

01323X0022/SR4

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

B. P. 6009 - 45018 ORLEANS CEDEX - Tél. (38) 63.80.01

COMMUNE DE BEINE-NAUROY

(Marne)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
POUR MISE EN PLACE D'UNE POMPE A CHALEUR
ET DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES
DES SOLS DE FONDATION

Par

Y. BOVE ET D. RAMBAUD

80 SGN 729 CHA

octobre 1980



Service géologique régional CHAMPAGNE-ARDENNE

13, Boulevard du Général Leclerc - 51100 REIMS - Tél. (26) 49.93.40

BOVE + RAMBAUD (oct. 1980)

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

Subdivision Reims-Sud

rue de la gare

51500 SILLERY

COMMUNE DE BEINE-NAUROY

(Marne)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
POUR MISE EN PLACE D'UNE POMPE A CHALEUR
ET DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES
DES SOLS DE FONDATION

Par

Y. BOVE ET D. RAMBAUD

80 SGN 729 CHA

octobre 1980

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX - Tél. : (38) 63.80.01

Service Géologique Régional
Champagne-Ardenne
13, boulevard du général Leclerc
51100 REIMS
Tél. : (26) 49.93.40

COMMUNE DE BEINE-NAUROY

(Marne)

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE
POUR MISE EN PLACE D'UNE POMPE A CHALEUR
ET DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES
DES SOLS DE FONDATION

-O-O-O-O-O-

RESUME

A la demande de la Direction Départementale de l'Equipement, Subdivision de Reims-sud, pour le compte de la commune de Beine-Nauroy, le Service Géologique Régional Champagne-Ardenne du B.R.G.M. a été chargé d'étudier les possibilités d'exploitation de la nappe de la craie pour le chauffage par pompe à chaleur de la salle polyvalente d'une part et la détermination de la portance des terrains d'autre part.

Les travaux effectués en septembre 1980 ont donné les résultats suivants :

- I) - profondeur du sondage de reconnaissance : 25 mètres
- craie fracturée de 0,75 m à 17 m
 - niveau d'eau : 15,45 m le 25/09/80
 - débit d'exhaure très faible malgré injection de 525 kg d'acide chlorhydrique
 - un test de pompage a été effectué sur un puits voisin. Le puits a produit pendant 50 mn à $12 \text{ m}^3/\text{h}$. Le débit spécifique est de $3,2 \text{ m}^3/\text{h.m}$ en étiage alors qu'il était de $149 \text{ m}^3/\text{h.m}$ en avril 1980.
 - le niveau d'eau dans le puits (c'est à dire l'état de la recharge de la nappe) est donc déterminant pour la productivité de la nappe
 - la recharge est égale ou dépasse la moitié de l'amplitude annuelle 8 années sur 12 à partir du 1^{er} janvier (Cf. données de Fresnes-les-Reims), mais elle débute en octobre - novembre.

- II) - deux sondages pour prélèvement échantillons de sols intacts
- essais d'identification et essais de stabilité
 - des fondations superficielles peuvent être envisagées ; assise des semelles à 0,80 ou 1,00 m de profondeur
 - taux de charge admissible du sol compris entre 2,8 et 3,2 bars pour un chargement vertical centré et pour une semelle rectangulaire de 0,6 à 1 m x 2 m.

80 SGN 729 CHA

INTRODUCTION

A la demande de la Direction Départementale de l'Équipement, Subdivision de Reims-sud, le Service Géologique régional Champagne-Ardenne du B.R.G.M. a été chargé de réaliser une étude hydrogéologique et géotechnique pour le compte de la commune de Beine-Nauroy (Marne).

Cette étude intéresse le site de la salle polyvalente et comprend deux parties :

- I) - possibilité d'exploitation de la nappe de la craie pour un chauffage par pompe à chaleur,
- II) - reconnaissance des caractéristiques mécaniques des terrains de surface pour déterminer les fondations du bâtiment.

PREMIERE PARTIE

-o-o-o-o-

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

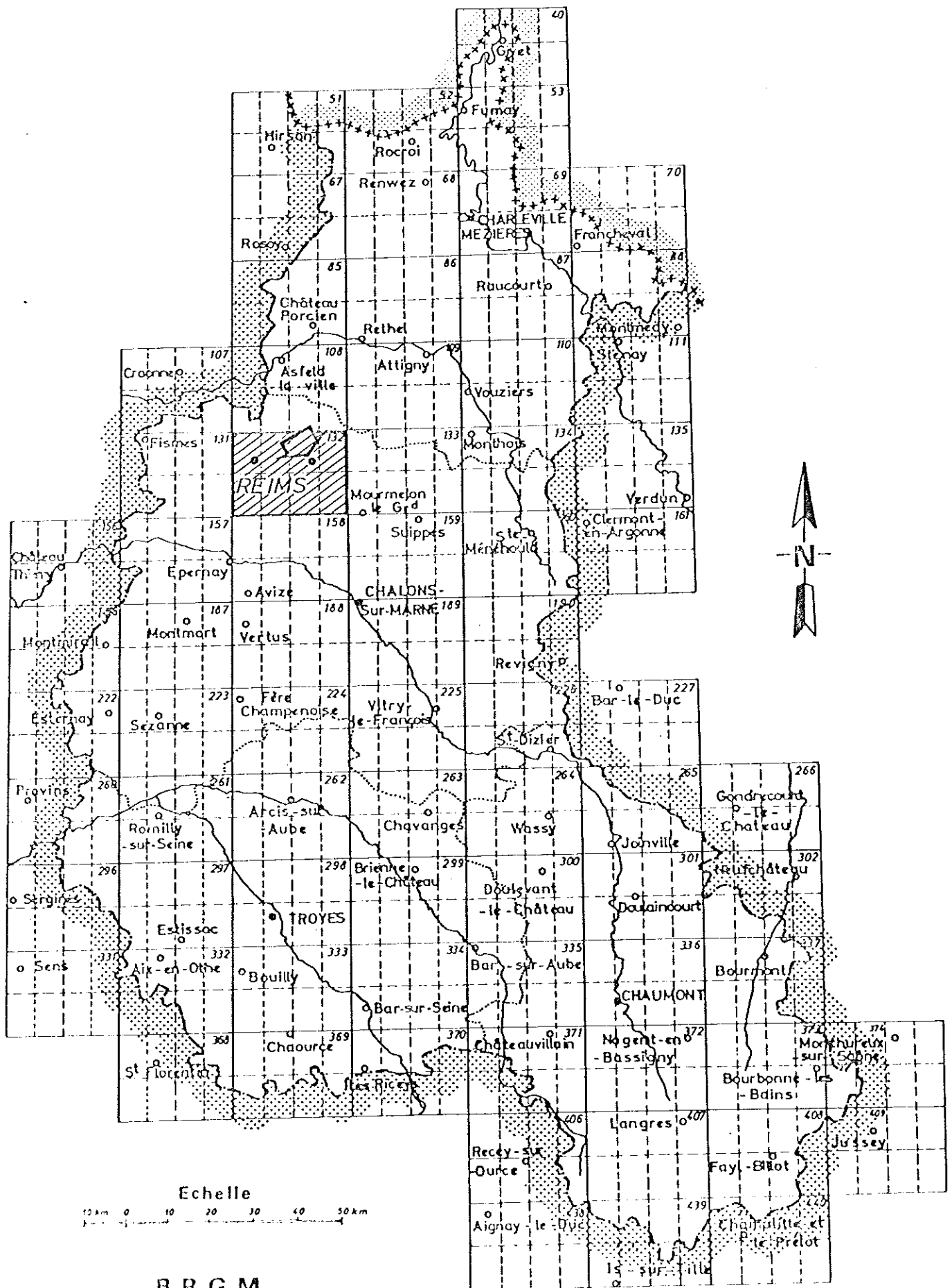
S O M M A I R E

	Pages
RESUME	1
INTRODUCTION	3
1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	6
2 - CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	6
3 - EXECUTION DU SONDAGE DE RECONNAISSANCE	6
4 - COUPE GEOLOGIQUE	9
5 - DEVELOPPEMENT ET TRAITEMENT	9
6 - TEST DE POMPAGE EFFECTUE SUR LE PUITS DE M. POITEVIN..	10
7 - VARIATIONS PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE DE LA CRAIE A FRESNES LES REIMS	12
CONCLUSION	15

LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 : Situation de l'étude
- FIGURE 2 : Situation du sondage de reconnaissance et du puits de M. POITEVIN
- FIGURE 3 : Carte piézométrique
- FIGURE 4 : Test de pompage effectué sur le puits de M. POITEVIN le 25/09/80
- FIGURE 5 : Piézométrie enregistrée au forage de Fresnes-les-Reims

Situation de l'étude.



B.R.G.M.

S.G.R. Champagne - Ardenne.

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La commune de Beine-Nauroy est située dans le Nord du département de la Marne, à une vingtaine de kilomètres à l'Est de Reims (figure 1).

Le terrain réservé pour la construction de la salle polyvalente se trouve au Sud immédiat de Beine-Nauroy ; il est actuellement en cultures.

Le sondage de reconnaissance a été implanté de telle sorte que l'exploitation de l'ouvrage soit le plus rationnel possible pour la salle polyvalente ; il est donc situé à quelques mètres du local de chauffage, à proximité de l'axe du vallon ("Gloie à Lieu") (figure 2).

Ses coordonnées kilométriques sont les suivantes :

$$X = 736,67$$

$$Y = 173,39$$

$$Z = + 116 \text{ NGF}$$

2 - CADRE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le territoire de Beine-Nauroy est constitué par un sous-sol crayeux qui contient une nappe dont les fluctuations saisonnières sont assez importantes (de l'ordre d'une dizaine de mètres). L'importance de ces fluctuations est à attribuer à la position très proche de la crête piézométrique séparant les bassins souterrains de la Vesle et de la Suippe (auquel appartient Beine-Nauroy) - voir figure 3.

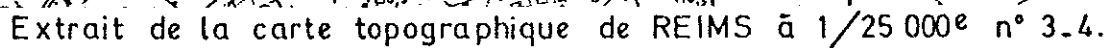
3 - EXECUTION DU SONDAGE DE RECONNAISSANCE

Le sondage a été réalisé à la tarière en diamètre 200 mm ; il a atteint la profondeur de 25 mètres.

Il a été équipé avec un tubage PVC de diamètre 160 mm, en tube crépiné de 6 à 25 m et en tube plein de 0 à 6 m.

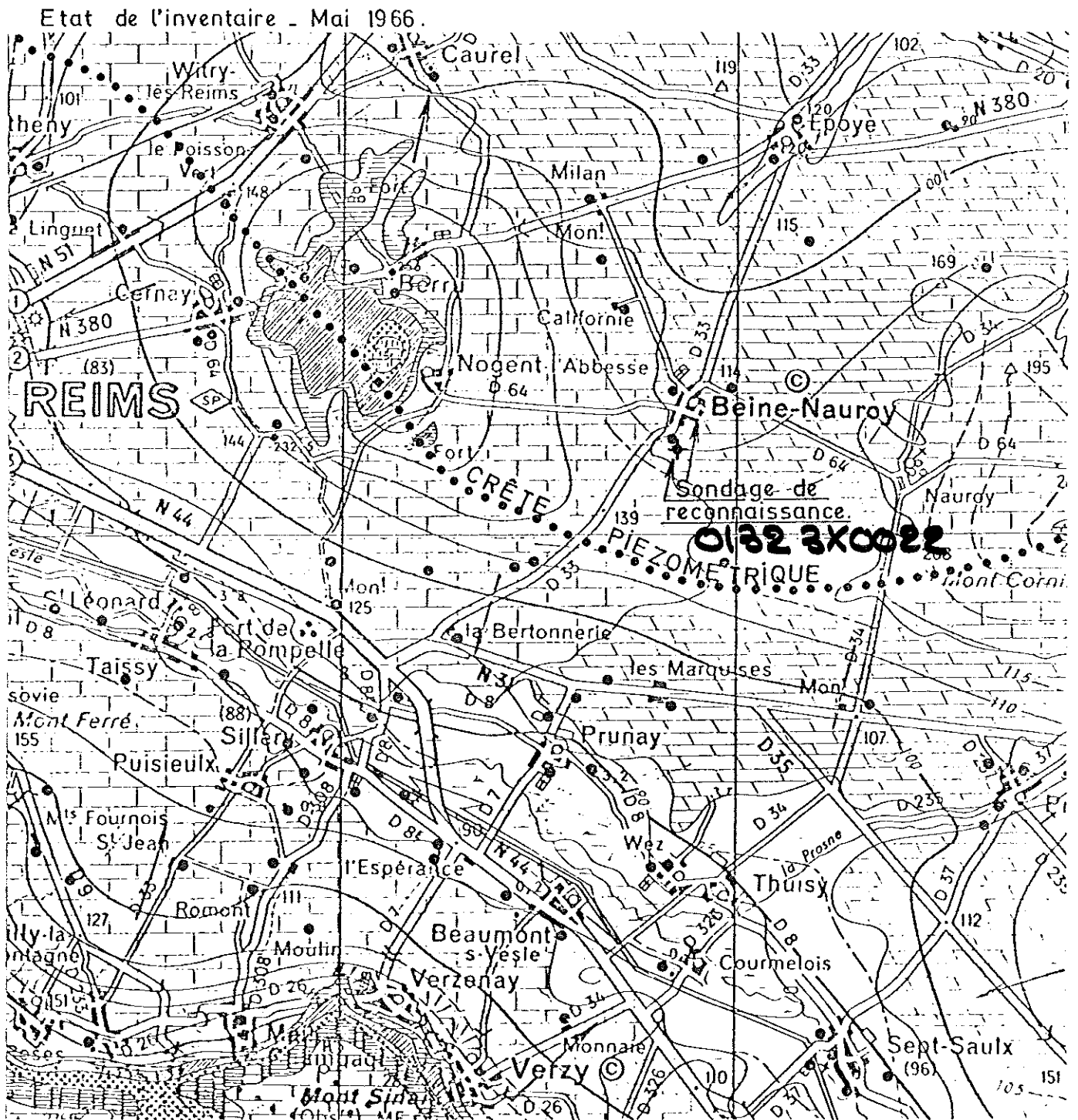
Un massif de gravier a été placé dans l'espace annulaire et la tête de forage a été cimentée avant la pose d'un capot de fermeture.

Situation du sondage de reconnaissance
et du puits de M^r Portevin.



Commune de BEINE - NAUROY

CARTE PIEZOMETRIQUE



Extrait de la carte hydrogéologique de REIMS à 1/100 000^e

01323X0022/SEY

4 - COUPE GEOLOGIQUE

- de 0,00 à 0,75 m : terre arable se chargeant de galets de craie (1 à 2 cm)
- de 0,75 à 2,25 m : craie très divisée, dure, en fragments de 3 à 10 cm (traces d'oxydation ferrugineuse)
- de 2,25 à 4,50 m : craie devenant de plus en plus dure très divisée
- de 4,50 à 8,00 m : craie devenant faiblement argileuse toujours divisée (fragments de 3 à 4 cm)
- de 8,00 à 17,00 m : craie légèrement argileuse avec fragments de craie à patine oxydée surtout au-dessous de 10 m (indice de circulation d'eau) eau à 15,75 m
- de 17,00 à 17,25 m : craie argileuse plastique, blanche
- de 17,25 à 20,50 m : craie blanche, argileuse, fragments de 1 à 3 cm
- de 20,50 à 21,00 m : craie argileuse grise, très plastique, renfermant des galets mous gris-noir (marne) de 0,5 - 3 cm
- de 21,00 à 25,00 m : craie blanche plastique.

Il résulte de cette coupe que la craie semble aquifère jusqu'à la profondeur de 20,50 m ; elle est toutefois probablement peu productive entre 17 et 20,50 m.

Le niveau d'eau se situant au 23/09/80 à la profondeur de 15,75 m, l'épaisseur de craie fracturée susceptible de produire devient très limitée en période d'étiage.

5 - DEVELOPPEMENT ET TRAITEMENT

Le 24 septembre, des tests de pompage ont été effectués avec une pompe immergée de 4" placée à 24 m de profondeur. Les résultats furent les suivants :

	NIVEAU STATIQUE en m	DEBIT DE POMPAGE	DUREE DE POMPAGE
1 ^e test	15,75	8,4	100 s
2 ^e test	15,00	8,4	100 s
3 ^e test	15,00	8,4	113 s

Compte-tenu de ces médiocres résultats, une injection de 525 kg d'acide chlorhydrique fut effectuée au fond du forage.

L'acide a été mis en charge avec 4000 l d'eau qui se sont très rapidement infiltrés témoignant ainsi des capacités d'absorption de la craie fracturée.

Ce traitement n'a provoqué aucune remontée d'eau à la surface du sol car la craie très fracturée, à faible profondeur, absorbait les remontées d'eau.

A la suite du traitement, un quatrième test de pompage fut exécuté dans les mêmes conditions que les précédents. Aucun gain n'a été enregistré et le développement a alors été interrompu sans qu'aucun pompage de longue durée ne puisse être réalisé.

Le 25/09/80, le niveau statique était de 15,45 m /sol. Il restait à savoir si l'implantation de ce sondage ne permettait pas l'exploitation de la nappe au débit désiré ($10 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 24 heures) ou si la productivité de la nappe en période d'étiage dans la région de Beine-Nauroy n'était pas suffisante pour satisfaire ces besoins.

6 - TEST DE POMPAGE EFFECTUE SUR LE Puits DE MONSIEUR P. POITEVIN

Afin de lever cette incertitude, il paraissait souhaitable d'effectuer un test de pompage sur le puits appartenant à Monsieur P. POITEVIN avec les installations existantes (figure 2). Le test a été effectué dans les conditions suivantes :

- pompe de $12 \text{ m}^3/\text{h}$ située à 22 m de profondeur
- niveau statique : 16,45 m/sol
- durée du test : 50 mn
- niveaux suivis à la sonde électrique
- essai réalisé le 25/09/80

Les résultats sont consignés dans le tableau figure 4.

Il apparait sur le graphique que la transmissivité diminue au fur et à mesure que l'épaisseur de craie aquifère s'amenuise. Cela se traduit sur ce même graphique par une courbe dont la pente augmente constamment.

FIGURE 4

TEST DE POMPAGE EFFECTUES SUR LE PUIT
DE MONSIEUR POITEVIN LE 25/09/80

COMMUNE: ...BEINE-NAUROY..... Dép^t: Marne

DESIGNATION: Puits.de.Monsieur.P...POITEVIN

N° B.R.G.M.

108 6 11

COORDONNEES:

X =

Y =

Z = ±.115 (EPD)

(Z nivelé:)

MESURES EFFECTUEES dans puits

REPÈRE DES MESURES (R) .dalle.béton...

..... Hauteur de R .0,00..

DATE DE L'ESSAI25/09/80.....

de ..16...h .00. à ..16...h .49...

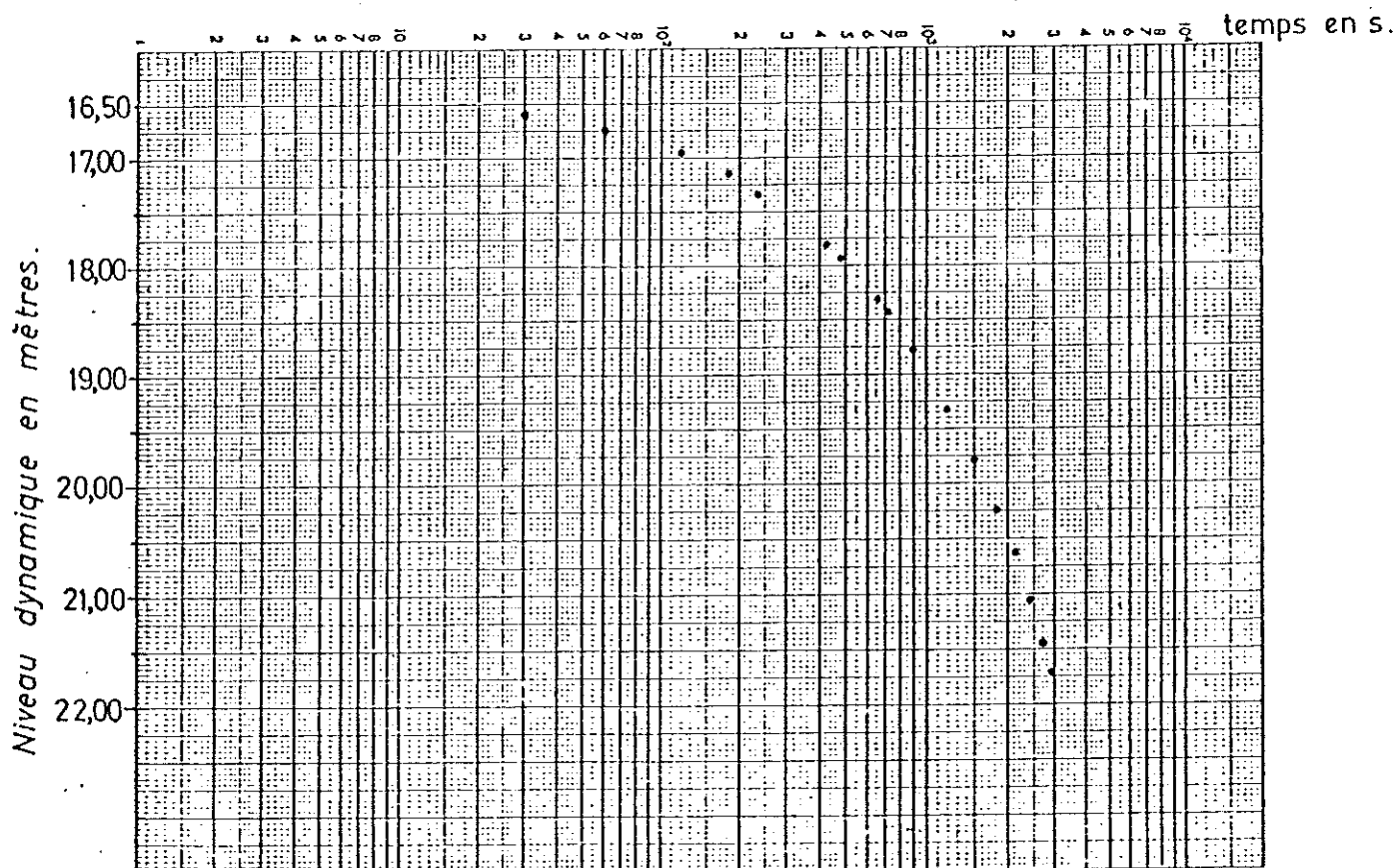
POMPE ..particulier...12.m³/b.....

DISTANCE DE REJET ...cuve.....

DISPOSITIF DE MESURES DES DEBITS

NAPPE CAPTEE ...craie.....

Débit	Niveau	Rabatt	t en secondes	TEMPS	t'	Rabatt. résiduel	Niveau
0	16,45	0	0	0	/		
	16,74		60	1			
	16,95		120	2			
	17,15		180	3			
	17,35		240	4			
	17,80		420	7			
	18,35		660	11			
	18,80		900	15			
	19,34		1200	20			
	19,80		1500	25			
	20,23		1800	30			
	21,45		2700	45			
	21,10		2940	49			
Prise d'eau à la pompe							



- RESULTATS -

TRANSMISSIVITE

i = Q =

$$T = \frac{0,183 \times Q}{i}$$

T =

COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT

T = to = r =

$$S = \frac{2,25 T to}{r^2}$$

S =

OBSERVATIONS:

Le 25/09/80, au bout d'une demi-heure de pompage à $12,2 \text{ m}^3/\text{h}$, le rabattement de la nappe était de 3,78 m (le débit spécifique du puits était donc de $3,2 \text{ m}^3/\text{h.m.}$

Cette valeur est à comparer à celle qui a pu être calculée à partir des résultats d'un test effectué le 1^{er} avril 1980 avec une pompe de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, le niveau statique étant alors de 10,85 m.

Au bout d'une demi-heure de pompage à $10,4 \text{ m}^3/\text{h}$ le rabattement n'était que de 0,07 m, ce qui donne un débit spécifique de $148,6 \text{ m}^3/\text{h.m}$ soit 46 fois supérieur à celui calculé en étiage.

Compte-tenu de ces caractéristiques de l'aquifère crayeux au droit de Beine-Nauroy, il serait souhaitable d'envisager d'une part des tests de pompage et de développement complémentaires sur le sondage en période de hautes eaux et un suivi de la remontée de la nappe d'autre part.

Seules ces données permettront de conclure sur la possibilité d'exploiter la nappe de la craie à l'aide de ce sondage et pendant quelle période de l'année.

7 - VARIATIONS PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE DE LA CRAIE A FRESNES-LES-REIMS (51)

Le forage de Fresnes-les-Reims (indice de classement national 108-6-11) fait l'objet d'un enregistrement continu du niveau d'eau depuis plusieurs années. Les résultats sont intéressants car la situation de ce point est semblable à celle du sondage de Beine-Nauroy - proche de la crête piézométrique du bassin de la Suippe et profondeur du plan d'eau du même ordre, une vingtaine de mètres - On peut donc dire que dans une première approche, les variations piézométriques saisonnières à Fresnes-les-Reims et Beine-Nauroy seront concomitantes. Un suivi annuel sur le sondage de Beine-Nauroy permettra de reconstituer un historique des variations en ce point.

Ainsi, il apparaît sur 12 années d'observations à Fresnes-les-Reims (période 1969 - 1980) que :

- la recharge de la nappe de la craie est commencée le 1^{er} octobre 4 années sur 12.

- la recharge est toujours commencée au 1^{er} janvier, elle est effectuée à la moitié au moins de l'amplitude annuelle 8 années sur 12 (les 4 autres années, cette recharge atteint le tiers de l'amplitude annuelle).

- la recharge atteint le maximum annuel 11 années sur 12 au 1^{er} avril, c'est à dire que le débit maximal annuel exploitable peut être prélevé en février - mars - avril - mai.

En outre, il apparait que le niveau de la nappe doit être situé à une cote minimale pour que le projet soit réalisable.

Cette donnée ne pourra être acquise qu'à partir de tests de pompage réalisés sur le sondage au cours de la recharge de la nappe (en décembre et janvier par exemple).

Faute de ces données, plusieurs hypothèses peuvent être examinées en prenant comme base la hauteur connue en dessous de laquelle l'ouvrage ne peut être exploité, soit 15,50 m (test septembre 1980).

1) Si après une recharge de 2 m (soit une profondeur de nappe de 13,50 m) la nappe devient exploitable, le projet sera alors réalisable 9 années sur 12 après le 1^{er} janvier 1980 et certaines années, l'exploitation pourra débuter plus tôt.

2) Si après une recharge de 4 m (soit une profondeur de 11,50 m) la nappe devient exploitable, le projet sera alors réalisable 6 années sur 12 seulement. Certaines années comme 1976 et 1972, l'exploitation ne pourra être envisagée.

CONCLUSION

Un sondage de reconnaissance de 25 mètres de profondeur a été réalisé au Sud immédiat de Beine-Nauroy, dans le but d'apprécier les possibilités d'exploitation de la nappe de la craie pour le chauffage par pompe à chaleur d'une salle polyvalente.

Les travaux ont été réalisés fin septembre 1980, à l'époque où la partie aquifère de la nappe est très mince. Il en résulte que le sondage est improductif à cette période de l'année (le développement n'a toutefois pas pu être achevé, compte-tenu des faibles possibilités d'exhaure).

Les possibilités d'exploitation de la nappe de la craie dans ce secteur situé à proximité de la crête piézométrique sont en effet très variables, suivant l'époque de l'année, étant donné que la craie n'est fracturée que jusque 17 à 20 mètres de profondeur.

La baisse du niveau de la nappe en étiage provoque le dénoyage des niveaux très productifs situés entre 6 et 15 mètres. Ceci implique que le débit spécifique puisse varier de $150 \text{ m}^3/\text{h.m}$ (avril 80) à $3 \text{ m}^3/\text{h.m}$ (septembre 80) selon les observations faites sur un puits voisin.

En définitive, la nappe ne pourrait être exploitée à $10 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 24 h qu'après une période de recharge. Il semble que dès le 1^{er} janvier la recharge soit suffisante pour satisfaire ces besoins, compte-tenu des observations effectuées sur le forage de Fresnes-les-Reims (enregistrements de 1968 - 1980).

Il reste toutefois à vérifier sur le sondage même, si la perméabilité locale permet cette exploitation. Pour ce faire, un suivi de la recharge sur un cycle annuel peut être assuré, afin de pouvoir réaliser aux dates opportunes des tests de pompage (courant décembre ou janvier) d'une part et restituer un historique des variations saisonnières en ce point sur une douzaine d'années (à partir des données de Fresnes-les-Reims).

Seuls ces résultats permettront de se prononcer sur la possibilité d'exploitation de la nappe de la craie à l'aide de ce sondage pour un chauffage de la salle polyvalente par pompe à chaleur.

On doit toutefois envisager dès à présent la nécessité d'un appoint à l'aide d'un autre type de chauffage au début de l'automne.

DEUXIEME PARTIE

-O-O-O-O-O-

ETUDE GEOTECHNIQUE

S O M M A I R E

	Pages
I - GENERALITES	3
2 - CARACTERISTIQUES DU PROJET ET DU SITE ETUDIE	3
3 - TRAVAUX DE RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN	4
31 - Nature des travaux	4
32 - Structure géologique du sous-sol	4
4 - ESSAIS EN LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS	5
5 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE	7
51 - Semelles à charge verticale centrée	7
52 - Semelles à charge inclinée et dissymétrique...	8
521 - Charge inclinée et centrée	9
522 - Charge excentrée	10
523 - Charge inclinée et excentrée	10
524 - Stabilité au renversement et au glis- sement	10
6 - CONCLUSIONS	12

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I	Plan de situation générale du projet
ANNEXE II	Plan d'implantation des travaux de reconnaissance
ANNEXE III	Coupes géologiques des sondages de reconnaissance (2)

BEINE-NAUROY

(MARNE)

CENTRE SPORTIF

ETUDE GEOTECHNIQUE DES SOLS DE FONDATION

1 - GENERALITES

La commune de Beine-Nauroy (Marne) envisage la construction d'une salle de sports, projetée en bordure du chemin rural dit de Gloie à Lieue (voir plan de situation générale du projet en annexe I).

Suite à une consultation de la Direction Départementale de l'Equipement, Subdivision de Reims-Sud, le B.R.G.M. - Services géologiques régionaux Champagne-Ardenne et Nord-Pas-de-Calais -, a procédé à l'étude géotechnique des sols de fondation de la future construction.

Le présent rapport rend compte des travaux réalisés sur le site et en laboratoire, et présente les conclusions qui en résultent, de façon à orienter le choix du mode de fondation le mieux adapté au projet et aux caractéristiques du sous-sol.

2 - CARACTERISTIQUES DU PROJET ET DU SITE ETUDIE

D'après le plan d'ensemble qui nous a été remis par le cabinet d'architectes BIGOT - LECOMPTE - POIRIER, le centre sportif aura une emprise au sol de l'ordre de 900 m^2 environ (560 m^2 pour la salle de sports et 340 m^2 pour les annexes).

Le bâtiment comportera des portiques de 16m de portée (bois lamellé-collé) qui conduisent à des fondations isolées avec charge verticale et horizontale. Les descentes de charge n'étant pas connues actuellement, (demande téléphonique auprès du Maître d'Oeuvre le 22/10/1980), elles seront considérées, pour l'élaboration du présent dossier, comme étant faibles à moyennes, compte-tenu de la nature du projet (ordre de grandeur 15 à 20 t verticalement).

Les observations sur le terrain étudié ont mis en évidence une légère pente (terrain subhorizontal).

3 - TRAVAUX DE RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN

31 - Nature des travaux

Ils ont été réalisés par l'entreprise de sondage RAFFNER, à la fin septembre, conformément au plan d'implantation donné en annexe II et ont consisté en l'exécution de 2 sondages de reconnaissance géologique descendus aux profondeurs suivantes :

R1 : 5,05m

R2 : 3,50m

Un total de 6 échantillons intacts conditionnés, y ont été prélevés, suivant la répartition et aux profondeurs suivantes :

	<u>R 1</u>	<u>R 2</u>
Echantillon n°1	1,00m-1,40m	0,75m-1,25m
Echantillon n°2	2,10m-2,50m	1,50m-2,00m
Echantillon n°3	4,55m-5,05m	3,00m-3,50m

Ils ont ensuite été envoyés au laboratoire de mécanique des sols du B.R.G.M. à Lezennes (Nord) pour analyse et essais.

32 - Structure géologique du sous-sol

Les coupes géologiques du sous-sol (voir annexe III), levées au cours des sondages, permettent de préciser, au droit de la future construction, le contexte géologique général du site étudié comme exposé dans la première partie du présent dossier.

La structure géologique du sous-sol, en fonction de la profondeur, se définit donc comme suit :

de 0,00m à 0,80/1,00m : Silt brun foncé à granules et morceaux arrondis de craie.

de 0,80/1,00m à 2,10/2,50m : Craie blanche très fracturée, tendre à dure

de 2,10/2,50m à 3,50/5,05m : Craie blanche très fracturée, devenant plus tendre vers 5m.

N.B. :-La fracturation élevée de la craie, dans sa frange supérieure, s'atténue avec la profondeur (craie saine vers 20,50m).

-Le niveau de la nappe se situait vers 15,50m de profondeur, le 24/09/80.

4 - ESSAIS EN LABORATOIRE DE MECANIQUE DES SOLS

Les 6 échantillons intacts prélevés au cours des sondages ont été examinés et soumis aux essais suivants :

- Essais d'identification

- . Mesure de la teneur en eau naturelle W_{nat} en %
- . Détermination des caractéristiques pondérales en t/m^3
 - Poids spécifique apparent humide (γ_h)
 - Poids spécifique apparent sec (γ_d)

- Essais de stabilité

- . Détermination des caractéristiques intrinsèques des matériaux par cisaillement linéaire rapide, (essai à la boîte de Casagrande).
 - Angle de frottement interne φ en degré
 - Cohésion C en bar

La description des échantillons et les résultats des essais sont récapitulés dans les tableaux présentés ci-après :

- Sondage R1

Nature	Profondeur de l'essai en m	Teneur en eau W %	Poids spécifique apparent	
			γ_h t/m ³	γ_d t/m ³
Craie très fracturée tendre	1,35	24,4	1,97	1,58
Craie très fracturée devenant un peu plus tendre	2,15	25,3	1,91	1,53
	2,45	24,6	1,98	1,59
	4,60	27,5	1,90	1,49
	5,00	27,0	1,97	1,55

L'essai de cisaillement linéaire sur un échantillon de craie tendre (cote d'essai 2,20m) a donné une cohésion nulle et un angle de frottement de 37°.

- Sondage R2

Nature	Profondeur de l'essai en m	Teneur en eau W %	Poids spécifique apparent	
			γ_h t/m ³	γ_d t/m ³
Craie très fracturée tendre	0,85	17,1	2,03	1,74
	1,10	23,1	1,97	1,60
	1,60	24,8	1,91	1,53
	1,90	24,6	1,95	1,57
Craie très fracturée devenant un peu plus tendre	3,20	22,8	1,96	1,59
	3,50	21,9	1,99	1,63

Les teneurs en eau naturelle et les caractéristiques pondérales confirment l'analyse visuelle et sont bien représentatives de la craie blanche.

Les caractéristiques mécaniques mesurées sur la craie mettent bien en évidence son degré élevé de fracturation ; son angle de frottement interne est important ($\varphi = 37^\circ$) et sa cohésion est nulle. Cette valeur peut d'ailleurs être considérée comme une valeur minimale puisque l'essai a été réalisé dans une tranche de craie où les caractéristiques pondérales mesurées sont les plus faibles ($\gamma_d = 1,53$ t/m³ pour un γ_d moyen de 1,58 t/m³).

5 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE

Compte-tenu de la nature géologique du sous-sol, des résultats des essais sur échantillons intacts et des descentes de charge d'intensité faible retenues au niveau du projet, on pourra retenir un mode de fondation superficiel par semelles fondées sur la craie.

Le taux de charge admissible du sol a donc été calculé pour des semelles de géométrie différentes, à partir des caractéristiques mécaniques mesurées en laboratoire (utilisation des règles classiques extraites du DTU n°13-1, relatives aux fondations superficielles), et suivant les diverses configurations de charge, comme exposées dans les paragraphes ci-après.

Les hypothèses générales de calcul prises en compte sont les suivantes :

- La cote d'assise préconisée correspond au toit de la formation crayeuse, soit 0,80m à 1,00m de profondeur par rapport au terrain naturel actuel, de façon à assurer une assise homogène des semelles qui seront fondées sur une craie franche rocheuse fissurée mais dépourvue de craie altérée pâteuse ou d'inclusions silteuses.
- L'angle de frottement interne de la craie fracturée est égal à 37° pour une cohésion nulle.

51 - Semelles à charge verticale centrée

Les valeurs du taux de charge admissible du sol, vis-à-vis du poinçonnement et des tassements, pour différentes géométries de semelles fondées sur le toit de la craie, sont regroupées ci-après :

- Charges ponctuelles

Taux de charge admissible en bar	Géométrie des semelles isolées	
3,0	1,0 m x 1,0 m	semelles carrées
3,5	1,5 m x 1,5 m	
=====	=====	
2,8	0,6 m x 1,5 m	semelles rectangulaires
3,0	0,8 m x 1,5 m	
3,2	1,0 m x 1,5 m	
2,9	0,6 m x 2,0 m	
3,1	0,8 m x 2,0 m	
3,2	1,0 m x 2,0 m	

- Charges linéaires

$\bar{q}_a = 3,2$ bars pour des semelles filantes de 0,6 m de largeur
 $\bar{q}_a = 3,4$ bars pour des semelles filantes de 0,80m de largeur

Remarques : Les tassements absolus n'ont pas été calculés mais l'on sait qu'ils sont généralement négligeables pour ce type de matériau lorsqu'il est soumis à des charges de faible intensité.

52 - Semelles à charge inclinée et dissymétrique

Si le sol d'assise des semelles est soumis à une charge inclinée et dissymétrique par rapport à leur axe de symétrie, il conviendra de prendre en compte une minoration des taux de charge admissible du sol vis-à-vis du poinçonnement en appliquant des coefficients de réduction sur les termes de surface $N\gamma$, et de profondeur Nq (le terme de cohésion n'est pas pris en compte, la cohésion étant nulle).

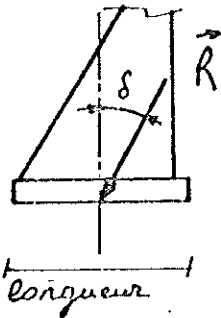
Ces charges inclinées intéresseront exclusivement les fondations de la salle de sports proprement dite, auquel cas, seul le dimensionnement de semelles rectangulaires des portiques principaux, qui conviennent bien pour la reprise de telles charges, sera étudié dans les paragraphes qui suivent.

521 - Charge inclinée et centrée

Les coefficients minorateurs ont été définis par MEYERHOFF pour une charge inclinée et centrée de la façon suivante :

$(1 - \frac{\delta}{\varphi})^2$: coefficient minorateur du terme de surface $N\gamma$

$(1 - \frac{2\delta}{180})^2$: coefficient minorateur du terme de profondeur Nq



avec δ : obliquité de l'effort résultant par rapport à la verticale (en degrés)

φ : angle de frottement interne du sol (en degrés).

Les taux de charge admissible du sol, en fonction de l'obliquité de l'effort résultant sont donnés dans le tableau ci-après :

inclinaison	5°	10°	15°	20°	25°
$N\gamma$	50,1	35,6	23,7	14,1	7,0
Nq	38,2	33,8	29,7	25,9	22,4
Semelles rectangulaires	Taux de travail admissible du sol en bar				
0,6m x 1,5 m	2,4	2,0	1,6	1,3	1,1
0,8m x 1,5 m	2,5	2,1	1,7	1,4	1,1
1,0m x 1,5 m	2,6	2,2	1,8	1,4	1,1
0,6 m x 2,0 m	2,5	2,0	1,7	1,3	1,1
0,8 m x 2,0 m	2,7	2,1	1,8	1,4	1,1
1,0 m x 2,0 m	2,8	2,2	1,8	1,4	1,1

Lors du dimensionnement définitif des semelles et pour les différents cas de chargement, on vérifiera que le diagramme des pressions, transmises au sol, est compatible avec ces contraintes admissibles.

522 - Charge excentrée

Si la résultante des efforts est excentrée par rapport à l'axe de symétrie de la semelle, on tiendra compte d'un coefficient minorateur C de la pression admissible, dans les deux cas suivants :

- . si l'effort résultant s'applique à l'intérieur du tiers central de la semelle :

$$C_1 = \frac{1}{1 + 3 \frac{e}{B}}$$

- . si l'effort résultant s'applique à l'extérieur du tiers central de la semelle :

$$C_2 = 1 - \frac{2e}{B}$$

avec e : excentrement de l'effort résultant par rapport à l'axe de la base de la semelle

B : Largeur de la semelle.

523 - Charge inclinée et excentrée

Les coefficients minorateurs s'appliquent encore. Il suffira de les combiner en contrôlant, par une étude cinématique, si les effets de l'inclinaison et de l'excentrement s'associent ou se contrarient.

524 - Stabilité au renversement et au glissement

- Renversement : pour que les conditions de stabilité au renversement soient satisfaites, on vérifiera que le rapport entre le moment dû aux forces stabilisatrices (poids de la structure, de la fondation et des terres sur la semelle) et celui dû aux forces de renversement (effort horizontal de la structure, efforts dus au vent) est supérieur ou égal à 1,5.

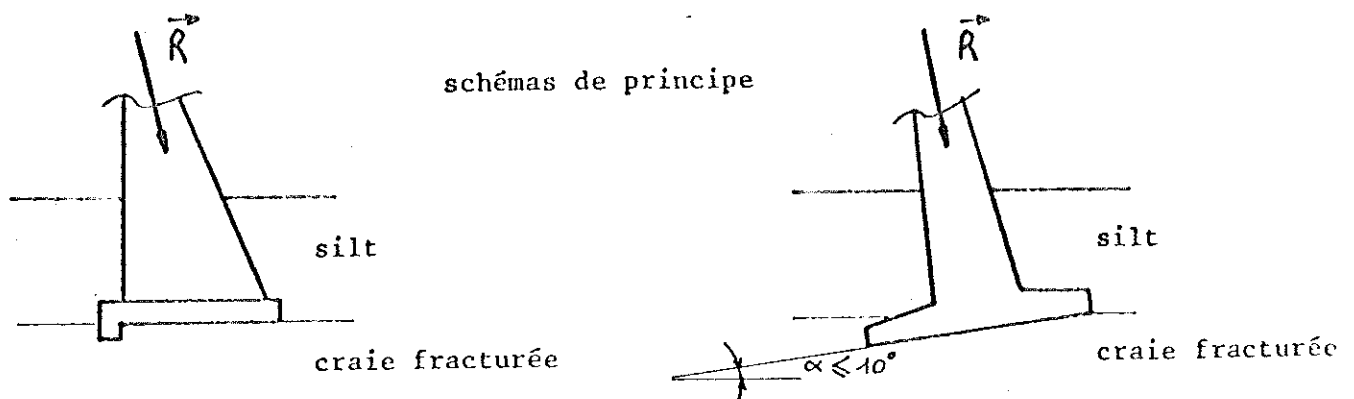
$$Fr = \frac{\text{Moment des forces stabilisatrices}}{\text{Moment des forces de renversement}} \geq 1,5$$

- Glissement : la stabilité au glissement sera assurée si le coefficient défini ci-après est supérieur ou égal à 1,3 (valeur minimale préconisée).

$$F_g = \frac{\text{Composante verticale de l'effort résultant}}{\text{Composante horizontale de l'effort résultant}} \quad \text{tg } \psi \geq 1,3$$

où ψ est l'angle de frottement entre le sol et le béton constitutif de la semelle.
Sur la craie, on pourra prendre $\text{tg } \psi$ égal à 0,40.

- Même si les semelles sont collées en pleine fouille, on néglige en règle générale, la butée du terrain sur la semelle (le déplacement nécessaire à la mobilisation de la butée est en général incompatible avec le comportement de la structure).
- Le coefficient de sécurité au glissement pourra être amélioré, soit au moyen d'une bêche, auquel cas ψ pourra être pris égal à φ (angle de frottement interne du sol), soit en inclinant légèrement la semelle de façon à réduire l'obliquité de l'effort résultant par rapport à la base de la semelle. Cette dernière mesure améliore la répartition des contraintes sous la base de la semelle, toutefois, on évitera, pour des dispositions constructives, de dépasser une inclinaison de 10° par rapport à l'horizontale.



. On contrôlera lors des opérations de terrassement, l'homogénéité et l'absence de remaniement du fond de fouille, afin de ne pas décompresser l'assise sous peine d'observer une chute des propriétés géotechniques. A cet égard, et pour protéger immédiatement le sol d'assise, un béton de propreté devra être coulé dès l'ouverture des fouilles de façon à conserver les propriétés initiales du sol déterminées en laboratoire sur échantillons intacts.

. Le niveau de la nappe n'aura bien évidemment pas d'incidence sur les travaux de fondation, compte-tenu de sa profondeur/T.N.

6 - CONCLUSIONS

Les résultats de la reconnaissance géotechnique des sols de fondation de la future salle de sports de Beine-Nauroy, permettent de tirer les conclusions suivantes sur le mode de fondation à retenir.

- Compte-tenu de la coupe géologique du sous-sol, des fondations superficielles sont envisageables. Nous préconisons, à ce titre, une assise des semelles sur (ou dans) la formation crayeuse rencontrée à partir de 0,80/1,00m de profondeur. A ce niveau, l'homogénéité et les caractéristiques de la craie sont satisfaisantes.
- Le taux de charge admissible du sol est compris entre 2,8 et 3,2 bars pour un chargement vertical centré, et ce, pour une semelle rectangulaire de 0,6 à 1,0m de largeur sur 2m de longueur (voir paragraphe 51).
- En fonction de l'obliquité et de l'excentrement de la résultante des efforts appliqués à la base de la semelle, on minorera les taux de charge admissible du sol par les coefficients réducteurs appliqués sur les terme de portance définis au paragraphe 52.

Le dimensionnement définitif des semelles devra être étudié en fonction des différents cas de charge et vis-à-vis de la stabilité au glissement et au renversement.

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage pour étudier, dans le cadre d'une mission complémentaire, les problèmes qui pourraient se poser dans l'élaboration du projet définitif.

Y. BOVE, Ingénieur géotechnicien
Service géologique régional Nord-Pas-de-Calais du B.R.G.M.

avec la collaboration de :

D. RAMBAUD, Ingénieur hydrogéologue
Service géologique régional
Champagne-Ardenne

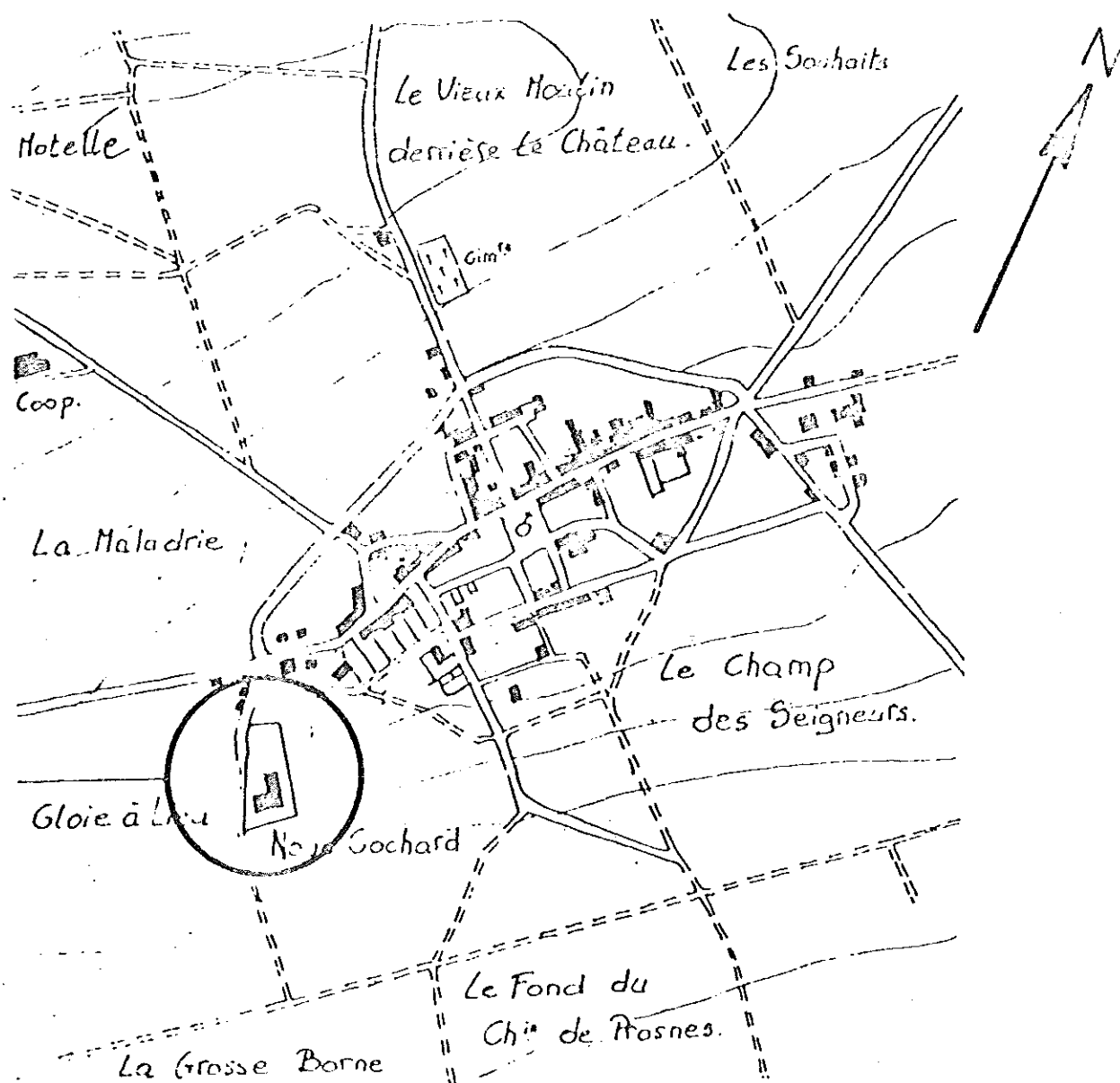
ANNEXES

BEINE-NAUROY
(MARNE)

CENTRE SPORTIF

ETUDE GEOTECHNIQUE DES SOLS DE FONDATION

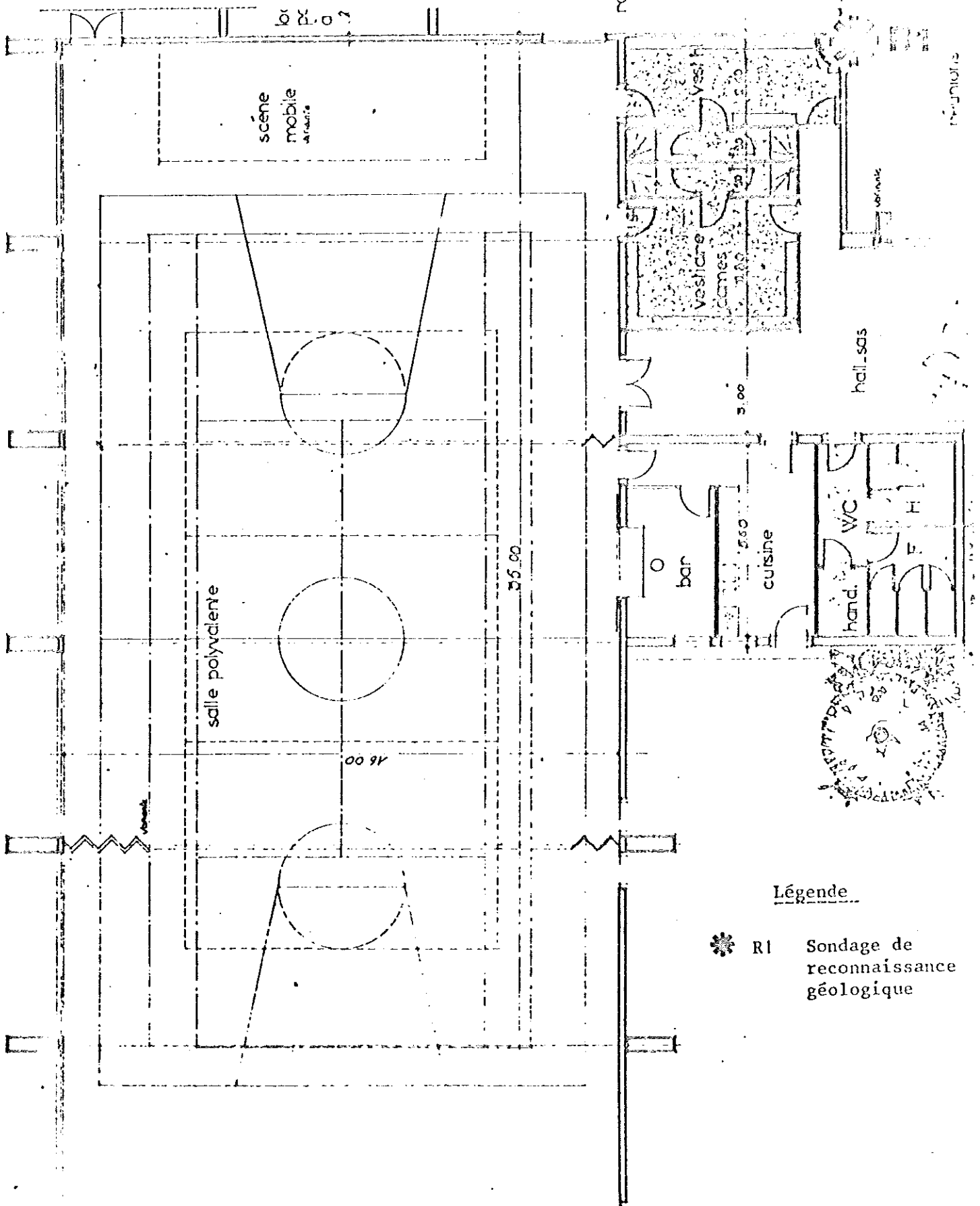
PLAN DE SITUATION GENERALE DU PROJET



BEJNE-NAUROY (MARNE)

CENTRE SPORTIF

PLAN D'IMPLANTATION DES
TRAVAUX DE RECONNAISSANCE



BEINE-NAUROY (Marne)

CENTRE SPORTIF

ETUDE GEOTECHNIQUE DES SOLS DE FONDATION

Coupes géologiques des sondages

SONDAGE R 1

Profondeur

0,00	à	1,00m	Silt brun foncé avec granules et morceaux arrondis de craie
1,00	à	2,10m	Craie blanche très fracturée
2,10	à	5,05m	Craie blanche très fracturée, devenant un peu plus tendre fractures parfois colorées par de l'oxyde de fer ou de manganèse.
		5,05m	Fin de la reconnaissance

SONDAGE R 2

Profondeur

0,00	à	0,75m	Silt brun foncé avec granules et morceaux arrondis de craie
0,75	à	2,50m	Craie blanche très fracturée
2,50	à	3,50m	Craie blanche très fracturée, devenant plus tendre fractures parfois colorées par de l'oxyde de fer ou de manganèse.
		3,50m	Fin de la reconnaissance

- Prise d'échantillons intacts conditionnés :

- . Sondage R 1 : n°1 de 1,00m à 1,40m
n°2 de 2,10m à 2,50m
n°3 de 4,55m à 5,05m
- . Sondage R 2 : n°1 de 0,75m à 1,25m
n°2 de 1,50m à 2,00m
n°3 de 3,00m à 3,50m

- Niveau d'eau dans les deux sondages : NEANT