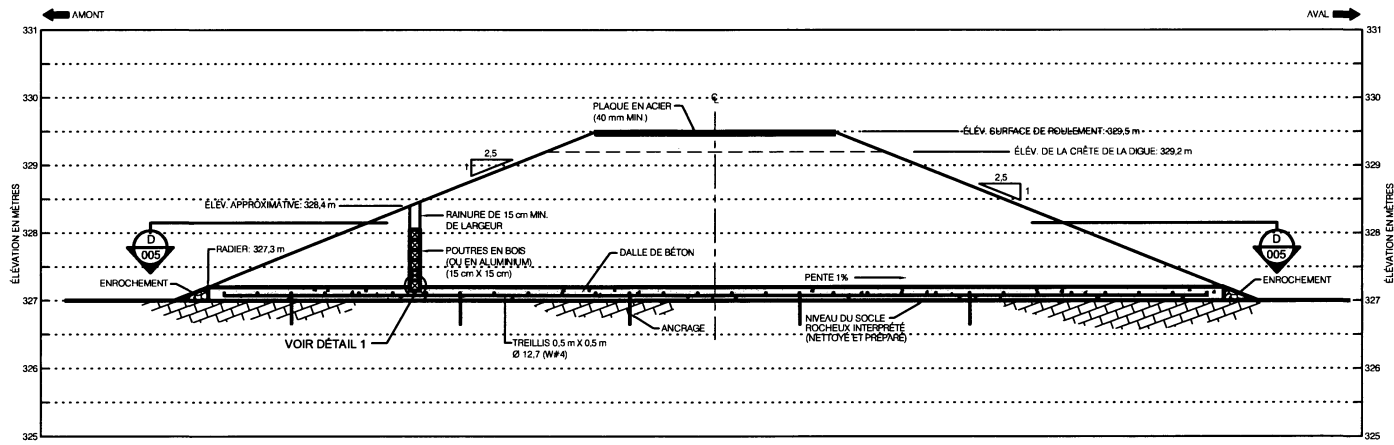
  

<b>BARRICK</b>			
DÉVERSOIRS PERMANENTS MINE EST-MALARTIC			
<b>DIGUE 5</b> VUE EN PLAN, DÉVERSOIR D'URGENCE ET FOSSÉS			
No. DE PROJET:	021-1019-5400	DATE:	2002-03-21
No. DE FICHIER:	0217013-5400-04	ÉCHELLE:	INDIQUÉE
DESSINÉ:	M. Tremblay	<b>004</b>	
PROJETÉ:	P. Desjardins		
VÉRIFIÉ:	E. Massaro		
APPR:	M. Krasov		

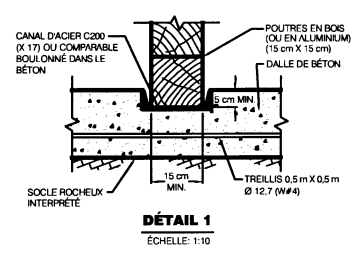
**Goldier Associés**  
8950, boul. de l'Acadie, bureau 10  
Montréal (Québec) H4N 2T2  
Tel: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332



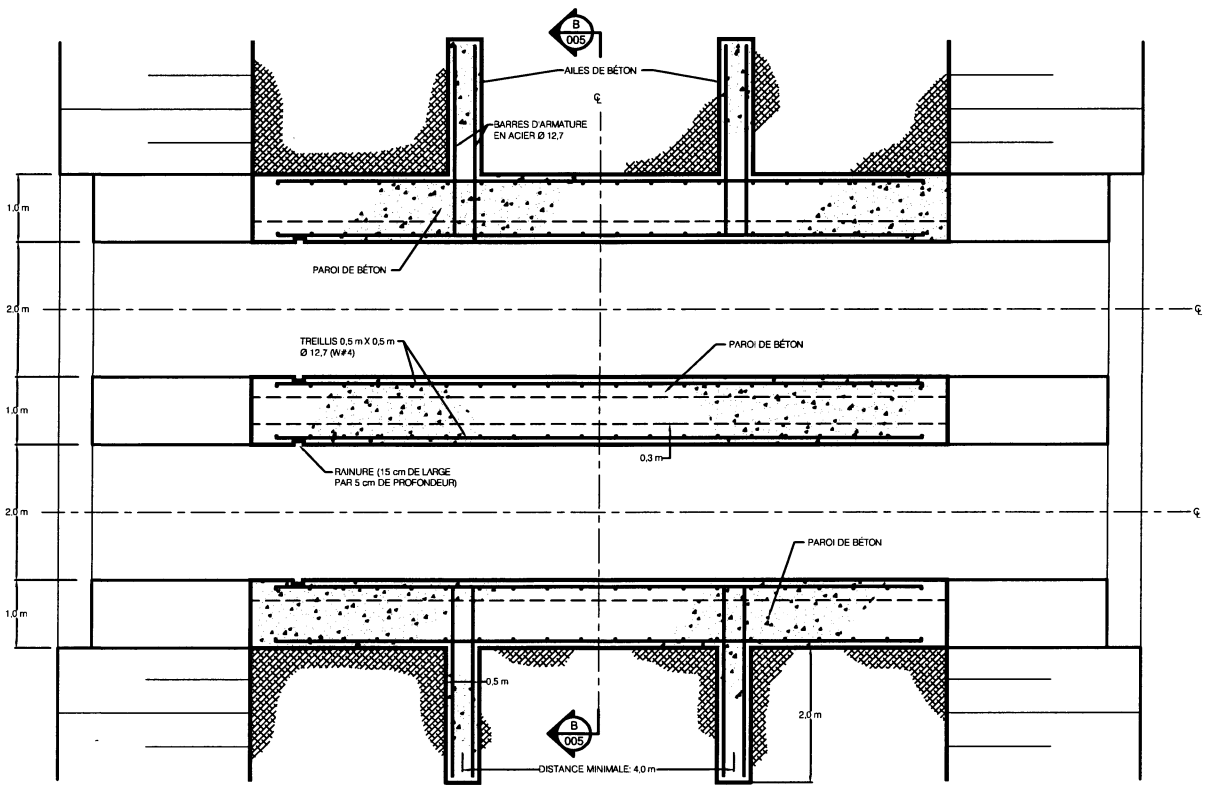
**B COUPE LONGITUDINALE DU DÉCANTEUR**  
E.CHELLE: 1:50



**C COUPE TRANSVERSALE DU DÉCANTEUR**  
E.CHELLE: 1:50



**DÉTAIL 1**  
E.CHELLE: 1:10

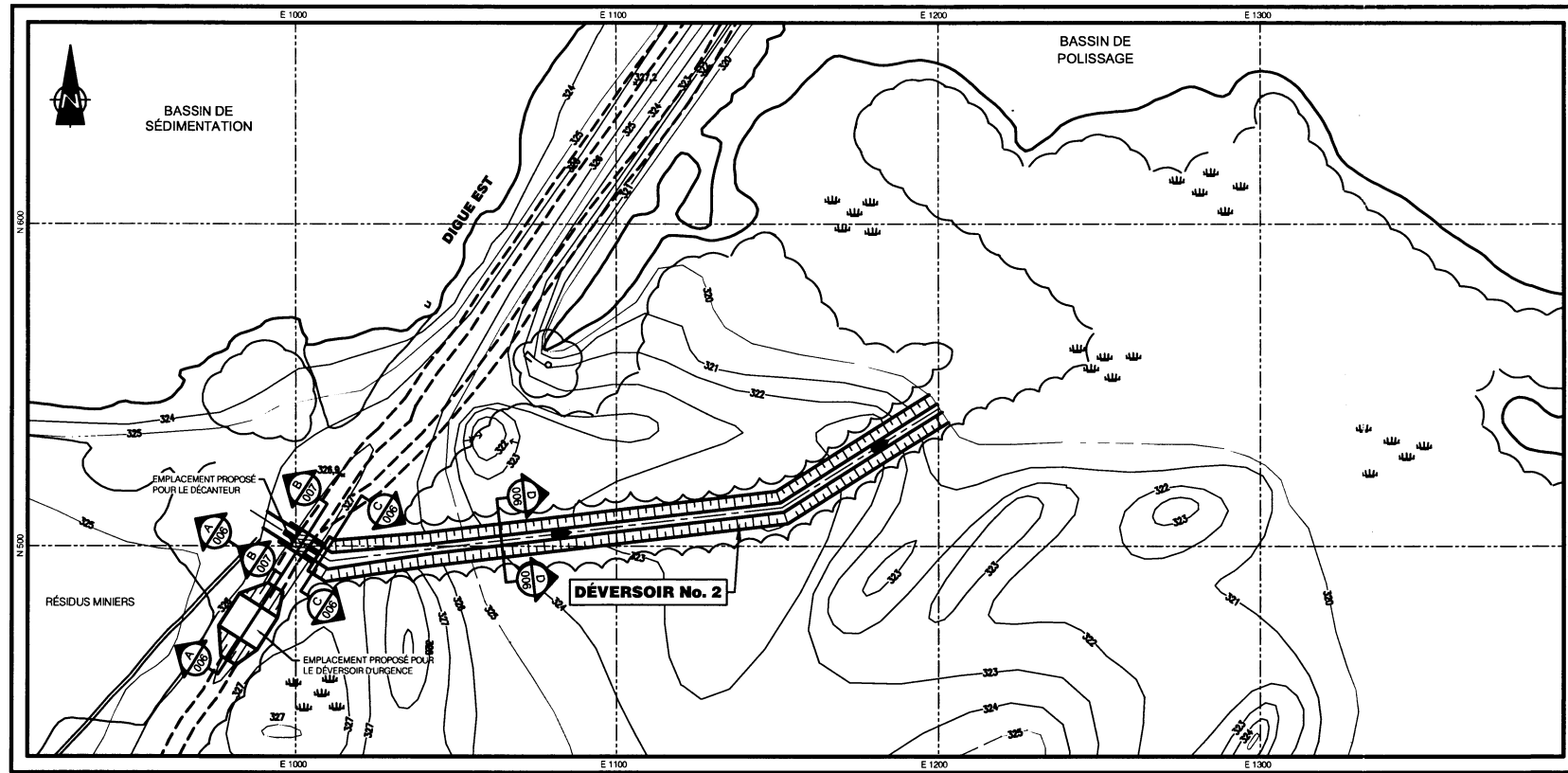


**D VUE EN PLAN DU DÉCANTEUR**  
E.CHELLE: 1:50

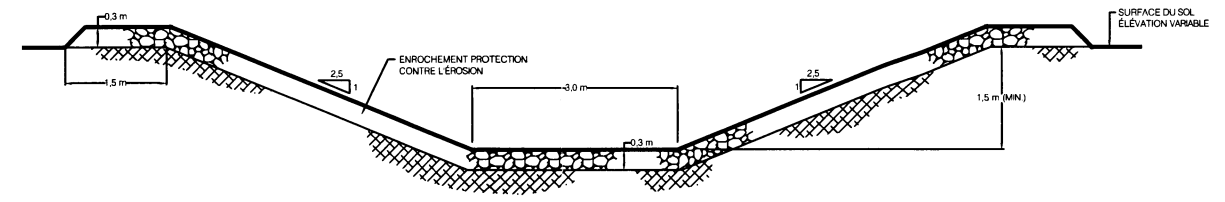
**PRÉLIMINAIRE**

REV.	DATE	DESCRIPTION	DESSINÉ	VÉRIFIÉ	APPR.	M.T.	É.M.	M.K.
A	2002-03-25	ÉMIS POUR COMMENTAIRES						
<b>BARRICK</b>								
DÉVERSOIRS PERMANENTS MINE EST-MALARTIC								
<b>DIGUE 5 DÉTAILS DU DÉCANTEUR</b>								
<b>Golder Associates</b> 8200, boul. de l'Acadie, bureau 10 Montréal (Québec) H4N 2T2 Tél. (514) 383-0900 Fax. (514) 383-5332		NO. DE PROJET: 021-1013-8400 NO. DE FICHIER: 0217013-5400-05 DESSINÉ: M. Tremblay PROJETÉ: J. Desjardins VÉRIFIÉ: Z. Messinger APPR.: M. Kostova	DATE: 2002-03-27 ÉCHELLE: INDICUÉE <b>005</b>					

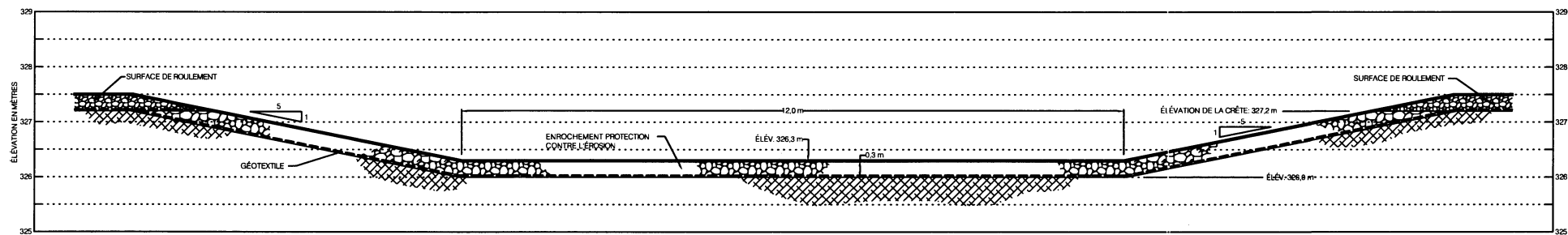




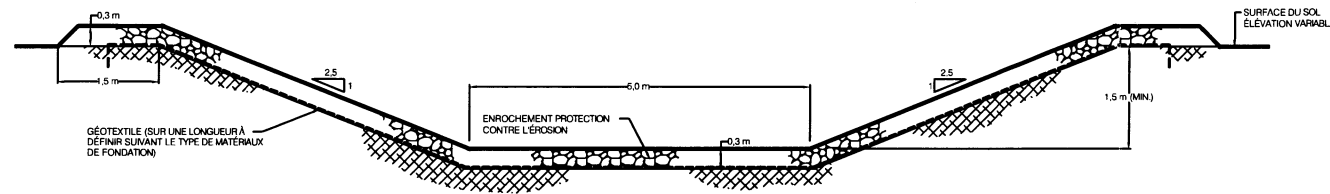
**VUE EN PLAN**  
ÉCHELLE: 1:1000



**D COUPE LONGITUDINALE DU FOSSE**  
ÉCHELLE: 1:50



**A COUPE LONGITUDINALE DU DÉVERSOIR D'URGENCE**  
ÉCHELLE: 1:50



**C COUPE LONGITUDINALE DU FOSSE**  
ÉCHELLE: 1:50

**RÉFÉRENCE :**  
CE DESSIN A ÉTÉ TIRÉ DU DESSIN C-6780/521, INTITULÉ 'TOPOGRAPHE-PLANIMÉTRIE' DATE DE SEPTEMBRE 1996, PRODUIT PAR JEAN-LUC CORREAU, ARPENTEUR GÉOMÈTRE, VAL D'OR, QUÉBEC.

**NOTE :**  
LES COORDONNÉES SUR CE DESSIN SONT CELLES DE LA MINE.

**PRÉLIMINAIRE**

A		2002-03-25		ÉMIS POUR COMMENTAIRES		M.T.	É.M.	M.K.
REV	DATE	DESCRIPTION				DESSINÉ	VÉRIFIÉ	APPR.
<b>BARRICK</b>								
DÉVERSOIRS PERMANENTS MINE EST-MALARTIC								
<b>DIGUE EST VUE EN PLAN, DÉVERSOIR D'URGENCE ET FOSSES</b>								
No. DE PROJET:		021/7013-5400		DATE:		2002-03-21		
No. DE FICHER:		0217013-5400-06		ÉCHELLE:		INDIQUÉE		
DESSINÉ:		M. Tremblay		VÉRIFIÉ:		E. Massing		
PROJETÉ:		P. Desjardins		APPR.		M. Kissava		
VÉRIFIÉ:		E. Massing		APPR.		M. Kissava		
APPR.		M. Kissava				<b>006</b>		

**Goldier Associés**  
2000, boulevard Acadie, bureau 10  
Montréal (Québec) H4N 2T2  
Tél.: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332



## **ANNEXE E**

### **Formulaire d'inspection de digues**

**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE**  
**DIGUES  1,  2,  3, ou  4 - PARC À RÉSIDUS – USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :	
Conditions atmosphériques :		<input type="checkbox"/> Soleil	<input type="checkbox"/> Nuages
		<input type="checkbox"/> Pluie	<input type="checkbox"/> Neige
		Temp. : °C	
POINTS À INSPECTER	Oui	Non	Photo #, notes et commentaires
<b>1. CRÊTE DE LA DIGUE</b>			
1.1 Glissement			
1.2 Désalignement			
1.3 Affaissement – Tassement différentiel			
1.4 Fissure longitudinale ou transversale			
1.5 Autres conditions inhabituelles (ornières, etc.)			
<b>2. PENTE AMONT</b>			
2.1 Affaissement du talus			
2.2 Cavitation, trou, effondrement			
2.3 Fissure longitudinale			
2.4 Érosion du parement (perré)			
2.5 Autres conditions inhabituelles			
<b>3. PENTE AVAL</b>			
3.1 Affaissement du talus, tassement de la berme			
3.2 Cavitation, trou, effondrement			
3.3 Fissure longitudinale			
3.4 Érosion			
3.5 Venues d'eau ou zones humides, eau stagnante			
3.6 Bouillon d'exfiltration d'eau au pied de la digue			
3.7 Terrier ou animaux fouisseurs			
3.8 Autres conditions inhabituelles			
<b>4. TERRAIN AU PIED ET EN AVAL DE LA DIGUE</b>			
4.1 Venue d'eau			
4.2 Accumulation d'eau, zone mal drainée			
4.3 Zone molle ou humide, nappe d'eau asséchée, coloration du terrain naturel			
<b>5. NOTES :</b>			
(a)			
(b)			
Signature de l'inspecteur :		Date:	

**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE  
DIGUE OUEST - PARC À RÉSIDUS – USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :				
Conditions atmosphériques :		<input type="checkbox"/> Soleil	<input type="checkbox"/> Nuages	<input type="checkbox"/> Pluie	<input type="checkbox"/> Neige	Temp. : °C
POINTS À INSPECTER	Oui	Non	Photo #, notes et commentaires			
<b>1. CRÊTE DE LA DIGUE</b>						
1.1 Glissement						
1.2 Désalignement						
1.3 Affaissement – Tassement différentiel						
1.4 Fissure longitudinale						
1.5 Section de la conduite d'amenée des résidus longeant la digue en bon état (aucune fuite, repose sur le plat)						
1.6 Fissure transversale						
1.7 Autres conditions inhabituelles (ornières, etc.)						
<b>2. PENTE DU COTÉ PARC À RÉSIDUS</b>						
2.1 Affaissement du talus						
2.2 Cavitation, trou, effondrement						
2.3 Fissure longitudinale						
2.4 Érosion du parement						
<b>3. PENTE DU COTÉ BASSIN DE SÉDIMENTATION</b>						
3.1 Affaissement du talus						
3.2 Cavitation, trou, effondrement						
3.3 Fissure longitudinale						
3.4 Érosion du parement						
3.5 Autres conditions inhabituelles						
<b>4. INSTRUMENTATION</b>						
4.1 Plaques de tassement endommagées						
4.2 Piézomètres endommagés						
<b>5. NOTES</b>						
(a)						
(b)						
(c)						
(d)						
Signature de l'inspecteur :					Date:	

**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE  
DIGUE 5 - PARC À RÉSIDUS - USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :	
Conditions atmosphériques :		<input type="checkbox"/> Soleil	<input type="checkbox"/> Nuages
		<input type="checkbox"/> Pluie	<input type="checkbox"/> Neige
		Temp. : °C	
POINTS À INSPECTER	Oui	Non	Photo #, notes et commentaires
<b>1. CRÊTE DE LA DIGUE</b>			
1.1 Glissement			
1.2 Affaissement - Tassement différentiel excessif			
1.3 Fissure longitudinale ou transversale			
1.4 Autres conditions inhabituelles (ornières, etc.)			
<b>2. PENTE AMONT</b>			
2.1 Affaissement du talus			
2.2 Cavitation, trou, effondrement			
2.3 Fissure longitudinale			
2.4 Érosion du parement			
<b>3. PENTE AVAL ET BERME</b>			
3.1 Affaissement du talus			
3.2 Cavitation, trou, effondrement			
3.3 Fissure longitudinale			
3.4 Érosion du parement, sillons d'érosion			
3.5 Venues d'eau ou zones humides, eau stagnante			
3.6 Bouillon d'exfiltration d'eau au pied de la digue			
3.7 Autres conditions inhabituelles			
<b>4. TERRAIN AU PIED ET EN AVAL DE LA DIGUE</b>			
4.1 Venue d'eau			
4.2 Érosion du fossé, mauvais drainage du fossé de collecte			
4.3 Zone molle ou humide, nappe d'eau asséchée, coloration du terrain naturel			
<b>5. INSTRUMENTATION</b>			
5.1 Plaques de tassement endommagées			
5.2 Piézomètres endommagés			
<b>6. NOTES :</b>			
(a) Noter l'élévation de l'eau dans le parc			
(b) Est-ce que les pompes de transfert sont en fonction?			
(c)			
Signature de l'inspecteur :			Date:

**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE  
DIGUE EST - PARC À RÉSIDUS - USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :	
Conditions atmosphériques :		<input type="checkbox"/> Soleil	<input type="checkbox"/> Nuages
		<input type="checkbox"/> Pluie	<input type="checkbox"/> Neige
		Temp. : °C	
<b>POINTS À INSPECTER</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>	<b>Photo #, notes et commentaires</b>
<b>1. CRÊTE DE LA DIGUE</b>			
1.1 Glissement			
1.2 Affaissement - Tassement différentiel excessif			
1.3 Fissure longitudinale ou transversale			
1.4 Autres conditions inhabituelles (ornières, etc.)			
<b>2. PENTE AMONT</b>			
2.1 Affaissement du talus			
2.2 Cavitation, trou, effondrement			
2.3 Fissure longitudinale			
2.4 Érosion			
<b>3. PENTE AVAL ET BERME</b>			
3.1 Affaissement du talus			
3.2 Cavitation, trou, effondrement			
3.3 Fissure longitudinale			
3.4 Érosion du parement			
3.5 Venues d'eau ou zones humides			
3.6 Terrier ou animaux fouisseurs			
3.7 Autres conditions inhabituelles			
<b>4. TERRAIN AU PIED ET EN AVAL DE LA DIGUE</b>			
4.1 Venue d'eau			
4.2 Zone molle ou humide, nappe d'eau asséchée			
<b>5. TOUR DE DÉCANTATION ET CONDUITE D'ÉVACUATION</b>			
5.1 Écoulement d'eau par la conduite d'évacuation			
5.2 Détérioration du béton (fissuration) ou des vannes batardeau (fuite), garde-corps ou passerelle endommagée			
5.3 Désalignement, mouvement de la tour			
5.4 Venue d'eau, suintement ou érosion autour de la conduite d'évacuation, au pied aval de la digue			
<b>6. INSTRUMENTS</b>			
6.1 Piézomètres endommagés (ED-1 et ED-2)			Relever les niveaux de ED-1 et ED-2
<b>7. NOTES :</b>			
(a) Noter le niveau d'eau dans le bassin de sédimentation			
(b)			
Signature de l'inspecteur :			Date:

**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE**  
**DIGUES DU BASSIN DE POLISSAGE SUD- USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :	
Conditions atmosphériques :		<input type="checkbox"/> Soleil	<input type="checkbox"/> Nuages
		<input type="checkbox"/> Pluie	<input type="checkbox"/> Neige
		Temp. : °C	
POINTS À INSPECTER	Oui	Non	Photo #, notes et commentaires
<b>1. CRÊTE DE LA DIGUE</b>			
1.1 Glissement			
1.2 Désalignement			
1.3 Affaissement - Tassement différentiel			
1.4 Fissure longitudinale ou transversale			
1.5 Autres conditions inhabituelles (ornières, etc.)			
<b>2. PENTE AMONT (COTÉ BASSIN OUEST)</b>			
2.1 Affaissement du talus			
2.2 Cavitation, trou, effondrement			
2.3 Fissure longitudinale			
2.4 Érosion			
<b>3. PENTE AVAL ET BERME</b>			
3.1 Affaissement du talus, tassement de la berme			
3.2 Cavitation, trou, effondrement			
3.3 Fissure longitudinale			
3.4 Érosion			
3.5 Venues d'eau ou zones humides, eau stagnante			
3.6 Bouillon d'exfiltration d'eau au pied de la digue			
3.7 Terrier ou animaux fouisseurs			
3.8 Autres conditions inhabituelles			
<b>4. TERRAIN AU PIED ET EN AVAL DE LA DIGUE</b>			
4.1 Venue d'eau			
4.2 Accumulation d'eau, zone mal drainée			
4.3 Végétation abondante			
<b>5. DÉVERSOIR</b>			
5.1 Béton fissuré, endommagé			
5.2 Vannes batardeau en bon état			
5.3 Canal d'évacuation en aval du déversoir en bon état, non-obstrué, sans érosion			
5.4 Autre condition anormale			
<b>6. NOTES :</b>			
(a) Noter le niveau d'eau dans le bassin de polissage			
(b)			
(c)			
Signature de l'inspecteur :			Date:



**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE**  
**DIGUES DU BASSIN DE POLISSAGE NORD- USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :	
Conditions atmosphériques : <input type="checkbox"/> Soleil <input type="checkbox"/> Nuages <input type="checkbox"/> Pluie <input type="checkbox"/> Neige		Temp. : °C	
POINTS À INSPECTER	Oui	Non	Photo #, notes et commentaires
<b>1. CRÊTE DE LA DIGUE</b>			
1.1 Glissement			
1.2 Désalignement			
1.3 Affaissement – Tassement différentiel			
1.4 Fissure longitudinale ou transversale			
1.5 Autres conditions inhabituelles (ornières, etc.)			
<b>2. PENTE AMONT</b>			
2.1 Affaissement du talus			
2.2 Cavitation, trou, effondrement			
2.3 Fissure longitudinale			
2.4 Érosion du parement			
<b>3. PENTE AVAL ET BERME</b>			
3.1 Affaissement du talus, tassement de la berme			
3.2 Cavitation, trou, effondrement			
3.3 Fissure longitudinale			
3.4 Érosion			
3.5 Venues d'eau ou zones humides, eau stagnante			
3.6 Bouillon d'exfiltration d'eau au pied de la digue			
3.7 Terrier ou animaux fouisseurs			
3.8 Présence de végétation ou d'arbre de diamètre > 2 po.			
3.8 Autres conditions inhabituelles			
<b>4. TERRAIN AU PIED ET EN AVAL DE LA DIGUE</b>			
4.1 Venue d'eau			
4.2 Accumulation d'eau, zone mal drainée			
4.3 Présence de végétation abondante			
<b>5. INSTRUMENTATION</b>			
5.1 Piézomètres endommagées (PP-1 et PP-2)			Relever les niveaux de PP-1 et 2
<b>6. NOTES :</b>			
(a)			
(b)			
(c)			
Signature de l'inspecteur :			Date:

**LISTE DE VÉRIFICATION - INSPECTION VISUELLE**  
**FOSSÉS DE DÉRIVATION**  
**PARC À RÉSIDUS – USINE EST-MALARTIC**

Inspection par :		Date :	
Conditions atmosphériques :		<input type="checkbox"/> Soleil	<input type="checkbox"/> Nuages
		<input type="checkbox"/> Pluie	<input type="checkbox"/> Neige
		Temp. °C :	
<b>POINTS À INSPECTER</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>	<b>Photo #, notes et commentaires</b>
<b>1. Fossé RAYMOND NORD</b>			
1.1 Obstruction du fossé par des barrages de castors			
1.2 Drainage du fossé satisfaisant (pas d'accumulation d'eau)			
1.3 Érosion des pentes du fossé			
1.4 Ponceaux en bon état, non-obstrués			
1.5 Amas d'érosion dans le fond du fossé diminuant sa capacité			
<b>2. Fossé RAYMOND SUD</b>			
2.1 Obstruction du fossé par des barrages de castors			
2.2 Drainage du fossé satisfaisant (pas d'accumulation d'eau)			
2.3 Érosion des pentes du fossé			
2.4 Ponceaux en bon état, non-obstrués			
2.5 Amas d'érosion dans le fond du fossé diminuant sa capacité			
<b>3. NOTES :</b>			
(a)			
(b)			
(c)			
Signature de l'inspecteur :			Date:

**PROGRAMME D'INSPECTIONS VISUELLES DES DIGUES  
PARC A RÉSIDUS – USINE EST-MALARTIC**

**INSPECTION DÉTAILLÉE - SUIVI DE L'INSPECTION**

Résumé des observations nécessitant un suivi ou des mesures correctrices:

SUIVI ET MESURES CORRECTRICES		
<b>RÉCEPTION :</b>	<b>REÇU PAR</b>	<b>DATE</b>
<b>TRAITEMENT:</b>		
1) <input type="checkbox"/>	AUCUNE INTERVENTION NÉCESSAIRE	
2) <input type="checkbox"/>	INSPECTION SPÉCIFIQUE NÉCESSAIRE	
Fréquence du suivi :		
Mesure à prendre :		
Personne responsable :		
3) <input type="checkbox"/>	TRAVAUX D'ENTRETIEN MINEURS REQUIS	
DESCRIPTION DES TRAVAUX D'ENTRETIEN MINEURS :		
VÉRIFIÉ PAR : _____		
COMPLÉTÉ LE: _____		
4) <input type="checkbox"/>	TRAVAUX D'ENTRETIEN MAJEURS REQUIS	
<input type="checkbox"/>	COPIE TRANSMISE AU CONSULTANT (DATE ET DESTINATAIRE)	
DESCRIPTION DES TRAVAUX D'ENTRETIEN MAJEURS :		
VÉRIFIÉ PAR: _____		
COMPLÉTÉ LE _____		

## **ANNEXE F**

### **Rapport d'incident environnemental**

**Rapport d'incident - Complexe Bousquet**

1. Date et heure du déversement si on le connaît.
2. Emplacement et coordonnées de la carte (si on les connaît) et direction si le déversement se déplace.
3. Identification du produit déversé et estimation de la quantité (fournir une mesure métrique de volume et de poids si possible).
4. Cause du déversement.
5. Est-ce que le déversement est terminé ou s'il se poursuit?
6. Étendue de la zone contaminée.
7. Facteurs affectant le déversement ou la récupération - température, vent, neige, glace, terrain, immeubles, etc.
8. Mitigation - naturelle, estacades flottantes, barrages ou autre. Aucune mitigation.
9. Le cas échéant, action prise ou proposée pour contenir, récupérer, nettoyer ou décharger le déversement.
10. Avez-vous besoin d'aide? Le cas échéant, de quelle forme?
11. Danger aux personnes ou à la propriété ou à l'environnement - incendie, eau potable, menace aux poissons ou à la faune.
12. Commentaires et/ou recommandations.
13. Rapporté par (nom, poste, employeur, emplacement, téléphone).
14. Rapporté à (nom, poste, employeur, emplacement, téléphone).

Date : \_\_\_\_\_ Complété par : \_\_\_\_\_