



Formation « Planification, construction, exploitation et fermeture des décharges contrôlées au Maroc »

un projet du

**Programme de Gestion et de Protection de
l'Environnement en Maroc (PGPE)**

en coopération avec



Auf der Breit 11
D-76227 Karlsruhe



Module 1 : Bases de planification *Code de Bonnes Pratiques (CBP) § 1*

2^{ème} JOUR :

Présentation 7 : Importance de la barrière géologique	09:00 – 09:30
Présentation 8 : Investigations géotechniques du site retenu	09:30 – 10:15
Présentation 9 : Essais de laboratoire	10:45 – 11:45
Présentation 10 : Surveillance de la nappe (piézomètres)	11:45 – 12:00
Présentation 11 : Essais de perméabilité in-situ	13:30 – 14:00
Présentation 12 : Exercice – Isopièzes Méthode des triangles	14:00 – 14:30
Présentation 13 : Renforcement de la barrière géologique	14:30 – 15:00
Présentation 14 : Exercices – Investigations géotechniques	15:00 – 16:00
Discussion : Questions / Réponses	16:00 – 16:30



Exercice – Investigations géotechniques

Etudes de cas de deux décharges

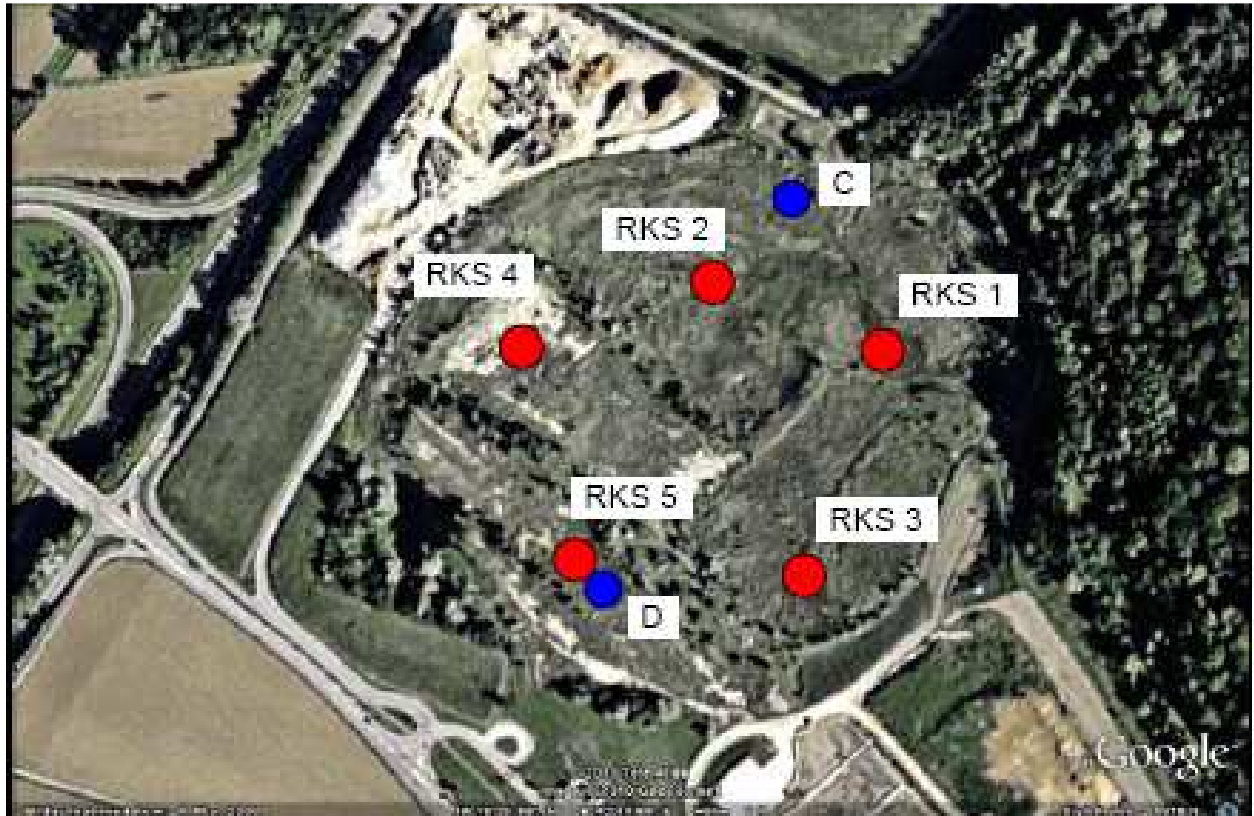
Décharge n°1 : Le site



Décharge n°1 : Résultats des investigations

Forage (profondeur)	Échantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Essai de perméabilité (In-Situ)				Moyenne	Courbe granulométrique (A = Argile, L = Limons S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Essai de cisail.	
			ku	kf	kf	kf						φ	c
B1 (12 m)	0-0,5 m	T. végétale											
	P1 (0,5-0,7 m)	Limons	6,4E-06	5,6E-09	9,6E-10	3,3E-09	A 16%, L 60%, S 24%	15,9;17,6	mp	25,8	1,5	31,7	7,6
	P2 (0,7-2,5 m)	Sable	7,0E-05	3,2E-04		3,2E-04	A+L 3%, S 74%, G 23%					34,9	0,4
	P3 (2,5-9,6 m)	Sable, Gravier		7,3E-04		7,3E-04	S 49%, G 51%						
P4 (9,6-12,0 m)	Sable, Gravier		9,1E-04		9,1E-04	S 63%, G 37%							
B2 (12 m)	0-0,1 m	T. végétale											
	P1 (0,1-0,3 m)	Limons	2,0E-05	2,1E-09	6,3E-10	1,4E-09	A 20%, L 63%, S 17%	14,8	np	21,9	1,5	30,2	14,1
	P2 (0,3-1,0 m)	Sable		2,6E-06		2,6E-06	A+L 13%, S 83%, G 4%						
	P3 (1,0-2,4 m)	Sable, Gravier		3,3E-04		3,3E-04	A+L 3%, S 46%, G 51%						
	P4 (2,4-5,3 m)	Sable, Gravier					A+L 3%, S 46%, G 51%						
	P5 (5,3-7,0 m)	Sable, Gravier				-							
	P6 (7,0-9,8 m)	Sable, Gravier		9,9E-04		9,9E-04	A+L 2%, S 35%, G 63%						
P7 (9,8-12,0 m)	Sable, Gravier		4,3E-04		4,3E-04	A+L 2%, S 53%, G 45%							
B3 (18 m)	0-0,2 m	T. végétale											
	P1 (0,2-1,6 m)	Sable	1,0E-05	9,5E-05	1,2E-06	4,8E-05	A+L 7%, S 81%, G 12%	18,1		0,2	34,1	10,1	
	P2 (1,6-2,4 m)	Sable, Gravier		2,0E-04		2,0E-04	A+L 4%, S 72%, G 25%						
	P3 (2,4-6,0 m)	Sable, Gravier		6,6E-04		6,6E-04	S 45%, G 55%						
	P4 (6,0-8,2 m)	Sable, Gravier				-							
	P5 (8,2-11,4 m)	Sable, Gravier		3,1E-04		3,1E-04	A+L 4%, S 53%, G 44%						
	P6 (11,4-15,1 m)	Sable, Gravier		7,5E-05		7,5E-05	A+L 7%, S 91%, G 3%						
	P7 (15,1-16,4 m)	Sable, Gravier				-							
P8 (16,4-18,0 m)	Sable, Gravier				-								
B4 (18 m)	0-0,1 m	T. végétale											
	P1 (0,1-0,4 m)	Limons	1,6E-06	2,4E-08	1,4E-09	1,3E-08	A 10%, L 51%, S 38%, G 2%	20,2	np	26,0	2,0	32,2	4,6
	P2 (0,4-0,7 m)	Sable limoneux		3,6E-07		3,6E-07	A 4%, L 38%, S 53%, G 4%						
	P3 (0,7-4,8 m)	Sable, Gravier		2,7E-04		2,7E-04	A+L 4%, S 44%, G 52%						
	P4 (4,8-9,2 m)	Sable, Gravier		8,3E-04		8,3E-04	A+L 1%, S 34%, G 65%						
	P5 (9,2-11,2 m)	Sable, Gravier		7,4E-04		7,4E-04	A+L 1%, S 61%, G 37%						
	P6 (11,2-11,3 m)	Sable, Gravier						76,8					
P7 (11,3-18,0 m)	Sable		3,30E-04		3,3E-04	A+L 3%, S 92%, G 5%							
B5 (25 m)	P9 (MP 0,0-1,1 m)	T. végétale		1,9E-05		1,9E-05	A+L 15%, S 78%, G 7%						
	P1 (1,2-1,4m)	Limons argileux		n.m.	1,6E-10	1,6E-10	A 28%, L 63%, S 8%	25,3		30,0	3,8		
	P2 (1,4-1,6 m)	Limons argileux	5,7E-07	n.m.		-	A 22%, L 53%, S 25%	22,3	mp			27,6	11,2
	P3 (1,6-1,8 m)	Limons argileux		n.m.	4,5E-10	4,5E-10	A 18%, L 51%, S 32%	22,7		29,9	2,3		
	P4 (1,95-2,05)	Limons argileux		n.m.		-	A 17%, L 59%, S 24%	24,0	mp				
	P5 (MP 2,2-4,0 m)	Sable, Gravier		1,6E-04		1,6E-04	A+L 7%, S 62%, G 31%						
	P6 (MP 4,0-5,4 m)	Sable, Gravier		3,2E-04		3,2E-04	A+L 5%, S 48%, G 48%						
	P7A (MP 5,4-8,0 m)	Sable, Gravier		7,2E-04		7,2E-04	A+L 1%, S 36%, G 62%						
	P7B (MP 8,0-10,9 m)	Sable, Gravier		1,8E-03		1,8E-03	A+L 2%, S 33%, G 65%						
	P8 (MP 10,9-17,2 m)	Sable		9,6E-05		9,6E-05	A+L 7%, S 93%						
	P10 (MP 17,2-21,0 m)	Sable		2,1E-04		2,1E-04	A+L 4%, S 95%, G 1%						
P11 (MP 21,0-25,0 m)	Sable		1,9E-04		1,9E-04	A+L 4%, S 96%							
B6 (18 m)	0-0,2 m	T. végétale											
	P1 A (0,2-0,6 m)	Limons argileux		n.m.			A 29%, L 65%, S 6%	25,6					
	P1 B (0,2-0,6 m)	Limons argileux	5,6E-07		6,5E-10	6,5E-10	A 25%, L 72%, S 4%					29,6	13,1
	P1 C (0,2-0,6 m)	Limons argileux		n.m.				26,5	mp	33,2	1,2		
	P2 (0,6-1,0 m)	Limons argileux				-		21,5					
	horizon de transition érodé	Sable				-							
	P3 (1,1-3,0 m)	Sable limoneux		5,3E-04		5,3E-04	A 3%, L 40%, S 57%						
	P4 (3,0-6,9 m)	Sable limoneux					A 3%, L 40%, S 57%						
	P5 (6,9-7,65 m)	Sable limoneux				-							
	P6 (7,65-10,2 m)	Sable limoneux				-							
P7 (10,2-10,4 m)	Sable limoneux				-								
P8 (10,4-11,6 m)	Sable, Gravier		1,2E-03		1,2E-03	A+L 1%, S 41%, G 58%							
P9 (10,6-18 m)	Sable, Gravier		2,1E-04		2,1E-04	A+L 3%, S 93%, G 4%							

Décharge n°2 : Le site



Décharge n°2 : Résultats des investigations

Forage (profondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Coefficient de perméabilité (laboratoire)	Courbe granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau		Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Remarques
			kf						
RKS1 (5 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Argile très limoneuse			28%	p			Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)	Argile très limoneuse		A 63%, L 36%, S 1%	27%	p	12,1		
	P3 (2,0 - 3,0 m)	Argile très limoneuse			23%	p			
	P4 (3,0 - 5,0 m)	Argile très limoneuse			24%	p			
RKS2 (7 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Argile très limoneuse	1,4E-10						Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)	Argile très limoneuse		A 66%, L 34%	26%	tp	15,0		
	P3 (2,0 - 3,0 m)	Argile très limoneuse							
	P4 (3,0 - 4,0 m)	Argile très limoneuse							
	P5 (4,0 - 6,5 m)	Argile très limoneuse							
RKS3 (7,40 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Argile très limoneuse	3,0E-10		30%	p			Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)	Argile très limoneuse			24%	p			
	P3 (2,0 - 3,0 m)	Argile très limoneuse		A 53%, L 46%, S 1%	15%	p	25,0		
	P4 (3,0 - 4,0 m)	Argile très limoneuse			18%	p	15,0		
	P5 (4,0 - 6,5 m)	Argile très limoneuse			16%	p			
	P6 (6,5 - 7,5 m)	Sable très limoneux		A 22%, L 32%, S 44%, G 2%	12%		16,4		
RKS4 (8,70 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Remblais limoneux			30%				Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 3,0 m)	Remblais argileux très limoneux							
	P3 (3,0 - 5,0 m)	Remblais argileux très limoneux			30%				
	P4 (5,0 - 7,0 m)	Remblais argileux très limoneux							
	P5 (7,0 - 8,5 m)	Remblais argileux très limoneux			33%				
RKS5 (11 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Remblais limoneux							Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 3,0 m)	Remblais limoneux		A 26%, L 32%, S 29%, G 13%	22%				
	P3 (3,0 - 5,0 m)	Remblais limoneux							
	P4 (5,0 - 7,0 m)	Remblais argileux très limoneux			29%				
	P5 (7,0 - 9,0 m)	Remblais argileux très limoneux			28%				
	P1 (9,0 - 10,0 m)	Remblais argileux très limoneux							
	P2 (10,0 - 11,0 m)	Remblais argileux très limoneux			15%	p			
C (36 m)	P1 (0,0 - 2,4 m)	Argile sableuse							Nappe non rencontrée
	P2 (2,4 - 36,0 m)	Argile très limoneuse, traversée de quatre niveaux de graviers, grès ou limons de max 50 cm d'épaisseur	1,0E-09						
D (20,30 m)	P1 (0,0 - 10,2 m)	Argile très limoneuse, traversée de quatre niveaux de sables, graviers, grès ou d'argile calcaire de max 50 cm d'épaisseur	1,0E-09						Nappe non rencontrée
	P2 (10,2 - 19,3 m)	Graviers avec traversée d'une couche de grès d'un mètre d'épaisseur							
	P3 (19,3 - 20,3 m)	Limons							

Limites d'Atterberg : „p“ = plastique ; „tp“ = très plastique



Formation « Planification, construction, exploitation et fermeture des décharges contrôlées au Maroc »

un projet du

Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement en Maroc (PGPE)

en coopération avec



Module 1 : Bases de planification *Code de Bonnes Pratiques (CBP) § 1*

2^{ème} JOUR

- Présentation 7 : Importance de la barrière géologique 09:00 – 09:30
- Présentation 8 : Investigations géotechniques du site retenu 09:30 – 10:15
- Présentation 9 : Essais de laboratoire 10:45 – 11:45
- Présentation 10 : Surveillance de la nappe (piézomètres) 11:45 – 12:00
- Présentation 11 : Essais de perméabilité in-situ 13:30 – 14:00
- Présentation 12 : Exercice – Isopièzes - Méthode des triangles 14:00 – 14:30
- Présentation 13 : Renforcement de la barrière géologique 14:30 – 15:00
- **Présentation 14 : Exercices – Investigations géotechniques 15:00 – 16:00**
- Discussion : Questions / Réponses 16:00 – 16:30



Présentation 14 : Investigations géotechniques du site retenu (CBP § 1.5 et 1.6)

1. Etudes des cas de deux décharges



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Rappel :

Exigences requises au droit du site et aux alentours du site de la future décharge

Les exigences géologiques que doit satisfaire la **barrière géologique** d'une décharge sont décrits dans la **Directive 1999/31/CE** concernant la mise en décharge des déchets:

➤ « **Capacité d'atténuation** suffisante pour éviter tout risque pour le sol et les eaux souterraines »

➤ « **La base et les côtés** de la décharge doivent être constitués d'une couche minérale répondant à des exigences de perméabilité et d'épaisseur dont l'effet combiné, en termes de protection du sol, des eaux souterraines et des eaux de surface, est au moins équivalent à celui résultant des exigences suivantes :

- Décharge pour déchets dangereux : $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, ép. ≥ 5 m
- Décharge pour déchets non dangereux : $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s, ép. ≥ 1 m
- Décharge pour déchets inertes : $k \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s, ép. ≥ 1 m



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Nous cherchons un site pour une décharge pour déchets non dangereux

Les exigences à la barrière géologique sont :

$$k \leq 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$

$$\text{Epaisseur} \geq 1 \text{ m}$$

Présentation 14



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Etude de cas n° 1



Le site de la décharge n° 1

- 6 forages
- Prélèvements d'échantillons pour analyse

Présentation 14

1. Exercice – Investigation de deux décharges

Etude de cas n° 1

Résultats des Investigations

Voir exercice

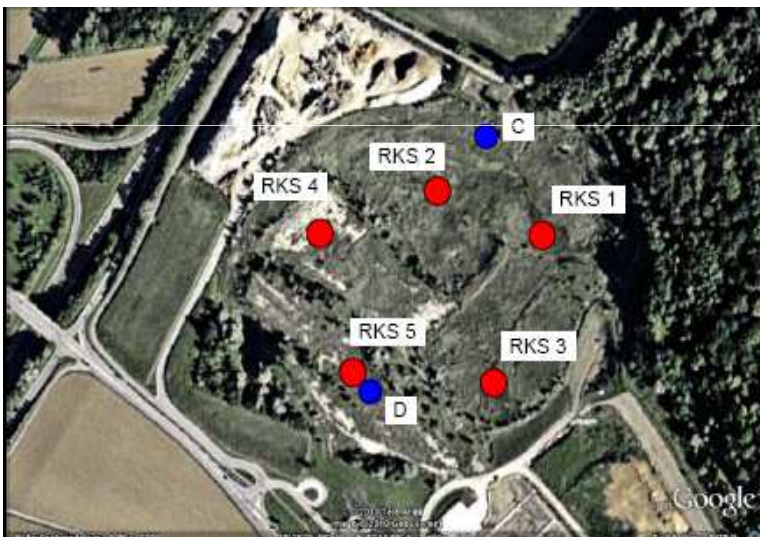
Forage (profondeur)	Édification (profondeur de piédoment)	Description	Essai de perméabilité (in situ)				Coefficient de perméabilité (calculé à partir de la courbe granulométrique) (Essai en laboratoire)	Moyenne	Cote de la grande ombrière (A = Abîme, L = Limon, S = sable, G = Gravier, C = Collage)	Teneur en eau	Limite d'attribution	Teneur en carbonates	Teneur en nitrates	Esp. de carb.
			ku	kf	kf	kf								
B1 (12 m)														
0-0,5 m	T. végétale													
P1 (0,5-0,7 m)	Limons	6,4E-06	5,6E-09	9,6E-10	3,3E-09	A 16%, L 60%, S 24%		15,9/17,6	mp	25,8	1,5	31,7	7,6	
P2 (0,7-2,5 m)	Sable	7,0E-05	3,2E-04	3,2E-04	3,2E-04	A+L 3%, S 74%, G 23%								
P3 (2,5-9,6 m)	Sable, Gravier	7,3E-04	7,3E-04	7,3E-04	7,3E-04	S 49%, G 51%								
P4 (9,6-12,0 m)	Sable, Gravier	9,1E-04	9,1E-04	9,1E-04	9,1E-04	S 63%, G 37%								
B2 (12 m)														
0-0,1 m	T. végétale													
P1 (0,1-0,3 m)	Limons	2,0E-05	2,1E-09	6,3E-10	1,4E-09	A 20%, L 63%, S 17%		14,8	np	21,9	1,5	30,2	14,1	
P2 (0,3-1,0 m)	Sable	2,6E-06	2,6E-06	2,6E-06	2,6E-06	A+L 13%, S 83%, G 4%								
P3 (1,0-2,4 m)	Sable, Gravier	3,3E-04	3,3E-04	3,3E-04	3,3E-04	A+L 3%, S 46%, G 51%								
P4 (2,4-5,3 m)	Sable, Gravier					A+L 3%, S 46%, G 51%								
P5 (5,3-7,0 m)	Sable, Gravier													
P6 (7,0-9,8 m)	Sable, Gravier	9,9E-04	9,9E-04	9,9E-04	9,9E-04	A+L 2%, S 35%, G 63%								
P7 (9,8-12,0 m)	Sable, Gravier	4,3E-04	4,3E-04	4,3E-04	4,3E-04	A+L 2%, S 53%, G 45%								
B3 (18 m)														
0-0,2 m	T. végétale													
P1 (0,2-1,6 m)	Sable	1,0E-05	9,5E-05	1,2E-06	4,8E-05	A+L 7%, S 81%, G 12%		18,1			0,2	34,1	10,1	
P2 (1,6-2,4 m)	Sable, Gravier	2,0E-04	2,0E-04	2,0E-04	2,0E-04	A+L 4%, S 72%, G 25%								
P3 (2,4-6,0 m)	Sable, Gravier	6,6E-04	6,6E-04	6,6E-04	6,6E-04	S 45%, G 55%								
P4 (6,0-8,2 m)	Sable, Gravier													
P5 (8,2-11,4 m)	Sable, Gravier	3,1E-04	3,1E-04	3,1E-04	3,1E-04	A+L 4%, S 53%, G 44%								
P6 (11,4-15,1 m)	Sable, Gravier	7,5E-05	7,5E-05	7,5E-05	7,5E-05	A+L 7%, S 91%, G 3%								
P7 (15,1-16,4 m)	Sable, Gravier													
P8 (16,4-18,0 m)	Sable, Gravier													
B4 (18 m)														
0-0,1 m	T. végétale													
P1 (0,1-0,4 m)	Limons	1,6E-06	2,4E-08	1,4E-09	1,3E-08	A 10%, L 51%, S 38%, G 2%		20,2	np	26,0	2,0	32,2	4,6	
P2 (0,4-0,7 m)	Sable limoneux	3,6E-07	3,6E-07	3,6E-07	3,6E-07	A 4%, L 38%, S 53%, G 4%								
P3 (0,7-4,8 m)	Sable, Gravier	2,7E-04	2,7E-04	2,7E-04	2,7E-04	A+L 4%, S 44%, G 52%								
P4 (4,8-9,2 m)	Sable, Gravier	8,3E-04	8,3E-04	8,3E-04	8,3E-04	A+L 1%, S 34%, G 65%								
P5 (9,2-11,2 m)	Sable, Gravier	7,4E-04	7,4E-04	7,4E-04	7,4E-04	A+L 1%, S 61%, G 37%								
P6 (11,2-11,3 m)	Sable, Gravier							76,8						
P7 (11,3-18,0 m)	Sable	3,30E-04	3,30E-04	3,30E-04	3,30E-04	A+L 3%, S 92%, G 5%								
B5 (25 m)														
P9 (MP 0,0-1,1 m)	T. végétale	1,9E-05	1,9E-05	1,9E-05	1,9E-05	A+L 15%, S 78%, G 7%								
P1 (1,2-1,4 m)	Limons argileux	n.m.	1,6E-10	1,6E-10	1,6E-10	A 28%, L 63%, S 8%		25,3		30,0	3,8			
P2 (1,4-1,6 m)	Limons argileux	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	A 22%, L 53%, S 25%		22,3	mp			27,6	11,2	
P3 (1,6-1,8 m)	Limons argileux	n.m.	4,5E-10	4,5E-10	4,5E-10	A 18%, L 53%, S 32%		22,7		29,9	2,3			
P4 (1,95-2,05)	Limons argileux	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	A 17%, L 59%, S 24%		24,0	mp					
P5 (MP 2,2-4,0 m)	Sable, Gravier	1,6E-04	1,6E-04	1,6E-04	1,6E-04	A+L 7%, S 62%, G 31%								
P6 (MP 4,0-5,4 m)	Sable, Gravier	3,2E-04	3,2E-04	3,2E-04	3,2E-04	A+L 5%, S 48%, G 48%								
P7A (MP 5,4-8,0 m)	Sable, Gravier	7,2E-04	7,2E-04	7,2E-04	7,2E-04	A+L 1%, S 36%, G 62%								
P7B (MP 8,0-10,9 m)	Sable, Gravier	1,8E-03	1,8E-03	1,8E-03	1,8E-03	A+L 2%, S 33%, G 65%								
P8 (MP 10,9-17,2 m)	Sable	9,6E-05	9,6E-05	9,6E-05	9,6E-05	A+L 7%, S 93%								
P10 (MP 17,2-21,0 m)	Sable	2,1E-04	2,1E-04	2,1E-04	2,1E-04	A+L 4%, S 95%, G 1%								
P11 (MP 21,0-25,0 m)	Sable	1,9E-04	1,9E-04	1,9E-04	1,9E-04	A+L 4%, S 96%								
B6 (18 m)														
0-0,2 m	T. végétale													
P1 A (0,2-0,6 m)	Limons argileux	n.m.	n.m.	6,5E-10	6,5E-10	A 29%, L 65%, S 6%		25,6						
P1 B (0,2-0,6 m)	Limons argileux	5,6E-07	n.m.	n.m.	n.m.	A 25%, L 72%, S 4%								
P1 C (0,2-0,6 m)	Limons argileux	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.			26,5	mp	33,2	1,2		29,6	
P2 (0,6-1,0 m)	Limons argileux							21,5						
horizon de transition érodé	Sable													
P3 (1,1-3,0 m)	Sable limoneux	5,3E-04	5,3E-04	5,3E-04	5,3E-04	A 3%, L 40%, S 57%								
P4 (3,0-6,9 m)	Sable limoneux					A 3%, L 40%, S 57%								
P5 (6,9-7,65 m)	Sable limoneux													
P6 (7,65-10,2 m)	Sable limoneux													
P7 (10,2-10,4 m)	Sable limoneux													
P8 (10,4-11,6 m)	Sable, Gravier	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03	A+L 1%, S 41%, G 58%								
P9 (10,6-18 m)	Sable, Gravier	2,1E-04	2,1E-04	2,1E-04	2,1E-04	A+L 3%, S 93%, G 4%								



1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Etude de cas n° 2

Le site de la décharge n° 2



- 7 forages
- Prélèvements d'échantillons pour analyse

1. Exercice – Investigation de deux décharges

Etude de cas n° 2

Résultats des Investigations

Voir exercice

	Forage (profondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Essai de perméabilité (in situ)		Coefficient de perméabilité (d'après la courbe granulométrique) (Essai en laboratoire) Moyenne	Coube granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Remarque
				ku	kf						
RKS1 (5 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)		Argile très limoneuse					28%	p		Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)		Argile très limoneuse			A 63%, L 36%, S 1%		27%	p	12,1	
	P3 (2,0 - 3,0 m)		Argile très limoneuse					23%	p		
	P4 (5,0 - 5,0 m)		Argile très limoneuse					24%	p		
RKS2 (7 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)		Argile très limoneuse	1,4E-10							Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)		Argile très limoneuse			A 66%, L 34%		26%	tp	15,0	
	P3 (2,0 - 3,0 m)		Argile très limoneuse								
	P4 (3,0 - 4,0 m)		Argile très limoneuse								
	P5 (4,0 - 6,5 m)		Argile très limoneuse								
RKS3 (7,40 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)		Argile très limoneuse	3,0E-10				30%	p		Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)		Argile très limoneuse			A 53%, L 46%, S 1%		24%	p	25,0	
	P3 (2,0 - 3,0 m)		Argile très limoneuse					15%	p	15,0	
	P4 (3,0 - 4,0 m)		Argile très limoneuse					18%	p		
	P5 (4,0 - 6,5 m)		Argile très limoneuse					16%	p		
	P6 (6,5 - 7,5 m)		Sable très limoneux			A 22%, L 32%, S 44%, G 2%		12%		16,4	
RKS4 (8,70 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)		Remblais limoneux					30%			Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 3,0 m)		Remblais argileux très limoneux								
	P3 (3,0 - 5,0 m)		Remblais argileux très limoneux					30%			
	P4 (5,0 - 7,0 m)		Remblais argileux très limoneux								
	P5 (7,0 - 8,5 m)		Remblais argileux très limoneux					33%			
RKS5 (11 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)		Remblais limoneux								Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 3,0 m)		Remblais limoneux			A 26%, L 32%, S 29%, G 13%		22%			
	P3 (3,0 - 5,0 m)		Remblais limoneux								
	P4 (5,0 - 7,0 m)		Remblais argileux très limoneux					29%			
	P5 (7,0 - 9,0 m)		Remblais argileux très limoneux					28%			
	P6 (9,0 - 10,0 m)		Remblais argileux très limoneux								
C (36 m)	P1 (0,0 - 2,4 m)		Argile sableuse								Nappe non rencontrée
	P2 (2,4 - 36,0 m)		Argile très limoneuse, traversée de quatre niveaux de graviers, grès ou limons de max 50 cm d'épaisseur	1,0E-09							
D (20,30 m)	P1 (0,0 - 10,2 m)		Argile très limoneuse, traversée de quatre niveaux de sables, graviers, grès ou d'argile calcaire de max 50 cm d'épaisseur	1,0E-09							Nappe non rencontrée
	P2 (10,2 - 19,3 m)		Graviers avec traversée d'une couche de grès d'un mètre d'épaisseur								
	P3 (19,3 - 20,3 m)		Limons								



1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 1

	Forage (profondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Essai de perméabilité (in situ)		Coefficient de perméabilité (d'après la courbe granulométrique) (Essai en laboratoire) Moyenne	Coube granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Essai de cisail.				
				ku	kf										
B1 (12 m)	0-0,5 m		T. végétale												
	P1 (0,5-0,7 m)		Limons	6,4E-06	5,6E-09	9,6E-10	3,3E-04	A 16%, L 60%, S 24%	15,9;17,6	mp	25,8	1,5	31,7	7,6	
	P2 (0,7-2,5 m)		Sable	7,0E-05	3,2E-04		3,2E-04	A+L 3%, S 74%, G 23%					34,9	0,4	
	P3 (2,5-9,6 m)		Sable, Gravier		7,3E-04		7,3E-04	S 49%, G 51%							
	P4 (9,6-12,0 m)		Sable, Gravier		9,1E-04		9,1E-04	S 63%, G 37%							
B2 (12 m)	0-0,1 m		T. végétale												
	P1 (0,1-0,3 m)		Limons	2,0E-05	2,1E-09	6,3E-10	1,4E-09	A 20%, L 63%, S 17%	14,8	np	21,9	1,5	30,2	14,1	
	P2 (0,3-1,0 m)		Sable		2,6E-06		2,6E-06	A+L 13%, S 83%, G 4%							
	P3 (1,0-2,4 m)		Sable, Gravier		3,3E-04		3,3E-04	A+L 3%, S 46%, G 51%							
	P4 (2,4-5,3 m)		Sable, Gravier					A+L 3%, S 46%, G 51%							
	P5 (5,3-7,0 m)		Sable, Gravier												
	P6 (7,0-9,8 m)		Sable, Gravier		9,9E-04		9,9E-04	A+L 2%, S 35%, G 63%							
P7 (9,8-12,0 m)		Sable, Gravier		4,3E-04		4,3E-04	A+L 2%, S 53%, G 45%								



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 1

La barrière géologique n'existe pas sur le site n° 1

- Le sous-sol est inhomogène.
- Dans les forages, on rencontre à différentes profondeurs toutes sortes de sols de façon discontinue : des graviers aux sables, jusqu'aux limons et aux argiles.
- Seuls les sols rencontrés dans les forages n°5 et 6 remplissent partiellement les exigences requises à la perméabilité du sous-sol (barrière géologique).

Présentation 14



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 2

	Forage (profondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Coefficient de perméabilité (laboratoire)		Coupé granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau		Remarques
				kf			Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	
RKS1 (5 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Argile très limoneuse				28%	p		Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)	Argile très limoneuse			A 63%, L 36%, S 1%	27%	p	12,1	
	P3 (2,0 - 3,0 m)	Argile très limoneuse				23%	p		
	P4 (3,0 - 5,0 m)	Argile très limoneuse				24%	p		
RKS2 (7 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Argile très limoneuse	1,4E-10						Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)	Argile très limoneuse			A 66%, L 34%	26%	tp	15,0	
	P3 (2,0 - 3,0 m)	Argile très limoneuse							
	P4 (3,0 - 4,0 m)	Argile très limoneuse							
	P5 (4,0 - 6,5 m)	Argile très limoneuse							

Présentation 14



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 2

Présentation 14

Forage (prof ondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Coefficient de perméabilité (laboratoire)	Coube granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Remarques
			kf					
RKS3 (7,40 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Argile très limoneuse	3,0E-10		30%	p		Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 2,0 m)	Argile très limoneuse			24%	p		
	P3 (2,0 - 3,0 m)	Argile très limoneuse		A 53%, L 46%, S 1%	15%	p	25,0	
	P4 (3,0 - 4,0 m)	Argile très limoneuse			18%	p	15,0	
	P5 (4,0 - 6,5 m)	Argile très limoneuse			16%	p		
	P6 (6,5 - 7,5 m)	Sable très limoneux		A 22%, L 32%, S 44%, G 2%	12%		16,4	
RKS4 (8,70 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Remblais limoneux			30%			Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 3,0 m)	Remblais argileux très limoneux						
	P3 (3,0 - 5,0 m)	Remblais argileux très limoneux			30%			
	P4 (5,0 - 7,0 m)	Remblais argileux très limoneux						

Mai 2014/ MIS

Formation „Décharges contrôlées“ – Module 1

Page 13



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 2

Présentation 14

Forage (prof ondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Coefficient de perméabilité (laboratoire)	Coube granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Remarques
			kf					
RKS5 (11 m)	P1 (0,0 - 1,0 m)	Remblais limoneux						Nappe non rencontrée
	P2 (1,0 - 3,0 m)	Remblais limoneux		A 26%, L 32%, S 29%, G 13%	22%			
	P3 (3,0 - 5,0 m)	Remblais limoneux						
	P4 (5,0 - 7,0 m)	Remblais argileux très limoneux			29%			
	P5 (7,0 - 9,0 m)	Remblais argileux très limoneux			28%			
	P1 (9,0 - 10,0 m)	Remblais argileux très limoneux						
	P2 (10,0 - 11,0 m)	Remblais argileux très limoneux			15%	p		

Mai 2014/ MIS

Formation „Décharges contrôlées“ – Module 1

Page 14



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 2

	Forage (profondeur)	Echantillon (profondeur de prélèvement)	Description	Coefficient de perméabilité (laboratoire)	Coulbe granulométrique (A = Argile, L = Limons, S = Sable, G = Gravier, C = Cailloux)	Teneur en eau	Limites d'Atterberg	Teneur en carbonates	Remarques
C (36 m)	P1 (0,0 - 2,4 m)		Argile sableuse						Nappe non rencontrée
	P2 (2,4 - 36,0 m)		Argile très limoneuse, traversée de quatre niveaux de graviers, grès ou limons de max 50 cm d'épaisseur	1,0E-09					
D (20,30 m)	P1 (0,0 - 10,2 m)		Argile très limoneuse, traversée de quatre niveaux de sables, graviers, grès ou d'argile calcaire de max 50 cm d'épaisseur	1,0E-09					Nappe non rencontrée

Présentation 14



01

1. Exercice – Investigations géotechniques – Etudes des cas de deux décharges

Résolution du cas n° 2

La barrière géologique existe sur le site n° 2

- Le sous-sol est très homogène.
- Dans tous les forages, on rencontre de l'argile (limoneuse, voire très limoneuse). Cela, même dans les zones remblayées.
- Les exigences requises à la barrière géologique sont remplies au niveau de tous les forages.

Présentation 14

**Merci pour
votre
attention**



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Gerd BURKHARDT
Directeur général
burkhardt@icp-ing.de

Pélagie BALL
Gestion de projets
ball@icp-ing.de



Auf der Breit 11
76227 Karlsruhe
Allemagne
www.icp-ing.de