

PRISE EN CONSIDERATION DES CONDITIONS DU CLIMAT ET DU SOL SUR LES TRAVAUX DES ROUTES ET DES PONTS

(sur le parcours du departement Erdene jusqu'a Undurkhaan)

M.A.Anand

Ph.D (Soil Engineering Co.Ltd)

Introduction

La supposition sur les changements climatiques a l'échelle mondiale devient aujourd'hui un événement réel. Si avant les changements climatiques ne dépendaient que des facteurs naturels, maintenant il y a aussi une influence des activités humaines.

Le fait que la nature et les activités humaines modifient le climat en permanence s'aperçoit de façon très précise ces dernières années dans notre pays. La terre mongole se trouve sur la frontière du sud du permafrost mondial. La température du permafrost étant changée et celui-ci ayant la tendance à se dégeler, l'événement de proéminence du sol s'aperçoit de plus en plus. L'événement de proéminence du sol a été étudié depuis des années 1970 pour la construction des bâtiments et ayant mis en œuvre certaines réglementations, normes et standards, les résultats positifs ont été atteints. Pourtant l'expérience nous prouve qu'il est nécessaire d'étudier l'influence du proéminence du sol sur la construction des routes et des ponts, ainsi qu'élaborer les mesures d'ingénierie pour lutter contre cet événement.

Sur ce document on a présenté les études des conditions géomorphologiques et géologiques concernant les 250 km de parcours entre le département Erdene du province Tuv et le département Undurkhaan du province Khentii, ainsi que l'histoire brève et les résultats de l'expérimentation de certains matériaux et sol dans le laboratoire.

Pendant ces études les méthodes des normes internationales tels que ASTM, AASHTO ont été mises en œuvre profondément pour l'expérimentation des matériaux et sols prévus pour la construction des ponts et le parcours.

Sur la colline Dutluur, les rivières Togos, Kherlen, Tsenkher, Jargalkhaan et Murun rencontrent le long du parcours, ayant foré jusqu'à la profondeur de 11.0-20.0 mètres et ayant fait l'expérimentation de Penetration Dynamique tout les 1 mètre, on a constaté que l'unité N était supérieure à 50, c'est-à-dire très dur et dense, ce qui prouve que le sol étudié pourra être une base solide pour la structure des ponts.

Selon le résultat de la recherche et expérimentation sur sol et matériaux du laboratoire, le CBR qui constate la solidité du sol et matériaux prévus pour le remblai, est à 95%-98% correspond aux exigences, c'est-à-dire dans la plupart des cas. Cependant le petit pourcentage montre qu'il faut utiliser une composition appropriée complémentaire à propos des couches inférieures des remblais et bases.

Le fait que le long du parcours le contenu des parties inférieures à 0.075 mm du sol occupe plus de 10 %, nous montre avoir la possibilité d'apparition de l'événement de proéminence pendant la période du gel.

C'est pourquoi il est indispensable d'étudier le proeminence du sol de façon très précise et détaillée d'après un programme spécifique, ainsi que d'examiner les matériaux routiers.

Climat

La température moyenne d'air à l'échelle mondiale a une tendance de devenir chaud par 0.4-1.1° C en année 2025, 0.8-2.6°C en 2050, 1.4-5.8°C en 2100 par rapport au niveau de l'année 1990. Cet événement n'a pas eu lieu depuis le dernier glacage. Le nombre des jours chauds s'augmente et le nombre des jours froids se diminue. Ceci n'est pas quelque chose de bien. A cause du changement climatique en Mongolie il y aura plus d'aridité, en conséquence plus de désertification et bien que le nombre des jours froids en hiver va diminuer, il y aura une tendance de l'accroissement des précipitations atmosphériques.

En hiver et en printemps la tempête de neige se relève soudainement et une couche de neige épaisse de 20 à 30 cm se forme sur les routes, alors en conséquence la circulation devient complètement impossible. (Cet événement a eu lieu au mois de mai 2001 sur la route d'Oulan-Bator dans la direction de Sukh-Bator)

Nous ne sommes pas sûrs du tout qu'un événement comme ça ne se reproduira sur la route "millénaire".

Selon les études de M.L.Natsagdorj, M. D.Dagvadorj, M.N.Namkhajantsan (8) la température annuelle moyenne d'air en Mongolie se refroidit par 1.56°C, dont en hiver par 1.61°C et en été par 0.3°C. Depuis l'année 1940 le nombre des jours plus froids que -25°C s'est diminué par 10-15 jours et le nombre des jours plus chauds que +30°C s'est augmenté par 2-6 jours. Les précipitations atmosphériques annuelles se réduisent en général par 17% au mois de mai. Mais au mois de mai 2002 il y avait des précipitations atmosphériques abondantes. Ceci pourrait être une preuve qu'un événement du changement climatique se laisse voir assez souvent.

Dans notre pays on a les prévisions météorologiques que les premières 25 années du nouveau millénaire la température annuelle moyenne d'air augmente par 1.8-2.8°C dont en hiver par 1.4-3.6°C, en été par 1.0-3.0°C et dorénavant la chaleur accroît par 1-2 fois.

Le tableau 1.1 nous montre les paramètres climatiques des locaux principaux rencontrés sur le parcours de 250 km entre le département Erdene et Undurkhaan qu'on a fait l'année dernière.

Parametres climatiques principaux

Tableau 1.1

d'ordre	Parametres climatiques	Undurkhaan	Murun	Jargalkhaan	Tsenkhermandal	Bayandelger	Erdene	
1	Valeur de la temperature moyenne annuelle d'air (°C)	-0.8	0.2	-1.3	-1.8	-1.1	-2.5	
2	Valeur de la temperature max absolue d'air (°C)	38.9	38.9	38.9	38.9	35.0	35.0	
3	Valeur de la temperature min absolue d'air (°C)	-46.3	-46.3	-46.3	-46.3	-40.2	-40.2	
4	Valeur de la temperature moyenne journaliere d'air (°C)	12.8	12.8	12.8	12.8	8.3	8.3	
5	Temperature d'air exterieure de calcul (°C)	1 ^{er} jour	-34.7	-30.4	-30.0	-30.4	-28.4	-29.9
		3 ^{eme} jour	-35.4	-31.0	-31.0	-31.0	-29.5	-31.7
		5 ^{eme} jour	-37.5	-31.7	-32.1	-31.7	-30.5	-33.6
6	Valeur de la temperature moyenne max absolue du mois de juillet (°C)	32.9	32.9	32.9	32.9	28.8	29.9	
7	Valeur de la temperature moyenne du mois de janvier (°C)	-37.2	-37.2	-37.2	-37.2	-32.5	-36.5	
8	Precipitations atmospheriques annuelles (mm)	255.7	255.7	255.7	255.7	282.5	248.8	
9	Pression de neige gPa (kg/m ²)	0.50 (50)	0.50 (50)	0.50 (50)	0.70 (70)	0.70 (70)	0.70 (70)	
10	Valeur normalisee de pression du vent (kg/m ²)	0.27 (27)	0.27 (27)	0.27 (27)	0.35 (35)	0.35 (35)	0.35 (35)	
11	Vitesse moyenne annuelle du vent (m/sec)	3.6	3.6	3.6	3.6	2.6	2.6	
12	Valeur de la temperature moyenne annuelle du surface du sol (°C)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	

D'après le tableau 1.1 la temperature moyenne annuelle d'air varie entre 0.2°C et 2.5°C. Bien que la pression de neige et de vent de Jargalkhaan a Undurkhaan soient identiques, elle s'augmente entre Jargalkhaan et Erdene, on voit une difference de 20 kg/m² pour la neige et de 8 kg/m² pour le vent. Bien que la tendance generale soit comme ca, les evenement climatiques et naturels qui arrivent de temps en temps surtout tels que la tempete de neige, l'amoncellement de neige, la crue des eaux, l'inondation etc. ont une influence negative sur la circulation routiere. C'est pouquoi il est indispensable d'etudier et tenir compte des evenements climatiques decrits au dessus pour le parcours de la route "millenaire".

En ce qui concerne la geomorphologie, le parcours etudie comprend des montagnes de differentes hauteurs, qui se separent de la chaine des monts de Khentii et qui s'allongent vers sud-ouest, ainsi que des ravins parmi ces montagnes et des lits des rivieres. Si le cote - ouest du parcours est montagneux avec des ravins, le cote - est a plutot une surface plate.

Le champs du parcours peut se diviser en 3 groupes selon les caractéristiques du relief :

1. Relief d'érosion éolienne – d'accumulation
2. Relief de transport – d'accumulation
3. Relief de transport – alluvial

Le relief d'érosion éolienne – d'accumulation comprend une zone montagneuse à hauteur absolue de 1500-1900m avec des ravins profonds. Les montagnes sont plutôt d'origine tectonique. Les événements et les processus géologiques et physiques se relient d'une manière précise dans ce groupe. Sur le mi-chemin du parcours un relief se présente avec des montagnes à hauteur de 1100-1300 m, tertres, collines, buttes, crevasses etc.

Le relief de transport – d'accumulation comprend une zone avec des collines à hauteur absolue de 1000-1150 m, plaines plutôt plates et vallées parmi les collines. La steppe de Chandgana occupe une partie majeure de ce relief. On peut rencontrer rarement les "sairs" (vallées desséchées des rivières), qui ont été formées par le courant temporaire, ainsi que les bassins ou l'alluvion de surface se laisse voir d'une manière précise.

Le relief de transport – alluvial comprend généralement les steppes, vallées des rivières ou s'est répandu en majorité l'accumulation d'alluvion. Il y a la vallée de Togos qui se trouve à hauteur absolue de 1000-1050 m, ainsi que les lits des rivières de Kherlen, Tsenkher, Murun, Khujkhaan.

Etudes

Au début les travaux ont été commencés par la recherche des pierres précieuses dans le partage d'eau et les vallées des rivières Kherlen, Tsenkher et montagne Bayan-Uul dans les années 1892-1983. Après avoir rassemblé les résultats des études faites plus tard, la topographie géologique a été élaborée en 1913-1914. Dans les années 1924-1925 M. Kutlenskii, l'explorateur russe avait fait les études profondes et détaillées dans les vallées des rivières Kherlen, Tsenkher et Murun. Il a constaté Batiolite, la zone profonde de Granodiorite et a découvert à certain niveau le développement d'accumulation sédimentaire récent des périodes permienne et jurassique. Pendant cette recherche il a étudié non seulement la mine d'étain des monts de Tugalagatai et a exploré d'autres ressources naturelles, mais aussi il faisait la cartographie où figuraient les sources.

Dans les années 1938-1960 il étudiait et explorait les ressources naturelles du province Khentii et faisait les rapports et les plans aux échelles 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:50000.

Outre cela V.A. Grunichev et N.A. Marinov ont fait le rapport sur les études du sol pour le parcours Oulan-Bator-Undurkhaan-Choibalsan. Plus tard dans les années 1970-1980 les études sur des ressources naturelles dans les vallées des rivières Kherlen, Tsenkher et Murun, ainsi qu'un plan aux échelles 1:500000, 1:200000 ont été faits. Bien que les études géologiques du sol faites à l'époque existent, ceci ne correspondent pas aux exigences contemporaines. En ce qui concerne de l'autoroute il n'y a aucune étude faite jusqu'à aujourd'hui.

En ce qui concerne la composition géologique les endroits engagés dans l'étude fait partie du système géosynclinal plissé. En général on distingue les roches par leur âge, origine et 3 genres: complexe des roches sédimentaires de l'époque permienne et jurassique, complexe paléozoïque bas et moyen d'origine magmatique et métamorphique et complexe de dépôts sédimentaires de l'époque néogène quaternaire. La région montagneuse de l'ouest du parcours comprend le granit et le granodiorite d'origine de roche effusive du complexe permien et jurassique. Au milieu du tracé se trouvent surtout la tourbe, le grès, le gneiss, l'aleurolite, l'argillite et le conglomérat du complexe paléozoïque. On rencontre partout le long du parcours les roches sédimentaires d'origine d'alluvion-proluvion, delluvion (alluvion

ancienne)- proluvion et elluvion-delluvion du complexe de la sedimentation meubles de l'epoque quaternaire. Dans la composition de sedimentation d'alluvion-proluvion il y a en majorite le sol areno-argileux, sablonneux ,a remplissage argileux, les chagrins et les galets rencontres aux 1er et 2eme niveaux de la terrasse de terre submersible dans les vallees des rivieres. La sedimentation de delluvion (alluvion ancienne)- proluvion prend la forme des galets et graviers a remplissage argileux, des sols areno-argileux, galetiques et argileux qui sont plus rencontres dans les vallees parmi des monts et pentes. Dans la composition de sedimentation d'elluvion-delluvion il y a en majorite les sols areno-argileux, sablonneux , les galets et graviers a remplissage argileux et qui subissent une tres forte erosion. Ils se sont repandu generalement sur les cotes, sommets et parfois sur les pentes des monts et des collines.

La zone montagneuse des monts de Khentii ne se rapporte pas aux zones actives de tremblement de terre en comparant avec d'autres locaux du pays mongol. Les experts russes ont constate que la valeur de l'aimant $M=5.8$ pour la montagne Erdenekhaan qui se trouve assez loin du parcours en question. D'autres informations sur le tremblement de terre sont tres limitees.

Ence qui concerne la hydrogeologie les fleuves et rivieres qui ont pris leurs sources des monts de Khentii se jettent a Kherlen et plus tard au bassin pacifique. Ayant fore jusqu'a 20.0 m on a constate que la nappe phreatique est fixe a 0.35-1.0 m dans le 1er niveau de terrasse de la terre submersible des rivieres Kherlen, Murun et Tsenkher. La nappe phreatique a un lien hydraulique avec la riviere concernee. Cependant le forage aux alentours de "sairs" (vallees dessechees des rivieres) de Khujkhaan, Jargaltkhaan et Togos montre que la nappe etait a 6.6-8.8 m.

Conditions du sol

15 % du territoire mongol occupe le permafrost, plus de 30 % le sol proeminent pendant le gel. Surtout pour le terrain aux alentours de Darkhan et Selenge l'humidite provoque l'affaissement du sol. L'augmentation de l'humidite dans les zones de Gobi provoque le gonflement du sol, en plus on peut rencontrer souvent des grands debris et le sol primitif. Le long du trace de 250 km que nous avons parcouru il n'y a pas de permafrosts et le sol a tendance de se gonfler. Mais dans un endroit il y avait le sol meuble qui peut provoquer l'affaissement. Dans la plupart des cas on rencontre le sol a tendance de la proeminence pendant le gel et de l'affaissement pendant le degel. Sur la terrasse droite de Kherlen le marecage se forme intensivement.

On remarque le sol peu dense tel que poussiereux, sablonneux, areno-argileux etc. d'origine eolienne au nord du departement Murun. Le fait que le processus d'erosion eolienne causee par l'alluvion de surface a lieu dans les locaux –ouest des zones montagneuses avec des rivins profonds, peut causer les defauts des constructions routieres.

Sur le parcours etudie, la partie du sol argileux comprend plus de 10%. Il y a tres peu de zones inferieur a 10% et ceci peut etre une circonstance propice pour la proeminence et affaissement. Surtout au cas ou la nappe phreatique se trouve pres de surface, le sol des zones marecageuses est meuble, alors ceci peut causer la forte proeminence. Le gel de saison varie entre 2.5-3.8 m.

Puisque sur le trace on rencontre souvent des galets, graviers, melange de gros sable, c'est tout a fait possible de les employer pour le remblai routier et pour la base au cas de protection contre le gel. Pour l'emploi sur d'autres couches pourtant, il faut prévoir d'autres compositions appropriees. Apres le mouillage de 4 jours du sol maternel le pourcentage CBR sur 93% doit etre superieurs a 7. Selon le resultat de l'experimentation, ce parametre repond aux exigences dans la plupart des cas. Cependant certains sols ne sont pas a satisfaire les demandes dans les couches inferieures des remblais et bases. Heureusement il n'y aura pas de difficultes si on prend des mesures necessaires d'ingenierie afin de les rendre appropries. Il est

indispensable de rassembler les compositions appropriées, c'est-à-dire le raffermisssement par sable et ciment, des matériaux pour le revêtement et couches supérieures des bases.

Pour la construction des ponts sur les rivières Kherlen, Tsenkher, Murun, Togos le forage de 20.0 m de profondeur a été exécuté et l'Experimentation de Penetration Dynamique a été faite sur chaque 1 m. Puisque ce sont en majorité la proéminence et l'affaissement du sol qui posent des problèmes sur la construction routière, nous vous présentons quelques informations, expérimentations, remarques et résultats d'étude.

Certains travaux de recherche et d'expérimentation ont été lancés pour la première fois en Mongolie depuis les années 1990. Dans les années 1994-1995 notre entreprise a mis en application pour la première fois l'Experimentation de Penetration Standard sur chaque 1 m ayant exécuté un forage de 20.0m de profondeur pour les études géologiques d'ingénierie sur les champs des ponts Orkhon et Burgaltai. Nous avons fait l'observation sur la température du sol, la proéminence et l'affaissement d'un endroit qui a une tendance marécageuse et qui se trouve à l'amont de Orkhon. Le schéma 1 montre la valeur de la température du sol et le forage en question.

Nous avons mesuré chaque mois la température du sol ayant installé dans le forage de 10.0m de profondeur le thermoresisteur du genre MMT-4 de la résistance électrique. Nous avons installé 10-11 thermoresisteurs à 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 7.5, 9.0 mètres pour chaque m^2 .

Le schéma 2 montre la profondeur du gel et dégel du sol de Orkhon et Burgaltai. La profondeur du gel est à 2.3-2.5m selon la position de la nappe phréatique. Nous avons constaté la valeur de la proéminence ayant fait la mesure géodésique selon l'unité de profondeur approuvée par le nouveau standard. La proéminence ne dépasse pas 9.0 cm.

Les études faites dans les années 1970-1980 approuvent que la proéminence n'atteint pas la profondeur du gel. La couche de création de proéminence est à $0.8H_{\text{gel}}$ pour le sol argileux, $0.6H_{\text{gel}}$ pour le sol d'aggrégation grossière (H_{gel} la profondeur normative du gel de sol). On a constaté la profondeur normative à l'échelle de la Mongolie et élaboré la formule. Les résultats sont à $\text{GOST} \text{ 2.02.01-94}$ et $\text{GOST} \text{ 1.01.-93}$.

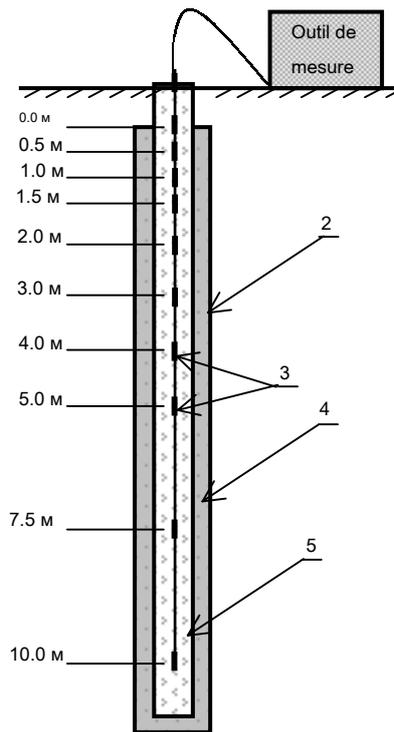
Dans les endroits où la proéminence est à supérieur et moyen niveau, sa valeur varie entre 8-20 cm, la valeur de sa force – $0.7-1.2 \text{ kg/cm}^2$. Ceci a été découvert par A.Anand (1,2,3), D.Dashjamts (6,7). Le fait que Z.Binderya et B.Batkhuyag ont élaboré les méthodes de pratique et conseils sur l'emploi de la forme de sable pour le sol qui a une tendance de la proéminence et sur la valeur de celle-ci du sol argileux ont un effet positif. Le résultat des études faites en Mongolie était identique à celui qui a été atteint par B.V.Shvets (10) de la région ouralienne, V.O.Orlov, B.B.Yolgin, I.I.Jeleznyak (9) de la région Chita. Le fait que la division de la proéminence du sol étudiée pour la construction routière, des ponts et des bâtiments, ainsi que l'argumentation théorique et pratique sont aussi identiques, correspond aux principes, normes, standards (13,15,16) qui ont été constatés par les savants internationaux et nationaux tels que A.I.Zolotarya, N.A.Punova, V.M.Sidenko,(11) I.I.Leonovich, N.P.Vierko (12). Ceci prouve que certains résultats de nos études correspondent aux normes mondiaux.

Conclusion

1. On peut considérer que les études du sol sur des champs pour la construction des ponts le long du parcours sont suffisantes pour faire le plan du projet.
2. On peut considérer que les études du sol sur des champs du parcours et des matériaux sont suffisantes pour élaborer les argumentations économiques et techniques.
3. Pourtant il est nécessaire de faire les études détaillées des matériaux et des sols pour faire le plan du projet des travaux le long du parcours. Surtout en ce qui concerne les études et les expérimentations qui correspondent aux exigences des matériaux de la couche inférieure des remblais et bases.

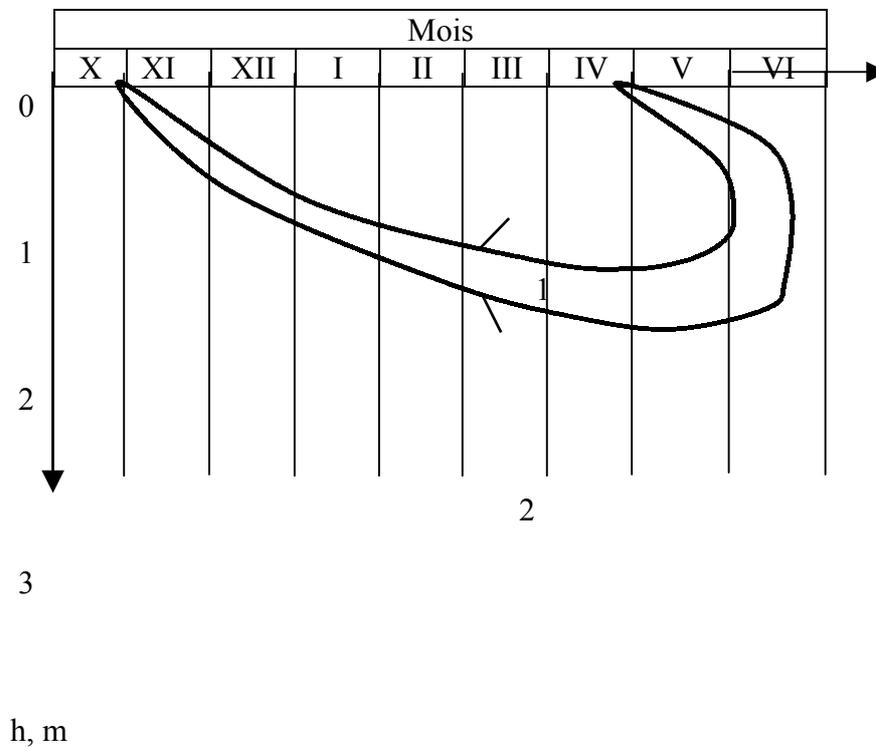
LISTE DE LA LITTERATURE UTILISEE

1. Anand A., Badgai L. "Poser les fondements du batiment sur le sol proeminent" Imprimerie d'Etat UB 1986
2. Anand A. "Etude de la profondeur normative du gel de terrain d'Oulan-Bator pour l'objectif de structure des fondements" IV eme conference russe-mongole de science et recherche pour la geologie ingenierie, creation des fondements UB 1977
3. Anand A. "Le danger de la proeminence du sol et la possibilite d'emploi de la base a pique pour le sol profondement gele et proemine" These du Ph.D de science technique UB 1977
4. Binderya Z. "Liaison du fondement non-profond sur la forme de sable avec le terrain proeminent gele de base tenant compte des conditions de la Mongolie " Expose des grandes lignes d'une these d'un candidat de science techniue L. 1991
5. Batkhuyag B. "Estimation des deformations de la proeminence de gel pour des terrains argileux de fondements non-profonds dans les conditions de gels et degels frequants en Mongolie" Expose des grandes lignes d'une these d'un candidat de science techniue L. 1990
6. Dashjamts D., Zakharov N.I. "Recherches experimentales des tensions pour des terrains profondement geles d'Oulan-Bator" IV eme conference russe-mongole de science et recherche pour la geologie ingenierie, creation des fondements UB 1977
7. Dashjamts D. "Fondements scientifiques de fait de projet rational des bases et fondements dans le sol avec la structure variee de la Mongolie" These de doctorat UB 1998
8. Natsagdorj L., Dagvadorj D. "Changement climatique et le developpement permanent" Conference theorique et pratique sur le theme "L'environnement- developpement permanent" UB 2002
9. Orlov V.O., Yolgin B.B., Jeleznyak I.I. "La proeminence de gel des terrains" Novosibirsk les Editions "Nauka" brance sibirienne 1987
10. Shvets V.B., Tarasov B.L., Shvets N.S. "Surete des fondements et bases" M. 1980
11. Zolotarya I.A., Puzakova N.A. et Sidenko V.M. "Regime hydrolique et thermique de terrai et revetements routiers" les Editions "Transports" M. 1971
12. Leonovich I.I., Virko N.P. "Mechanique de terrain" les editions "Science et technique" Minsk 1975
13. "Reglementation et normes pour faire un plan de projets des fondements et bases des batiments" ÁÁÁ 2.02.01-94 UB 1994
14. "Parametres geophysiques et climatiques pour l'emploi en batiment" ÁÁÁ 2.02.01-93 et ÁÁÁ 2.02.01-93/2001 UB 1993 UB 2001
15. "Les travaux geologiques d'ingenierie en batiments" ÁÁÁ 11-03-01, UB 2002
16. "Faire le projet de route" ÁÁÁ 3.2-01-00 UB 2000
17. "Report of soil and material investigation laboratory and field tests at the site of eastern alterial road from Erdene soumon to Undurkhaan town." Ulaanbaatar 2001 Soil Engineering Co.,Ltd



Schema 1. Forage installe pour mesurer la temperature du sol aux environs des ponts Orkhon et Burgaltai

1. outil de mesure
2. Tube en plastique de temperature
3. thermo-capteur
4. Remplissage sablonneux avec graviers
5. Sable sec



Schema 2. Etat du gel et degel du sol et eau
 1. Pont d'Orkhon
 2. Pont de Burgaltai