

Tableau 4-1-1-10 (1) Approvisionnement en eau des rizières (Jan.)

Jan. Approvisionnement en eau - 22,9 mm/jour															
No.	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	Appr: total/rizière (m ³ /mois)	Prixe d'eau rivière (m ³ /mois)	Appoint rivière (m ³ /mois)	Débit journalier (m ³ /km ²)	Bassin versant (km ²)	Appoint latéral (m ³ /jour)	Appr: + Appoint latéral (m ³ /mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m ³ /mois)	Bilan (m ³ /mois)	Infiltration répétitive (m ³ /mois)	Retour à la rivière (m ³ /mois)
1	50.0	0.18	0.18	1.279.1			543.9	0.085	46.2015	2.712.3	134.0	241.2	2.471.1	1.655.6	815.4
2	100.0	0.18	0.36	2.558.2	815.4	87.1	543.9	0.085	46.2015	4.078.4	134.0	241.2	3.837.2	2.571.0	1.266.3
3	150.0	0.18	0.54	3.837.3	1630.8	174.2	543.9	0.085	46.2015	5.404.1	134.0	241.2	5.165.3	3.592.2	1.573.1
4	200.0	0.18	0.72	5.116.3	2508.1	87.1	543.9	0.085	46.2015	6.749.5	134.0	241.2	6.508.7	4.226.6	2.082.1
5	250.0	0.18	0.9	6.405.4	3383.0	174.2	543.9	0.085	46.2015	8.109.7	134.0	241.2	7.868.5	5.291.8	2.576.7
6	300.0	0.18	1.08	7.704.5	4257.8	174.2	543.9	0.085	46.2015	9.484.9	134.0	241.2	9.243.7	6.357.4	3.086.3
7	350.0	0.18	1.26	9.014.6	5132.0	174.2	543.9	0.085	46.2015	10.875.0	134.0	241.2	10.638.8	7.453.0	3.595.8
8	400.0	0.18	1.44	10.334.7	6006.2	174.2	543.9	0.085	46.2015	12.280.1	134.0	241.2	12.049.0	8.568.2	4.106.8
9	450.0	0.18	1.62	11.664.8	6880.4	174.2	543.9	0.085	46.2015	13.695.2	134.0	241.2	13.474.0	9.693.4	4.619.6
10	500.0	0.18	1.8	13.004.9	7754.6	174.2	543.9	0.085	46.2015	15.125.3	134.0	241.2	14.918.5	10.828.6	5.131.9
11	550.0	0.18	1.98	14.355.0	8628.8	174.2	543.9	0.085	46.2015	16.570.4	134.0	241.2	16.383.6	11.973.8	5.645.8
12	600.0	0.18	2.16	15.715.1	9503.0	174.2	543.9	0.085	46.2015	18.030.5	134.0	241.2	17.858.7	13.129.0	6.160.7
13	650.0	0.18	2.34	17.085.2	10377.2	174.2	543.9	0.085	46.2015	19.505.6	134.0	241.2	19.323.8	14.294.2	6.676.6
14	700.0	0.18	2.52	18.465.3	11251.4	174.2	543.9	0.085	46.2015	20.995.7	134.0	241.2	20.808.9	15.469.4	7.192.5
15	750.0	0.18	2.7	19.855.4	12125.6	174.2	543.9	0.085	46.2015	22.500.8	134.0	241.2	22.304.0	16.654.6	7.708.4
16	800.0	0.18	2.88	21.255.5	13000.0	174.2	543.9	0.085	46.2015	24.020.9	134.0	241.2	23.799.1	17.849.8	8.224.3
17	850.0	0.18	3.06	22.665.6	13874.2	174.2	543.9	0.085	46.2015	25.556.0	134.0	241.2	25.304.2	19.055.0	8.740.2
18	900.0	0.18	3.24	24.085.7	14748.4	174.2	543.9	0.085	46.2015	27.106.1	134.0	241.2	26.819.3	20.270.2	9.256.1
19	950.0	0.18	3.42	25.515.8	15622.6	174.2	543.9	0.085	46.2015	28.671.2	134.0	241.2	28.344.4	21.496.2	9.772.0
20	1000.0	0.18	3.6	26.955.9	16496.8	174.2	543.9	0.085	46.2015	30.251.3	134.0	241.2	29.879.5	22.732.2	10.287.9
21	1050.0	0.336	3.6	33.931.5	17371.0	174.2	543.9	0.1	54.39	30.805.4	134.0	241.2	30.334.6	22.732.2	8.099.4
22	1100.0	0.336	4.20	40.907.1	18245.2	174.2	543.9	0.1	54.39	31.359.5	134.0	241.2	30.788.9	22.732.2	5.910.9
23	1150.0	0.336	4.80	47.882.7	19119.4	174.2	543.9	0.1	54.39	31.913.6	134.0	241.2	31.243.2	22.732.2	3.722.4
24	1200.0	0.336	5.40	54.858.3	20000.0	174.2	543.9	0.1	54.39	32.467.7	134.0	241.2	31.697.5	22.732.2	1.533.9
25	1250.0	0.336	6.00	61.833.9	20874.2	174.2	543.9	0.1	54.39	33.021.8	134.0	241.2	32.151.8	22.732.2	0.000.0
26	1300.0	0.336	6.60	68.809.5	21748.4	174.2	543.9	0.1	54.39	33.575.9	134.0	241.2	32.606.1	22.732.2	-1.533.9
27	1350.0	0.336	7.20	75.785.1	22622.6	174.2	543.9	0.1	54.39	34.130.0	134.0	241.2	33.060.4	22.732.2	-3.067.8
28	1400.0	0.336	7.80	82.760.7	23496.8	174.2	543.9	0.1	54.39	34.684.1	134.0	241.2	33.514.7	22.732.2	-4.601.7
29	1450.0	0.336	8.40	89.736.3	24371.0	174.2	543.9	0.1	54.39	35.238.2	134.0	241.2	33.969.0	22.732.2	-6.135.6
30	1500.0	0.336	9.00	96.711.9	25245.2	174.2	543.9	0.1	54.39	35.792.3	134.0	241.2	34.423.2	22.732.2	-7.669.5
31	1550.0	0.336	9.60	103.687.5	26119.4	174.2	543.9	0.1	54.39	36.346.4	134.0	241.2	34.877.5	22.732.2	-9.203.4
32	1600.0	0.336	10.20	110.663.1	27000.0	174.2	543.9	0.1	54.39	36.900.5	134.0	241.2	35.331.8	22.732.2	-10.737.3
33	1650.0	0.336	10.80	117.638.7	27874.2	174.2	543.9	0.1	54.39	37.454.6	134.0	241.2	35.786.1	22.732.2	-12.271.2
34	1700.0	0.336	11.40	124.614.3	28748.4	174.2	543.9	0.1	54.39	38.008.7	134.0	241.2	36.240.4	22.732.2	-13.805.1
35	1750.0	0.336	12.00	131.589.9	29622.6	174.2	543.9	0.1	54.39	38.562.8	134.0	241.2	36.694.7	22.732.2	-15.339.0
36	1800.0	0.336	12.60	138.565.5	30496.8	174.2	543.9	0.1	54.39	39.116.9	134.0	241.2	37.149.0	22.732.2	-16.872.9
37	1850.0	0.336	13.20	145.541.1	31371.0	174.2	543.9	0.1	54.39	39.671.0	134.0	241.2	37.603.2	22.732.2	-18.406.8
38	1900.0	0.336	13.80	152.516.7	32245.2	174.2	543.9	0.1	54.39	40.225.1	134.0	241.2	38.057.5	22.732.2	-19.940.7
39	1950.0	0.336	14.40	159.492.3	33119.4	174.2	543.9	0.1	54.39	40.779.2	134.0	241.2	38.511.8	22.732.2	-21.474.6
40	2000.0	0.336	15.00	166.467.9	34000.0	174.2	543.9	0.1	54.39	41.333.3	134.0	241.2	38.966.1	22.732.2	-23.008.5
41	2050.0	0.336	15.60	173.443.5	34874.2	174.2	543.9	0.1	54.39	41.887.4	134.0	241.2	39.420.4	22.732.2	-24.542.4
42	2100.0	0.336	16.20	180.419.1	35748.4	174.2	543.9	0.1	54.39	42.441.5	134.0	241.2	39.874.7	22.732.2	-26.076.3
43	2150.0	0.336	16.80	187.394.7	36622.6	174.2	543.9	0.1	54.39	42.995.6	134.0	241.2	40.328.9	22.732.2	-27.610.2
44	2200.0	0.336	17.40	194.370.3	37496.8	174.2	543.9	0.1	54.39	43.549.7	134.0	241.2	40.783.2	22.732.2	-29.144.1
45	2250.0	0.336	18.00	201.345.9	38371.0	174.2	543.9	0.1	54.39	44.103.8	134.0	241.2	41.237.5	22.732.2	-30.678.0
46	2300.0	0.336	18.60	208.321.5	39245.2	174.2	543.9	0.1	54.39	44.657.9	134.0	241.2	41.691.8	22.732.2	-32.211.9
47	2350.0	0.336	19.20	215.297.1	40119.4	174.2	543.9	0.1	54.39	45.212.0	134.0	241.2	42.146.1	22.732.2	-33.745.8
48	2400.0	0.336	19.80	222.272.7	41000.0	174.2	543.9	0.1	54.39	45.766.1	134.0	241.2	42.600.4	22.732.2	-35.279.7
49	2450.0	0.336	20.40	229.248.3	41874.2	174.2	543.9	0.1	54.39	46.320.2	134.0	241.2	43.054.7	22.732.2	-36.813.6
50	2500.0	0.336	21.00	236.223.9	42748.4	174.2	543.9	0.1	54.39	46.874.3	134.0	241.2	43.509.0	22.732.2	-38.347.5
51	2550.0	0.336	21.60	243.199.5	43622.6	174.2	543.9	0.1	54.39	47.428.4	134.0	241.2	43.963.2	22.732.2	-39.881.4
52	2600.0	0.336	22.20	250.175.1	44496.8	174.2	543.9	0.1	54.39	47.982.5	134.0	241.2	44.417.5	22.732.2	-41.415.3
53	2650.0	0.336	22.80	257.150.7	45371.0	174.2	543.9	0.1	54.39	48.536.6	134.0	241.2	44.871.8	22.732.2	-42.949.2
54	2700.0	0.336	23.40	264.126.3	46245.2	174.2	543.9	0.1	54.39	49.090.7	134.0	241.2	45.326.1	22.732.2	-44.483.1
55	2750.0	0.336	24.00	271.101.9	47119.4	174.2	543.9	0.1	54.39	49.644.8	134.0	241.2	45.780.4	22.732.2	-46.017.0
56	2800.0	0.336	24.60	278.077.5	48000.0	174.2	543.9	0.1	54.39	50.198.9	134.0	241.2	46.234.7	22.732.2	-47.550.9
57	2850.0	0.336	25.20	285.053.1	48874.2	174.2	543.9	0.1	54.39	50.753.0	134.0	241.2	46.689.0	22.732.2	-49.084.8
58	2900.0	0.336	25.80	292.028.7	49748.4	174.2	543.9	0.1	54.39	51.307.1	134.0	241.2	47.143.2	22.732.2	-50.618.7
59	2950.0	0.336	26.40	299.004.3	50622.6	174.2	543.9	0.1	54.39	51.861.2	134.0	241.2	47.597.5	22.732.2	-52.152.6
60	3000.0	0.336	27.00	305.979.9	51496.8	174.2	543.9	0.1	54.39	52.415.3	134.0	241.2	48.051.8	22.732.2	-53.686.5
61	3050.0	0.336	27.60	312.955.5	52371.0	174.2	543.9	0.1	54.39	52.969.4	134.0	241.2	48.506.1	22.732.2	-55.220.4
62	3100.0	0.336	28.20	319.931.1	53245.2	174.2	543.9	0.1	54.39	53.523.5	134.0	241.2	48.960.4	22.732.2	-56.754.3
63	3150.0	0.336	28.80	326.906.7	54119.4	174.2	543.9	0.1	54.39	54.077.6	134.0	241.2	49.414.7	22.732.2	-58.288.2
64	3200.0	0.336	29.40	333.882.3	55000.0	174.2	543.9	0.1	54.39	54.631.7	134.0	241.2	49.869.0	22.732.2	-59.822.1
65	3250.0	0.336	30.00	340.857.9	55874.2	174.2	543.9	0.1	54.39	55.185.8	134.0	241.2	50.323.2	22.732.2	-61.356.0
66	3300.0	0.336	30.60	347.833.5	56748.4	174.2	543.9	0.1	54.39	55.739.9	134.0	241.2	50.777.5	22.732.2	-62.889.9
67	3350.0	0.336	31.20	354.809.1	57622.6	174.2	543.9	0.1	54.39	56.294.0	134.0	241.2	51.231.8	22	

Tab 4-1-1-10 (2) Approvisionnement en eau des rizières (Fév.)

Fév. Approvisionnement en eau - 26.6 mm/jour

No.	Distance (m)	Surface rizières (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial/répit (m³/mois)	Pertes d'eau rizières (m³/mois)	Appro. net (m³/mois)	Débit journalier (m³/km²)	Bassin versant (km²)	Apport latéral (m³/jour)	Appro. latéral (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Pertes mensuelle (m³/mois)	Bien (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)
1	50.0	0.18	0.18	1 488.9			27.0	0.085	23.0095	2 131.1	226.5	406.5	1 725.6	1 156.1	569.4
2	100.0	0.18	0.36	2 973.7	569.4	1348.1	27.0	0.085	23.0095	4 262.2	226.5	406.5	4 480.8	2 988.6	1 472.0
3	150.0	0.18	0.54	4 458.5	1 138.8	2 148.8	27.0	0.085	23.0095	6 393.3	226.5	406.5	6 799.8	4 603.7	2 196.1
4	200.0	0.18	0.72	5 943.3	1 708.2	2 937.0	27.0	0.085	23.0095	8 524.4	226.5	406.5	9 337.3	6 419.8	2 917.5
5	250.0	0.18	0.90	7 428.1	2 277.6	3 725.5	27.0	0.085	23.0095	10 655.5	226.5	406.5	11 976.8	8 235.9	3 738.9
6	300.0	0.18	1.08	8 912.9	2 847.0	4 514.0	27.0	0.085	23.0095	12 786.6	226.5	406.5	14 316.3	10 052.0	4 264.3
7	350.0	0.18	1.26	10 397.7	3 416.4	5 302.5	27.0	0.085	23.0095	14 917.7	226.5	406.5	16 655.8	11 868.1	4 789.7
8	400.0	0.18	1.44	11 882.5	3 985.8	6 091.0	27.0	0.085	23.0095	17 048.8	226.5	406.5	19 000.0	13 684.2	5 315.1
9	450.0	0.18	1.62	13 367.3	4 555.2	6 879.5	27.0	0.085	23.0095	19 179.9	226.5	406.5	21 340.1	15 499.3	5 840.5
10	500.0	0.18	1.80	14 852.1	5 124.6	7 668.0	27.0	0.085	23.0095	21 311.0	226.5	406.5	23 680.2	17 314.4	6 365.8
11	550.0	0.18	1.98	16 336.9	5 694.0	8 456.5	27.0	0.085	23.0095	23 442.1	226.5	406.5	26 020.3	19 129.5	6 891.2
12	600.0	0.18	2.16	17 821.7	6 263.4	9 245.0	27.0	0.085	23.0095	25 573.2	226.5	406.5	28 360.4	20 944.6	7 416.6
13	650.0	0.18	2.34	19 306.5	6 832.8	10 033.5	27.0	0.085	23.0095	27 704.3	226.5	406.5	30 700.5	22 759.7	7 942.0
14	700.0	0.18	2.52	20 791.3	7 402.2	10 822.0	27.0	0.085	23.0095	29 835.4	226.5	406.5	33 040.6	24 574.8	8 467.4
15	750.0	0.18	2.70	22 276.1	7 971.6	11 610.5	27.0	0.085	23.0095	31 966.5	226.5	406.5	35 380.7	26 389.9	8 992.8
16	800.0	0.18	2.88	23 760.9	8 541.0	12 399.0	27.0	0.085	23.0095	34 097.6	226.5	406.5	37 720.8	28 205.0	9 518.2
17	850.0	0.18	3.06	25 245.7	9 110.4	13 187.5	27.0	0.085	23.0095	36 228.7	226.5	406.5	40 060.9	30 020.1	10 043.6
18	900.0	0.18	3.24	26 730.5	9 679.8	13 976.0	27.0	0.085	23.0095	38 359.8	226.5	406.5	42 401.0	31 835.2	10 569.0
19	950.0	0.18	3.42	28 215.3	10 249.2	14 764.5	27.0	0.085	23.0095	40 490.9	226.5	406.5	44 741.1	33 650.3	11 094.4
20	1000.0	0.18	3.60	29 700.1	10 818.6	15 553.0	27.0	0.085	23.0095	42 622.0	226.5	406.5	47 081.2	35 465.4	11 619.8
21	1050.0	0.36	3.96	6 175.4			27.0	0.1	27.07	7 333.3	226.5	754.8	6 576.3	4 407.6	2 170.9
22	1100.0	0.36	4.32	12 350.8			27.0	0.1	27.07	14 666.6	226.5	754.8	13 151.6	8 815.2	4 336.4
23	1150.0	0.36	4.68	18 526.2			27.0	0.1	27.07	22 000.0	226.5	754.8	19 965.7	13 522.7	6 443.0
24	1200.0	0.36	4.94	24 701.6	7841.4	174.2	27.0	0.1	27.07	29 333.3	226.5	754.8	26 779.8	18 893.8	8 486.0
25	1250.0	0.36	5.30	30 877.0			27.0	0.1	27.07	36 666.7	226.5	754.8	33 600.0	23 869.9	10 730.1
26	1300.0	0.36	5.66	37 052.4			27.0	0.1	27.07	44 000.0	226.5	754.8	40 420.1	28 860.0	13 065.1
27	1350.0	0.36	5.94	43 227.8			27.0	0.1	27.07	51 333.3	226.5	754.8	47 240.2	33 850.1	15 395.1
28	1400.0	0.36	6.30	49 403.2	7886.7		27.0	0.1	27.07	58 666.7	226.5	754.8	54 060.3	38 840.2	17 725.1
29	1450.0	0.36	6.66	55 578.6			27.0	0.1	27.07	66 000.0	226.5	754.8	60 880.4	43 830.3	20 055.1
30	1500.0	0.36	6.96	61 754.0			27.0	0.1	27.07	73 333.3	226.5	754.8	67 700.5	48 820.4	22 385.1
31	1550.0	0.36	7.32	67 929.4			27.0	0.1	27.07	80 666.7	226.5	754.8	74 520.6	53 810.5	24 715.1
32	1600.0	0.36	7.62	74 104.8	8000.9		27.0	0.1	27.07	88 000.0	226.5	754.8	81 340.7	58 800.6	27 045.1
33	1650.0	0.36	7.98	80 280.2			27.0	0.1	27.07	95 333.3	226.5	754.8	88 160.8	63 790.7	29 375.1
34	1700.0	0.36	8.28	86 455.6			27.0	0.1	27.07	102 666.7	226.5	754.8	95 000.9	68 780.8	31 705.1
35	1750.0	0.36	8.58	92 631.0			27.0	0.1	27.07	110 000.0	226.5	754.8	101 841.0	73 770.9	34 035.1
36	1800.0	0.36	8.88	98 806.4			27.0	0.1	27.07	117 333.3	226.5	754.8	108 681.1	78 761.0	36 365.1
37	1850.0	0.36	9.24	104 981.8	8011.2		27.0	0.1	27.07	124 666.7	226.5	754.8	115 521.2	83 751.1	38 695.1
38	1900.0	0.36	9.54	111 157.2			27.0	0.1	27.07	132 000.0	226.5	754.8	122 361.3	88 741.2	41 025.1
39	1950.0	0.36	9.84	117 332.6			27.0	0.1	27.07	139 333.3	226.5	754.8	129 201.4	93 731.3	43 355.1
40	2000.0	0.36	10.14	123 508.0			27.0	0.1	27.07	146 666.7	226.5	754.8	136 041.5	98 721.4	45 685.1
41	2050.0	0.36	10.50	129 683.4			27.0	0.1	27.07	154 000.0	226.5	754.8	142 881.6	103 711.5	48 015.1
42	2100.0	0.36	10.80	135 858.8			27.0	0.1	27.07	161 333.3	226.5	754.8	149 721.7	108 701.6	50 345.1
43	2150.0	0.36	11.16	142 034.2			27.0	0.1	27.07	168 666.7	226.5	754.8	156 561.8	113 691.7	52 675.1
44	2200.0	0.36	11.52	148 209.6	10888.1		27.0	0.1	27.07	176 000.0	226.5	754.8	163 401.9	118 681.8	55 005.1
45	2250.0	0.36	11.88	154 385.0			27.0	0.1	27.07	183 333.3	226.5	754.8	170 242.0	123 671.9	57 335.1
46	2300.0	0.36	12.24	160 560.4			27.0	0.1	27.07	190 666.7	226.5	754.8	177 082.1	128 662.0	59 665.1
47	2350.0	0.36	12.60	166 735.8			27.0	0.1	27.07	198 000.0	226.5	754.8	183 922.2	133 652.1	62 095.1
48	2400.0	0.36	12.96	172 911.2			27.0	0.1	27.07	205 333.3	226.5	754.8	190 762.3	138 642.2	64 425.1
49	2450.0	0.36	13.32	179 086.6			27.0	0.1	27.07	212 666.7	226.5	754.8	197 602.4	143 632.3	66 755.1
50	2500.0	0.36	13.68	185 262.0			27.0	0.1	27.07	220 000.0	226.5	754.8	204 442.5	148 622.4	69 085.1
51	2550.0	0.36	14.04	191 437.4			27.0	0.1	27.07	227 333.3	226.5	754.8	211 282.6	153 612.5	71 415.1
52	2600.0	0.36	14.40	197 612.8			27.0	0.1	27.07	234 666.7	226.5	754.8	218 122.7	158 602.6	73 745.1
53	2650.0	0.36	14.76	203 788.2			27.0	0.1	27.07	242 000.0	226.5	754.8	224 962.8	163 592.7	76 075.1
54	2700.0	0.36	15.12	209 963.6			27.0	0.1	27.07	249 333.3	226.5	754.8	231 802.9	168 582.8	78 405.1
55	2750.0	0.36	15.48	216 139.0			27.0	0.1	27.07	256 666.7	226.5	754.8	238 643.0	173 572.9	80 735.1
56	2800.0	0.36	15.84	222 314.4			27.0	0.1	27.07	264 000.0	226.5	754.8	245 483.1	178 562.9	83 065.1
57	2850.0	0.36	16.20	228 489.8			27.0	0.1	27.07	271 333.3	226.5	754.8	252 323.2	183 552.9	85 395.1
58	2900.0	0.36	16.56	234 665.2			27.0	0.1	27.07	278 666.7	226.5	754.8	259 163.3	188 542.9	87 725.1
59	2950.0	0.36	16.92	240 840.6			27.0	0.1	27.07	286 000.0	226.5	754.8	266 003.4	193 532.9	90 055.1
60	3000.0	0.36	17.28	247 016.0			27.0	0.1	27.07	293 333.3	226.5	754.8	272 843.5	198 522.9	92 385.1
61	3050.0	0.72	36.36	14 538.0			27.0	0.09	24.383	14 791.5	226.5	1754.8	12 653.5	9 745.0	4 853.0
62	3100.0	0.72	37.08	29 076.0			27.0	0.09	24.383	29 583.0	226.5	1754.8	25 307.0	19 490.0	9 706.0
63	3150.0	0.72	37.80	43 614.0			27.0	0.09	24.383	44 374.5	226.5	1754.8	37 960.5	29 335.0	14 561.0
64	3200.0	0.72	38.52	58 152.0			27.0	0.09	24.383	59 166.0	226.5	1754.8	50 514.0	39 273.0	19 416.0
65	3250.0	0.72	39.24	72 690.0			27.0	0.09	24.383	73 957.5	226.5	1754.8	63 067.5	49 215.0	24 271.0
66	3300.0	0.72	40.08	87 228.0			27.0	0.09	24.383	88 749.0	226.5	1754.8	75 621.0	59 157.0	29 126.0
67	3350.0	0.72	40.80	101 766.0			27.0	0.09	24.383	103 540.5	226.5	1754.8	88 174.5	69 109.0	33 981.0
68	3400.0	0.72	41.52	116 304.0			27.0	0.09	24.383	118 332.0	226.5	1754.8	100 728.0	79 051.0	38 836.0
69	3450.0	0.72	42.24	130 842.0			27.0	0.09	24.383	133 123.5	226.5	1754.8	113 281.5	89 003.0	43 691.0
70	3500.0	0.72	43.08	145 380.0			27.0	0.09	24.383	147 915.0	226.5	1754.8	125 835.0	99 055.0	48 546.0
71	3550.0	0.72	43.80	160 020.0			27.0	0.09	24.383	162 706.5	226.5	1754.8	138		

Tab 4-1-1-10 (3) Approvisionnement en eau des rizières (Mars)

Mars Approvisionnement en eau - 20.5 mm/jour																
No.	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	1	2	3	4	5	6	7-3+6	8-2+7+31	9	10-1+9+10000/1000	11-8-10	12-11+0.87	13-10+0.33
				Appro. initial répétilé (m³/mois)	Prise d'eau rivière (m³/mois)	Appoint rivière (m³/mois)	Débit journalier (m³/mois)	Basin versant (km²)	Appoint lateral (m³/jour)	Appro. + Appoint (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m³/mois)	Bilan (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)	
1	50.0	0.18	0.18	1 141.2			186.5	0.085	15.8525	1 632.6	57.4	103.3	1 529.3	1 024.8	504.7	
2	100.0	0.18	0.36	2 282.4	904.7	753.1	186.5	0.085	15.8525	3 526.9	57.4	103.3	3 423.6	2 282.8	1 129.8	
3	150.0	0.18	0.54	3 423.6			186.5	0.085	15.8525	2 785.2	57.4	103.3	2 681.9	1 796.9	885.0	
4	200.0	0.18	0.72	4 564.8	2014.8	753.1	186.5	0.085	15.8525	5 056.2	57.4	103.3	4 952.9	3 318.4	1 634.5	
5	250.0	0.18	0.90	5 706.0			186.5	0.085	15.8525	3 805.9	57.4	103.3	3 702.6	2 483.4	1 223.2	
6	300.0	0.18	1.08	6 847.2			186.5	0.085	15.8525	2 974.8	57.4	103.3	2 871.5	1 923.9	947.8	
7	350.0	0.18	1.26	7 988.4			186.5	0.085	15.8525	2 415.3	57.4	103.3	2 312.0	1 548.0	763.0	
8	400.0	0.18	1.44	9 129.6	4568.2		186.5	0.085	15.8525	1 608.7	57.4	103.3	1 505.3	4 358.0	2 148.8	
9	450.0	0.18	1.62	1 0270.8			186.5	0.085	15.8525	4 850.0	57.4	103.3	4 746.7	3 180.3	1 586.4	
10	500.0	0.18	1.80	1 1412.0			186.5	0.085	15.8525	3 671.7	57.4	103.3	3 568.4	2 390.8	1 177.6	
11	550.0	0.18	1.98	1 2553.2			186.5	0.085	15.8525	2 882.2	57.4	103.3	2 776.9	1 851.9	917.0	
12	600.0	0.18	2.16	1 3694.4	5877.8		186.5	0.085	15.8525	1 815.1	57.4	103.3	1 697.8	5 398.7	2 959.1	
13	650.0	0.18	2.34	1 4835.6			186.5	0.085	15.8525	5 056.2	57.4	103.3	5 706.0	3 077.2	1 909.8	
14	700.0	0.18	2.52	1 5976.8			186.5	0.085	15.8525	4 326.8	57.4	103.3	4 265.3	2 857.7	1 407.5	
15	750.0	0.18	2.70	1 7118.0			186.5	0.085	15.8525	3 348.2	57.4	103.3	3 245.8	2 174.7	1 071.1	
16	800.0	0.18	2.88	1 8259.2	7047.4		186.5	0.085	15.8525	9 713.5	57.4	103.3	9 610.2	6 438.5	3 171.4	
17	850.0	0.18	3.06	1 9400.4			186.5	0.085	15.8525	8 903.0	57.4	103.3	8 800.9	4 574.0	2 252.9	
18	900.0	0.18	3.24	2 0541.6			186.5	0.085	15.8525	5 005.5	57.4	103.3	4 902.2	3 324.6	1 637.5	
19	950.0	0.18	3.42	2 1682.8			186.5	0.085	15.8525	3 816.1	57.4	103.3	3 712.8	2 487.8	1 226.2	
20	1000.0	0.18	3.60	2 2824.0	6267.0		186.5	0.085	15.8525	11 265.9	57.4	103.3	11 162.6	7 479.0	3 682.7	
21	1050.0	0.305	3.905	2 4521.0			186.5	0.1	18.65	8 057.1	57.4	192.3	7 864.8	5 299.4	2 596.4	
22	1100.0	0.305	4.21	2 6218.0			186.5	0.1	18.65	5 847.6	57.4	192.3	5 645.3	3 789.0	1 866.2	
23	1150.0	0.305	4.515	2 7915.0			186.5	0.1	18.65	4 367.7	57.4	192.3	4 174.9	2 797.2	1 377.7	
24	1200.0	0.305	4.82	2 9612.0	9523.0		186.5	0.1	18.65	12 898.4	57.4	192.3	12 706.1	8 613.1	4 180.0	
25	1250.0	0.305	5.125	3 1309.0			186.5	0.1	18.65	9 091.2	57.4	192.3	8 898.9	5 962.3	2 926.6	
26	1300.0	0.305	5.43	3 3006.0			186.5	0.1	18.65	6 540.4	57.4	192.3	6 348.1	4 253.3	2 094.9	
27	1350.0	0.305	5.735	3 4703.0			186.5	0.1	18.65	4 831.4	57.4	192.3	4 632.1	3 108.3	1 530.3	
28	1400.0	0.305	6.04	3 6400.0	10765.4		186.5	0.1	18.65	14 441.8	57.4	192.3	14 249.5	9 547.2	4 702.3	
29	1450.0	0.305	6.345	3 8097.0			186.5	0.1	18.65	10 125.3	57.4	192.3	9 903.0	6 694.1	3 277.9	
30	1500.0	0.305	6.65	3 9794.0			186.5	0.1	18.65	7 203.3	57.4	192.3	7 041.0	4 717.5	2 325.5	
31	1550.0	0.305	6.955	4 1491.0			186.5	0.1	18.65	5 295.6	57.4	192.3	5 103.3	3 415.2	1 684.1	
32	1600.0	0.305	7.26	4 3188.0	11987.8		186.5	0.1	18.65	15 986.2	57.4	192.3	15 792.9	10 581.3	5 211.7	
33	1650.0	0.305	7.565	4 4885.0			186.5	0.1	18.65	11 559.4	57.4	192.3	10 967.1	7 345.0	3 618.2	
34	1700.0	0.305	7.87	4 6582.0			186.5	0.1	18.65	7 926.1	57.4	192.3	7 733.8	5 181.7	2 552.2	
35	1750.0	0.305	8.175	4 8279.0			186.5	0.1	18.65	5 759.8	57.4	192.3	5 587.5	3 730.2	1 837.3	
36	1800.0	0.305	8.48	5 0000.0	13220.3		186.5	0.1	18.65	17 528.7	57.4	192.3	17 336.4	11 615.4	5 721.0	
37	1850.0	0.305	8.785	5 1701.0			186.5	0.1	18.65	12 193.5	57.4	192.3	12 001.2	8 048.0	3 950.4	
38	1900.0	0.305	9.09	5 3402.0			186.5	0.1	18.65	8 619.0	57.4	192.3	8 426.7	5 645.9	2 780.8	
39	1950.0	0.305	9.395	5 5103.0			186.5	0.1	18.65	6 224.0	57.4	192.3	6 001.7	4 041.3	1 990.5	
40	2000.0	0.305	9.7	5 6804.0	14452.7		186.5	0.1	18.65	19 072.1	57.4	192.3	18 876.8	12 649.5	6 230.3	
41	2050.0	0.485	10.185	5 8505.0			186.5	0.185	34.5025	13 719.1	57.4	296.9	13 452.2	9 012.9	4 439.2	
42	2100.0	0.485	10.67	6 0206.0			186.5	0.185	34.5025	10 282.9	57.4	296.9	9 915.6	6 576.5	3 356.2	
43	2150.0	0.485	11.155	6 1907.0			186.5	0.185	34.5025	7 846.0	57.4	296.9	7 579.1	4 944.0	2 435.1	
44	2200.0	0.485	11.64	6 3608.0	16343.8		186.5	0.185	34.5025	22 367.4	57.4	296.9	22 090.5	14 800.8	7 286.9	
45	2250.0	0.485	12.125	6 5309.0			186.5	0.185	34.5025	16 870.2	57.4	296.9	16 603.3	10 454.2	5 148.1	
46	2300.0	0.485	12.61	6 7010.0			186.5	0.185	34.5025	11 523.8	57.4	296.9	11 256.9	7 542.1	3 714.8	
47	2350.0	0.485	13.095	6 8711.0			186.5	0.185	34.5025	8 611.7	57.4	296.9	8 344.8	5 591.0	2 753.8	
48	2400.0	0.485	13.58	7 0412.0	18907.5		186.5	0.185	34.5025	25 568.1	57.4	296.9	25 301.2	16 951.8	8 349.4	
49	2450.0	0.485	14.065	7 2113.0			186.5	0.185	34.5025	18 021.4	57.4	296.9	17 794.4	11 898.5	5 899.0	
50	2500.0	0.485	14.55	7 3814.0			186.5	0.185	34.5025	12 965.1	57.4	296.9	12 698.1	8 507.8	4 190.4	
51	2550.0	0.485	15.035	7 5515.0			186.5	0.185	34.5025	9 577.3	57.4	296.9	9 310.4	6 298.0	3 072.4	
52	2600.0	0.485	15.52	7 7216.0	21471.2		186.5	0.185	34.5025	26 776.7	57.4	296.9	26 511.8	19 162.9	7 408.9	
53	2650.0	0.485	16.005	7 8917.0			186.5	0.185	34.5025	20 172.5	57.4	296.9	19 905.0	13 336.6	6 568.8	
54	2700.0	0.485	16.49	8 0618.0			186.5	0.185	34.5025	14 406.3	57.4	296.9	14 138.4	9 473.4	4 666.0	
55	2750.0	0.485	16.975	8 2319.0			186.5	0.185	34.5025	10 543.0	57.4	296.9	10 276.1	6 895.0	3 391.1	
56	2800.0	0.485	17.46	8 4020.0	34034.8		186.5	0.185	34.5025	31 989.4	57.4	296.9	31 732.5	21 254.1	10 488.4	
57	2850.0	0.485	17.945	8 5721.0			186.5	0.185	34.5025	22 322.7	57.4	296.9	22 066.7	14 778.0	7 278.7	
58	2900.0	0.485	18.43	8 7422.0			186.5	0.185	34.5025	15 847.8	57.4	296.9	15 580.7	10 430.1	5 141.6	
59	2950.0	0.485	18.915	8 9123.0			186.5	0.185	34.5025	11 508.6	57.4	296.9	11 241.7	7 530.0	3 708.6	
60	3000.0	0.485	19.4	9 0824.0	26995.6		186.5	0.185	34.5025	35 200.1	57.4	296.9	34 903.2	23 436.2	11 527.9	
61	3050.0	0.77	20.17	9 2525.0			186.5	0.09	16.785	21 905.6	57.4	442.0	21 483.6	15 734.0	7 249.6	
62	3100.0	0.77	20.94	9 4226.0			186.5	0.09	16.785	16 264.3	57.4	442.0	15 812.4	10 994.3	5 218.1	
63	3150.0	0.77	21.71	9 5927.0			186.5	0.09	16.785	11 114.5	57.4	442.0	10 672.0	7 150.7	3 522.0	
64	3200.0	0.77	22.48	9 7628.0	28017.8		186.5	0.09	16.785	35 608.6	57.4	442.0	35 246.6	23 615.2	11 631.4	
65	3250.0	0.77	23.25	9 9329.0			186.5	0.09	16.785	24 136.0	57.4	442.0	23 693.9	16 674.7	7 018.9	
66	3300.0	0.77	24.02	10 1030.0			186.5	0.09	16.785	16 395.0	57.4	442.0	15 953.1	10 688.5	5 264.5	
67	3350.0	0.77	24.79	10 2731.0			186.5	0.09	16.785	11 208.9	57.4	442.0	10 786.9	7 213.8	3 555.1	
68	3400.0	0.77	25.56	10 4432.0	28267.8		186.5	0.09	16.785	30 502.0	57.4	442.0	30 560.0	20 826.2	11 734.8	
69	3450.0	0.77	26.33	10 6133.0			186.5	0.09	16.785	24 345.5	57.4	442.0	23 900.8	16 015.4	7 888.2	
70	3500.0	0.77	27.1	10 7834.0			186.5	0.09	16.785	16 536.7	57.4	442.0	16 093.7	10 782.8	5 210.8	
71	3550.0	0.77	27.87	10 9535.0			186.5	0.09	16.785	11 303.1	57.4	442.0	10 881.2	7 277.0	3 584.2	
72	3600.0	0.77	28.64	11 1236.0	28518.1		186.5	0.09	16.785	36 316.4	57.4					

Tab 4-1-1-10 (4) Approvisionnement en eau des rizières (Avr.)

Avr. Approvisionnement en eau - 16,8 mm/jour

No.	Distance (m)	Surface rizières (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial répété (m ³ /mois)	Prise d'eau rivière (m ³ /mois)	Appoint mètres (m ³ /mois)	Débit journalier (m ³ /km ²)	Bassin versant (km ²)	Appoint latéral (m ³ /jour)	Appro. - Appoint latéral (m ³ /mois)	ET mensuel (mm)	Perle mensuelle (m ³ /mois)	Bilan (m ³ /mois)	Infiltration répétitive (m ³ /mois)	Retour à la rivière (m ³ /mois)
1	50,0	0,18	0,18	1 054,8											
2	100,0	0,18	0,36	2 109,2											
3	150,0	0,18	0,54	3 163,6											
4	200,0	0,18	0,72	4 218,0											
5	250,0	0,18	0,9	5 272,4											
6	300,0	0,18	1,08	6 326,8											
7	350,0	0,18	1,26	7 381,2											
8	400,0	0,18	1,44	8 435,6											
9	450,0	0,18	1,62	9 490,0											
10	500,0	0,18	1,8	10 544,4											
11	550,0	0,18	1,98	11 598,8											
12	600,0	0,18	2,16	12 653,2											
13	650,0	0,18	2,34	13 707,6											
14	700,0	0,18	2,52	14 762,0											
15	750,0	0,18	2,7	15 816,4											
16	800,0	0,18	2,88	16 870,8											
17	850,0	0,18	3,06	17 925,2											
18	900,0	0,18	3,24	18 979,6											
19	950,0	0,18	3,42	20 034,0											
20	1000,0	0,18	3,6	21 088,4											
21	1050,0	0,36	3,96	22 142,8											
22	1100,0	0,36	4,32	23 197,2											
23	1150,0	0,36	4,68	24 251,6											
24	1200,0	0,36	5,04	25 306,0											
25	1250,0	0,36	5,4	26 360,4											
26	1300,0	0,36	5,76	27 414,8											
27	1350,0	0,36	6,12	28 469,2											
28	1400,0	0,36	6,48	29 523,6											
29	1450,0	0,36	6,84	30 578,0											
30	1500,0	0,36	7,2	31 632,4											
31	1550,0	0,36	7,56	32 686,8											
32	1600,0	0,36	7,92	33 741,2											
33	1650,0	0,36	8,28	34 795,6											
34	1700,0	0,36	8,64	35 850,0											
35	1750,0	0,36	9,0	36 904,4											
36	1800,0	0,36	9,36	37 958,8											
37	1850,0	0,36	9,72	39 013,2											
38	1900,0	0,36	10,08	40 067,6											
39	1950,0	0,36	10,44	41 122,0											
40	2000,0	0,36	10,8	42 176,4											
41	2050,0	0,45	11,25	43 230,8											
42	2100,0	0,45	11,7	44 285,2											
43	2150,0	0,45	12,15	45 339,6											
44	2200,0	0,45	12,6	46 394,0											
45	2250,0	0,45	13,05	47 448,4											
46	2300,0	0,45	13,5	48 502,8											
47	2350,0	0,45	13,95	49 557,2											
48	2400,0	0,45	14,4	50 611,6											
49	2450,0	0,45	14,85	51 666,0											
50	2500,0	0,45	15,3	52 720,4											
51	2550,0	0,45	15,75	53 774,8											
52	2600,0	0,45	16,2	54 829,2											
53	2650,0	0,45	16,65	55 883,6											
54	2700,0	0,45	17,1	56 938,0											
55	2750,0	0,45	17,55	57 992,4											
56	2800,0	0,45	18,0	59 046,8											
57	2850,0	0,45	18,45	60 101,2											
58	2900,0	0,45	18,9	61 155,6											
59	2950,0	0,45	19,35	62 210,0											
60	3000,0	0,45	19,8	63 264,4											
61	3050,0	0,72	39,6	64 318,8											
62	3100,0	0,72	79,2	65 373,2											
63	3150,0	0,72	118,8	66 427,6											
64	3200,0	0,72	158,4	67 482,0											
65	3250,0	0,72	198,0	68 536,4											
66	3300,0	0,72	237,6	69 590,8											
67	3350,0	0,72	277,2	70 645,2											
68	3400,0	0,72	316,8	71 699,6											
69	3450,0	0,72	356,4	72 754,0											
70	3500,0	0,72	396,0	73 808,4											
71	3550,0	0,72	435,6	74 862,8											
72	3600,0	0,72	475,2	75 917,2											
73	3650,0	0,72	514,8	76 971,6											
74	3700,0	0,72	554,4	78 026,0											
75	3750,0	0,72	594,0	79 080,4											
76	3800,0	0,72	633,6	80 134,8											
77	3850,0	0,72	673,2	81 189,2											
78	3900,0	0,72	712,8	82 243,6											
79	3950,0	0,72	752,4	83 298,0											
80	4000,0	0,72	792,0	84 352,4											

Approvisionnement en eau - le total des rizières 13,6 ha - Infiltration latérale (mm) (1) Nombre de jours (1) mensuel; total d'approvisionnement par década calculé par CTRORWAT)
 Le débit journalier proportionnel au débit d'effluents mensuel à l'axe de barrage, calculé par l'analyse de modèle de réservoir, divisé par le bassin versant de 88 km² et le nombre de jours.
 (2) Infiltration répétitive dans ligne plus haut. Au point de prise d'eau, plus grande valeur entre (2) dans ligne plus haut et le surface de rizières dans l'axe (3) + infiltration de (16,8 mm)
 (3) Total de retour à la rivière depuis le dernier prise d'eau
 (4) Marque bilan lorsque approvisionnement répété est inclus à la surface de rizières desservie et l'approvisionnement - infiltration de (16,8 mm)

Tab 4-1-10 (5) Approvisionnement en eau des rizières (Mai)

Mai Approvisionnement en eau - 19,7 mm/jour

No.	Distance (m)	Surface rizières (ha)	Cours (ha)	Appro initial rizières (m3/mois)	Prix de l'eau rizières (m3/mois)	Appoint rizières (m3/mois)	Débit journalier (m3/jour)	Bassin versant (km2)	Appoint latéral (m3/jour)	Appro. latéral (m3/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m3/mois)	Bilan (m3/mois)	Infiltration rizières (m3/mois)	Recur à la rizières (m3/mois)
1	50,0	0,18	0,18	1 098,1			37,4	0,085	31,739	2 083,0	34,0	61,2	2 021,8	1 354,9	667,2
2	100,0	0,18	0,36	2 196,2	867,2	178,4	37,4	0,085	31,739	3 358,4	34,0	61,2	3 297,2	2 209,2	1 088,1
3	150,0	0,18	0,54	3 294,3			37,4	0,085	31,739	3 193,1	34,0	61,2	3 131,9	2 096,3	1 035,5
4	200,0	0,18	0,72	4 392,4	2121,6	178,4	37,4	0,085	31,739	5 380,2	34,0	61,2	5 319,0	3 583,7	1 735,3
5	250,0	0,18	0,9	5 490,5			37,4	0,085	31,739	4 547,7	34,0	61,2	4 486,5	3 005,9	1 480,5
6	300,0	0,18	1,08	6 588,6			37,4	0,085	31,739	3 999,8	34,0	61,2	3 938,6	2 632,2	1 306,4
7	350,0	0,18	1,26	7 686,7			37,4	0,085	31,739	3 676,1	34,0	61,2	3 614,9	2 381,8	1 233,1
8	400,0	0,18	1,44	8 784,8	5705,4		37,4	0,085	31,739	9 071,1	34,0	61,2	8 909,9	6 036,6	2 873,3
9	450,0	0,18	1,62	9 882,9			37,4	0,085	31,739	7 920,5	34,0	61,2	7 859,3	4 992,7	2 866,6
10	500,0	0,18	1,8	1 096,2			37,4	0,085	31,739	5 646,7	34,0	61,2	5 585,5	3 742,3	1 843,2
11	550,0	0,18	1,98	3 742,3			37,4	0,085	31,739	4 726,2	34,0	61,2	4 665,0	3 126,5	1 538,4
12	600,0	0,18	2,16	11 776,0	8562,5		37,4	0,085	31,739	12 781,9	34,0	61,2	12 720,7	8 509,5	4 191,2
13	650,0	0,18	2,34	8 509,5			37,4	0,085	31,739	9 493,4	34,0	61,2	9 432,2	6 319,6	3 112,6
14	700,0	0,18	2,52	6 319,6			37,4	0,085	31,739	7 303,6	34,0	61,2	7 242,3	4 863,3	2 380,0
15	750,0	0,18	2,7	4 863,3			37,4	0,085	31,739	5 836,2	34,0	61,2	5 775,0	3 899,3	1 875,6
16	800,0	0,18	2,88	15 468,8	11596,6		37,4	0,085	31,739	16 482,7	34,0	61,2	16 391,5	10 982,3	5 409,2
17	850,0	0,18	3,06	10 982,3			37,4	0,085	31,739	11 966,3	34,0	61,2	11 905,0	7 976,4	3 928,7
18	900,0	0,18	3,24	7 976,4			37,4	0,085	31,739	8 950,3	34,0	61,2	8 889,1	5 962,4	2 926,7
19	950,0	0,18	3,42	5 962,4			37,4	0,085	31,739	8 946,3	34,0	61,2	8 885,1	4 613,0	2 272,1
20	1000,0	0,18	3,6	19 158,7	14548,6		37,4	0,085	31,739	20 143,6	34,0	61,2	20 082,4	13 455,2	6 627,2
21	1050,0	0,335	3,335	13 455,2			37,4	0,1	37,34	14 612,7	34,0	113,9	14 498,8	9 714,2	4 784,6
22	1100,0	0,335	4,27	9 714,2			37,4	0,1	37,34	10 671,8	34,0	113,9	10 557,9	7 207,8	3 350,1
23	1150,0	0,335	4,605	7 207,8			37,4	0,1	37,34	8 365,3	34,0	113,9	8 251,4	5 528,4	2 722,9
24	1200,0	0,335	4,94	23 213,3	17694,9		37,4	0,1	37,34	24 370,8	34,0	113,9	24 256,9	16 282,1	8 004,8
25	1250,0	0,335	5,275	16 282,1			37,4	0,1	37,34	17 408,7	34,0	113,9	17 295,8	11 598,2	5 707,6
26	1300,0	0,335	5,61	11 598,2			37,4	0,1	37,34	12 748,7	34,0	113,9	12 631,8	8 403,3	4 168,5
27	1350,0	0,335	5,945	8 403,3			37,4	0,1	37,34	9 620,9	34,0	113,9	9 507,0	6 389,7	3 117,3
28	1400,0	0,335	6,28	27 367,9	21018,2		37,4	0,1	37,34	28 546,4	34,0	113,9	28 431,5	19 049,1	9 382,4
29	1450,0	0,335	6,615	19 049,1			37,4	0,1	37,34	20 206,6	34,0	113,9	20 092,7	10 462,1	6 630,6
30	1500,0	0,335	6,95	13 462,1			37,4	0,1	37,34	14 618,7	34,0	113,9	14 506,8	9 718,9	4 787,8
31	1550,0	0,335	7,285	9 718,9			37,4	0,1	37,34	10 676,4	34,0	113,9	10 562,5	7 210,9	3 351,6
32	1600,0	0,335	7,62	31 562,4	24961,5		37,4	0,1	37,34	32 790,0	34,0	113,9	32 606,1	21 646,1	10 700,0
33	1650,0	0,335	7,955	21 646,1			37,4	0,1	37,34	23 003,6	34,0	113,9	22 869,7	15 336,1	7 533,6
34	1700,0	0,335	8,29	15 336,1			37,4	0,1	37,34	16 493,6	34,0	113,9	16 379,7	10 974,4	5 405,3
35	1750,0	0,335	8,625	10 974,4			37,4	0,1	37,34	12 132,0	34,0	113,9	12 018,1	8 062,1	3 956,0
36	1800,0	0,335	8,96	35 737,0	27984,9		37,4	0,1	37,34	36 894,5	34,0	113,9	36 700,6	24 643,0	12 137,6
37	1850,0	0,335	9,295	24 643,0			37,4	0,1	37,34	25 900,6	34,0	113,9	25 806,7	17 210,1	8 476,6
38	1900,0	0,335	9,63	17 210,1			37,4	0,1	37,34	18 367,6	34,0	113,9	18 253,7	12 230,0	6 023,7
39	1950,0	0,335	9,965	12 230,0			37,4	0,1	37,34	13 387,5	34,0	113,9	13 273,6	8 963,3	4 380,3
40	2000,0	0,335	10,3	39 911,5	31018,2		37,4	0,1	37,34	41 009,1	34,0	113,9	40 865,2	27 440,0	13 515,2
41	2050,0	0,485	10,765	27 440,0			37,4	0,1485	39,079	29 561,4	34,0	158,1	29 433,5	19 713,6	9 709,7
42	2100,0	0,485	11,23	19 713,6			37,4	0,1485	39,079	21 861,1	34,0	158,1	21 697,0	14 637,2	7 059,8
43	2150,0	0,485	11,695	14 637,2			37,4	0,1485	39,079	16 476,4	34,0	158,1	16 381,5	11 068,6	5 312,7
44	2200,0	0,485	12,16	48 945,2	35638,8		37,4	0,1485	39,079	49 046,7	34,0	158,1	48 899,9	32 746,3	16 133,6
45	2250,0	0,485	12,625	35 638,8			37,4	0,1485	39,079	34 696,8	34,0	158,1	34 530,7	23 274,3	11 266,5
46	2300,0	0,485	13,09	23 274,3			37,4	0,1485	39,079	25 416,4	34,0	158,1	25 298,3	16 500,0	8 798,3
47	2350,0	0,485	13,555	16 500,0			37,4	0,1485	39,079	18 094,5	34,0	158,1	17 926,4	12 887,2	5 239,1
48	2400,0	0,485	14,02	54 326,6	42171,3		37,4	0,1485	39,079	56 520,1	34,0	158,1	56 302,2	36 070,7	16 715,2
49	2450,0	0,485	14,485	39 070,7			37,4	0,1485	39,079	40 212,2	34,0	158,1	40 064,1	26 626,2	13 217,9
50	2500,0	0,485	14,95	26 626,2			37,4	0,1485	39,079	28 971,7	34,0	158,1	28 819,8	19 309,1	9 510,7
51	2550,0	0,485	15,415	19 309,1			37,4	0,1485	39,079	21 450,8	34,0	158,1	21 302,9	14 266,0	7 036,9
52	2600,0	0,485	15,88	52 772,0	49836,7		37,4	0,1485	39,079	64 915,5	34,0	158,1	64 755,4	43 386,7	21 368,7
53	2650,0	0,485	16,345	43 386,7			37,4	0,1485	39,079	48 527,5	34,0	158,1	48 369,4	30 367,5	14 911,9
54	2700,0	0,485	16,81	30 367,5			37,4	0,1485	39,079	32 539,0	34,0	158,1	32 380,9	21 886,3	10 694,6
55	2750,0	0,485	17,275	21 886,3			37,4	0,1485	39,079	23 886,3	34,0	158,1	23 767,5	16 294,3	7 473,2
56	2800,0	0,485	17,74	70 705,4	54510,3		37,4	0,1485	39,079	72 846,9	34,0	158,1	72 688,8	46 705,5	23 983,3
57	2850,0	0,485	18,205	48 701,3			37,4	0,1485	39,079	50 542,9	34,0	158,1	50 384,8	33 988,8	16 736,0
58	2900,0	0,485	18,67	35 968,9			37,4	0,1485	39,079	34 100,2	34,0	158,1	33 943,2	24 091,3	11 861,9
59	2950,0	0,485	19,135	24 091,3			37,4	0,1485	39,079	26 232,2	34,0	158,1	26 064,3	17 469,2	8 605,1
60	3000,0	0,485	19,6	78 536,8	61175,8		37,4	0,1485	39,079	80 790,3	34,0	158,1	80 632,2	54 016,6	26 605,6
61	3050,0	0,77	20,07	54 016,6			37,4	0,09	33,608	48 088,4	34,0	261,8	47 996,6	30 213,9	15 082,7
62	3100,0	0,77	20,54	39 713,3			37,4	0,09	33,608	32 708,2	34,0	261,8	32 602,9	20 720,4	12 223,0
63	3150,0	0,77	21,01	29 220,9			37,4	0,09	33,608	26 162,7	34,0	261,8	26 000,9	17 303,6	8 697,3
64	3200,0	0,77	21,48	82 962,1	65066,5		37,4	0,09	33,608	84 303,9	34,0	261,8	84 142,1	56 757,2	27 634,9
65	3250,0	0,77	21,945	61 107,2			37,4	0,09	33,608	57 043,2	34,0	261,8	56 987,2	36 114,4	19 772,8
66	3300,0	0,77	22,41	44 114,4			37,4	0,09	33,608	39 156,2	34,0	261,8	39 004,4	25 063,3	14 041,1
67	3350,0	0,77	22,88	32 062,0			37,4	0,09	33,608	29 101,0	34,0	261,8	29 006,2	17 382,3	11 623,9
68	3400,0	0,77	23,35	88 092,1	70864,3		37,4	0,09	33,608	87 120,8	34,0	261,8	86 962,0	56 787,5	29 884,5
69	3450,0	0,77	23,82	66 137,6			37,4	0,09	33,608	59 328,4	34,0	261,8	59 177,6	36 915,0	19 122,6
70	3500,0	0,77	24,29	49 144,8			37,4	0,09	33,608	40 686,7	34,0	261,8	40 544,9	26 407,3	13 987,6
71	3550,0	0,77	24,76	36 092,0			37,4	0,09	33,608	28 596,6	34,0	261,8	28 497,8	18 811,0	9 786,8
72	3600,0	0,77	25,23	89 332,0	71691,0		37,4	0,09	33,608	80 343,2	34,0	261,8	80 188,2	50 207,3	29 090,9
73	3650,0	0,77	25,7	67 377,5			37,4	0,09	33,608	51 329,1	34,0	261,8	51 177,3	30 192,4	18 184,9
74															

Tab 4-1-1-10 (6) Approvisionnement en eau des rizières (Juin)

Juin Approvisionnement en eau - 21,5 mm/jour

No.	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial/répété (m³/mois)	Prise d'eau rivière (m³/mois)	Appoint rivière (m³/mois)	Débit journalier (m³/km²)	Bassin versant (km²)	Appoint latéral (m³/jour)	Appro. Appoint latéral (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m³/mois)	Bilan (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)
1	50,0	0,18	0,18	1 197,8			147,3	0,085	12 520,5	1 580,0	86,0	154,8	1 431,2	968,9	472,3
2	100,0	0,18	0,36	2 395,7	472,3	964,4	147,3	0,085	12 520,5	3 148,3	86,0	154,8	2 893,5	1 937,7	1 188,9
3	150,0	0,18	0,54	3 593,6	926,7	1 928,8	147,3	0,085	12 520,5	4 716,6	86,0	154,8	4 448,2	2 944,2	2 309,9
4	200,0	0,18	0,72	4 791,5	1 399,0	2 892,8	147,3	0,085	12 520,5	6 284,9	86,0	154,8	6 030,1	3 999,7	3 630,4
5	250,0	0,18	0,90	5 989,4	1 871,3	3 857,1	147,3	0,085	12 520,5	7 853,2	86,0	154,8	7 598,4	4 954,6	4 505,9
6	300,0	0,18	1,08	7 187,3	2 343,6	4 821,4	147,3	0,085	12 520,5	9 421,5	86,0	154,8	9 162,7	5 909,5	5 581,4
7	350,0	0,18	1,26	8 385,2	2 815,9	5 785,7	147,3	0,085	12 520,5	10 989,8	86,0	154,8	10 737,0	6 864,4	6 656,9
8	400,0	0,18	1,44	9 583,1	3 288,2	6 750,0	147,3	0,085	12 520,5	12 558,1	86,0	154,8	12 311,3	7 819,3	7 732,4
9	450,0	0,18	1,62	10 781,0	3 760,5	7 714,3	147,3	0,085	12 520,5	14 126,4	86,0	154,8	13 885,6	8 774,2	8 807,9
10	500,0	0,18	1,80	11 978,9	4 232,8	8 678,6	147,3	0,085	12 520,5	15 694,7	86,0	154,8	15 459,9	9 732,1	9 883,4
11	550,0	0,18	1,98	13 176,8	4 705,1	9 642,9	147,3	0,085	12 520,5	17 263,0	86,0	154,8	17 034,2	10 687,0	10 958,9
12	600,0	0,18	2,16	14 374,7	5 177,4	10 607,2	147,3	0,085	12 520,5	18 831,3	86,0	154,8	18 608,5	11 641,9	12 034,4
13	650,0	0,18	2,34	15 572,6	5 649,7	11 571,5	147,3	0,085	12 520,5	20 399,6	86,0	154,8	20 182,8	12 596,8	13 109,9
14	700,0	0,18	2,52	16 770,5	6 122,0	12 535,8	147,3	0,085	12 520,5	21 967,9	86,0	154,8	21 757,1	13 551,7	14 185,4
15	750,0	0,18	2,70	17 968,4	6 594,3	13 500,1	147,3	0,085	12 520,5	23 536,2	86,0	154,8	23 331,4	14 506,6	15 260,9
16	800,0	0,18	2,88	19 166,3	7 066,6	14 464,4	147,3	0,085	12 520,5	25 104,5	86,0	154,8	24 905,7	15 461,5	16 336,4
17	850,0	0,18	3,06	20 364,2	7 538,9	15 428,7	147,3	0,085	12 520,5	26 672,8	86,0	154,8	26 480,0	16 416,4	17 411,9
18	900,0	0,18	3,24	21 562,1	8 011,2	16 393,0	147,3	0,085	12 520,5	28 241,1	86,0	154,8	28 054,3	17 371,3	18 487,4
19	950,0	0,18	3,42	22 760,0	8 483,5	17 357,3	147,3	0,085	12 520,5	29 809,4	86,0	154,8	29 628,6	18 326,2	19 562,9
20	1000,0	0,18	3,60	23 957,9	8 955,8	18 321,6	147,3	0,085	12 520,5	31 377,7	86,0	154,8	31 202,9	19 281,1	20 638,4
21	1050,0	0,36	3,96	25 155,8	9 428,1	19 285,9	147,3	0,1	14,73	32 946,0	86,0	154,8	32 777,2	20 236,0	21 713,9
22	1100,0	0,36	4,32	26 353,7	9 900,4	20 250,2	147,3	0,1	14,73	34 514,3	86,0	154,8	34 351,5	21 190,9	22 789,4
23	1150,0	0,36	4,68	27 551,6	10 372,7	21 214,5	147,3	0,1	14,73	36 082,6	86,0	154,8	35 925,8	22 145,8	23 864,9
24	1200,0	0,36	5,04	28 749,5	10 845,0	22 178,8	147,3	0,1	14,73	37 650,9	86,0	154,8	37 499,1	23 100,7	24 940,4
25	1250,0	0,36	5,40	29 947,4	11 317,3	23 143,1	147,3	0,1	14,73	39 219,2	86,0	154,8	39 073,4	24 055,6	26 015,9
26	1300,0	0,36	5,76	31 145,3	11 789,6	24 107,4	147,3	0,1	14,73	40 787,5	86,0	154,8	40 647,7	25 010,5	27 091,4
27	1350,0	0,36	6,12	32 343,2	12 261,9	25 071,7	147,3	0,1	14,73	42 355,8	86,0	154,8	42 222,0	25 965,4	28 166,9
28	1400,0	0,36	6,48	33 541,1	12 734,2	26 036,0	147,3	0,1	14,73	43 924,1	86,0	154,8	43 796,3	26 920,3	29 242,4
29	1450,0	0,36	6,84	34 739,0	13 206,5	27 000,3	147,3	0,1	14,73	45 492,4	86,0	154,8	45 370,6	27 875,2	30 317,9
30	1500,0	0,36	7,20	35 936,9	13 678,8	27 964,6	147,3	0,1	14,73	47 060,7	86,0	154,8	46 944,9	28 830,1	31 393,4
31	1550,0	0,36	7,56	37 134,8	14 151,1	28 928,9	147,3	0,1	14,73	48 629,0	86,0	154,8	48 519,2	29 785,0	32 468,9
32	1600,0	0,36	7,92	38 332,7	14 623,4	29 893,2	147,3	0,1	14,73	50 197,3	86,0	154,8	50 093,5	30 739,9	33 544,4
33	1650,0	0,36	8,28	39 530,6	15 095,7	30 857,5	147,3	0,1	14,73	51 765,6	86,0	154,8	51 667,8	31 694,8	34 619,9
34	1700,0	0,36	8,64	40 728,5	15 568,0	31 821,8	147,3	0,1	14,73	53 333,9	86,0	154,8	53 242,1	32 649,7	35 695,4
35	1750,0	0,36	9,00	41 926,4	16 040,3	32 786,1	147,3	0,1	14,73	54 902,2	86,0	154,8	54 816,4	33 604,6	36 770,9
36	1800,0	0,36	9,36	43 124,3	16 512,6	33 750,4	147,3	0,1	14,73	56 470,5	86,0	154,8	56 390,7	34 559,5	37 846,4
37	1850,0	0,36	9,72	44 322,2	16 984,9	34 714,7	147,3	0,1	14,73	58 038,8	86,0	154,8	57 965,0	35 514,4	38 921,9
38	1900,0	0,36	10,08	45 520,1	17 457,2	35 679,0	147,3	0,1	14,73	59 607,1	86,0	154,8	59 539,3	36 469,3	39 997,4
39	1950,0	0,36	10,44	46 718,0	17 929,5	36 643,3	147,3	0,1	14,73	61 175,4	86,0	154,8	61 113,6	37 424,2	41 072,9
40	2000,0	0,36	10,80	47 915,9	18 401,8	37 607,6	147,3	0,1	14,73	62 743,7	86,0	154,8	62 687,9	38 379,1	42 148,4
41	2050,0	0,36	11,16	49 113,8	18 874,1	38 571,9	147,3	0,1	14,73	64 312,0	86,0	154,8	64 262,2	39 334,0	43 223,9
42	2100,0	0,36	11,52	50 311,7	19 346,4	39 536,2	147,3	0,1	14,73	65 880,3	86,0	154,8	65 836,5	40 288,9	44 298,4
43	2150,0	0,36	11,88	51 509,6	19 818,7	40 500,5	147,3	0,1	14,73	67 448,6	86,0	154,8	67 410,8	41 243,8	45 373,9
44	2200,0	0,36	12,24	52 707,5	20 291,0	41 464,8	147,3	0,1	14,73	69 016,9	86,0	154,8	68 985,1	42 198,7	46 448,4
45	2250,0	0,36	12,60	53 905,4	20 763,3	42 429,1	147,3	0,1	14,73	70 585,2	86,0	154,8	70 559,4	43 153,6	47 523,9
46	2300,0	0,36	12,96	55 103,3	21 235,6	43 393,4	147,3	0,1	14,73	72 153,5	86,0	154,8	72 133,7	44 108,5	48 598,4
47	2350,0	0,36	13,32	56 301,2	21 707,9	44 357,7	147,3	0,1	14,73	73 721,8	86,0	154,8	73 708,0	45 063,4	49 673,9
48	2400,0	0,36	13,68	57 499,1	22 180,2	45 322,0	147,3	0,1	14,73	75 290,1	86,0	154,8	75 282,3	46 018,3	50 748,4
49	2450,0	0,36	14,04	58 697,0	22 652,5	46 286,3	147,3	0,1	14,73	76 858,4	86,0	154,8	76 856,6	46 973,2	51 823,9
50	2500,0	0,36	14,40	59 894,9	23 124,8	47 250,6	147,3	0,1	14,73	78 426,7	86,0	154,8	78 430,9	47 928,1	52 898,4
51	2550,0	0,36	14,76	61 092,8	23 597,1	48 214,9	147,3	0,1	14,73	80 000,0	86,0	154,8	80 005,2	48 883,0	53 973,9
52	2600,0	0,36	15,12	62 290,7	24 069,4	49 179,2	147,3	0,1	14,73	81 574,3	86,0	154,8	81 579,5	49 837,9	55 048,4
53	2650,0	0,36	15,48	63 488,6	24 541,7	50 143,5	147,3	0,1	14,73	83 148,6	86,0	154,8	83 153,8	50 792,8	56 123,9
54	2700,0	0,36	15,84	64 686,5	25 014,0	51 107,8	147,3	0,1	14,73	84 722,9	86,0	154,8	84 728,1	51 747,7	57 198,4
55	2750,0	0,36	16,20	65 884,4	25 486,3	52 072,1	147,3	0,1	14,73	86 297,2	86,0	154,8	86 302,4	52 702,6	58 273,9
56	2800,0	0,36	16,56	67 082,3	25 958,6	53 036,4	147,3	0,1	14,73	87 871,5	86,0	154,8	87 876,7	53 657,5	59 348,4
57	2850,0	0,36	16,92	68 280,2	26 430,9	54 000,7	147,3	0,1	14,73	89 445,8	86,0	154,8	89 451,0	54 612,4	60 423,9
58	2900,0	0,36	17,28	69 478,1	26 903,2	54 965,0	147,3	0,1	14,73	91 020,1	86,0	154,8	91 025,3	55 567,3	61 498,4
59	2950,0	0,36	17,64	70 676,0	27 375,5	55 929,3	147,3	0,1	14,73	92 594,4	86,0	154,8	92 599,6	56 522,2	62 573,9
60	3000,0	0,36	18,00	71 873,9	27 847,8	56 893,6	147,3	0,1	14,73	94 168,7	86,0	154,8	94 173,9	57 477,1	63 648,4
61	3050,0	0,36	18,36	73 071,8	28 320,1	57 857,9	147,3	0,1	14,73	95 743,0	86,0	154,8	95 748,2	58 432,0	64 723,9
62	3100,0	0,36	18,72	74 269,7	28 792,4	58 822,2	147,3	0,1	14,73	97 317,3	86,0	154,8	97 322,5	59 386,9	65 798,4
63	3150,0	0,36	19,08	75 467,6	29 264,7	59 786,5	147,3	0,1	14,73	98 891,6	86,0	154,8	98 896,8	60 341,8	66 873,9
64	3200,0	0,36	19,44	76 665,5	29 737,0	60 750,8	147,3	0,1	14,73	100 465,9	86,0	154,8	100 471,1	61 296,7	67 948,4
65	3250,0	0,36	19,80	77 863,4	30 209,3	61 715,1	147,3	0,1	14,73	102 040,2	86,0	154,8	102 045,4	62 251,6	69 023,9
66	3300,0	0,36	20,16	79 061,3	30 681,6	62 679,4	147,3	0,1	14,73	103 614,5	86,0	154,8	103 619,7	63 206,5	70 098,4
67	3350,0	0,36	20,52	80 259,2	31 153,9	63 643,7	147,3	0,1	14,						

Tab 4-1-1-10 (7) Approvisionnement en eau des rizières (Juil.)

Juil. Approvisionnement en eau - 18.9 mm/jour

No.	Distance (m)	Surface rizières (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial/spéc. (m ³ /mois)	Prise d'eau rivière (m ³ /mois)	Appoint rivière (m ³ /mois)	Debit journalier (m ³ /km ²)	Bassin versant (km ²)	Appoint latéral (m ³ /jour)	Appro. + Appoint latéral (m ³ /mois)	ET mensuel (mm)	Perle mensuelle (m ³ /mois)	Bilan (m ³ /mois)	Infiltration répétitive (m ³ /mois)	Retour à la rivière (m ³ /mois)
1	50,0	0,18	0,18	1 056,4			82,0	0,085	8,97	1 272,6	10,3	18,5	1 254,0	840,1	413,8
2	100,0	0,18	0,36	2 112,8	413,8	858,9	82,0	0,085	8,97	3 187,8	10,3	18,5	3 169,3	2 123,4	1 045,9
3	150,0	0,18	0,54	3 169,2		0,0	82,0	0,085	8,97	2 338,5	10,3	18,5	2 320,0	1 565,0	773,5
4	200,0	0,18	0,72	4 225,6	1811,8	858,9	82,0	0,085	8,97	4 441,8	10,3	18,5	4 423,3	2 983,6	1 458,7
5	250,0	0,18	0,9	5 282,0		0,0	82,0	0,085	8,97	3 175,6	10,3	18,5	3 157,1	2 117,9	1 043,2
6	300,0	0,18	1,08	6 338,4		0,0	82,0	0,085	8,97	2 334,0	10,3	18,5	2 315,5	1 561,4	774,1
7	350,0	0,18	1,26	7 394,8		0,0	82,0	0,085	8,97	1 787,4	10,3	18,5	1 768,9	1 171,8	577,1
8	400,0	0,18	1,44	8 451,2	3844,0	0,0	82,0	0,085	8,97	5 231,6	10,3	18,5	5 213,1	3 462,9	1 770,4
9	450,0	0,18	1,62	9 507,6		0,0	82,0	0,085	8,97	3 709,0	10,3	18,5	3 690,5	2 472,6	1 217,9
10	500,0	0,18	1,8	10 564,0		0,0	82,0	0,085	8,97	2 688,7	10,3	18,5	2 670,1	1 789,0	881,1
11	550,0	0,18	1,98	11 620,4		0,0	82,0	0,085	8,97	2 005,1	10,3	18,5	1 986,6	1 331,0	655,6
12	600,0	0,18	2,16	12 676,8	4474,9	0,0	82,0	0,085	8,97	6 023,0	10,3	18,5	6 004,5	4 029,3	1 981,1
13	650,0	0,18	2,34	13 733,2		0,0	82,0	0,085	8,97	4 238,4	10,3	18,5	4 219,9	2 827,3	1 392,5
14	700,0	0,18	2,52	14 789,6		0,0	82,0	0,085	8,97	3 043,4	10,3	18,5	3 024,9	2 028,6	996,2
15	750,0	0,18	2,7	15 846,0		0,0	82,0	0,085	8,97	2 242,7	10,3	18,5	2 224,2	1 480,2	734,0
16	800,0	0,18	2,88	16 902,4	5105,9	0,0	82,0	0,085	8,97	6 812,1	10,3	18,5	6 793,6	4 551,7	2 241,9
17	850,0	0,18	3,06	17 958,8		0,0	82,0	0,085	8,97	4 767,8	10,3	18,5	4 749,3	3 182,0	1 567,2
18	900,0	0,18	3,24	19 015,2		0,0	82,0	0,085	8,97	3 388,0	10,3	18,5	3 369,5	2 284,3	1 115,2
19	950,0	0,18	3,42	20 071,6		0,0	82,0	0,085	8,97	2 480,3	10,3	18,5	2 461,8	1 684,4	812,4
20	1000,0	0,18	3,6	21 128,0	5738,8	0,0	82,0	0,085	8,97	7 602,3	10,3	18,5	7 583,8	5 081,1	2 502,6
21	1050,0	0,336	3,936	5 081,1		0,0	82,0	0,1	8,2	5 325,3	10,3	34,5	5 300,8	3 561,5	1 744,3
22	1100,0	0,336	4,272	3 561,5		0,0	82,0	0,1	8,2	3 805,7	10,3	34,5	3 771,2	2 526,7	1 244,5
23	1150,0	0,336	4,608	2 526,7		0,0	82,0	0,1	8,2	2 780,9	10,3	34,5	2 746,4	1 840,1	906,3
24	1200,0	0,336	4,944	1 840,1	6402,7	0,0	82,0	0,1	8,2	8 487,0	10,3	34,5	8 452,5	5 689,9	2 797,6
25	1250,0	0,336	5,28	5 689,9		0,0	82,0	0,1	8,2	5 924,1	10,3	34,5	5 889,6	3 968,0	1 943,6
26	1300,0	0,336	5,616	3 968,0		0,0	82,0	0,1	8,2	4 200,2	10,3	34,5	4 165,7	2 791,0	1 374,7
27	1350,0	0,336	5,952	2 791,0		0,0	82,0	0,1	8,2	3 045,2	10,3	34,5	3 010,7	2 017,2	993,5
28	1400,0	0,336	6,288	9 121,8	7104,4	0,0	82,0	0,1	8,2	9 375,8	10,3	34,5	9 341,3	6 258,8	3 082,5
29	1450,0	0,336	6,624	6 258,8		0,0	82,0	0,1	8,2	6 512,8	10,3	34,5	6 478,3	4 340,5	2 137,9
30	1500,0	0,336	6,96	4 340,5		0,0	82,0	0,1	8,2	4 584,7	10,3	34,5	4 550,2	3 065,5	1 504,9
31	1550,0	0,336	7,296	3 065,5		0,0	82,0	0,1	8,2	3 309,5	10,3	34,5	3 275,0	2 184,3	1 080,8
32	1600,0	0,336	7,632	10 600,3	7808,1	0,0	82,0	0,1	8,2	10 254,5	10,3	34,5	10 220,0	6 847,4	3 372,8
33	1650,0	0,336	7,968	6 847,4		0,0	82,0	0,1	8,2	7 101,8	10,3	34,5	7 067,1	4 736,0	2 335,1
34	1700,0	0,336	8,304	4 736,0		0,0	82,0	0,1	8,2	4 986,2	10,3	34,5	4 951,7	3 319,6	1 636,0
35	1750,0	0,336	8,64	3 319,6		0,0	82,0	0,1	8,2	3 673,8	10,3	34,5	3 639,3	2 371,3	1 188,0
36	1800,0	0,336	8,976	10 873,1	8507,8	0,0	82,0	0,1	8,2	11 133,3	10,3	34,5	11 098,8	7 436,2	2 662,6
37	1850,0	0,336	9,312	7 436,2		0,0	82,0	0,1	8,2	7 890,4	10,3	34,5	7 855,9	5 126,5	2 764,6
38	1900,0	0,336	9,648	5 126,5		0,0	82,0	0,1	8,2	5 287,7	10,3	34,5	5 253,1	3 583,0	1 704,2
39	1950,0	0,336	9,984	3 583,0		0,0	82,0	0,1	8,2	3 898,1	10,3	34,5	3 863,6	2 548,4	1 250,2
40	2000,0	0,336	10,32	11 757,9	9204,9	0,0	82,0	0,1	8,2	12 012,1	10,3	34,5	11 977,6	8 028,0	3 954,6
41	2050,0	0,408	10,758	8 028,0		0,0	82,0	0,188	15,17	9 498,3	10,3	47,9	9 447,4	5 259,7	3 787,8
42	2100,0	0,408	11,194	5 259,7		0,0	82,0	0,188	15,17	6 130,0	10,3	47,9	6 082,1	4 076,0	2 054,1
43	2150,0	0,408	11,63	4 076,0		0,0	82,0	0,188	15,17	4 545,8	10,3	47,9	4 497,4	3 013,2	1 484,1
44	2200,0	0,408	12,066	13 234,7	10201,5	0,0	82,0	0,188	15,17	13 714,0	10,3	47,9	13 667,1	9 187,0	4 517,0
45	2250,0	0,408	12,502	9 187,0		0,0	82,0	0,188	15,17	9 627,2	10,3	47,9	9 572,3	6 418,1	3 189,1
46	2300,0	0,408	12,938	6 418,1		0,0	82,0	0,188	15,17	6 888,4	10,3	47,9	6 840,5	4 983,2	2 387,4
47	2350,0	0,408	13,374	4 983,2		0,0	82,0	0,188	15,17	5 053,5	10,3	47,9	5 005,6	3 563,7	1 651,9
48	2400,0	0,408	13,81	14 934,7	11980,5	0,0	82,0	0,188	15,17	15 408,9	10,3	47,9	15 361,0	10 288,9	5 087,7
49	2450,0	0,408	14,246	10 288,9		0,0	82,0	0,188	15,17	10 758,3	10,3	47,9	10 710,3	7 136,6	3 596,7
50	2500,0	0,408	14,682	7 136,6		0,0	82,0	0,188	15,17	7 646,8	10,3	47,9	7 598,9	5 081,3	2 527,7
51	2550,0	0,408	15,118	5 081,3		0,0	82,0	0,188	15,17	5 581,8	10,3	47,9	5 533,9	3 684,4	1 917,5
52	2600,0	0,408	15,554	18 223,7	13209,8	0,0	82,0	0,188	15,17	17 094,0	10,3	47,9	17 046,1	11 420,6	5 625,2
53	2650,0	0,408	15,99	11 420,6		0,0	82,0	0,188	15,17	11 891,2	10,3	47,9	11 843,3	7 836,0	3 996,7
54	2700,0	0,408	16,426	7 836,0		0,0	82,0	0,188	15,17	8 805,3	10,3	47,9	8 757,4	5 894,4	2 917,9
55	2750,0	0,408	16,862	5 894,4		0,0	82,0	0,188	15,17	6 089,7	10,3	47,9	6 041,8	4 024,8	1 987,2
56	2800,0	0,408	17,298	19 315,2	14275,6	0,0	82,0	0,188	15,17	19 783,3	10,3	47,9	19 735,4	12 962,8	6 782,7
57	2850,0	0,408	17,734	12 962,8		0,0	82,0	0,188	15,17	13 283,1	10,3	47,9	13 235,2	8 895,4	4 387,6
58	2900,0	0,408	18,17	8 895,4		0,0	82,0	0,188	15,17	9 133,7	10,3	47,9	9 085,8	6 127,6	2 958,2
59	2950,0	0,408	18,606	6 127,6		0,0	82,0	0,188	15,17	6 571,8	10,3	47,9	6 523,9	4 378,1	2 143,5
60	3000,0	0,408	19,042	20 002,7	16827,7	0,0	82,0	0,188	15,17	20 473,0	10,3	47,9	20 425,1	13 684,9	6 740,5
61	3050,0	0,77	20,27	13 684,9		0,0	82,0	0,09	7,58	13 973,8	10,3	79,3	13 894,3	9 269,0	4 684,8
62	3100,0	0,77	21,14	9 269,0		0,0	82,0	0,09	7,58	9 497,7	10,3	79,3	9 418,4	6 310,4	3 108,1
63	3150,0	0,77	21,91	6 310,4		0,0	82,0	0,09	7,58	6 539,1	10,3	79,3	6 460,0	4 338,1	2 101,7
64	3200,0	0,77	22,68	21 873,3	18845,4	0,0	82,0	0,09	7,58	21 102,3	10,3	79,3	21 023,0	14 085,0	6 938,3
65	3250,0	0,77	23,45	14 085,0		0,0	82,0	0,09	7,58	14 314,2	10,3	79,3	14 234,9	9 513,9	4 697,5
66	3300,0	0,77	24,22	9 513,9		0,0	82,0	0,09	7,58	9 766,1	10,3	79,3	9 686,8	6 480,2	3 196,7
67	3350,0	0,77	24,99	6 480,2		0,0	82,0	0,09	7,58	6 710,0	10,3	79,3	6 630,9	4 428,0	2 191,1
68	3400,0	0,77	25,76	21 471,8	17022,8	0,0	82,0	0,09	7,58	21 700,2	10,3	79,3	21 620,9	15 480,0	7 134,9
69	3450,0	0,77	26,53	15 480,0		0,0	82,0	0,09	7,58	14 714,7	10,3	79,3	14 635,4	9 865,1	4 825,7
70	3500,0	0,77	27,3	9 865,1		0,0	82,0	0,09	7,58	10 004,5	10,3	79,3	9 920,2	6 620,0	3 385,2
71	3550,0	0,77	28,07	6 620,0		0,0	82,0	0,09	7,58	6 958,6	10,3	79,3	6 879,3	4 589,0	2 359,4
72	3600,0	0,77	28,84	22 085,3	17980,2	0,0	82,0	0,09	7,58	22 298,0	10,3	79,3	22 218,7	16 894,5	7 392,2
73	3650,0	0,77	29,61	16 894,5		0,0	82,0	0,09	7,58	15 115,3	10,3	79,3	15 036,0	10 074,1	4 991,6
74</															

Tab 4-1-1-10 (8) Approvisionnement en eau des rizières (Août)

Août		Approvisionnement en eau - 24.0 mm/jour													
No.	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	Appro. (ml/m²/jour)	Prise d'eau rivière (m³/mois)	Appoint rivière (m³/mois)	Débit journalier (m³/km²)	Bassin versant (km²)	Appoint latéral (m³/jour)	Appro. + Appoint latéral (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m³/mois)	Bilan (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)
1	50.0	0.18	0.18	1 337.4			92.2	0.085	7.837	1 580.3	166.4	299.5	1 280.8	858.2	422.7
2	100.0	0.18	0.36	2 674.8	422.7	1364.0	92.2	0.085	7.837	3 311.7	166.4	299.5	4 012.2	2 699.2	1 324.0
3	150.0	0.18	0.54	4 012.2			92.2	0.085	7.837	2 901.1	166.4	299.5	2 601.6	1 760.2	864.4
4	200.0	0.18	0.72	5 349.6	2192.5	1394.0	92.2	0.085	7.837	5 592.5	166.4	299.5	5 293.0	3 546.3	1 746.7
5	250.0	0.18	0.90	6 687.0			92.2	0.085	7.837	3 789.3	166.4	299.5	3 489.8	2 338.1	1 151.6
6	300.0	0.18	1.08	8 024.4	2339.1		92.2	0.085	7.837	2 581.1	166.4	299.5	2 281.6	1 526.8	752.9
7	350.0	0.18	1.26	9 361.8			92.2	0.085	7.837	1 771.8	166.4	299.5	1 472.1	966.3	485.8
8	400.0	0.18	1.44	10 699.2	4137.0	2293.3	92.2	0.085	7.837	5 592.5	166.4	299.5	5 293.0	3 546.3	1 746.7
9	450.0	0.18	1.62	12 036.6			92.2	0.085	7.837	3 789.3	166.4	299.5	3 489.8	2 338.1	1 151.6
10	500.0	0.18	1.80	13 374.0			92.2	0.085	7.837	2 581.1	166.4	299.5	2 281.6	1 526.8	752.9
11	550.0	0.18	1.98	14 711.4			92.2	0.085	7.837	1 771.8	166.4	299.5	1 472.1	966.3	485.8
12	600.0	0.18	2.16	16 048.8	4137.0	2253.3	92.2	0.085	7.837	5 592.5	166.4	299.5	5 293.0	3 546.3	1 746.7
13	650.0	0.18	2.34	17 386.2			92.2	0.085	7.837	3 789.3	166.4	299.5	3 489.8	2 338.1	1 151.6
14	700.0	0.18	2.52	18 723.6			92.2	0.085	7.837	2 581.1	166.4	299.5	2 281.6	1 526.8	752.9
15	750.0	0.18	2.70	20 061.0			92.2	0.085	7.837	1 771.8	166.4	299.5	1 472.1	966.3	485.8
16	800.0	0.18	2.88	21 398.4	4137.0	2263.3	92.2	0.085	7.837	5 592.5	166.4	299.5	5 293.0	3 546.3	1 746.7
17	850.0	0.18	3.06	22 735.8			92.2	0.085	7.837	3 789.3	166.4	299.5	3 489.8	2 338.1	1 151.6
18	900.0	0.18	3.24	24 073.2			92.2	0.085	7.837	2 581.1	166.4	299.5	2 281.6	1 526.8	752.9
19	950.0	0.18	3.42	25 410.6			92.2	0.085	7.837	1 771.8	166.4	299.5	1 472.1	966.3	485.8
20	1000.0	0.18	3.60	26 748.0	4137.0	3861.3	92.2	0.085	7.837	9 047.8	166.4	299.5	8 748.0	5 861.1	2 886.8
21	1050.0	0.305	3.905	5 861.1			92.2	0.1	9.22	6 147.0	166.4	557.4	5 592.5	3 745.0	1 844.5
22	1100.0	0.305	4.205	5 745.0			92.2	0.1	9.22	4 600.6	166.4	557.4	3 473.4	2 327.2	1 146.2
23	1150.0	0.305	4.505	2 327.2			92.2	0.1	9.22	2 613.0	166.4	557.4	2 065.5	1 377.2	676.3
24	1200.0	0.305	4.805	9 956.2	6255.9	2323.1	92.2	0.1	9.22	10 242.0	166.4	557.4	9 684.6	6 496.7	3 195.9
25	1250.0	0.305	5.105	8 488.7			92.2	0.1	9.22	6 774.5	166.4	557.4	6 217.0	4 165.4	2 051.6
26	1300.0	0.305	5.405	4 165.4			92.2	0.1	9.22	4 451.2	166.4	557.4	3 893.8	2 806.8	1 285.0
27	1350.0	0.305	5.705	2 608.8			92.2	0.1	9.22	2 894.7	166.4	557.4	2 337.2	1 566.8	771.3
28	1400.0	0.305	6.005	9 956.2	7303.8	1066.5	92.2	0.1	9.22	10 242.0	166.4	557.4	9 684.6	6 496.7	3 195.9
29	1450.0	0.305	6.305	6 488.7			92.2	0.1	9.22	6 774.5	166.4	557.4	6 217.0	4 165.4	2 051.6
30	1500.0	0.305	6.605	4 165.4			92.2	0.1	9.22	4 451.2	166.4	557.4	3 893.8	2 806.8	1 285.0
31	1550.0	0.305	6.905	2 608.8			92.2	0.1	9.22	2 894.7	166.4	557.4	2 337.2	1 566.8	771.3
32	1600.0	0.305	7.205	9 956.2	7303.8	1066.5	92.2	0.1	9.22	10 242.0	166.4	557.4	9 684.6	6 496.7	3 195.9
33	1650.0	0.305	7.505	6 488.7			92.2	0.1	9.22	6 774.5	166.4	557.4	6 217.0	4 165.4	2 051.6
34	1700.0	0.305	7.805	4 165.4			92.2	0.1	9.22	4 451.2	166.4	557.4	3 893.8	2 806.8	1 285.0
35	1750.0	0.305	8.105	2 608.8			92.2	0.1	9.22	2 894.7	166.4	557.4	2 337.2	1 566.8	771.3
36	1800.0	0.305	8.405	9 956.2	7303.8	1066.5	92.2	0.1	9.22	10 242.0	166.4	557.4	9 684.6	6 496.7	3 195.9
37	1850.0	0.305	8.705	6 488.7			92.2	0.1	9.22	6 774.5	166.4	557.4	6 217.0	4 165.4	2 051.6
38	1900.0	0.305	9.005	4 165.4			92.2	0.1	9.22	4 451.2	166.4	557.4	3 893.8	2 806.8	1 285.0
39	1950.0	0.305	9.305	2 608.8			92.2	0.1	9.22	2 894.7	166.4	557.4	2 337.2	1 566.8	771.3
40	2000.0	0.305	9.605	9 956.2	7303.8	1066.5	92.2	0.1	9.22	10 242.0	166.4	557.4	9 684.6	6 496.7	3 195.9
41	2050.0	0.425	10.025	6 430.1			92.2	0.185	17.057	5 958.9	166.4	773.8	6 185.1	5 484.2	2 701.1
42	2100.0	0.425	10.450	6 484.0			92.2	0.185	17.057	4 512.5	166.4	773.8	4 299.0	3 910.3	1 738.0
43	2150.0	0.425	10.875	3 572.0			92.2	0.185	17.057	4 708.9	166.4	773.8	3 265.2	2 187.7	1 077.5
44	2200.0	0.425	11.300	13 819.8	9858.8	1972.5	92.2	0.185	17.057	14 548.6	166.4	773.8	13 574.8	9 086.1	4 479.7
45	2250.0	0.425	11.725	9 095.1			92.2	0.185	17.057	9 623.9	166.4	773.8	8 850.1	5 929.6	2 920.5
46	2300.0	0.425	12.150	5 929.6			92.2	0.185	17.057	6 458.4	166.4	773.8	5 884.8	3 806.7	1 875.9
47	2350.0	0.425	12.575	3 806.7			92.2	0.185	17.057	4 307.4	166.4	773.8	3 563.7	2 387.7	1 176.0
48	2400.0	0.425	13.000	13 819.8	10452.2	980.0	92.2	0.185	17.057	14 348.6	166.4	773.8	13 274.8	9 086.1	4 479.7
49	2450.0	0.425	13.425	9 095.1			92.2	0.185	17.057	9 623.9	166.4	773.8	8 850.1	5 929.6	2 920.5
50	2500.0	0.425	13.850	5 929.6			92.2	0.185	17.057	6 458.4	166.4	773.8	5 884.8	3 806.7	1 875.9
51	2550.0	0.425	14.275	3 806.7			92.2	0.185	17.057	4 307.4	166.4	773.8	3 563.7	2 387.7	1 176.0
52	2600.0	0.425	14.700	13 819.8	10452.2	980.0	92.2	0.185	17.057	14 348.6	166.4	773.8	13 274.8	9 086.1	4 479.7
53	2650.0	0.425	15.125	9 095.1			92.2	0.185	17.057	9 623.9	166.4	773.8	8 850.1	5 929.6	2 920.5
54	2700.0	0.425	15.550	5 929.6			92.2	0.185	17.057	6 458.4	166.4	773.8	5 884.8	3 806.7	1 875.9
55	2750.0	0.425	15.975	3 806.7			92.2	0.185	17.057	4 307.4	166.4	773.8	3 563.7	2 387.7	1 176.0
56	2800.0	0.425	16.400	13 819.8	10452.2	980.0	92.2	0.185	17.057	14 348.6	166.4	773.8	13 274.8	9 086.1	4 479.7
57	2850.0	0.425	16.825	9 095.1			92.2	0.185	17.057	9 623.9	166.4	773.8	8 850.1	5 929.6	2 920.5
58	2900.0	0.425	17.250	5 929.6			92.2	0.185	17.057	6 458.4	166.4	773.8	5 884.8	3 806.7	1 875.9
59	2950.0	0.425	17.675	3 806.7			92.2	0.185	17.057	4 307.4	166.4	773.8	3 563.7	2 387.7	1 176.0
60	3000.0	0.425	18.100	13 819.8	10452.2	7778.4	92.2	0.185	17.057	21 147.0	166.4	773.8	20 373.3	13 650.1	6 723.2
61	3050.0	0.77	20.37	13 650.1			92.2	0.09	8.298	13 907.3	166.4	1281.3	12 626.0	6 458.4	4 166.8
62	3100.0	0.77	21.14	8 458.4			92.2	0.09	8.298	5 716.7	166.4	1281.3	7 436.4	4 981.7	2 453.7
63	3150.0	0.77	21.91	4 981.7			92.2	0.09	8.298	5 299.0	166.4	1281.3	3 987.7	2 681.8	1 306.0
64	3200.0	0.77	22.68	22 884.4	14843.5	5583.3	92.2	0.09	8.298	23 141.6	166.4	1281.3	21 860.4	14 646.4	7 213.9
65	3250.0	0.77	23.45	14 646.4			92.2	0.09	8.298	14 903.7	166.4	1281.3	13 622.4	9 127.0	4 495.4
66	3300.0	0.77	24.22	9 127.0			92.2	0.09	8.298	9 384.2	166.4	1281.3	6 103.0	5 429.0	2 674.0
67	3350.0	0.77	24.99	5 429.0			92.2	0.09	8.298	5 885.2	166.4	1281.3	4 404.9	2 951.3	1 453.6
68	3400.0	0.77	25.76	22 884.4	15036.0	4094.2	92.2	0.09	8.298	23 141.6	166.4	1281.3	21 860.4	14 646.4	7 213.9
69	3450.0	0.77	26.53	14 646.4			92.2	0.09	8.298	14 903.7	166.4	1281.3	13 622.4	9 127.0	4 495.4
70	3500.0	0.77	27.30	9 127.0			92.2	0.09	8.298	9 384.2	166.4	1281.3	6 103.0	5 429.0	2 674.0
71	3550.0	0.77	28.07	5 429.0			92.2	0.09	8.298	5 885.2	166.4	1281.3	4 404.9	2 951.3	1 453.6
72	3600.0	0.77	28.84	18 788.2	19836.9		92.2	0.09	8.298	19 045.5	166.4	1281.3	17 764.2	11 602.0	5 862.2
73	3650.0	0.77	29.61	11 902.0			92.2	0.09	8.298	12 158.2	166.4	1281.3	10 878.0	7 288.2	3 589.7
74	3700.0	0.77	30.38</												

Tab 4-1-1-10 (9) Approvisionnement en eau des rizières (Sept.)

Sept. Approvisionnement en eau - 26.4 mm/jour

No.	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial (m³/mois)	Prise d'eau rivière (m³/mois)	Appro. rivière (m³/mois)	Débit journalier (m³/kmz)	Bassin versant (kmz)	Appro. latéral (m³/jour)	Appro. + Appro. latéral (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m³/mois)	Bilan (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)
1	50.0	0.18	0.144	1 582.9			61.5	0.085	5.227.5	1 744.9	293.0	527.4	1 217.5	615.7	401.8
2	100.0	0.18	0.324	3 165.7	401.8	1948.2	61.5	0.085	5.227.5	5 276.0	293.0	527.4	4 748.6	3 181.5	1 567.0
3	150.0	0.18	0.504	3 181.5			61.5	0.085	5.227.5	3 343.6	293.0	527.4	2 816.2	1 886.9	829.3
4	200.0	0.18	0.684	6 127.2	2496.4	1744.0	61.5	0.085	5.227.5	6 298.3	293.0	527.4	5 781.9	3 890.4	1 901.4
5	250.0	0.18	0.864	3 693.4			61.5	0.085	5.227.5	4 022.5	293.0	527.4	3 495.1	2 341.7	1 153.4
6	300.0	0.18	1.044	3 341.7			61.5	0.085	5.227.5	2 503.8	293.0	527.4	1 976.4	1 324.2	652.2
7	350.0	0.18	1.224	1 324.2			61.5	0.085	5.227.5	1 486.2	293.0	527.4	958.8	642.4	316.4
8	400.0	0.18	1.404	6 127.2	4023.4	1481.4	61.5	0.085	5.227.5	6 298.3	293.0	527.4	5 781.9	3 890.4	1 901.4
9	450.0	0.18	1.584	3 890.4			61.5	0.085	5.227.5	4 022.5	293.0	527.4	3 495.1	2 341.7	1 153.4
10	500.0	0.18	1.764	2 341.7			61.5	0.085	5.227.5	2 503.8	293.0	527.4	1 976.4	1 324.2	652.2
11	550.0	0.18	1.944	1 324.2			61.5	0.085	5.227.5	1 486.2	293.0	527.4	958.8	642.4	316.4
12	600.0	0.18	2.124	6 127.2	4023.4	1481.4	61.5	0.085	5.227.5	6 298.3	293.0	527.4	5 781.9	3 890.4	1 901.4
13	650.0	0.18	2.304	3 890.4			61.5	0.085	5.227.5	4 022.5	293.0	527.4	3 495.1	2 341.7	1 153.4
14	700.0	0.18	2.484	2 341.7			61.5	0.085	5.227.5	2 503.8	293.0	527.4	1 976.4	1 324.2	652.2
15	750.0	0.18	2.664	1 324.2			61.5	0.085	5.227.5	1 486.2	293.0	527.4	958.8	642.4	316.4
16	800.0	0.18	2.844	6 127.2	4023.4	1481.4	61.5	0.085	5.227.5	6 298.3	293.0	527.4	5 781.9	3 890.4	1 901.4
17	850.0	0.18	3.024	3 890.4			61.5	0.085	5.227.5	4 022.5	293.0	527.4	3 495.1	2 341.7	1 153.4
18	900.0	0.18	3.204	2 341.7			61.5	0.085	5.227.5	2 503.8	293.0	527.4	1 976.4	1 324.2	652.2
19	950.0	0.18	3.384	1 324.2			61.5	0.085	5.227.5	1 486.2	293.0	527.4	958.8	642.4	316.4
20	1000.0	0.18	3.564	10 084.4	4023.4	3418.5	61.5	0.085	5.227.5	10 246.4	293.0	527.4	9 718.0	6 511.7	3 207.3
21	1050.0	0.308	3 899.6	6 511.7			61.5	0.1	6.15	6 702.4	293.0	981.6	5 720.8	3 830.0	1 892.8
22	1100.0	0.308	4 208	3 830.0			61.5	0.1	6.15	4 023.8	293.0	981.6	3 043.1	2 036.2	1 009.9
23	1150.0	0.308	4 509	2 036.2			61.5	0.1	6.15	2 228.0	293.0	981.6	1 247.3	635.7	411.6
24	1200.0	0.308	4 804	11 403.4	6510.6	4067.1	61.5	0.1	6.15	11 594.1	293.0	981.6	10 612.5	7 110.4	3 502.1
25	1250.0	0.308	5 109	7 110.4			61.5	0.1	6.15	7 301.0	293.0	981.6	6 319.5	4 234.0	2 085.4
26	1300.0	0.308	5 414	4 234.0			61.5	0.1	6.15	4 424.7	293.0	981.6	3 443.1	2 306.9	1 136.2
27	1350.0	0.308	5 709	2 306.9			61.5	0.1	6.15	2 497.6	293.0	981.6	1 516.0	1 015.7	500.3
28	1400.0	0.308	6 004	11 403.4	7224.1	3163.6	61.5	0.1	6.15	11 594.1	293.0	981.6	10 612.5	7 110.4	3 502.1
29	1450.0	0.308	6 299	7 110.4			61.5	0.1	6.15	7 301.0	293.0	981.6	6 319.5	4 234.0	2 085.4
30	1500.0	0.308	6 594	4 234.0			61.5	0.1	6.15	4 424.7	293.0	981.6	3 443.1	2 306.9	1 136.2
31	1550.0	0.308	6 889	2 306.9			61.5	0.1	6.15	2 497.6	293.0	981.6	1 516.0	1 015.7	500.3
32	1600.0	0.308	7 184	11 403.4	7224.1	3163.6	61.5	0.1	6.15	11 594.1	293.0	981.6	10 612.5	7 110.4	3 502.1
33	1650.0	0.308	7 479	7 110.4			61.5	0.1	6.15	7 301.0	293.0	981.6	6 319.5	4 234.0	2 085.4
34	1700.0	0.308	7 774	4 234.0			61.5	0.1	6.15	4 424.7	293.0	981.6	3 443.1	2 306.9	1 136.2
35	1750.0	0.308	8 069	2 306.9			61.5	0.1	6.15	2 497.6	293.0	981.6	1 516.0	1 015.7	500.3
36	1800.0	0.308	8 364	11 403.4	7224.1	3163.6	61.5	0.1	6.15	11 594.1	293.0	981.6	10 612.5	7 110.4	3 502.1
37	1850.0	0.308	8 659	7 110.4			61.5	0.1	6.15	7 301.0	293.0	981.6	6 319.5	4 234.0	2 085.4
38	1900.0	0.308	8 954	4 234.0			61.5	0.1	6.15	4 424.7	293.0	981.6	3 443.1	2 306.9	1 136.2
39	1950.0	0.308	9 249	2 306.9			61.5	0.1	6.15	2 497.6	293.0	981.6	1 516.0	1 015.7	500.3
40	2000.0	0.308	9 544	11 403.4	7224.1	3163.6	61.5	0.1	6.15	11 594.1	293.0	981.6	10 612.5	7 110.4	3 502.1
41	2050.0	0.485	10 729	4 992.8			61.5	0.185	11 377.8	5 343.5	293.0	1362.5	3 981.0	2 867.3	1 313.7
42	2100.0	0.485	11 194	2 867.3			61.5	0.185	11 377.8	3 020.0	293.0	1362.5	1 687.5	1 110.5	547.0
43	2150.0	0.485	11 589	1 110.5			61.5	0.185	11 377.8	1 463.2	293.0	1362.5	100.8	87.5	30.3
44	2200.0	0.485	12 134	15 828.6	4362.1	11428.9	61.5	0.185	11 377.8	16 181.3	293.0	1362.5	14 818.9	9 928.6	4 890.2
45	2250.0	0.485	12 589	9 928.6			61.5	0.185	11 377.8	10 281.3	293.0	1362.5	8 918.9	5 975.7	2 943.2
46	2300.0	0.485	13 054	5 975.7			61.5	0.185	11 377.8	6 326.4	293.0	1362.5	4 985.9	3 327.2	1 638.7
47	2350.0	0.485	13 519	3 327.2			61.5	0.185	11 377.8	3 679.9	293.0	1362.5	2 317.4	1 552.7	764.7
48	2400.0	0.485	13 984	15 828.6	10236.9	4029.0	61.5	0.185	11 377.8	16 181.3	293.0	1362.5	14 818.9	9 928.6	4 890.2
49	2450.0	0.485	14 449	9 928.6			61.5	0.185	11 377.8	10 281.3	293.0	1362.5	8 918.9	5 975.7	2 943.2
50	2500.0	0.485	14 914	5 975.7			61.5	0.185	11 377.8	6 326.4	293.0	1362.5	4 985.9	3 327.2	1 638.7
51	2550.0	0.485	15 379	3 327.2			61.5	0.185	11 377.8	3 679.9	293.0	1362.5	2 317.4	1 552.7	764.7
52	2600.0	0.485	15 844	15 828.6	10236.9	4029.0	61.5	0.185	11 377.8	16 181.3	293.0	1362.5	14 818.9	9 928.6	4 890.2
53	2650.0	0.485	16 309	9 928.6			61.5	0.185	11 377.8	10 281.3	293.0	1362.5	8 918.9	5 975.7	2 943.2
54	2700.0	0.485	16 774	5 975.7			61.5	0.185	11 377.8	6 326.4	293.0	1362.5	4 985.9	3 327.2	1 638.7
55	2750.0	0.485	17 239	3 327.2			61.5	0.185	11 377.8	3 679.9	293.0	1362.5	2 317.4	1 552.7	764.7
56	2800.0	0.485	17 704	15 828.6	10236.9	4029.0	61.5	0.185	11 377.8	16 181.3	293.0	1362.5	14 818.9	9 928.6	4 890.2
57	2850.0	0.485	18 169	9 928.6			61.5	0.185	11 377.8	10 281.3	293.0	1362.5	8 918.9	5 975.7	2 943.2
58	2900.0	0.485	18 634	5 975.7			61.5	0.185	11 377.8	6 326.4	293.0	1362.5	4 985.9	3 327.2	1 638.7
59	2950.0	0.485	19 099	3 327.2			61.5	0.185	11 377.8	3 679.9	293.0	1362.5	2 317.4	1 552.7	764.7
60	3000.0	0.485	19 564	15 828.6	10236.9	11825.6	61.5	0.185	11 377.8	23 989.0	293.0	1362.5	22 606.5	15 145.7	7 459.8
61	3050.0	0.77	20 304	15 145.7			61.5	0.09	5 535	15 317.3	293.0	2256.1	13 061.2	8 731.0	4 310.2
62	3100.0	0.77	21 104	8 731.0			61.5	0.09	5 535	8 922.6	293.0	2256.1	6 806.5	4 486.5	2 199.9
63	3150.0	0.77	21 874	4 486.5			61.5	0.09	5 535	4 636.1	293.0	2256.1	2 367.0	1 596.0	786.1
64	3200.0	0.77	22 644	20 216.8	14756.0	9856.8	61.5	0.09	5 535	26 382.4	293.0	2256.1	24 126.3	16 164.8	7 961.7
65	3250.0	0.77	23 414	16 164.8			61.5	0.09	5 535	16 336.2	293.0	2256.1	14 062.1	9 433.7	4 646.4
66	3300.0	0.77	24 184	9 433.7			61.5	0.09	5 535	9 605.2	293.0	2256.1	7 348.1	4 923.9	2 425.2
67	3350.0	0.77	24 954	4 923.9			61.5	0.09	5 535	5 096.5	293.0	2256.1	2 892.4	1 932.4	937.0
68	3400.0	0.77	25 724	26 210.8	15970.3	8338.1	61.5	0.09	5 535	26 382.4	293.0	2256.1	24 126.3	16 164.8	7 961.7
69	3450.0	0.77	26 494	16 164.8			61.5	0.09	5 535	16 336.2	293.0	2256.1	14 062.1	9 433.7	4 646.4
70	3500.0	0.77	27 264	9 433.7			61.5	0.09	5 535	9 605.2	293.0	2256.1	7 348.1	4 923.9	2 425.2
71	3550.0	0.77	28 034	4 923.9			61.5	0.09	5 535	5 096.5	293.0	2256.1	2 892.4	1 932.4	937.0
72	3600.0	0.77	28 804	17 873.7	15970.3		61.5	0.09	5 535	18 044.3	293.0	2256.1	15 786.2	10 578.1	5 210.1
73	3650.0	0.77	29 574	10 578.1			61.5	0.09	5 535	10 749.7	293.0	2256			

Tab 4-1-1-10 (10) Approvisionnement en eau des rizières (Oct.)

Oct. Approvisionnement en eau - 20,7 mm/jour															
No.	Distance (m)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	7-(5+6)	8-(2+7)*31	(9)	10-(3+9)*1000/1000	11-(8+11)	12-(10+12)*0,87	13-(12+13)*0,59	
		Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial/répète (m³/mois)	Prise d'eau rivière (m³/mois)	Apport rivière (m³/mois)	Débit journalier (m³/km²)	Bassin versant (km²)	Apport latéral (m³/jour)	Appro. + Apport latéral (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m³/mois)	Bilan (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)
1	50,0	0,18	0,18	1 157,0			136,5	0,085	11,6025	1 516,7	66,2	116,2	1 267,6	636,4	461,2
2	100,0	0,18	0,36	2 314,1	481,2	916,5	136,5	0,085	11,6025	3 590,3	66,2	116,2	3 471,1	2 225,7	1 145,5
3	150,0	0,18	0,54	3 471,3			136,5	0,085	11,6025	5 949,9	66,2	116,2	5 833,7	3 930,6	1 924,1
4	200,0	0,18	0,72	4 628,5	1 922,3	3 706,2	136,5	0,085	11,6025	8 299,8	66,2	116,2	8 183,6	5 559,7	2 623,9
5	250,0	0,18	0,9	5 785,7			136,5	0,085	11,6025	10 649,7	66,2	116,2	10 533,5	7 187,8	3 451,7
6	300,0	0,18	1,08	6 942,9			136,5	0,085	11,6025	13 000,4	66,2	116,2	12 884,2	8 795,9	4 208,3
7	350,0	0,18	1,26	8 100,1			136,5	0,085	11,6025	15 351,1	66,2	116,2	15 235,0	10 400,0	4 835,1
8	400,0	0,18	1,44	9 257,3	4 287,7	13 545,0	136,5	0,085	11,6025	17 701,9	66,2	116,2	17 585,7	12 004,1	5 461,8
9	450,0	0,18	1,62	10 414,5			136,5	0,085	11,6025	20 052,6	66,2	116,2	19 936,4	13 608,2	6 088,6
10	500,0	0,18	1,8	11 571,7			136,5	0,085	11,6025	22 403,4	66,2	116,2	22 287,2	15 212,3	6 715,4
11	550,0	0,18	1,98	12 728,9			136,5	0,085	11,6025	24 754,1	66,2	116,2	24 638,0	16 816,4	7 342,2
12	600,0	0,18	2,16	13 886,1	6 035,9	19 922,0	136,5	0,085	11,6025	27 104,9	66,2	116,2	26 988,7	18 420,5	7 968,9
13	650,0	0,18	2,34	15 043,3			136,5	0,085	11,6025	29 455,7	66,2	116,2	29 339,5	20 024,6	8 595,7
14	700,0	0,18	2,52	16 200,5			136,5	0,085	11,6025	31 806,4	66,2	116,2	31 690,3	21 628,7	9 222,4
15	750,0	0,18	2,7	17 357,7			136,5	0,085	11,6025	34 157,2	66,2	116,2	34 041,1	23 232,8	9 849,2
16	800,0	0,18	2,88	18 514,9	5 804,1	24 319,0	136,5	0,085	11,6025	36 507,9	66,2	116,2	36 391,8	24 836,9	10 476,0
17	850,0	0,18	3,06	19 672,1			136,5	0,085	11,6025	38 858,7	66,2	116,2	38 742,6	26 441,0	11 102,8
18	900,0	0,18	3,24	20 829,3			136,5	0,085	11,6025	41 209,4	66,2	116,2	41 093,4	28 045,1	11 729,6
19	950,0	0,18	3,42	21 986,5			136,5	0,085	11,6025	43 560,2	66,2	116,2	43 444,2	29 649,2	12 356,4
20	1000,0	0,18	3,6	23 143,7	6 572,3	29 716,0	136,5	0,085	11,6025	45 910,9	66,2	116,2	46 794,9	31 253,3	12 983,2
21	1050,0	0,335	3,935	5 940,4			136,5	0,1	13,65	6 263,5	66,2	221,6	6 041,7	4 048,0	1 995,8
22	1100,0	0,335	4,27	4 048,0			136,5	0,1	13,65	4 471,1	66,2	221,6	4 249,3	2 847,1	1 402,2
23	1150,0	0,335	4,605	2 847,1			136,5	0,1	13,65	3 270,2	66,2	221,6	3 049,8	2 042,5	1 008,6
24	1200,0	0,335	4,94	9 321,1	7 275,6	16 596,7	136,5	0,1	13,65	9 744,2	66,2	221,6	9 522,5	6 380,1	3 142,4
25	1250,0	0,335	5,275	6 380,1			136,5	0,1	13,65	8 603,2	66,2	221,6	8 381,4	4 409,6	2 171,9
26	1300,0	0,335	5,61	4 409,6			136,5	0,1	13,65	4 632,7	66,2	221,6	4 410,9	3 080,3	1 329,8
27	1350,0	0,335	5,945	3 080,3			136,5	0,1	13,65	3 512,5	66,2	221,6	3 290,7	2 204,5	1 089,9
28	1400,0	0,335	6,28	10 136,8	7 921,8	18 058,6	136,5	0,1	13,65	10 548,8	66,2	221,6	10 327,0	6 919,8	3 407,2
29	1450,0	0,335	6,615	6 919,8			136,5	0,1	13,65	7 343,9	66,2	221,6	7 121,1	4 771,2	2 350,0
30	1500,0	0,335	6,95	4 771,2			136,5	0,1	13,65	5 184,3	66,2	221,6	4 972,5	3 331,6	1 640,9
31	1550,0	0,335	7,285	3 331,6			136,5	0,1	13,65	3 754,8	66,2	221,6	3 533,0	2 367,1	1 165,9
32	1600,0	0,335	7,62	18 932,1	8 595,0	27 527,1	136,5	0,1	13,65	11 365,3	66,2	221,6	11 133,5	7 489,5	3 674,1
33	1650,0	0,335	7,955	7 489,5			136,5	0,1	13,65	7 682,6	66,2	221,6	7 460,8	5 132,8	2 328,1
34	1700,0	0,335	8,29	5 132,8			136,5	0,1	13,65	5 555,9	66,2	221,6	5 334,1	3 573,9	1 760,3
35	1750,0	0,335	8,625	3 573,9			136,5	0,1	13,65	3 967,0	66,2	221,6	3 775,3	2 624,1	1 345,8
36	1800,0	0,335	8,96	11 737,7	9 208,2	20 945,9	136,5	0,1	13,65	12 160,8	66,2	221,6	11 939,0	7 992,2	3 946,9
37	1850,0	0,335	9,295	7 992,2			136,5	0,1	13,65	8 423,3	66,2	221,6	8 200,5	5 484,4	2 716,2
38	1900,0	0,335	9,63	5 484,4			136,5	0,1	13,65	5 917,5	66,2	221,6	5 695,7	3 816,1	1 879,6
39	1950,0	0,335	9,965	3 816,1			136,5	0,1	13,65	4 239,3	66,2	221,6	4 017,5	2 691,7	1 325,8
40	2000,0	0,335	10,3	12 543,7	8 651,4	21 195,1	136,5	0,1	13,65	13 660,3	66,2	221,6	13 444,6	8 938,9	4 206,7
41	2050,0	0,465	10,765	8 538,9			136,5	0,185	25,2525	9 321,7	66,2	307,8	9 013,9	6 039,2	2 974,6
42	2100,0	0,465	11,23	6 039,2			136,5	0,185	25,2525	6 622,1	66,2	307,8	6 314,3	4 364,6	2 149,7
43	2150,0	0,465	11,695	4 364,6			136,5	0,185	25,2525	5 147,4	66,2	307,8	4 839,6	3 242,5	1 597,1
44	2200,0	0,465	12,16	14 169,8	10 927,0	25 096,8	136,5	0,185	25,2525	14 952,4	66,2	307,8	14 644,5	9 811,5	4 833,0
45	2250,0	0,465	12,625	9 811,5			136,5	0,185	25,2525	10 694,7	66,2	307,8	10 386,8	6 882,2	3 394,2
46	2300,0	0,465	13,09	6 882,2			136,5	0,185	25,2525	7 675,0	66,2	307,8	7 367,2	4 930,0	2 437,2
47	2350,0	0,465	13,555	4 930,0			136,5	0,185	25,2525	5 716,8	66,2	307,8	5 411,0	3 626,4	1 785,6
48	2400,0	0,465	14,02	16 036,5	12 844,2	28 880,7	136,5	0,185	25,2525	16 662,4	66,2	307,8	16 354,5	11 084,8	5 269,7
49	2450,0	0,465	14,485	11 084,8			136,5	0,185	25,2525	11 667,7	66,2	307,8	11 360,8	7 745,1	3 614,7
50	2500,0	0,465	14,95	7 745,1			136,5	0,185	25,2525	8 527,9	66,2	307,8	8 220,1	5 537,5	2 712,6
51	2550,0	0,465	15,415	5 537,5			136,5	0,185	25,2525	6 290,3	66,2	307,8	5 982,5	4 036,2	1 974,2
52	2600,0	0,465	15,88	17 962,5	13 961,3	31 923,8	136,5	0,185	25,2525	18 752,4	66,2	307,8	18 444,5	12 367,8	6 086,7
53	2650,0	0,465	16,345	12 367,8			136,5	0,185	25,2525	13 140,7	66,2	307,8	12 832,8	8 596,0	4 236,8
54	2700,0	0,465	16,81	8 596,0			136,5	0,185	25,2525	9 380,6	66,2	307,8	9 073,0	6 076,9	2 996,1
55	2750,0	0,465	17,275	6 076,9			136,5	0,185	25,2525	6 661,7	66,2	307,8	6 353,9	4 381,1	2 162,6
56	2800,0	0,465	17,74	19 869,5	15 478,4	35 347,9	136,5	0,185	25,2525	20 652,3	66,2	307,8	20 344,5	13 630,6	6 713,7
57	2850,0	0,465	18,205	13 630,6			136,5	0,185	25,2525	14 413,7	66,2	307,8	14 105,6	9 450,9	4 654,9
58	2900,0	0,465	18,67	9 450,9			136,5	0,185	25,2525	10 233,7	66,2	307,8	9 925,9	6 650,4	3 275,5
59	2950,0	0,465	19,135	6 650,4			136,5	0,185	25,2525	7 433,2	66,2	307,8	7 126,4	4 774,0	2 351,4
60	3000,0	0,465	19,6	21 765,5	16 995,5	38 761,0	136,5	0,185	25,2525	22 952,3	66,2	307,8	22 644,5	14 903,8	7 340,7
61	3050,0	0,77	20,37	14 903,8			136,5	0,09	12,285	15 284,7	66,2	509,7	14 774,9	9 689,2	4 875,7
62	3100,0	0,77	21,14	9 689,2			136,5	0,09	12,285	10 280,0	66,2	509,7	9 770,3	6 546,1	3 224,2
63	3150,0	0,77	21,91	6 546,1			136,5	0,09	12,285	6 926,9	66,2	509,7	6 417,2	4 389,5	2 117,7
64	3200,0	0,77	22,68	21 867,8	17 588,3	39 456,1	136,5	0,09	12,285	22 538,6	66,2	509,7	22 128,9	14 558,4	7 170,3
65	3250,0	0,77	23,45	14 558,4			136,5	0,09	12,285	14 909,2	66,2	509,7	14 409,4	9 607,7	4 761,7
66	3300,0	0,77	24,22	9 607,7			136,5	0,09	12,285	10 048,6	66,2	509,7	9 538,8	6 361,0	3 147,8
67	3350,0	0,77	24,99	6 361,0			136,5	0,09	12,285	6 771,8	66,2	509,7	6 263,1	4 186,6	2 066,5
68	3400,0	0,77	25,76	21 342,2	17 146,8	38 489,0	136,5	0,09	12,285	21 723,0	66,2	509,7	21 213,3	14 212,9	7 000,4
69	3450,0	0,77	26,53	14 212,9			136,5	0,09	12,285	14 593,7	66,2	509,7	14 084,0	9 436,3	4 647,2
70	3500,0	0,77	27,3	9 436,3			136,5	0,09	12,285	9 817,1	66,2	509,7	9 307,4	6 235,9	3 071,4
71	3550,0	0,77	28,07	6 235,9			136,5	0,09	12,285	6 618,8	66,2	509,7	6 107,0	4 091,7	2 015,2
72</															

Tab 4-1-1-10 (11) Approvisionnement en eau des rizières (Nov.)

Nov	Approvisionnement en eau - 18,9 mm/jour		1	2	3	4	5	6	7-5+6	8-2+7+30	9	(8-1)+(9-1000/1000)	(11-8)-(11-0,67)	(12-11)-0,67	(13-11)-0,35
No	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cumul (ha)	Appro. initial/espèce (m³/mois)	Prise d'eau rivièr (m³/mois)	Appro. rivièr (m³/mois)	Débit journalier (m³/km²)	Basin versant (km²)	Appoint latéral (m³/jour)	Appro. latéral (m³/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m³/mois)	Bilan (m³/mois)	Infiltration répétitive (m³/mois)	Retour à la rivière (m³/mois)
1	50,0	0,18	0,18	1.095,6			202,9	0,085	17.248,5	1.590,2	9,5	17,1	1.573,1	1.054,0	519,1
2	100,0	0,18	0,36	2.111,1	519,1	538,0	202,9	0,085	17.248,5	3.183,8	9,5	17,1	3.166,7	2.121,7	1.045,0
3	150,0	0,18	0,54	3.121,7		0,0	202,9	0,085	17.248,5	4.777,3	9,5	17,1	4.760,2	3.166,7	870,9
4	200,0	0,18	0,72	4.086,0	1915,9	401,8	202,9	0,085	17.248,5	6.370,8	9,5	17,1	6.353,7	4.086,0	1.519,2
5	250,0	0,18	0,9	5.050,4		0,0	202,9	0,085	17.248,5	7.964,3	9,5	17,1	7.947,2	5.050,4	1.188,6
6	300,0	0,18	1,08	6.014,7		0,0	202,9	0,085	17.248,5	9.557,8	9,5	17,1	9.540,7	6.014,7	960,2
7	350,0	0,18	1,26	6.979,1		0,0	202,9	0,085	17.248,5	11.151,3	9,5	17,1	11.134,2	6.979,1	818,8
8	400,0	0,18	1,44	7.943,4	4493,8	0,0	202,9	0,085	17.248,5	12.744,8	9,5	17,1	12.727,7	7.943,4	2.200,3
9	450,0	0,18	1,62	8.907,8		0,0	202,9	0,085	17.248,5	14.338,3	9,5	17,1	14.321,2	8.907,8	1.666,3
10	500,0	0,18	1,8	9.872,1		0,0	202,9	0,085	17.248,5	15.931,8	9,5	17,1	15.914,7	9.872,1	1.273,8
11	550,0	0,18	1,98	10.836,5		0,0	202,9	0,085	17.248,5	17.525,3	9,5	17,1	17.508,2	10.836,5	1.024,3
12	600,0	0,18	2,16	11.800,9	6146,8	0,0	202,9	0,085	17.248,5	19.118,8	9,5	17,1	19.101,7	11.800,9	2.896,5
13	650,0	0,18	2,34	12.765,3		0,0	202,9	0,085	17.248,5	20.712,3	9,5	17,1	20.695,2	12.765,3	2.104,1
14	700,0	0,18	2,52	13.729,7		0,0	202,9	0,085	17.248,5	22.305,8	9,5	17,1	22.288,7	13.729,7	1.590,5
15	750,0	0,18	2,7	14.694,1		0,0	202,9	0,085	17.248,5	23.899,3	9,5	17,1	23.882,2	14.694,1	1.229,7
16	800,0	0,18	2,88	15.658,5	7799,8	0,0	202,9	0,085	17.248,5	25.492,8	9,5	17,1	25.475,7	15.658,5	3.598,6
17	850,0	0,18	3,06	16.622,9		0,0	202,9	0,085	17.248,5	27.086,3	9,5	17,1	27.069,2	16.622,9	2.561,8
18	900,0	0,18	3,24	17.587,3		0,0	202,9	0,085	17.248,5	28.679,8	9,5	17,1	28.662,7	17.587,3	1.887,2
19	950,0	0,18	3,42	18.551,7		0,0	202,9	0,085	17.248,5	30.273,3	9,5	17,1	30.256,2	18.551,7	1.436,2
20	1000,0	0,18	3,6	19.516,1	9452,8	0,0	202,9	0,085	17.248,5	31.866,8	9,5	17,1	31.849,7	19.516,1	4.251,8
21	1050,0	0,336	3,936	6.632,4		0,0	202,9	0,1	20.29	9.261,4	9,5	31,8	9.290,6	6.103,8	3.048,8
22	1100,0	0,336	4,272	6.183,8		0,0	202,9	0,1	20.29	8.812,8	9,5	31,8	8.842,0	4.543,3	2.297,7
23	1150,0	0,336	4,608	4.543,3		0,0	202,9	0,1	20.29	5.172,3	9,5	31,8	5.140,4	3.444,1	1.896,3
24	1200,0	0,336	4,944	14.674,7	11231,6	0,0	202,9	0,1	20.29	16.304,7	9,5	31,8	16.372,9	10.230,8	5.040,0
25	1250,0	0,336	5,28	5.273	10.232,8	0,0	202,9	0,1	20.29	10.861,8	9,5	31,8	10.890,0	7.296,1	3.573,9
26	1300,0	0,336	5,616	7.286,1		0,0	202,9	0,1	20.29	7.885,1	9,5	31,8	7.853,3	5.281,7	2.591,6
27	1350,0	0,336	5,952	5.281,7		0,0	202,9	0,1	20.29	5.890,7	9,5	31,8	5.858,9	3.926,4	1.930,4
28	1400,0	0,336	6,288	17.064,4	13138,9	0,0	202,9	0,1	20.29	17.093,4	9,5	31,8	17.061,5	11.831,0	5.028,3
29	1450,0	0,336	6,624	11.893,2		0,0	202,9	0,1	20.29	12.462,2	9,5	31,8	12.430,4	8.326,4	4.102,0
30	1500,0	0,336	6,96	8.328,4		0,0	202,9	0,1	20.29	8.927,3	9,5	31,8	8.895,5	5.960,1	2.945,4
31	1550,0	0,336	7,296	9.960,1		0,0	202,9	0,1	20.29	6.866,1	9,5	31,8	6.834,3	4.456,8	2.170,5
32	1600,0	0,336	7,632	19.451,0	15048,3	0,0	202,9	0,1	20.29	20.962,0	9,5	31,8	20.930,2	13.435,6	6.614,6
33	1650,0	0,336	7,968	13.433,6		0,0	202,9	0,1	20.29	14.062,6	9,5	31,8	14.030,8	9.400,6	4.630,2
34	1700,0	0,336	8,304	9.400,6		0,0	202,9	0,1	20.29	10.026,6	9,5	31,8	9.994,8	6.698,5	3.299,3
35	1750,0	0,336	8,64	6.698,5		0,0	202,9	0,1	20.29	7.307,5	9,5	31,8	7.275,7	4.698,1	2.407,6
36	1800,0	0,336	8,976	21.841,7	16983,6	0,0	202,9	0,1	20.29	22.470,7	9,5	31,8	22.438,9	15.034,0	7.404,8
37	1850,0	0,336	9,312	9.296	15.034,0	0,0	202,9	0,1	20.29	15.983,0	9,5	31,8	15.951,2	10.472,9	5.158,3
38	1900,0	0,336	9,648	10.472,9		0,0	202,9	0,1	20.29	11.101,9	9,5	31,8	11.070,1	7.416,9	3.653,1
39	1950,0	0,336	9,984	7.416,9		0,0	202,9	0,1	20.29	8.045,9	9,5	31,8	8.014,1	5.309,5	2.644,7
40	2000,0	0,336	10,32	24.230,3	19900,9	0,0	202,9	0,1	20.29	24.809,3	9,5	31,8	24.777,5	18.004,4	6.180,1
41	2050,0	0,48	10,768	18.004,4		0,0	202,9	0,185	37.536,5	17.794,1	9,5	44,2	17.759,9	11.895,1	5.864,6
42	2100,0	0,48	11,214	11.895,1		0,0	202,9	0,185	37.536,5	13.056,7	9,5	44,2	13.014,8	8.719,8	4.294,8
43	2150,0	0,48	11,66	8.719,8		0,0	202,9	0,185	37.536,5	9.883,4	9,5	44,2	9.849,2	6.592,3	3.246,9
44	2200,0	0,48	12,106	28.185,3	21581,8	0,0	202,9	0,185	37.536,5	29.945,5	9,5	44,2	29.905,3	19.834,6	9.670,8
45	2250,0	0,48	12,552	19.834,6		0,0	202,9	0,185	37.536,5	20.798,2	9,5	44,2	20.754,0	13.905,2	6.848,8
46	2300,0	0,48	13,000	13.905,2		0,0	202,9	0,185	37.536,5	15.066,8	9,5	44,2	15.024,7	10.060,5	4.986,1
47	2350,0	0,48	13,446	10.060,5		0,0	202,9	0,185	37.536,5	11.230,2	9,5	44,2	11.189,0	7.484,6	3.651,4
48	2400,0	0,48	13,892	32.663,2	35149,1	0,0	202,9	0,185	37.536,5	33.827,3	9,5	44,2	33.783,2	22.634,7	11.148,4
49	2450,0	0,48	14,338	22.634,7		0,0	202,9	0,185	37.536,5	23.796,3	9,5	44,2	23.754,2	15.815,3	7.980,9
50	2500,0	0,48	14,784	15.815,3		0,0	202,9	0,185	37.536,5	17.078,9	9,5	44,2	17.034,6	11.413,3	5.625,5
51	2550,0	0,48	15,230	11.413,3		0,0	202,9	0,185	37.536,5	12.870,9	9,5	44,2	12.827,7	8.396,9	4.136,6
52	2600,0	0,48	15,676	37.141,5	38744,6	0,0	202,9	0,185	37.536,5	38.305,7	9,5	44,2	38.261,0	25.634,9	12.628,1
53	2650,0	0,48	16,122	25.634,9		0,0	202,9	0,185	37.536,5	28.794,3	9,5	44,2	28.744,3	17.906,4	8.628,9
54	2700,0	0,48	16,568	17.906,4		0,0	202,9	0,185	37.536,5	19.089,0	9,5	44,2	19.044,8	12.710,0	5.294,8
55	2750,0	0,48	17,014	12.710,0		0,0	202,9	0,185	37.536,5	13.823,7	9,5	44,2	13.779,5	9.299,3	4.580,2
56	2800,0	0,48	17,460	41.619,8	32520,7	0,0	202,9	0,185	37.536,5	42.783,2	9,5	44,2	42.738,8	28.635,0	14.109,8
57	2850,0	0,48	17,906	28.635,0		0,0	202,9	0,185	37.536,5	29.796,3	9,5	44,2	29.754,5	19.835,5	9.879,0
58	2900,0	0,48	18,352	19.835,5		0,0	202,9	0,185	37.536,5	21.091,1	9,5	44,2	21.046,9	14.150,5	6.943,1
59	2950,0	0,48	18,798	14.150,5		0,0	202,9	0,185	37.536,5	15.370,4	9,5	44,2	15.326,3	10.201,0	5.094,7
60	3000,0	0,48	19,244	34.007,2	36894,5	0,0	202,9	0,185	37.536,5	47.260,6	9,5	44,2	47.216,8	31.835,1	15.581,5
61	3050,0	0,77	20,37	31.835,1		0,0	202,9	0,09	18.261	32.201,2	9,5	73,2	32.129,1	21.528,8	10.600,3
62	3100,0	0,77	21,14	21.528,8		0,0	202,9	0,09	18.261	22.091,9	9,5	73,2	22.018,8	14.782,6	7.266,2
63	3150,0	0,77	21,91	14.782,6		0,0	202,9	0,09	18.261	15.318,7	9,5	73,2	15.245,5	10.214,5	5.031,0
64	3200,0	0,77	22,68	49.695,5	36481,0	0,0	202,9	0,09	18.261	49.261,5	9,5	73,2	49.188,4	32.866,2	16.232,2
65	3250,0	0,77	23,45	32.866,2		0,0	202,9	0,09	18.261	33.222,3	9,5	73,2	33.149,2	22.410,9	11.036,2
66	3300,0	0,77	24,22	22.410,9		0,0	202,9	0,09	18.261	22.977,0	9,5	73,2	22.903,9	15.346,5	7.568,3
67	3350,0	0,77	24,99	15.346,5		0,0	202,9	0,09	18.261	15.911,7	9,5	73,2	15.838,5	10.611,8	5.236,7
68	3400,0	0,77	25,76	50.887,2	40055,4	0,0	202,9	0,09	18.261	51.333,3	9,5	73,2	51.160,2	34.277,3	16.682,9
69	3450,0	0,77	26,53	34.277,3		0,0	202,9	0,09	18.261	34.843,4	9,5	73,2	34.770,3	23.298,1	11.474,2
70	3500,0	0,77	27,3	23.298,1		0,0	202,9	0,09	18.261	23.662,2	9,5	73,2	23.589,0	15.498,5	7.850,4
71	3550,0	0,77	28,07	15.498,5		0,0	202,9								

Tab 4-1-1-10 (12) Approvisionnement en eau des rizières (Déc.)

Déc. Approvisionnement en eau - 18,8 mm/jour

No	Distance (m)	Surface rizière (ha)	Cultiv (ha)	Appro. initial (m3/mois)	Prise d'eau rivière (m3/mois)	Appro. rivière (m3/mois)	Débit journalier (m3/km2)	Bassin versant (km2)	Approit latéral (m3/jour)	Appro. + Approit latéral (m3/mois)	ET mensuel (mm)	Perte mensuelle (m3/mois)	Bilan (m3/mois)	Infiltration répétitive (m3/mois)	Retour à la rivière (m3/mois)	
1	50,0	0,18	0,144	1,048,9			333,5	0,085	28,347,5	1,627,3	5,9	10,6	1,916,7	1,284,7	632,0	
2	100,0	0,18	0,324	2,097,8	632,6	180,3	333,5	0,085	28,347,5	3,156,1	5,9	10,6	3,145,5	2,107,5	1,038,0	
3	150,0	0,18	0,504	3,146,7		0,0	333,5	0,085	28,347,5	4,684,9	5,9	10,6	4,674,3	3,291,6	1,372,7	
4	200,0	0,18	0,684	4,195,6	2020,0	180,3	333,5	0,085	28,347,5	6,213,7	5,9	10,6	6,203,1	4,274,4	1,928,7	
5	250,0	0,18	0,864	5,244,5		0,0	333,5	0,085	28,347,5	7,742,5	5,9	10,6	7,731,9	5,257,1	2,474,8	
6	300,0	0,18	1,044	6,293,4		0,0	333,5	0,085	28,347,5	9,271,3	5,9	10,6	9,260,7	6,240,8	3,020,9	
7	350,0	0,18	1,224	7,342,3		0,0	333,5	0,085	28,347,5	10,800,1	5,9	10,6	10,789,5	7,224,5	3,567,0	
8	400,0	0,18	1,404	8,391,2	5414,0	0,0	333,5	0,085	28,347,5	12,328,9	5,9	10,6	12,318,3	8,208,2	4,113,1	
9	450,0	0,18	1,584	9,440,1		0,0	333,5	0,085	28,347,5	13,857,7	5,9	10,6	13,847,1	9,191,9	4,659,2	
10	500,0	0,18	1,764	10,489,0		0,0	333,5	0,085	28,347,5	15,386,5	5,9	10,6	15,375,9	10,175,7	5,205,3	
11	550,0	0,18	1,944	11,537,9		0,0	333,5	0,085	28,347,5	16,915,3	5,9	10,6	16,904,7	11,159,4	5,751,4	
12	600,0	0,18	2,124	12,586,8	8158,9	0,0	333,5	0,085	28,347,5	18,444,1	5,9	10,6	18,433,5	12,143,2	6,297,4	
13	650,0	0,18	2,304	13,635,7		0,0	333,5	0,085	28,347,5	19,972,9	5,9	10,6	19,962,3	13,127,0	6,843,5	
14	700,0	0,18	2,484	14,684,6		0,0	333,5	0,085	28,347,5	21,501,7	5,9	10,6	21,491,1	14,110,8	7,389,5	
15	750,0	0,18	2,664	15,733,5		0,0	333,5	0,085	28,347,5	23,030,5	5,9	10,6	23,020,5	15,094,6	7,935,6	
16	800,0	0,18	2,844	16,782,4	10959,7	0,0	333,5	0,085	28,347,5	24,559,3	5,9	10,6	24,549,3	16,078,4	8,481,6	
17	850,0	0,18	3,024	17,831,3		0,0	333,5	0,085	28,347,5	26,088,1	5,9	10,6	26,078,7	17,062,2	9,027,6	
18	900,0	0,18	3,204	18,880,2		0,0	333,5	0,085	28,347,5	27,616,9	5,9	10,6	27,607,1	18,046,0	9,573,6	
19	950,0	0,18	3,384	19,929,1		0,0	333,5	0,085	28,347,5	29,145,7	5,9	10,6	29,136,9	19,029,8	10,119,6	
20	1000,0	0,18	3,564	20,978,0	13732,6	0,0	333,5	0,085	28,347,5	30,674,5	5,9	10,6	30,666,7	20,013,6	10,665,6	
21	1050,0	0,336	3,888	22,026,9		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	13,732,1	5,9	18,8	13,712,3	9,187,3	4,525,1
22	1100,0	0,336	4,212	23,075,8		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	10,291,1	5,9	18,8	10,301,3	8,634,9	3,666,4
23	1150,0	0,336	4,536	24,124,7	8334,0	0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	7,666,7	5,9	18,8	7,648,0	6,256,5	2,590,2
24	1200,0	0,336	4,860	25,173,6	16736,0	0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	23,026,7	5,9	18,8	23,008,9	16,416,0	7,592,9
25	1250,0	0,336	5,184	26,222,5		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	16,446,6	5,9	18,8	16,430,1	11,006,1	5,424,0
26	1300,0	0,336	5,508	27,271,4		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	12,042,0	5,9	18,8	12,025,2	8,054,9	3,970,3
27	1350,0	0,336	5,832	28,320,3		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	8,646,7	5,9	18,8	8,630,0	6,079,2	2,926,8
28	1400,0	0,336	6,156	29,369,2	19975,0	0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	27,085,0	5,9	18,8	27,067,3	18,139,2	8,928,1
29	1450,0	0,336	6,480	30,418,1		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	19,167,6	5,9	18,8	19,149,8	12,699,0	6,450,8
30	1500,0	0,336	6,804	31,467,0		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	13,862,9	5,9	18,8	13,843,1	9,274,4	4,568,7
31	1550,0	0,336	7,128	32,515,9		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	10,308,7	5,9	18,8	10,289,0	6,899,6	3,389,4
32	1600,0	0,336	7,452	33,564,8	23913,9	0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	31,141,4	5,9	18,8	31,121,6	20,691,5	10,270,1
33	1650,0	0,336	7,776	34,613,7		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	21,895,3	5,9	18,8	21,865,5	14,648,9	7,246,6
34	1700,0	0,336	8,100	35,662,6		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	15,883,6	5,9	18,8	15,864,0	10,494,9	5,369,1
35	1750,0	0,336	8,424	36,711,5		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	11,526,7	5,9	18,8	11,508,7	7,711,0	3,796,0
36	1800,0	0,336	8,748	37,760,4	26432,9	0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	35,197,7	5,9	18,8	35,179,0	23,589,2	11,608,7
37	1850,0	0,336	9,072	38,809,3		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	24,903,1	5,9	18,8	24,883,3	16,470,5	8,412,8
38	1900,0	0,336	9,396	39,858,2		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	17,604,7	5,9	18,8	17,584,9	11,714,9	5,869,0
39	1950,0	0,336	9,720	40,907,1		0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	12,746,7	5,9	18,8	12,729,0	8,589,4	4,200,6
40	2000,0	0,336	10,044	41,956,0	29891,0	0,0	333,5	0,1	33,35	33,35	39,264,1	5,9	18,8	39,244,3	26,287,0	12,947,3
41	2050,0	0,480	10,720	43,004,9		0,0	333,5	0,185	61,697,5	28,199,6	5,9	27,4	28,173,2	18,875,3	9,299,8	
42	2100,0	0,480	11,396	44,053,8		0,0	333,5	0,185	61,697,5	20,786,0	5,9	27,4	20,760,5	13,009,6	6,850,0	
43	2150,0	0,480	12,072	45,102,7		0,0	333,5	0,185	61,697,5	15,822,2	5,9	27,4	15,794,7	10,582,5	5,212,3	
44	2200,0	0,480	12,748	46,151,6	34307,4	0,0	333,5	0,185	61,697,5	48,832,5	5,9	27,4	48,812,5	31,329,3	15,483,2	
45	2250,0	0,480	13,424	47,200,5		0,0	333,5	0,185	61,697,5	33,251,9	5,9	27,4	33,234,5	22,290,4	10,964,1	
46	2300,0	0,480	14,100	48,249,4		0,0	333,5	0,185	61,697,5	24,173,0	5,9	27,4	24,145,5	16,177,5	7,988,0	
47	2350,0	0,480	14,776	49,298,3		0,0	333,5	0,185	61,697,5	18,092,7	5,9	27,4	18,067,7	12,102,0	5,985,7	
48	2400,0	0,480	15,452	50,347,2	40308,6	0,0	333,5	0,185	61,697,5	54,343,7	5,9	27,4	54,316,8	36,391,6	17,954,2	
49	2450,0	0,480	16,128	51,396,1		0,0	333,5	0,185	61,697,5	38,304,2	5,9	27,4	38,277,6	25,645,4	12,651,3	
50	2500,0	0,480	16,804	52,445,0		0,0	333,5	0,185	61,697,5	27,584,1	5,9	27,4	27,556,2	18,445,5	9,086,1	
51	2550,0	0,480	17,480	53,493,9		0,0	333,5	0,185	61,697,5	20,358,1	5,9	27,4	20,330,7	13,621,6	6,706,1	
52	2600,0	0,480	18,156	54,542,8	46349,8	0,0	333,5	0,185	61,697,5	61,884,0	5,9	27,4	61,856,5	41,443,9	20,412,7	
53	2650,0	0,480	18,832	55,591,7		0,0	333,5	0,185	61,697,5	43,264,5	5,9	27,4	43,239,1	29,020,5	14,296,6	
54	2700,0	0,480	19,508	56,640,6		0,0	333,5	0,185	61,697,5	30,943,1	5,9	27,4	30,915,7	20,713,5	10,202,2	
55	2750,0	0,480	20,184	57,689,5		0,0	333,5	0,185	61,697,5	22,622,1	5,9	27,4	22,596,7	15,141,1	7,452,6	
56	2800,0	0,480	20,860	58,738,4	52971,0	0,0	333,5	0,185	61,697,5	59,424,7	5,9	27,4	59,397,3	46,486,2	22,901,1	
57	2850,0	0,480	21,536	59,787,3		0,0	333,5	0,185	61,697,5	49,406,8	5,9	27,4	49,381,4	32,415,5	15,965,9	
58	2900,0	0,480	22,212	60,836,2		0,0	333,5	0,185	61,697,5	34,328,1	5,9	27,4	34,305,7	22,991,5	11,319,2	
59	2950,0	0,480	22,888	61,885,1		0,0	333,5	0,185	61,697,5	24,894,1	5,9	27,4	24,867,7	16,680,7	8,200,0	
60	3000,0	0,480	23,564	62,934,0	58362,3	0,0	333,5	0,185	61,697,5	76,985,5	5,9	27,4	76,958,0	51,548,5	25,394,0	
61	3050,0	0,72	20,354	61,548,5		0,0	333,5	0,09	30,015	52,479,0	5,9	45,4	52,433,5	36,130,5	17,300,1	
62	3100,0	0,72	21,104	62,607,4		0,0	333,5	0,09	30,015	38,060,9	5,9	45,4	38,015,5	24,130,4	11,885,1	
63	3150,0	0,72	21,854	63,666,3		0,0	333,5	0,09	30,015	25,083,8	5,9	45,4	25,015,4	16,780,3	8,295,1	
64	3200,0	0,72	22,604	64,725,2	62832,9	0,0	333,5	0,09	30,015	80,523,6	5,9	45,4	80,478,2	53,920,4	26,597,8	
65	3250,0	0,72	23,414	65,784,1		0,0	333,5	0,09	30,015	54,850,6	5,9	45,4	54,805,4	36,713,6	18,082,0	
66	3300,0	0,72	24,194	66,843,0		0,0	333,5	0,09	30,015	37,650,1	5,9	45,4	37,604,7	25,195,1	12,439,5	
67	3350,0	0,72	24,994	67,901,9		0,0	333,5	0,09	30,015	26,125,6	5,9	45,4	26,080,2	17,473,7	8,606,5	
68	3400,0	0,72	25,794	68,960,8	66884,6	0,0	333,5	0,09	30,015	84,063,8	5,9	45,4	84,018,3	64,292,5	27,726,0	
69	3450,0	0,72	26,594	69,999,7		0,0	333,5	0,09	30,015	57,322,7	5,9	45,4	57,177,3	38,308,6	18,885,5	
70	3500,0	0,72	27,394	71,038,6		0,										

(3) Plan d'irrigation

(a) Besoin en eau d'irrigation

Le besoin en eau d'irrigation du présente projet a été calculé selon l'assolement étudié dans "4. Plan d'exploitation agricole" ci-dessous et à l'aide des données météorologiques de précipitation et de température.

i) Conditions d'études

1) Assolement

L'assolement et la superficie de culture, proposés par le présent projet sont indiqués en bas.

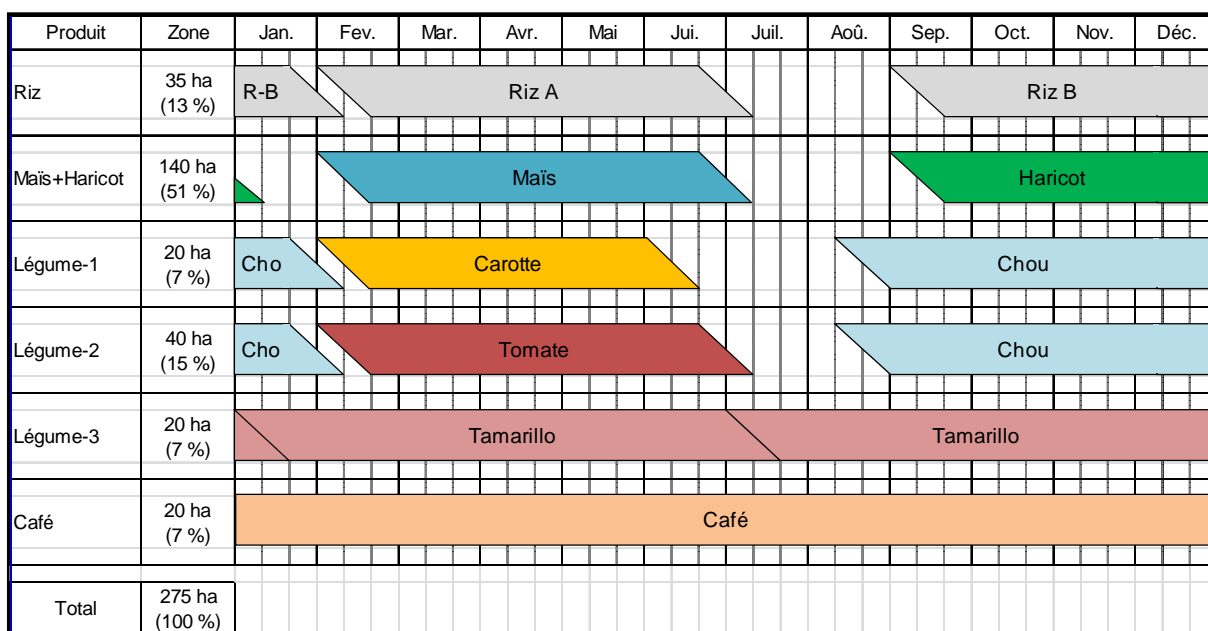


Fig. 4-1-1-20 Assolement

Tableau 4-1-1-11 Superficie de culture

Culture		Superficie de culture		Remarques
Riz de rizièrre inondée		35 ha	(13 %)	
Culture de champs sec	Maïs + Haricots	140 ha	(51 %)	
	Légume-1	20 ha	(7 %)	Carotte + Chou
	Légume-2	40 ha	(15 %)	Tomate + Chou
	Légume-3	20 ha	(7 %)	Tomate arbuste
	Café	20 ha	(7 %)	
Sous-total		240 ha	(87 %)	
Total		275 ha	(100 %)	

2) Données météorologiques

Parmi les données météorologiques nécessaires au calcul du besoin en eau d'irrigation, celles de la station d'observation de Gahororo qui se trouve aux alentours de la zone du projet sont appliquées pour la précipitation et la température maximale et minimale. Pour les données qui ne sont pas observées à la station de Gahororo, à savoir l'humidité relative, la vitesse du vent et les heures d'insolation, celles de la station d'observation de l'aéroport Kigali sont adoptées.

Tableau 4-1-1-12 Données météorologiques

	Précipit. (mm)	Temp. Min. ()	Temp. Max. ()	Humidité (%)	Vent (km/jour)	Insolation (hrs)	Rayonnement (MJ/m ² /jour)	RET (mm/jour)
Jan.	188,2	10,0	25,3	77	324	6,1	18,6	4,01
Fév.	70,7	9,8	26,4	77	297	6,2	19,2	4,20
Mars	91,8	10,3	26,6	77	257	4,9	17,2	3,93
Avr.	152,6	10,0	25,4	84	188	5,2	17,0	3,38
Mai	104,9	10,3	24,3	82	206	5,6	16,5	3,21
Juin.	4,5	11,1	25,6	84	197	5,4	15,6	3,09
Juil.	5,7	10,9	26,3	77	222	4,7	14,9	3,39
Août	53,5	9,9	26,8	64	292	7,7	20,2	4,79
Sept.	20,7	10,6	28,4	72	307	6,0	18,6	4,62
Oct.	118,4	9,5	27,5	74	336	6,7	19,9	4,68
Nov.	161,7	10,0	26,0	83	24	4,7	16,4	3,51
Déc.	161,6	10,4	23,8	85	226	5,4	17,3	3,26
Total/ Moyenne	1 134,3	10,2	26,0	78	258	5,7	17,6	3,84

Notes

*1) Précipitation: Station de Gahororo (Secteur Rurenge, District de Ngoma), 1970.01-12

*2) Température minimum: Station de Gahororo, 1970.01-12

*3) Température Maximum: Station de Gahororo, 1970.01, 1974.02-04, 1970.05-12

*4) Humidité, Vent et Insolation: Station de Kigali, 1974.01-12

*5) Rayonnement et RET (Evapotranspiration de référence) sont calculés par CROPWAT8.0 à la base des autres données.

ii) Calcul du besoin en eau d'irrigation

1) Besoin unitaire en eau d'irrigation

A l'aide du modèle d'eau d'irrigation CROPWAT 8.0 de FAO (Food and Agriculture Organization), on a calculé le besoin unitaire en eau d'irrigation par décade par culture et par assolement.

(Voir les tableaux "Besoin unitaire en eau d'irrigation (par culture)" et "Besoin unitaire en eau d'irrigation (par assolement)" ci-après.)

2) Besoin net en eau d'irrigation

A la base du besoin unitaire en eau d'irrigation, le besoin net en eau d'irrigation en décade par l'assolement a été calculé compte tenu de l'aire de culture.

(Voir le tableau "Besoin unitaire en eau d'irrigation (par assolement)" ci-après.)

3) Besoin brut en eau d'irrigation

A la base du besoin net en eau d'irrigation, le besoin brut en eau d'irrigation a été calculé compte tenu de l'efficacité de l'irrigation et du coefficient de surface de culture.

(Voir les tableaux "Besoin brut en eau d'irrigation (par assolement)" ci-après.)

L'efficacité de l'irrigation et le coefficient d'aire humide, utilisés à ces calculs sont les suivants :

Efficiencce de l'irrigation

L'efficiencce de l'irrigation (E) est le produit de l'efficiencce du transport (Ec) et de l'efficiencce de l'application de l'irrigation au champ (Ea).

Selon le manuel "Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling" de FAO, l'efficiencce du transport et l'efficiencce de l'application sont définis comme suit :

Tableau 4-1-1-13 Efficiencce du transport (Ec)

Description		Efficiencce du transport (Ec)			
Type du canal		Canal de terre			Canal revêtu
Type du sol		Sable	Limon	Argile	-
Longueur du canal	Long (> 2 000 m)	60 %	70 %	80 %	95 %
	Moyen (200- 2 000 m)	70 %	75 %	85 %	95 %
	Court (< 200 m)	80 %	85 %	90 %	95 %

Tab 4-1-1-14 Efficiencce de l'application (Ea)

Méthodes d'irrigation	Efficiencce de l'application (Ea)
Superficie d'irrigation (Bordure, Sillon, Bassin)	60 %
Irrigation par aspersion	75 %
Irrigation goutte à goutte	90 %

Comme on prévoit un canal en maçonnerie pour le canal principal et le canal latéral, et le tuyau pour le canal secondaire dans ce secteur, on a choisi l'efficiencce du transport de 95 % qui correspond au canal revêtu.

Comme on prévoit l'irrigation par tuyau flexible dans la ferme, on a choisi l'efficiencce de l'application de 90 % qui correspond à l'irrigation goutte à goutte.

A partir de ces éléments, on a obtenu l'efficiencce de l'irrigation de 85 % comme suit:

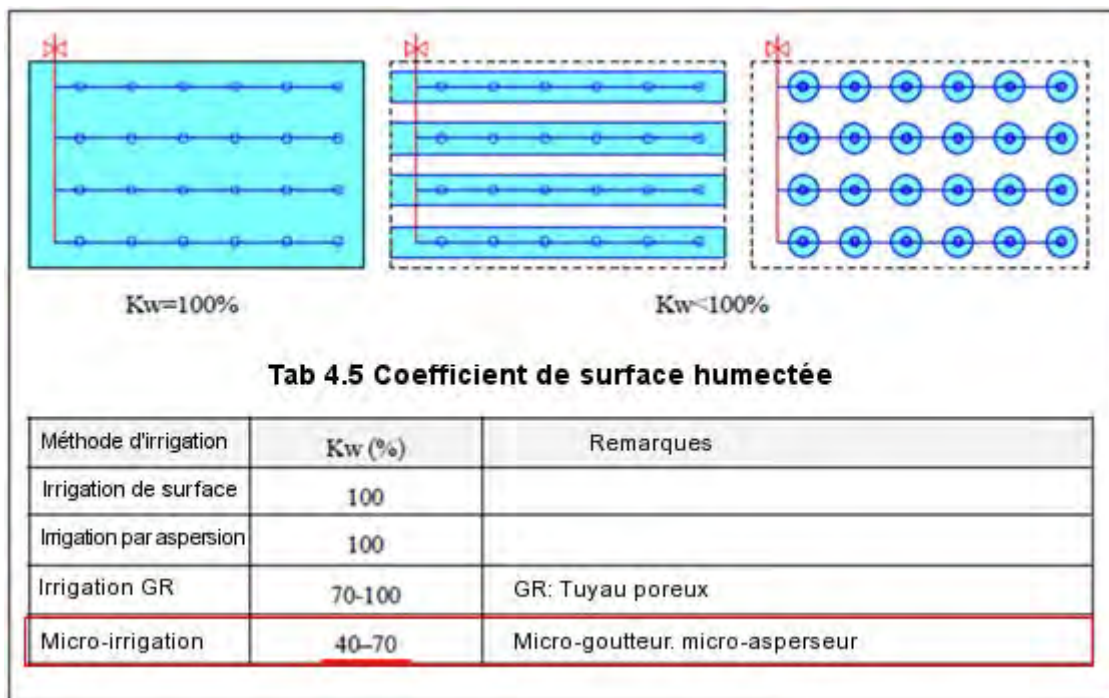
$$\text{Efficiencce de l'irrigation } E = \text{Efficiencce du transport } E_c \times \text{Efficiencce de l'application } E_a = 95 \% \times 90 \% = 85 \%$$

Pour la rizière où on recycle l'eau d'irrigation, on considère l'efficiencce de l'irrigation de 100 %.

Coefficient de surface humectée

Dans le projet "Project on Development of Efficient Irrigation Techniques and Extension in Syria (DEITEX)" réalisé par JICA pendant 3 ans à partir de mars 2005, nous avons élaboré un manuel "Manual on Design Standard of Efficient Irrigation System and On-farm Irrigation Management" afin d'établir et répandre la méthode et technologie d'irrigation économe d'eau qui convient à chaque type de culture.

Selon ce manuel, le coefficient de surface humectée dépend de la méthode d'irrigation et de la disposition des émetteurs.



- Irrigation de surface et Irrigation par aspersion

Le coefficient de surface humectée (Kw) est de 100 % avec l’irrigation de surface et l’irrigation par aspersion comme ces 2 méthodes irriguent l’ensemble de la surface.

- Irrigation GR/goutte à goutte et Micro-irrigation

Par contre l’irrigation goutte à goutte et la micro-irrigation irriguent localement la zone limitée aux alentours des goutteurs ou des plantes. Par conséquent le coefficient de surface humectée est de 70 à 100 avec l’irrigation goutte à goutte et de 40 à 70 % avec la micro-irrigation.

Comme on prévoit l’irrigation par tuyau flexible dans ce secteur, on a examiné 4 cas de coefficient de surface humectée Kw=40, 50, 60 et 70 % qui correspondent à la micro-irrigation.

Tableau 4-1-1-16 Besoin unitaire en eau d'irrigation (par assolement)

(Unité : mm/déc)

Mois	Décade	Jours	Riz de rizière			Culture de champs										Total									
			Riz A (moyenne)	Riz B (moyenne)	Total	Mats + Haricot		Légume 1		Légume 2		Légume 3		Café (moyenne)											
						Mats (moyenne)	Haricots (moyenne)	Sous-total	Carotte (moyenne)	Chou (moyenne)	Sous-total	Tomate (moyenne)	Chou (moyenne)		Sous-total		Légume 3 Tomate arbuste (moyenne)								
Jan.	1 ^{ère}	10	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	2 ^{ème}	10	33,9	0,0	33,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
	3 ^{ème}	11	96,5	3,2	99,7	0,0	0,0	0,0	8,5	8,5	0,0	8,5	0,0	8,5	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	18,7	
Févr.	1 ^{ère}	10	115,9	1,0	116,9	0,0	0,0	0,0	1,0	7,0	8,1	0,0	7,0	0,0	7,0	0,0	7,0	0,0	7,0	0,0	2,9	11,4	29,4		
	2 ^{ème}	10	92,2	0,0	92,2	0,0	0,0	0,0	8,3	1,4	9,7	5,5	1,4	6,9	16,3	20,9	53,8								
	3 ^{ème}	8	16,2	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	9,6	22,6						
Mars	1 ^{ère}	10	20,7	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	7,2	1,1	0,0	1,1	16,3	12,5	37,1								
	2 ^{ème}	10	18,9	0,0	18,9	1,2	0,0	1,2	8,9	0,0	8,9	2,2	0,0	2,2	17,8	10,2	40,3								
	3 ^{ème}	11	17,8	0,0	17,8	3,9	0,0	3,9	10,7	0,0	10,7	4,2	0,0	4,2	18,0	7,5	44,3								
Avr.	1 ^{ère}	10	5,8	0,0	5,8	2,1	0,0	2,1	1,1	0,0	1,1	0,8	0,0	0,8	5,4	0,0	9,4								
	2 ^{ème}	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
	3 ^{ème}	10	3,2	0,0	3,2	3,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,6	0,0	5,6								
Mai	1 ^{ère}	10	6,0	0,0	6,0	6,2	0,0	6,2	0,9	0,0	0,9	4,3	0,0	4,3	4,4	0,0	15,8								
	2 ^{ème}	10	7,6	0,0	7,6	7,7	0,0	7,7	2,3	0,0	2,3	5,8	0,0	5,8	6,0	0,0	21,9								
	3 ^{ème}	11	20,4	0,0	20,4	19,5	0,0	19,5	14,4	0,0	14,4	18,1	0,0	18,1	19,3	11,0	82,1								
Juin	1 ^{ère}	10	31,7	0,0	31,7	27,7	0,0	27,7	18,3	0,0	18,3	28,4	0,0	28,4	32,4	25,7	132,4								
	2 ^{ème}	10	32,9	0,0	32,9	23,9	0,0	23,9	10,2	0,0	10,2	24,0	0,0	24,0	34,6	30,3	123,0								
	3 ^{ème}	10	21,4	0,0	21,4	13,2	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	13,3	30,7	31,7	88,9								
Juil.	1 ^{ère}	10	10,3	0,0	10,3	5,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	4,0	24,8	32,4	66,2								
	2 ^{ème}	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,3	33,9	55,2								
	3 ^{ème}	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,8	37,8	58,6								
Août	1 ^{ère}	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	31,6	48,3								
	2 ^{ème}	10	0,0	43,2	43,2	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	4,8	0,0	4,8	0,0	19,4	30,8	59,9								
	3 ^{ème}	11	0,0	123,2	123,2	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	15,5	0,0	15,5	0,0	33,6	39,2	103,8								
Sept.	1 ^{ère}	10	0,0	141,5	141,5	0,0	4,0	4,0	0,0	26,2	26,2	0,0	26,2	26,2	42,7	41,7	140,8								
	2 ^{ème}	10	0,0	112,2	112,2	0,0	11,2	11,2	0,0	30,6	30,6	0,0	30,6	30,6	51,0	46,0	169,5								
	3 ^{ème}	10	0,0	39,3	39,3	0,0	9,0	9,0	0,0	21,3	21,3	0,0	21,3	21,3	43,6	36,1	131,4								
Oct.	1 ^{ère}	10	0,0	27,2	27,2	0,0	4,6	4,6	0,0	10,2	10,2	0,0	10,2	10,2	31,7	23,7	80,4								
	2 ^{ème}	10	0,0	19,5	19,5	0,0	7,0	7,0	0,0	4,1	4,1	0,0	4,1	4,1	23,1	15,0	53,2								
	3 ^{ème}	11	0,0	19,5	19,5	0,0	13,0	13,0	0,0	5,5	5,5	0,0	5,5	5,5	21,4	13,3	58,8								
Nov.	1 ^{ère}	10	0,0	8,0	8,0	0,0	6,2	6,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	8,1	1,6	16,1								
	2 ^{ème}	10	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1								
	3 ^{ème}	10	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
Déc.	1 ^{ère}	10	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
	2 ^{ème}	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
	3 ^{ème}	11	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	1,2	0,0	1,4								
IMR annuel (mm/an)			551,4	545,5	1 096,9	113,3	55,1	168,4	87,1	135,5	222,6	112,7	135,5	248,2	574,7	555,4	1 769,4								
IMR max. (mm/déc)			115,9	141,5	141,5	27,7	13,0	27,7	18,3	30,6	30,6	28,4	30,6	30,6	51,0	46,0	169,5								

Tableau 4-1-1-17 Besoin net en eau d'irrigation (par assolement)

Mois	Jours	Riz de rizière			Culture de champs										Grand Total			
		Riz A	Riz B	Total	Maïs + Haricot		Légume 1			Légume 2			Légume 3			Café	Total	
					Maïs	Haricots	Sous-total	Carotte	Chou	Sous-total	Tomate	Chou	Sous-total	Tomate				Chou
		140,0 ha (51 %)			20,0 ha (7 %)			40,0 ha (15 %)			20,0 ha (7 %)		240,0 ha (87 %)		275,0 ha (100 %)			
Jan.	10e	0,0	151,7	151,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7
	20e	11 853,3	0,0	11 853,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 853,3
	30e	39 775,0	1 108,3	34 883,3	0,0	0,0	1 706,7	1 706,7	0,0	3 413,3	3 413,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40 323,3
Fév.	10e	40 576,7	350,0	40 926,7	0,0	0,0	2 066,7	2 066,7	0,0	2 813,3	2 813,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48 220,0
	20e	32 270,0	0,0	32 270,0	0,0	0,0	1 866,7	1 866,7	0,0	2 213,3	2 213,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44 423,3
	30e	5 670,0	0,0	5 670,0	0,0	0,0	726,7	726,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10 196,7
Mars	10e	7 233,3	0,0	7 233,3	0,0	0,0	1 446,7	1 446,7	0,0	440,0	440,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14 890,0
	20e	6 615,0	0,0	6 615,0	0,0	1 880,0	1 786,7	0,0	1 786,7	866,7	0,0	866,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16 555,0
	30e	6 218,3	0,0	6 218,3	0,0	5 413,3	2 146,7	0,0	2 146,7	1 680,0	0,0	1 680,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20 558,3
Avr.	10e	2 041,7	0,0	2 041,7	0,0	2 883,3	226,7	0,0	226,7	333,3	0,0	333,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6 575,0
	20e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	30e	1 120,0	0,0	1 120,0	0,0	4 246,7	0,0	0,0	400,0	0,0	400,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6 086,7
Mai	10e	2 100,0	0,0	2 100,0	0,0	8 633,3	186,7	0,0	186,7	1 706,7	0,0	1 706,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13 506,7
	20e	2 546,3	0,0	2 546,3	0,0	10 826,7	466,7	0,0	466,7	2 333,3	0,0	2 333,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17 475,0
	30e	7 151,7	0,0	7 151,7	0,0	27 253,3	2 673,3	0,0	2 673,3	7 226,7	0,0	7 226,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50 551,7
Juin	10e	11 106,7	0,0	11 106,7	0,0	38 780,0	3 653,3	0,0	3 653,3	11 346,7	0,0	11 346,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76 500,0
	20e	11 515,0	0,0	11 515,0	0,0	33 460,0	2 033,3	0,0	2 033,3	9 613,3	0,0	9 613,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69 801,7
	30e	7 501,7	0,0	7 501,7	0,0	18 433,3	0,0	0,0	5 333,3	0,0	5 333,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43 748,3
Juillet	10e	3 593,3	0,0	3 593,3	0,0	7 000,0	0,0	0,0	1 586,7	0,0	1 586,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23 620,0
	20e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 040,0
	30e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 720,0
AOût	10e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9 653,3
	20e	0,0	15 131,7	15 131,7	0,0	0,0	966,7	966,7	0,0	1 933,3	1 933,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28 085,0
	30e	0,0	43 108,3	43 108,3	0,0	0,0	0,0	3 106,7	3 106,7	0,0	6 213,3	6 213,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66 981,7
Sept.	10e	0,0	49 525,0	49 525,0	0,0	5 646,7	5 646,7	0,0	5 646,7	0,0	10 480,0	10 480,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87 771,7
	20e	0,0	39 281,7	39 281,7	0,0	15 680,0	15 680,0	0,0	6 126,7	6 126,7	0,0	12 253,3	12 253,3	0,0	0,0	0,0	0,0	92 755,0
	30e	0,0	13 755,0	13 755,0	0,0	12 646,7	12 646,7	0,0	4 266,7	4 266,7	0,0	8 533,3	8 533,3	0,0	0,0	0,0	0,0	55 141,7
Oct.	10e	0,0	9 508,3	9 508,3	0,0	6 393,3	6 393,3	0,0	2 046,7	2 046,7	0,0	4 093,3	4 093,3	0,0	0,0	0,0	0,0	33 121,7
	20e	0,0	6 836,7	6 836,7	0,0	9 800,0	9 800,0	0,0	813,3	813,3	0,0	1 626,7	1 626,7	0,0	0,0	0,0	0,0	26 696,7
	30e	0,0	6 813,3	6 813,3	0,0	18 246,7	18 246,7	0,0	1 106,7	1 106,7	0,0	2 213,3	2 213,3	0,0	0,0	0,0	0,0	35 320,0
Nov.	10e	0,0	2 788,3	2 788,3	0,0	8 726,7	8 726,7	0,0	20,0	20,0	0,0	40,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13 515,0
	20e	0,0	245,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,3
	30e	0,0	280,0	280,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	290,0
Dec.	10e	0,0	303,3	303,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	303,3
	20e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	30e	0,0	1 750,0	1 750,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0	40,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 056,7
IWR annuel (mm/ann)		192 990,0	190 936,7	383 926,7	158 620,0	77 140,0	235 760,0	17 420,0	27 106,7	44 526,7	45 080,0	54 213,3	99 293,3	114 933,3	111 066,7	605 600,0	989 626,7	92 755,0
IWR max (mm/déc)		40 578,7	49 525,0	49 525,0	38 780,0	3 653,3	6 126,7	6 126,7	11 346,7	12 253,3	12 253,3	10 206,7	9 206,7	9 206,7	65 303,3	65 303,3	92 755,0	

Notes

*1) Besoin en eau d'irrigation net (mm/déc) = Besoin en eau d'irrigation unitaire (mm/mm) / 1 000 (mm/m) * Superficie de culture (ha) * 10 000 (m²/ha)

Légende

Combinaison de cultures		
Culture	Culture	Total
Superficie de culture (ha)		
(Superficie de culture (%))		

Tableau 4-1-1-18 Besoin brut en eau d'irrigation (par assolement)

Cas-1 : Coefficient de surface humectée = 40 %

(Unité: m3/déc)

Mois	Début Jours	Riz de rizière			Culture de champs										Grand Total	
		Riz A	Riz B	Total	Maïs + Haricots		Légume 1		Légume 2		Légume 3	Calié	Total			
					Maïs	Haricots	Sous-total	Carotte	Chou	Sous-total				Tomate		Chou
Jan.	1ère	0,0	151,7	151,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7
	2ème	11 853,3	0,0	11 853,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 853,3
	3ème	33 775,0	1 108,3	34 883,3	0,0	0,0	803,1	803,1	0,0	1 606,3	1 606,3	0,0	150,6	2 560,0	0,0	37 443,3
Fév.	1ère	40 576,7	350,0	40 926,7	0,0	0,0	97,3	862,0	759,2	0,0	1 323,9	1 323,9	276,1	1 072,9	3 432,2	44 358,8
	2ème	32 270,0	0,0	32 270,0	0,0	0,0	784,3	131,8	916,1	1 041,6	263,5	1 305,1	1 531,0	1 967,1	5 719,2	37 989,2
	3ème	5 670,0	0,0	5 670,0	0,0	0,0	342,0	0,0	342,0	0,0	0,0	0,0	884,7	903,5	7 800,2	
Mars	1ère	7 233,3	0,0	7 233,3	0,0	0,0	680,8	0,0	680,8	207,1	1 534,1	1 176,5	3 598,4	10 831,8		
	2ème	6 615,0	0,0	6 615,0	790,6	0,0	840,8	407,8	0,0	407,8	1 678,4	960,0	4 677,6	11 292,6		
	3ème	6 218,3	0,0	6 218,3	2 547,5	0,0	2 547,5	1 010,2	790,6	0,0	790,6	1 694,1	705,3	6 745,2	12 966,6	
Avr.	1ère	2 041,7	0,0	2 041,7	1 361,6	0,0	1 361,6	106,7	0,0	106,7	156,9	508,2	0,0	2 133,3	4 175,0	
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3ème	1 120,0	0,0	1 120,0	1 998,4	0,0	1 998,4	0,0	0,0	188,2	150,6	0,0	2 337,3	3 457,3		
Mai	1ère	2 100,0	0,0	2 100,0	4 062,7	0,0	4 062,7	87,8	0,0	87,8	803,1	414,1	0,0	5 367,6	7 467,6	
	2ème	2 648,3	0,0	2 648,3	5 094,9	0,0	5 094,9	219,6	0,0	1 098,0	564,7	0,0	6 977,3	9 625,6		
	3ème	7 151,7	0,0	7 151,7	12 825,1	0,0	12 825,1	1 352,2	0,0	3 400,8	1 813,3	1 032,2	20 423,5	27 575,2		
Juin	1ère	11 106,7	0,0	11 106,7	18 249,4	0,0	18 249,4	1 719,2	0,0	5 339,6	3 046,3	2 418,8	30 773,3	41 880,0		
	2ème	11 515,0	0,0	11 515,0	15 745,9	0,0	15 745,9	956,9	0,0	4 523,9	3 259,6	2 848,6	27 334,9	38 849,9		
	3ème	7 501,7	0,0	7 501,7	8 674,5	0,0	8 674,5	0,0	0,0	2 892,5	2 980,4	17 057,3	24 558,9			
Juill.	1ère	3 593,3	0,0	3 593,3	3 294,1	0,0	3 294,1	0,0	0,0	746,7	2 337,3	3 046,3	9 424,3	13 017,6		
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 001,6	3 193,7	5 195,3			
	3ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 957,6	3 557,6	5 515,3			
Août	1ère	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 568,6	2 974,1	4 542,7	4 542,7		
	2ème	0,0	15 131,7	15 131,7	0,0	0,0	454,9	454,9	0,0	909,8	909,8	1 829,0	2 902,0	6 095,7	21 227,4	
	3ème	0,0	43 108,3	43 108,3	0,0	0,0	1 462,0	1 462,0	0,0	2 923,9	2 923,9	3 159,2	3 689,4	11 234,5	54 342,8	
Sept.	1ère	0,0	49 525,0	49 525,0	0,0	2 657,3	2 657,3	0,0	2 465,9	2 465,9	4 931,8	4 015,7	3 927,8	17 988,4	67 583,4	
	2ème	0,0	39 281,7	39 281,7	0,0	7 378,8	7 378,8	0,0	2 883,1	2 883,1	5 766,3	4 803,1	4 332,5	25 163,9	64 445,6	
	3ème	0,0	13 755,0	13 755,0	0,0	5 951,4	5 951,4	0,0	2 007,8	2 007,8	4 015,7	4 100,4	3 400,8	19 476,1	38 231,1	
Oct.	1ère	0,0	9 508,3	9 508,3	0,0	3 008,6	3 008,6	0,0	963,1	963,1	1 926,3	2 968,7	2 227,5	11 112,2	20 620,5	
	2ème	0,0	6 836,7	6 836,7	0,0	4 611,8	4 611,8	0,0	382,7	382,7	765,5	2 177,3	1 408,6	9 345,9	16 182,5	
	3ème	0,0	6 813,3	6 813,3	0,0	8 566,7	8 566,7	0,0	520,8	520,8	1 041,6	2 017,3	1 248,6	13 414,9	20 228,2	
Nov.	1ère	0,0	2 788,3	2 788,3	0,0	4 106,7	4 106,7	0,0	94	94	18,8	762,4	150,6	5 047,8	7 896,2	
	2ème	0,0	245,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	251,3		
	3ème	0,0	280,0	280,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,0		
Déc.	1ère	0,0	303,3	303,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	303,3		
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
	3ème	0,0	1 750,0	1 750,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	116,1	0,0	1 884,3		
IWR annuel (m ³ /an)				192 990,0			110 945,9	8 197,6	12 756,1	20 953,7	21 214,1	25 512,2	46 726,3	54 086,3	62 276,1	264 966,2
IWR max (m3/déc)				40 576,7			18 249,4	1 719,2	2 883,1	2 883,1	5 339,6	5 766,3	4 803,1	4 332,5	30 773,3	

Legend

Combinaison de cultures	
Culture	Total
Superficie de culture (ha)	
(Superficie de culture (%))	

Notes

100 %	= Besoin en eau d'irrigation net (m3/déc) / Efficacité de l'irrigation (%) * Coefficient de surface humectée (%)
85 %	= 95 % (Efficacité de transport, "Canal réveur" FAO) + 90 % (Efficacité de l'application, "Irrigation goutte à goutte" FAO)
100 %	= "Irrigation de surface", JICA
40 %	= "Micro-Irrigation", JICA

Tableau 4-1-1-19 Besoin brut en eau d'irrigation (par assolement)

Cas-2: Coefficient de surface humectée = 50 %

Mois	Dessais Jours	Riz de rizière			Culture de champs										Grand Total	
		Riz A	Riz B	Total	Mais + Haricot	Légume 1		Légume 2		Légume 3		Café	Total			
		35,0 ha (13 %)			140,0 ha (51 %)		20,0 ha (7 %)		40,0 ha (15 %)		20,0 ha (7 %)		20,0 ha (7 %)		240,0 ha (87 %)	
Jan	1ère	0,0	151,7	151,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7
	2ème	11 853,3	0,0	11 853,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 853,3
	3ème	33 775,0	1 108,3	34 883,3	0,0	0,0	1 003,9	1 003,9	0,0	2 007,8	2 007,8	0,0	188,2	0,0	188,2	38 083,3
Fév.	1ère	40 576,7	350,0	40 926,7	0,0	0,0	121,6	827,5	949,0	0,0	1 654,9	1 654,9	345,1	1 341,2	4 290,2	45 216,9
	2ème	32 270,0	0,0	32 270,0	0,0	0,0	980,4	164,7	1 145,1	1 302,0	329,4	1 631,4	1 913,7	2 458,8	7 149,0	39 419,0
	3ème	5 670,0	0,0	5 670,0	0,0	0,0	427,5	0,0	427,5	0,0	0,0	0,0	1 105,9	1 129,4	6 332,7	
Mars	1ère	7 233,3	0,0	7 233,3	0,0	0,0	851,0	0,0	851,0	258,8	0,0	258,8	1 917,6	1 470,6	4 486,0	11 731,4
	2ème	6 615,0	0,0	6 615,0	988,2	0,0	988,2	1 051,0	0,0	1 051,0	509,8	0,0	509,8	2 096,0	1 200,0	12 462,1
	3ème	5 218,3	0,0	5 218,3	3 184,3	0,0	3 184,3	1 282,7	0,0	1 282,7	988,2	0,0	988,2	2 117,6	892,4	14 653,6
Avr.	1ère	2 041,7	0,0	2 041,7	1 702,0	0,0	1 702,0	133,3	0,0	133,3	196,1	0,0	196,1	635,3	0,0	4 708,3
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3ème	1 120,0	0,0	1 120,0	2 498,0	0,0	2 498,0	0,0	0,0	235,3	0,0	235,3	188,2	0,0	2 921,6	4 041,6
Mai	1ère	2 100,0	0,0	2 100,0	5 078,4	0,0	5 078,4	109,8	0,0	109,8	1 003,9	0,0	1 003,9	517,6	0,0	6 709,8
	2ème	2 648,3	0,0	2 648,3	6 368,6	0,0	6 368,6	274,5	0,0	274,5	1 372,5	0,0	1 372,5	705,9	0,0	11 969,9
	3ème	7 151,7	0,0	7 151,7	16 031,4	0,0	16 031,4	1 690,2	0,0	1 690,2	4 251,0	0,0	4 251,0	2 266,7	1 290,2	25 529,4
Jun	1ère	11 106,7	0,0	11 106,7	22 811,8	0,0	22 811,8	2 149,0	0,0	2 149,0	6 674,5	0,0	6 674,5	3 807,5	3 023,5	38 466,7
	2ème	11 515,0	0,0	11 515,0	19 682,4	0,0	19 682,4	1 961,1	0,0	1 961,1	5 654,9	0,0	5 654,9	4 074,5	3 560,8	34 168,6
	3ème	7 501,7	0,0	7 501,7	10 843,1	0,0	10 843,1	3 137,3	0,0	3 137,3	3 725,5	0,0	3 725,5	2 132,6	1 321,6	28 823,2
Juill.	1ère	3 593,3	0,0	3 593,3	4 117,6	0,0	4 117,6	0,0	0,0	933,3	0,0	933,3	2 921,6	3 807,8	11 780,4	15 373,7
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 502,0	3 992,2	6 494,1	6 494,1
	3ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 447,1	4 447,1	6 894,1	5 894,1
Août	1ère	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 960,8	3 717,6	5 678,4	5 678,4
	2ème	0,0	15 131,7	15 131,7	0,0	0,0	568,6	568,6	0,0	1 137,3	1 137,3	2 286,3	3 627,5	7 619,6	22 751,3	
	3ème	0,0	43 108,3	43 108,3	0,0	0,0	1 827,5	1 827,5	0,0	3 654,9	3 654,9	3 949,0	4 811,8	14 043,1	57 151,5	
Sept.	1ère	0,0	49 525,0	49 525,0	0,0	3 321,6	3 321,6	3 082,4	0,0	6 164,7	6 164,7	5 019,6	4 909,8	22 486,0	70 736,8	
	2ème	0,0	39 281,7	39 281,7	0,0	9 223,5	9 223,5	0,0	3 603,9	0,0	7 207,8	7 207,8	6 003,9	5 415,7	31 454,9	70 736,8
	3ème	0,0	13 755,0	13 755,0	0,0	7 439,2	7 439,2	0,0	2 509,8	0,0	5 019,6	5 019,6	5 125,5	4 251,0	24 345,1	38 100,1
Oct.	1ère	0,0	9 508,3	9 508,3	0,0	3 760,8	3 760,8	0,0	1 203,9	0,0	2 407,8	2 407,8	3 733,3	2 784,3	13 690,2	23 398,5
	2ème	0,0	6 836,7	6 836,7	0,0	5 784,7	5 784,7	478,4	0,0	956,9	956,9	2 721,6	1 780,8	11 682,4	18 519,0	
	3ème	0,0	6 813,3	6 813,3	0,0	10 733,3	10 733,3	651,0	0,0	1 302,0	1 302,0	2 521,6	1 560,8	16 768,6	23 582,0	
Nov.	1ère	0,0	2 788,3	2 788,3	0,0	5 133,3	5 133,3	11,8	0,0	23,5	33,5	952,9	188,2	6 309,8	9 098,1	
	2ème	0,0	245,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	252,8	
	3ème	0,0	280,0	280,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	280,0	
Dec.	1ère	0,0	303,3	303,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	303,3	
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	3ème	0,0	1 750,0	1 750,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
IWR annuel (m³/ha)					93 305,9	45 376,5	138 682,4	10 247,1	15 945,1	26 192,2	26 517,6	31 890,2	53 407,8	67 607,8	65 345,1	366 235,3
IWR max (m³/déc)					22 811,8	10 733,3	22 811,8	2 149,0	3 603,9	3 603,9	6 674,5	7 207,8	7 207,8	6 003,9	5 415,7	38 466,7

Notes

1) Besoin en eau d'irrigation brut (m³/déc) = Besoin en eau d'irrigation net (m³/déc) / Efficacité de l'irrigation (%) * Coefficient de surface humectée (%)

2) Efficacité de l'irrigation

Riz

Culture de champs

Riz

Culture de champs

3) Coefficient de surface humectée

Légende

Combinaison de cultures	
Culture	Total
Superficie de culture (ha)	
Superficie de culture (%)	

100 %

85 %

100 %

50 %

100 %

Tableau 4-1-1-21 Besoin brut en eau d'irrigation (par assolement)

Cas-4: Coefficient de surface humectée = 70 %

Mois	Lancement	Riz de rizière		Cultures de champs										Grand Total				
		Riz A	Riz B	Maïs + Haricot		Légume 1			Légume 2			Légume 3			Café	Total		
				Maïs	Haricot	Sous-total	Carotte	Chou	Sous-total	Tomate	Chou	Sous-total	Tomate				Chou	Sous-total
Jan	1ère	0,0	151,7	151,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7	
	2ème	0,0	11 853,3	11 853,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11 853,3	
	3ème	0,0	33 775,0	33 775,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33 775,0	
Fév.	1ère	0,0	40 576,7	40 576,7	0,0	0,0	0,0	170,2	1 582,4	3 286,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	483,1	46 932,9
	2ème	0,0	32 270,0	32 270,0	0,0	0,0	0,0	1 372,5	2 306,6	1 603,1	1 822,7	461,2	2 283,9	2 679,2	3 442,4	10 008,6	42 278,6	
	3ème	0,0	5 670,0	5 670,0	0,0	0,0	0,0	598,4	0,0	0,0	598,4	0,0	0,0	0,0	1 548,2	3 727,8	9 397,8	
Mars	1ère	0,0	7 233,3	7 233,3	0,0	0,0	0,0	1 191,4	0,0	1 191,4	362,4	0,0	362,4	2 684,7	2 058,8	6 297,3	13 530,6	
	2ème	0,0	6 615,0	6 615,0	0,0	1 383,5	1 471,4	0,0	1 471,4	713,7	0,0	713,7	2 937,3	1 680,0	8 165,9	14 800,9		
	3ème	0,0	6 218,3	6 218,3	0,0	4 458,0	1 767,8	0,0	1 767,8	1 383,5	0,0	1 383,5	2 964,7	1 235,3	11 809,4	18 027,7		
Avr	1ère	0,0	2 041,7	2 041,7	0,0	2 382,7	186,7	0,0	186,7	274,5	0,0	274,5	889,4	0,0	3 733,3	5 775,0		
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
	3ème	0,0	1 120,0	1 120,0	0,0	3 497,3	0,0	0,0	3 497,3	0,0	0,0	3 497,3	2 635,4	0,0	4 090,2	5 210,2		
Mai	1ère	0,0	2 100,0	2 100,0	0,0	7 109,8	153,7	0,0	153,7	1 405,5	0,0	1 405,5	7 24,7	0,0	9 383,7	11 483,7		
	2ème	0,0	2 648,3	2 648,3	0,0	8 916,1	384,3	0,0	384,3	1 921,6	0,0	1 921,6	988,2	0,0	12 210,2	14 856,5		
	3ème	0,0	7 151,7	7 151,7	0,0	22 443,9	2 366,3	0,0	2 366,3	5 951,4	0,0	5 951,4	3 173,3	1 806,3	35 741,2	42 892,8		
Jun	1ère	0,0	11 106,7	11 106,7	0,0	31 936,5	3 008,6	0,0	3 008,6	9 344,3	0,0	9 344,3	5 331,0	4 232,9	53 853,3	64 960,0		
	2ème	0,0	11 515,0	11 515,0	0,0	27 555,3	1 674,5	0,0	1 674,5	7 916,9	0,0	7 916,9	5 704,3	4 985,1	47 836,1	59 351,1		
	3ème	0,0	7 501,7	7 501,7	0,0	15 180,4	0,0	0,0	15 180,4	4 392,2	0,0	4 392,2	5 062,0	5 215,7	29 850,2	37 351,9		
Juill	1ère	0,0	3 593,3	3 593,3	0,0	5 764,7	0,0	0,0	5 764,7	1 306,7	0,0	1 306,7	4 090,2	5 331,0	16 482,5	20 085,9		
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3 502,7	5 589,0	9 091,8		
	3ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3 425,9	6 225,9	9 651,8		
Août	1ère	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2 745,1	5 204,7	7 949,8		
	2ème	0,0	15 131,7	15 131,7	0,0	0,0	796,1	0,0	796,1	0,0	0,0	0,0	1 592,2	3 200,8	5 078,4	10 667,5		
	3ème	0,0	43 108,3	43 108,3	0,0	0,0	2 558,4	2 558,4	0,0	5 116,9	5 116,9	5 286,6	8 456,5	19 660,4	62 788,7			
Sept	1ère	0,0	49 525,0	49 525,0	0,0	4 650,2	4 650,2	0,0	4 650,2	4 315,3	4 315,3	0,0	8 630,6	7 027,5	6 873,7	31 487,3		
	2ème	0,0	39 281,7	39 281,7	0,0	12 912,9	12 912,9	0,0	12 912,9	5 045,5	5 045,5	0,0	10 091,0	8 405,5	7 582,0	44 036,9		
	3ème	0,0	13 755,0	13 755,0	0,0	10 414,9	10 414,9	0,0	10 414,9	3 513,7	3 513,7	0,0	7 027,5	7 175,7	5 951,4	47 836,1		
Oct	1ère	0,0	9 508,3	9 508,3	0,0	5 265,1	5 265,1	0,0	5 265,1	1 885,5	1 885,5	0,0	3 371,0	3 371,0	3 888,0	28 954,6		
	2ème	0,0	6 836,7	6 836,7	0,0	8 070,6	8 070,6	0,0	8 070,6	669,8	669,8	0,0	1 339,6	3 810,2	2 485,1	16 355,3		
	3ème	0,0	6 813,3	6 813,3	0,0	15 028,7	15 028,7	0,0	15 028,7	911,4	911,4	0,0	1 822,7	3 502,2	2 185,1	23 192,0		
Nov	1ère	0,0	2 788,3	2 788,3	0,0	7 186,7	7 186,7	0,0	7 186,7	16,5	16,5	0,0	32,9	32,9	1 334,1	30 289,4		
	2ème	0,0	245,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	11 622,1		
	3ème	0,0	280,0	280,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	256,0		
Dec	1ère	0,0	303,3	303,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	303,3		
	2ème	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
	3ème	0,0	1 750,0	1 750,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	16,5	0,0	32,9	203,1	0,0	2 002,5		
IWR annuel (m³/an)			192 990,0	192 990,0		63 527,1	194 153,3	14 346,9	22 323,1	36 869,0	37 124,7	44 646,3	81 771,0	94 631,0	91 483,1	498 739,4	662 658,1	
IWR max (m³/déc)			40 576,7	49 525,0		15 028,7	31 936,5	3 008,6	5 045,5	5 045,5	5 045,5	10 091,0	10 091,0	8 405,5	7 582,0	53 853,3	83 318,5	

Notes

1) Besoin en eau d'irrigation brut (m³/déc) = Besoin en eau d'irrigation net (m³/déc) / Efficacité de l'irrigation (%) * Coefficient de surface humectée (%)

2) Efficacité de l'irrigation

Riz

Cultures de champs

Riz

Cultures de champs

Riz

Cultures de champs

Riz

Cultures de champs

Riz

Cultures de champs

Légende

Combinaison de cultures

Cultures

Cultures

Superficie de culture (ha)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

Superficie de culture (%)

(b) Bilan hydrique

Par la simulation du bilan hydrique par décade d'après les valeurs évaluées jusqu'ici pour l'afflux du réservoir et le besoin en eau d'irrigation, on détermine ici la capacité de retenue effective du réservoir.

Les conditions suivantes sont appliquées pour la précipitation, l'évaporation et l'infiltration du réservoir.

i) Conditions du calcul

1) Afflux

L'afflux du réservoir considéré pour la simulation est celui de l'année de référence 1970 (environ 709 000 m³/an) comme calculé pour le modèle de réservoir compte tenu du débit d'affluent.

2) Ecoulement

Comme l'écoulement sortant du réservoir, on considère (1) l'approvisionnement en eau d'irrigation des rizières, (2) l'approvisionnement en eau d'irrigation des champs et (3) l'infiltration.

Approvisionnement en eau d'irrigation des rizières

Comme calculé plus haut, l'approvisionnement en eau d'irrigation de 170 000 m³/an est retenu.

Tableau 4-1-1-22 Afflux et Approvisionnement en eau des rizières

Afflux et Approvisionnement en eau des rizières								
Mois	Décade	Jours	Afflux (m ³)			Approvisionnement en eau des rizières		
			Décade	Mensuel	Cumul	Décade	Mensuel	Cumul
Jan.	1 ^{ère}	10	25 360	148 421	148 421	469	1 453	1 453
	2 ^{ème}	10	72 709			469		
	3 ^{ème}	11	50 352			516		
Fév.	1 ^{ère}	10	28 891	66 683	215 104	6 228	17 438	18 891
	2 ^{ème}	10	23 985			6 228		
	3 ^{ème}	8	13 807			4 982		
Mars	1 ^{ère}	10	15 623	53 072	268 176	854	2 647	21 538
	2 ^{ème}	10	15 438			854		
	3 ^{ème}	11	22 011			939		
Avr.	1 ^{ère}	10	16 119	54 034	322 210	658	1 974	23 512
	2 ^{ème}	10	16 074			658		
	3 ^{ème}	10	21 841			658		
Mai	1 ^{ère}	10	44 967	101 847	424 057	468	1 452	24 964
	2 ^{ème}	10	37 214			468		
	3 ^{ème}	11	19 666			515		
Juin	1 ^{ère}	10	15 397	39 543	463 600	1 232	3 695	28 659
	2 ^{ème}	10	13 100			1 232		
	3 ^{ème}	10	11 046			1 232		
Juil.	1 ^{ère}	10	9 062	22 365	485 965	895	2 774	31 433
	2 ^{ème}	10	7 129			895		
	3 ^{ème}	11	6 174			984		
Août	1 ^{ère}	10	5 407	25 142	511 107	12 943	40 122	71 555
	2 ^{ème}	10	5 386			12 943		
	3 ^{ème}	11	14 349			14 237		
Sept.	1 ^{ère}	10	5 593	16 215	527 322	30 117	90 350	161 905
	2 ^{ème}	10	5 323			30 117		
	3 ^{ème}	10	5 299			30 117		
Oct.	1 ^{ère}	10	5 278	37 266	564 588	965	2 990	164 895
	2 ^{ème}	10	19 278			965		
	3 ^{ème}	11	12 710			1 061		
Nov.	1 ^{ère}	10	20 239	53 591	618 179	665	1 995	166 890
	2 ^{ème}	10	17 274			665		
	3 ^{ème}	10	16 078			665		
Déc.	1 ^{ère}	10	24 303	91 005	709 184	455	1 409	168 299
	2 ^{ème}	10	25 099			455		
	3 ^{ème}	11	41 603			500		
Total			709 184	709 184	-	168 299	168 299	-

Approvisionnement en eau d'irrigation des champs

On analyse 4 cas du coefficient de surface humectée $K_w=40, 50, 60$ et 70% d'après le besoin brut en eau d'irrigation calculé en haut.

Tableau 4-1-1-23 Approvisionnement en eau d'irrigation des champs (par an)

Coefficient de surface humectée (%)	Besoin brut en eau d'irrigation (m ³ /an)
40	284 988
50	356 235
60	427 482
70	498 729

Infiltration du réservoir

Pour la perte par infiltration, on considère $0,05\%$ de la quantité stockée du réservoir.

3) Bilan entre la précipitation et l'évaporation du réservoir

En plus de l'afflux et l'écoulement, la précipitation sur le réservoir et l'évaporation du réservoir sont également considérées pour calculer le bilan hydrique.

La superficie de surface d'eau à considérer est celle correspondant au niveau de plein d'eau FWS de $1\,390,60$ m, estimé à $14,96$ ha selon la courbe H-Q.

Précipitation sur la surface d'eau du réservoir R_d

La précipitation de l'année 1970, observée à la station de Gahororo qui est située aux alentours du secteur de projet est adopté comme précipitation sur la surface d'eau du réservoir. (Voir la section plus haute sur les données météorologique.)

Evaporation de la surface d'eau du réservoir E_o

On estime comme suit l'évaporation E_o d'après l'évapotranspiration de référence E_{To} , calculée à l'aide de CROPWAT08 et le coefficient cultural k_c .

$$E_o = E_{To} \times K_c$$

Le coefficient cultural de $K_c=1.1$ est retenu selon "FAO Irrigation and Drainage Paper No.24: Crop Water Requirements".

Le tableau suivant montre le résultat du calcul du bilan entre la précipitation et l'évaporation du réservoir ($E_v = E_o - R_d$).

Tableau 4-1-1-24 Bilan hydrique entre la précipitation et l'évaporation du réservoir
Evaporation de la surface du réservoir (@ FWS)

Coefficient cultural: kc =			1,1		Surface d'eau: A =		14,96 ha		(@ FWS: 1 390,60m)		Remarques	
Mois	Décade	Jours	Précipitation probable		Reference Evapotranspiration ET _o (mm/jour)	Evaporation E _o = ET _o * kc (mm/décade)	Evaporation de la surface d'eau		E = E _o - Rd (mm/décade)	Ev = E * A (m ³ /décade)		
			Rm (mm/mois)	Rd (mm/décade)			E = E _o - Rd (mm/décade)	Ev = E * A (m ³ /décade)				
Jan.	1 ^{ère}	10	188,2	60,7	4,01	44,1	-16,6	-2 465				
	2 ^{ème}	10		60,7						44,1	-16,6	-2 465
	3 ^{ème}	11		66,8						48,5	-18,3	-2 735
Fév.	1 ^{ère}	10	70,7	25,3	4,20	46,2	21,0	3 134				
	2 ^{ème}	10		25,3						46,2	21,0	3 134
	3 ^{ème}	8		20,2						37,0	16,8	2 513
Mars	1 ^{ère}	10	91,8	29,6	3,93	43,2	13,6	2 033				
	2 ^{ème}	10		29,6						43,2	13,6	2 033
	3 ^{ème}	11		32,6						47,6	15,0	2 248
Avr.	1 ^{ère}	10	152,6	50,9	3,38	37,2	-13,7	-2 045				
	2 ^{ème}	10		50,9						37,2	-13,7	-2 045
	3 ^{ème}	10		50,9						37,2	-13,7	-2 045
Mai	1 ^{ère}	10	104,9	33,8	3,21	35,3	1,5	219				
	2 ^{ème}	10		33,8						35,3	1,5	219
	3 ^{ème}	11		37,2						38,8	1,6	236
Juin	1 ^{ère}	10	4,5	1,5	3,09	34,0	32,5	4 862				
	2 ^{ème}	10		1,5						34,0	32,5	4 862
	3 ^{ème}	10		1,5						34,0	32,5	4 862
Juil.	1 ^{ère}	10	5,7	1,8	3,39	37,3	35,5	5 305				
	2 ^{ème}	10		1,8						37,3	35,5	5 305
	3 ^{ème}	11		2,0						41,0	39,0	5 831
Août	1 ^{ère}	10	53,5	17,3	4,79	52,7	35,4	5 302				
	2 ^{ème}	10		17,3						52,7	35,4	5 302
	3 ^{ème}	11		19,0						58,0	39,0	5 837
Sept.	1 ^{ère}	10	20,7	6,9	4,62	50,8	43,9	6 567				
	2 ^{ème}	10		6,9						50,8	43,9	6 567
	3 ^{ème}	10		6,9						50,8	43,9	6 567
Oct.	1 ^{ère}	10	118,4	38,2	4,68	51,5	13,3	1 991				
	2 ^{ème}	10		38,2						51,5	13,3	1 991
	3 ^{ème}	11		42,0						56,6	14,6	2 182
Nov.	1 ^{ère}	10	161,7	53,9	3,51	38,6	-15,3	-2 289				
	2 ^{ème}	10		53,9						38,6	-15,3	-2 289
	3 ^{ème}	10		53,9						38,6	-15,3	-2 289
Déc.	1 ^{ère}	10	161,6	52,1	3,26	35,9	-16,2	-2 428				
	2 ^{ème}	10		52,1						35,9	-16,2	-2 428
	3 ^{ème}	11		57,3						39,4	-17,9	-2 664
Total / Average			1 134,3	1 134,3	3,84	1 541,1	407	60 855				

Notes

- *1) Précipitation probable : 1970, Station de Gahororo, Sector Rurenge, District Ngoma
- *2) Evapotranspiration de référence : Calculé à partir des données climatiques (Température, Humidité, Vitesse du vent, Insolation) de CROPWAT8
- *3) Données climatiques / Temp / h : 1970, Station de Gahororo, Sector Rurenge, District Ngoma
 Temp. Max. : 1970 et 1974, Station de Gahororo, Sector Rurenge, District Ngoma
 Humidité : 1974, Aéroport international de Kigali
 Vitesse du vent : 1974, Aéroport international de Kigali
 Insolation : 1974, Aéroport international de Kigali
- *4) Coefficient cultural : kc pour la surface d'eau de 1,1 est appliquée selon "FAO Irrigation and drainage paper No. 24".
- *5) Surface d'eau : 14,96 ha à la surface d'eau au niveau plein (FWS.) EL de 1 390,60 m est appliquée.

ii) Résultat de simulation du bilan hydrique

Le résultat de simulation du bilan hydrique est montré aux pages suivantes. Le tableau ci-dessous récapitule le besoin en eau retenu dans le réservoir.

Tableau 4-1-1-25 Besoin en eau stockée dans le réservoir

Coefficient de surface humectée Kw (%)	Volume de retenue effectif du barrage (m ³)		
	Maximum (1)	Minimum (2)	Balance / Volume de retenue requis (3) = (1)-(2)
40	332 366	27 363	305 002
50	320 945	-25 592	346 538
60	309 525	-95 540	405 065
70	298 104	-165 487	463 592

Par conséquent, on estime le volume de retenue effectif du barrage de ce projet dans les conditions les plus défavorables (Kw=70 %) comme suit :

Volume de retenue effectif du barrage 463 592 m³ 450 000 m³

Le volume de décharge d'étude dans ce cas est comme suit:

(Voir le tableau "Volume de décharge d'étude" ci-après.)

- Volume de décharge d'étude (rizière) : 0,0577 m³/sec
- Volume de décharge d'étude (champs) : 0,1760 m³/sec

Tableau 4-1-1-26 Etude du bilan hydrique
Cas-1 : Coefficient de surface humectée = 40 %
Simulation du Bilan Hydrique du Réservoir

Surface de culture

Culture		Surface	
Culture de champs	Riz de rizière	35 ha	13 %
	Maïs+Haricot	140 ha	51 %
	Légume-1	20 ha	7 %
	Légume-2	40 ha	15 %
	Légume-3	20 ha	7 %
	Café	20 ha	7 %
Sous-total		240 ha	87 %
Total		275 ha	100 %

Efficacités

Description	Coefficient	Remarques
Efficacité de l'irrigation	Riz de rizière 100 % Cultures de champs 85 %	= 95 % (Transport: Canal revêtu) * 90 % (Application: Goutte à goutte)
Coefficient de surface humectée	Riz de rizière 100 % Cultures de champs 40 %	"Irrigation de surface" "Micro-irrigation"

Réservoir

Description	EL et Volume	Remarques
Surface d'eau pleine	EL. 1 390,60 m	FWS (Surface d'eau: 14,96 ha)
Surface d'eau morte	EL. 1 386,50 m	DWS (Surface d'eau: 8,15 ha)
Fond du réservoir	EL. 1 380,00 m	ELbtm
Capacité de retenue actif	450 000 m3	entre FWS et DWS (H=4,10 m)
Volume d'eau morte	250 000 m3	entre DWS et ELbtm (H=6,50 m)

Résultat du bilan hydrique

Mois	Décade	Jours	Afflux (m³) (1)	Écoulement (m³)			Balance entre afflux et écoulement (m³) (7)=(1)-(6)	Volume de retenue cumulé du réservoir (m³) (8)	Remarques		
				Riz de rizière Approvisionnement en eau (2)	Cultures de champs Besoin en eau d'irrigation (3)	Perte par infiltration (4)				Evaporation de la surface d'eau (5)	Total (6)=Σ(2)-(5)
							0				
Jan.	1 ^{ère}	10	25 360	469	0	13	-2 485	-2 003	27 363	27 363	Min.
	2 ^{ème}	10	72 709	469	0	36	-2 485	-1 980	74 689	102 053	
	3 ^{ème}	11	50 352	516	2 560	25	-2 735	366	49 986	152 039	
Fév.	1 ^{ère}	10	28 891	6 228	3 432	14	3 134	12 808	16 083	168 122	
	2 ^{ème}	10	23 985	6 228	5 719	12	3 134	15 093	8 892	177 014	
	3 ^{ème}	8	13 807	4 982	2 130	7	2 513	9 632	4 175	181 188	
Mars	1 ^{ère}	10	15 623	854	3 598	8	2 033	6 493	9 130	190 318	
	2 ^{ème}	10	15 438	854	4 678	8	2 033	7 573	7 865	198 184	
	3 ^{ème}	11	22 011	939	6 748	11	2 248	9 946	12 065	210 248	
Avr.	1 ^{ère}	10	16 119	658	2 133	8	-2 045	754	15 365	225 613	
	2 ^{ème}	10	16 074	658	0	8	-2 045	-1 379	17 453	243 066	
	3 ^{ème}	10	21 841	658	2 337	11	-2 045	961	20 880	263 946	
Mai	1 ^{ère}	10	44 967	468	5 368	22	219	6 077	38 890	302 835	Max.
	2 ^{ème}	10	37 214	468	6 977	19	219	7 684	29 530	332 366	
	3 ^{ème}	11	19 666	515	20 424	10	236	21 185	-1 519	330 847	
Juin	1 ^{ère}	10	15 397	1 232	30 773	8	4 862	36 875	-21 478	309 369	
	2 ^{ème}	10	13 100	1 232	27 335	7	4 862	33 436	-20 336	289 033	
	3 ^{ème}	10	11 046	1 232	17 057	6	4 862	23 157	-12 111	276 922	
Juil.	1 ^{ère}	10	9 062	895	9 424	5	5 305	15 629	-6 567	270 355	
	2 ^{ème}	10	7 129	895	5 195	4	5 305	11 399	-4 270	266 085	
	3 ^{ème}	11	6 174	984	5 515	3	5 831	12 334	-6 160	259 926	
Août	1 ^{ère}	10	5 407	12 943	4 543	3	5 302	22 790	-17 383	242 542	
	2 ^{ème}	10	5 386	12 943	6 096	3	5 302	24 343	-18 957	223 585	
	3 ^{ème}	11	14 349	14 237	11 235	7	5 837	31 315	-16 966	206 619	
Sept.	1 ^{ère}	10	5 593	30 117	17 998	3	6 567	54 685	-49 092	157 526	
	2 ^{ème}	10	5 323	30 117	25 164	3	6 567	61 851	-56 528	100 999	
	3 ^{ème}	10	5 299	30 117	19 476	3	6 567	56 163	-50 864	50 135	
Oct.	1 ^{ère}	10	5 278	965	11 112	3	1 991	14 071	-8 793	41 342	
	2 ^{ème}	10	19 278	965	9 346	10	1 991	12 311	6 967	48 309	
	3 ^{ème}	11	12 710	1 061	13 415	6	2 182	16 664	-3 954	44 355	
Nov.	1 ^{ère}	10	20 239	665	5 048	10	-2 289	3 434	16 805	61 160	
	2 ^{ème}	10	17 274	665	6	9	-2 289	-1 609	18 883	80 043	
	3 ^{ème}	10	16 078	665	0	8	-2 289	-1 616	17 694	97 737	
Déc.	1 ^{ère}	10	24 303	455	0	12	-2 428	-1 961	26 264	124 002	
	2 ^{ème}	10	25 099	455	0	13	-2 428	-1 960	27 059	151 061	
	3 ^{ème}	11	41 603	500	144	21	-2 684	-2 019	43 622	194 633	
Total			709 184	168 299	284 988	359	60 855	514 501	194 683	-	
								Max. - Min. =	305 002		

Notes

- *1) La perte par infiltration du corps de barrage est estimée à 0,05 % du volume retenu.
- *2) L'évaporation de la surface d'eau est estimée à la base de la balance de la précipitation et l'évaporation avec kc de 1,1 selon "FAO Irrigation and Drainage Paper No.24" (Voir le tableau "Evaporation de la surface du réservoir, Ngoma 22" pour référence.)
- *3) Approvisionnement en eau pour riz de rizière inondée: 168 299 m3/yr.
- *4) Volume de retenue cumulé : A partir de DWS, 1 386,50 m: 0 m3 (Volume de retenue effectif du barrage)

Tableau 4-1-1-27 Etude du bilan hydrique
Cas-2 : Coefficient de surface humectée = 50 %
Simulation du Bilan Hydrique du Réservoir

Surface de culture

Culture		Area	
Riz de rizière	35 ha	13 %	
Culture de champs	Maïs+Haricot	140 ha	51 %
	Légume-1	20 ha	7 %
	Légume-2	40 ha	15 %
	Légume-3	20 ha	7 %
	Café	20 ha	7 %
	Sous-total	240 ha	87 %
Total	275 ha	100 %	

Efficacités

Description	Coefficient	Remarques
Efficacité de l'irrigation	Riz de rizière 100 % Culture de champs 85 %	= 95 % (Transport: Canal revêtu) * 90 % (Application: Goutte à goutte)
Coefficient de surface humect.	Riz de rizière 100 % Culture de champs 50 %	"Irrigation de surface" "Micro-irrigation"

Réservoir

Description	EL et Volume	Remarques
Surface d'eau pleine	EL 1 390,60 m	FWS (Surface d'eau: 14.96 ha)
Surface d'eau morte	EL 1 386,50 m	DWS (Surface d'eau: 8.15 ha)
Fond du réservoir	EL 1 380,00 m	ELbitm
Capacité de retenue activ	450 000 m3	entre FWS et DWS (H=4,10 m)
Volume d'eau morte	250 000 m3	entre DWS et ELbitm (H=6,50 m)

Résultat du bilan hydrique

Mois	Décade	Jours	Afflux (m ³)	Écoulement (m ³)					Balance entre afflux et écoulement (m ³)	Volume de retenue cumulé du réservoir (m ³)	Remarques
				Riz de rizière Approvisionnement en eau	Culture de champs Besoin en eau d'irrigation	Perte par infiltration	Evaporation de la surface d'eau	Total			
			①	②	③	④	⑤	⑥=Σ(②-⑤)	⑦=①-⑥	⑧	
										0	
Jan.	1ère	10	25 360	469	0	13	-2 485	-2 003	27 363	27 363	
	2ème	10	72 709	469	0	36	-2 485	-1 980	74 689	102 053	
	3ème	11	50 352	516	3 200	25	-2 735	1 006	49 346	151 399	
Fév.	1ère	10	28 891	6 228	4 290	14	3 134	13 666	15 225	166 624	
	2ème	10	23 985	6 228	7 149	12	3 134	16 523	7 462	174 086	
	3ème	8	13 807	4 982	2 663	7	2 513	10 165	3 642	177 728	
Mars	1ère	10	15 623	854	4 498	8	2 033	7 393	8 230	185 958	
	2ème	10	15 438	854	5 847	8	2 033	8 742	6 696	192 654	
	3ème	11	22 011	939	8 435	11	2 248	11 634	10 377	203 032	
Avr.	1ère	10	16 119	658	2 667	8	-2 045	1 288	14 831	217 863	
	2ème	10	16 074	658	0	8	-2 045	-1 379	17 453	235 316	
	3ème	10	21 841	658	2 922	11	-2 045	1 546	20 295	255 611	
Mai	1ère	10	44 967	468	6 710	22	219	7 419	37 548	293 159	
	2ème	10	37 214	468	8 722	19	219	9 428	27 786	320 945	Max.
	3ème	11	19 666	515	25 529	10	236	26 291	-6 626	314 321	
Juin	1ère	10	15 397	1 232	38 467	8	4 862	44 568	-29 171	285 149	
	2ème	10	13 100	1 232	34 169	7	4 862	40 269	-27 169	257 980	
	3ème	10	11 046	1 232	21 322	6	4 862	27 421	-16 375	241 605	
Juil.	1ère	10	9 062	895	11 780	5	5 305	17 985	-8 923	232 682	
	2ème	10	7 129	895	6 494	4	5 305	12 698	-5 569	227 113	
	3ème	11	6 174	984	6 894	3	5 831	13 712	-7 538	219 574	
Août	1ère	10	5 407	12 943	5 678	3	5 302	23 926	-18 519	201 055	
	2ème	10	5 386	12 943	7 620	3	5 302	25 867	-20 481	180 574	
	3ème	11	14 349	14 237	14 043	7	5 837	34 124	-19 775	160 799	
Sept.	1ère	10	5 593	30 117	22 498	3	6 567	59 185	-53 592	107 207	
	2ème	10	5 323	30 117	31 455	3	6 567	68 142	-62 819	44 389	
	3ème	10	5 299	30 117	24 345	3	6 567	61 032	-55 733	-11 344	
Oct.	1ère	10	5 278	965	13 890	3	1 991	16 849	-11 571	-22 915	
	2ème	10	19 278	965	11 682	10	1 991	14 648	4 630	-18 285	
	3ème	11	12 710	1 061	16 759	6	2 182	20 018	7 308	-25 592	Min.
Nov.	1ère	10	20 239	665	6 310	10	-2 289	4 696	15 543	-10 049	
	2ème	10	17 274	665	8	9	-2 289	-1 607	18 881	8 832	
	3ème	10	16 078	665	0	8	-2 289	-1 616	17 694	26 526	
Déc.	1ère	10	24 303	455	0	12	-2 428	-1 961	26 264	52 791	
	2ème	10	25 099	455	0	13	-2 428	-1 960	27 059	79 850	
	3ème	11	41 603	500	180	21	-2 684	-1 983	43 586	123 436	
Total			709 184	168 299	356 235	359	60 855	585 748	123 436	-	
Notes									Max. - Min. =	346 538	

*1) La perte par infiltration du corps de barrage est estimée à 0,05% du volume retenu.

*2) L'évaporation de la surface d'eau est estimée à la base de la balance de la précipitation et l'évaporation avec kc de 1,1 selon "FAO Irrigation and Drainage Paper No.24" (Voir le tableau "Evaporation de la surface du réservoir, Ngoma 22" pour référence.)

*3) Approvisionnement en eau pour riz de rizière inondée

168 299 m3/yr.

*4) Volume de retenue cumulé : A partir de DWS.1 386,50m

0 m3

(Volume de retenue effectif du barrage)

Tableau 4-1-1-28 Etude du bila hydrique
Cas-3 : Coefficient de surface humectée = 60 %
Simulation du Bilan Hydrique du Réservoir

Surface de culture

Culture		Area	
Culture de champs	Riz de rizière	35 ha	13 %
	Maïs+Haricot	140 ha	51 %
	Légume-1	20 ha	7 %
	Légume-2	40 ha	15 %
	Légume-3	20 ha	7 %
	Café	20 ha	7 %
	Sous-total	240 ha	87 %
Total	275 ha	100 %	

Efficacités

Description	Coefficient	Remarques
Efficacité de l'irrigation	100 %	
Coefficient de surface humectée	85 %	= 95 % (Faitage et Canal revêtu) * 90 % (Application: Goutte à goutte)
Coefficient de surface humectée	100 %	"Irrigation de surface"
	60 %	"Micro-irrigation"

Réservoir

Description	EL et Volume	Remarques
Surface d'eau pleine	EL. 1 390,60 m	FWS (Surface d'eau: 14,96 ha)
Surface d'eau morte	EL. 1 386,50 m	DWS (Surface d'eau: 8,15 ha)
Fond du réservoir	EL. 1 390,00 m	ELbtm
Capacité de retenue active	450 000 m ³	entre FWS et DWS (H=4,10 m)
Volume d'eau morte	250 000 m ³	entre DWS et ELbtm (H=6,50 m)

Résultat du bilan hydrique

Mois	Semaine	Jours	Afflux (m ³)	Ecoulement (m ³)			Balance entre afflux et écoulement (m ³)	Volume de retenue cumulé du réservoir (m ³)	Remarques	
				Riz de rizière	Culture de champs	Total				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)-(3)	(7)=(1)-(6)	
									0	
Jan.	1 ^{ère}	10	25 360	469	0	13	2 485	-2 003	27 363	27 363
	2 ^{ème}	10	72 709	469	0	36	2 485	1 980	74 689	102 053
	3 ^{ème}	11	50 352	516	3 840	26	2 735	1 646	48 706	150 759
Fév.	1 ^{ère}	10	28 891	6 228	5 148	14	3 134	14 524	14 367	165 126
	2 ^{ème}	10	23 985	6 228	8 579	12	3 134	17 953	6 032	171 158
	3 ^{ème}	8	13 807	4 982	3 195	7	2 513	10 698	3 109	174 268
Mars	1 ^{ère}	10	15 623	854	5 098	8	2 033	8 293	7 330	181 598
	2 ^{ème}	10	15 438	854	7 016	8	2 033	9 911	5 527	187 125
	3 ^{ème}	11	22 011	939	10 122	11	2 248	13 321	8 690	195 815
Avr.	1 ^{ère}	10	16 119	658	3 200	8	2 045	1 821	14 298	210 113
	2 ^{ème}	10	16 074	658	0	8	2 045	-1 579	17 453	227 566
	3 ^{ème}	10	21 841	658	3 506	11	2 945	2 130	19 711	247 277
Mai	1 ^{ère}	10	44 967	468	8 052	22	219	8 761	36 206	283 483
	2 ^{ème}	10	37 214	468	10 466	19	219	11 172	26 042	309 525
	3 ^{ème}	11	19 666	515	30 635	10	236	31 397	-11 731	297 794
Juin	1 ^{ère}	10	15 397	1 232	46 160	8	4 862	52 262	39 006	260 930
	2 ^{ème}	10	13 100	1 232	41 002	7	4 862	47 103	34 003	226 927
	3 ^{ème}	10	11 046	1 232	25 586	6	4 862	31 686	29 640	296 287
Juil.	1 ^{ère}	10	9 062	895	14 136	5	5 305	20 341	11 279	195 008
	2 ^{ème}	10	7 129	895	7 793	4	5 305	13 997	-6 668	188 140
	3 ^{ème}	11	6 174	984	8 273	3	5 831	15 091	-6 917	179 223
Août	1 ^{ère}	10	5 407	12 943	6 814	3	5 302	25 062	19 665	159 568
	2 ^{ème}	10	5 386	12 943	9 144	3	5 302	27 391	-22 006	137 563
	3 ^{ème}	11	14 349	14 237	18 862	7	5 837	38 933	22 964	114 979
Sept.	1 ^{ère}	10	5 593	30 117	26 998	3	6 567	63 684	-58 091	56 888
	2 ^{ème}	10	5 323	30 117	37 746	3	6 567	74 433	-69 110	12 232
	3 ^{ème}	10	5 299	30 117	29 214	3	6 567	65 901	60 002	73 323
Oct.	1 ^{ère}	10	5 278	965	16 668	3	1 991	19 627	14 349	-87 172
	2 ^{ème}	10	19 278	965	14 019	10	1 991	16 984	2 294	34 879
	3 ^{ème}	11	12 710	1 061	20 122	6	2 182	23 371	10 661	-95 540
Nov.	1 ^{ère}	10	20 239	665	7 572	10	2 289	5 958	14 281	-31 258
	2 ^{ème}	10	17 274	665	9	9	2 289	-1 505	18 880	82 979
	3 ^{ème}	10	16 078	665	0	8	2 289	-1 616	17 694	14 585
Déc.	1 ^{ère}	10	24 303	455	0	12	2 423	-1 901	26 264	-18 420
	2 ^{ème}	10	25 099	455	0	13	2 423	-1 960	27 059	8 639
	3 ^{ème}	11	41 603	500	216	21	2 684	-1 947	43 550	52 189
Total			709 184	168 299	427 482	359	60 855	656 995	52 189	

Notes

- *1) La perte par infiltration du corps de barrage est estimée à 0,05 % du volume retenu.
- *2) L'évaporation de la surface d'eau est estimée à la base de la balance de la précipitation et l'évaporation avec kc/ds de 1,1 selon "FAO Irrigation and Drainage Paper No.24" (Voir le tableau "Evaporation de la surface du réservoir, Ngoma 22" pour référence.)
- *3) Approvisionnement en eau pour riz de rizière inondée: 168 299 m³/yr.
- *4) Volume de retenue cumulé : A partir de DWS 1 386,50 m: 0 m³. (Volume de retenue effectif du barrage)

Tableau 4-1-1-29 Etude du bila hydrique
Cas-4 : Coefficient de surface humectée = 70 %
Simulation du Bilan Hydrique du Réservoir

Surface de culture

Culture		Area	
Riz de rizière	35 ha	13 %	
Maïs+Haricot	140 ha	51 %	
Légume-1	20 ha	7 %	
Légume-2	40 ha	15 %	
Légume-3	20 ha	7 %	
Café	20 ha	7 %	
Sous-total	240 ha	87 %	
Total	275 ha	100 %	

Efficacités

Description	Coefficient	Remarques
Efficacité de l'irrigation	100 %	
Coefficient de surface humectée	70 %	*Irrigation de surface* *Micro-irrigation*

Réservoir

Description	EL et Volume	Remarques
Surface d'eau pleine	EL. 1 390,60 m	FWS (Surface d'eau: 14,96 ha)
Surface d'eau morte	EL. 1 386,50 m	DWS (Surface d'eau: 8,15 ha)
Fond du réservoir	EL. 1 380,00 m	ELbtm
Capacité de retenue active	450 000 m ³	entre FWS et DWS (H=4,10 m)
Volume d'eau morte	250 000 m ³	entre DWS et ELbtm (H=6,50 m)

Résultat du bilan hydrique

Mois	Décade	Jours	Afflux (m ³)	Ecoulement (m ³)			Balance entre afflux et écoulement (m ³)	Volume de retenue cumulé du réservoir (m ³)	Remarques
				Riz de rizière	Culture de champs	Perte par infiltration			
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(1)-(5)	(7)
									0
Jan.	1 ^{ère}	10	25 360	469	0	13	-2 485	-2 003	27 363
	2 ^{ème}	10	72 709	469	0	36	-2 485	-1 960	74 669
	3 ^{ème}	11	50 352	516	4 480	25	2 725	2 286	48 066
Fév.	1 ^{ère}	10	28 891	6 228	6 006	14	3 134	15 382	13 509
	2 ^{ème}	10	23 985	6 228	10 009	12	3 134	19 382	4 603
	3 ^{ème}	8	13 807	4 982	3 728	7	2 513	11 230	2 577
Mars	1 ^{ère}	10	15 623	854	6 297	8	2 033	9 192	6 431
	2 ^{ème}	10	15 438	854	8 186	8	2 033	11 081	4 357
	3 ^{ème}	11	22 011	939	11 809	11	2 248	15 008	7 003
Avr.	1 ^{ère}	10	16 119	658	3 733	8	-2 045	2 354	13 765
	2 ^{ème}	10	16 074	658	0	8	-2 045	-1 379	17 453
	3 ^{ème}	10	21 841	658	4 080	11	2 045	2 714	19 127
Mai	1 ^{ère}	10	44 967	468	9 394	22	219	10 103	34 864
	2 ^{ème}	10	37 214	468	12 210	19	219	12 917	24 297
	3 ^{ème}	11	19 666	515	35 741	10	236	36 502	16 836
Juin	1 ^{ère}	10	15 397	1 232	53 853	8	4 862	59 955	-4 558
	2 ^{ème}	10	13 100	1 232	47 836	7	4 862	53 937	-40 837
	3 ^{ème}	10	11 046	1 232	29 850	6	4 862	35 950	-24 904
Juil.	1 ^{ère}	10	9 062	895	16 483	6	5 305	22 697	-13 635
	2 ^{ème}	10	7 129	895	9 082	4	5 305	15 296	8 167
	3 ^{ème}	11	6 174	984	9 652	3	5 831	16 470	-10 296
Août	1 ^{ère}	10	5 407	12 943	7 950	3	5 302	26 197	-30 790
	2 ^{ème}	10	5 386	12 943	10 667	3	5 302	28 915	-23 529
	3 ^{ème}	11	14 349	14 237	19 660	7	5 837	39 741	-25 392
Sept.	1 ^{ère}	10	5 593	30 117	31 497	3	6 567	-68 184	-6 589
	2 ^{ème}	10	5 323	30 117	44 037	3	6 567	80 724	-75 401
	3 ^{ème}	10	5 299	30 117	34 083	3	6 567	70 770	-65 471
Oct.	1 ^{ère}	10	5 278	965	19 446	3	1 991	22 405	-17 127
	2 ^{ème}	10	19 278	965	16 355	10	1 991	19 321	-43
	3 ^{ème}	11	12 710	1 061	23 476	6	2 182	26 725	-14 019
Nov.	1 ^{ère}	10	20 239	665	8 834	10	-2 289	-7 220	13 019
	2 ^{ème}	10	17 274	665	11	9	-2 289	-1 604	18 878
	3 ^{ème}	10	16 078	665	0	8	-2 289	-1 616	17 694
Déc.	1 ^{ère}	10	24 303	455	0	12	-2 428	-1 961	26 264
	2 ^{ème}	10	25 099	455	0	13	-2 428	-1 960	27 059
	3 ^{ème}	11	41 603	500	253	21	-2 684	-1 919	43 513
Total			709 184	168 299	498 729	359	60 855	728 242	19 055
Notes								Max. - Min. =	463 592

*1) La perte par infiltration du corps de barrage est estimée à 0,05 % du volume retenu.

*2) L'évaporation de la surface d'eau est estimée à la base de la balance de la précipitation et évaporation avec le coefficient de 1,1 selon "FAO Irrigation and Drainage Paper No.24" (Voir le tableau "Evaporation de la surface du réservoir, Ngoma 22" pour référence).

*3) Approvisionnement en eau pour riz de rizière inondée: 168 299 m³/yr.

*4) Volume de retenue cumulé : A partir de DWS. 1 386,50 m: 0 m³ (Volume de retenue effectif du barrage)

Tableau 4-1-1-30 Volume de décharge d'étude

Surface de culture

Culture de champs		Area	
Rice Paddy		35	13%
Culture de champs	Mais + Haricot	140	51%
	Légume-1	20	7%
	Légume-2	40	15%
	Légume-3	20	7%
	Café	20	7%
	Sous-total	240	87%
Total		275	100%

Operation Hours

Culture	Hrs d'exploitation	Remarques
Riz de rizière	24 hrs	
Culture de champs	8,5 hrs	

Efficacités

Description		Coefficient	Remarques
Efficacité de l'irrigation	Riz de rizière	100 %	-
	Culture de champs	85 %	-
Coefficient de surface	Riz de rizière	100 %	"Irrigation de surface"
	Culture de champs	70 %	"Micro Irrigation"

Décharge d'étude

Mois	Décade	Jour	Riz de rizière		Culture de champs		Grand Total		Remarques
			Alimentation en eau (m ³ /déc)	Volume de décharge (m ³ /sec)	GIWR (m ³ /déc)	Volume de décharge (m ³ /sec)	GIWR (m ³ /déc)	Volume de décharge (m ³ /sec)	
Jan.	1ère	10	489	0,0005	0	0,0000	489	0,0005	
	2ème	10	489	0,0005	0	0,0000	489	0,0005	
	3ème	11	516	0,0005	4 480	0,0133	4 996	0,0139	
Fév.	1ère	10	6 228	0,0072	6 006	0,0196	12 234	0,0268	
	2ème	10	6 228	0,0072	10 009	0,0327	16 236	0,0399	
	3ème	8	4 982	0,0072	3 728	0,0152	8 710	0,0224	
Mar.	1ère	10	854	0,0010	6 297	0,0208	7 151	0,0218	
	2ème	10	854	0,0010	8 185	0,0258	9 040	0,0277	
	3ème	11	939	0,0010	11 809	0,0351	12 749	0,0381	
Avr.	1ère	10	658	0,0008	3 733	0,0122	4 391	0,0130	
	2ème	10	658	0,0008	0	0,0000	658	0,0008	
	3ème	10	658	0,0008	4 090	0,0134	4 748	0,0141	
Mai	1ère	10	488	0,0005	9 384	0,0307	9 872	0,0312	
	2ème	10	488	0,0005	12 210	0,0399	12 698	0,0404	
	3ème	11	515	0,0005	35 741	0,1062	36 256	0,1087	
Juin	1ère	10	1 232	0,0014	53 853	0,1760	55 085	0,1774	
	2ème	10	1 232	0,0014	47 836	0,1563	49 068	0,1578	
	3ème	10	1 232	0,0014	29 850	0,0975	31 082	0,0990	
Juil.	1ère	10	895	0,0010	18 493	0,0589	19 387	0,0599	
	2ème	10	895	0,0010	9 092	0,0297	9 987	0,0307	
	3ème	11	984	0,0010	9 652	0,0287	10 636	0,0297	
Août.	1ère	10	12 943	0,0150	7 950	0,0260	20 892	0,0410	
	2ème	10	12 943	0,0150	10 687	0,0349	23 630	0,0488	
	3ème	11	14 237	0,0150	19 660	0,0684	33 897	0,0734	
Sep.	1ère	10	30 117	0,0349	31 497	0,1029	61 614	0,1378	
	2ème	10	30 117	0,0349	44 037	0,1438	74 154	0,1788	
	3ème	10	30 117	0,0349	34 083	0,1114	64 200	0,1462	
Oct.	1ère	10	965	0,0011	19 445	0,0635	20 411	0,0647	
	2ème	10	965	0,0011	18 355	0,0534	19 320	0,0546	
	3ème	11	1 051	0,0011	23 475	0,0897	24 526	0,0709	
Nov.	1ère	10	665	0,0008	8 834	0,0289	9 499	0,0298	
	2ème	10	665	0,0008	11	0,0000	676	0,0008	
	3ème	10	665	0,0008	0	0,0000	665	0,0008	
Déc.	1ère	10	455	0,0005	0	0,0000	455	0,0005	
	2ème	10	455	0,0005	0	0,0000	455	0,0005	
	3ème	11	500	0,0005	253	0,0008	753	0,0013	
Annual			168 299,0	-	498 729,4	-	667 028,4	-	-
Maximum			30 116,7	0,0349	53 853,3	0,1760	74 153,5	0,1788	-

Notes

*1) GIWR (m³/déc) : Besoin brut en eau d'irrigation

*2) Volume de décharge (m³/sec) = GIWR (m³/déc) / déc (days) / (3 600 (sec/hr) * Heures d'exploitation (hrs))

4-1-2 Etude pour la planification des installations

- (1) Etude de base pour la planification des installations
 - (a) Etude de la perméabilité de la fondation

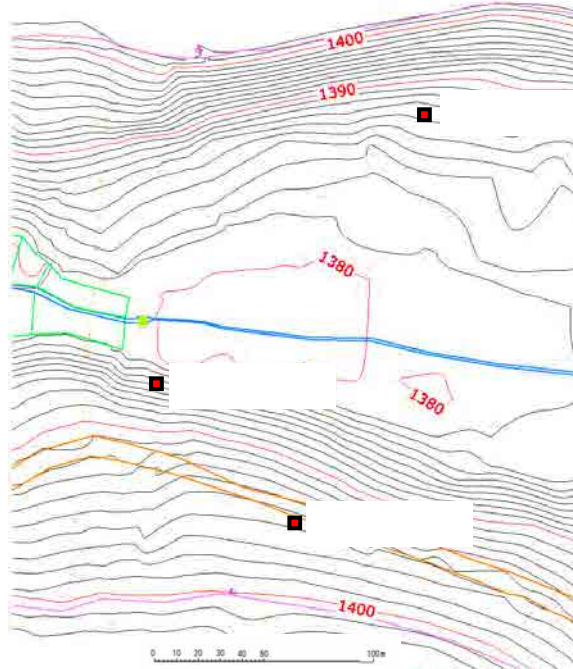


Fig. 4-1-2-1 Implantation des puits d'essai

La perméabilité de la fondation est évaluée par des essais de perméabilité sur le terrain effectués dans des puits d'essai. Les emplacements et les formes d'excavation des puits d'essai sont indiqués ci-dessous. Deux trous d'essai pour l'essai de perméabilité sur le terrain ont été réalisés à chaque niveau, 6 trous au total.

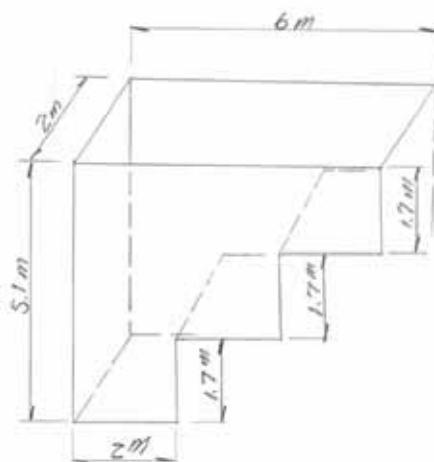


Fig. 4-1-2-2 Profil du puits d'essai (Forme d'excavation)

i) Puits d'essai n°1

La paroi du puits d'essai est composée d'argile sableuse brune rougeâtre homogène jusqu'à une profondeur de 5,1 m. La teneur en eau des sols sur le terrain est presque optimale, donc ces sols sont bien adaptés comme matériau d'endiguement, à savoir matériau imperméable. Les sols excavés contiennent des graviers subangulaires mous d'une taille de 2 à 5 mm. Comme ces graviers subangulaires présentent parfois des écailles de couleur d'argent, l'origine de ces graviers est probablement une ardoise.

Les résultats des essais de perméabilité sur le terrain sont indiqués ci-dessous. Il est possible de considérer que la couche en question est composée d'un sol perméable ou semi-perméable avec un coefficient de perméabilité de l'ordre de $k = n \times 10^{-3}$ à $n \times 10^{-4}$. Ces résultats sont en accord avec le taux élevé d'infiltration obtenu lors de l'essai de vitesse d'infiltration. Les résultats "imperméables à difficilement perméables" obtenus lors de l'essai de perméabilité réalisé dans les forages en 2009 seraient probablement dus à un gâteau de boue qui a été formé sur la paroi par le procédé de forage à sec.



Tableau 4-1-2-1 Résultats de l'essai de perméabilité sur le terrain (Puits d'essai 1)

		φ (cm)	r (cm)	H (cm)	H/r	Q (cm ³)	Temps (sec)	Coefficient de perméabilité
Puits d'essai 1	N°1	20	10	20	2	300	27	$3,6 \times 10^{-3}$ cm/sec
	N°2	20	10	20	2	300	3	$3,3 \times 10^{-2}$ cm/sec
	N°3	22	11	22	2	221	258	$2,3 \times 10^{-4}$ cm/sec
	N°4	20	10	23	2,3	300	25,7	$3,2 \times 10^{-3}$ cm/sec
	N°5	20	10	22	2,2	300	103	$8,5 \times 10^{-4}$ cm/sec
	N°6	20	10	23	2,3	300	80	$1,0 \times 10^{-3}$ cm/sec

$$k = \frac{Q}{2\pi h^2} \left[\ln \left\{ \frac{h}{r_0} + \left(\frac{h^2}{r_0^2} + 1 \right)^{1/2} \right\} - \left(\frac{r_0^2}{h^2} + 1 \right)^{1/2} + \frac{r_0}{h} \right]$$

Où :

Q : Débit constant (cm³/s)

h : Profondeur d'eau dans le forage d'essai (cm)

r0 : Rayon du trou d'essai (cm)

Formule de calcul du coefficient de perméabilité, essai de perméabilité sur le terrain dans un puits

(Source : Normes de conception "Barrages", Ministère de l'Agriculture, des Forêts et des Pêches)

ii) Puits d'essai n°2

Ce puits d'essai a été réalisé sur la pente de la culée de la rive gauche. Or, l'excavation est devenue impossible à une profondeur de 1,7 m à cause d'une venue d'eaux souterraines dans le puits. La couche de sol présente une couleur brune jaunâtre claire, mais la composition granulométrique est similaire à celle du puits d'essai n°1 et est classée géotechniquement en argile sableuse. Les résultats de l'essai de perméabilité, effectué au-dessus de la surface de la nappe phréatique, sont indiqués ci-dessous. Ces résultats indiquent une perméabilité élevée du sol comme dans le cas du puits d'essai n°1.



Par ailleurs, le niveau élevé de la nappe phréatique dans la partie de culée, constaté dans ce puits d'essai, laisse espérer un effet efficace pour éviter l'infiltration à travers la fondation du barrage et celle qui fait un détour en passant par la culée.

Tableau 4-1-2-2 Résultats de l'essai de perméabilité sur le terrain (Puits d'essai 2)

		ϕ (cm)	r (cm)	H (cm)	H/r	Q (cm ³)	Temps (sec)	Coefficient de perméabilité
Puits d'essai 2	N°1	20	10	24	2,4	300	32	$2,2 \times 10^{-3}$ cm/sec
	N°2	19	9,5	20	2,11	300	24	$4,3 \times 10^{-3}$ cm/sec

iii) Puits d'essai n°3

Ce puits d'essai a été réalisé sur la pente de la culée de la rive droite et une zone d'ardoise fortement altérée est apparue dès la profondeur de 3,6 m. Les roches étaient suffisamment molles pour continuer l'excavation manuelle jusqu'à la profondeur de 4 m. Les plans de stratification sont en contact étroit l'un avec l'autre, mais les résultats de l'essai de perméabilité sur le terrain indiquent des valeurs semi-perméables. La perméabilité de la couche de sol complètement altérée est similaire à celle du puits n°1 de la rive droite.



Surface de la partie de roche altérée

Tableau 4-1-2-3 Résultats de l'essai de perméabilité sur le terrain (Puits d'essai 3)

		ϕ (cm)	r (cm)	H (cm)	H/r	Q (cm ³)	Temps (sec)	Coefficient de perméabilité
Puits d'essai 3	N°1	20	10	20	2	300	8	$1,2 \times 10^{-2}$ cm/sec
	N°2	20	10	20	2	300	10	$1,0 \times 10^{-2}$ cm/sec
	N°3	20	10	21	2,1	300	64	$1,4 \times 10^{-3}$ cm/sec
	N°4	20	10	24	2,4	300	59	$1,3 \times 10^{-3}$ cm/sec
	N°5	20	10	22	2,2	300	795,6	$1,1 \times 10^{-4}$ cm/sec
	N°6	20	10	23	2,3	300	804	$1,0 \times 10^{-4}$ cm/sec

(b) Étude des cônes d'éboulis

Aucune couche de couverture d'éboulis de pente n'est apparue dans la partie supérieure du puits d'essai lors de l'excavation des puits d'essai, effectuée au niveau des culées du site du barrage. En conséquence, il est considéré que les pentes submergées dans l'eau dans l'avenir lors du remplissage du réservoir sont couvertes d'une couche ardoise altérée in situ. La couche altérée in situ ne présente pas la stratification observée dans les couches sédimentaires générales, est donc dynamiquement stable; en conséquence, il n'y a pas de risque de glissement de terrain lors du remplissage du réservoir.

Par ailleurs, les seuls éboulis de pente observés autour du réservoir sont ceux se trouvant sur le talus de déblai du côté colline de la route sur la rive gauche. Les faciès sont bien différents entre le niveau inférieur de la face du déblai, qui est composé d'une couche de limon, c'est-à-dire, couche d'ardoise fortement altérée conservant des plans de stratification, et la couche de sol supérieure qui recouvre sa face de dessus et qui présente beaucoup de brèches. Cette couche supérieure est probablement composée d'éboulis de pente, mais l'épaisseur de cette couche varie entre environ 1 m et 0 m selon l'ondulation de la face de dessus de la couche inférieure.

En outre, a été observée la coupe de l'ouvrage d'interception d'écoulement d'eaux pluviales, réalisé le long des courbes de niveau sur la pente de la culée de la rive droite dans l'axe du barrage ; une couche de sol altéré in situ de la roche en place apparaît au-dessous de la couche superficielle de terre végétale et aucune couche d'éboulis de pente n'existe.



Ouvrage d'interception d'écoulement d'eaux pluviales, réalisé sur la pente de la culée de la rive droite



Couche d'éboulis de pente apparaissant sur le plan du déblai de la route rénovée en amont sur la rive gauche

(c) Examen de la possibilité d'introduction du système de pompage solaire

i) Situation des pompes de relevage solaires

Ces dernières années, avec l'amélioration des performances des générateurs solaires, des pompes de relevage solaires intégrant un système de génération solaire et une pompe de relevage ont fait leur apparition sur le marché et trouvent de nouvelles applications. Quelques informations obtenues sur l'Internet sont indiquées ci-dessous à titre d'exemple:

PS4000 C

Solar-operated Submersible Pump System

<p>Characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ flow rate up to 70 m³/h ▪ lift up to 170m ▪ maintenance-free ▪ excellent efficiency thanks to modern brushless DC motor technology 	<p>Application</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ drinking water supply ▪ livestock watering ▪ pond management ▪ irrigation ▪ etc.
--	--

<p>Components</p> <p>Controller PS4000</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ controlling of the pump system and monitoring of the operating states ▪ mounted at surface (no electronic parts submerged) ▪ two control inputs for well probe (dry running protection), float or pressure switches, remote control etc. ▪ automatic reset 20 minutes after well probe turns pump off ▪ protected against reverse polarity, overload and high temperature ▪ speed control, max. pump speed adjustable to reduce flow rate to c. 30 % ▪ solar operation: integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking), V_{oc} = 375VDC, V_{mp} > 238VDC ▪ battery operation: low voltage disconnect and restart after battery has recovered ▪ max. efficiency 92% (motor + controller) ▪ enclosure: IP 54 (sealed, weatherproof) ▪ ambient temperature: -30 to +40° C -20 to +115° F <p>Motor ECDRIIVE4000C</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2-pole, synchronous brushless DC motor ▪ high life expectancy, electronically commutated, sensorless ▪ voltage: max. 240VAC (electronically commutated) ▪ power: 3.5 kW/4.6 HP; n_{max} = 3,300 RPM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ no electronics inside motor ▪ water filled ▪ IP68, pressure balanced, max. submersion 250 m ▪ water lubricated dynamic slide bearings, material: carbon/ceramic ▪ neodymium magnets, sealed in stainless steel and encapsulated in synthetic resin ▪ unlimited number of starts/stops per hour ▪ wetted material: stainless steel (AISI316), FOM rubber, cable drinking water approved ▪ max. water temperature: 40° C/105° F <p>Pump End (PE)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ centrifugal multistage direct-coupled pump end ▪ nonreturn valve ▪ material: stainless steel (AISI304), rubber ▪ dry running protection (optional) ▪ max. sand content: 50 g/m³, a higher content will wear the pump and reduce its life span considerably ▪ max. salt content: 300 - 500 ppm at max. 30° C/85° F higher salt contents require lower water temperatures ▪ pH value: 6-9 ▪ high life expectancy <p>Motor and controller can only operate as unit. The motor cannot be operated without controller or with a different controller.</p>
--	---



ii) Capacités des pompes de relevage solaires

Les pompes figurant dans les catalogues trouvés n'ont qu'une petite capacité ne dépassant pas 1 litre/sec et donc ne peuvent pas être adoptées dans le présent projet, mais il y des fabricants étrangers qui fabriquent des pompes à grande capacité comme suit:

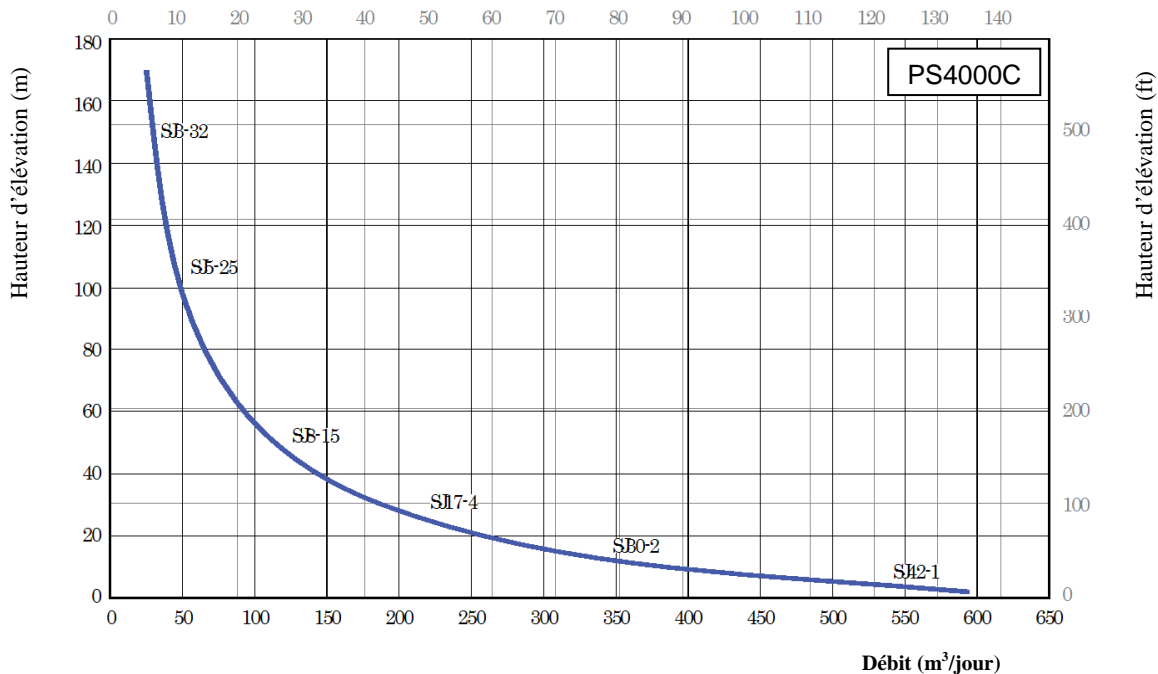


Fig. 4-1-2-3 Capacité de la pompe de relevage solaire

Selon les informations recueillies jusqu'ici sur les pompes intégrées, la pompe PS4000C, indiquée ci-dessus, présente la plus grande capacité. La capacité de relevage de cette pompe peut être estimée comme suit:

Supposons que la hauteur d'élevation soit de 20 m. Le débit pour un fonctionnement maximum journalier de 8,5 heures sera alors d'environ $250 \text{ m}^3/\text{jour} = 250 \text{ m}^3/8,5 \text{ heures} = 8,16 \text{ l}/\text{sec}$. Si la puissance de la pompe est proportionnelle à la capacité de génération solaire, la puissance moyenne pour des jours de beau temps sera égale à 80% de la puissance maximale, d'après les données indiquées au paragraphe suivant. En conséquence, la capacité de la pompe pour une hauteur d'élevation de 20 m lors d'un jour de beau temps est estimée à : $250 \text{ m}^3/\text{jour} \times 0,8 = 200 \text{ m}^3/\text{jour}$, soit $8,16 \text{ l}/\text{sec} \times 0,8 = 6 \text{ l}/\text{sec}$. Par ailleurs, si la capacité lors d'un jour nuageux est estimée à 70% de cette capacité compte tenu des données indiquées au paragraphe suivant, la capacité lors d'un jour nuageux sera de : $200 \text{ m}^3/\text{jour} \times 0,7 = 140 \text{ m}^3/\text{jour}$, soit $8,16 \text{ l}/\text{sec} \times 0,8 \times 0,7 = 4,5 \text{ l}/\text{sec}$.

D'après les données météorologiques, la durée maximale d'ensoleillement journalière est d'environ 10 heures, alors que la durée moyenne journalière d'ensoleillement sur une année entière est de 5,5 heures. Après l'exclusion des jours de pluie, le total des jours nuageux et des jours de beau temps est de 302 jours. Pour simplifier, supposons que les jours de beau temps représentent 55% et les jours nuageux 45%. Alors, la capacité moyenne est estimée comme suit:

$$(200 \text{ m}^3/\text{jour} \times 55 + 140 \text{ m}^3/\text{jour} \times 45)/100 = 170 \text{ m}^3/\text{jour}$$

$$(8,16 \text{ l}/\text{sec} \times 0,8 \times 55 + 8,16 \text{ l}/\text{sec} \times 0,8 \times 0,7 \times 45)/100 = 5,6 \text{ l}/\text{sec}$$

iii) Caractéristiques des pompes de relevage solaires

Les pompes de relevage solaires sont caractérisées en ce que la capacité de relevage dépend de la capacité de génération solaire. La capacité de génération solaire varie comme indiqué dans la Fig. 4-1-2-4 sous influence de quelques facteurs, tel que l'angle d'incidence des rayons solaires par rapport à la surface de la terre (Si la distance sur laquelle la lumière se déplace dans l'air augmente, la capacité de génération se réduit à cause de la diffusion de la lumière).

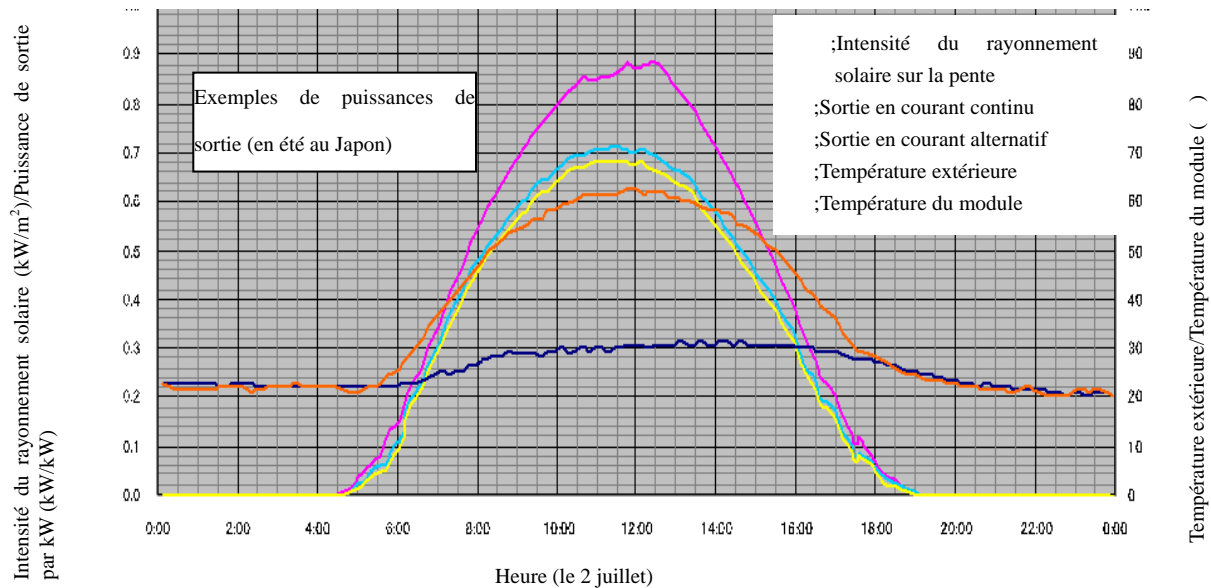
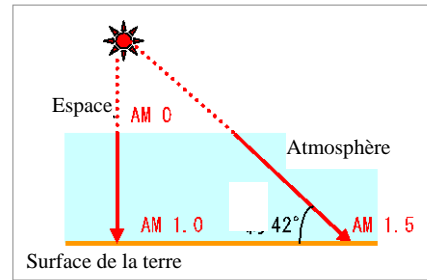


Fig. 4-1-2-4 Exemples de puissances de sortie de génération solaire

Toutefois, en ce qui concerne l'intensité du rayonnement solaire, vers 7 heures, elle augmente jusqu'à une valeur de 0,3, qui correspond à plus de 40% de la valeur maximale qui est de 0,7. Comme elle diminue à 0,3 vers 16 heures, la valeur moyenne obtenue pour cette période d'environ 9 heures dans la journée est de 0,55, qui correspond à environ 80% de la valeur maximale (0,7).

Un système de pompe de relevage solaire commence à fonctionner lorsque l'intensité du rayonnement solaire atteint une certaine valeur et déploie ensuite sa capacité selon l'intensité du rayonnement solaire. En conséquence, aux jours nuageux, sa capacité se réduit, mais cela ne veut pas dire que le système ne fonctionne pas du tout. Bien qu'il existe divers profils de temps nuageux, un exemple est donné dans la Fig. 4-1-2-5. Cet exemple indique qu'il est possible d'espérer, même si le temps est nuageux, une puissance correspondant à environ 70 % la puissance moyenne obtenue pour les jours de beau temps.

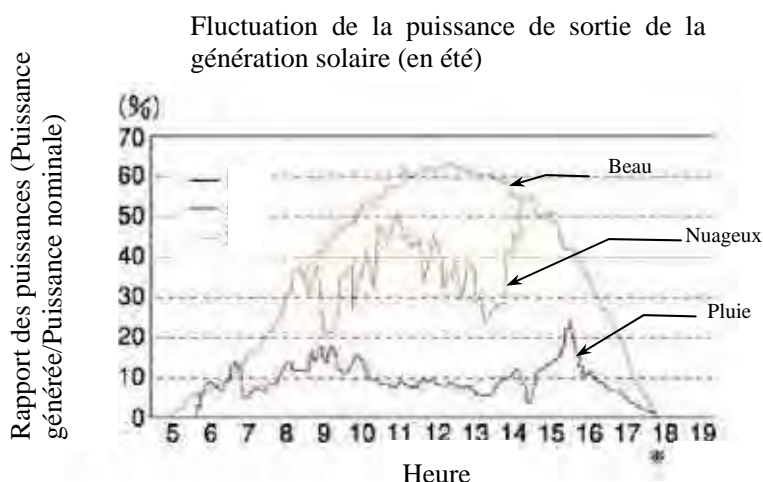


Fig. 4-1-2-5 Fluctuation de la puissance de la génération solaire

iv) Comparaison économique avec les pompes de relevage d’autres types

Le site des travaux n’est pas alimenté en électricité, mais l’électricité est fournie jusqu’à un point situé à une distance d’environ 4,2 km du site. Alors, la comparaison avec les pompes électriques ordinaires est faite, supposant que la ligne d’alimentation en électricité soit prolongée jusqu’au site. Il est possible d’envisager le cas où la pompe électrique ordinaire fonctionne à l’aide d’un groupe électrogène à moteur diesel, mais la comparaison avec ce type de fonctionnement n’est pas faite, car, le cas de groupe électrogène à moteur diesel est moins économique à cause du coût élevé du carburant.

Tableau 4-1-2-4 Comparaison économique des pompes de relevage

Type	Puissance	Prix (US\$)	Frais de fonctionnement	Durée de service
Pompe de relevage électrique	3,7KW	22 000	$3,7 \text{ kwh} \times 112\text{Rwf} \times 8,5\text{h} \times 302 \text{ jours} \times 20 \text{ ans}$ = 21 275 296 Rwf = 35 459US\$?
Pompe de relevage solaire	3,5KW	30 000	Pas de frais	20 ans

Les frais de fonctionnement de la pompe de relevage électrique ordinaire pour une période de 20 ans sont légèrement supérieurs au prix de la pompe de relevage solaire. Comme les pompes de relevage électriques ont, elles aussi, une durée de vie, il est clair que les pompes de relevage solaire sont plus économiques. Dans la pratique, il est très intéressant pour les agriculteurs de pouvoir économiser les frais quotidiens d’électricité grâce à l’introduction de pompes de relevage solaire.

v) Jugement sur la possibilité d’introduction de pompes de relevage solaire

Au Rwanda, de nombreux établissements administratifs régionaux utilisent de l’électricité produite par leurs systèmes de génération solaire. Les panneaux solaires actuellement introduits au Rwanda sont ceux fabriqués en Chine/Inde, qui viennent par le Moyen-Orient, et ceux fabriqués en France/Espagne, qui viennent de l’Europe. Les produits américains sont également observés. A Kigali, Il existe une dizaines d’entreprises qui s’occupent de la vente, de l’installation, du réglage et de l’entretien de ces panneaux

solaires.

D'après ce qui est dit ci-dessus, il est jugé qu'il est possible d'introduire les systèmes de pompe solaire au Rwanda, puisque, malgré l'instabilité de leur capacité de relevage, ils sont plus économiques et que le niveau technologique au Rwanda permet d'assurer l'entretien et la gestion de ces systèmes.

vi) Résultats d'introduction des pompes de relevage solaire dans les pays voisins

Tableau 4-1-2-5 Résultats d'introduction des pompes de relevage solaire dans les pays voisins

PAYS	ENDROIT	CARACTERISTIQUES
Algérie	(1) -	PS1800, H=40m, Q=45m ³ /jour
Angola	(1) Huambo, Longonjo-Conusse	PS600, H=38m, Q=8m ³ /jour
	(2) Huambo, Kissala	PS600, H=44m, Q=8m ³ /jour
	(3) Huambo, Huambo Escola 102	PS600, H=43m, Q=9m ³ /jour
	(4) Huambo, Mungo-Cassenje	PS600, H=40m, Q=8m ³ /jour
	(5) Huambo, Cachiungo	PS600, H=44m, Q=8m ³ /jour
	(6) Huambo, Bailundo	PS600, H=43m, Q=8m ³ /jour
	(7) Huambo, Talulua	PS600, H=36m, Q=8m ³ /jour
Burkina Faso	(1) -	PS1800, H=50m, Q=27m ³ /jour
	(2) Ouagadougou	PS1800, H=50m, Q=50m ³ /jour
Djibouti	(1) Koussour	PS4000, H=36m, Q=100m ³ /jour
Égypte	(1) Marsa Alam, Red Sea region	PS200, H=30m, Q=5,7m ³ /jour
	(2) Al Baharia 2, El Wahat	PS600, H=4m, Q=100m ³ /jour
	(3) Al Baharia 1, El Wahat	PS600, H=40m, Q=14m ³ /jour
	(4) Al Fayoum	PS1800, H=5m, Q=250m ³ /jour
Érythrée	(1) Barentu	PS1200, H=60m, Q=12m ³ /jour
Éthiopie	(1) Amhara Regional State, Kemisse	PS1800, H=8m, Q=600m ³ /jour
	(2) Sidamo District, Awasa	PS150, H= -m, Q=8m ³ /jour
Gambie	(1) Somita	PS4000, H=30m, Q=120m ³ /jour
	(2) Kuloro	PS4000, H=24m, Q=180m ³ /jour
	(3) Bugginga	PS1800, H=30m, Q=24m ³ /jour
	(4) Bwiam 1	PS1800, H=30m, Q=50m ³ /jour
Guinée Bissau	(1) Antula	PS1800, H=50m, Q=22m ³ /jour
	(2) Cachue, Ingore	PS1200, H=50m, Q=20m ³ /jour
	(3) Cacheu, Ingore	PS600, H=30m, Q=10m ³ /jour
	(4) Cacheu, Ingore	PS200, H=28m, Q=7m ³ /jour
Côte d'Ivoire	(1) Abidjan	PS600, H=30m, Q=30m ³ /jour
Kenya	(1) Maili Tisa	PS1800, H=85m, Q=40m ³ /jour
	(2) Nairobi	PS1800, H=160m, Q=8m ³ /jour
	(3) Ramada, MDA Health Centre	PS1800, H=250m, Q=24m ³ /jour
	(4) Masaai Mara 2, Narok	PS4000, H=160m, Q=40m ³ /jour
	(5) Kitale	PS1800, H=50m, Q=20m ³ /jour
	(6) Lamu Island	PS600, H= -m, Q= -m ³ /jour
	(7) Masaai Mara 1, Narok	PS600, H=2m, Q=12m ³ /jour
	(8) Lewa Wildlife Conservancy	PS1200, H=80m, Q=19m ³ /jour
	(9) -	PS600, H=10m, Q=6,5m ³ /jour
Mali	(1) Soussoula	PS1200, H=25m, Q=15m ³ /jour
	(2) Faraoula	PS1200, H=35m, Q=7m ³ /jour
	(3) Bamako, Samanko	PS1800, H=82m, Q=28m ³ /jour
	(4) Koutiala, Tyanhirisso	PS4000, H=78m, Q=40m ³ /jour
	(5) Koutiala, Karangasso	PS1200, H=23m, Q=15m ³ /jour
Mauritanie	(1) Chinguitti, Adrar	PS1200, H=50m, Q=28m ³ /jour
Maroc	(1) Figuig	PS200, H=21m, Q=9m ³ /jour
	(2) Figuig	PS1800, H=20m, Q=88m ³ /jour
	(3) Tahla	PS1800, H=11m, Q=150m ³ /jour
	(4) Tahla	PS4000, H=30m, Q=210m ³ /jour
	(5) Figuig	PS1800, H=10m, Q=67m ³ /jour
	(6) Figuig	PS1800, H=20m, Q=90m ³ /jour
	(7) Figuig	PS1800, H=9m, Q=170m ³ /jour
		PS600, H=4m, Q=20m ³ /jour

PAYS	ENDROIT	CARACTERISTIQUES
	(8) Errachidia	PS1800, H=50m, Q=28m ³ /jour
	(9) Errachidia	PS4000, H=18m, Q=250m ³ /jour
	(10) Bouarfa, Tendirara	PS1800, H=83m, Q=18m ³ /jour
	(11) Casablanca, Bensliman	PS1800, H=37m, Q=35m ³ /jour
	(12) Tinghir, Douar El kasba	PS1800, H=50m, Q=56m ³ /jour
	(13) Beni Mellal, Tizy Nisly	PS4000, H=110m, Q=40m ³ /jour
	(14) Meknes, Nzala Bni Amar	PS1800, H=30m, Q=50m ³ /jour
	(15) Oujda, Figuigu	PS1800, H=25m, Q=25m ³ /jour
	(16) Sidi Bennour, Oualidia	PS1800, H=42m, Q=40m ³ /jour
	(17) Douar-Tazamourt, Taroudant	PS4000, H=75m, Q=70m ³ /jour
	(18) Guercif	PS1800, H=45m, Q=36m ³ /jour
	(19) Ouad Zem	PS1200, H=80m, Q=12m ³ /jour
Maroc	(20) Taghdichte, Ouarzazate	PS1800, H=25m, Q=75m ³ /jour
	(21) Mzouda, Chichaoua	PS4000, H=85m, Q=130m ³ /jour
	(22) Atlas Mountains	PS1200, H=25m, Q=25m ³ /jour
	(23) -	PS4000, H= -m, Q= -m ³ /jour
Namibie	(1) Akutsima	PS1800, H=20m, Q=30m ³ /jour
Nigeria	(1) Numan, Adamawa	PS1200, H=96m, Q= -m ³ /jour
Sénégal	(1) Thies, Risso	PS150, H=2m, Q=9m ³ /jour
	(2) Thies, Mboro	PS600, H=15m, Q=20m ³ /jour
	(3) Niayes, Mbawane	PS200, H=18m, Q=23m ³ /jour
	(4) Casamanca , Kafountine	PS200, H=20m, Q=10m ³ /jour
	(5) Sine Saloum, Samba Dia	PS1800, H=25m, Q=30m ³ /jour
	(6) Sine Saloum , Marlodje	PS600, H=3m, Q=50m ³ /jour
	(7) St. Louis, Diama	PS200, H=15m, Q=15m ³ /jour
	(8) Ecovillage, Belvedere	PS200, H=20m, Q=12m ³ /jour
	(9) Diana, Casamance	PS600, H=13m, Q=25m ³ /jour
	(10) Tambacounda, Ngen	PS1200, H=30m, Q=25m ³ /jour
	(11) Casamance , Ziguinchor	PS600, H=35m, Q=18m ³ /jour
	(12) Fanda, Ziguinchor	PS600, H=17m, Q=12m ³ /jour
	(13) Djifongor, Casamance	PS200, H=30m, Q=5m ³ /jour
Sénégal	(14) -	PS1800, H= -m, Q= -m ³ /jour
	(15) -	PS4000, H= -m, Q= -m ³ /jour
Sierra Leone	(1) Nothern Province, Makeni	PS600, H=50m, Q=11m ³ /jour
Afrique du Sud	(1) Billiton, South Witbank	PS4000, H=20m, Q=400m ³ /jour
Soudan	(1) River Nile State, Atbara	PS4000, H=90m, Q=150m ³ /jour
Tanzanie	(1) Makambako, Kitandililo	PS200, H=17m, Q=5m ³ /jour PS200, H=19m, Q=5m ³ /jour
	(2) Pemba, Chaka Chaka	PS600, H= -m, Q=6,5m ³ /jour
	(3) Moshi, Ishinde	PS600, H=40m, Q=14m ³ /jour
Tunisie	(1) Sidi Bouzid, Fayedh	PS4000, H=60m, Q=90m ³ /jour
	(2) Ellouce Sfax	PS4000, H=48m, Q=115m ³ /jour
	(3) Mateur, Bizerte	PS600, H=20m, Q=24m ³ /jour
	(4) Sidi Bouzid, Rgueb	PS1800, H=70m, Q=30m ³ /jour
Ouganda	(1) -	PS1800, H=90m, Q=18m ³ /jour
	(2) Sembabule	PS4000, H=140m, Q=25m ³ /jour
	(3) Amuru	PS1800, H=70m, Q=25m ³ /jour
	(4) -	PS1200, H=60m, Q=25m ³ /jour
	(5) Moyo	PS600, H=46m, Q=20m ³ /jour
	(6) Nsambwe	PS200, H=38m, Q= -m ³ /jour
Zimbabwe	(1) Hatcliffe, Harare	PS1800, H=40m, Q=30m ³ /jour

H : Hauteur manométrique totale ou hauteur de refoulement (m)

Q : Débit (m³/jour)



Kenya



Ouganda



Gambie



Gambie



Burkina Faso

4-1-3 Étude comparative des installations d'alimentation en eau et des méthodes de prise d'eau pour l'irrigation

(a) Option "barrage"

i) Quantité d'eau d'irrigation disponible

La fonction d'un barrage, en tant que source d'eau pour l'irrigation, consiste à stocker l'eau de rivière instable, y compris celle de crue, et à fournir stablement l'eau d'irrigation nécessaire. Le débit d'eau prévu entrant dans le site du barrage est, selon les résultats de l'examen basé sur les résultats de l'observation faite sur le site du barrage, indiquée en 4-1-1, de 700 000 m³. Cette quantité de 700 000 m³ représente la quantité disponible, qui est divisée en 170 000 m³ pour les rizières et en 530 000 m³ pour les champs.

ii) Dimensionnement des installations

La capacité du réservoir du barrage, nécessaire à l'irrigation des rizières et des champs avec cette quantité d'eau disponible de 700 000 m³ est, selon les résultats de l'examen effectué pour le projet d'irrigation, de 450 000 m³.

D'après la courbe H-Q indiquée ci-dessous, la profondeur d'eau requise pour une quantité de stockage de 450 000 m³ est de 8,5 m. Après l'addition d'une marge d'hauteur empirique de 1,5 m et compte tenu d'une excavation de la fondation de 1,5 m, la hauteur du barrage est estimée à 11,5 m.

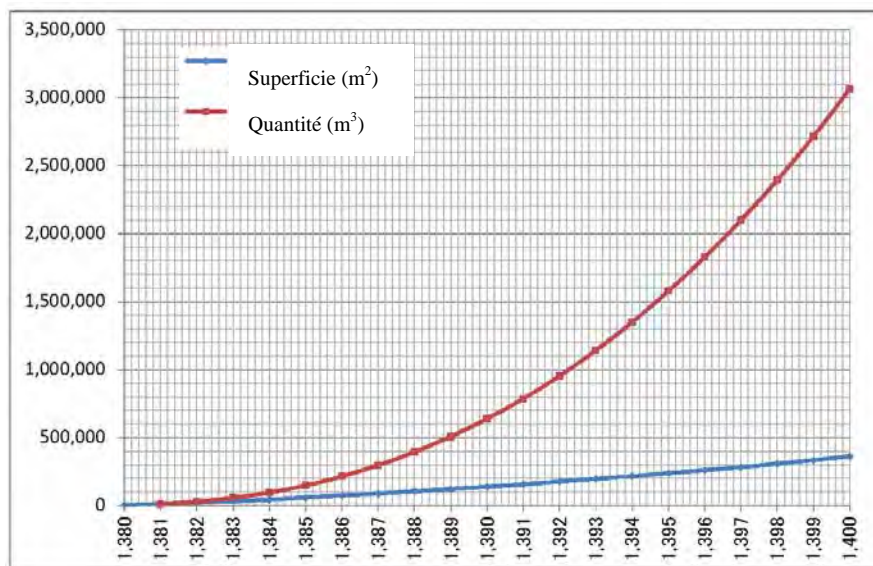


Fig. 4-1-2-6 Courbe H-Q du réservoir

Le volume approximatif du corps du barrage peut être estimé par la formule suivante (Normes de conception des plans d'amélioration des terrains – Conception "Barrages").

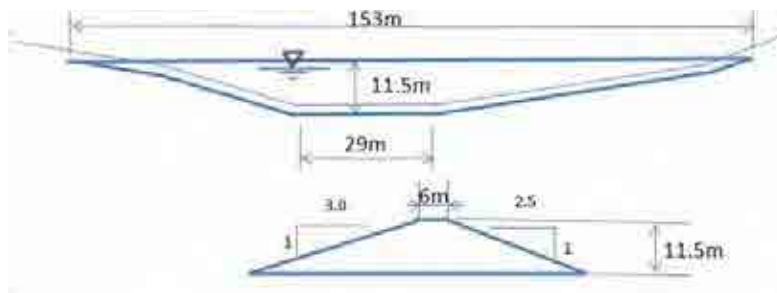


Fig. 4-1-2-7 Schéma coté du corps du barrage pour l'option "Barrage"

D'après la Fig. 4-1-2-7:

$$B=6,0, \quad H=11,5, \quad L_1=153,0, \quad L_2=29,0, \quad m=3,0, \quad n=2,5$$

$$V = (1/2) \times 6,0 \times 11,5 \times (153,0 + 29,0) + (1/6) \times (3,0 + 2,5) \times 11,5^2 \times (153,0 + 2 \times 29,0) \\ = 31\,900 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot B \cdot H \cdot (L_1 + L_2) + \frac{1}{6} \cdot (m + n) \cdot H^2 \cdot (L_1 + 2L_2)$$

V : Volume du barrage lorsque les courbes de niveau du plan d'excavation sont toutes parallèles (m^3)

B : Largeur de la crête du barrage (m)

H : Hauteur du barrage (m)

L_1 : Largeur à la base après excavation à l'altitude de la crête du barrage (m)

L_2 : Largeur à la base après excavation à l'altitude de la fondation du barrage (m)

m : Pente moyenne du talus en amont du corps du barrage

n : Pente moyenne du talus en aval du corps du barrage

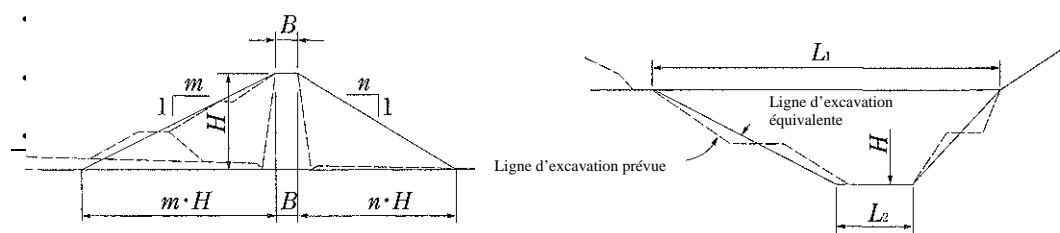


Fig. 4-1-2-8 Schéma d'explication des dimensions

iii) Méthode de prise d'eau

Les deux options suivantes peuvent être envisagées pour le présent projet:

- (1) Le canal principal est raccordé à la vidange de fond. Les pentes s'étendant au-dessous du canal principal sont irriguées par gravité. Les pentes s'étendant au-dessus du canal principal sont irriguées par des pompes de relevage installées sur la ligne du canal.
- (2) Toute l'eau d'irrigation est pompée au niveau du barrage et est envoyée au canal principal réalisée à une haute position.

La superficie d'irrigation par gravité de l'option (1) mentionnée ci-dessus est estimée comme suit:

La largeur de la zone bénéficiaire en aval immédiat du barrage est de zéro en cas de prise d'eau par la vidange de fond. Dans la vallée de Ngoma-22, la différence d'altitude entre le site du barrage et le point de confluence situé à environ 4 km en aval est de 25 m. Donc, l'inclinaison entre ces points est de $25\text{m}/4\text{km} = 6,25/1\ 000$. Si la déclivité longitudinale du canal d'irrigation est fixée à $1/500=2/1\ 000$, la différence de déclivité sera de $4,25/1\ 000$ et la différence d'altitude au point situé à 4 km plus loin sera de $4,25 \times 4 = 17$ m. Si le gradient topographique moyenne de la pente est fixée à 15° , la largeur horizontale pour 17 m sera de $17 \text{ m}/\tan 15^\circ = 63$ m. Dans l'hypothèse où la zone bénéficiaire serait en forme triangulaire entre le site du barrage et le point de confluence, la superficie s'étendant jusqu'au point situé à 4 km en aval est estimé à $(1/2) \times 4\ 000 \text{ m} \times 63 \text{ m} = 126\ 000\text{m}^2 = 12,6\text{ha}$, soit 25,2 ha pour les deux rives. Après le point de confluence, sur la rive droite, la déclivité du lit de rivière est d'environ $1/500$, valeur similaire à celle du canal d'amenée, donc la largeur de la zone bénéficiaire sera constante. En conséquence, la superficie de la zone bénéficiaire au point situé à 4 km plus en aval est de 25,2 ha ($A = 63 \text{ m} \times 4 \text{ km} = 25,2\text{ha}$). Ainsi, la superficie totale de la zone bénéficiaire de l'irrigation par gravité sera de 50,4 ha.

L'option (1) présente des installations complexes; installations de distribution d'eau pour la petite superficie au-dessous du canal principal, installations auxiliaires (pompes de relevage) réalisées sur la ligne du canal et canaux réalisés sur la pente supérieure.

Par contre, dans l'option (2), les installations d'irrigation sont simples ; installations de relevage concentrées, puis le canal principal et les canaux secondaires partant du canal principal. Compte tenu de ce qui est dit ci-dessus, l'option (2) est finalement adoptée.

Dans ce cas, la superficie à irriguer par les pompes de relevage sera de 240 ha. La capacité d'irrigation de champ d'une pompe est, selon les résultats de l'examen fait en 4-1-2 (7), de 7,4 ha. Donc, le nombre de pompes requis sera de 33.

$$240 \text{ ha} \div 7,4 \text{ ha/unité} = 33^{\text{unités}}$$

Le coût d'acquisition de ces pompes est de $30\ 000\text{US\$} \times 33 = 990\ 000 \text{ US\$}$.

(b) Option "Ouvrage de prise"

i) Quantité d'eau d'irrigation disponible

La fonction de l'ouvrage de prise, en tant qu'installation de source d'eau d'irrigation, consiste à diviser le cours d'eau et de prendre l'eau ainsi divisée. En général, la quantité d'eau prise est planifiée sur la base du faible débit du cours d'eau qui varie, car il est nécessaire, pour l'agriculture, d'alimenter stablement la zone bénéficiaire en eau d'irrigation. Or, si le débit de base en saison sèche est estimé à 15 l/sec d'après les débits observés au site du barrage pendant la période de fin février à mai, la quantité d'eau d'irrigation disponible est évaluée, sur la base des résultats de l'examen décrite en 4-1-1 (1), à 10 l/sec après la soustraction de la quantité fournie aux rizières en aval, qui est de 5 l/sec. Annuellement, il est possible d'espérer une quantité d'eau d'irrigation disponible de $10 \text{ l/sec} \times 86\,400 \text{ sec/jour} \times 365 \text{ jours} = 315\,000 \text{ m}^3$.

ii) Dimensionnement des installations

Un barrage en maçonnerie de 2 m de haut et de 30 m de long sera construit.

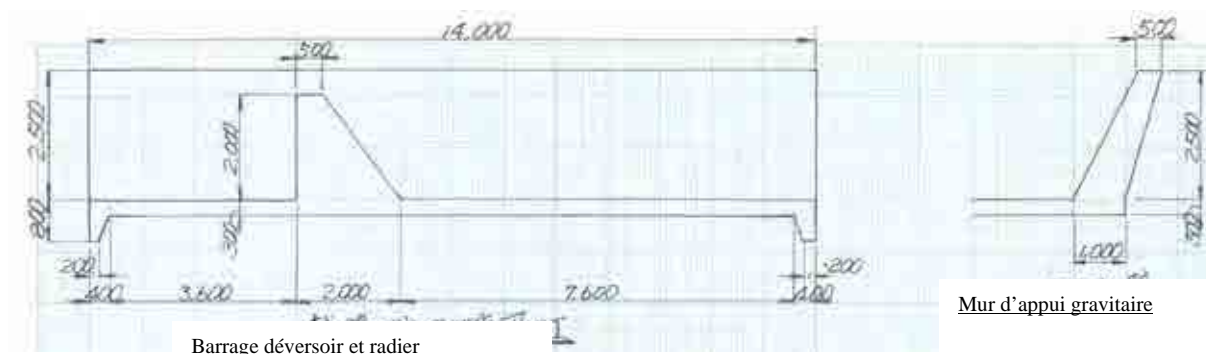


Fig. 4-1-2-9 Barrage déversoir et radier

Le coût approximatif de construction sera le suivant:

Excavation ; pour déversoir : $(14,0 \times 30,0 \times 1,5 + 0,5 \times 0,5 \times 30,0 \times 2) \times (6\,500/600)^{\text{US\$/m}^3}$

= 7 000 US\$

pour le mur d'appui gravitaire : $\{(1/2) \times 2,0 \times 3,5 \times 14,0 \times 2\} \times (4\,500/600)^{\text{US\$/m}^3}$

= 700 US\$

Perré maçonné ; pour barrage déversoir et radier:

$\{(1/2) \times (0,5 + 2,0) \times 2,0 \times 30,0 + 14,0 \times 0,3 \times 30,0 + (1/2)$

$\times (0,4 + 0,2) \times 0,5 \times 30,0 \times 2\} \times (75\,000/600)^{\text{US\$/m}^3} = 19\,500 \text{ US\$}$

pour mur d'appui gravitaire:

$\{(1/2) \times (0,5 + 1,0) \times 2,5 + 0,3 \times 1,0\} \times 14,0 \times 2 \times (75\,000/600)^{\text{US\$/m}^3} = 7\,600 \text{ US\$}$

Vanne et autres 1 jeu 5 000 US\$

Total 39 800 US\$

iii) Méthode de prise d'eau

Dans le cas d'ouvrage de prise, étant donné que le niveau d'eau est élevé par le déversoir, l'altitude de la prise d'eau peut être fixée à une position plus haute que la vidange de fond. En conséquence, la zone bénéficiaire de l'irrigation par gravité devient légèrement plus grande que le cas de vidange de fond. Si le niveau d'eau est élevé de 1,5m à la prise d'eau, la largeur horizontale à l'ouvrage de prise est de $1,5\text{m}/\tan 15^\circ = 5,6\text{ m}$ et la superficie irriguée par gravité jusqu'au point situé à 4 km en aval est estimée, de la même manière que dans le paragraphe précédent, à 14,8 ha ($A=(1/2)\times\{5,6\text{m}+(5,6\text{m}+63\text{m})\}\times 4\text{km}=14,8\text{ha}$), soit à 29,6 ha sur les deux rives. Après le point de confluence, sur la rive droite, la déclivité du lit de rivière est d'environ 1/500, valeur similaire à celle du canal d'amenée, donc la largeur de la zone bénéficiaire sera constante. De ce fait, la superficie de la zone bénéficiaire s'étendant jusqu'au point situé à 4 km plus en aval est de 27,4 ha ($A=(5,6\text{ m} + 63\text{ m}) \times 4\text{ km} = 27,4\text{ha}$). Ainsi, la superficie totale de la zone bénéficiaire de l'irrigation par gravité sera de 57 ha. D'autre part, la superficie irrigable pour une quantité d'eau d'irrigation disponible de $315,000\text{m}^3$ est, compte tenu de la quantité d'eau d'irrigation nécessaire qui est de $2\,200\text{ m}^3/\text{ha}$ ($= 530\,000\text{ m}^3/240\text{ ha}$), de $315\,000\text{m}^3 \div 2,200\text{m}^3/\text{ha} = 143\text{ha}$. En conséquence, la superficie devant être irriguée par des pompes solaires est de $143\text{ ha} - 57\text{ ha} = 86\text{ha}$, donc le nombre de pompes nécessaires est de 12.

$$86\text{ ha} \div 7,4\text{ ha/unité} = 12\text{ unités}$$

Le coût d'acquisition de ces pompes est de $30\,000\text{US\$} \times 12 = 360\,000\text{ US\$}$.

(c) Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 10 m"

i) Quantité d'eau d'irrigation disponible

La fonction d'élévation du niveau d'eau assurée par de l'ouvrage de prise est, dans cette option, accomplie par le corps du barrage. Pour attribuer la fonction d'élévation du niveau d'eau au barrage, il y a deux façons : l'une consiste à prendre de l'eau en prévoyant réellement la prise d'eau à une haute altitude sur la pente de la culée en amont direct du corps du barrage et l'autre consiste à guider la conduite située dans la vidange de fond vers un réservoir d'équilibre d'eau réalisé à une haute altitude sur la pente en aval pour raccorder ladite conduite au canal d'irrigation. Comme la vidange de fond est indispensable en tant que canal d'évacuation d'eau pendant la construction, il a été décidé d'adopter cette dernière façon qui utilise efficacement cette vidange de fond. La quantité d'eau d'irrigation disponible sera de $700\,000\text{ m}^3$ (y compris celle pour les rizières, qui est d'environ $170\,000\text{ m}^3$) comme le cas d'option "Barrage".

ii) Dimensionnement des installations

Le niveau d'eau du réservoir correspondant à une élévation du niveau d'eau de 10 m se situera à EL. 1390 m. D'après la Fig. 4-1-2-10, la quantité d'eau stockée correspondant à ce niveau d'eau du réservoir sera de $630\,000\text{ m}^3$. Après l'addition de $450\,000\text{ m}^3$, quantité pour l'exploitation du réservoir, la capacité du réservoir sera de $1\,080\,000\text{ m}^3$. Le niveau d'eau stockée correspondant (niveau maximum d'eau dans le réservoir) se situera à EL. 1392,7 m. La profondeur d'eau stockée sera de 12,7 m. Donc, en tenant compte d'une hauteur de marge de 1,5 m, la crête du barrage se situera à EL. 1394,2m et la hauteur du barrage sera de 15,7 m en cas d'excavation de fondation de 1,5 m.

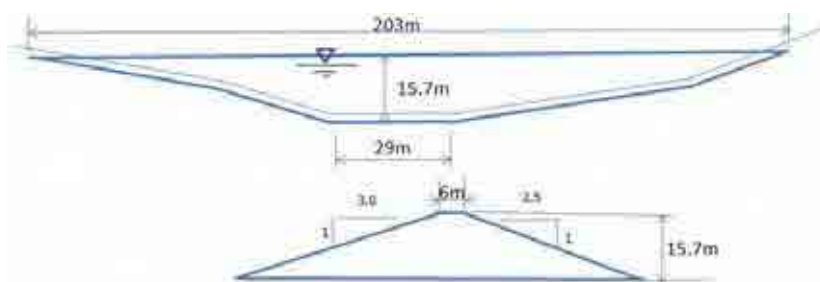


Fig. 4-1-2-10 Schéma coté du corps de barrage de l'option "Barrage avec une élévation du niveau d'eau de 10 m"

D'après la Fig. 4-1-2-10,

$$B = 6,0, H = 15,7, L_1 = 203,0, L_2 = 29,0, m = 3,0, n = 2,5$$

$$V = (1/2) \times 6,0 \times 15,7 \times (203,0 + 29,0) + (1/6) \times (3,0 + 2,5) \times 15,7^2 \times (203,0 + 2 \times 29,0) = 69\,900 \text{ m}^3$$

Le coût approximatif de construction est le suivant:

$$\begin{aligned} \text{Excavation de la fondation ; } & \{ (1/2) \times (6,0 + 15,7 \times 5,5) \times (203,0 - 29,0) + 29,0 \times 15,7 \times 5,5 \} \times 1,5 \\ & \times (4\,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 118\,600 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Remblai du corps du barrage ; } & 58\,800 \text{ m}^3 \times (8\,500/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ & = 990\,300 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Protection des talus; } & (1/2) \times (203,0 + 29,0) \times \{ (3 \times 15,7)^2 + 15,7^2 \}^{1/2} \times 0,6 \times (1/2) \times (40\,000/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ & = 115\,200 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\text{Evacuateur de crues; } \quad 1 \text{ jeu } \quad 100\,000 \text{ US\$}$$

$$\text{Vidange de fond; } \quad 1 \text{ jeu } \quad 100\,000 \text{ US\$}$$

$$\text{Installations de prise d'eau; } \quad 1 \text{ jeu } \quad 60\,000 \text{ US\$}$$

$$\text{Total; } \quad 1\,484\,100 \text{ US\$}$$

(d) Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 7,5 m"

i) Quantité d'eau d'irrigation disponible

La quantité d'eau disponible est, comme dans l'option "Barrage", de 700 000 m³ (y compris l'eau pour les rizières, qui sont de 170 000 m³).

ii) Dimensionnement des installations

Le niveau d'eau dans le réservoir correspondant à une élévation du niveau d'eau de 7,5 m se situera à EL. 1387,5m. D'après la Fig. 4-1-2-12, la quantité d'eau stockée correspondant à ce niveau d'eau sera de 350 000 m³. Après l'addition d'une quantité d'eau de 450 000 m³ pour l'exploitation du réservoir, la capacité du réservoir sera de 800 000 m³, et le niveau d'eau correspondant (niveau maximum d'eau du réservoir) se situera à EL. 1391,2 m. La profondeur d'eau stockée sera de 11,2 m, et, après l'addition d'une hauteur de marge de 1,5 m, la crête du barrage se situera à EL. 1392,7 m. Si une excavation de fondation de 1,5 m est réalisée, la hauteur du barrage sera de 14,2 m.

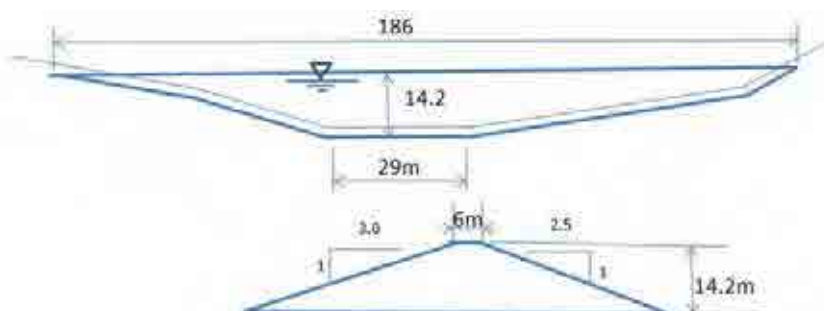


Fig. 4-1-2-12 Schéma coté du corps du barrage de l'option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 7,5 m"

D'après la Fig. 4-1-2-12,

$$B=6,0, H=14,2, L_1=186,0, L_2=29,0, m=3,0, n=2,5$$

$$V=(1/2) \times 6,0 \times 14,2 \times (186,0+29,0) + (1/6) \times (3,0+2,5) \times 14,2^2 \times (186,0+2 \times 29,0) = 54\,300 \text{ m}^3$$

Le coût approximatif de construction est le suivant:

$$\begin{aligned} \text{Excavation de la fondation;} & \{(1/2) \times (6,0+14,2 \times 5,5) \times (186,0-29,0) + 29,0 \times 14,2 \times 5,5\} \times 1,5 \\ & \times (4\,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 99\,800 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Remblai du corps du barrage;} & 54\,300 \text{ m}^3 \times (8\,500/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ & = 769\,300 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Protection des talus;} & (1/2) \times (186,0+29,0) \times \{(3 \times 14,2)^2 + 14,2^2\}^{1/2} \times 0,6 \times (1/2) \\ & \times (40\,000/600)^{\text{US\$/m}^3} = 96\,500 \text{ US\$} \end{aligned}$$

Evacuateur de crues; 1 jeu 95 000 US\$

Vidange de fond; 1 jeu 95 000 US\$

Installations de prise d'eau; 1 jeu 60 000 US\$

Total; 1 215 600 US\$

(e) Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 6,5 m"

i) Quantité d'eau d'irrigation disponible

La quantité d'eau disponible est, comme dans l'option "Barrage", de 700 000 m³ (y compris l'eau pour les rizières, qui est de 170 000 m³).

ii) Dimensionnement des installations

Le niveau d'eau dans le réservoir correspondant à une élévation du niveau d'eau de 6,5 m se situera à EL. 1386,5m. D'après la Fig. 4-1-2-12, la quantité d'eau stockée correspondant à ce niveau d'eau sera de 250 000 m³. Après l'addition d'une quantité d'eau de 450 000 m³ pour l'exploitation du réservoir, la capacité du réservoir sera de 700 000 m³, et le niveau d'eau correspondant (niveau maximum d'eau du réservoir) se situera à EL. 1390,6 m. La profondeur d'eau stockée sera de 10,6 m, après l'addition d'une hauteur de marge de 1,5 m, la crête du barrage se situera à EL. 1392,1 m. Si une excavation de fondation de 1,5 m est réalisée, la hauteur du barrage sera de 13,6 m.

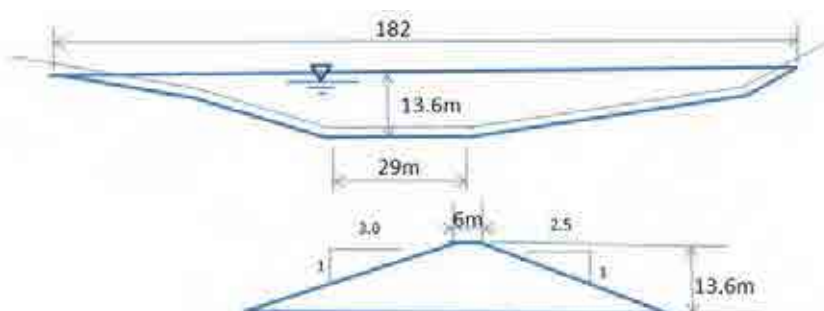


Fig. 4-1-2-14 Schéma coté du corps du barrage de l'option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 6,5 m"

D'après la Fig. 4-1-2-14,

$$B=6,0, H=13,6, L_1=182,0, L_2=29,0, m=3,0, n=2,5$$

$$V=(1/2)\times 6,0\times 13,6\times (182,0+29,0)+(1/6)\times (3,0+2,5)\times 13,6^2\times (182,0+2\times 29,0)=49\,300\text{ m}^3$$

Le coût approximatif de construction est le suivant:

$$\text{Excavation de la fondation ; } \{(1/2)\times (6,0+14,2\times 5,5)\times (186,0-29,0)+29,0\times 14,2\times 5,5\}\times 1,5 \\ \times (4\,500/600)^{\text{US\$/m}^3} = 93\,900\text{ US\$}$$

$$\text{Remblai du corps du barrage ; } 49\,300\text{ m}^3\times (8\,500/600)^{\text{US\$/m}^3} \\ = 698\,400\text{ US\$}$$

$$\text{Protection des talus ; } (1/2)\times (182,0+29,0)\times \{(3\times 13,6)^2+13,6^2\}^{1/2}\times 0,6\times (1/2) \\ \times (40\,000/600)^{\text{US\$/m}^3} = 90\,700\text{ US\$}$$

Evacuateur de crues; 1 jeu 95 000 US\$

Vidange de fond; 1 jeu 95 000 US\$

Installations de prise d'eau; 1 jeu 60 000 US\$

Total; 1 133 000 US\$

iii) Méthode de prise d'eau

La conduite située dans la vidange de fond sera divisée en aval vers la rive droite et vers la rive gauche pour refouler l'eau dans un réservoir d'équilibre d'eau réalisé sur la pente à une altitude de EL.1386,5 m, puis, après le raccordement au canal d'irrigation, l'eau est amenée sur la pente. La superficie à irriguer par gravité dans la zone située au-dessous du canal d'irrigation est calculée d'après la Fig. 4-1-2-15 comme suit : 114,6 ha. En conséquence, la superficie à irriguer par les pompes solaires sera de 125,4 ha (240 ha - 114,6 ha = 125,4 ha). Le nombre de pompes nécessaires pour irriguer cette superficie de 125,4 ha est de 17, compte tenu de la capacité d'irrigation d'une pompe qui est de 7,4 ha d'après 4-1-2 (7).

$$125,4 \text{ ha} \div 7,4 \text{ ha/unité} = 17 \text{ unités}$$

Le coût d'acquisition de ces pompes est de $30\,000 \text{ US\$} \times 17 = 510\,000 \text{ US\$}$.

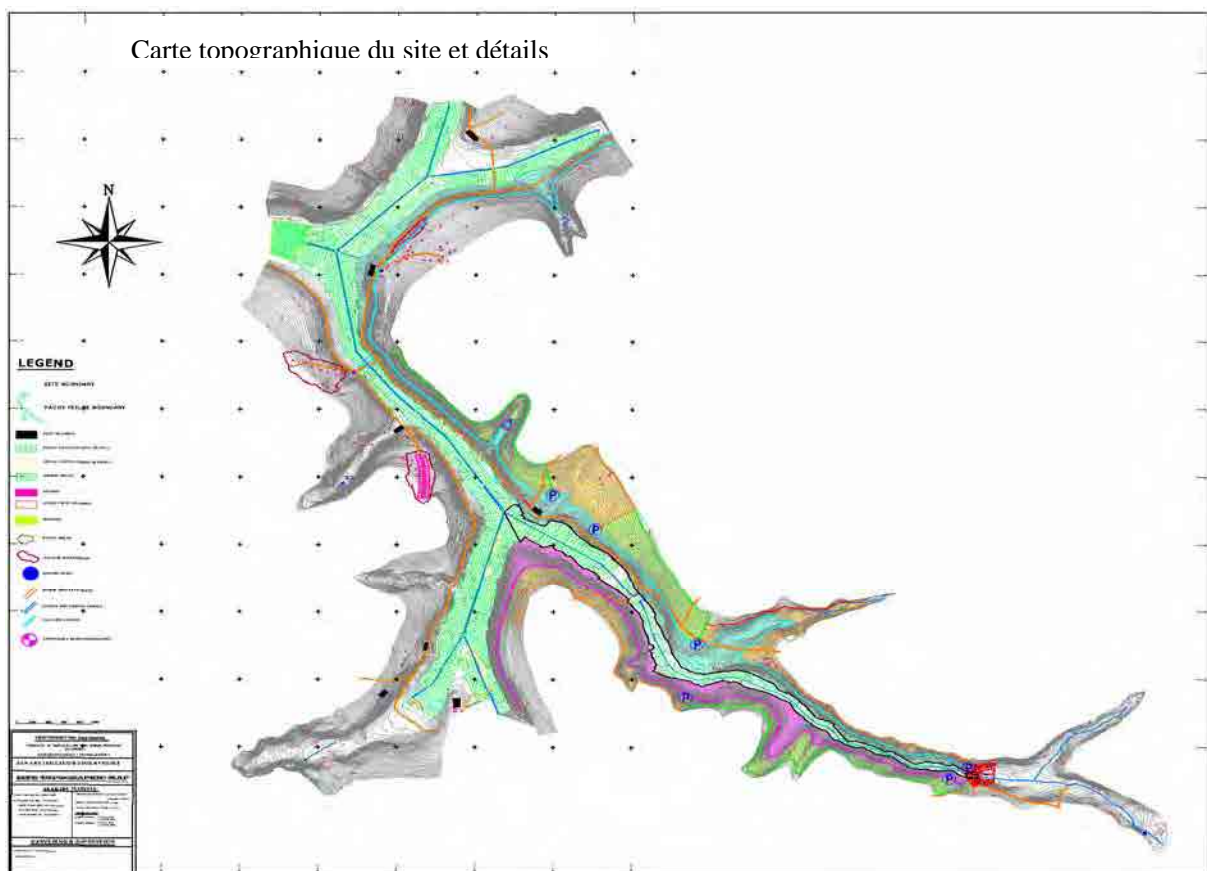


Fig. 4-1-2-15 Tracé du canal d'irrigation et zone bénéficiaire: Option "Elévation du niveau d'eau de 6,5 m"

(f) Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 5 m"

i) Quantité d'eau d'irrigation disponible

La quantité d'eau disponible est, comme dans l'option "Barrage", de 700 000 m³ (y compris l'eau pour les rizières, qui est de 180 000 m³).

i) Dimensionnement des installations

Le niveau d'eau dans le réservoir correspondant à une élévation du niveau d'eau de 5 m se situera à EL. 1385,0 m. D'après la Fig. 4-1-2-16, la quantité d'eau stockée correspondant à ce niveau d'eau sera de 150 000 m³. Après l'addition d'une quantité d'eau de 450 000 m³ pour l'exploitation du réservoir, la capacité du réservoir sera de 600 000 m³, et le niveau d'eau correspondant (niveau maximum d'eau du réservoir) se situera à EL. 1389,7 m. La profondeur d'eau stockée sera de 9,7 m, après l'addition d'une hauteur de marge de 1,5 m, la crête du barrage se situera à EL. 1391,5 m. Si une excavation de fondation de 1,5 m est réalisée, la hauteur du barrage sera de 12,7 m.

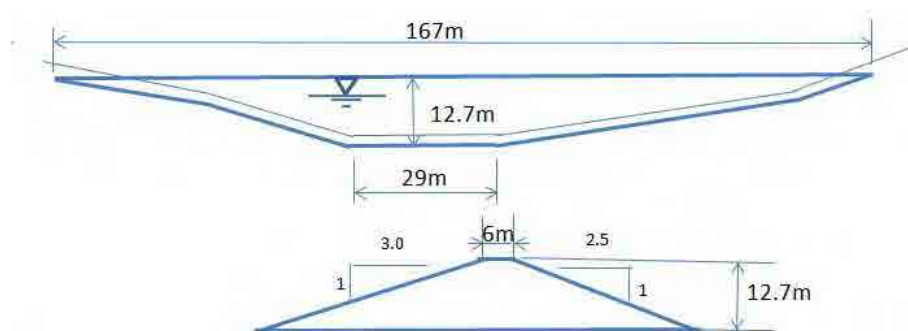


Fig. 4-1-2-16 Schéma coté du corps du barrage de l'option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 5 m"

D'après la Fig.4-1-2-16,

$$B=6,0, H=12,7, L_1=167,0, L_2=29,0, m=3,0, n=2,5$$

$$V=(1/2) \times 6,0 \times 12,7 \times (167,0+29,0) + (1/6) \times (3,0+2,5) \times 12,7^2 \times (167,0+2 \times 29,0) = 40\,700 \text{ m}^3$$

Le coût approximatif de construction est le suivant:

$$\begin{aligned} \text{Excavation de la fondation;} & \{ (1/2) \times (6,0+12,7 \times 5,5) \times (167,0-29,0) + 29,0 \times 12,7 \times 5,5 \} \times 1,5 \\ & \times (4\,500/600) \text{ US\$/m}^3 = 81\,700 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Remblai du corps du barrage;} & 40\,700 \text{ m}^3 \times (8\,500/600) \text{ US\$/m}^3 \\ & = 576\,600 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Protection des talus;} & (1/2) \times (167,0+29,0) \times \{ (3 \times 12,7)^2 + 12,7^2 \}^{1/2} \times 0,6 \times (1/2) \times (40\,000/600) \text{ US\$/m}^3 \\ & = 78\,000 \text{ US\$} \end{aligned}$$

$$\text{Evacuateur de crues;} \quad 1 \text{ jeu} \quad 95\,000 \text{ US\$}$$

$$\text{Vidange de fond;} \quad 1 \text{ jeu} \quad 95\,000 \text{ US\$}$$

$$\text{Installations de prise d'eau;} \quad 1 \text{ jeu} \quad 60\,000 \text{ US\$}$$

$$\text{Total;} \quad 977\,000 \text{ US\$}$$

iii) Méthode de prise d'eau

La conduite située dans la vidange de fond sera divisée en aval vers la rive droite et vers la rive gauche pour refouler l'eau dans un réservoir d'équilibre d'eau réalisé sur la pente à une altitude de EL.1385 m, puis, après le raccordement au canal d'irrigation, l'eau est amenée sur la pente. La superficie à irriguer par gravité dans la zone située au-dessous du canal d'amenée correspond à la zone située au-dessous du canal d'irrigation (Fig. 4-1-2-17), elle sera donc de 72,6 ha. En conséquence, la superficie à irriguer par les pompes solaires sera de 167,4 ha (240 ha - 72,6 ha = 167,4 ha). Le nombre de pompes nécessaires pour irriguer cette superficie de 167,4 ha est de 23, compte tenu de la capacité d'irrigation d'une pompe qui est de 7,4 ha d'après 4-1-2 (7).

$$167,4 \text{ ha} \div 7,4 \text{ ha/unité} = 23 \text{ unités}$$

Le coût d'acquisition de ces pompes est de $30\,000\text{US\$} \times 23 = 690\,000\text{ US\$}$.

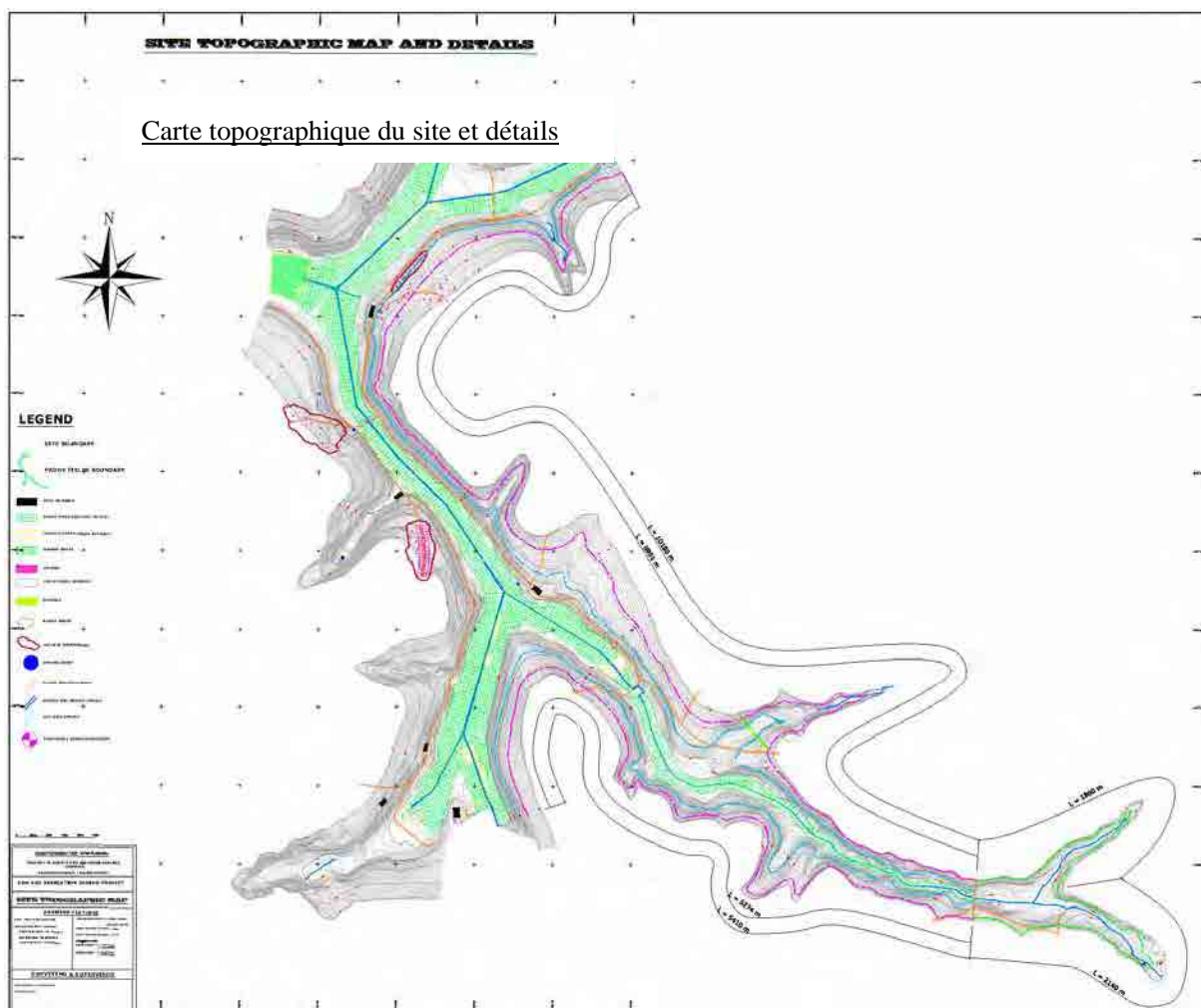


Fig. 4-1-2-17 Tracé du canal d'irrigation et zone bénéficiaire: Option "Elévation du niveau d'eau de 5 m"

(g) Détermination de l'option à adopter

Tableau 4-1-2-6 Tableau de comparaison des tailles des installations

Option	Quantité d'eau disponible (m ³)	Superficie irriguée (ha)	Taille du barrage et coût de construction (US\$)	Nombre/coût de pompes solaires (US\$)
Option "Barrage"	530 000	Gravité ; 0 Pompes ; 240	Hauteur du barrage ; 11,5 m Réservoir ; 450 000m ³	11 pompes Coût : 330 000
Option "Ouvrage de prise"	315 000	Gravité ; 57 Pompes ; 86	Hauteur du barrage ; 2 m Réservoir ; Coût : 39 800	4 pompes Coût : 120 000
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 10 m"	530 000	Gravité ; 220,5 Pompe;19,5	Hauteur du barrage ; 15,7 Réservoir ; 1 080 000 m ³ Coût: 1 484 100	1 pompe Coût: 30 000
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 7,5 m"	530 000	Gravité ; 124,6 Pompes;115,4	Hauteur du barrage ; 12,7 m Réservoir ; 800 000 m ³ Coût ; 1 215 600	7 pompes Coût: 210 000
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 6,5 m"	530 000	Gravité ; 114,6 Pompes; 125,4	Hauteur du barrage ; 14,2 m Réservoir ; 700 000 m ³ Coût : 1 133 000	5 pompes Coût : 150 000
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 5,0 m"	530 000	Gravité ; 72,6 Pompes;167,4	Hauteur du barrage ; 13,6 m Réservoir ; 600 000 m ³ Coût : 977 000	6 pompes Coût: 180 000

Evaluation globale

Option	Evaluation
Option "Barrage"	Coût total: 1 792 000 US\$, Hauteur du barrage: 11,5m, Capacité totale du réservoir: 450 000 m ³ , Nombre de pompes solaires: 33. <ul style="list-style-type: none"> • Le coût total de construction est le plus élevé. • Cette option dépend trop des pompes solaires. Un des problèmes dans le système de canal du type découvert concerne la longue durée de transport d'eau. Or, la fluctuation de la capacité des pompes solaires accentue ce désavantage et réduit par conséquent les performances du canal. • Le coût de renouvellement des pompes solaires sera élevé.
Option "Ouvrage de prise"	Coût total: 159 800 US\$, Hauteur du barrage: 2 m, Capacité totale du réservoir: 45 000 m ³ , Nombre de pompes solaires: 12. Le coût total de construction est très réduit. Cette option est intéressante également du point de vue "Coût-Performance", mais dans la pratique, il est fort probable que le débit de base en saison sèche est moindre et, dans ce cas, une exploitation stable de l'agriculture n'est pas possible.
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 10 m"	Coût total: 1 574 100 US\$, Hauteur du barrage: 15,7 m, Capacité totale du réservoir: 1 080 000 m ³ , Nombre de pompes solaires: 3. <ul style="list-style-type: none"> • Le coût total de construction de cette option est le plus réduit des options "Barrage". • La capacité totale du réservoir de 1 080 000m³ signifie qu'il faut plusieurs années pour remplir complètement le réservoir d'eau, ce qui demande aux bénéficiaires de patienter et donc ne permet pas de répondre à l'attente des gens espérant une prise d'effet économique rapide du barrage.
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 7,5 m"	Coût total: 1 695 600 US\$, Hauteur du barrage: 14,2 m, Capacité totale du réservoir: 800 000 m ³ , Nombre de pompes solaires: 16. <ul style="list-style-type: none"> • Cette option est la deuxième plus élevée en termes de coût total de construction. • La capacité totale du réservoir de 800 000 m³ signifie qu'il faut plusieurs années pour remplir complètement le réservoir d'eau, ce qui demande aux bénéficiaires de patienter et donc ne permet pas

	de répondre à l'attente des gens espérant une prise d'effet économique rapide du barrage.
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 6,5 m"	Coût total: 1 643 000 US\$, Hauteur du barrage: 13,6 m, Capacité totale du réservoir: 700 000 m ³ , Nombre de pompes solaires: 17. <ul style="list-style-type: none"> • Cette option est la deuxième moins coûteuse en termes de coût total de construction. • La capacité totale du réservoir de 700 000 m³ est équilibrée avec la quantité d'eau d'irrigation disponible prévue. Le remplissage complet du barrage ne demande pas plusieurs années, donc il est possible d'obtenir une manifestation rapide des effets économiques du barrage. • Le nombre de pompes solaires est modéré.
Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 5,0 m"	Coût total: 1 667 000 US\$, Hauteur du barrage: 12,7m, Capacité totale du réservoir: 600 000 m ³ , Nombre de pompes solaires: 23. <ul style="list-style-type: none"> • Cette option dépend trop des pompes solaires et ce qui a pour conséquence de diminuer les performances de l'ensemble du système de canal d'irrigation. • Le coût de renouvellement des pompes solaires sera élevé.

Compte tenu de ce qui précède, l'Option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 6,5 m" est retenue.

(3) Examen des méthodes de transport d'eau et d'irrigation des extrémités

(a) Examen de la méthode d'irrigation des extrémités

Pour les raisons mentionnées ci-dessous, pour cette zone, la méthode d'irrigation économique en eau (micro-irrigation) sera adoptée.

- La perméabilité des champs (sols) est très élevée ($k=n \times 10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/sec). En conséquence, la méthode générale telle que l'irrigation par sillons ne permet pas d'envoyer l'eau d'irrigation jusqu'aux extrémités des terres agricoles (phénomène confirmé par l'essai sur place en 2010).
- La quantité d'eau d'irrigation n'est pas très abondante. Il s'agit d'utiliser le plus efficacement possible la petite quantité d'eau pour irriguer une étendue la plus grande possible afin d'obtenir des effets d'amélioration de la productivité. A cet égard, l'irrigation économique en eau (micro-irrigation) présente un rendement d'irrigation le plus élevé.
- Le projet précédent PiCROPP (Project for increasing crop production in Eastern province) tente de développer la culture de légumes et la méthode d'irrigation à la main (à l'aide d'un arrosoir) ou une combinaison de l'irrigation à la main et de l'irrigation par pompe commence à obtenir des résultats positifs.

Irrigation de surface	L'eau est amenée par gravité à partir d'un canal d'irrigation. Coût faible, rendement d'irrigation faible, frais d'entretien réduits.
Irrigation par sillons	Potager, champ de culture de canne à sucre, par tube siphon.
Irrigation par planches	Pâturage, champ plat.
Irrigation par submersion	Verger.
Irrigation par aspersion	Des gouttelettes d'eau sont dispersées sous pression à partir des buses d'aspersion. Coût moyen, rendement d'irrigation moyen. Des frais d'entretien et de gestion (coût du carburant de la pompe, etc.) sont nécessaires.
Irrigation par asperseurs	Sélection parmi diverse buses (rayon de dispersion, pression appliquée), nivellement non requis.
Irrigation à pivot central	Pâturage, céréales, terre agricole circulaire d'une grande étendue.
Irrigation à déplacement latéral	Pâturage, roues.
Irrigation à déplacement manuel	Verger, nécessité d'une main-d'œuvre pour le déplacement, coût réduit des installations.
Irrigation par installations permanentes	Verger, automatisation de l'irrigation en rotation des blocs, coût élevé des installations.
Micro-irrigation	Irrigation fréquente en petite quantité à partir des émetteurs sous faible pression, coût élevé, grand rendement d'irrigation, optimale pour l'horticulture sous serres, adaptée à l'irrigation automatique avec engrais liquide.
Irrigation par micro-aspersion	Verger, pulvérisateur sous arbre, prévention, ajustement pour les variations micro-météorologiques.
Irrigation par micro-asperseurs	Légumes fragiles, antigel.
Irrigation goutte à goutte	Verger, irrigation directe au pied des cultures, double tube pour réduction de la pression, culture sous film plastique en tunnel.
Irrigation par tuyau perforé	Potager, tuyau perforé, tube rigide perforé, irrigation souterraine.

(Source: Technologie de gestion des sols dans les champs secs/www.geocities.jp/soil_water_mitchy11)

Vu les résultats de l'examen, indiqués ci-dessous, pour la méthode d'irrigation économique en eau, la méthode d'irrigation par micro-arrosage, qui combine l'irrigation à la main et l'irrigation par un tuyau à robinet, sera adoptée.

Tableau 4-1-2-7 Comparaison des méthodes d'irrigation des extrémités

Méthode	Rendement d'irrigation	Coût des installations	Main-d'œuvre	Entretien/Résultats
Irrigation par micro-arrosage (Arrosoir+Tuyau)	Relativement élevé	Réduit	Nombreuse	Il n'y a presque pas d'objets à entretenir. /Résultats positifs déjà obtenus par "Pompe+Arrosoir".
Irrigation par micro-asperseurs	Moyen	Elevé	Peu nombreuse	Facile/Pas de résultats.
Irrigation goutte à goutte	Elevé	Elevé	Moyenne	Il est nécessaire de rénover/réinstaller les tuyaux après chaque culture. Le bouchage est fréquent.
Irrigation par tuyau perforé	Elevé	Elevé	Peu nombreuse	L'irrigation goutte à goutte a été déjà introduite, mais son entretien est difficile.

(b) Canaux secondaires/tertiaires

Un système de tuyau rigide est appliqué au canal secondaire pour faciliter le raccordement au tuyau souple.

Un système de tuyau rigide est appliqué au canal secondaire pour faciliter le raccordement fréquent au canal tertiaire et pour économiser l'eau en évitant de la laisser couler.

(c) Canal principal

Compte tenu de la comparaison faite ci-dessous, un canal découvert en maçonnerie sera adopté, l'importance étant accordé à la facilité d'entretien et à l'économie.

Tableau 4-1-2-8 Comparaison des canaux principaux

Type	Entretien	Economie	Fonction
Canalisation	L'entretien quotidien n'est pas nécessaire, mais en cas de problèmes tels que le dépôt de boues, etc., il est difficile de les résoudre.	Tuyau HDPE ϕ 500 mm ; 231 US\$/km (4,20)	Pas de retard entre le début d'envoi d'eau et la réception d'eau.
Canal découvert en béton armé	L'entretien est facile. La grande vitesse d'eau, due au faible coefficient de rugosité, réduit le risque de dépôt de sable.	Canal de largeur 0,50 m; 197 US\$/km (3,58)	Retard entre le début d'envoi d'eau et la réception d'eau à l'extrémité.
Canal découvert en maçonnerie	L'entretien est facile. Le coefficient de rugosité étant grand, il y a plus de risque de dépôt de sable, mais il n'y a pas de problème en ce qui concerne la qualité de l'eau.	Canal de largeur 0,50m; 55 US\$/km (1,00)	

(Les prix unitaires indiquées sont ceux adoptés dans le projet Nyanza-23.)

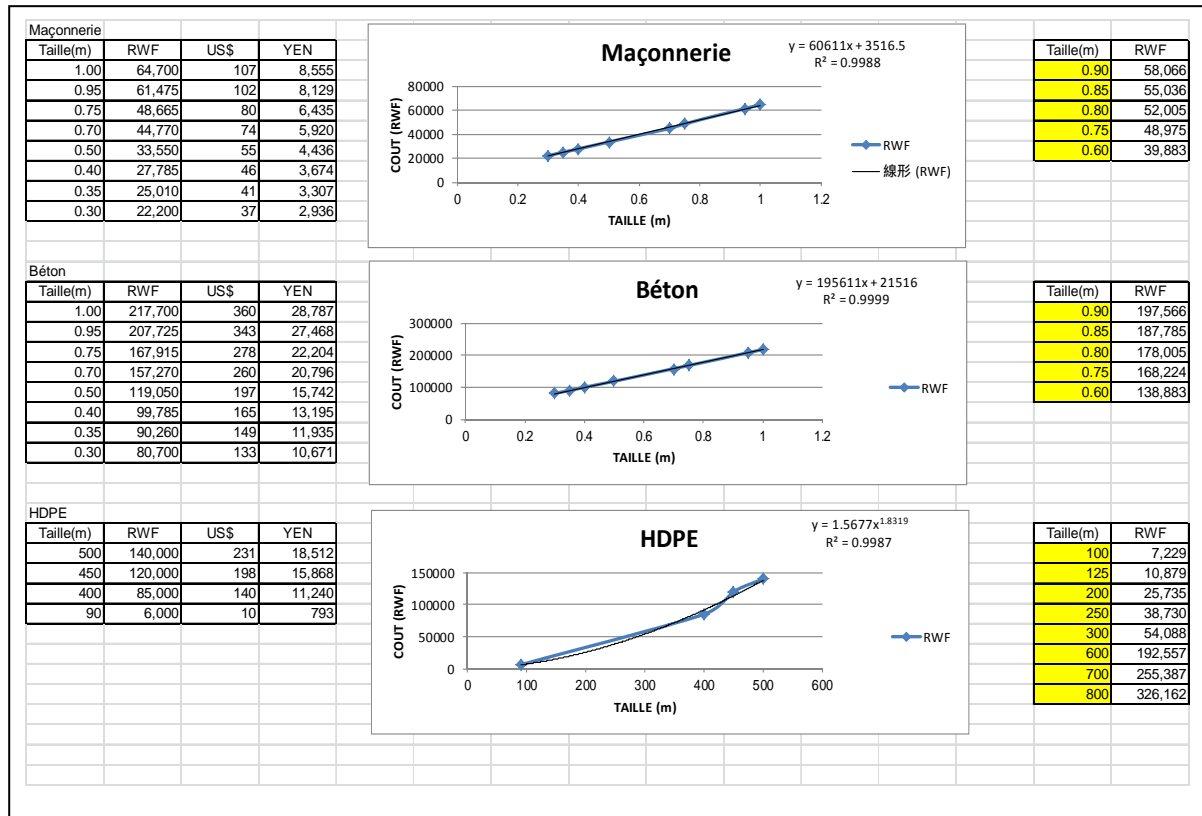


Fig. 4-1-2-18 Prix unitaire par matériau et par taille

(4) Conception générale des installations d'alimentation en eau

(a) Corps du barrage

i) Examen de l'axe du barrage

Sur le site de ce barrage, il est possible d'envisager deux options pour l'axe du barrage, à savoir l'axe en aval et l'axe en amont (Fig. 4-1-2-19). Or, vu les résultats de l'examen mentionné ci-dessous, il a été décidé d'adopter l'option "Axe en aval", qui permet de stocker une plus grande quantité d'eau avec moindre volume du barrage.

Tableau 4-1-2-9 Comparaison des axes du barrage

Caractéristiques	Option "Axe en amont"	Option "Axe en aval"
Bassin versant	8,68 km ²	8,8 km ²
Capacité du réservoir	400 000m ³	600 000m ³
Altitude de la crête du barrage	EL.1390 m (La même valeur est adoptée pour effectuer la comparaison dans les mêmes conditions.)	
Longueur de la crête du barrage	225 m	145 m
Volume du barrage	37 000 m ³	30 000 m ³
Hauteur du barrage	10,0 m	11,5 m

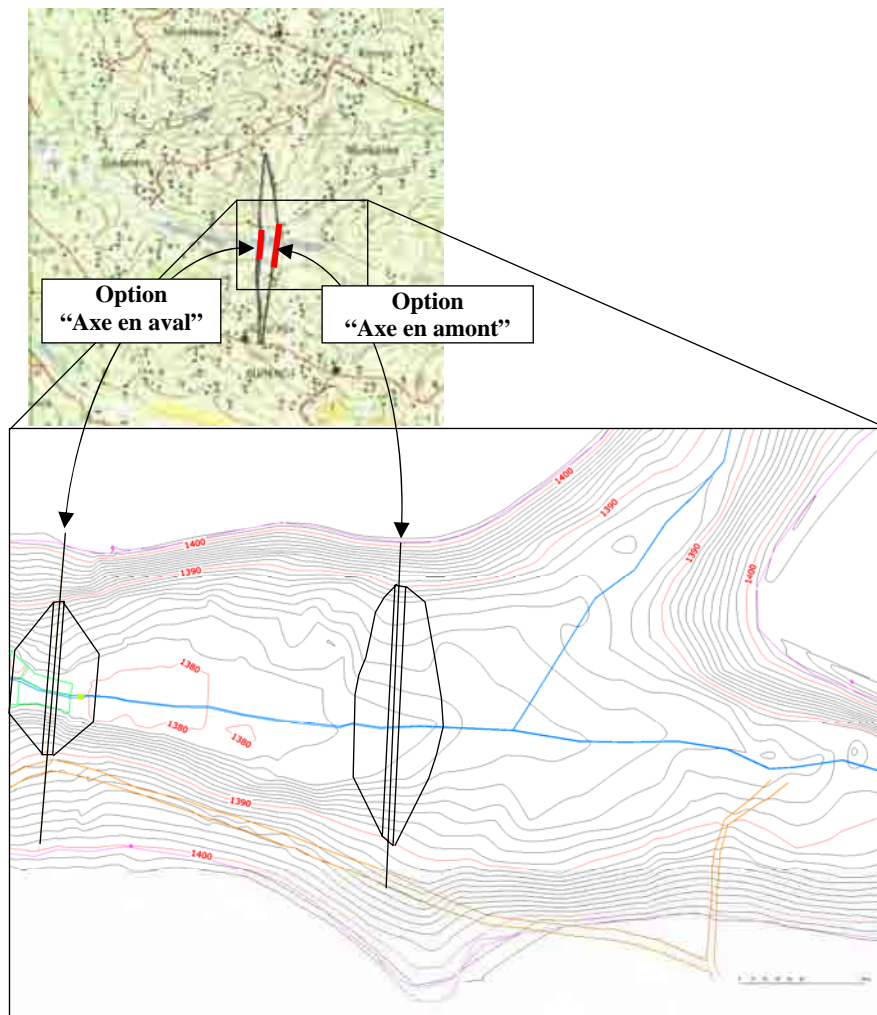


Fig. 4-1-2-19 Emplacements des axes du barrage

ii) Débit de crue de calcul

Le tableau suivant indique les résultats de l'analyse de la probabilité de dépassement des précipitations maximales journalières (données observées à Gahororo entre 1960 et 1993).

Tableau 4-1-2-10 Résultats de l'analyse de la probabilité de dépassement des précipitations maximales journalière

Période de survenance en années					Probabilité de survenance
Années T		1/a·	Y moyen +1/a·	x+b	X
2	0.0000	0.0000	1.6747	47.3	51.932
3	0.3045	0.0539	1.7285	53.5	58.175
4	0.4769	0.0844	1.7590	57.4	62.068
5	0.5951	0.1053	1.7799	60.2	64.900
6	0.6858	0.1213	1.7960	62.5	67.167
7	0.7547	0.1335	1.8082	64.3	68.946
10	0.9062	0.1603	1.8350	68.4	73.038
20	1.1630	0.2057	1.8804	75.9	80.578
50	1.4520	0.2568	1.9315	85.4	90.063
100	1.6450	0.2910	1.9656	92.4	97.048

Le débit de crue de calcul est fixé au débit

maximum cinquantenal, compte tenu de la durée de service du barrage (50 ans) et de l'absence de maisons en aval du barrage. Les précipitations maximales journalières cinquentenales sont de 90,06 mm.

La pointe de crue pour ces précipitations est calculée par la formule rationnelle suivante:

$$Q_A = (1/3,6) \cdot r_e \cdot A$$

$$r_e = f_p \cdot r$$

Q_A ; Pointe de crue (m³/sec)

r_e ; Intensité effective de la pluie pendant le temps de concentration de la crue (mm/h)

A ; Bassin versant (km²), $A=8,8 \text{ km}^2$

f_p ; Coefficient de pointe de ruissellement

r ; Intensité probable de la pluie (mm/h)

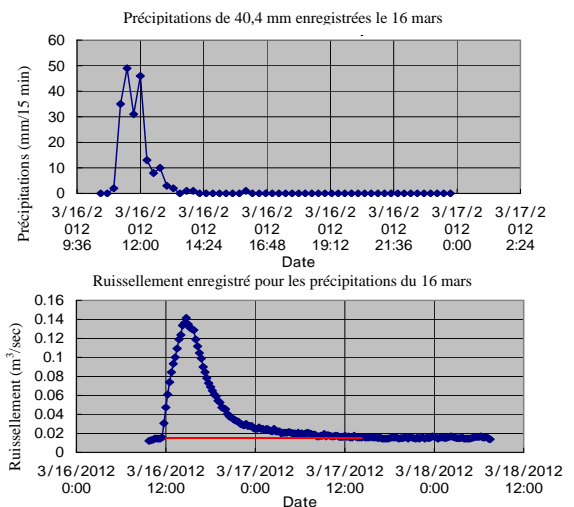


Fig. 4-1-2-20 Pluie et ruissellement du 16 mars

Le temps de concentration de la crue est estimé, compte tenu de la marge de sécurité, à 2,5 heures selon les résultats de l'observation des précipitations et des débits dans cette zone.

Supposons, pour être prudents, que toute la quantité de 90,06 mm de pluie citée ci-dessus tombe pendant cette durée de 2,5 heures. Alors, f_p est fixé à 2,5% compte tenu, d'après 3-1-1, du coefficient de ruissellement de surface de 1,39% pour les précipitations de 57,6 mm du 24 avril.

$$r = 90,06/2,5 = 36,0 \text{ mm/h}$$

$$r_e = 0,025 \times 36 \text{ mm/h} = 0,9 \text{ mm/h}$$

$$Q_A = (1/3,6) \cdot r_e \cdot A = (1/3,6) \times 0,9 \times 8,8 = 2,2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Une valeur de $2,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ est ainsi adoptée pour le débit de crue de calcul.

Ce débit correspond à plus de 7 fois le débit maximum observé ($0,3 \text{ m}^3/\text{sec}$) pour les précipitations journalières maximales observées sur le site du barrage durant cette étude (57,8 mm, valeur observée le 24 avril, cette valeur correspond en termes de probabilité à des précipitations de probabilité d'environ 1/3).

Signalons ici que, le 24 avril, jour où les précipitations journalières maximales ont été observées, il y avait un débit d'écoulement de $0,3 \text{ m}^3/\text{sec}$ vers l'aval à une hauteur d'environ 25 cm sur le barrage déversoir de 1,3 m de longueur. Sur le site du barrage, la largeur du lit majeur est moins de 30 m environ et le riz y est cultivé. Or, en cas de survenance d'une crue de cette envergure, les rizières seront inondées, mais il n'y aura probablement d'attaque d'eau trouble, ce grâce partiellement à la fonction de champ d'inondation qu'assurent les rizières.

ii) Niveau maximum d'eau en temps normal et niveau de crue de calcul

a) Niveau maximum d'eau en temps normal

Le niveau maximum d'eau en temps normal est défini comme niveau d'eau après élévation du cours d'eau (hauteur d'eau pour envoyer, sous effet siphon, l'eau vers le réservoir d'équilibre d'eau situé en aval), augmenté du niveau d'eau stockée pour l'exploitation du réservoir. La quantité d'eau stockée pour l'exploitation du réservoir est, d'après les résultats du calcul du bilan de l'eau en 3-3-1(3), de $450\,000 \text{ m}^3$.

Vu les résultats de l'examen indiqué en 4-1-2(2), les niveaux d'eau correspondant à l'option "Barrage avec élévation du niveau d'eau de 6,5 m" sont les suivants:

- Niveau d'eau morte : EL.1386,5 m
- Niveau maximum d'eau en temps normal : EL.1390,6 m

b) Hauteur de la nappe déversante sur l'évacuateur de crues

Compte tenu de l'économie, la hauteur de la nappe déversante sera prise égale à la hauteur du barrage déversoir. Par ailleurs, la face avant du barrage déversoir sera conçue pour être perpendiculaire. Le coefficient de débit C_d pour $P/H_d=1$ est, d'après le graphique de la figure suivante, de 2,14 ($C_d = 2,14$).

Maintenant, la relation entre la longueur du barrage déversoir et la hauteur de la nappe déversante lors de l'écoulement du débit de crue de calcul ($2,2 \text{ m}^3/\text{sec}$) est obtenue par la formule de débit

sur le barrage déversoir $Q=C \cdot L \cdot H^3/2$.

D'après les résultats indiqués dans le tableau suivant, la longueur du barrage déversoir, la hauteur du barrage déversoir et la hauteur de la nappe déversante sont fixées respectivement à 5 m, à 0,35 m et à 0,35 m.

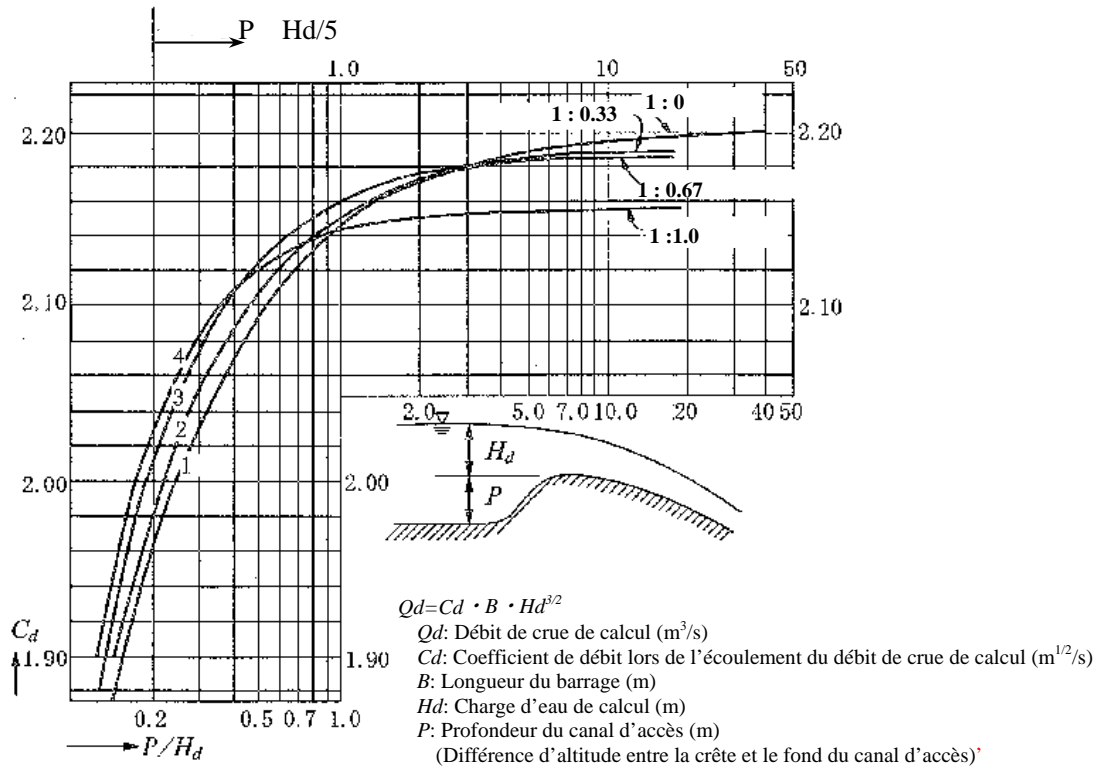


Fig. 4-1-2-21 Hauteur de la nappe déversante sur l'évacuateur de crues:

Tableau 4-1-2-11 Résultats de la hauteur de la nappe déversante sur l'évacuateur de crues

Débit déversant (m^3/sec)	C : Coefficient de déversement	Longueur du barrage déversoir (m)	Hauteur de la nappe déversante (m)
2,2	2,14	3,0	0,490
2,2	2,14	4,0	0,404
2,2	2,14	5,0	0,348
2,2	2,14	6,0	0,308

D'après ce qui précède, le niveau de crue de calcul est fixé à EL.1390,6 m + 0,35 m = EL. 1390,95 m.

iii) Type de barrage et hauteur de marge

Pour le type de barrage, le type homogène sera adopté, puisqu'il s'agit d'un barrage de faible hauteur et qu'une grande largeur de fond du corps du barrage imperméable est efficace pour réduire la quantité de pénétration à travers la fondation. Les caractéristiques du corps du barrage du type homogène sont définies comme suit :

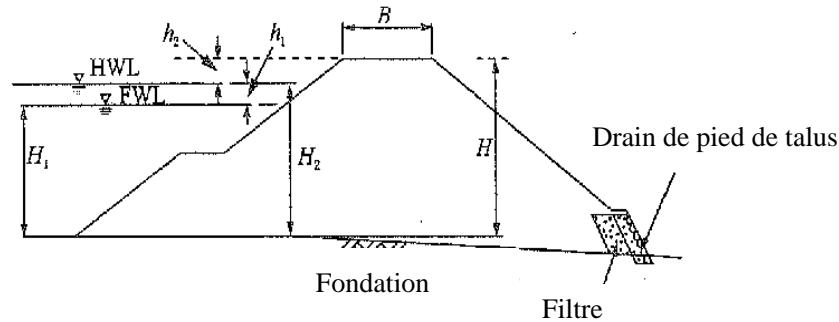


Fig. 4-1-2-22 Schéma d'explication des caractéristiques du corps du barrage

- H_1 ; Profondeur d'eau stockée
- FWL ; Niveau maximum d'eau en temps normal
- HWL ; Niveau de crue de calcul
- H_2 ; Profondeur maximale d'eau
- h_1 ; Hauteur de la nappe déversante
- h_2 ; Hauteur de marge
- B ; Largeur de la crête du barrage
- H ; Hauteur du barrage

La hauteur de marge est calculée par la formule suivante:

$$h_2 = 0,05 \cdot H_2 + 1,0 \quad (\text{Lorsque } R \leq 1,0 \text{ m})$$

$$h_2 = 0,05 \cdot H_2 + R \quad (\text{Lorsque } R > 1,0 \text{ m})$$

Ici, R est la hauteur de la vague due au vent, comprenant la hauteur des bris des vagues sur la pente du corps du barrage, et est obtenu normalement d'après la Fig. 4-1-2-23. Cependant, comme le Rwanda se situe dans la zone équatoriale calme et qu'aucun vent dépassant une vitesse de 10 m n'a été observé à Kigali comme indiqué ci-dessous, il est certain que R ne dépasse pas 1,0 m.

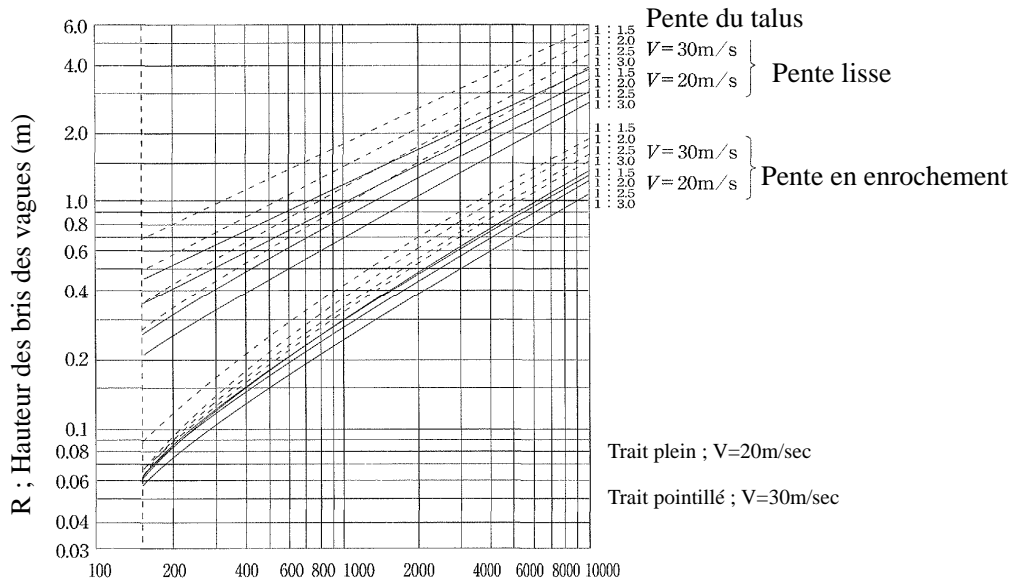


Fig. 4-1-2-23 Hauteur des bris des vagues dues au vent

En conséquence, une valeur de 1,1 a été adoptée pour la hauteur de marge pour les raisons mentionnées ci-dessous:

$$\begin{aligned}
 h_2 &= 0,05 \cdot H_2 + 1,0 \\
 &= 0,005 \times \{ \text{EL.1390,95mm}^{\text{Niveau de crue de calcul}} - (\text{EL.1 380m}^{\text{Fondation}} - 1,5\text{m}^{\text{Excavation}}) \} + 1,0\text{m} \\
 &= 1,06\text{m} \quad 1,1\text{m}
 \end{aligned}$$

Fréquence des vitesses et directions du vent en janvier à Kigali (%) (Nombre de données : 8 056)

Vitesse (m/s)	DIRECTION								TOT-V
	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	
1-2	5.6	5.2	4.8	9.2	2.2	2.7	4.9	6.9	41.6
3-5	4.3	4.3	2.8	4.6	.7	.5	1.1	4.0	22.2
6-7	.3	.4	.1	.1	.0	.1	.1	.3	1.3
8-10	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
> 10	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0

iv) Sédiment

Le fond de la rivière actuelle de Ngoma-22 a été examiné plusieurs fois, au niveau du pont du site du barrage, au point de confluence, au point du barrage d'élévation du cours d'eau en aval, etc. lors de la mesure des débits et aucun objet pouvant être considéré comme dépôt n'a été observé. En cas de grosses pluies, l'eau de la rivière devient opaque avec une couleur jaune-grise claire, mais elle n'est pas tellement trouble. La surface des sols du bassin versant est couverte dans la plupart des cas d'une végétation et, souvent, des sols latéritiques avec des graviers sont observés à la surface et, en conséquence, le développement du ravinement n'est pas significatif.

Compte tenu de la situation décrite ci-dessus, sera adoptée la valeur la plus faible de celles obtenues par diverses formules proposées.

$$\text{Sédiment } Q_{sd} = D \cdot A \cdot Y$$

où, D; Sédimentation spécifique

A; Bassin versant: $A = 8,8 \text{ km}^2$

Y; Durée de service: La valeur généralement retenue au Rwanda, à savoir $Y = 50$ ans, est adopté.

Pour D, Gresillons (France); $D = 700(P/500)^{-0,22} \cdot A^{-0,1}$ P: Précipitations annuelles

$$= 700 \cdot (1000/500)^{-0,22} \cdot 8,8^{-0,1}$$

$$= 122,6 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$$

Gottshalk (USA); $D = 260 \cdot A^{-0,1}$

$$= 260 \times 8,8^{-0,1}$$

$$= 209,2 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$$

Puech (Afrique de l'Ouest); $50 < D < 200 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$

$$D = 70 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$$

Formule	Valeur évaluée	Valeur adoptée
Gresillons	54 000 m ³	30 000 m ³
Gottshalk	92 000 m ³	
Puech	30 000 m ³	

Compte tenu de ce qui est dit ci-dessus, le sédiment de calcul est fixé à 30 000 m³.

Or, étant donné que ce sédiment de calcul de 30 000 m³ est extrêmement petit par rapport à la quantité d'eau morte de 250 000 m³ et qu'il s'agit d'une quantité cumulée sur une durée de service de 50 ans, cette valeur n'a aucun sens pour l'exploitation du barrage. En conséquence, cette quantité de sédiment est considérée comme incluse dans l'eau morte pour le calcul du barrage.

iv) Altitude de la crête du barrage et hauteur du barrage

D'après les résultats de l'examen, mentionnés ci-dessus, l'altitude de la crête du barrage et la hauteur du barrage sont les suivantes:

- Altitude de la crête du barrage = EL. 1390,95 m^{Niveau de crue de calcul}+1,1m = EL.1392,05 m
- Hauteur du barrage = EL.1392,05 m - (EL.1380m^{Fondation} - 1,5m^{Excavation}) = 13,55 m

v) Traitement de la fondation

La fondation du barrage est composée d'une couche de sol perméable à semi-perméable et d'une couche de roche altérée semi-perméable. Les travaux de traitement de la fondation seront réalisés pour réduire la fuite d'eau à travers la fondation. Pour les méthodes générales de traitement de la fondation, il existe l'injection et le tapis. La première méthode consiste à boucher les fissures du fond rocheux avec du lait de ciment pour réduire la fuite, alors que la seconde méthode consiste à diminuer la quantité de fuite en augmentant la longueur de la voie d'infiltration du débit d'infiltration de base et en diminuant ainsi le gradient hydraulique. Etant donné que la fondation de ce barrage est composée d'une couche de sol et d'une couche de roche altérée et qu'il n'y a pas de fissures recevant le lait de ciment, il n'est pas possible d'y appliquer la méthode par injection.

En conséquence, pour ce barrage, la méthode par tapis sera utilisée comme méthode de traitement de la fondation.

[Formule de base pour l'examen]

$$q_f = \frac{k \cdot h \cdot d}{x_r + x_d} \quad x_r = \frac{e^{2ax} - 1}{a(e^{2ax} + 1)} \quad a = \sqrt{\frac{k_1}{t \cdot k \cdot d}}$$

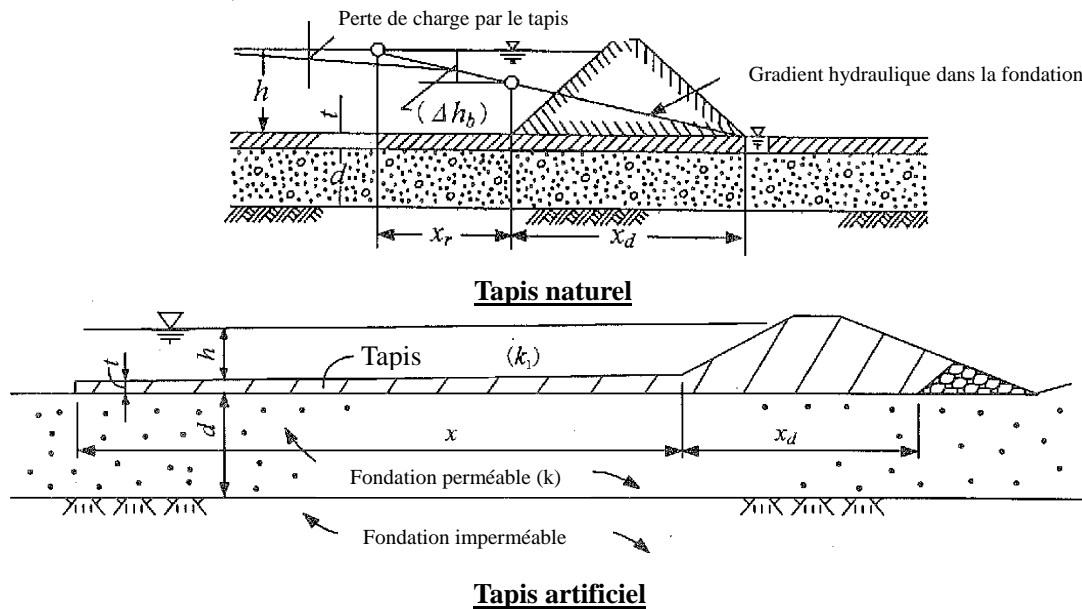


Fig. 4-1-2-23 Schéma d'explication des dimensions de la méthode par tapis

où:

- q_f ; Débit d'infiltration à travers la fondation (m³/sec)
- h ; Différence de niveau d'eau en amont et en aval (m)
- x_r ; Longueur utile de la voie d'infiltration (m)
- x_d ; Largeur de fond du corps du barrage (m)
- x ; Longueur requise du tapis (m)
- k ; Coefficient de perméabilité de la fondation (m/sec)
- k_1 ; Coefficient de perméabilité du tapis et du corps du barrage (m/sec)
- t ; Epaisseur du tapis (m)
- d ; Epaisseur de la fondation (m)

[Evaluation de la perméabilité de la fondation]

Il y a une différence de 60 fois entre $K=6,0 \times 10^{-3}$ et $k=1,0 \times 10^{-4}$. En conséquence, la couche de roche fortement altérée peut être considérée comme couche relativement imperméable par rapport à la couche supérieure. Donc, l'examen sera porté sur la couche de fondation de sol ayant une perméabilité moyenne de $k=6,0 \times 10^{-3}$ cm/sec.

L'épaisseur de la couche de sol est estimée à 6 m, compte tenu de l'épaisseur de 7,5 m obtenue lors de l'étude par le forage au lit de la rivière et de la profondeur d'excavation de 1,5 m.

Tableau 4-1-2-12 Evaluation de la perméabilité des sols de fondation

Puits	N° de trou	Coefficient de perméabilité	Profondeur d'essai	Etat de la fondation	Moyenne des coefficients de perméabilité
Puits d'essai 1	No.1	$3,6 \times 10^{-3}$ cm/sec	1,7m	Sol	$6,0 \times 10^{-3}$ cm/sec
	No.2	$3,3 \times 10^{-2}$ cm/sec	1,7m	Sol	
	No.3	$2,3 \times 10^{-4}$ cm/sec	3,4m	Sol	
	No.4	$3,2 \times 10^{-3}$ cm/sec	3,4m	Sol	
	No.5	$8,5 \times 10^{-4}$ cm/sec	5,1m	Sol	
	No.6	$1,0 \times 10^{-3}$ cm/sec	5,1m	Sol	
Puits d'essai 2	No.1	$2,2 \times 10^{-3}$ cm/sec	1,0m	Sol	
	No.2	$4,3 \times 10^{-3}$ cm/sec	1,0m	Sol	
Puits d'essai 3	No.1	$1,2 \times 10^{-2}$ cm/sec	1,7m	Sol	$1,0 \times 10^{-4}$ cm/sec
	No.2	$1,0 \times 10^{-2}$ cm/sec	1,7m	Sol	
	No.3	$1,4 \times 10^{-3}$ cm/sec	3,4m	Sol – Roche fortement altérée	
	No.4	$1,3 \times 10^{-3}$ cm/sec	3,4m		
	No.5	$1,1 \times 10^{-4}$ cm/sec	4,2m	Roche fortement altérée	
	No.6	$1,0 \times 10^{-4}$ cm/sec	4,2m	Roche fortement altérée	

Prof. (m)	BH-1 (Culée gauche)			BH-2 (Lit de rivière)			BH-3 (Culée droite)		
	Sol	Coefficient de perméabilité	Valeur N	Sol	Coefficient de perméabilité	Valeur N	Sol	Coefficient de perméabilité	Valeur N
1.0	Sol cohérent brun rougeâtre avec sable et gravier sablonneux	1,5 Lu	N>50	Sol cohérent brun jaunâtre avec sable et gravier	3,2 Lu	12	Sol cohérent brun jaunâtre avec gravier sablonneux		17
2.0									
3.0									
4.0	Grès altéré	1,0 Lu	N>50	Sol cohérent brun jaunâtre avec sable et gravier	1,0 Lu	15	Grès altéré		
5.0									
6.0									
7.0									
8.0									
9.0									
10.0	Grès altéré			Grès altéré					
11.0									
12.0									
13.0									
14.0									
15.0				Lu<1,0	N>50				

[Longueur du tapis : x]

Pour le calcul, x est supposé pour les épaisseurs du tapis de 1,0 m , de 1,5 m, de 2,0m et de 2,5 m.

Les résultats du calcul sont comme indiqué dans la Fig. 4-1-2-13 et la synthèse en est indiqué dans la Fig. 4-1-2-24. Si la quantité de fuite d'eau est fixée à 0,05 % de la capacité totale journalière du réservoir, elle sera de:

$$700\,000\text{m}^3 \times 0,05/100 = 350\text{ m}^3/\text{jour}$$

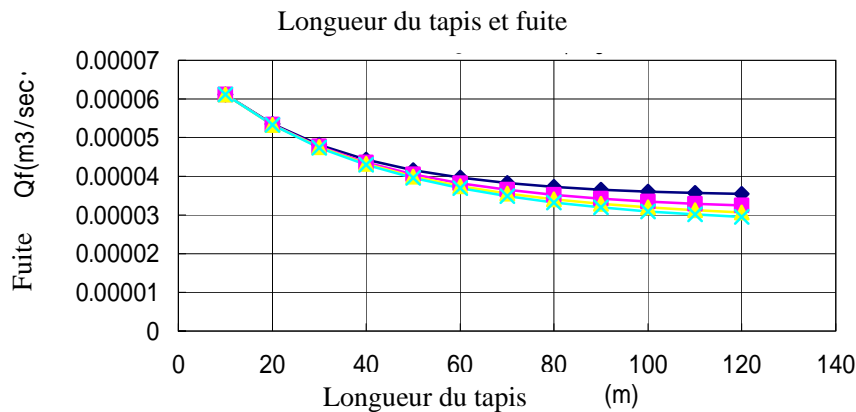


Fig. 4-1-2-24 Longueur du tapis et suintement

Compte tenu de cette valeur, l'épaisseur du tapis est fixée à 2 m et la longueur du tapis à 50 m.

Pour une épaisseur du tapis de 2 m et une longueur du tapis de 50 m, la quantité de fuite d'eau par largeur unitaire est de:

$$q_f = 3,51 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec} = 3,51 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec} \times 86\,400 \text{ sec/jour} = 3,0 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Si la quantité de fuite d'eau est évaluée sur toute la longueur longitudinale du corps du barrage, elle est presque égale à la quantité admissible journalière de fuite d'eau qui est de 300 m³/jour (premier terme: lit de rivière, deuxième terme: deux culées).

$$Q = 3,0 \text{ m}^3/(\text{jour} \cdot \text{m}) \times 29 \text{ m} + (1/2) \times (182 \text{ m} - 29 \text{ m}) \times 3,0 \text{ m}^3/(\text{jour} \cdot \text{m}) = 316,5 \text{ m}^3/\text{jour} < 350 \text{ m}^3$$

Tableau 4-1-2-13 Longueur/épaisseur du tapis et calcul de la quantité de fuite d'eau

t(m)	k	d(m)	k1	a	x(m)	e2ax	xr(m)	qf(m3/sec)
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	10	1.395612	9.908425	5.82861E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	20	1.947734	19.29076	5.12697E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	30	2.718282	27.72703	4.62623E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	40	3.793668	34.96698	4.26846E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	50	5.29449	40.93571	4.01262E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	60	7.389056	45.69565	3.82958E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	70	10.31226	49.39204	3.69856E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	80	14.39192	52.20370	3.60475E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	90	20.08554	54.30890	3.53757E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	100	28.03162	55.86658	3.48945E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	110	39.12128	57.00907	3.45498E-05
1	0.00006	6	0.0000001	0.016667	120	54.59815	57.84165	3.43029E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	10	1.312804	9.938725	5.5636E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	20	1.723455	19.52038	4.88164E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	30	2.262559	28.43742	4.3818E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	40	2.970297	36.46747	4.01188E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	50	3.899419	43.48739	3.73614E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	60	5.119174	49.46685	3.52951E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	70	6.720474	54.44838	3.37405E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	80	8.822667	58.52242	3.25674E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	90	11.58244	61.80417	3.16801E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	100	15.20547	64.41557	3.10079E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	110	19.96181	66.4734	3.04979E-05
1.5	0.00006	6	0.0000001	0.013608	120	26.20595	68.08259	3.01106E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	10	1.265797	9.953959	5.29999E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	20	1.602243	19.63768	4.64441E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	30	2.028115	28.80949	4.15735E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	40	2.567183	37.27868	3.79032E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	50	3.249533	44.91769	3.51075E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	60	4.11325	51.66343	3.29606E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	70	5.206542	57.50979	3.13017E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	80	6.590427	62.49496	3.00136E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	90	8.342145	66.68722	2.90097E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	100	10.55946	70.17172	2.82251E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	110	13.36614	73.03993	2.76103E-05
2.0	0.00006	6	0.0000001	0.011785	120	16.91883	75.38201	2.71278E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	10	1.234688	9.963127	5.03694E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	20	1.524455	19.70888	4.41048E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	30	1.882227	29.03844	3.94123E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	40	2.323963	37.78688	3.58369E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	50	2.86937	45.83279	3.30772E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	60	3.542778	53.10167	3.09257E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	70	4.374226	59.5634	2.92353E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	80	5.400805	65.22571	2.78989E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	90	6.668311	70.12538	2.68374E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	100	8.233285	74.31913	2.5991E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	110	10.16554	77.87527	2.5314E-05
2.5	0.00006	6	0.0000001	0.010541	120	12.55127	80.86694	2.47712E-05

vi) Coupe type du corps du barrage et celle du tapis de terrain en place

Etant donné que le niveau maximum d'eau atteint la proximité de l'altitude de la crête du barrage à cause de la petite marge de hauteur, la largeur de la crête du barrage est fixée à 6 m pour tenir compte d'une marge de sécurité.

L'inclinaison de la pente en amont et celle de la pente en aval sont fixées respectivement à 1:3,0 et à 1:2,5 pour assurer la stabilité du barrage et obtenir un effet de réduction du débit d'infiltration par une grande largeur de fond du corps du barrage.

Un batardeau est prévu à 50 m du pied de talus en amont du corps du barrage. La hauteur du batardeau est fixée à 2 m.

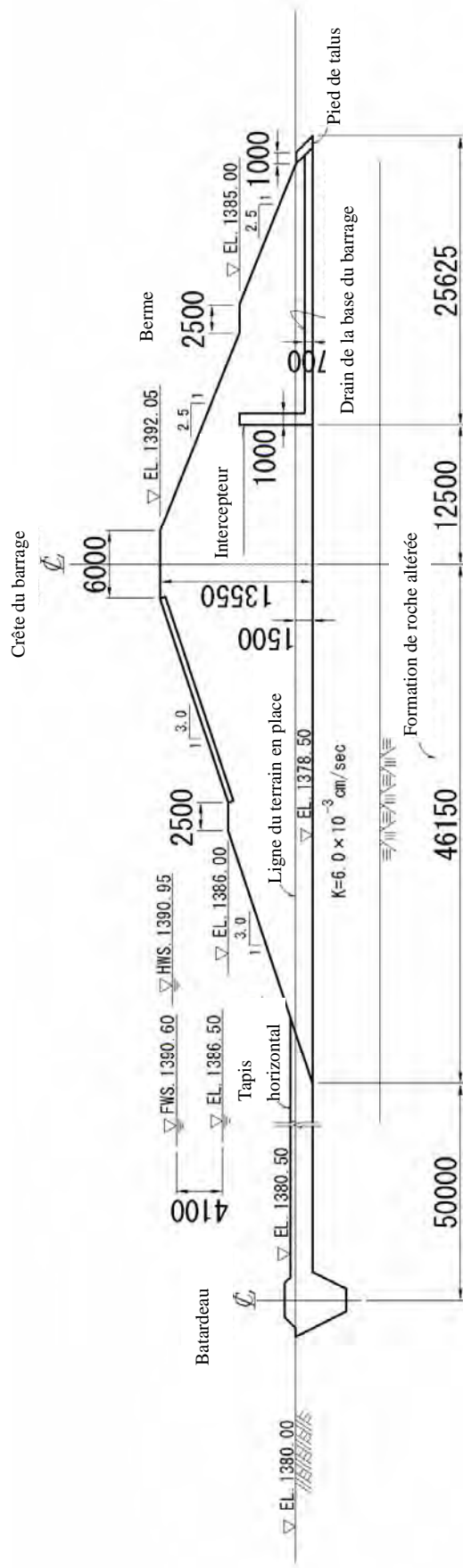
Sa fondation est enfoncée de 3 m dans le sol pour intercepter l'écoulement d'eaux souterraines et offrir des conditions sèches lors des travaux de réalisation du tapis horizontal arrière.

Une berme est prévue sur la pente en amont du corps du barrage à une altitude de EL.1386,0 m. La pente située au-dessus de la berme, sur laquelle le niveau d'eau stockée monte et descend, sera protégée par un enrochement.

Un drain vertical est prévu dans le corps du barrage, côté aval, pour intercepter le débit d'infiltration et prévenir ainsi la saturation du pied de talus en aval. Par ailleurs, le drain de fondation du barrage est prévu sur une grande largeur pour prévenir le suintement concentré du débit d'infiltration à travers la fondation. Le pied de talus est solidifié par une maçonnerie (ouvrage de pied de talus). Une berme est prévue sur la pente en aval à une altitude de EL.1385,0 m pour faciliter l'entretien. La pente en aval sera protégée par la végétation.

La crête du barrage sera protégée par du sol-ciment pour éviter l'érosion par les eaux pluviales et l'invasion de fourmis.

Le tapis de terrain en place aura la même structure que celui pour la pente en amont du corps du barrage pour assurer la stabilité du talus de remblai et éviter l'érosion du talus. La largeur de la crête et la pente d'excavation du côté terrain en place sont fixées respectivement à 4 m et à 1:2,5 de manière à donner une épaisseur de remblai correspondant à environ 50% de la profondeur d'eau active afin de tenir compte de la stabilité en cas d'action de la contrepression des eaux souterraines, exercée par arrière.



Coupe type du tapis de pente

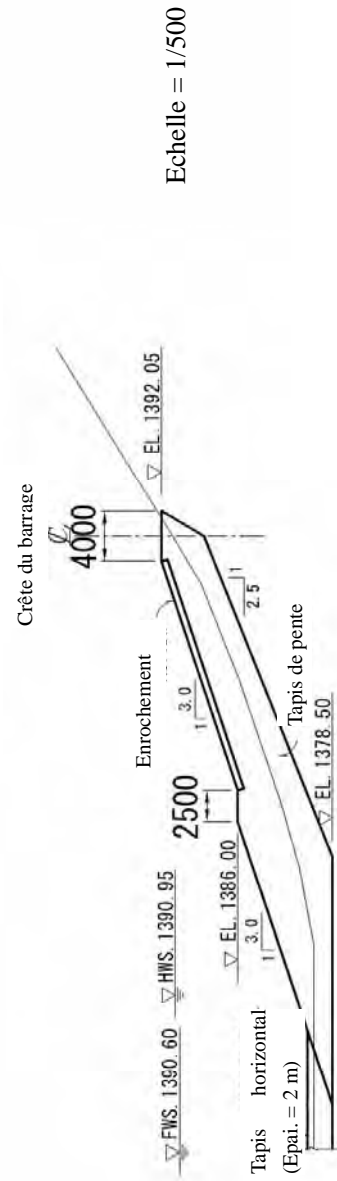


Fig. 4-1-2-25 Coupe type

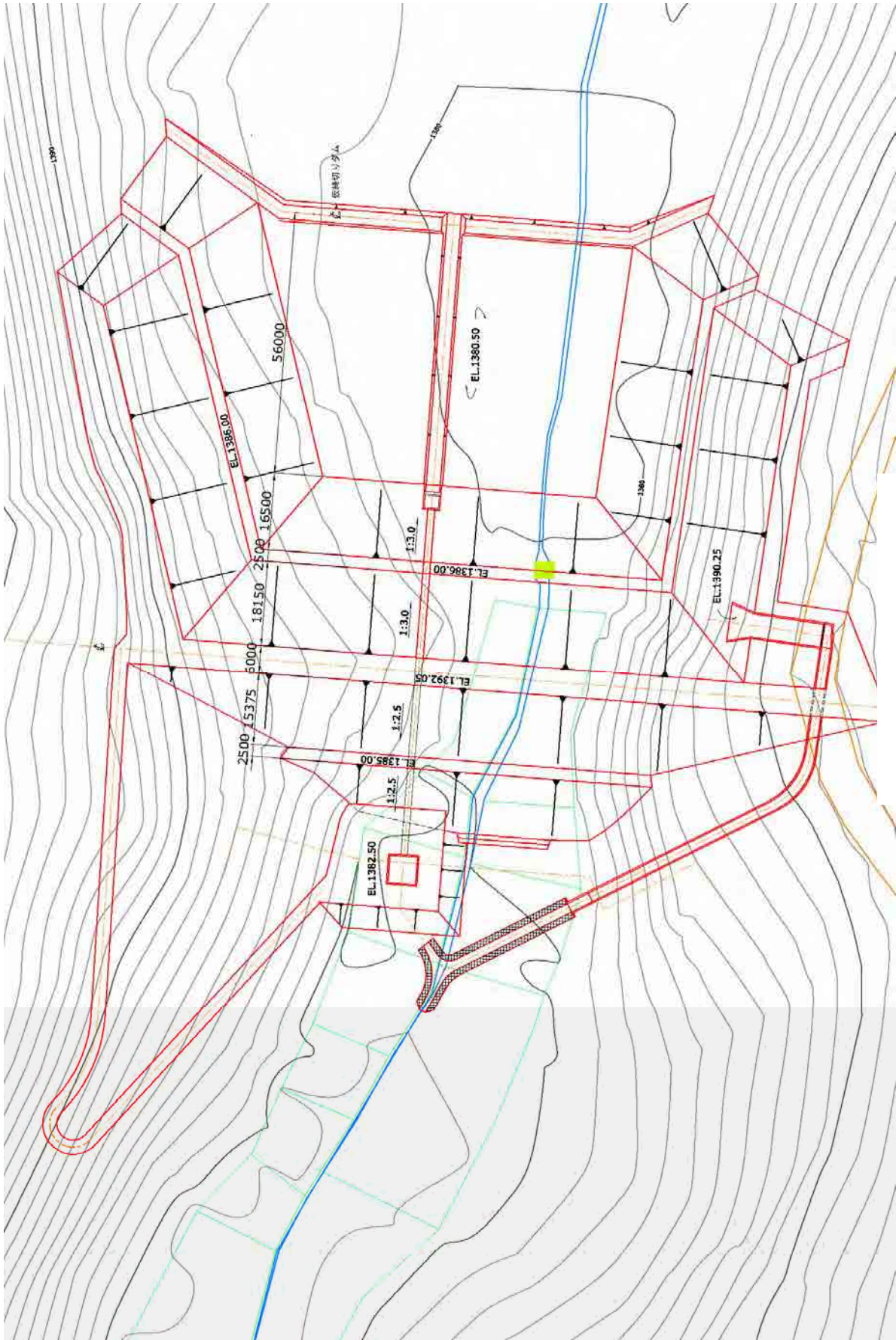


Fig. 4-1-2-26 Vue générale en plan

(b) Evacuateur de crues

i) Emplacement

L'évacuateur de crues est composé de la partie d'amenée, de la partie de canal de transition, de la partie d'écoulement rapide et de la partie de bassin de tranquillisation. La comparaison des emplacements tenant compte des caractéristiques topographiques de la rive gauche et de la rive droite est indiquée dans le Tableau 4-1-2-14, selon lequel il est conclu que la rive gauche est la plus appropriée.

Tableau 4-1-2-14 Emplacement de l'évacuateur de crues

Position de la pente	Pente supérieure, côté amont	Pente inférieure, côté aval
Côté Rive gauche	La pente est douce. Le volume de terre à excaver pour l'installation de la partie d'amenée et du canal de transition de l'évacuateur de crues est faible. Les dimensions du talus de déblai sont également faibles.	La pente est douce. Le volume de terre à excaver pour l'installation de la partie d'écoulement rapide de l'évacuateur de crues est faible. Les dimensions du talus de déblai sont également faibles.
Rive droite	La pente est raide. Le volume de terre à excaver pour l'installation de la partie d'amenée et du canal de transition de l'évacuateur de crues est important. Les dimensions du talus de déblai sont également importantes.	La pente est raide. Le volume de terre à excaver pour l'installation de la partie d'écoulement rapide de l'évacuateur de crues est important. Les dimensions du talus de déblai sont également importantes.

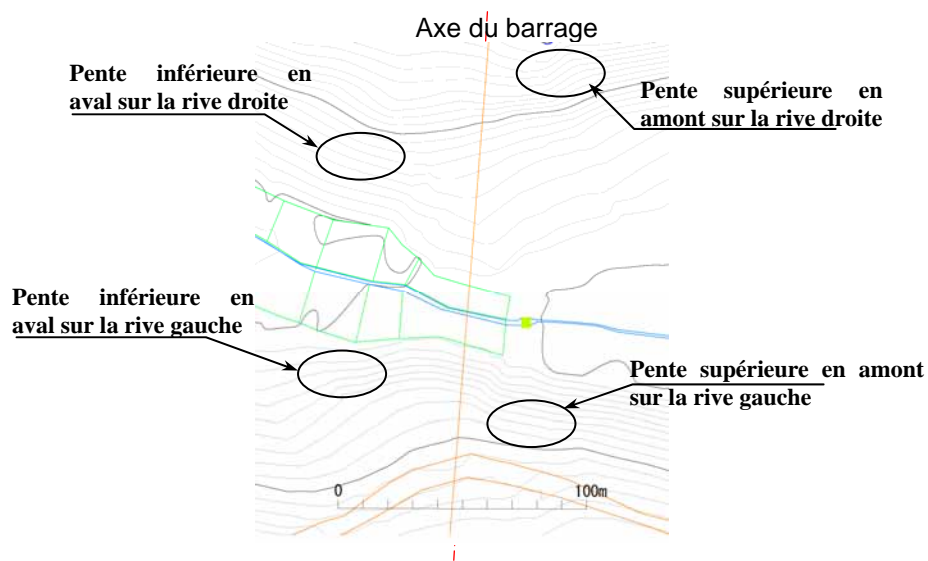


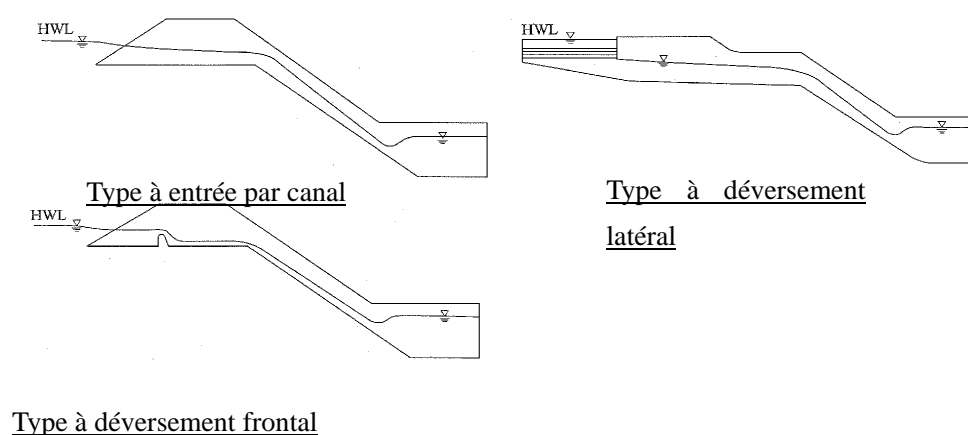
Fig. 4-1-2-27 Emplacement de l'évacuateur de crues

ii) Type d'évacuateur de crues

Pour ce barrage, un tapis de pente sera réalisé et la partie de canal d'amenée sera installée sur le tapis de pente. Le débit de crue sera donc guidé perpendiculairement à la pente. En conséquence, un évacuateur de crues de type à déversement latéral sera adopté.

Tableau 4-1-2-15 Types d'évacuateur de crues

Type d'évacuateur de crues	Ecoulement		Capacité pour les crues, etc.	
	Partie d'ajustement	Partie de transition	Capacité de refoulement de crues	Fondation de la structure
Type à entrée par canal	Par l'avant	Débit instable	Très petite	Terre ou remblai
Type à déversement frontal	Par l'avant au-dessus du déversoir	S'écoule dans le canal dans les conditions critiques de débit	Petite à moyenne	Terre ou remblai
Type à déversement latéral	Par le côté au-dessus du déversoir		Moyenne à grande	Terre

**Fig. 4-1-2-28 Types d'évacuateur de crues**

iii) Effet de stockage

D'après les résultats de l'observation des précipitations et des débits de rivière, les crues de cette zone présentent les caractéristiques suivantes:

- (1) Le taux de ruissellement direct sous forme de crue est très petit.
- (2) Le temps de concentration de crue est court.
- (3) La crue atteint son maximum rapidement.

En ce qui concerne les points (2) et (3), ces phénomènes sont probablement dus au fait que le bassin versant du réservoir est composé de deux vallées présentant une topographie érodée en éventail et qu'en conséquence, les pluies tombées sur les pentes sont collectées et provoquent ainsi un ruissellement concentré.

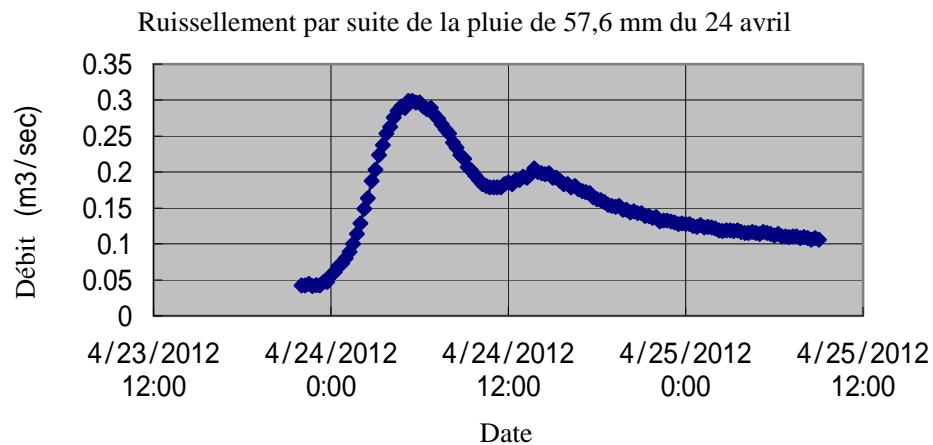


Fig. 4-1-2-29 Ruissellement par suite de la pluie du 24 avril

Donc, pour être prudent, il est supposé que le débit maximum de crue arrive d'emblée à l'évacuateur de crue sans prendre en considération le phénomène dans lequel le débit de crue est refoulé à partir de l'évacuateur de crues pendant que le niveau d'eau dans le réservoir augmente progressivement par la crue (effet de stockage).

Au Japon, il est admis de tenir compte de l'effet de stockage seulement lorsqu'il s'agit d'un petit réservoir et que la superficie du réservoir est supérieure ou égale à $1/40 (= 0,025)$ de celle du bassin versant. Or, dans le cas de présent réservoir, la superficie du réservoir plein d'eau en temps normal est d'environ $150\,000\text{ m}^2$ pour une superficie du bassin versant de $8,8\text{ km}^2 = 8,8 \times 10^6\text{ m}^2$. Le rapport en étant de $(1,50 \times 10^5) / (8,8 \times 10^6) = 0,017 (< 0,025)$, il n'est pas possible, d'après la méthode japonaise, d'admettre un effet de stockage.

iv) Débit de crue de calcul, longueur du barrage déversoir, hauteur de la nappe déversante

Vu les résultats du paragraphe précédent (4) (a), la longueur du barrage déversoir, la hauteur du barrage déversoir et la hauteur de la nappe déversante sont fixées respectivement à 5 m, à 0,35m et à 0,35 m.

v) Tracé en plan et tracé en élévation

Le tracé en plan est déterminé comme indiqué dans la figure droite pour tenir compte du tapis de pente, de la relation de position par rapport au corps du barrage et d'un raccordement régulier avec la rivière en aval.

D'autre part, le tracé en élévation est planifié comme indiqué dans la Fig. 4-1-2-30.



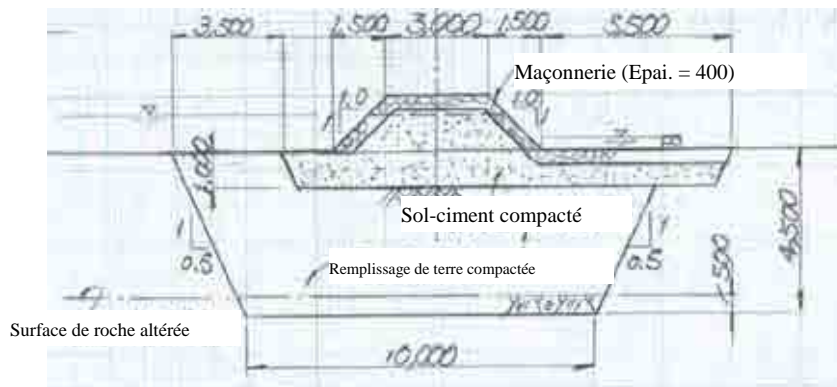
Fig. 4-1-2-30 Vue générale en plan de l'évacuateur de crues

(5) Conception générale des installations de source d'eau auxiliaire

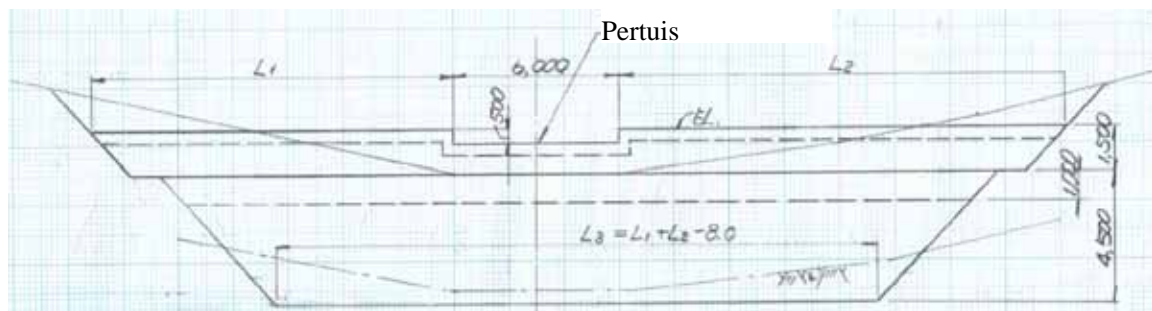
(a) Idée de base

Pour le moment, la planification est effectuée de la manière décrite ci-dessous, supposant que la variation saisonnière du ruissellement des eaux souterraines soit petite:

- Fermer l'aval des points de jaillissement, petits cours d'eau, marécages, etc. constatés lors de l'étude sur place.
- Effectuer la fouille dans la couche perméable de la fondation et puis remplir la partie excavée avec la terre excavée après l'avoir rendue difficilement perméable par le réglage de sa teneur en eau et un compactage approprié.
- Etant donné que la couche d'ardoise altérée présente une perméabilité inférieure d'un ordre de grandeur à celle de la fondation, comme constaté sur le site du barrage lors de l'essai de perméabilité sur place, la terre de remplissage compactée est enfoncée dans la couche de roche altérée.
- Avec cette opération, l'écoulement d'eaux souterraines dans la fondation sera intercepté et le niveau de la nappe souterraine sera élevé pour la faire apparaître à la surface en amont du point d'interception.
- Un barrage sera construit pour endiguer les eaux souterraines apparaissant à la surface ainsi que les eaux de surface.
- Comme ce barrage est un ouvrage posé sur le sol remblayé et compte tenu de l'économie, le sol-ciment sera utilisé pour ce barrage et une grande largeur est prévue au fond pour répartir la charge.
- La surface du sol-ciment sera couverte par une maçonnerie pour la protection contre l'érosion.
- Pour évacuer les eaux de surface entrant lors de grosses pluies, un pertuis sera prévu au milieu.
- Pour éviter le dépôt de sable pouvant être provoqué par l'afflux de sable et de terre, un bassin de décantation sera prévu à l'extrémité amont.

Fig. 4-1-2-32 Coupe type de l'ouvrage d'endiguement

Typical cross-section of water-stop work



Longitudinal profile

Fig. 4-1-2-33 Vue en face de l'ouvrage d'endiguement

(b) Ouvrage d'endiguement d'eaux souterraines de chaque vallée

En ce qui concerne la vallée sèche et la vallée en aval sur la rive droite, l'ouvrage d'endiguement fonctionnera également en tant que bassin de compensation du canal d'irrigation compte tenu de la relation avec la disposition planifiée des canaux d'irrigation. Il sera conçu comme bassin de type excavé (profondeur maximale d'excavation: 3 m) pour obtenir la capacité requise en tant que bassin de compensation. Quant à la vallée en aval du point de confluence, il suffit de tenir compte uniquement de la capacité du réservoir nécessaire à l'exploitation. En conséquence, bien que le bassin soit conçu également comme bassin de type excavé, la profondeur maximale d'excavation sera limitée à environ 1 m.

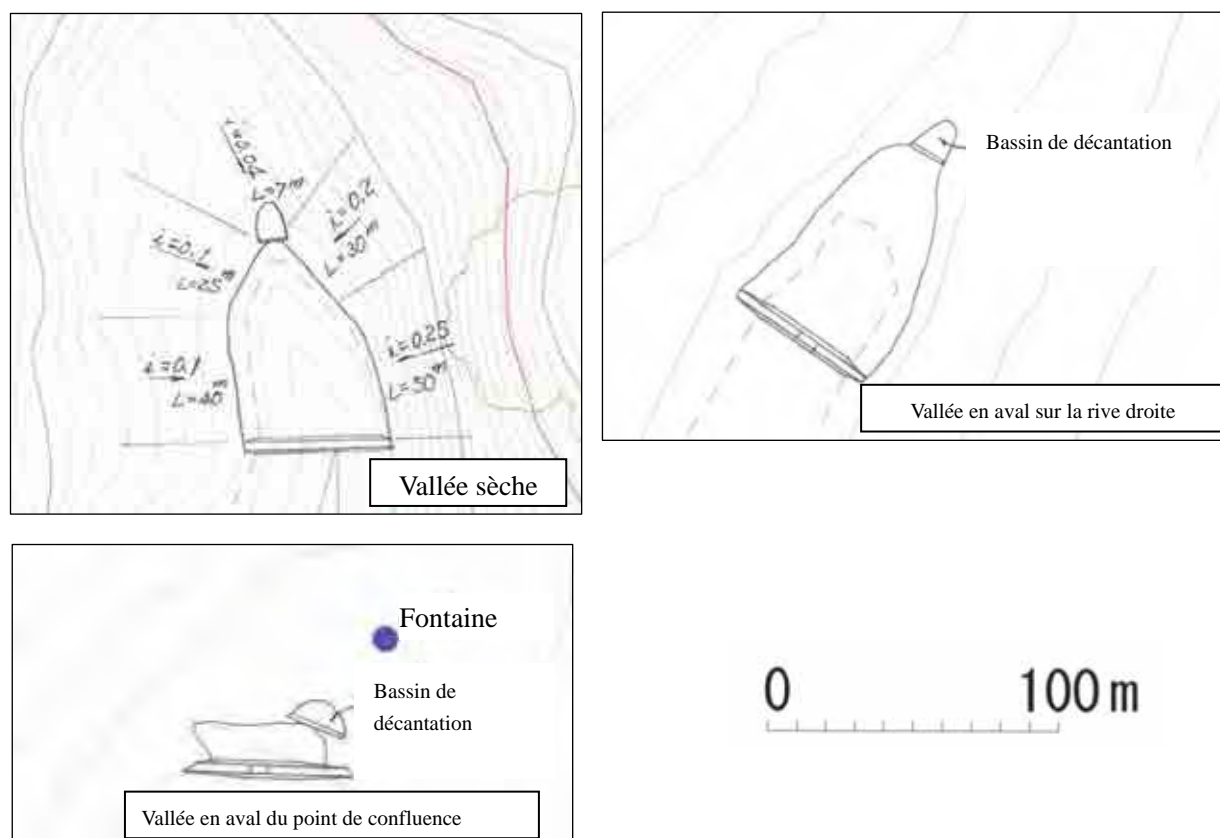


Fig. 4-1-2-34 Ouvrages d'endiguement d'eaux souterraines

Tableau 4-1-2-16 Ouvrages d'endiguement d'eaux souterraines

Vallée	Altitude de la crête	Longueur de la crête du barrage	L1	L2	L3	Capacité du réservoir
Vallée sèche	EL.1397,0	35,5 m	13,2 m	16,3 m	21,5 m	1 300 m ³
Vallée en aval sur la rive droite	EL.1378,0	51,0 m	24,0 m	21,0 m	37,0 m	3 000 m ³
Vallée en aval du point de confluence	EL.1370,5	53,0 m	19,0 m	28,0 m	39,0 m	470 m ³

(6) Conception générale des installations de prise d'eau

i) Planification des installations de prise d'eau

Les options suivantes peuvent être envisagées pour le type d'installations de prise d'eau:

Tableau 4-1-2-17 Comparaison des installations de prise d'eau

	Option 1	Option 2
Image		
Explication	Le canal principal est raccordé à la vidange de fond à l'aide d'un tuyau, les pentes situées au-dessous des canaux principaux découverts sur les rives droite et gauche sont irriguées par gravité et les pentes supérieures sont irriguées par des pompes de relevage installées sur la ligne du canal.	Une canalisation est installée le long de la rivière actuelle à partir de la vidange de fond pour irriguer les terres agricoles des rives droite et gauche par la canalisation.

Dans le cas d'Option 2, la longueur du canal principal à exécuter sera la moitié de celle de l'Option 1, mais la longueur de la canalisation est plus grande. Etant donné que le coût d'exécution de la canalisation est plus de quatre fois plus élevé que celui du canal découvert, elle présente un désavantage économique. De plus, pour installer la canalisation le long de la rivière actuelle, il est nécessaire de construire une route qui servira de route temporaire et en même temps de route pour la gestion et, dans ce cas, 1) la superficie des rizières serait réduite et 2) un coût élevé des travaux serait nécessaire pour prendre des mesures contre le terrain mou. En conséquence, l'Option 1 sera retenue pour le présent projet.

a) Vidange de fond

La prise d'eau par la vidange de fond sera adoptée; le canal principal sera raccordé à la vidange de fond par un tuyau. Cette méthode est adoptée également pour Nyanza23 pour sa facilité de manipulation pour le réglage de débit et son exploitabilité. Les pentes situées au-dessous du canal principal découvert sur les rives droite et gauche seront irriguées par gravité et des pompes de relevage seront installées sur la ligne du canal d'irrigation pour l'irrigation par pompes des pentes supérieures.

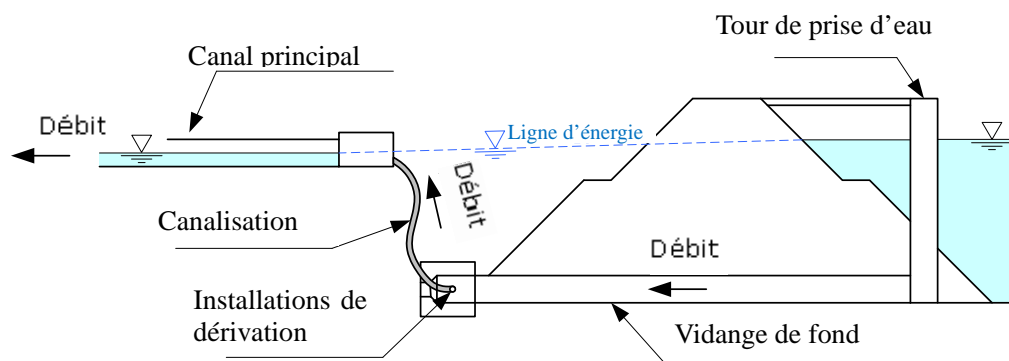


Fig. 4-1-2-35 Image de dérivation d'eau vers le canal principal

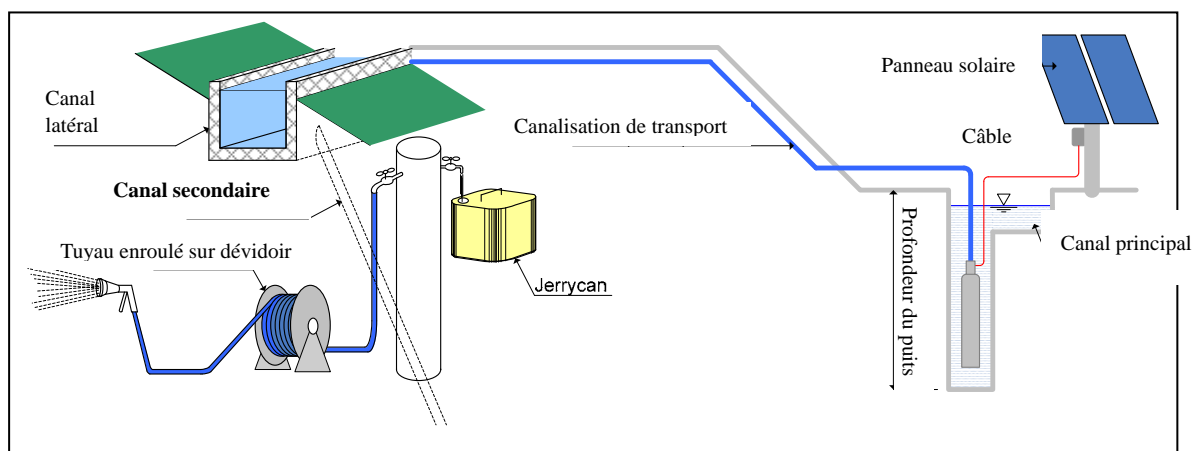


Fig. 4-1-2-36 Image d'irrigation par pompes

b) Prise d'eau

Pour la prise d'eau, deux types sont envisageables, à savoir la "Tour de prise d'eau" et le "Conduit incliné". Ici, la "Tour de prise d'eau" est retenue pour les raisons suivantes : 1) La structure des installations est simple et donc facile à entretenir, 2) L'influence sur le corps du barrage étant petite, cette option est avantageuse en termes d'affaissement.

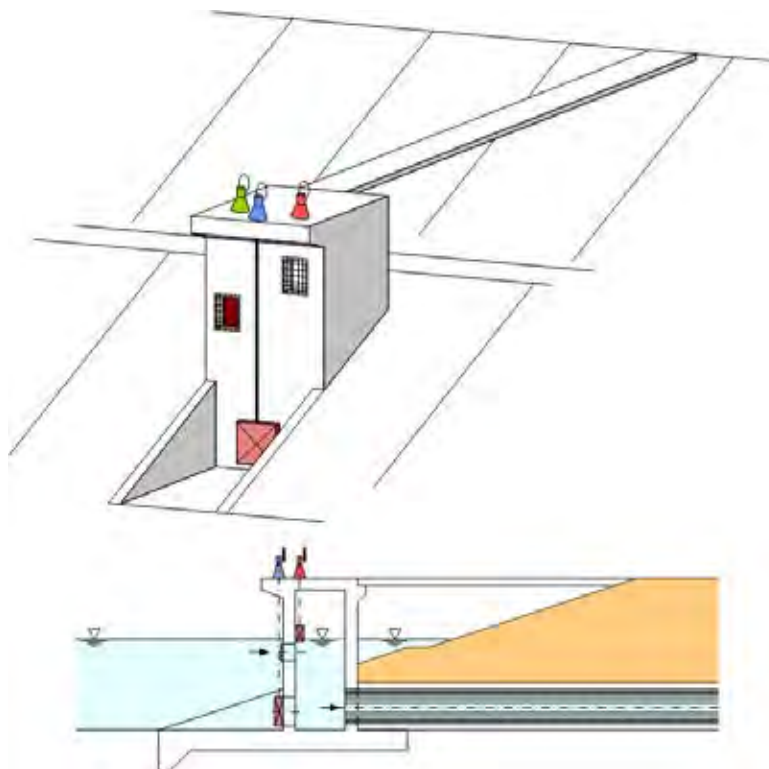


Fig. 4-1-2-37 Image des installations de prise d'eau

ii) Conditions du calcul

Les débits de calcul dans la vidange de fond, adoptée dans cette conception, sont le débit de base pour l'évacuation temporaire d'eau (en saison sèche), qui est de $0,015 \text{ m}^3/\text{s}$, et le débit d'irrigation de projet, qui est de $0,234 \text{ m}^3/\text{s}$.

Or, il suffit que la vidange de fond ait la capacité permettant l'écoulement du débit de base. Donc, le débit pour l'évacuation temporaire d'eau ($0,015 \text{ m}^3/\text{s}$) est adopté dans cet examen. (Par ailleurs, la capacité d'écoulement du débit d'irrigation de projet ($0,234 \text{ m}^3/\text{s}$) est examinée dans le calcul hydraulique de la canalisation, mentionné plus loin.)

Débit de calcul (Vidange de fond) : $Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$

iii) Calcul hydraulique

Pour le calcul hydraulique de la vidange de fond, la formule de Manning est utilisée:

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Où:

Q : Débit (m³/s)

V : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)

R : Rayon hydraulique (m) = A/P

[A : Section mouillée (m²) , P : Périmètre mouillé (m)]

I : Pente du canal

n : Coefficient de rugosité

Tableau 4-1-2-18 Coefficients de rugosité

Matériau et état du canal d'eau	Coefficient de rugosité		
	Valeur minimale	Valeur standard	Valeur maximale
Béton (canal coulé en place, conduit enterré, etc.)	0,012	0,015	0,016
Béton (projection)	0,016	0,019	0,023
Béton (Canal préfabriqué, tuyau, etc.)	0,012	0,014	0,016
Béton (tuyau en béton armé)	0,011	0,013	0,014
Maçonnerie en blocs de béton	0,014	0,016	0,017
Ciment (mortier)	0,011	0,013	0,015
Acier (barre verrouillée ou soudage)	0,010	0,012	0,014
Acier (rivet)	0,013	0,016	0,017
<u>Surface lisse d'acier (sans peinture)</u>	0,011	<u>0,012</u>	0,014
Surface lisse d'acier et tuyau (avec peinture)	0,012	0,013	0,017
Surface ondulée (tôle d'acier)	0,021	0,025	0,030
Fonte (sans peinture)	0,011	0,014	0,016
Plaque et tuyau en fonte (avec peinture)	0,010	0,013	0,014
Tuyau en PVC		0,012	
Tuyau en plastique renforcé		0,012	
Tuyau en céramique	0,011	0,014	0,017
Revêtement en terre		0,025	
Asphalte (surface lisse)		0,014	
Asphalte (surface rugueuse)		0,017	
Maçonnerie (en moellons au mortier)	0,017	0,025	0,030
Maçonnerie (sèche en moellons)	0,023	0,032	0,035
Tunnel rocher sans aucun revêtement sur toute la section	0,030	0,035	0,040
Tunnel rocher sans revêtement avec béton coulé seulement sur le fond	0,020	0,025	0,030
Revêtement en herbe (gazon)	0,030	0,040	0,050

Le diamètre minimum du tuyau de la vidange de fond est fixé, d'après "Guide de la conception de petits réservoirs, 3.5.3 Conception de la vidange de fond, p.105", à $\phi 800$ mm, valeur minimale, compte tenu de l'entretien. Le tuyau sera en acier comme celui adopté pour Nyanza-23. La pente de projet est fixée, compte tenu de la pente du terrain du site et de la pente limite de construction, à $I = 1/1\ 000$.

• Résultats du calcul de l'écoulement uniforme lors de l'évacuation temporaire d'eau

Profondeur d'eau d (m)	Débit Q (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement V (m/s)	Section d'écoulement A (m ²)	Périmètre mouillé P (m)	Rayon hydraulique R (m)	Nombre de Froude Fr	Coefficient de rugosité n
0,100	0,015	0,415	0,036	0,577	0,063	0,507	0,012

Vu les résultats indiqués ci-dessus, un tuyau en acier de $\varnothing 800\text{mm}$, qui ne présente pas de problème structurel et hydrologique, sera adopté.

(7) Conception générale du canal d'irrigation/des installations d'irrigation des extrémités

L'eau du canal principal d'irrigation dérivée des installations de prise d'eau à l'aide d'une canalisation. Donc, le calcul hydraulique d'une canalisation ayant une pression d'eau sera effectué. Pour le canal découvert, le calcul hydraulique est effectué avec la formule de Manning.

i) Conditions du calcul

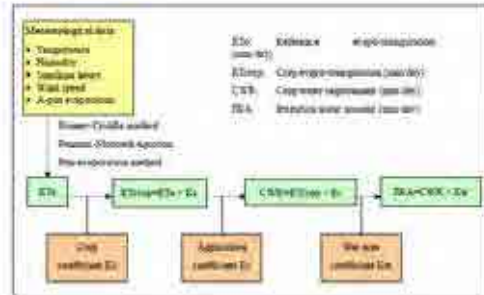
Débit de calcul	Vidange de fond	: $Q = 0,234 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q=Q1+Q2+Q3$)
	Rizière	: $Q1=0,058 \text{ m}^3/\text{s}$
	Rive droite	: $Q2=0,116 \text{ m}^3/\text{s}$
	Rive gauche	: $Q3=0,060 \text{ m}^3/\text{s}$
Niveau de prise d'eau au barrage, niveau minimum de prise d'eau		: $LWL=1387,5 \text{ m}$
Hauteur du fond du canal principal		: $WL=1387,0 \text{ m}$
Temps de passage d'eau d'irrigation		: 8,5 heures/jour (D'après les conditions de la courbe de caractéristiques de la pompe solaire)
Quantité d'eau d'irrigation par ha		:

Tableau 4-1-2-19 Quantité d'eau d'irrigation par ha

Elément	Valeur	Remarques
Eau d'irrigation requise ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$)	0,000317	Valeur calculée de CROPWAT8.0
Coefficient de transport d'eau (ec)	95 %	Annexe I FAO : Rendements de l'irrigation
Coefficient d'exploitation (ea)	90 %	Idem
Coefficient de superficie d'irrigation (Kw)	70 %	*
Quantité d'eau d'irrigation nécessaire pour les cultures (CWR) ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{ha}$)	0,000733	$0,000317 \times (24\text{h}/8,5\text{h}) \times 1 / (95\% \times 90\%) \times 70\%$

* PROJET POUR LE DEVELOPEMENT DES TECHNIQUES D'IRRIGATION EFFICACES ET L'EXTENSION EN SYRIE (JICA), Août 2007. NORMES DE CONCEPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION EFFICACE ET GESTION DE L'IRRIGATION SUR L'EXPLOITATION, p.37, p.51

III.4.2 : Crop water requirement (CWR)



Crop water requirement (CWR) is defined as the depth of water that is required to the same amount consumed by evapo-transpiration. It can be estimated according to the following procedure.

1. Reference evapo-transpiration (Eto) is calculated with the correlation equation such as Hargreaves, Pan evaporation or Penman-Monteith method from meteorological data.
2. The crop factor including the variety and growing stage should be considered when estimating crop evapo-transpiration (ETcrop). Differences in evapo-transpiration between the proposed crops and the reference grass are integrated into crop coefficient (Kc). Crop evapo-transpiration (ETcrop) is calculated by multiplying Eto by crop coefficient (Kc).
3. A certain amount of water is lost by evaporation, seepage, deep percolation, etc during the irrigation process. These should be considered when estimating crop water requirement (CWR). Difference between the water amount consumed by crop growing and the water amount to be supplied from water source is expressed by application coefficient (Ea). Crop water requirement is calculated by dividing crop evapo-transpiration (ETcrop) by application coefficient (Ea).
4. Micro irrigation from the localized wet area which differs from the whole wet area formed by sprinkler irrigation. This difference should be considered when estimating irrigation water amount (IWA). The ratio of wet area to whole area can be expressed by net area coefficient (Ks). Irrigation water amount (IWA) is calculated by multiplying crop water requirement (CWR) by net area coefficient (Ks).

The shape of wet area is different depending on the irrigation method and the arrangement of the emitters and so on. Sprinkler and surface irrigation create whole wet area. On the contrary, GF and Micro irrigation create localized wet area. GF irrigation method forms the parallel wet areas with a certain width along the drip tubes, and Micro irrigation forms the isolated wet area around trees. The ratio of wet area to whole area is expressed by wetting area coefficient (Kw). In case of surface irrigation and sprinkler irrigation, Kw-value is 100%. On the other hand, Kw-value of GF irrigation varies from 70 to 100% according to the spacing of the drip tubes, the discharge of the drippers and soil type. Kw-value of Micro irrigation varies 40 to 70 % in accordance with spacing of the trees, specification of the emitters and soil type as well.

III.4.3 : Wetting area coefficient (Kw)

Irrigation method	Kw (%)	Remarks
Surface irrigation	100	
Sprinkler irrigation	100	
GF irrigation	70-100	GF: Drip tube
Micro irrigation	40-70	Micro emitter, 1.8m spacing

PLAN DU RESEAU D'IRRIGATION

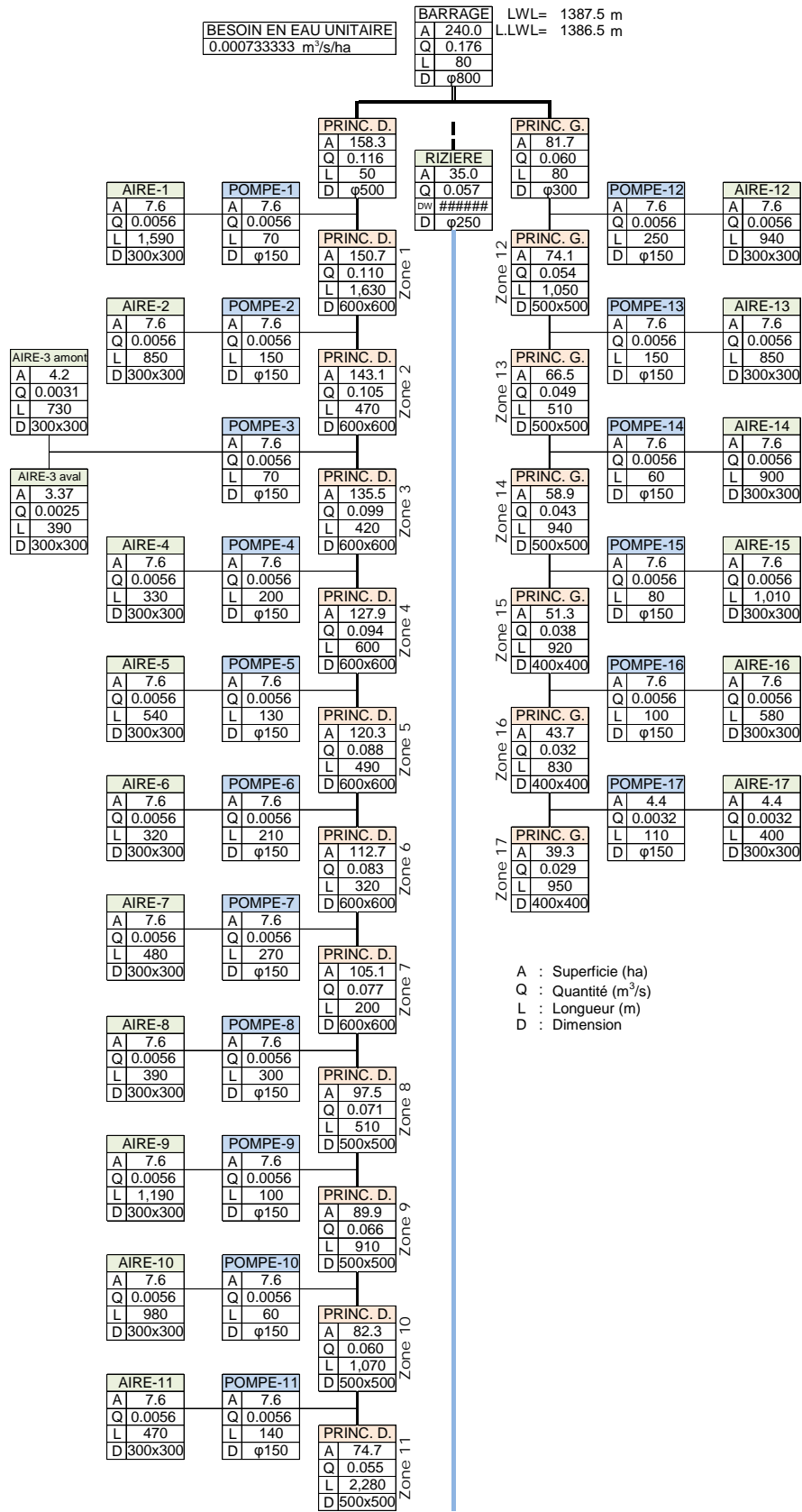
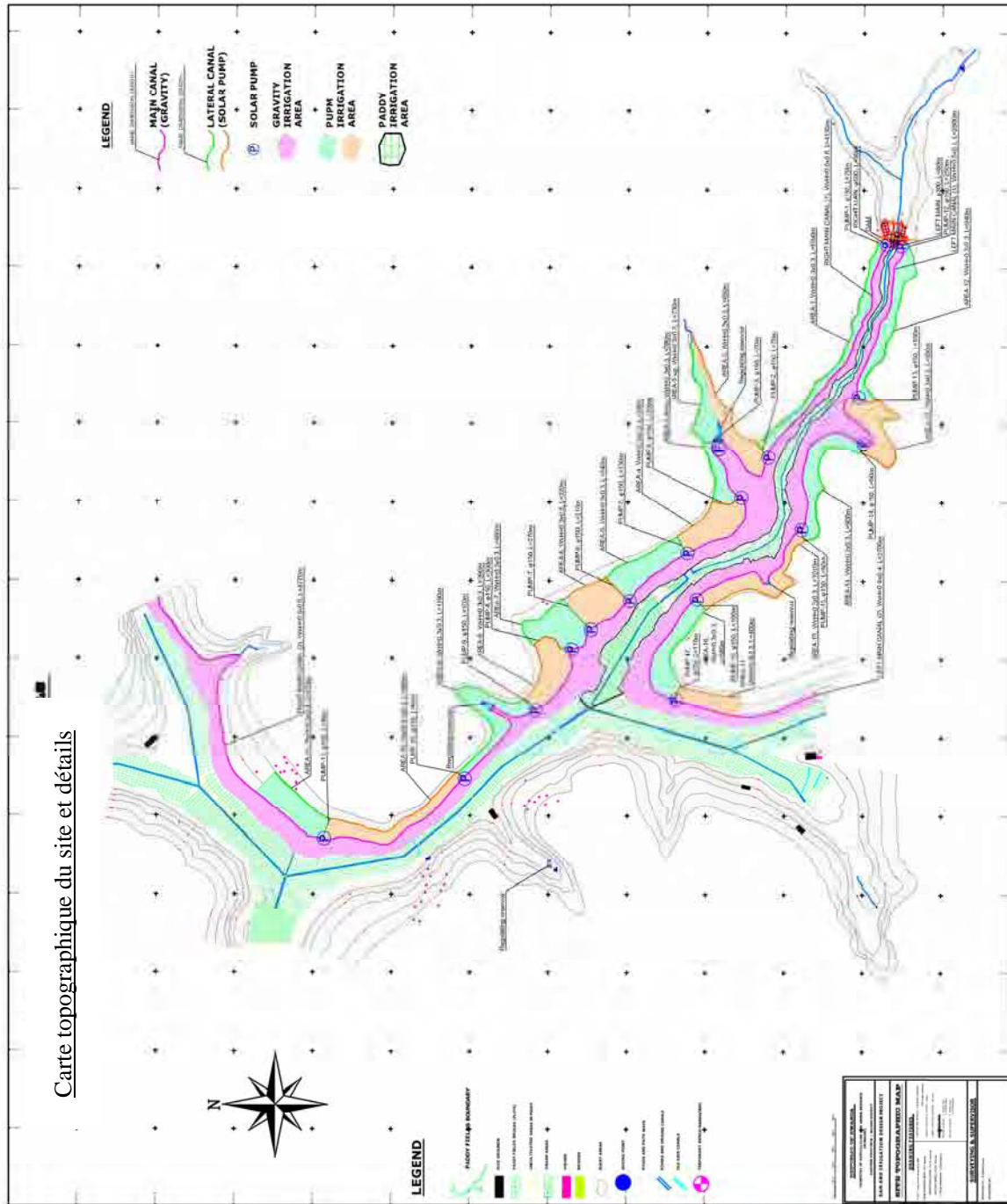


Fig. 4-1-2-38 Schéma du réseau d'irrigation de projet



ii) Calcul hydraulique

a) Canalisation

• Perte de charge par frottement

La perte de charge par frottement de la canalisation sera calculée par la formule de Hazen Williams. Par ailleurs, la vitesse d'écoulement minimum admissible sera fixée à une valeur supérieure ou égale à 0,3 m/s pour éviter le dépôt de sable et de terre en suspension et la vitesse d'écoulement maximum admissible sera fixée à la valeur souhaitable, à savoir une valeur inférieure ou égale à 2,0 m/s.

$$\text{A partir de : } V = 0,849 \cdot C \cdot R^{0,63} \cdot I^{0,54},$$

la formule suivante est déduite pour les tuyaux ronds:

$$V = 0,355 \cdot C \cdot D^{0,63} \cdot I^{0,54}$$

$$Q = 0,279 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot I^{0,54}$$

$$D = 1,626 \cdot C^{-0,38} \cdot Q^{0,38} \cdot I^{0,21}$$

$$I = h_f/L = 10,67 \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot Q^{1,85}$$

V : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s) D : Diamètre du tuyau (m)

C : Coefficient de vitesse d'écoulement (valeur standard figurant dans le tableau suivant) h_f : Perte de charge par frottement (m)

R : Rayon hydraulique (m) Q : Débit (m³/s)

I : Gradient hydraulique L : Longueur de la Conduite (m)

Tableau 4-1-2-20 Valeur de coefficient de vitesse d'écoulement C

Type de tuyau (Etat de la surface intérieure)	Coefficient de vitesse d'écoulement (C)		
	Maximum	Minimum	Moyenne
Tuyau en fonte (sans peinture)	150	80	100
Tuyau en acier (sans peinture)	150	90	100
Tuyau revêtu de goudron (fonte)	145	80	100
Tuyau revêtu d'époxy de goudron (acier) *			
φ800 et plus	-	-	130
φ700 à 600	-	-	120
φ500 à 350	-	-	110
φ300 et moins	-	-	100
Tuyau revêtu de mortier (acier, fonte)	150	120	130
Tuyau en béton centrifugé	140	120	130
Tuyau en béton armé cylindré	140	120	130
Tuyau en béton précontraint	140	120	130
Tuyau en amiante-ciment	160	140	140
Tuyau en PVC dur**	160	140	150
Tuyau en polyéthylène**	170	130	150
Tuyau mortier-plastique renforcé de fibre de verre et tuyau mortier plastique cylindré **	160	-	150

Note)* La méthode de peinture sera celle conforme à JWWA-115-1974 et il est souhaitable d'obtenir une épaisseur de couche de peinture d'au moins 0,5 mm. En ce qui concerne les tuyaux d'époxy de goudron ayant un diamètre nominal inférieur à 800 mm, les valeurs figurant dans ce tableau sont appliquées si la surface intérieure des soudures réalisées sur place n'est pas peinte. Toutefois, si la peinture de la surface intérieure des soudures réalisées sur place est effectuée sous un contrôle suffisant, il est possible d'appliquer la valeur de "C = 130".

** La valeur "C = 140" sera appliquée pour les tuyaux de diamètre nominal inférieur ou égal à 150 mm.

• Résultats du calcul hydraulique approximatif

Dans le calcul hydraulique approximatif, les pertes de charge autres que la perte de charge par frottement, provoquées par 1) longueur oblique de la canalisation, 2) vanne, 3) coude, 4) entrée d'eau, 5) sortie d'eau, etc., sont estimées à 15% de la perte de charge par frottement calculée.

Le diamètre du tuyau a été déterminé en considérant que le niveau d'eau requis est celui prenant en compte la profondeur d'eau obtenue par la hauteur du fond du canal principal d'irrigation et le calcul hydraulique du canal découvert.

Tableau 4-1-2-21 Calcul hydraulique approximatif

Nom	C	D (m)	Q (m ³ /s)	Hf (m)	L (m)	Hf (m)	ΣHf (m)	V (m/s)	Hauteur du niveau d'eau (m)	Niveau d'eau requis (m) = +	Niveau du sol (m)	Profondeur d'eau du canal (m)	Différence de hauteur du niveau d'eau (m) = -	Jugement
NGOMA22				Autre perte 15%										
LWL du barrage									1387.500					
Vidange de fond	100	0.800	0.234	0.000494155	80.0	0.040	0.040	0.466	1387.460					
Canal principal droit									1387.460					
	150	0.500	0.116	0.000628575	50.0	0.031	0.031	0.591	1387.429	1387.35	1387.00	0.35	0.079	0 OK
Canal principal gauche									1387.460					
	150	0.300	0.060	0.002234049	80.0	0.179	0.179	0.849	1387.282	1387.20	1387.00	0.25	0.082	0 OK

: Voir "d" des clapets hydrauliques (Zone1, Zone12)

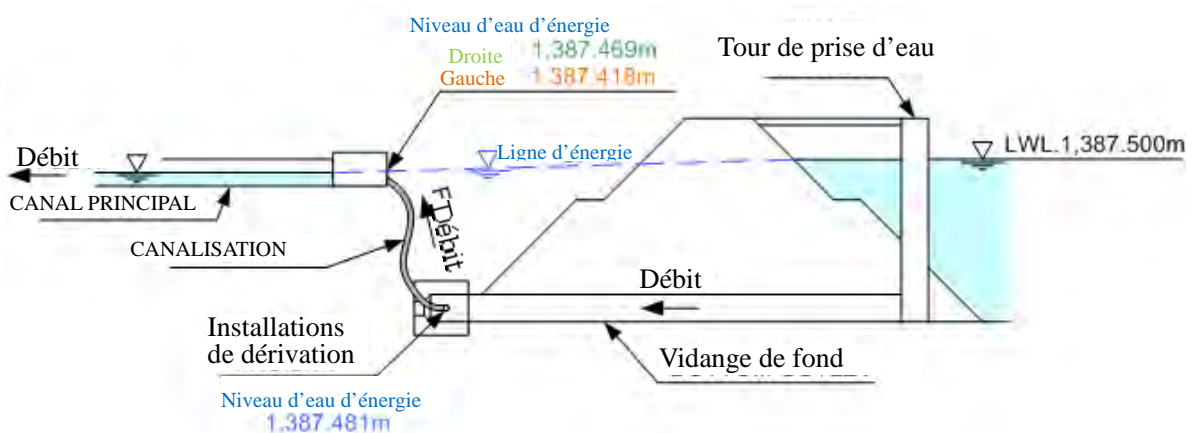


Fig. 4-1-2-40 Calcul hydraulique

b) Canal découvert

Le calcul hydraulique du canal découvert sera effectué en tant qu'écoulement uniforme, par la formule de Manning, pour déterminer les dimensions des canaux d'irrigation. La vitesse d'écoulement maximum admissible est fixée à une valeur inférieure ou égale à 2,5 m/s, compte tenu de la durabilité structurelle vis-à-vis de l'affouillement et de l'usure.

La hauteur de marge est obtenue par la formule suivante. Or, pour faire face aux aléas, elle sera planifiée de manière à ce que la sécurité soit assurée même en cas d'écoulement d'un débit 1,2 fois plus grand que le débit de calcul.

$$Q = V \cdot A$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Fb1 = 0,07 \cdot d + hv + 0,1 \quad (\text{Cas d'écoulement tranquille})$$

$$Fb2 = C \cdot V \cdot d^{1/2} \quad (\text{Cas d'écoulement torrentiel})$$

où :

Q : Débit (m³/s)

V : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)

R : Rayon hydraulique (m) = A/P

A : Section mouillée (m^2)

P : Périmètre mouillé (m)

I : Pente du canal

n : Coefficient de rugosité

C : Coefficient

Section rectangulaire $C=0,1$

Section trapézoïdale $C=0,13$

Fb : Hauteur de marge (Revanche) (m)

Hv : Hauteur dynamique (m)

d : Profondeur d'eau (m)

Tableau 4-1-2-22 Coefficient de rugosité

Matériau et état du canal d'eau	Coefficient de rugosité		
	Valeur minimale	Valeur standard	Valeur maximale
Béton (canal coulé en place, conduit enterré, etc.)	0,012	0,015	0,016
Béton (projection)	0,016	0,019	0,023
Béton (Canal préfabriqué, tuyau, etc.)	0,012	0,014	0,016
Béton (tuyau en béton armé)	0,011	0,013	0,014
Maçonnerie en blocs de béton	0,014	0,016	0,017
Ciment (mortier)	0,011	0,013	0,015
Acier (barre verrouillée ou soudage)	0,010	0,012	0,014
Acier (rivet)	0,013	0,016	0,017
Surface lisse d'acier (sans peinture)	0,011	0,012	0,014
Surface lisse d'acier et tuyau (avec peinture)	0,012	0,013	0,017
Surface ondulée (tôle d'acier)	0,021	0,025	0,030
Fonte (sans peinture)	0,011	0,014	0,016
Plaque et tuyau en fonte (avec peinture)	0,010	0,013	0,014
Tuyau en PVC		0,012	
Tuyau en plastique renforcé		0,012	
Tuyau en céramique	0,011	0,014	0,017
Revêtement en terre		0,025	
Asphalte (surface lisse)		0,014	
Asphalte (surface rugueuse)		0,017	
<u>Maçonnerie (en moellons au mortier)</u>	0,017	<u>0,025</u>	0,030
Maçonnerie (sèche en moellons)	0,023	0,032	0,035
Tunnel rocher sans aucun revêtement sur toute la section	0,030	0,035	0,040
Tunnel rocher sans revêtement avec béton coulé seulement sur le fond	0,020	0,025	0,030
Revêtement en herbe (gazon)	0,030	0,040	0,050

• Résultats du calcul hydraulique approximatif

Canal principal d irrigation sur la rive droite (Zone 1)

Condition	B	d	A	P	R	$R^{2/3}$	n	i	V	Q	Qa	h_v	F_r	Fb_1	Fb_2	Fb	$d+Fb$	H
Q	0.500	0.427	0.213	1.353	0.158	0.292	0.025	0.00200	0.522	0.111	0.111	0.014	0.255	0.144	-	0.144	0.570	0.600
	0.600	0.349	0.210	1.299	0.161	0.296	0.025	0.00200	0.530	0.111	0.111	0.014	0.287	0.139	-	0.139	0.488	0.500
	0.700	0.299	0.210	1.299	0.161	0.296	0.025	0.00200	0.530	0.111	0.111	0.014	0.310	0.135	-	0.135	0.435	0.500
1.2Q	0.500	0.494	0.247	1.487	0.166	0.302	0.025	0.00200	0.540	0.133	0.133	0.015	0.246	0.149	-	0.149	0.643	0.700
	0.600	0.402	0.241	1.404	0.172	0.309	0.025	0.00200	0.553	0.133	0.133	0.016	0.279	0.144	-	0.144	0.545	0.600
	0.700	0.342	0.240	1.385	0.173	0.311	0.025	0.00200	0.556	0.133	0.133	0.016	0.303	0.140	-	0.140	0.482	0.500

iii) Installations d'irrigation des extrémités

La méthode d'irrigation des extrémités sera "Micro-irrigation" utilisant un tuyau et un jerrycan.

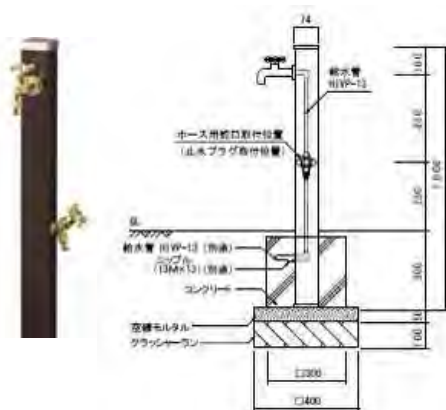


Fig. 4-1-2-41 Borne d'eau



Fig. 4-1-2-42 Tuyau enroulé sur dévidoir

Les bornes d'eau seront installées à 6 endroits par hectare. De plus, deux tuyaux enroulés sur dévidoir sont prévus pour chaque borne d'eau, à savoir 12 tuyaux-dévidoir par hectare.

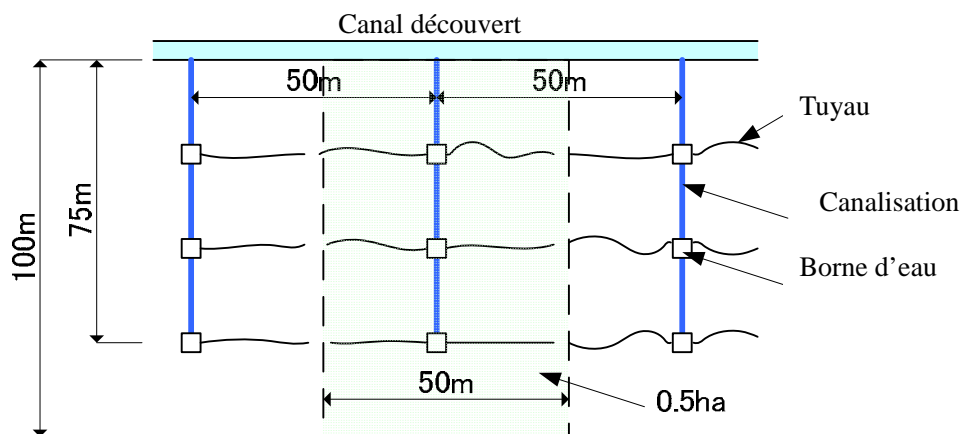


Fig. 4-1-2-43 Disposition des bornes d'eau

(8) Examen des bassins de compensation

Le canal principal d'irrigation est constitué par un canal découvert relativement court s'étendant sur une longueur d'environ 9 km sur la rive droite et une longueur d'environ 5 km sur la rive gauche. De plus, une gestion de l'eau du type axé sur l'offre, réalisée à l'aide des robinets et vannes, etc. est envisagée pour le canal principal d'irrigation et, l'introduction de bassins de compensation est considérée pour ajuster la demande et l'offre.

Le but étant de gérer l'eau envoyée du bassin de compensation, d'assurer un bon équilibre entre la demande et l'offre, etc., les bassins de compensation seront prévus pour rendre la fonction du canal d'irrigation organique et souple tout en évitant dans la mesure du possible la distribution déséquilibrée d'eau et l'écoulement inutile éventuellement causé pendant la gestion du transport et de la distribution d'eau.

Les bassins de compensation prévus pour le présent projet apporteront les avantages suivants:

- (1) Ils permettent de réaliser un bon déroulement de la gestion de la distribution d'eau et de diminuer ainsi la perte d'eau due à l'opération.
- (2) Ils permettent d'augmenter la souplesse de la capacité de distribution d'eau de l'ensemble du réseau d'irrigation et d'accroître ainsi le degré de liberté d'irrigation aux extrémités de distribution.
- (3) Ils permettent de niveler l'arrivée d'eau et d'égaliser la distribution d'eau.
- (4) Ils permettent d'ajouter la fonction d'évacuateur pour faire face aux aléas tels que l'erreur de manœuvre d'une vanne, l'entrée d'eaux pluviales, etc.

En ce qui concerne l'endroit d'installation, il est économiquement avantageux d'utiliser de façon combinée les installations de source d'eau auxiliaire. Donc, ces installations seront utilisées pour installer les bassins de compensation.

i) Examen de la capacité

Pour les capacités requises des bassins de compensation, il est nécessaire d'obtenir une capacité au moins suffisante pour compenser le retard d'arrivée d'eau de l'aval. En conséquence, la capacité requise sera calculée par "Débit x Temps d'arrivée". D'autre part, la capacité de projet sera celle d'un bassin excavé d'une profondeur de 1 à 3 m.

Tableau 4-1-2-23 Capacités des bassins de compensation

	Zone	Débit (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Longueur (m)	Temps d'arrivée (sec)	Section mouillée (m ³)	Capacité requise (m ³)	Capacité de projet (m ³)
Vallée sèche	1	0,111	0,530	1 630	3 075	644	825	< 4 000 OK
	2	0,105	0,523	470	899	181		
Vallée en aval sur la rive droite	3	0,099	0,516	420	814	157	1 161	< 3 000 OK
	4	0,095	0,510	600	1,176	218		
	5	0,088	0,501	490	978	172		
	6	0,083	0,494	320	648	109		
	7	0,077	0,484	200	413	66		
	8	0,072	0,476	510	1 071	162		
	9	0,066	0,466	910	1 953	277		
Vallée sur la rive gauche	12	0,054	0,444	1 050	2 365	289	747	< 800 OK
	13	0,049	0,433	510	1 178	134		
	14	0,043	0,418	940	2 249	232		
	15	0,038	0,405	397	980	92		

Ce tableau indique que la capacité des installations de source d'eau auxiliaire planifiée et celles des bassins de compensation sont obtenues de façon suffisante.

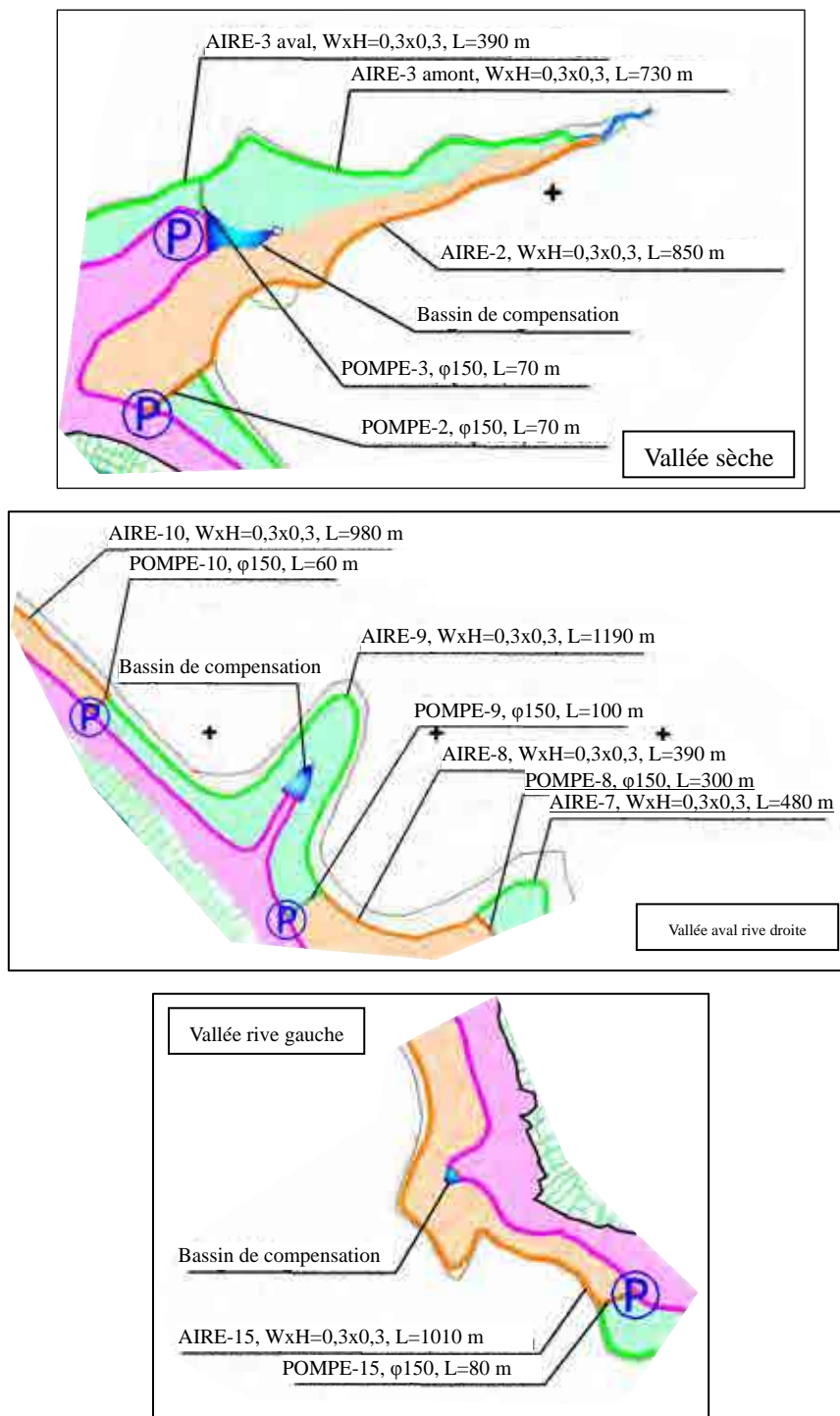


Fig. 4-1-2-44 Emplacements des bassins de compensation

(9) Plan d'amélioration des rizières

(a) Situation actuelle

i) Equilibre offre-demande de l'eau d'irrigation

D'après l'enquête menée auprès des agriculteurs travaillant dans les rizières de la vallée Ngoma-22, environ 50% d'eux pensent que l'eau d'irrigation est suffisamment disponible et l'autre moitié pense que l'eau d'irrigation est insuffisante. En répondant à la question demandant à ces derniers agriculteurs d'indiquer les périodes dans lesquelles l'eau est insuffisante, ils ont cité la période de juillet-août et celle de janvier-février. Il peut être ainsi considéré que l'eau est insuffisante pendant la période de préparation de la pépinière de riz en saison sèche.

ii) Méthode de prise d'eau/irrigation

Dans la zone en amont où une seule parcelle de rizière existe sur chacune des deux rives de la rivière, l'eau est prise directement de la rivière par une ouverture réalisée à la berge (diguette) de la rivière. Dans ce cas, le niveau du cours d'eau est élevé parfois par des branches d'arbre et des herbes coupées. L'eau introduite dans une rizière est guidée vers la rizière voisine à partir de la limite de la rizière par un canal intérieur d'eau prévu à côté de la diguette (irrigation parcelle en parcelle). L'irrigation parcelle en parcelle est normalement appliquée au terrain agricole composé au maximum de trois parcelles de rizières, et l'eau d'irrigation est retournée à la rivière à partir de la rizière terminale. Cette méthode est caractérisée par le canal intérieur d'eau, situé à côté de la diguette. Or, le riz n'est pas planté dans ce canal.

Dans la zone où il y a plusieurs parcelles de rizière sur chacune des deux rives de la rivière, l'eau est prise par un barrage d'élévation de cours d'eau et un canal d'amenée vers le côté supérieur. En ce qui concerne ces barrages, plus ils se situent en aval, plus leurs dimensions sont grandes, mais il ne s'agit pas d'installations permanentes. L'eau prise par le canal d'amenée est guidée de diverses manières ; passage dans le canal intérieur pour l'irrigation parcelle en parcelle comme le cas précédent, adduction dans la rizière par un canal réalisé en dehors de la rizière, etc. Dans tous les cas, l'eau d'irrigation est retournée finalement à la rivière après être passée par plusieurs parcelles de rizières.

iii) Situation d'aménagement des rizières

Lit des rizières et perméabilité

Les rizières s'étendent dans un marécage et leur lit est composé d'un sol alluvial de marécage et est donc mou. Cela n'atteint pas un état d'une rizière mouillée, mais lorsqu'une palplanche est installée à côté d'une diguette pour l'essai de besoin en eau exprimé en profondeur effectué après l'amélioration des diguettes, il était possible d'enfoncer la palplanche à la main facilement jusqu'à une profondeur d'environ 60 cm.

Le sol du lit est un limon argileux de couleur grise-brune foncée à grise-brune claire et sa perméabilité verticale est relativement faible (résultat de l'essai de besoin en eau exprimé en profondeur : 20,1 mm à 7,2 mm/jour, soit 13,8 mm/jour en moyenne), même en comparaison avec la valeur moyenne de besoin en eau exprimé en profondeur des différentes classes de texture de sol au Japon.

Tableau 4-1-2-24 Quantité unitaire d'eau utilisée pour différentes classes de texture de sol

Classification des séries de sols			Besoin moyen en eau exprimé en profondeur (mm/jour)	
Mouillé/Sec	Texture du sol		Numéro de la série de sols ¹⁾	
Rizière mouillée	Fortement argileux		1, 2, 10, 20, 30, 31	11
	Argileux		3, 11, 21, 32, 33	12
	Glaiseux		4, 12, 22, 34, 35	14
	Sableux		5, 13, 36, 37	17
Rizière semi-mouillée	Fortement argileux		40, 41	14
	Argileux		42	14
	Glaiseux		43	17
	Sableux		44	19
Rizière sèche	Fortement argileux		60, 80, 81	17
	Argileux		50, 51, 61, 82	19
	Glaiseux		52, 53, 62, 63, 83	23
	Sableux		54, 64, 65, 84	26
	Sol noir	Argileux	70, 72	21
		Glaiseux	71, 73	29
	Sol graveleux et couche graveleuse	Graveleux	93, 95	32
Couche graveleuse		90, 91	34	
Couche entièrement de gravier sablonneux		92, 94	38	

1) Diguettes

Les diguettes sont composées d'un mélange d'herbes et de limon argileux. La solidité du limon argileux est très faible et, lorsqu'il contient de l'eau, il s'écoule dans le sens latéral sans pouvoir garder la forme de morceau solide. Cependant, les fibres des herbes contenues servent à empêcher une telle déformation. Cela forme en quelque sorte un mur d'argile renforcée par des fibres. C'est étonnant de voir un tel mur de 20 cm de largeur et de 50 à 60 cm de hauteur rester autoportant. C'est bien raisonnable également en tant que mur léger et renforcé sur un sol mou. Par contre, leur perméabilité étant grande, ces diguettes n'assurent pas la fonction d'une partition d'interception d'eau. Les résultats de l'essai de besoin en eau exprimé en profondeur indiquent une perte d'eau d'environ 90 mm/jour, qui est probablement causée par une fuite d'eau à travers les diguettes.

(b) Nécessité d'aménagement des installations

1) Installations de prise d'eau

Après l'achèvement de la construction du barrage, le débit actuel de la rivière sera probablement réduit de moitié. Dans ce cas, il est fort probable que la prise d'eau pratiquée actuellement, c'est-à-dire, la prise d'eau par élévation du cours d'eau à l'aide d'un barrage temporaire, ne pourra plus être utilisée. Donc, il est nécessaire de construire un barrage d'élévation de cours d'eau en tant qu'installation permanente pour y effectuer la prise d'eau.

2) Réfection de diguettes

Actuellement, la quantité de fuite d'eau à travers les diguettes (90 mm/jour en moyenne d'après les résultats de l'essai de besoin en eau exprimé en profondeur) est bien supérieure à la quantité d'infiltration verticale (13,6 mm/jour en moyenne d'après les résultats dudit essai). Dans ces conditions, il est actuellement nécessaire de prendre beaucoup plus d'eau que le besoin en eau proprement dit (ETc + Infiltration verticale) pour maintenir le niveau requis d'eau dans les rizières. De plus, les diguettes peu étanches ne permettent ni gestion efficace de l'eau dans le bloc d'irrigation ni distribution équitable de l'eau.

En conséquence, il est nécessaire de réduire les fuites à travers les diguettes à une valeur ne dépassant pas 5 mm/jour, car cela permettra, non seulement, de réduire considérablement le débit de la

rivière par la prise d'eau en amont pour l'irrigation des champs en diminuant significativement le besoin en eau des rizières, mais aussi, de réaliser une prise et une distribution efficaces et stables d'eau pour les rizières.

3) Canaux d'irrigation

Actuellement, lorsqu'il existe plusieurs parcelles de rizières sur chacune des rives de la rivière, un canal d'amenée est construit dans la direction de la partie supérieure. Cependant, il s'agit d'un canal en terre, et sa section, son gradient, etc. ne sont pas idéaux. Pour assurer une distribution parfaite d'eau par le canal d'irrigation après l'achèvement de la construction du barrage, même dans un état où le débit de la rivière est réduit de moitié, il est nécessaire de réhabiliter les canaux pour les transformer en canaux à faible perte permettant un bon écoulement, et faciles à entretenir.

(c) Plan d'aménagement et de réhabilitation

1) Installations de prise d'eau

La vanne de fermeture figurant dans la Fig. 4-1-2-43 sera installée.

Par ailleurs, un des problèmes principaux à résoudre dans l'avenir concerne la méthode permettant l'installation d'une structure lourde sur un sol mou (nécessité ou non d'une fondation sur pieux).

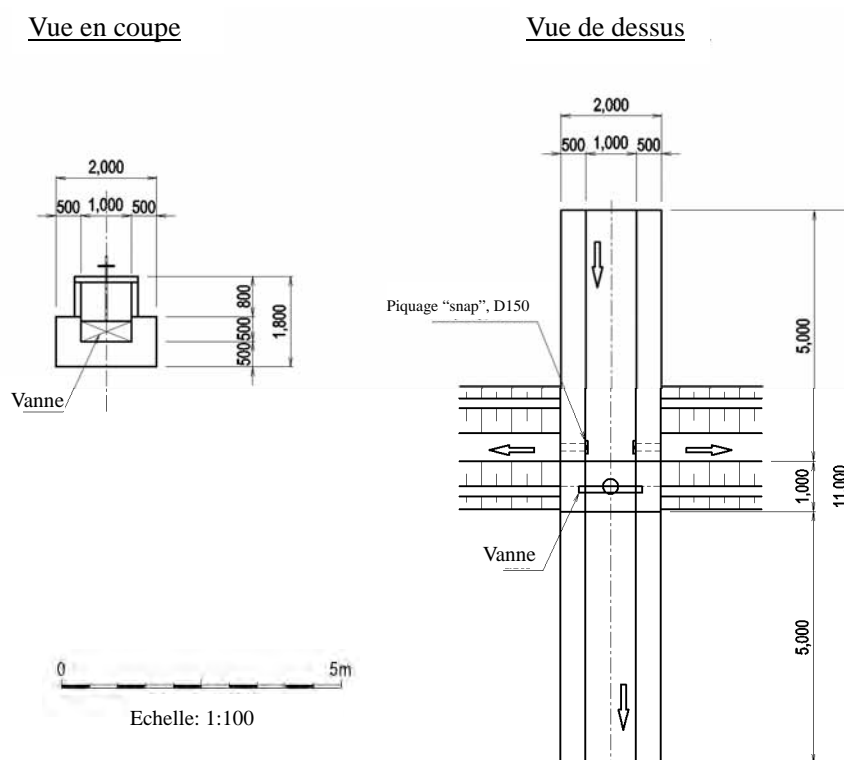


Fig. 4-1-2-45 Vanne de fermeture

2) Réfection des diguettes

Etant donné qu'il est impossible de compacter le sol sur un terrain mou et que, même en cas d'enlèvement du sol mou, il est difficile, compte tenu de l'envergure des travaux et de l'environnement, de compacter le sol en éliminant la venue d'eaux souterraines, il n'est pas convenable de remplacer complètement les diguettes actuelles. A la place, la méthode par palplanches sera adoptée pour améliorer la perméabilité élevée des diguettes. Cette méthode consiste à enfoncer des palplanches sur les deux côtés (ou sur un côté seulement) des diguettes actuelles pour arrêter l'eau. Or, cela a l'avantage de permettre d'éviter également la fuite d'eau à la base des diguettes. Plusieurs matériaux sont envisageables pour les palplanches, mais, compte tenu de la durabilité et de l'économie, les palplanches pour diguettes commercialisées au Japon seront utilisées.

Exemple de fabrication de palplanche de diguette



3) Canaux d'irrigation

Pour la facilité d'entretien, un canal de 300 mm x 300 mm en perré maçonnée sur trois faces sera adopté pour les canaux d'irrigation. Les problèmes principaux à résoudre dans l'avenir sont les suivants:

- Organiser le réseau d'irrigation.
- Systématiser les rizières, les canaux d'irrigation et le barrage de prise d'eau.
- Améliorer, tout en tenant compte également du problème d'acquisition des terrains, la situation actuelle dans laquelle l'itinéraire du canal d'irrigation passe tantôt à l'intérieur des rizières, tantôt à l'extérieur de celles-ci.

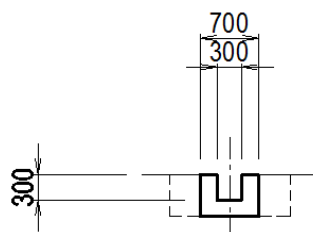


Fig. 4-1-2-46 Canal d'irrigation

4-1-3. Plan d'exécution et estimation des coûts**(1) Volume des travaux****Tableau 4-1-3-1 Volume des travaux**

Travaux	Unité	i) Ouvrages temporaires et généraux			ii) Corps du barrage			Total
		Aménagement de la route du site du barrage	Ouvrage temporaire de barrage	Ouvrages temporaires généraux	Barrage principal	Tapis de pente	Tapis horizontal	
Mur de soutènement de protection de déblais	m	1000,0						1 000,0
Aménagement de caniveaux (canaux à trois faces en pierre)	m	2500,0						2 500,0
Aménagement du sous-sol (déblayage, remblayage, recompactage)	m ³	4000,0						4 000,0
Aménagement de la couche de fondation (amélioration au ciment)	m ³	1600,0						1 600,0
Revêtement de gravier	m ³	3200,0						3 200,0
Végétation de protection de talus	m ²	4000,0			2943,0			6 943,0
Assèchement pour la construction du batardeau	Jeu		1					1
Excavation du canal pour le raccordement à la vidange de fond	m ³		100,0					100,0
Route temporaire	m		1 000,0					1 000,0
Préparation du site	Jeu			1				1
Construction du bureau de site	Jeu			1				1
Laboratoire de site	Jeu			1				1
Abattage, défrichage	m ²			30 000,0				30 000,0
Excavation	m ³				11 75,0	14 611,0	4 871,0	30 657,0
Drain de fondation du barrage, intercepteur	m ³				1 285,0			1 285,0
Pied de talus	m ³				30,0			30,0
Enrochement	m ³				1 211,0	1 854,0		3 065,0
Remblais	m ³				48 721,0	29 221,0	8 522,0	86 464,0
Protection de la crête (sol-ciment)	m ³				295,0	343,0		638,0

Travaux	Unité	iii) Evacuateur de crues						Total
		Partie de guidage	Partie d'amenée	Canal de transition	Partie d'écoulement rapide	Bassin de tranquillisation	Partie de canal de décharge	
Mur poids en maçonnerie	m ³	154,6						154,6
Tapis de terre	m ³	47,0						47,0
Enrochement, filtre	m ³	56,0						56,0
Excavation	m ³		72,0	336,0	401,0	40,0		849,0
Remplissage	m ³		18,0	134,0	131,0	26,0		309,0
Béton armé	m ³		16,6	50,0	63,0	13,04		142,64
Végétation de protection de talus	m ²		5,0	60,0	100,0			165,0
Remblais	m ³						145,0	145,0
Revêtement de berge en perré maçonné	m ²						67,0	67,0
Protection de lit en perré maçonné	m ³						18,0	18,0

Travaux	Unité	iv) Installations de prise d'eau					Total
		(e-1) Tour de prise d'eau	(e-2) Vidange de fond	(e-3) Chambre de robinet d'évacuation			
Béton armé							
Y compris le coffrage	m ³	218	216	138			572
Tuyau d'acier							
φ 800	m		80				80
Robinet à pointeau							
500 mm	pièce			1			1
300 mm	pièce			1			1
Robinet à papillon							
500 mm	pièce			1			1
300 mm	pièce			3			3

Travaux	Unité	v) Installations d'irrigation							Total
		(f-1) Canalisation	(f-2) H0,60xB0,60	(f-3) H0,50xB0,50	(f-4) H0,40xB0,40	(f-5) H0,30xB0,30	(f-6) Déversoir (1/2)	(f-7) Déversoir (2/2)	
HDPE									
φ500	m	50							50
φ300	m	80							80
φ150	m	2 450							2 450
Pompe	unité	17							17
Canal secondaire									
HDPE φ90	m	36 000							36 000
Piquage	unité	1 440							1 440
Terrassement									
Excavation	m ³		3 618	7 706	2 133	7 246	726	8 237	29 666
Remplissage	m ³		2 234	4 871	1 377	4 788	242	4 233	17 745
Structure									
Perré maçonné	m ³		1 170	2 763	864	3 364	33	2 974	11 168
Vanne	unité						22		22
Piquage "snap"	unité						44		44
Palplanche de diguette	m							35 000	35 000

(2) Coût approximatif des travaux

Tableau 4-1-3-2 Coût approximatif des travaux

Description	Unité	Quantité	Coût unitaire (RWF)	Coût (RWF)	Remarques
i) Ouvrages temporaires et généraux	Jeu	1,0		467 485 000	
ii) Corps du barrage	Jeu	1,0		1 099 675 600	
iii) Evacuateur de crues	Jeu	1,0		67 042 000	
iv) Installations de prise d'eau	Jeu	1,0		266 256 000	
v) Installations d'irrigation	jeu	1,0		2 315 325 000	
vi) Total du coût approximatif des travaux			RWF	4 215 783 600	Y compris les frais indirects de travaux
			US\$	6 968 237	1 US\$=605 RWF
			Yen	557 458 988	1 US\$=80 Yen

(3) Plan d'exécution

(a) Méthode d'exécution

i) Ouvrages temporaires

[Aménagement de la route]

Une route a été construite sur la rive gauche du site du barrage. Cependant, cette route comprend des parties fragiles, ce qui empêche les véhicules d'accéder au site du barrage en cas de pluie. De plus, actuellement, les parties déblayées ne sont pas encore stables et subissent des éboulements plusieurs fois en cas de pluie et, sur les talus remblayés, le ravinement se développe. Tout cela provoque l'apparition d'eaux troubles. En conséquence, il est planifié d'améliorer la route actuelle en la revêtant de gravier. Il est prévu également de déplacer la route vers la colline sur la rive gauche du site du barrage lors des travaux d'aménagement.

[Route temporaire]

La pente douce en amont sur la rive droite dans le réservoir et la pente douce au pied de l'arête en amont seront utilisées comme zones d'emprunt. Une route temporaire passant par le lit de rivière pour le transport des matériaux de construction du barrage sera planifiée entre les zones d'emprunt et le site du barrage. Comme le lit de rivière est mou, le sol sera amélioré par du ciment et la surface de la route sera protégée par la pose de gravier.

[Evacuation d'eaux pendant les travaux]

Une conduite d'évacuation d'eau, reliée à la bouche d'entrée d'eau de la prise d'eau, sera installée dans le cadre des travaux des installations de prise d'eau. Pendant les travaux, il est prévu d'évacuer les eaux de rivière en les guidant vers cette conduite d'évacuation d'eau.

ii) Travaux des installations de prise d'eau

Les installations de prise d'eau sont composées, vu du côté amont, d'une conduite d'évacuation d'eau, d'une tour de prise d'eau, d'une vidange de fond et d'un partiteur. Comme il s'agit de structures installées au fond du corps du barrage, elles devront être réalisées dans la première étape des travaux. Etant donné qu'elles seront installées au pied de la pente de la culée de la rive droite, il y aura une venue d'eaux à partir de la rive droite lors de l'exécution et ces eaux devront être évacuées par un fossé d'écoulement réalisé à une position suffisamment éloignée de la fondation de la vidange de fond.

iii) Construction du corps du barrage

Dans les étapes d'exécution, les travaux du tapis de pente des rives gauche et droite et les travaux de remblayage du corps du barrage seront réalisés parallèlement après l'excavation de la fondation, la construction du batardeau, les travaux du tapis horizontal. Bien que le volume de remblai s'élève à 86 500m³, ces travaux pourront être achevés en 5 mois environ, si un jeu d'engins est affecté au barrage et un autre jeu aux tapis de pente des rives droite et gauche.

Capacité du compactage de l'engin ; $Q=(V \times W \times D \times E) / N$

où:

V: Vitesse de compactage $V=3,5\text{km/h}=3\ 500\text{m/h}$

W: Largeur utile de compactage par coup $W=1,2\text{m}$

D: Epaisseur de finition $D=0,2\text{m}$

E : Rendement de travail $E=0,55$

N : Nombre de coups de compactage $N=8$ coups

$$Q = (3\ 500 \times 1,2 \times 0,2 \times 0,55) / 8 = 58 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si le temps de travail journalier est estimé à 6 heures; $Qd=58 \times 6 = 348 \text{ m}^3/\text{jour}$

La capacité de compactage par 2 jeux d'engins; $Qd'=696 \text{ m}^3/\text{jour}$

Le nombre de jours de travail nécessaires pour compacter $86\ 500 \text{ m}^3$ est;

$$86\ 500 \text{ m}^3 / 696 \text{ m}^3/\text{jour} = 124 \text{ jours}$$

Si ce nombre de jours est exprimé en nombre de mois:

$$124 \text{ jours} / 26 \text{ jours/mois} = 4,8 \text{ mois}$$

iv) Construction de l'évacuateur de crues

La construction de l'évacuateur de crues pourra se réaliser simultanément avec la construction du corps du barrage. La durée de ces travaux sera d'environ 3 mois.

v) Travaux des installations d'irrigation

Pour l'exécution du canal principal d'irrigation, l'ensemble du réseau d'irrigation sera divisé en 5 zones de travaux. Dans chaque zone de travaux, les travaux seront réalisés du côté amont et du côté aval. Si la capacité journalière est estimée à environ 15 m , la durée des travaux sera de 4 mois environ. Les autres travaux, tels que l'installation des pompes solaires, etc. seront exécutés, en partie, en même temps que les travaux du canal principal d'irrigation.

(b) Calendrier des travaux

Tableau 4-1-3-3 Calendrier des travaux

Corps d'état	Mois												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aménagement de routes	■												
Préparation du site	■												
Bureau de chantier	■												
Laboratoire de chantier	■												
Abattage et déracinage d'arbres		■											
Routes provisoires													
Construction des installations de prise d'eau		■	■	■	■								
Excavation des fondations de barrage	■	■											
Batardeau				■									
Tapis horizontal				■									
Tapis du talus						■	■	■	■	■	■	■	■
Remblayage du digue						■	■	■	■	■	■	■	■
Enrochement								■	■	■	■	■	■
Protection de la crête du barrage											■	■	■
Enherbement de protection du talus										■	■	■	■
Construction du déversoir								■	■	■	■	■	■
Construction de canaux principaux			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Construction de canaux latéraux							■	■	■	■	■	■	■
Installation de pompes solaires							■	■	■	■	■	■	■
Construction de caux terminaux									■	■	■	■	■
Autres										■	■	■	■
Replieent													■

(Note)

Au cas où la partie rwandaise exécuterait les travaux de GCES (gestion conservatoire de l'eau de la biomasse et la fertilité des sols) séparément du présent projet, ces travaux devront être achevés avant le commencement des travaux mentionnés ci-dessus.

4-2. Plan agricole

4-2-1. Principe de base

Le plan agricole de ce projet s'appuie sur le principe de base exposé ci-dessous:

- **Potentiel commercial:** Cultures rentables et lucratives par le biais de l'irrigation.
- **Productivité:** Cultures pouvant être facilement introduites, prenant en considération le niveau de connaissance des techniques culturales courantes.
- **Sécurité alimentaire:** L'ensemencement de maïs est recommandé en tant que mesure permettant d'assurer l'approvisionnement alimentaire, dans le cas où l'approvisionnement alimentaire dans la région concernée pourrait être menacé, ou en tant que culture commerciale effective et à très fort potentiel de vente.

Le plan de culture a été formulé conformément aux principes de base susmentionnés et au contenu des concertations avec les ingénieurs agricoles du service public du secteur de Remera. La proportion d'ensemencement pour le plan en question est définie comme suit: riz: 35 ha (13%), maïs+haricots: 140 ha (51%), légume 1: 20 ha (7%), légume 2: 40 ha (15%), légume 3: 20 ha (7%), café: 20 ha (7%). L'assolement est illustré au (**Tableau 4-2-1-1**).

Tableau 4-2-1-1 Assolement

Produit	Zone	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
Riz	35 ha (13 %)	R-B	Riz A						Riz B					
Maïs+Haricot	140 ha (51 %)		Maïs						Haricot					
Légume-1	20 ha (7 %)	Cho	Carotte						Chou					
Légume-2	40 ha (15 %)	Cho	Tomate						Chou					
Légume-3	20 ha (7 %)	Tamarillo						Tamarillo						
Café	20 ha (7 %)	Café												
Total	275 ha (100 %)													

Les raisons ayant mené à la sélection de ces cultures par catégorie d'utilisation des terres sont expliquées dans ce qui suit.

(1) Riz

• Potentiel commercial

La culture du riz est recommandée par le gouvernement rwandais dans le cadre de la politique nationale. Comme c'est également le cas pour le maïs et le blé, le Rwanda n'est pas autosuffisant en riz. Cette situation permet d'assurer des prix de vente stables.

- Productivité

Parmi les 61 exploitants agricoles ayant répondu à l'enquête, 56 cultivent du riz, et tous le font par double récolte. Par ailleurs, 13 d'entre eux ont calculé leur propre superficie de rizières. Le rendement de ces 13 exploitants agricoles est de 4 t/ha par récolte (sur la base de riz brut).

- Situation actuelle de la culture et niveau technique des exploitants agricoles

La superficie consacrée à la culture du riz est de 35 ha. Trois espèces de riz sont cultivées, le Pékin, Inobanure, et Kigori. Le sol est fertilisé 2 fois au cours de la période de végétation, et l'application de l'engrais se fait après le sarclage. Prenant en considération la situation actuelle, bien qu'une expansion des superficies cultivées ne puisse être envisagée, une augmentation des rendements peut être anticipée après la construction du barrage par le biais d'une amélioration de l'efficacité de la fertilisation des sols et de l'optimisation de la gestion de l'eau.

- Pertinence du Plan de culture par rapport à la situation actuelle

Riz: actuellement, il est cultivé deux fois par an (en double récolte dans «Saison A» et «Saison B»). Du fait que le Plan de culture respecte l'agriculture conventionnelle tel que «Riz A» correspondant à «Saison B» et «Riz B» à «Saison A», le Plan de culture est considéré comme étant techniquement pertinent.

(2) Maïs + haricots:

- Potentiel commercial

La période de récolte du maïs permet son expédition entre la fin juin et le début juillet. Des cultures stables à haut rendement assurées par l'irrigation et combinées à un système d'expédition à la période optimale, grâce à des installations de stockage post-récolte, permettent d'accroître les profits.

- Productivité

La rotation de la culture des graminées (maïs) → légumineuses (haricots) permet de maintenir et d'améliorer la productivité. Les légumineuses sont des cultures qui fixent l'azote, et le fait de les intégrer dans la rotation contribue à accroître le rendement de culture du maïs ainsi qu'à rehausser sa qualité en améliorant l'équilibre nutritionnel du sol. En outre, cela permet d'éviter les problèmes de détérioration du rendement de culture et de la qualité, découlant de la monoculture continue. Il est envisagé d'introduire cette pratique de culture «Maïs+Haricots» sur les terres où le sorgho est actuellement cultivé. En effet, il s'avère que la pratique de l'irrigation n'a que peu d'impact sur le rendement de culture du sorgho, tandis que le maïs en tire pleinement parti.

- Situation actuelle de la culture et niveau technique des exploitants agricoles

La superficie d'ensemencement du maïs est estimée à 5 % des terres utilisées actuellement pour l'agriculture. Parmi les 61 exploitants agricoles ayant répondu à l'enquête, 11 cultivent du maïs, et 7 calculent la superficie consacrée à sa culture. Le rendement enregistré par ces exploitants agricoles est compris entre 0,12 t et 1,1 t/ha, et atteint une moyenne de 0,5 t/ha, ce qui est faible. Les exploitants agricoles ayant de faibles rendements sont ceux ayant recours à un système de culture de type graminées-graminées de maïs-sorgho et sorgho-maïs. Par contre, les exploitants agricoles ayant de bons rendements sont ceux ayant recours à un système de culture de type légumineuses-graminées de haricots-maïs. Parmi ces 11 exploitants agricoles, seul 1 d'entre eux pratique la fertilisation de la terre. Le rendement par ha est extrêmement faible par rapport à la moyenne mondiale de 1999, qui était de 4,4t/ha. Le renforcement de la fertilité des sols par des cultures associées avec une légumineuse d'engrais vert, un changement du système d'ensemencement par une rotation appropriée (ensemencement de maïs après une rotation de

légumineuses), la préparation des sols avec du fumier, la normalisation de la densité de culture pour remédier à la tendance de densité excessive (interligne de 70cm, et un espacement dans la ligne de 30 cm), et la fertilisation de la terre (NPK-80-80-80 kg/ha) sont considérés comme étant incontournables.

- Pertinence du Plan de culture par rapport à la situation

Maïs: actuellement il est cultivé dans «Saison A». Pour ce Plan de culture, son ensemencement sera fait dans «Saison B», grâce à l'introduction de l'irrigation qui permettra de l'ensemencer à la fin de la saison sèche.

Haricot: actuellement il est cultivé dans «Saison A» et «Saison B». Pour ce Plan de culture, son ensemencement sera fait uniquement dans «Saison A», grâce à l'introduction de l'irrigation qui permettra de l'ensemencer de manière systématique à la fin de la saison sèche. Pour ce faire, il sera nécessaire, de généraliser la technique appropriée en matière de gestion d'irrigation dans le cadre de l'orientation de l'exploitation agricole.

(3) Légume 1: (carotte + chou), légume 2: (tomate + chou)

- Potentiel commercial

Chou: En ajustant la période de récolte du chou au mois de février, il est possible de procéder à son expédition à la période où le prix de marché est élevé. Une conversion en riziculture est également possible en tant que culture complémentaire.

Tomate, carotte: Appréciées pour leur goût, leur prix est stable toute l'année.

- Productivité

Prenant en considération la rotation des légumes, la rotation chou / carotte / tomate est souhaitable et nécessaire pour la durabilité de la productivité.

- Situation actuelle de la culture et niveau technique des exploitants agricoles

Bien que la superficie soit actuellement restreinte, le chou et la tomate sont cultivés par des exploitants agricoles qui seront à l'avenir les bénéficiaires du Projet. Les besoins des agriculteurs pour ces cultures sont importants. En matière de techniques de culture, les cultures associées ne sont pas recommandées. La tomate étant une plante qui apprécie le soleil, sa culture associée sous les bananiers, qui créent de l'ombre, s'avère préjudiciable. La pratique de la culture associée provient sans doute du souci des fermiers de rentabiliser les terres. Toutefois, dans le cas de la tomate, l'utilisation de parcelles pleinement ensoleillées est recommandée. Une partie des plantes fleurissent, et des fleurs de couleur jaune peuvent être observées, mais les plants sont relativement bas, laissant penser qu'il s'agit sans doute d'une variété de mini tomates. Les têtes de chou sont en train de se former, et pour l'instant il ne semble pas y avoir le moindre problème. Des informations obtenues font état de cultures de carottes dans le district de Ngoma.

- Pertinence du Plan de culture par rapport à la situation actuelle

Chou: actuellement, il est cultivé dans «Saison A» et «Saison B»; ensemencement en novembre et récolte en avril. Pour ce Plan de culture, il sera cultivé dans «Saison A», grâce à l'introduction de l'irrigation qui permettra de préparer la pépinière et de le cultiver à la fin de la saison sèche. Pour ce faire, il sera nécessaire de généraliser la technique préventive contre la pluie diluvienne pendant la période de culture en pépinière dans le cadre de l'orientation de l'exploitation agricole.

Carotte: actuellement, elle est cultivée dans «Saison A». Pour ce Plan de culture, elle sera cultivée dans «Saison B», grâce à l'introduction de l'irrigation qui permettra de l'ensemencer de manière systématique à

la fin de la saison sèche. Du fait que ce produit est cultivé en peu de quantité, il sera nécessaire d'orienter la culture et de généraliser la technique appropriée en matière de gestion d'irrigation dans le cadre de l'orientation de l'exploitation agricole.

Tomate: actuellement, elle est cultivée dans «Saison A» et «Saison A». Pour ce Plan de culture, elle sera cultivée dans «Saison B», grâce à l'introduction de l'irrigation qui permettra de l'ensemencer et de la cultiver des semis de manière systématique à la fin de la saison sèche. Pour ce faire, il sera nécessaire de généraliser la technique appropriée en matière de gestion d'irrigation dans le cadre de l'orientation de l'exploitation agricole.



Culture de tomates



Culture de choux

(Source: la mission d'étude de la JICA)

(4) Légume 3: Tamarillo

- Potentiel commercial

Appréciée pour son goût, son prix est stable toute l'année. Elle est commercialisée pour être consommée fraîche, mais sa transformation notamment en jus ou confiture est simple, et le prix des produits est également élevé. Les agents agricoles du secteur de Rulenge recommandent également fortement sa culture.

- Productivité

Après avoir été greffée, cette plante produit des fruits à l'instar de la tomate, et se prête à la récolte pendant 4 à 5 ans. Sa culture est prospère au Rwanda.

- Situation actuelle de la culture et niveau technique des exploitants agricoles

Le Tamarillo est cultivé dans un village à environ 1 km du site prévu pour la construction du barrage de Ngoma. Il ne semble pas y avoir de problèmes liés à sa culture.

- Pertinence du Plan de culture par rapport à la situation actuelle

Tamarillo: la culture de ce produit est prospère au Rwanda. Comme sa culture respecte le plan de culture conventionnelle, le Plan de culture est considéré comme étant techniquement pertinent.



Fruits du tamarillo



Tamarillo

4-2-2. Lieu de culture

Les terres candidates à l'irrigation sont composées de trois vallées situées en zone montagneuse, à savoir le secteur de Remera, village de Gikomero (altitude: 1 525 m) au nord; le secteur de Remera, village de Gitobe (altitude: 1 675 m) à l'est; et le secteur de Rulenge (altitude: 1500 m) au sud. Il s'agit de terres s'étendant sur 3 km de long du nord à l'ouest et de 60 à 200 m de large à partir du site prévu pour la construction du barrage. La largeur de cette bande de terres augmente progressivement en amont (**Fig. 4-2-2-1:A**), et dans le bassin versant intermédiaire se rétrécit à un endroit (**B de la même figure**), puis s'élargit de nouveau (**C de la même figure**). Une étude de profil pédologique a été réalisée en trois endroits avant de procéder à la sélection du lieu de culture (**Tableau 4-2-2-1**).

Bassin versant supérieur (carte: pente A de 5°, date de l'étude: le 25 avril, rotation précédente: champ agricole de patates douces)

À partir de la condition de distribution des racines des plantes, il s'avère que leur distribution se situe sur une profondeur de 100 cm, sur les première et deuxième couches. Il est par conséquent estimé que la zone racinaire utile est de 100 cm.

Bassin versant intermédiaire (carte: pente B de 10°, date de l'étude: le 1er avril, champ agricole de sorgho)

À partir de la condition de distribution des racines des plantes, il s'avère que leur distribution se situe sur une profondeur de 37 cm sur la première couche. Il est par conséquent estimé que la zone racinaire utile est de 37 cm.

Bassin versant inférieur (carte: terrain plat C, rotation précédente: haricots + maïs)

À partir de la condition de distribution des racines des plantes, il s'avère que leur distribution se situe sur une profondeur de 50 cm sur les première et deuxième couches. Il est par conséquent estimé que la zone racinaire utile est de 50 cm.

Tableau 4-2-2-1 Résultats de l'étude de profil pédologique

Bassin versant supérieur (carte : pente A de 5°, date de l'étude : le 25 avril, rotation précédente : champ agricole de patates douces)													
couches de sédiments	Profondeur (cm)	Densité (mm)	Couleur de la terre	Texture du sol	Surface de gravier	Forme de gravier	Taille de gravier	Plasticité	Adhérence	Quantité de cavités	Cavité (dia.)	Humidité du sol	Racines des plantes
I	40	4,0	Brun-noir foncé (7.5YR 3/2)	Loam	Présence	Rond	Petit (dia.: 1-5 cm)	Faible	Moyen	Abondante	Moyen	Humide	Abondante
II	40	13,8	Rouge-brun foncé terre (5YR 4/3)	Loam argileux	Présence	Rond	Fin (dia.: < 1 cm)	Faible	Moyen	Abondante	Moyen	Humide	Abondante
III	< 80	17,1	Rouge-brun foncé terre (5YR 4/4)	Loam argileux	-	Aucun	-	Faible	Moyen	Abondante	Fin	Humide	Présentes
Bassin versant intermédiaire (carte : pente B de 10°, date de l'étude : le 1er avril, champ agricole de sorgho)													
couches de sédiments	Profondeur (cm)	Densité (mm)	Couleur de la terre	Texture du sol	Surface de gravier	Forme de gravier	Taille de gravier	Plasticité	Adhérence	Quantité de cavités	Cavité (dia.)	Humidité du sol	Racines des plantes
I	37	14,0	Rouge-brun foncé terre (5YR 4/4)	Loam limoneux	-	Aucun	-	Faible	Faible	Abondante	Moyen	Semi-humide	Abondante
II	32	25,0	Brun-noir foncé (7.5YR 5/6)	Loam argileux	Abondance	Rond, semi-angleux	Petit (dia.: 1-5cm)	Faible	Forte	Contient	Fin	Humide	Aucune
III	< 69	28,0	Rouge-brun clair (5YR 5/6)	Argile légère	Abondance	Rond	Petit (dia.: 1-5cm)	Forte	Forte	Présence	Fin	Semi-humide	Aucune
Bassin versant inférieur (carte : terrain plat C, rotation précédente : haricots + maïs)													
couches de sédiments	Profondeur (cm)	Densité (mm)	Couleur de la terre	Texture du sol	Surface de gravier	Forme de gravier	Taille de gravier	Plasticité	Adhérence	Quantité de cavités	Cavité (dia.)	Humidité du sol	Racines des plantes
I	22	8,4	Rouge-brun clair (2.5YR 3/4)	Loam argileux	Abondance	Anguleux	Petit (dia.: 1-5cm)	Faible	Moyen	Abondante	Moyen	Humide	Abondante
II	28	19,1	Brun clair (5YR 4/2)	Loam argileux	Abondance	Anguleux	Moyen (dia.: 5-10cm)	Moyen	Moyen	Contient	Moyen	Humide	Présentes
III	< 50	21,7	Rouge-brun clair (5YR 4/4)	Loam argileux	Abondance	Anguleux	Moyen (dia.: 5-10cm)	Moyen	Moyen	Présence	Fin	Humide	Aucune

Notes se rapportant au Tableau)

Classification des couches de sédiments:

Le profil pédologique est composé de plusieurs couches superposées se caractérisant par une couleur / une dureté / une texture de sol différentes. Ces couches sont inscrites dans l'ordre, première couche, deuxième couche, et troisième couche, la première couche étant la couche de surface.

Densité:

La densité est mesurée avec un appareil d'essai de dureté, et la dureté du sol dans lequel s'enfoncent les racines sert de critère.

Couleur de la terre:

La terre avec des nuances noires soutenues est riche en matière organique, celle avec de fortes nuances rouges est oxydée, et la terre verdâtre-bleuâtre est réductrice.

Texture du sol:

Il s'agit de la composition granulométrique des sols fins, à l'exception des graviers, en trois catégories suivant le poids proportionnel, à savoir le sable, le limon (sableux), et l'argile.

Surface de gravier:

Présence (moins de 5%), Contient (5-10%), Abondance (10-20%), Abondance accrue (20-50%)

La plasticité et l'adhérence sont des rubriques se rapportant à la difficulté du travail des sols.

Plasticité:

Aucune (impossible d'obtenir une tige même en pétrissant du bout des doigts de la terre humidifiée), Faible (obtention d'une tige après des efforts), Moyen (obtention de la tige d'un diamètre de 2mm environ), Fort (possibilité d'allonger en forme de tige d'un diamètre de 1mm environ)

Adhérence:

Aucune (n'adhère pas au bout des doigts même en pétrissant du bout des doigts de la terre humidifiée), Faible (adhère d'un côté sur le bout des doigts), Moyenne (adhère des deux côtés sur le bout des doigts), Forte (adhère fortement sur le bout des doigts, la terre s'allonge quand les doigts sont écartés les uns des autres)

Les cavités sont des attributs importants se rapportant à la perméabilité de la terre, l'élongation des racines, etc. et se comptent à l'œil nu après avoir brisé une masse de terre.

Quantité de cavités:

Aucune, Présence (1-3 / 2,5 cm²), Contient (4-14 / 2,5 cm²), Abondance (plus de 15)

Cavité (dia.):

Fin (0,1 - 0,5 mm), Petit (0,5 – 2 mm), Moyen (2 – 5 mm), Grand (plus de 5 mm)

Humidité du sol:

Jugement par contact au moment où une masse de terre est serrée dans la paume de la main: Sec (aucune sensation d'humidité dans la paume de la main même en serrant fortement une masse de terre), Semi-humide (sensation d'humidité dans la paume de la main quand une masse de terre est serrée fortement), Humide (sensation d'humidité, de l'eau suinte lorsqu'une masse de terre est pressée fortement entre le pouce et l'index).

Suivant les critères de diagnostic des propriétés physiques des terres de culture de légumes, la zone racinaire utile est de 40 - 50 cm et la densité inférieure à 20 mm pour les fruits et légumes. Par ailleurs, la zone racinaire est de 30 cm et plus et la densité est inférieure à 20 mm pour les légumes à feuilles. La zone racinaire utile sur une pente de 10° au point B étant de 37 cm, sachant que la pente des sites candidats bénéficiaires est incluse dans les champs de 0 à 25°, sur une pente de plus de 10° il est considéré que la zone racinaire utile est moins profonde en raison de l'érosion des sols. Par conséquent, il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur de la zone racinaire utile par la création de terrasses. D'autre part, lors de la création de terrasses, il est nécessaire d'agir en faisant preuve de la plus grande attention afin d'empêcher que la terre de surface ne se détache, et si elle s'enlève de la placer provisoirement dans une autre endroit pour la remettre en place après la création de la terrasse.

Prenant en considération ce qui précède, le lieu de culture des légumes sera une terre ayant une zone racinaire utile profonde avec une rizière sur le flanc. Le maïs, une culture à racine profonde, occupera le deuxième niveau, et les arbres de café le troisième (Fig. 4-2-2-2).

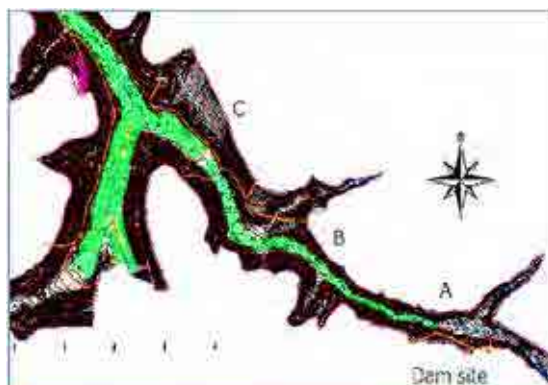


Fig. 4-2-2-1 Carte d'emplacement de l'étude de profil pédologique



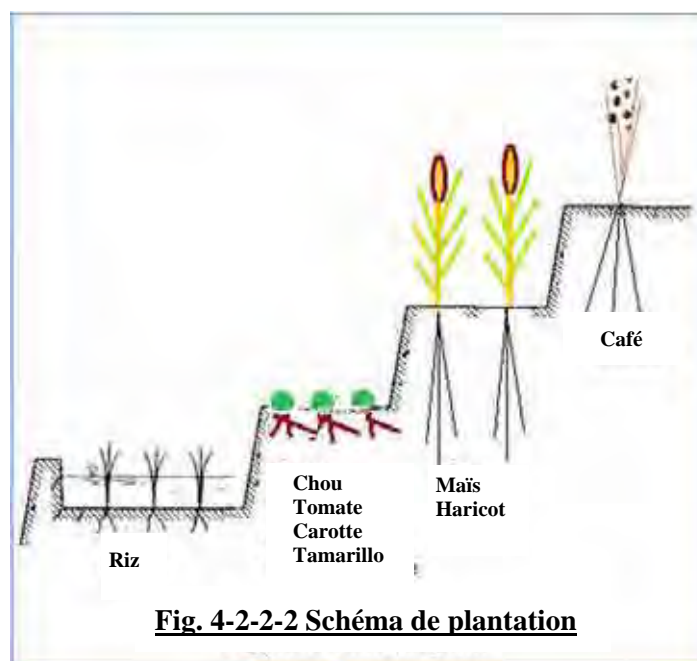
Étude des sols dans le bassin versant



Étude des sols dans le bassin versant intermédiaire



Étude des sols dans le bassin versant



4-2-3. Caractéristiques des cultures

(1) Riz / graminée

Le riz est une plante aquatique. La culture dans des conditions inondées se caractérise par le fait qu'elle est exempte des aspects néfastes liés à la monoculture continue, et ce en raison de l'apport d'aliments nutritifs contenus dans l'eau et de l'élimination par l'eau des substances nuisibles. Par ailleurs, elle joue un rôle secondaire de recharge des eaux souterraines par le biais de l'eau de saturation. Il fait partie des cultures encouragées au Rwanda. Dans le secteur concerné, le riz est classé en tant que culture commerciale (**Tableau 4-2-3-1**).

(2) Maïs + haricots

- Maïs (graminées)

Le maïs est une graminée. Le maïs se caractérise notamment par ses rendements élevés malgré ses faibles propriétés fertilisantes, sa forte adaptabilité malgré sa préférence pour la chaleur, ses nombreuses utilisations en raison de la diversité de la teneur de ses épis et grains, et son allogamie. Compte tenu de ces caractéristiques en tant que graminée, il représente un avantage certain en tant que culture d'alternance dans le système de culture de légumes. Il fait partie des cultures encouragées au Rwanda. Suivant le prix de marché de l'année passée, étant donné que son prix au kilo au mois de septembre atteint jusqu'à 200 RWF, il est possible de planifier la vente en ayant recours à des installations de stockage.

- Haricot (Légumineuses)

Son rôle en tant que culture favorisant la fertilité des sols après une récolte de maïs est important. Dans le secteur concerné, le taux d'autoconsommation atteint un haut niveau de 42% (**Tableau 4-2-3-1**).

(3) Légume 1 (Carotte+chou), légume 2 (tomate + chou)

- Chou (cruciféracées)

À l'heure actuelle, il est cultivé à petite échelle sur le flanc des rizières du site prévu pour le barrage. Il est populaire parmi les exploitants agricoles (Étude préparatoire, 2009) La température adaptée à sa culture étant environ 20°C, il correspond très bien au climat. Suivant le prix de marché de l'année passée, étant donné que son prix au kilo au mois d'avril - mai atteint jusqu'à 150 RWF, le modèle d'emblavage permettant d'expédier les récoltes à cette période-là est adapté. Par ailleurs, avec la double culture des rizières pratiquée actuellement, il est possible de planter du chou après la 1ère culture dans la rizière si le rendement est satisfaisant.

- Tomate (solanacées)

Avec les tomates, à l'approche du point de préfanage permanent, même si la pépinière est fanée, si la teneur en eau dans les sols est aspergée, la tomate récupère rapidement et retrouve sa vitalité et sa vigueur. La situation de la distribution des racines varie suivant l'arrosage, et les racines à proximité de la surface de la terre dans le périmètre arrosé sont denses. Tandis qu'il est préférable d'avoir de nombreuses racines fines et des racines qui s'étendent, le fait que les racines dans la couche de surface dans un périmètre quasiment sèche ne sont pas aussi distribuées est bien connu. L'irrigation économe en eau est possible pour la culture des tomates, et la demande chez les agriculteurs est forte (Étude préparatoire, 2009).

- Carotte (apiacées)

La température adaptée au bourgeonnement est comprise entre 15 et 25°C, et la température idéale pour leur croissance entre 18 et 21°C. Pour le développement des racines, une teneur en eau dans les sols de 70 - 80% est idéale, et préjudiciable si inférieure à 30%. La température adéquate pour la pigmentation est de 16 - 21°C. Il semblerait que la qualité du bourgeonnement détermine à 70 - 80% la culture des carottes.

(4) Légume 3 Tamarillo

- Tamarillo (solanacées)

Elle est également connue sous le nom de tomate en arbre. Après avoir été greffée, cette plante produit des fruits à l'instar de la tomate, et se prête à la récolte pendant 4 à 5 ans.

Elle est cultivée au Rwanda, et sa culture est également recommandée par les agents agricoles du secteur.

Tableau 4-2-3-1 Taux de plantation

	Consommation domestique	Vente
Riz	26%	70%
Sorgho	18%	82%
Maïs	35%	65%
Haricot	42%	58%
Pomme de terre	89%	11%

CHAPITRE 5 ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

5-1. Conditions préalables à l'analyse financière et l'analyse économique

L'analyse financière et l'analyse économique consistent en une comparaison / évaluation des coûts et bénéfices du point de vue de la valeur financière du Projet de développement. En général, l'évaluation financière (analyse) indique la désirabilité du Projet pour l'organisme d'exécution, et son calcul est basé sur les prix du marché. D'autre part, l'évaluation économique est calculée sur la base de prix économique pour estimer au niveau national et régional les effets bénéfiques de la mise en œuvre du Projet.

En ce qui concerne l'évaluation du Projet en ayant recours au programme d'Aménagement de sols, de Collecte des Eaux et d'Irrigation Collinaire (LWH), une directive a été élaborée. L'analyse économique du Projet se conformera au contenu mentionné dans la directive en question. Celle-ci est composée du contenu de l'évaluation économique en général. Autrement dit, cette analyse comprend une analyse financière utilisant les prix de marché et une analyse économique utilisant les prix économiques, réalisée en calculant les indicateurs : TRI (taux de rendement interne), B/C (bénéfices/coûts), et VAN (valeur actualisée nette). En outre, comme critères de sélection des sites adoptés dans le cadre du programme LWH, un taux de rendement économique interne (TREI) égal ou supérieur à 12% est prescrit, et il peut être considéré comme coût d'opportunité du capital dans le secteur de l'irrigation au Rwanda. L'évaluation économique sera réalisée dans les conditions suivantes.

5-1-1. Durée du Projet

La durée du Projet est généralement déterminée en prenant en considération la durée de vie économique des intrants physiques utilisés pour les investissements tels que les installations, l'équipement, le matériel, etc., et la durée future du Projet suivant les prévisions des tendances à l'avenir établies par les analystes. Dans le cadre des programmes LWH, la durée de Projet est estimée à 50 ans. Par conséquent, dans le cadre de cette analyse économique la durée du Projet supposée est de 50 ans. Par ailleurs, la durée de vie des panneaux photovoltaïques, pour la production d'électricité et des pompes à eau a été fixée à 20 ans. Cela signifie que des coûts de remplacement (coûts de renouvellement) des panneaux photovoltaïques et des pompes à eau seront nécessaires au cours de cette période de 50 ans. La durée prévue des travaux est d'un (1) an, mais étant donné que la mise en œuvre d'essais de mise en eau sur une période d'environ un (1) an est nécessaire après l'achèvement du barrage, il faut prévoir 2 ans d'ici la mise en service des installations et 3 ans pour la manifestation des effets à compter de la date du démarrage des travaux. Par conséquent, les deux premières années du Projet, après son démarrage, seront la période de construction, et les 48 années restantes, la période de retour des effets du Projet. Les coûts de maintenance et de gestion seront nécessaires à partir de l'année suivant l'achèvement des travaux (à partir de la 2ème année).

5-1-2. Facteurs de conversion

Pour ce qui est des produits faisant l'objet d'échanges internationaux, la conversion du prix de marché pratiqué au Rwanda en prix économique est calculée en appliquant le facteur de conversion standard (ci-après dénommé : FCS) de 0.95¹. Le FCS est calculé à partir des statistiques commerciales et tarifaires du Rwanda. Les estimations du FCS figurent au (**Tableau 5-1-2-1**).

Tableau 5-1-2-1 Estimation du Facteur de Conversion Standard (FCS)

(Unité : million de USD)

Élément	2009	2010	2011	Moyenne
(1)Montant total de l'importation	1246,80	1389,38	1629,90	1422,03
(2)Montant total de l'exportation	191,00	253,70	387,70	277,47
(3)Montant total de taxe à l'importation	78,08	97,33	115,78	97,06
(4)Montant total de taxe à l'exportation	0,00	0,00	0,00	0,00
(5)Montant total de subvention à l'exportation	0,00	0,00	0,00	0,00
(6) = (1) + (2)	1437,80	1643,08	2017,60	1699,49
(7) = (1) + (2) + (3) - (4) + (5)	1515,88	1740,41	2133,38	1796,56
(8)FCS = (6)÷(7)	0,95	0,94	0,95	0,95

Données: établies à partir de l'Annuaire statistique, MINFIN

Montant total de l'importation et de l'exportation : établi à partir de l'Annuaire statistique, MINFIN

Montant total de taxe à l'importation : Données de revenus du MINFIN

Taux de change : Statistiques et Chiffres au Rwanda de l'année 2011

5-1-3. Prix unitaire pour l'évaluation du Projet

Le prix de chaque produit agricole est le prix de marché (financier) suivant les prix par culture (prix de marché) obtenus auprès du MINAGRI et les prix obtenus par entretien avec les agriculteurs (prix à la production agricole). Étant donné que dans le Projet envisagé il est supposé que les bénéficiaires iront aux agriculteurs bénéficiaires du Projet, le prix à la production agricole sera considéré comme étant le prix de marché (financier). Après la mise en œuvre du Projet, il est supposé que la différence entre le prix à la production agricole et le prix marché sera rectifiée sensiblement à la suite de la mise en place d'associations, de coopératives, etc. Le prix de marché sera converti en prix économique en appliquant le FCS indiqué. Les prix unitaires utilisés pour l'évaluation du Projet figurent au (**Tableau 5-1-3-1**).

¹ Le prix économique est le prix déterminé dans les conditions d'un marché de concurrence parfaite. Dans la réalité, le marché international est jugé comme étant le marché le plus proche de la concurrence parfaite. Les prix de marché des produits faisant l'objet d'échanges internationaux sur le marché national sont considérés comme étant déformés / faussés par rapport aux prix du marché international en raison des tarifs douaniers, etc., et la conversion du prix de marché en prix économique applique le FCS indiqué au Tableau 5-1-2-1.

Tableau 5-1-3-1 Prix unitaire pour l'évaluation du Projet (avril 2012)

Elément	Unité de prix	Prix du marché	Prix économique	Remarques
Produits				
Sorgho	kg	200	190	FCS
Patate douce	kg	60	57	FCS
Manioc	kg	50	48	FCS
Riz	kg	250	238	FCS
Maïs	kg	200	190	FCS
Haricot	kg	330	314	FCS
Banane	kg	50	48	FCS
Chou	kg	130	124	FCS
Tomate	kg	300	285	FCS
Carotte	kg	450	428	FCS
Tamarillo	kg	850	808	FCS
Café (en parche/1)	kg	600	570	FCS
Ananas	kg	150	143	FCS
Avocat	Pièce	50	48	FCS
Mangue	kg	400	380	FCS
Graine/Plant				FCS
Sorgho	kg	180	171	
Patate douce	Vigne	150	150	Non commercialisable
Manioc	Pièce	10	9	FCS
Riz	kg	500	475	FCS
Maïs	kg	300	285	FCS
Haricot	kg	300	285	FCS
Banane	kg	300	285	FCS
Chou	kg	800	760	FCS
Tomate	kg	20000	19 000	FCS
Carotte	kg	800	760	
Tamarillo	kg	1000	950	
Café (cerise)	Plant	25	24	FCS
Ananas	Pièce		42	FCS
Avocat	Plant		1 900	FCS
Mangue	Plant		950	FCS
Engrais				
NPK (Azote, acide phosphorique et potassim)	kg	480	480	Sans droit de douane
DAP (Phosphate d'ammonium)	kg	480	480	Sans droit de douane
Urea (Urée)	kg	410	410	Sans droit de douane
DSP (Hydrogénophosphate de sodium)	kg	500	500	Sans droit de douane
CAN (Nitrate de calcium)	kg	400	400	Sans droit de douane
Fumier	kg	5	5	Non commercialisable
Pesticides				
Thiodan (insecticide)	Litre	11 000	10 450	FCS
Ridomil (microbicide)	kg	10 000	9 500	FCS
Dithane (microbicide)	kg	1 600	1 520	FCS
Dimethoate (insecticide)	Litre	6 000	5 700	FCS
Kitazine (microbicide)	Litre	8 500	8 075	FCS
Matériau				
Paillage	kg	500	500	Non commercialisable
Coût de main d'œuvre agricole	Pers/jour	800	480	Coût d'opportunité de main d'œuvre agricole

Note: Le prix économique des outils tels que la houe est obtenu à l'aide du FCS.

Le prix du marché des matériaux locaux est équivalent au prix économique.

/1: Café (en parche) : café dépulvé par le lavage

5-1-4. Salaire de la main d'œuvre agricole

En ce qui concerne la main d'œuvre qualifiée, celle-ci étant approvisionnée sur les marchés concurrentiels, le prix de marché est égal au prix économique. Par contre, en ce qui concerne la main d'œuvre non qualifiée, celle-ci étant approvisionnée sur des marchés non concurrentiels, le prix de marché est converti en prix économique en appliquant un coefficient de conversion pour la main d'œuvre. La main d'œuvre agricole est considérée comme une main d'œuvre non qualifiée. Dans cette évaluation économique, le salaire des ouvriers qualifiés est estimé à 800 RWF, et le coefficient de conversion pour la main d'œuvre à 0,6, d'où le salaire de la main d'œuvre agricole est estimé à 480RWF.

5-1-5. Taxes

Il est considéré que la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) fait partie des coûts de production (prix de marché), mais elle est exclue du prix économique.

5-2. Coût du Projet

Les installations pour le développement des ressources en eau, son acheminement, l'irrigation des champs agricoles, ainsi que les coûts de maintenance et de gestion sont estimés pour évaluer le coût du Projet. Le coût du Projet est composé d'une portion en devise étrangère, et d'une portion en devise interne, la partie de devise étrangère étant convertie en prix économique en appliquant le FCS. Les rubriques composant le coût du Projet sont indiquées au (**Tableau 5-2-2-1**). La période de construction dans ce Projet étant estimée à un (1) an, et la maintenance et la gestion étant un coût annuel, ce dernier a été calculé sous la forme d'une moyenne annuelle.

5-2-1. Taux de provision pour imprévus physiques et réserve pour éventualité

Une réserve pour les imprévus physiques équivalente à 5% des coûts en devises étrangères / devise locale est estimée pour parer à une augmentation éventuelle du coût estimé imputable à des modifications en matière de conception / spécification au stade initial de l'investissement.

5-2-2. Répartition d'investissement pour chaque année pendant la période de construction

Bien que la période de construction du Projet soit estimée à un (1) an, étant donné que des essais de mise en eau seront mis en œuvre après l'achèvement du barrage, une période de 2 ans est prévue d'ici la mise en service des installations à compter de la date de démarrage des travaux de construction. Toutefois, aucune répartition d'investissement annuelle n'est prévue pour le coût de construction dans le cadre du Projet.

Tableau 5-2-2-1 Coût du Projet

Prix du marché		(unité : RWF)		
Chapitre	Unité	Coût du Projet	Devise étrangère	Devise locale
Installations temporaires/générales	1 ensemble	467 485 000	233 742 500	233 742 500
Barrage	1 ensemble	1 099 675 600	549 837 800	549 837 800
Déversoir	1 ensemble	67 042 000	33 521 000	33 521 000
Installations de prise d'eau	1 ensemble	266 256 000	213 004 800	53 251 200
Infrastructure d'irrigation	1 ensemble	2 315 325 000	1 157 662 500	1 157 662 500
Coût de base		4 215 783 600	2 187 768 600	2 028 015 000
Taux des imprévus physiques	5%	210 789 180	109 388 430	101 400 750
Total		4 426 572 780	2 297 157 030	2 129 415 750
(Montant en USD)		7 316 649		
Coût du Projet par ha (USD)	275 ha	26 606		

*1) USD 1,00 = Rwf 605

Prix économique

Chapitre	Unité	Coût du Projet	Devise étrangère	Devise locale
Ouvrage temporaire	1 ensemble	455 797 875	222 055 375	233 742 500
Barrage	1 ensemble	1 072 183 710	522 345 910	549 837 800
Déversoir	1 ensemble	65 365 950	31 844 950	33 521 000
Installations de prise d'eau	1 ensemble	255 605 760	202 354 560	53 251 200
Infrastructure d'irrigation	1 ensemble	2 257 441 875	1 099 779 375	1 157 662 500
Coût de base		4 106 395 170	2 078 380 170	2 028 015 000
Taux des imprévus physiques	5%	205 319 759	103 919 009	101 400 750
Total		4 311 714 929	2 182 299 179	2 129 415 750
(Montant en USD)		7 126 802		
Coût du Projet par ha (USD)	275 ha	25 916		

*1) USD 1,00 = Rwf 605

Source : La mission d'étude de la JICA

5-3. Avantages économiques du Projet

Dans le cadre du projet, les rubriques suivantes sont considérées comme bénéfiques économiques pouvant être convertis en termes monétaires.

- (1) Augmentation des récoltes par unité de surface cultivée par le biais d'une alimentation stable en eau d'irrigation (ci-après désignées par «rendement unitaire»).

L'augmentation des rendements unitaires découlant de l'alimentation stable en eau d'irrigation a été estimée sur la base des informations fournies par «le Projet d'amélioration de la production agricole dans la province de l'Est du Pays au Rwanda» et des entretiens avec les ingénieurs agricoles du service public du secteur. En outre, les réalisations et les résultats de l'agriculture irriguée dans les pays voisins ont également été pris en considération. L'augmentation des rendements unitaires pour chacune des cultures et le volume de production anticipée par culture sont indiqués au (Tableau 5-3-1) En outre, la superficie cultivée est la superficie du plan de culture indiquée au Chapitre 4, 4-2 Exploitation agricole (Tableau 4-2-1-1).

Tableau 5-3-1 Augmentation des rendements unitaires et volume de production anticipé

Produits agricoles	Rendement unitaire (Unité : tonne/ha)		Superficie emblavée (Unité: ha)	Volume de production anticipée par culture (unité: tonne)
	Sans	Avec		
Riz	4,0	6,0	70	420
Maïs	1,0	5,5	140	770
Haricot	0,8	2,5	140	350
Chou	8,0	17,0	60	1 020
Tomate	5,0	22,0	40	880
Carotte	3,0	22,0	20	440
Tamarillo	2,5	3,5	20	70
Café	3,0	4,0	20	80

Source : La mission d'étude de la JICA

Fondement et pertinence des rendements unitaires de chacune des cultures

Riz : En ce qui concerne les rendements unitaires de riz, à la suite de l'amélioration de la gestion de l'eau par le biais de l'irrigation et des techniques culturales du Projet d'amélioration de la production agricole dans la province de l'Est, un rendement de l'ordre de 6 t/ha est pertinent.

Maïs : Les rendements unitaires moyens dans le monde (FAO) sont de l'ordre de 4,8t sans irrigation. Avec une gestion des engrais et une gestion de l'eau appropriées sur la base des conditions météorologies actuelles et des données concernant les propriétés des sols, un rendement amélioré de l'ordre de 5,5t/ha est pertinent.

Haricot : Les rendements unitaires de soja au Japon sont de 3 t/ha, et avec une gestion des engrais et une gestion de l'eau adéquates, un rendement amélioré de l'ordre de 2,5 t/ha est pertinent.

Chou : Les rendements unitaires moyens dans le monde après irrigation (FAO) sont de 22 t/ha, et les résultats avec irrigation au Kenya sont de 16 t/ha. Un rendement amélioré de l'ordre de 17 t/ha est pertinent.

Tomate : Les rendements unitaires moyens dans le monde après irrigation (FAO) sont de 27 t/ha, et avec une gestion des engrais et une gestion de l'eau adéquates, un rendement amélioré de l'ordre de 22t/ha est pertinent.

Carotte : Les rendements unitaires moyens dans le monde après irrigation (FAO) sont de 23 t/ha, et avec une gestion des engrais et une gestion de l'eau adéquates, un rendement amélioré de l'ordre de 22 t/ha est pertinent.

Tamarillo : Avec une gestion des engrais et une gestion de l'eau adéquates, un rendement amélioré de l'ordre de 3,5 t/ha est pertinent.

Café : Avec une gestion des engrais et une gestion de l'eau adéquates provenant des résultats et réalisations du Rwanda, un rendement amélioré de l'ordre de 4 t/ha est pertinent.

- (2) Augmentation des revenus agricoles à la suite de la reconversion des cultures par le biais de l'alimentation en eau pour l'irrigation (reconversion de cultures pour l'autoconsommation vers des cultures commerciales).

Dans le cadre des calculs des bénéfices du projet, les revenus nets ont été estimés pour les cultures courantes et planifiées, et les cultures courantes sont considérées comme les cultures dans le cas où le projet n'est pas mis en œuvre (sans projet), et la différence est le profit accru à la suite de la mise en œuvre du Projet. Les revenus bruts, les coûts de production et les profits accrus par culture sont indiqués au (Tableau 5-3-2).

Tableau 5-3-2 Revenus bruts, coût de production et profits accrus

Volume de récolte par unité de superficie (tonne/ha)		Prix du marché domestique (mille Rwf/tonne)	Revenue brute (Unité : mille Rwf/ton)		Coût de production (Unité : mille Rwf/ton)		Profits accrus (unité : mille Rwf/tonne)	
Sans	Avec		Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec
4,0	6,0	250	1 000	1 500	331	491	669	1 009
1,0	5,5	200	200	1 100	117	146	83	954
0,8	2,5	330	264	825	196	307	68	518
8,0	17,0	130	1 040	2 210	340	576	700	1 634
5,0	22,0	300	1 500	6 600	1 273	1 526	227	5 074
3,0	22,0	428	1 284	9 416	622	941	662	8 475
2,5	3,5	850	2 125	2 975	3 514	714	-1 389	2 261
3,0	4,0	600	1 800	2 400	1 706	1 514	94	886

Source : La mission d'étude de la JICA

- (3) Terres agricoles à l'intérieur du réservoir

Dans les conditions actuelles, la superficie de la zone réservoir est de 15ha, dont environ 10,5 ha sont des terres agricoles. En ce qui concerne les terres agricoles à l'intérieur du réservoir, il est supposé que des indemnités pour les terrains, le transfert de propriété, et des indemnités pour les cultures seront nécessaires. Les approches concernant les indemnités pour les terrains et les indemnités de transfert de propriété n'ont pas pu être vérifiées dans le cadre de cette étude. Les approches en question seront examinées dans le cadre de l'étude de l'impact sur l'environnement qui sera réalisée ultérieurement. Les indemnités pour les cultures sont calculées approximativement en tant que profit négatif dans la présente évaluation économique.

- (4) Main d'œuvre familiale

Étant donné que les bénéfices dans l'analyse financière utilisent les prix de marché, la main d'œuvre familiale ne fait pas l'objet de l'évaluation monétaire.

(5) Profit accru par année

Le profit accru du Projet par année figure au (Tableau 5-3-3).

**Tableau 5-3-3 Profit accru par suite à la mise en œuvre du Projet
(lorsque le rendement unitaire de calcul est atteint)**

Année	Superficie bénéficiaire (ha)	Bénéfice annuel augmenté (mille Rwf)		Profit accru par ha (Rwf)	
		Prix du marché	Prix économique	Prix du marché	Prix économique
1	275	168 874	292 055	614 087	1 062 018
2	275	770 204	541 105	2 800 742	1 967 655
3	275	932 324	639 105	3 390 269	2 324 018
4	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
5	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
6	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
7	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
8	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
9	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
10	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
11	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
12	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
13	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
14	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
15	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
16	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
17	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
18	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
19	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
20	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
21	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
22	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
23	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
24	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
25	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
26	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
27	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
28	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
29	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
30	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
31	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
32	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
33	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
34	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
35	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
36	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
37	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
38	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
39	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
40	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
41	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
42	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
43	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
44	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
45	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
46	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
47	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
48	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
49	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582
50	275	1 005 414	703 885	3 656 051	2 559 582

Source : La mission d'étude de la JICA

5-4. Évaluation financière et évaluation économique du Projet

Le taux de rendement interne (TRI), l'efficacité de l'investissement (coût - bénéfice) (B/C), et la valeur actualisée nette (VAN) sont calculés en ayant recours aux coûts du Projet et montants des profits estimés ci-dessus. Un taux d'actualisation de 12 % est appliqué au calcul du B/C et de la VAN. Si le taux de rendement économique interne (TREI) excède les 12 % du coût d'opportunité indiqué au LWH, le B/C égal ou supérieur à 1, et la VAN positive, les avantages supplémentaires à la suite du Projet sont supérieurs au montant des investissements supplémentaires. Les résultats des calculs figurent au (Tableau 5-4-1).

Tableau 5-4-1 Résultats des évaluations

TRI		B/C (taux d'escompte $i = 12\%$)		VAN (mille Rwf) ($i = 12\%$)	
Économique	Financière	Économique	Financière	Économique	Financière
12,1 %	15,7 %	1,01	1,36	23	1 550

5-5. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité est effectuée pour analyser quantitativement (à un moment défini) les impacts sur les effets du Projet suivant les changements socio-économiques l'entourant. L'analyse de sensibilité sera effectuée 1) dans le cas où les coûts du Projet connaîtraient une augmentation de 10 %, 2) dans le cas où les profits connaîtraient une diminution de 10 %, 3) dans le cas d'une augmentation de 10 % des coûts du Projet combiné à une diminution de 10 % des profits, et, en tant que facteurs minant les bénéfices, 4) dans le cas d'une diminution de 10 % des rendements unitaires de calcul, et 5) dans le cas d'une diminution de 10 % du prix unitaire des cultures. Les résultats de l'analyse de sensibilité pour le TRIE sont indiqués au (Tableau 5-5-1). Par rapport à l'augmentation des coûts du Projet, la diminution des profits est plus sensible. Par ailleurs, en tant que facteur minant les bénéfices, la diminution des rendements unitaires serait plus sensible que la diminution du prix unitaire.

Tableau 5-5-1 Analyse de sensibilité du TRIE (unité :%)

TREI	Coût du Projet + 10%	Profit - 10%	Coût du Projet +10% + Profit+10%	Rendement unitaire de calcul -10%	Prix unitaire de culture -10%
12,1	11,1	10,9	10,0	10,4	10,6

Source : La mission d'étude de la JICA

5-6. Effets envisagés à l'avenir

Les effets qui sont à l'heure actuelle difficilement exprimables en termes monétaires mais qu'il est envisagé d'inclure à l'avenir dans l'analyse coût-bénéfices sont récapitulés au (Tableau 5-6-1).

Tableau 5-6-1 Effets envisagés à l'avenir

Effets			Bénéficiaires			
			Résidents	Utilisateurs de l'eau à usage agricole	Utilisateurs du lac du barrage	Pêcheurs en eau douce
Communauté locale	Économie locale	Contribution à la pêche en eau douce			+	+
		Contribution à l'écosystème	+		+	
	Environnement	Amélioration du paysage du bord du bassin du barrage	+		+	
		Amélioration de l'écosystème pour les oiseaux et les plantes		+		+

Source : La mission d'étude de la JICA

La définition des «groupes de bénéficiaires» est la suivante :

Résidents: les personnes qui vivent dans le périmètre ressentant les effets du Projet en question

Utilisateurs de l'eau à usage agricole : les agriculteurs qui utilisent le bassin du barrage en tant qu'eau d'irrigation

Utilisateurs du bassin du barrage : les personnes engagées dans des activités dans les alentours du barrage, telles que le tourisme

Pêcheurs en eau douce : les personnes engagées dans la pêche en eau douce dans le bassin du barrage

La définition des «effets» est la suivante.

Promotion de la pêche en eau douce : effet découlant des activités de promotion de la pêche en eau douce en ayant recours au bassin du barrage

Promotion de l'éco-tourisme : effet de l'augmentation de la demande dans l'industrie des souvenirs et de la restauration dans l'économie locale à la suite de l'augmentation du nombre des utilisateurs du bassin du barrage.

Amélioration du paysage du bord du bassin du barrage : L'amélioration du paysage du bord du bassin du barrage aura pour effet de le populariser auprès des «utilisateurs du bassin du barrage» et de le préserver pour les résidents

Amélioration de l'écosystème pour les oiseaux et les plantes : Effet découlant de la transformation des conditions de l'écosystème en habitat favorable notamment aux oiseaux et aux plantes au niveau de la chaîne alimentaire à la suite de l'amélioration du milieu de vie des animaux aquatiques.

CHAPITRE 6 ETUDE SUR LE BARRAGE CHINOIS

6-1. Étude sur l'état actuel

Au début de l'étude concernant Ngoma-22 a été mise en question la baisse de l'efficacité d'investissement qui résulterait de la restriction de l'ampleur du projet dans le cas où le débit des rivières utilisables et la superficie bénéficiaire ne seraient pas suffisamment importants. Or, la présente étude a été mise œuvre dans l'objectif d'examiner la possibilité de concevoir un projet qui inclurait le redéveloppement d'un barrage existant (achevé en 1987 avec l'aide de la Chine) dans la vallée voisine. Au fur et à mesure de l'avancement de l'étude et des examens, l'appréhension initiale a disparu, et la remise à en état du barrage existant a été exclue du présent Projet, néanmoins, il a été constaté que le projet de redéveloppement du barrage même est prometteur également en tant que projet LWH.

6-1-1. Barrage et installations s'y rattachant

(1) Barrage

Tableau 6-1-1-1 Dimensions du barrage chinois

Points	Renseignements	Point	Renseignements
Bassin de rétention	29,4 km ²	Hauteur du barrage	14 m (estimation)
Superficie du réservoir (Niveau des Plus Hautes Eaux)	95 000 m ² (d'après image satellite)	Longueur de digue	157,8 m
Capacité brute de stockage	Approximativement 400 000 m ³	Largeur de digue	4,5 m
Type de barrage (structure)	Homogène	Pente en amont	1 : 2,4
Niveau d'élévation de digue du barrage	1 380 mètres (mesures par GPS)	Pente en aval	1 : 2,0

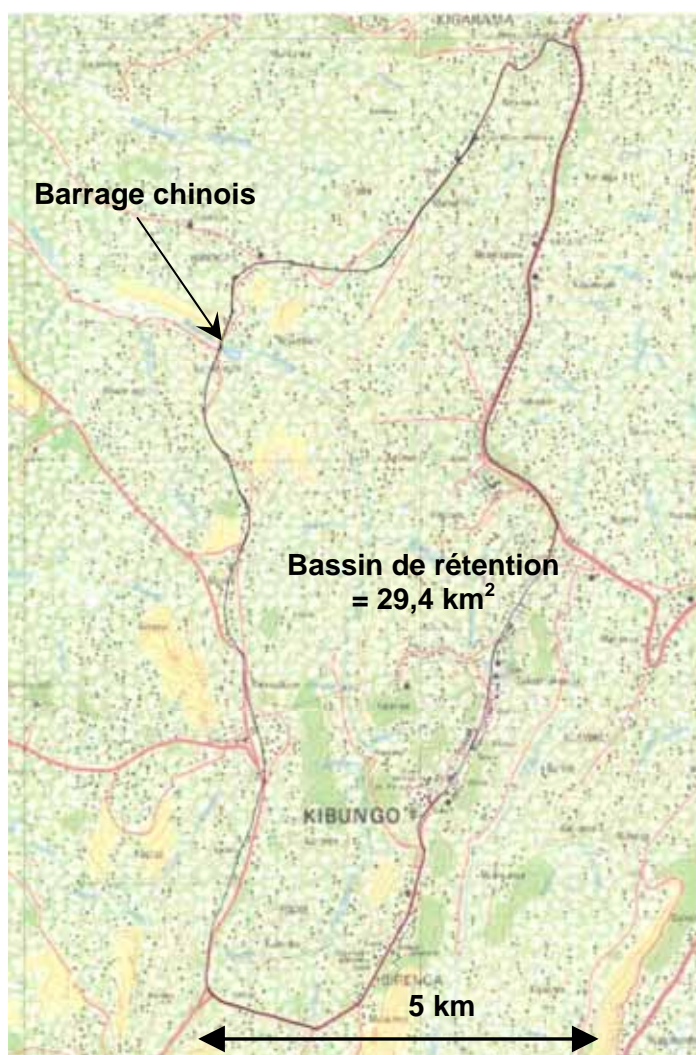


Fig. 6-1-1-1 Bassin versant du barrage chinois

(2) Dépendances du barrage et autres

Niveau d'élévation de la partie de débordement du déversoir : 1 374,8 m (mesuré avec un GPS portatif).

Structure de la conduite d'admission :

- Structure tubulaire en acier, enchâssée dans du béton ; description non confirmée.

Fonctionnement du réservoir :

- Les lâchers d'eau du réservoir sont effectués aux mois de février, mars, avril, juillet, août, novembre and décembre ;
- La personne en charge effectue les opérations quotidiennes relatives aux vannes, à la demande de l'agronome et des exploitants ;
- Il n'y a aucune directive concernant le fonctionnement du réservoir/des vannes ;
- Ne s'est jusqu'à présent jamais produit le problème d'un épuisement du réservoir qui hypothéquerait les lâchers d'eau durant la période sèche.

Circonstance de fonctionnement du réservoir au cours de ces dernières années :

- Le niveau d'eau du réservoir est maintenu à une limite inférieure au niveau de remplissage maximal (NRM) durant la période juillet-octobre, sans jamais descendre de plus de 2 mètres en-deçà du NRM. Au cours des autres saisons le réservoir est maintenu rempli.

Observations sur le débit de la rivière :

Tableau 6-1-1-2 Mesure du débit du cours d'eau au moyen d'un débitmètre électromagnétique

Date	En aval du barrage chinois	confluence	Seuil en aval
25/03/2012	108 l/sec.	69,8 l/sec.	183 l/sec.
01/04/2012	116 l/sec.	71,3 l/sec.	241 l/sec.
08/04/2012	119 l/sec.	73,5 l/sec.	345 l/sec.
19/04/2012	99 l/sec.	68,3 l/sec.	52 l/sec.
25/04/2012	32,6 l/sec.*	236 l/sec.	806 l/sec.
01/05/2012	518 l/sec.	210 l/sec.	158 l/sec.
12/05/2012	462 l/sec.	218 l/sec.	968 l/sec.

* débit amputé des prélèvements pour l'irrigation en amont

6-1-2. Étude de zone bénéficiaire dans le bassin versant supérieur

(1) Bassin versant supérieur



- L'extrémité amont du réservoir est marquée par une limite de terre rectiligne.



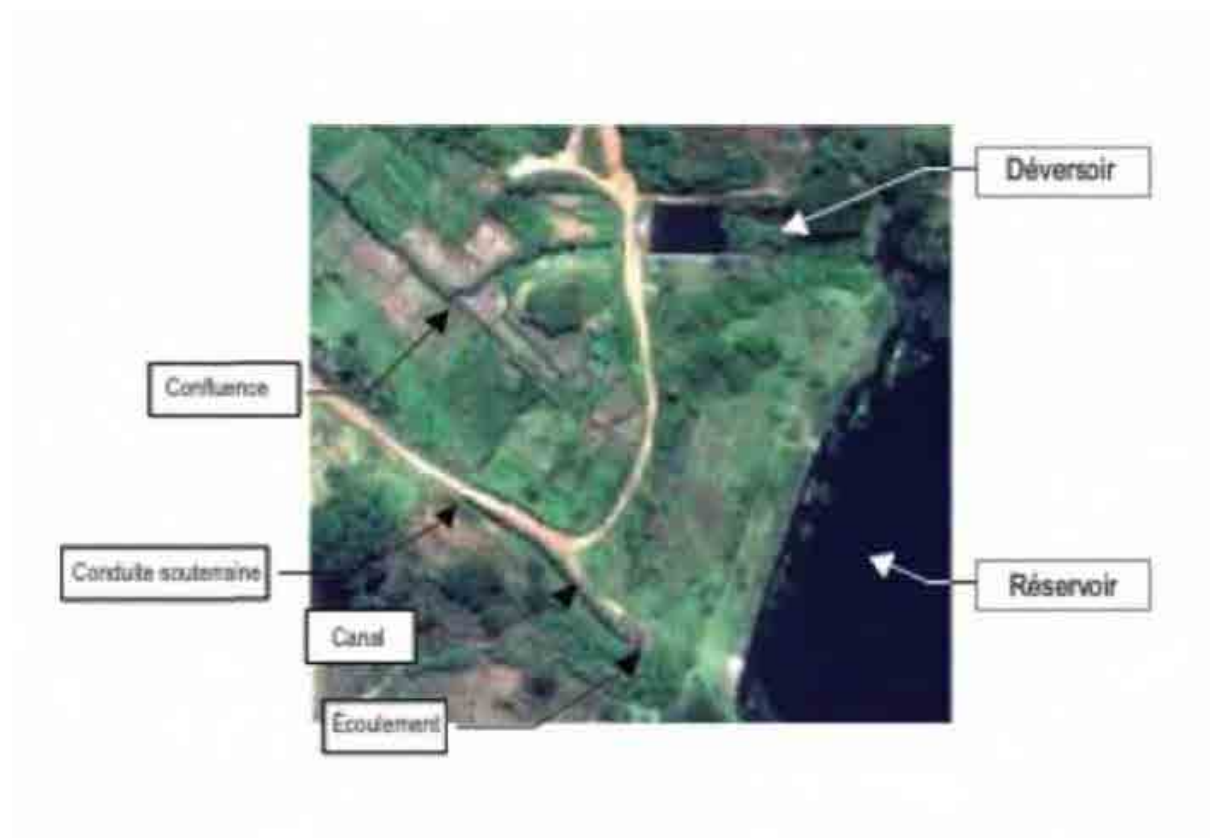
- Les terres du lit fluvial font l'objet d'un usage composite de champs et de terrain où sont cultivées les mauvaises herbes.



- La vallée connaît un étranglement à environ 400 m en amont du réservoir, à l'extrémité de ce dernier, avec une pente où circule la rivière plus raide, de sorte qu'en cas d'une élévation de 2 ou 3 m du niveau du réservoir, l'étendue d'eau de ce dernier ne pourrait occuper cette portion plus étroite. La zone qui serait submergée est estimée à environ 15 000 m² (300 m × 50 m).



(2) Reconnaissance de la zone bénéficiaire (date de reconnaissance: 1^{er} avril)





Tube en acier de 600 mm de diamètre, atteint d'une corrosion progressive.



Le canal d'évacuation a son extrémité à 50 m en aval du déversoir et s'écoule jusqu'au cours d'eau.



Point de confluence de l'écoulement issu du déversoir avec le canal d'évacuation, à 60 m en aval



Lieu d'observation pour le relevé du débit en aval de la confluence



Canaux le long du pied de la colline, identifiés sur l'image satellite, recouverts sur le terrain par les herbes.



L'écart d'environ un mètre entre le niveau d'eau et la rizière inondée est source de désagrément pour les apports en eau.



Encoche dans la diguette faisant fonction d'embouchure d'entrée.



Tronc d'arbre employé comme barrage temporaire pour relever le niveau d'eau à 500 m en aval.



État des cultures dans la zone à 500 m en aval, rive gauche.



Forêt naturelle peuplant les pentes raides de la rive droite, à 500 m en aval.



La vallée de Cyihishire, située sur la rive gauche, à un kilomètre en aval. Un écoulement faible se trouve à la sortie de la vallée.



Point de collecte des eaux

Vallée de Cyihishire.



Forêt naturelle



Le canal courant le long du pied de la colline tend à s'effacer après la forêt naturelle.



Vallée en rive gauche à 2,5 km en aval ; le cours d'eau à la sortie de la vallée est à sec (absence de débit)



Barrage déversoir située à environ 4 km en avant. Non exploitée.



Embouchure d'entrée vers le canal, située directement en amont du barrage déversoir.



Le canal courant le long de la colline de la rive gauche conflue avec la rivière principale en-dessous du bâtiment du Syndicat des coopératives agricoles. Un barrage se situe au confluent, ainsi qu'une prise d'eau du côté de la rive droite, toutefois, le cours du canal courant le long de la colline de la rive droite s'arrête au milieu.



Le canal courant le long de la colline de la rive droite voit son tracé se diriger vers Ngoma-22, mais ce tronçon n'est pas en usage et aucune eau n'y circule.

(3) Confirmation de l'état du canal (Date d'enquête : 8 mai)

(a) État de la rivière

La rivière ne se maintient pas d'elle-même. Son écoulement est obstrué par les mauvaises herbes et les herbes aquatiques.



État de l'écoulement de la rivière à mi-course

(b) Barrage déversoir

Il existe deux barrages déversoirs en béton situés pour l'une à environ 4 kilomètres en aval et pour l'autre derrière le bâtiment de la coopérative. A l'instar du canal recueillant l'eau déviée par soulèvement, le canal évoqué ci-dessus se situe à un niveau plus élevé que la bouche d'admission de sorte que l'eau servant à irriguer ne peut être acheminée par ce système. L'extrémité du canal dans le cas évoqué est remplie par une abondance de mauvaise herbe. Le tronçon situé entre le barrage et cet emplacement à 4 kilomètres en aval ne comprend aucun autre barrage déversoir.



(c) État du canal (Étude seulement sur la rive gauche)

Un canal existe qui longe le pied de la colline sur 1 kilomètre de distance, en aval du barrage, jusqu'à l'extrémité de la forêt naturelle, mais il est recouvert par les herbes et n'est pas entretenu.



Situé à environ 1,5 km en aval, un large canal bien entretenu apparaît clairement mais son lit présente une inclinaison contraire de sorte qu'aucun courant n'y circule.



Le canal à flanc de colline n'est pas opérationnel à mi-course de la zone où la vallée présente un étranglement.



On rapporte qu'à environ quatre kilomètres en aval, se trouvait un canal à flanc de colline qui a fait l'objet d'une réhabilitation de 1999 à 2000 sur un tronçon longeant le pied de la colline et ce, sur les deux rives. Néanmoins, ce canal est entièrement rebouché et on peine à croire qu'un canal a jadis existé ici.



(d) Récapitulatif

- Dès lors que des travaux d'entretien des canaux seront entrepris, une grande partie d'entre eux devrait redevenir disponible.
- Aucun des canaux n'a été détruit par glissement de terrain ou effondrement d'un escarpement de falaise.
- Sur la zone, la partie allant du milieu du cours d'eau jusqu'à l'aval abrite un canal à flanc de colline occupant une position relativement surélevée par rapport au niveau d'écoulement de la rivière. Afin de pourvoir en eau d'irrigation ce canal il est nécessaire de construire un barrage déversoir opérationnel dans la partie située entre l'amont et le milieu du cours d'eau.

(4) Étude à travers des interviews de l'état réel des ressources hydrauliques à fin d'irrigation

Ressources en eau d'irrigation	Nombre d'exploitants agricoles	Proportion (en%)
Satisfaisantes	24	57%
Insatisfaisantes	18	43%
Total	42	100%

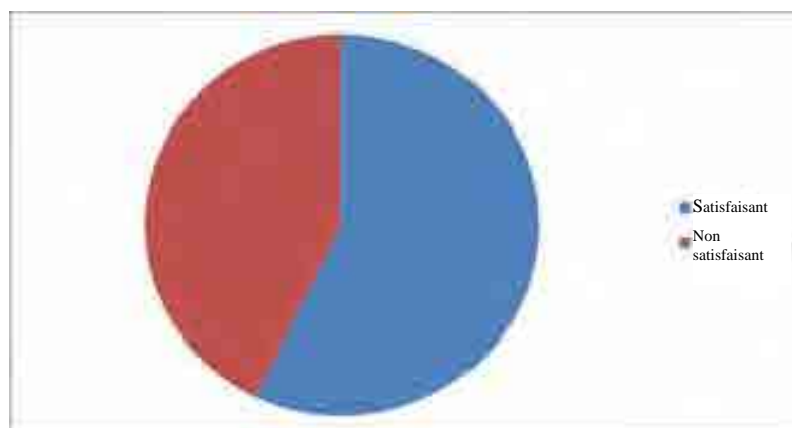


Fig. 6-1-2-1 État réel des ressources hydrauliques pour l'irrigation

Les points suivants énumèrent les raisons qui président, selon les exploitants agricoles interviewés, au manque d'eau pour irriguer.

- Une gestion mauvaise et irraisonnée de l'eau d'arrosage
- Le manque d'entretien des canaux

Les exploitants signalent en outre, que les pénuries d'eau d'irrigation ont les répercussions suivantes :

- La maladie du riz
- Des rendements médiocres

6-1-3. Place et impact d'une réhabilitation du barrage chinois

(1) Place de la réhabilitation

(a) Réhabilitation à petite échelle

La digue du barrage chinois s'élève à 1 380 m au-dessus du niveau de la mer (1 380 m de haut. Données obtenues par GPS portatif). En résulte un réservoir dont le niveau d'eau atteint, lorsqu'il est plein, 1374,8 mètres de haut ; ces deux niveaux présentent un écart de cinq mètres entre eux. Sachant que la hauteur du barrage est de 14 m ou presque, une extension du barrage en hauteur de deux mètres supplémentaires serait suffisante pour permettre d'établir une à trois mètres de plus en hauteur le niveau du réservoir. Suivant un tel scénario, la capacité additionnelle de stockage du réservoir serait de 300 000 m³ (=95 000 m²×3 m). La capacité totale de stockage passerait ainsi à 700 000 m³, soit le double de la capacité actuelle, ce qui aurait pour effet de permettre la réalisation d'un projet de développement de l'irrigation d'une ampleur analogue à celle du projet Ngoma-22.

(b) Réhabilitation à grande échelle

Le bassin de rétention du barrage chinois couvre une superficie de 29,4 km² ce qui représente quatre fois les 8,8 km² de bassin de rétention du projet Ngoma-22. D'après les résultats observés sur le site du barrage chinois, le débit en aval est deux fois plus fort qu'au droit de la confluence (amont immédiat de la confluence sur la rivière Ngoma-22). Sachant que le débit au droit de la confluence est deux fois supérieur à celui observé sur le site du barrage Ngoma-22 durant la saison humide, cela donne pour la rivière du barrage chinois un débit quatre fois supérieur à celui du barrage Ngoma-22. De ces considérations découle un plan de développement de l'irrigation visant à mettre à disposition le volume d'environ 2,8 millions de m³ d'eau pour irriguer. S'agissant du barrage, son site serait déplacé en amont avec la construction d'un nouveau barrage. Bien sûr, une alternative à cette relocalisation simple consisterait à cumuler un nouveau barrage avec un réservoir d'une capacité de 2,1 millions de m³ situé en amont et le barrage chinois rénové avec une capacité de réservoir de 700 000 m³ en aval.

(2) Impact de la réhabilitation

(a) Impact économique

Une réhabilitation aurait pour conséquence l'arrangement des conditions d'irrigation des rizières inondées, ce qui augmenterait les rendements du riz et les revenus des exploitants. Rénover mettrait en outre à disposition de l'eau pour irriguer la zone de champs secs, permettant ainsi d'y étendre le projet LWH afin de moderniser l'agriculture et de soutenir le développement économique dans ce district.

(b) Impact social

Le sentiment d'injustice, autour de la question de l'irrigation – dont les causes sont, entre autres, le manque d'installations et leur mauvaise fonctionnalité – est un leitmotiv très répandu parmi les exploitants agricoles, agissant comme un obstacle à la mise en place de liens coopératifs dans la région. Dès que le barrage sera rénové et que les installations d'irrigation seront rendues disponibles et opérationnelles, la situation devrait évoluer vers la constitution de liens sociaux coopératifs.

Si, en outre, l'irrigation des champs secs devenait effective, cela occasionnerait la création d'emplois liés à l'irrigation et la situation sociale en serait améliorée et stabilisée.

6-2. Plan de réhabilitation général du barrage chinois

6-2-1. Plan de réhabilitation générale

(1) Concept général

Le concept consiste à rénover les structures d'adduction du barrage, à améliorer les installations déjà en place ou à en développer de nouvelles selon les besoins pour l'irrigation de la riziculture inondée, et à rendre ainsi possible l'irrigation totale des rizières. La capacité de stockage du réservoir doit être élargie en relevant de 3 m le niveau de l'étendue globale d'eau stockée ; l'irrigation des champs secs devrait être rendue possible en utilisant ces ressources en eau renouvelées et en développant les installations d'irrigation nécessaires.

(2) Plan d'exécution et estimation

(a) Le barrage

i) Remblai de contrefort pour les versants amont et aval du talus.

Il est impératif de doter le corps du barrage du même degré de stabilité, face au risque de glissement, que celui qu'il présentait auparavant. Pour répondre à cette exigence, il importe consolider les versants aval et amont du talus par du remblai supplémentaire afin de parer au risque de glissement.

ii) Revêtement horizontal

Il importe de donner au corps du barrage le même niveau de stabilité contre les défaillances hydrauliques, i.e. le phénomène d'érosion des sols connu sous le nom de « piping ». Pour satisfaire cette exigence, un revêtement horizontal doit être rajouté au pied du talus du barrage, afin de maintenir le gradient hydraulique sur l'ensemble de la surface des fondations.

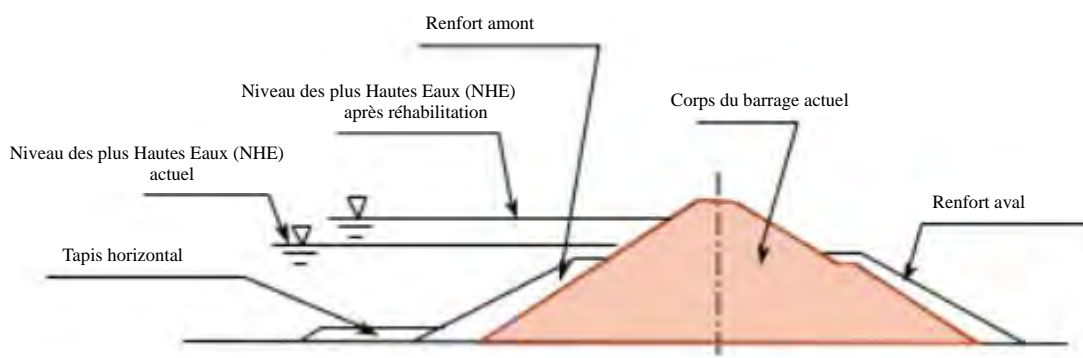


Fig. 6-2-1-1 Plan général du projet de réhabilitation du corps de barrage

iii) Retrait de l'encrochement actuel et réhabilitation

L'encrochement actuel devra être extrait de la zone de pose de remblai d'affermissement ; la surface du contrefort de remblai devra être protégée par un encrochement.

iv) Aménagement du versant aval, retrait et comblement de la maçonnerie de pied de talus

L'ancrage préventif actuel du talus, la maçonnerie au pied du versant et le conduit d'évacuation d'eau devront être retiré pour la pose du contrefort de remblai aval ; ils seront remis en place une fois cette dernière achevée.

(b) Le déversoir

i) Arrangement de la plage de débit du déversoir et construction d'un seuil de débordement

Il conviendra de construire un seuil de débordement de trois mètres de hauteur sur le fond de la partie d'admission du déversoir. La surface du sol situé en amont devra être recouverte par un revêtement de terre afin de réduire le gradient hydraulique le long de la surface de base du déversoir contre la chute d'eau, du côté amont.

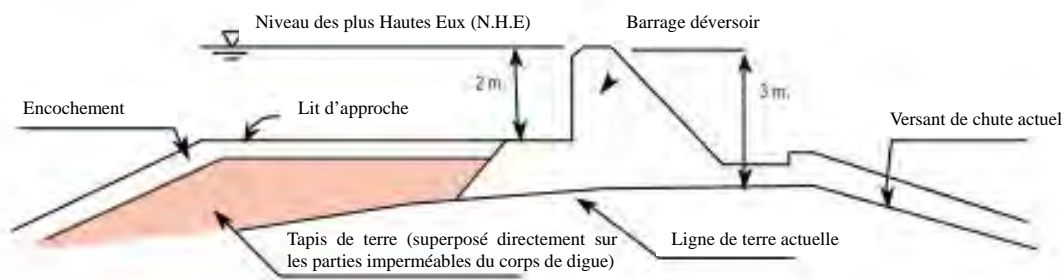


Fig. 6-2-1-2 Arrangement de la plage de débit du déversoir et seuil de débordement

ii) Arrangement de la section de chute

Le versant de chute actuel est déformé et ne dispose d'aucune protection. Cette partie doit être restructurée sous la forme d'un canal de chute et équipé d'une conduite en béton, la hauteur de chute devant connaître une augmentation.

(c) Installation de prise d'eau

i) Reconstruction des installations de prise d'eau

Les installations de prise d'eau actuelles ont vieilli et ne sont pas en bon état de fonctionnement. Le sas de déversement est endommagé et devrait faire l'objet d'une réparation ; une telle opération est néanmoins rendue difficile par l'impossibilité de fermer le conduit ou de vider le réservoir. Par conséquent, les installations actuelles doivent être démantelées et remplacées par des structures neuves. Ces travaux de renouvellement devront être effectués selon la méthode en tranchée à ciel ouvert (*open cut method*). La canalisation devra alors être réorientée vers le lit du cours d'eau et placée en position plus basse afin d'accroître le volume d'eau du réservoir disponible pour l'irrigation. Dans le même temps, la construction des composantes suivantes devrait faire l'objet de travaux.

- Une tour de prise d'eau
- Un système de vidange de fond équipé de canalisations et de valves
- Un bassin d'évacuation

ii) Mise en place de structure de prise d'eau pour l'irrigation des champs secs

Deux bassins d'évacuation devront être construits dans la partie aval du versant ; l'eau d'irrigation devra être acheminée vers ces bassins par le biais d'une canalisation et de tuyaux suivant les mêmes principes de conception que ceux du projet Ngoma-22.

(d) Structure d'irrigation

A l'instar de ce qui a été fait pour le projet Ngoma-22, les structures d'irrigation devront être placées en tenant compte du plan d'irrigation gravitaire depuis le canal principal et d'irrigation par pompage alimenté par le système de pompe solaire et le desservi par le canal principal.

6-2-2. Plan d'application et estimation des coûts

(1) Ouvrages temporaires

(a) La digue de fermeture

Une digue de fermeture d'une hauteur d'un ou deux mètres devra être érigé pour les travaux de terrassement du contrefort de remblai amont et pour la pose du revêtement horizontal

(b) Creusement des fondations

Il faudra procéder à l'extraction de la couche de sol sédimentaire recouvrant les fondations du contrefort de remblai amont et du revêtement horizontal.

(c) Drainage par pompe durant la période de travaux

Durant les travaux, le cours entrant de la rivière devra être drainée par pompage depuis l'amont de la digue de fermeture jusqu'en aval à travers une canalisation de dérivation pour permettre la tenue des travaux de construction du système de vidange. Une fois ces derniers achevés, le drainage devra être effectué par la canalisation du système de vidange de fond.

(d) Route temporaire

Une route temporaire devra être construite en rive gauche sur le long de la pente du réservoir pour relier la zone de remblai au site d'approvisionnement.

(2) Calendrier d'exécution

Tableau 6-2-2-1 Calendrier d'exécution des travaux du barrage chinois

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Corps d'état												
Installations temporaires / Générales												
Préparation du site	■											
Bureau de chantier	■											
Route temporaire	■											
Installations de prise d'eau												
Excavation pour le corps de barrage		■										
Démolition et retrait des installations existantes		■										
Construction des nouvelles installations de prise d'eau			■	■	■							
Excavation des fondations de barrage		■										
Batardeau	■											
Tapis horizontal		■										
Remblayage de recomfort			■	■								
Remblayage pour la restitution de l'excavation							■	■				
Enrochement							■	■	■			
Protection de la crête du barrage								■	■			
Enherbement de protection du talus								■	■			
Construction du déversoir							■	■	■			
Construction du canaux principaux			■	■	■	■	■					
Construction de canaux latéraux							■	■	■	■		
Installation de pompes solaires							■	■	■			
Construction de canaux terminaux								■	■	■	■	■
Autres									■	■	■	■
Replètement												■

(3) Volume approximatif de matériaux de construction nécessaire (réhabilitation du barrage chinois)

**Tableau 6-2-2-2 Volume approximatif de matériaux de construction
(réhabilitation du barrage chinois)**

Corps d'état	Calculs	Unité	Volume/quantité
Installations temporaires/généraux			
Préparation du site		ensemble	1
Bureau de chantier		ensemble	1
Route temporaire		500 m	500
Batardeau			
Drainage	Fonctionnement de la pompe submersible	ensemble	1
Construction des installations de prise d'eau			
Excavation pour le corps de barrage	$\{1,0 \times (2,4 + 2,0) / 3\} \times 12,0^3 + \{4,5 \times 1,0 + 5,0 \times (2,4 + 2,0) / 2\} \times 12,0^2 + 4,5 \times 5,0 \times 12,0$ = 5 036	m ³	5 036
Démolition et retrait des installations existante		1 ensemble	1
Construction des nouvelles installations de prise d'eau		1 ensemble	1
Barrage			
Excavation des fondations de barrage	$120,0 \times 30,0 \times 1,5$ = 5 400	m ³	5 400
Batardeau	$120,0 \times 1/2 \times (3,0 + 6,0) \times 2,0$ = 1 080	m ³	1 080
Tapis horizontal	$120,0 \times 20,0 \times 2,0$ = 4 800	m ³	4 800
Remblayage de renfort	$1/2 \times (3,0 + 6,0) \times 7,0 \times 120,0 \times 2$ = 7 560	m ³	7 560
Remblayage pour la restitution de l'excavation	= 5 036	m ³	5 036
Enrochement	$1/2 \times (19,0 + 29,0) \times 7,0 \times 2,6 \times 0,6$ = 262	m ³	262
Enherbement de protection du talus	$1/2 \times (19,0 + 29,0) \times 7,0 \times 2,236 + 1/2 \times (120,0 + 80,0) \times 7,0 \times 2,236 + 3,0 \times 120,0$ = 2 301	m ²	2 301
Construction du déversoir			
Déversoir et canal de chute	$1/2 \times (1,0 + 4,0) \times 3,0 \times 5,0 \times 1,5 + 1,0 \times 0,3 \times 10,0 \times 2 + 5,0 \times 0,3 \times 10,0$ = 77	m ³	77
Tapis de terre	$10,0 \times 30,0 \times 2,0$ = 600	m ³	600
Enrochement	$10,0 \times 30,0 \times 0,6$ = 180	m ³	180
Installation d'irrigation		1 ensemble	1

(4) Coût approximatif de construction (réhabilitation du barrage chinois)

Tableau 6-2-2-3 Coût approximatif des travaux (réhabilitation du barrage chinois)

Corps d'état	Unité	Quantité /volume	Coût unitaire (RWF)	Coût (RWF)	Remarques
Installations temporaires/générales					
Préparation du site	Ensemble			7 500 000	
Bureau de chantier	Ensemble			30 000 000	
Route temporaire	m	1000,0	147 000	147 000 000	7,0×1,0×1,0×13 000(50 kg. de ciment/m ³)=91 000 Assise en gravier : 7,0×0,2×1,0×40 000 = 56 000
Drainage	Ensemble	1,0		13 500 000	Opération continue 24 h/24h pendant 3 mois
Sous-total				198 000 000	
Installations de prise d'eau					
Excavation pour le corps de barrage	m ³	5036,0	4 500	22 662 000	
Démolition et retrait des installations existantes	Ensemble	1,0		15 000 000	
Construction des nouvelles installations de prise d'eau	Ensemble	1,0		266 256 000	
Sous-total				303 918 000	
Barrage					
Excavation des fondations debarrage	m ³	5400,0	6 500	35 100 000	
Batardeau	m ³	1080,0	8 500	9 180 000	
Tapis horizontal	m ³	4800,0	8 500	40 800 000	
Remblayage de renfort	m ³	7560,0	8 500	64 260 000	
Remblayage pour la restitution de l'excavation	m ³	5036,0	8 500	42 806 000	
Enrochement	m ³	262,0	40 000	10 480 000	
Enherbement de protection du talus	m ²	2301,0	1 500	3 451 500	
Sous-total				206 077 500	
Déversoir					
Deversoir et canal de chute	m ³	77,0	75 000	5 775 000	
Tapis de terre	m ³	600,0	8 500	5 100 000	
Enrochement	m ³	180,0	40 000	7 200 000	
Sous-total				18 075 000	
Installations d'irrigation	Ensemble	1,0		2 113 427 500	Analogue au projet Ngoma-22
Total				2 113 427 500	
Coûts approximatifs des travaux				2 839 498 000	

6-2-3. Plan d'étude

Le tableau suivant présente le plan d'étude nécessaire à l'étude des moyens pour rénover le barrage chinois.

Tableau 6-2-3-1 Plan d'étude sur le barrage chinois

Chinese Dam Investigation Plan		
Item	Quantity	Note
Borehole drilling	3 holes, 20 m x 3 = 60 m	
Standard penetration test	12 times/hole x 3 = 36 times	
Permeability test in the hole	4 times/hole x 3 = 12 times	
Test pit excavation	3 pits, D = 3 m x 3 = 9 m	
Field permeability test	2 pits/m x 3 m x 3 test pits = 18	Pit methode
Test piece sampling	3 pieces	undisturbed sample
Unit weight measurement	3	
Moisture content test	3	
Particle size distribution test	3	
Specific gravity test	3	
Atterburg limit test	3	
Direct shear test	3	
Standard compaction test	3	

CHAPITRE 7 EXAMEN DE LA PERTINENCE DE LA MISE EN OEUVRE DE LA COOPERATION ET DE L'ÉTENDUE/DE L'ENVERGURE ADÉQUATES DE LA COOPERATION

7-1. Pertinence de la mise en œuvre de la coopération

La mise en œuvre du présent Projet de coopération dans le cadre de la coopération non remboursable du gouvernement japonais est jugée pertinente pour les raisons suivantes.

- (1) Il existe 5 programmes/plans en tant que plans supérieurs au présent projet au Rwanda, à savoir : 1) Vision 2020 du Rwanda, 2) Plan quinquennal, 3) Politiques agricoles nationales, 4) Stratégie pour la transformation de l'agriculture au Rwanda, et 5) Programme d'aménagement des sols, de collecte d'eaux de pluie et d'irrigation collinaire. Ces programmes/plans sont établis avec comme objectifs la réduction de la pauvreté, la croissance économique, et la sécurité alimentaire. Ce projet qui fait partie du programme d'aménagement des sols, de collecte d'eaux et d'irrigation collinaire du point 5) ci-dessus, est cohérent avec le plan de développement à moyen et long terme des plans supérieurs du Rwanda, et a pour but de contribuer à la réalisation de ces objectifs.
- (2) Le programme LWH - aménagement des sols, collecte d'eaux et irrigation collinaire du Rwanda a pour objectif la construction de réservoirs pour usage agricole sur 101 sites dans l'ensemble du pays en s'appuyant sur le principe qui est « la mise en œuvre d'une agriculture axée sur le marché à travers l'amélioration des terres agricoles, l'aménagement de terres cultivables et l'irrigation collinaire ainsi que le renforcement de la structure des organisations concernées et de leur personnel». Ce projet, qui met l'accent sur la culture maraîchère sur les pentes montagneuses, se conforme aux objectifs mis en avant par le programme d'aménagement des sols, de collecte d'eaux et d'irrigation collinaire
- (3) Le gouvernement japonais s'est engagé, à l'occasion de la quatrième Conférence internationale de Tokyo sur le développement de l'Afrique (TICAD IV) à fournir une aide axée principalement sur 1) l'augmentation de la production alimentaire et l'amélioration de la productivité agricole, 2) l'amélioration de la gestion de l'utilisation des ressources en eau et des terres, 3) le développement des infrastructures dans le secteur de l'eau, 4) la réduction des risques de catastrophes, 5) l'amélioration de l'accès à l'eau potable salubre. Le présent projet qui a pour objectif le développement des ressources en eau par le biais de la construction d'un barrage et la modernisation de l'agriculture doit contribuer à la réalisation et à la mise en œuvre de tous les engagements susmentionnés.
- (4) Outre la technologie de base se rapportant à la planification et à la conception de réservoirs de stockage, le présent projet, qui propose des nouvelles idées notamment l'introduction de pompes solaires pour

l'irrigation en zone montagneuse et la prise des eaux souterraines à faible profondeur sur une section rétrécie au moyen d'un barrage, devrait devenir un modèle du développement de l'irrigation à petite échelle au Rwanda. Les points suivants sont concrètement mis en avant..

- (a) Évaluation générale du bilan hydrique de tous les affluents de Ngoma-22 et examen de leur utilisation avec une attention particulière sur les cours d'eau naturels, après mise en évidence, sur la base de relevés des précipitations et apports d'eau, que le débit de ruissellement était inférieur aux hypothèses initiales.
- (b) Confirmation des possibilités de prise d'eau pour l'irrigation des champs en amont par le biais d'efforts de rationalisation et d'économie de l'eau pour les rizières, sur la base d'une étude sur les conditions des rizières existantes, étant donné qu'une superficie assez importante de rizières inondées existent dans le bassin versant. (Le fait de satisfaire les conditions de prise d'eau et de distribution équitable de l'eau d'irrigation dans le secteur d'utilisation peut également contribuer aux activités des associations des usagers des eaux agricoles en facilitant par exemple la production stable de riz, la collecte des redevances de l'eau, la maintenance et la gestion des installations)
- (c) Examen des mesures d'utilisation concrètes notamment des méthodes de prise d'eau des eaux souterraines en tant que ressources supplémentaires après mise en évidence, sur la base de relevés, que le débit de ruissellement était inférieur aux hypothèses.
- (d) Planification de l'introduction d'un système de pompage solaire comparativement abordable, dont la vulgarisation a déjà commencé dans d'autres pays, après mise en évidence que la superficie irriguée avec de l'eau d'irrigation provenant uniquement de l'irrigation par gravité était considérablement inférieure au plan, en raison des conditions topographiques spécifiques au Rwanda caractérisées par l'étroitesse des bassins fluviaux entre les montagnes.

7-2. Étendue/envergure de la coopération

7-2-1. Étendue de la coopération

L'étendue de la coopération dans le cadre de ce projet est l'aménagement des infrastructures allant de la construction de barrage jusqu'à la construction des plus petites installations d'irrigation.. L'irrigation économe en eau ayant recours à la méthode de micro-irrigation est la principale caractéristique de ce projet, et le matériel nécessaire tel que les tuyaux étant indispensable pour la réalisation des objectifs du projet, celui-ci est inclus dans l'étendue de la coopération. Par ailleurs, les terres dans le lit fluvial en aval du site du barrage sont actuellement utilisées pour la riziculture, mais à la suite de la construction du barrage, ces rizières feront parties du périmètre irrigué. Outre la nécessité d'éviter de gaspiller l'eau lors de sa distribution jusqu'aux rizières, il est également nécessaire de contrôler / gérer les quantités d'eau

approvisionnées. Pour ce faire, il est nécessaire de réparer les diguettes qui ne sont pas dans un état permettant de retenir l'eau. Par conséquent, l'aménagement du matériel pour l'irrigation des rizières en aval, y compris la réparation des diguettes, est inclus dans l'étendue de la coopération.

Il est reconnu par les autorités rwandaises et les donateurs concernés que dans le programme de LWH, l'aménagement des sols (L : Land Husbandry) et l'irrigation collinaire (H : Hillside irrigation) sont indissociables, et tandis que l'aménagement des sols est inclus dans les cibles du projet, que les avantages économiques découlant des rendements améliorés à la suite de ces aménagements sont inclus dans l'évaluation économique, il est jugé que l'implication technique du gouvernement japonais dans cette composante n'est pas nécessaire, et par conséquent l'aménagement des sols ne fait pas partie de l'étendue de la coopération.

7-2-2. Envergure de la coopération

À l'heure actuelle, bien que l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation soit reconnue comme étant efficace et prometteuse, vu la difficulté à estimer la pertinence d'une évaluation des quantités d'eau disponibles, cette composante n'est pas concrètement intégrée au projet d'irrigation. Il est possible que la superficie irriguée de 275ha actuellement prévue au projet soit revue à la hausse à l'étape de la concrétisation du plan d'utilisation des eaux souterraines.

7-2-3. Défis à l'avenir

(1) Défis dans le cadre de ce projet (problèmes à court terme)

(a) Révision des quantités d'eau disponibles

Les données d'observation du débit fluvial utilisées dans l'établissement du plan sont celles de la période de février à juin. Cependant, il est nécessaire de réviser le débit fluvial disponible sur la base des données d'observation du débit fluvial incluant la saison sèche au mois de juillet et août.

En outre, il est nécessaire d'examiner le degré d'évaluation des quantités d'eau souterraines disponibles prenant en considération la situation à la saison sèche.

(b) Évaluation du débit de crue de calcul se rapportant au barrage

À l'heure actuelle, sur la base des données d'observation du débit fluvial au cours de la période du mois de février au mois d'avril, en tant que débit de crue de calcul se rapportant au barrage, le débit maximal calculé suivant la formule rationnelle est utilisé en ce qui concerne les précipitations journalières à Gahororo à partir de la probabilité des précipitations calculée sur une période de 50 années. Une nouvelle évaluation plus précise prenant en considération les résultats des observations du débit fluvial annuel, en utilisant la méthode de modèle de réservoir, la méthode de fonction de

stockage, etc., comme pour les quantités d'eau disponibles, s'avère nécessaire.

- (c) Mise en œuvre du calcul de la stabilité du barrage, du calcul hydraulique / calcul structurel du déversoir

Pour le moment, la forme de la section transversale du corps du barrage a été décidée de manière empirique, et à l'étape suivante de la conception il sera nécessaire d'effectuer les calculs de stabilité du corps du barrage.

De la même manière, pour le déversoir également il sera nécessaire d'effectuer des calculs / une conception hydraulique / structurelle.

- (d) Coefficient de surface de bassin

À l'heure actuelle, le coefficient de surface de bassin appliqué est 0,7. Pour indication le coefficient de surface de bassin dans l'irrigation économe en eau est compris entre 0,4 et 0,7. La pertinence de cette valeur doit être vérifiée en se référant aux résultats des essais de vérification sur le terrain de l'irrigation économe organisés actuellement sur le site.

- (e) Capacité utile du réservoir de 450 000 m³

La capacité utile du réservoir doit évidemment être revue sur la base des résultats révisés des quantités d'eau disponibles, mais il est également nécessaire d'examiner sa pertinence en fonction de simulations de l'exploitation du réservoir sur de longues années.

- (f) Amélioration des infrastructures de rizières

Il est nécessaire de poursuivre l'étude et l'examen sur le mode d'exécution efficace adapté aux conditions locales, notamment en ce qui concerne le contrôle de fuite d'eau par l'amélioration de diguettes et la mise en place d'écluses.

- (g) Aménagement de sols (Land Husbandry)

En ce qui concerne l'aménagement de sols, il est nécessaire d'examiner l'utilisation sur les lieux choisis du compost (engrais organique) par le gouvernement rwandais, en vue d'améliorer la fertilité des parcelles desservies d'une part, et de maintenir le pouvoir de rétention d'eau de sols d'autre part

- (2) Défis à moyen et long terme

Après l'achèvement de ce projet, une assistance continue sous l'aspect « soft », c'est-à-dire en matière de formation/encadrement par le gouvernement rwandais est essentielle pour renforcer encore davantage les effets du projet et assurer leur durabilité. Les thèmes / domaines concernés concevables

pourraient être les suivants.

(a) Encadrement technique pour l'agriculture dans les champs de culture non inondés

Pour les agriculteurs de ce secteur, la pratique de l'agriculture irriguée dans les champs secs ainsi que l'introduction dans le cadre de ce projet de l'arrosage en tant que méthode d'irrigation sur les terres agricoles représentent une première expérience. Par ailleurs, d'après les résultats de l'analyse économique de l'agriculture (analyse de sensibilité) l'augmentation des rendements est un facteur important pour accroître l'effet économique. Etant donné que désormais l'agriculture de champs secs pourra réaliser de bons rendements et effets économiques grâce à une fertilisation adéquate de la terre et une bonne pratique de l'arrosage, les appuis et encadrements du gouvernement rwandais sont attendus.

(b) Encadrement technique pour riziculture inondée

La riziculture inondée dans ce secteur est pratiquée depuis une vingtaine d'années, mais malgré son emplacement dans une région tropicale son altitude d'environ 1500m a transformé la culture du riz en une lutte contre des températures basses. L'introduction de variétés de riz adaptées en améliorant certaines espèces, le développement / l'application de méthodes agricoles adéquates parmi des méthodes spéciales ou radicales, telles que les cultures intermittentes, les cultures sans travail du sol, l'agriculture organique, etc. ne sont qu'un échantillon des nombreuses questions à traiter pour améliorer davantage la productivité. Par conséquent le gouvernement rwandais est appelé à y investir.

(c) Aide pour le renforcement des organisations des agriculteurs / assistance technique pour la gestion des installations hydrauliques.

L'établissement d'un système de coopération au niveau de la communauté locale est indispensable pour la mise en œuvre de la maintenance des ouvrages tels que le barrage et les canaux d'irrigation. L'établissement du système de coopération en question ne peut être réalisé qu'à travers le renforcement des associations des usagers des eaux. Cela signifie qu'un tel système pourra être mis en place en grande partie par les volontés spontanées de la part des agriculteurs. Le gouvernement rwandais est tenu d'assurer de façon continue l'appui et l'encadrement en la matière.

Par ailleurs, le gouvernement rwandais est tenu d'assurer une assistance technique en matière de manipulations des installations hydrauliques (exploitation et gestion des pompes solaires, gestion de vannes de prises d'eau de barrage / gestion de vanne de réservoir de régulation des canaux d'irrigation, la gestion des écluses des installations de prise d'eau pour les rizières, etc.).