



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



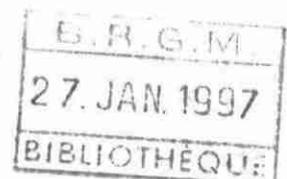
Agence de l'eau
Rhin-Meuse

DOCUMENT PUBLIC
DROIT DE RÉSERVE 10 ANS

*Contrôle et surveillance de la salinité
de la nappe phréatique d'Alsace
Campagne géophysique électrique 1996*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-D-101

janvier 1997
R 39257





Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



Agence de l'eau
Rhin Meuse

DOCUMENT PUBLIC
DROIT DE RÉSERVE 10 ANS

*Contrôle et surveillance de la salinité
de la nappe phréatique d'Alsace
Campagne géophysique électrique 1996*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-D-101

janvier 1997
R 39257



Mots clés : Géophysique, Sondage et traîné électrique, Nappe phréatique, Contrôle de la salinité, Alsace, France.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM (1997) - Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace
Campagne géophysique électrique 1996. Rap. BRGM R 39257, 96 p., 6 fig., 2 tabl.,
2 ann., 1 pl.

© BRGM, 1997 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement d'Alsace (DRIRE) et l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ont confié au BRGM le contrôle et la surveillance de la salure du Bassin potassique qui se propage au sein de la nappe phréatique rhénane.

Dans le cadre de ce programme, le Service Géologique Régional Alsace (BRGM/SGAL) a chargé le Département de Géophysique Appliquée (DGA) du BRGM de réaliser une campagne géophysique par mesures électriques en courant continu. En effet, la méthode électrique permet d'estimer la minéralisation de l'eau imprégnant les alluvions du fait même qu'il existe, pour une formation donnée, une proportionnalité entre la résistivité de cette formation et celle de l'eau qu'elle contient.

L'objectif de ces investigations est de répéter une série de travaux déjà effectués par le passé, à différentes époques, avec les mêmes dispositifs.

Les profils de résistivité (sondages électriques et traîné), par la mise en évidence de zones à plus faibles résistivités, donnent une image des zones polluées et par comparaison avec des profils antérieurs, l'évolution dans le temps de la salure.

La zone d'étude est située entre Mulhouse et Colmar (Haut-Rhin) et s'étend depuis Ensisheim au sud à Niederhergheim au nord. Les investigations sont focalisées sur l'extension aval des langues de propagation de la salure dans la nappe phréatique d'Alsace.

48 sondages électriques (AB = 600 à 1 000 m) et 391 mesures en dispositif traîné AB = 140 m, MN = 20 m ont été effectués.

L'interprétation et l'étude des sondages électriques réalisés au cours de cette prestation permettent, par comparaison avec les travaux antérieurs, de dresser les conclusions suivantes :

- vers l'est des profils 1E à 4E, les résistivités sont en baisse. La diminution est significative pour les unités géoélectriques superficielles et de moindre importance pour les ensembles plus profonds. La chute des résistivités s'élargit progressivement du sud vers le nord et semble s'atténuer sur le profil 4E. Cette diminution pourrait s'expliquer par un apport de chlorures en amont du profil 1E qui augmente la salure des aquifères superficiels et contamine par la suite les eaux plus profondes. Le profil 3E fait exception à cette règle puisqu'une augmentation de la résistivité des alluvions profondes tend à prouver qu'il n'y a que très peu de transferts entre les aquifères superficiels et profonds ;

- vers l'ouest, on observe généralement une amélioration ou un maintien de la salure profonde, alors que les concentrations en chlorures des niveaux supérieurs de la nappe sont en diminution. Ponctuellement, ce schéma n'est pas respecté, puisque le sondage SE21 du profil 1W montre (diminution de la résistivité de l'aquifère profond) que la tendance à la hausse de la salure dans ce secteur (puits EBE) se poursuit.

Le profil de traîné électrique montre qu'il y a généralement augmentation ou au moins stabilité des résistivités apparentes. Les améliorations les plus significatives en termes de salures sont les suivantes :

- l'anomalie située entre les stations 60 et 90 qui tend à se dissiper par une augmentation générale des résistivités ;
- la langue salée de Bollwiller (stations 95 à 120) ;
- le Feldbach moyen ;
- la chute des résistivités observée entre les stations 282 et 320 qui semble complètement résorbée ;
- le saumoduc.

Ponctuellement, on observe quelques dégradations de la qualité des eaux souterraines :

- entre les stations 33 et 39 ;
- au niveau du piézomètre 413-2-114 ;
- à l'aplomb du Feldbach interne ;
- à proximité de la Vieille Thur.

Sommaire

Introduction	7
1. Contexte géologique et hydrogéologique - Rappels	9
2. Travaux antérieurs	11
3. Méthodes et moyens	13
3.1. Déroulement des travaux	13
3.2. Moyens mis en oeuvre	13
3.3. Travaux réalisés	13
3.3.1. Sondages électriques	13
3.3.2. Traîné électrique	16
3.3.3. Interprétations - Restitutions graphiques	16
3.4. Archivage des données	18
4. Résultats	19
4.1. Profil 1E	20
4.2. Profil 2E	20
4.3. Profil 3E	22
4.4. Profil 4E	24
4.5. Profil 1W	24
4.6. Profil 2W	25
4.7. Sondage électrique de Ratfeld	26
4.8. Profil de traîné électrique	26
Conclusion	29
Bibliographie	31

Liste des illustrations

- Fig. 1 - Localisation de l'étude.
- Fig. 2 - Implantation des sondages électriques.
- Fig. 3 - Localisation du profil de traîné électrique.
- Fig. 4 - Coupes géoélectriques 1E, 1W et 2E.
- Fig. 5 - Coupes géoélectriques 2W, 3E et 4E.
- Fig. 6 - Sondage électrique de Ratfeld.

Pl. 1 - Profil de résistivité apparente PE8.

Liste des tableaux

- Tabl. 1 - Liste des sondages électriques.
- Tabl. 2 - Relation entre résistivité des alluvions et salure.

Liste des annexes

- Ann. 1 - Cartes de la salure.
- Ann. 2 - Interprétations 1D des sondages électriques.

Introduction

La Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement d'Alsace (DRIRE) et l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse ont confié au BRGM le contrôle et la surveillance de la salure du Bassin potassique qui se propage au sein de la nappe phréatique rhénane.

Dans le cadre de ce programme, le Service Géologique Régional Alsace (BRGM/SGAL) a chargé le Département de Géophysique Appliquée (DGA) du BRGM de réaliser une campagne géophysique par mesures électriques en courant continu.

En effet, la méthode électrique permet d'estimer la minéralisation de l'eau imprégnant les alluvions du fait même qu'il existe, pour une formation donnée, une proportionnalité entre la résistivité de cette formation et celle de l'eau qu'elle contient.

L'objectif de ces investigations est de répéter une série de travaux déjà effectués par le passé, à différentes époques, avec les mêmes dispositifs.

Les profils de résistivité (sondages électriques et traîné), par la mise en évidence de zones à plus faibles résistivités, donnent une image des zones polluées et par comparaison avec des profils antérieurs, l'évolution dans le temps de la salure.

La zone d'étude est située entre Mulhouse et Colmar (Haut-Rhin) et s'étend depuis Ensisheim au sud à Niederhergheim au nord (fig. 1). Les investigations sont focalisées sur l'extension aval des langues de propagation de la salure dans la nappe phréatique d'Alsace.

48 sondages électriques (AB = 600 à 1 000 m) et 391 mesures en dispositif traîné AB = 140 m, MN = 20 m ont été effectués.

Ce rapport présente et analyse les résultats géophysiques obtenus au cours de cette prestation et en évalue les implications sur l'évolution de la salure.

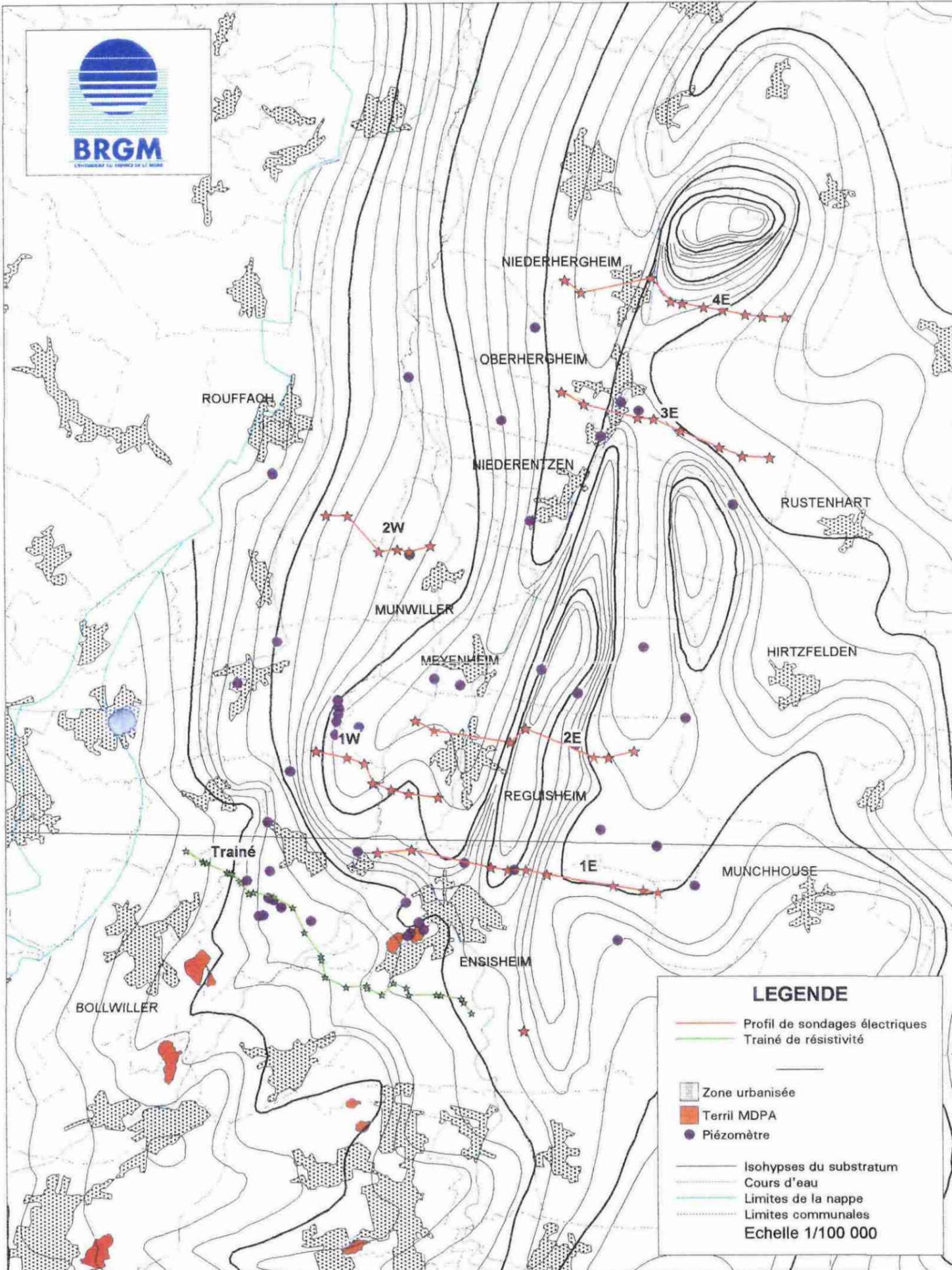


Fig. 1 - Localisation de l'étude.

1. Contexte géologique et hydrogéologique

Rappels

La zone d'étude est localisée dans la plaine d'Alsace au nord de Mulhouse (fig. 1) et fait partie de la plaine alluviale du Rhin, vaste fossé d'effondrement sensiblement nord-sud, situé entre les Vosges et la Forêt-Noire. Les terrains secondaires sont surmontés de dépôts salins et marneux tertiaires sous le recouvrement alluvionnaire.

Schématiquement, la succession des terrains, d'après les nombreux forages effectués dans la région, est la suivante de haut en bas :

- des alluvions récentes et anciennes constituées de sables, graviers et galets, avec des passées argileuses ou conglomératiques ;
- une "zone de transition" entre la surface d'érosion du tertiaire et le remplissage alluvial, mal datée et formée d'argiles et de sables argileux ;
- le substratum constitué par les marnes oligocènes.

Cette partie de la plaine d'Alsace a subi différents mouvements tectoniques au Quaternaire provoquant un déplacement ascensionnel des couches profondes de sel. Ces intrusions salines diapiriques ont provoqué localement un soulèvement des alluvions. En particulier, le périmètre d'étude recouvre une crête diapirique où l'épaisseur des alluvions se réduit à environ 40 m et qui s'étend depuis Ensisheim jusqu'à Niederhergheim (fig. 1).

Les alluvions constituent le réservoir de la nappe phréatique. Son alimentation est assurée par les précipitations et par les apports du Rhin et des rivières et ruisseaux qui descendent du Sundgau et des Vosges. Le sens d'écoulement de la nappe est à peu près NNE, les principaux éléments du réseau hydrographique sont constitués par l'Ill et ses affluents vosgiens, la Thur et la Vieille Thur.

L'annexe 1 comprend deux cartes des teneurs en chlorures établies en 1994 (rapport BRGM R 38467). Elles correspondent au Bassin potassique (1/50 000) et représentent la salure de la nappe :

- en partie superficielle ;
- en partie profonde, au-delà de 10 m approximativement.

2. Travaux antérieurs

Les premières études par résistivité datent de 1926-1932 et ont été effectuées par C. et M. Schlumberger, elles ont montré l'existence de crêtes diapiriques et, en particulier, mis en évidence la crête de Meyenheim.

En 1957, la CGG réalise pour le compte des Mines de Potasse d'Alsace une étude par mesures électriques (sondages électriques et dispositifs rectangles). Les sondages électriques (environ 300, numérotés de 578 à 860, la majeure partie en $AB = 1\ 000$ à $2\ 000$ m) ont permis de déterminer l'allure générale de la topographie du substratum marneux.

En 1978 (V), le SGAL effectue 120 sondages électriques afin d'avoir une nouvelle série de données directement comparables à celles obtenues au cours des campagnes antérieures. Les stations avaient été installées à proximité de celles de la campagne CGG de 1957.

La comparaison des campagnes de sondages électriques de 1957 et 1978 est l'un des objectifs de la thèse de J.W. de P. Macedo (1982) et concerne une zone située entre Ensisheim et Munwiller, l'essentiel du périmètre d'étude étant situé à l'est de la ligne Ensisheim/Munwiller (V).

La prospection électrique a été largement utilisée pour une vue d'ensemble de la contamination des nappes souterraines. Entre 1971 et 1977, plus de 250 sondages électriques et 175 km de traîné électrique ont été effectués (SGAL 1973-74 (I), 1975 (II) et 1976 (III)).

En 1981 (IV), le SGAL effectue une campagne de mesures électriques (130 sondages électriques, $AB = 300$ à 400 m) sur une zone située à l'est de l'III et s'étendant de Meyenheim à Appenwihr.

En 1983 (VI), les Mines de Potasse d'Alsace confie au SGAL la réalisation d'une campagne de prospection électrique (32 sondages électriques et 13,4 km de traîné en $AB = 100$, 140 et 300 m) qui sera comparée aux mesures effectuées entre 1974 et 1976 pour étudier l'évolution de la minéralisation de eaux souterraines entre ces deux périodes.

Une partie de ces mesures seront refaites (VII) en 1988 (pollution saline en aval des terrils Alex et Rodolphe, 5 sondages électriques et 2,9 km de traîné en $AB = 140$ m, $MN = 20$ m) puis en 1989 pour suivre l'évolution dans le temps de la qualité des eaux souterraines (VIII).

Les sondages électriques effectués au cours de la campagne 1996 ont été réalisés par le passé à différentes époques :

- profils 1E et 2E, campagne de 1978 ;
- profils 3E et 4E, campagne de 1981 ;
- profils 1W et 2W, campagne de 1975.

Les documents disponibles sont les courbes de sondage (documents terrain) pour les campagnes de 1974, 1975, 1976, 1978 et 1981. Les bordereaux ($AB/2$, $MN/2$, ΔV_{mn} , I_{ab} et ρ_a) ne sont disponibles (et en partie seulement) que pour la campagne 1975.

Les sondages électriques réalisés lors des campagnes de 1957, 1978 et 1981 avaient été interprétés à l'aide d'abaques, les interprétations sont consignées dans les différents rapports. Pour la campagne de 1974, aucune interprétation n'a été retrouvée.

La qualité des mesures enregistrées au cours des campagnes passées est inégale du moins d'après les documents terrain, de même que la précision des interprétations.

3. Méthodes et moyens

3.1. DEROULEMENT DES TRAVAUX

Les opérations de terrains se sont déroulées du 11 au 23 octobre 1996 et ont été réalisées (sondages électriques) par G. Richalet et J.M. Miehé, géophysiciens au BRGM, aidés de trois manoeuvres intérimaires et B. Cone (traîné électrique), aidé de deux manoeuvres intérimaires. La recherche et l'analyse des documents et travaux antérieurs ainsi que les interprétations ont été effectuées par J.M. Miehé.

3.2. MOYENS MIS EN OEUVRE

Les équipements utilisés lors des travaux de terrain sont les suivants:

- un émetteur/récepteur de courant continu SYSCAL R2E ;
- un récepteur de courant continu ELREC 2C ;
- un émetteur de courant continu ELECTRA 1000 ;
- un jeu de piles 90V ;
- un groupe électrogène 4.5KVA ;
- 2 500 m de câble électrique monoconducteur, 15 électrodes en acier inoxydable ;
- deux véhicules 4 x 4 ;
- un ordinateur TOSHIBA 4850CT et une imprimante DESKJET 340.

3.3. TRAVAUX REALISES

3.3.1. Sondages électriques

49 sondages électriques ont été enregistrés sur 6 profils (tabl. 1 et fig. 2), 48 ont été interprétés.

Les sondages ont été réalisés dans la mesure du possible aux mêmes emplacements que par le passé. Néanmoins, certains d'entre eux n'ont pu être refaits exactement au même emplacement, pour plusieurs raisons :

- remembrement, regroupement de parcelles ;
- extension de zones industrielles, de zones d'activité ou de lotissements ;
- infrastructures (autoroute A35, voie rapide D430) ;

Salure de la nappe d'Alsace, sondage et traîne électrique

Profil	SE	AB(m)	Azimuth (Gr/Nord Mag.)	X (km) Lambert zone	Y(km) II étendu	Observations	SE antérieurs
1E ENSISHEIM	71	600	120	973,200	2331,650	Rivière à l'ouest	Campagne 1978
	72	600	66	973,920	2331,770	déplacé car ZI	
	75	1000	114	975,640	2331,540		
	76	1000	198	976,010	2331,510		
	77	1000	103	976,400	2331,540		
	78	600	72	976,850	2331,480	A35	
	79	1000				Ininterprétable, transformateur/irrigation	
	82	1000	195	978,280	2331,360		
	83	1000	120	978,930	2331,310		
	84	800	190	979,250	2331,280	déplacé car zone militaire interdite	
2E REGUISHEIM	30	1000	139	973,760	2334,530		Campagne 1978
	31	800	189	974,200	2334,350	route au sud	
	34	600	99	975,850	2334,230	déplace car A35	
	35	1000	175	976,150	2334,550	déplace car A35	
	43	1000	198	977,650	2334,060		
	44	1000	81	977,970	2334,080	bruité dans le sens nord-sud base aérienne Meyenheim	
	45	1000	81	978,500	2334,260	bruité dans le sens nord-sud base aérienne Meyenheim	
3E OBERHERGHEIM	1	1000	122	976,320	2341,770	nouveau sondage	Campagne 1981
	2	1000	19	976,820	2341,550	nouveau sondage	
	95	1000	125	978,340	2341,340		
	96	1000	124	978,940	2341,130		
	97	800	156	979,790	2340,850		
	98	1000	120	980,300	2340,700		
	99	1000	120	980,880	2340,720		
	A	1000	0	978,000	2341,337	nouveau sondage	
4E NIEDERHERGHEIM	1	1000	10	976,210	2344,150	nouveau sondage	Campagne 1981
	2	1000	117	976,570	2343,920	nouveau sondage	
	64	1000	7	978,050	2344,360	déplacé aménagement carrefour	
	65	600	105	978,500	2343,870	proximité de l'III	
	66	1000	110	978,750	2343,850		
	67	1000	106	979,210	2343,810		
	68	1000	106	979,620	2343,770		
	69	1000	99	980,110	2343,710	déplacé car forêt	
70	1000	110	980,480	2343,690	déplacé car bois et nouveau carrefour		
1W UNGERSHEIM	20	1000	153	971,720	2333,710	déplacé car forêt	Campagne 1975
	21	1000	137	972,390	2333,620		
	21,5	800	137	972,770	2333,530	nouveau sondage, ruisseaux est et ouest	
	22	1000	67	972,980	2333,120	déplacé car route	
	23	1000	2	973,380	2333,010		
	25	1000	99	973,760	2332,950		
2W MUNWILLER	27	1000	22	974,400	2332,920		Campagne 1975
	A	1000	100	971,980	2338,780	nouveau sondage	
	B	1000	0	971,520	2338,760	nouveau sondage	
	C	1000	100	973,100	2338,120	nouveau sondage	
	44	1000	100	973,360	2338,090	déplacé près piézomètre	
	141	1000	0	972,710	2338,040		
	142	1000	0	973,800	2338,250		
Ratfeld	1000	175	976,640	2328,070	nouveau sondage		

Tabl. 1 - Liste des sondages électriques.

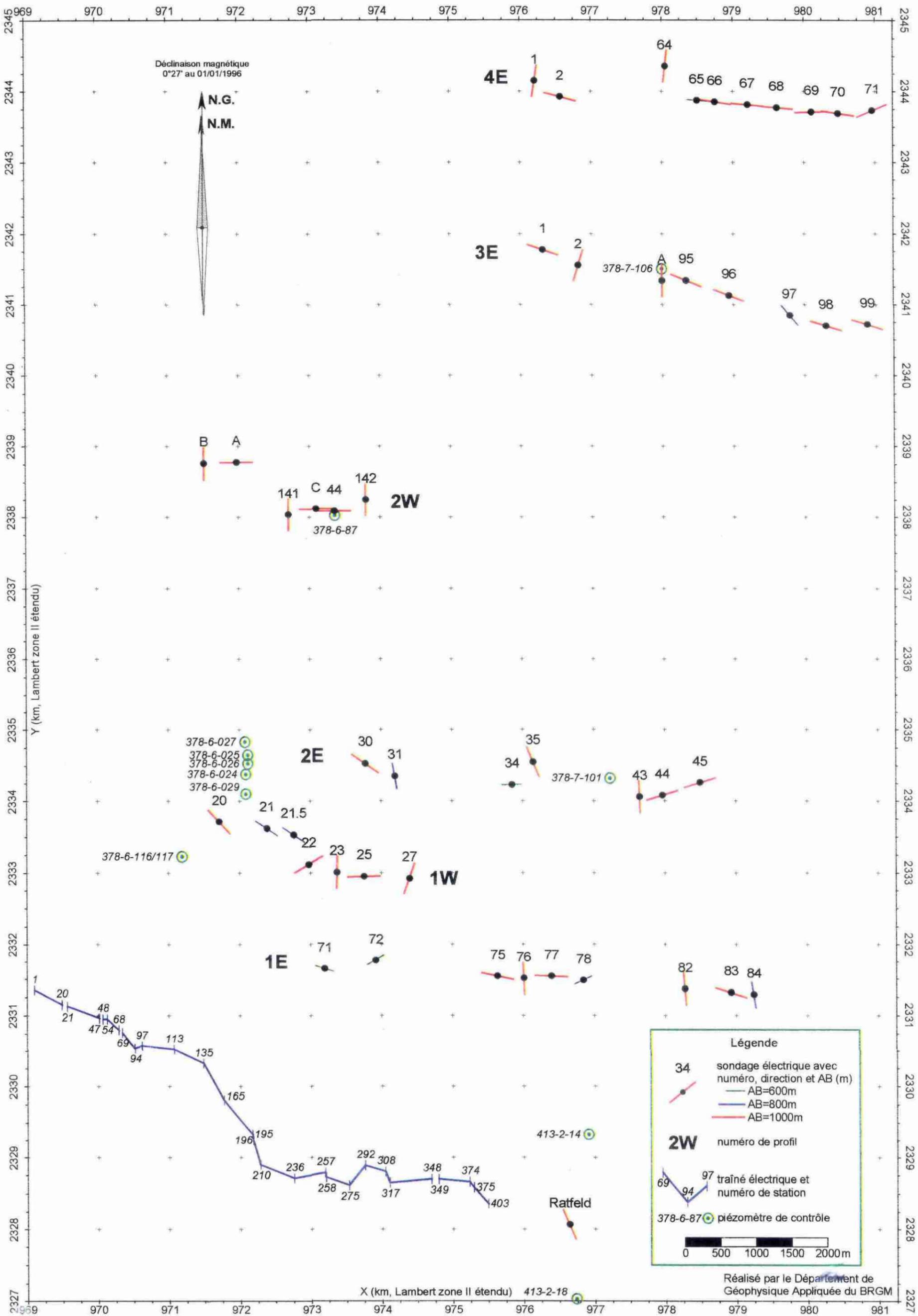


Fig. 2 - Implantation des sondages électriques.

- mise en place de réseaux d'irrigation enterrés ;
- avancée de la forêt ou de la végétation ;
- pas de schéma d'implantation ni de description précise des emplacements des anciens sondages.

Les bordereaux examinés ne donnent aucune indication sur la direction des sondages électriques. En fait, celle-ci est généralement contrainte par l'environnement immédiat des différents sites.

Certains sondages ont été implantés à proximité des piézomètres de contrôle de la salure.

Huit sondages "nouveaux" ont été implantés, principalement pour étudier l'extension de la salure vers l'ouest

3.3.2. Traîné électrique

Le profil P8 (recoupant l'ensemble des langues salées du bassin potassique entre les agglomérations d'Ungersheim et d'Ensisheim) réalisé en mai 1988 (403 mesures) a été réitéré avec un dispositif identique $AB = 140$ m et $MN = 20$ m. Le profil (fig. 2 et 3), d'une longueur de 8 100 m, comprend 391 points de mesure espacés de 20 m, les stations 21 à 32 ne sont plus accessibles à cause du tracé de la D430.

3.3.3. Interprétations - Restitutions graphiques

Les sondages électriques ont été interprétés en 1D (ann. 2) par calcul direct avec le logiciel RESIX-IP INTERPEX, en utilisant au maximum les données disponibles (essentiellement profondeur du substratum connue par forage).

Tous les sondages anciens ont été digitalisés. Certaines interprétations effectuées par abaques (profils 1E, 2E, 3E et 4E) ont été reprises en partie ou en totalité, en fonction de l'adéquation entre les mesures expérimentales et la réponse théorique du modèle tabulaire.

Cette démarche est destinée à minimiser les erreurs inévitables liées au fait que les méthodes d'interprétation sont différentes (abaques pour les campagnes antérieures, logiciel pour la présente opération) et n'ont pas le même degré de précision numérique.

Les sondages électriques (campagne 1975) des profils 1W et 2W ont été interprétés puisqu'aucune interprétation n'a été retrouvée.

Les représentations graphiques ont été élaborées avec les logiciels SURFER et GRAPHER (Golden Software), excepté le plan de situation composé avec MAPINFO.

3.4. ARCHIVAGE DES DONNEES

Pour chaque sondage électrique effectué au cours de cette prestation, les mesures sont reportées sur un bordereau ($AB/2$, $MN/2$, ΔV_{mn} , I_{ab} et ρ_a) avec un schéma d'implantation, la direction du sondage (par rapport au nord magnétique) et ses coordonnées géographiques (Lambert zone II étendu). Les mesures en traîné électrique sont reportées sur bordereaux et stockées (n° de station, ρ_a) sur disquette 3.5" au format ASCII. Tous les sondages électriques ($AB/2$, ρ_a) sont stockés sur disquette 3.5" au format ASCII d'une part et dans une base de données INTERPEX au format binaire avec les modèles interprétés d'autre part.

4. Résultats

On observe des différences parfois importantes entre sondages électriques réalisés à différentes époques. Ces différences intègrent probablement des effets 2D ou 3D, des variations latérales dues à l'inhomogénéité des formations géologiques dont l'influence se manifeste lorsque les sondages électriques sont mesurés dans des directions différentes. Ces écarts concernent non seulement les formations superficielles mais aussi les structures plus profondes (topographie du substratum). Il n'est cependant pas possible de discriminer les effets de non homogénéité des terrains de l'effet des variations de salinité sur les résistivités apparentes.

Les coupes géoélectriques seront interprétées en termes d'amélioration (respectivement augmentation) ou de dégradation (respectivement diminution) de la salure (respectivement de la résistivité) dans les alluvions, en supposant que les variations de résistivité sont dues aux variations des teneurs en chlorures seules.

La correspondance entre résistivité des alluvions et teneur en chlorures est donnée par le tableau 2 (cf. 89 SGN 230 ALS).

Résistivité des alluvions (Ohm.m)	Résistivité de l'eau (Ohm.m)	Teneur en chlorures (g/l)
>350	>25	<0,05
300	20	0,08
200	13	0,16
100	6,6	0,50
50	3,3	1,10
20	1,3	3,00
10	0,7	>6,50

Tabl. 2 - Relation entre résistivité des alluvions et salure.

Ce tableau a été établi pour un facteur de formation de 15, représentatif des différentes études et mesures effectuées dans le bassin potassique (cf. 89 SGN 230 ALS). Cette correspondance est valable pour des alluvions sablo-argileuses relativement propres, cependant la partie inférieure des alluvions est parfois assez argileuse. Dans ce cas, son application conduit à une légère sous-estimation de la résistivité de l'eau et par conséquent une surestimation des teneurs en chlorures.

L'interprétation des sondages électriques fournit les résistivités vraies des formations. Cependant, une mesure électrique est une mesure moyennée sur un certain volume de

matière (pouvoir intégrant), d'autant plus important que la longueur des lignes électriques est grande. A l'inverse, les teneurs mesurées en forage sont ponctuelles.

4.1. PROFIL 1E (fig. 4)

Vers l'ouest, le sondage SE71 ne fait apparaître aucune évolution significative. Le sondage SE72, bien que déplacé par rapport à son ancienne implantation, semble montrer une amélioration de la salure, puisque la résistivité des alluvions profondes passe de 82 à 145 Ohm.m.

Sur le sondage SE75, on constate que la résistivité des alluvions profondes est stable dans le temps, alors que les sondages SE76, SE77 et SE78 donnent lieu à une augmentation sensible de la résistivité des alluvions, d'où une amélioration des eaux souterraines.

Les mesures réalisées en 1978 situent la résistivité minimale des alluvions profondes au niveau du sondage SE76, ce minimum est actuellement localisé à l'aplomb du sondage SE77. Globalement, on peut dire qu'il y a déplacement de la langue salée vers l'est, avec cependant amélioration des teneurs en chlorures.

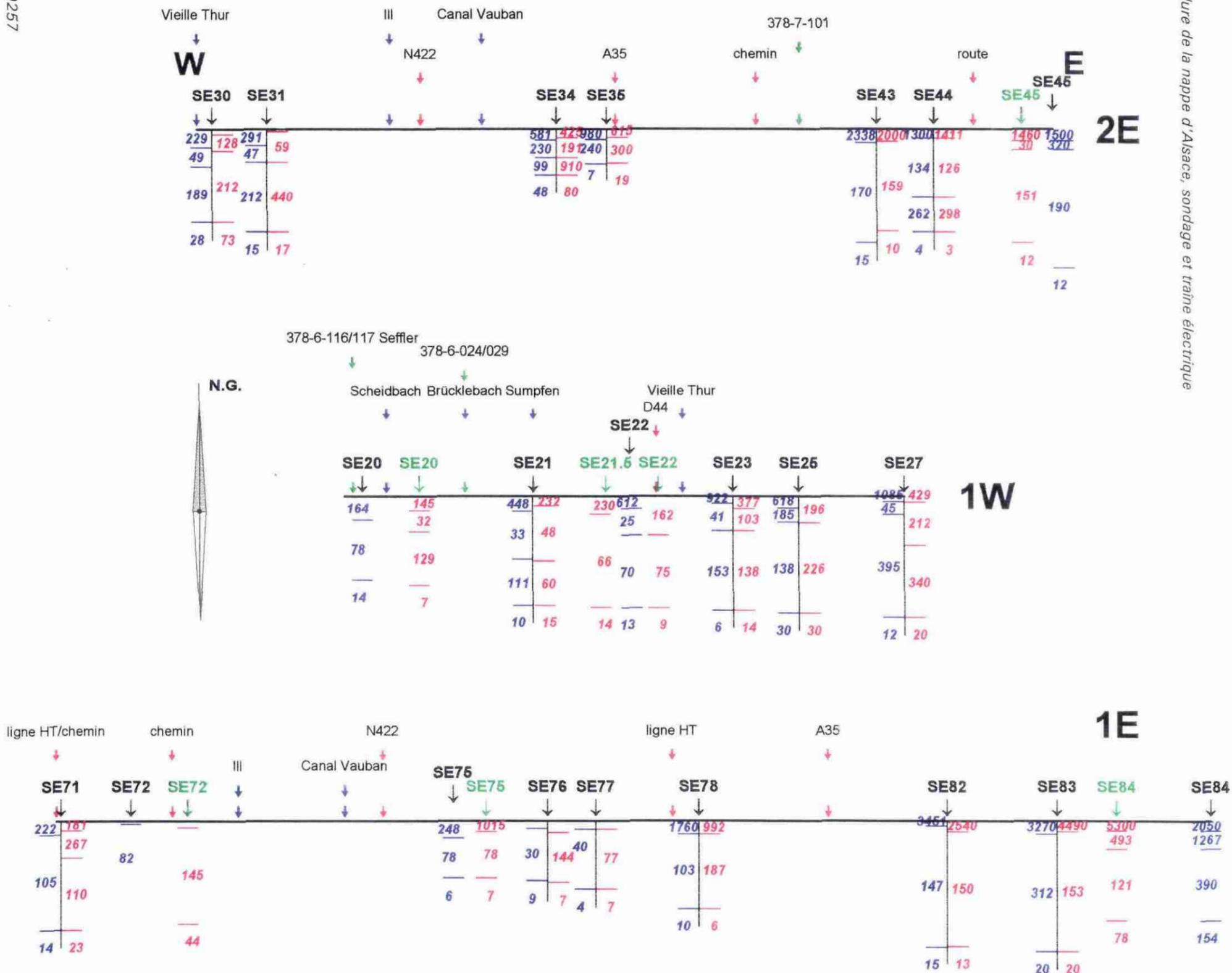
Si le sondage SE82 n'évolue pas dans le temps, en revanche les sondages SE83 et SE84 mettent en évidence une diminution significative des résistivités des alluvions profondes, indiquant une extension et un étalement de la langue salée vers l'est. Sur le sondage SE84, il apparaît une diminution de résistivité (493 contre 1267 Ohm.m) qui montre que l'horizon superficiel de l'aquifère s'est dégradé.

4.2. PROFIL 2E (fig. 4)

Vers l'extrémité ouest du profil, les sondages SE30 et SE31 montrent que la salure profonde s'est améliorée (SE31, 440 Ohm.m contre 212 Ohm.m en 1978) ou au moins stabilisée (SE30, 189 Ohm.m en 1978, 212 Ohm.m en 1996).

Le niveau conducteur à 49 et 47 Ohm.m apparu sur les sondages SE30 et SE31 réalisés en 1978 ne se retrouve pas sur les sondages électriques mesurés en 1996. Dans l'hypothèse où ce conducteur reflète la teneur en chlorures d'un aquifère, la disparition de cette unité géoélectrique indique une amélioration significative de la salure. L'influence de la Vieille Thur (à proximité immédiate du sondage SE30), par infiltration, puis dilution des chlorures pourrait expliquer cette évolution. Parallèlement, les résistivités des terrains les plus superficiels ont nettement diminué.

L'interprétation du sondage SE34 met en évidence une augmentation significative de la résistivité des alluvions profondes (de 99 Ohm.m en 1978 à 910 en 1996), le sondage



Réalisé par le Département de Géophysique Appliquée du BRGM

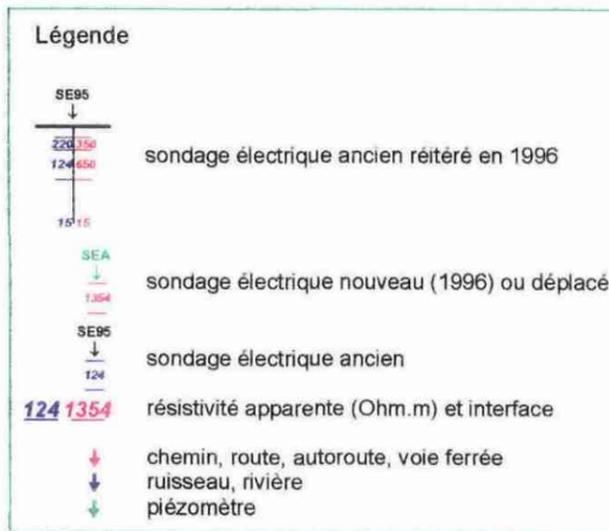
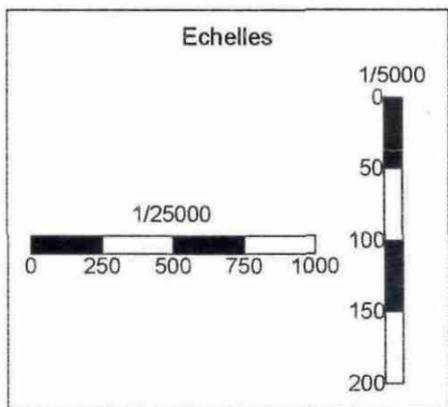


Fig. 4 - Coupes géoélectriques 1E, 1W et 2E.

SE35 indique une progression dans le même sens, bien que moins importante. Cette évolution indique probablement une diminution de la salinité des eaux souterraines.

Vers l'est du profil, les sondages SE43 et SE44 montrent que les résistivités sont relativement stables dans le temps, par conséquent la langue salée ne s'étend pas. Les teneurs en chlorures relevées dans le piézomètre profond de Meyenheim 378-7-101 (localisé à environ 400 m du sondage SE43) sont de l'ordre de 1 000 à 1 200 mg/l entre 84 et 100 m de profondeur. Les niveaux de résistivités rencontrés sur les sondages SE43 et SE44 montrent que la langue salée ne s'étend pas vers l'est avec des teneurs aussi élevées.

Le sondage SE45 fait apparaître un ensemble conducteur à 30 Ohm.m, alors que la résistivité des alluvions profondes diminue (151 contre 190 Ohm.m). Ce sondage a évolué dans le temps de la même façon que le sondage SE84 du profil 1E : selon toute vraisemblance, un apport en amont du profil 1E augmente la salure de l'aquifère superficiel qui ensuite contamine les eaux plus profondes (infiltration?, aquifère multicouche?).

4.3. PROFIL 3E (fig. 5)

Les sondages SE1, SE2 et SEA ont été réalisés dans le but d'étudier la salinité de la nappe vers l'ouest.

Vers l'ouest, les résistivités très élevées (respectivement 684 et 734 Ohm.m) caractérisent probablement des alluvions très sèches.

Le sondage SEA montre que la résistivité des alluvions est de 146 Ohm.m, en conformité avec les teneurs en chlorures (cf. tabl. 2) relevées dans le piézomètre profond Oberhergheim (378-7-106/2 et 378-7-106/3) en septembre 1994, avec des valeurs situées dans une fourchette de 300 à 600 mg/l.

Vers l'est, entre les sondages SE95 et SE97 les formations superficielles voient leur résistivité diminuer en proportion importante, de 1200 à 2200 Ohm.m en 1981 à entre 20 et 60 Ohm.m actuellement. Ce phénomène est à rapprocher de celui observé sur les extrémités est des profils 1E (SE84) et 2E (SE45). L'ensemble conducteur s'étend entre les sondages SEA et SE97 et pourrait marquer la continuité de la salure superficielle observée sur les profils 1E et 2E par un drainage de direction nord-sud.

A l'inverse, la résistivité des alluvions profondes n'évolue pas significativement entre les sondages SE95, SE96 et SE97 ce qui tend à prouver qu'il n'y a pas d'échange entre les aquifères superficiels et profonds.

Le sondage SE98 est marqué par une inversion des résistivités par rapport au sondage réalisé en 1981 :

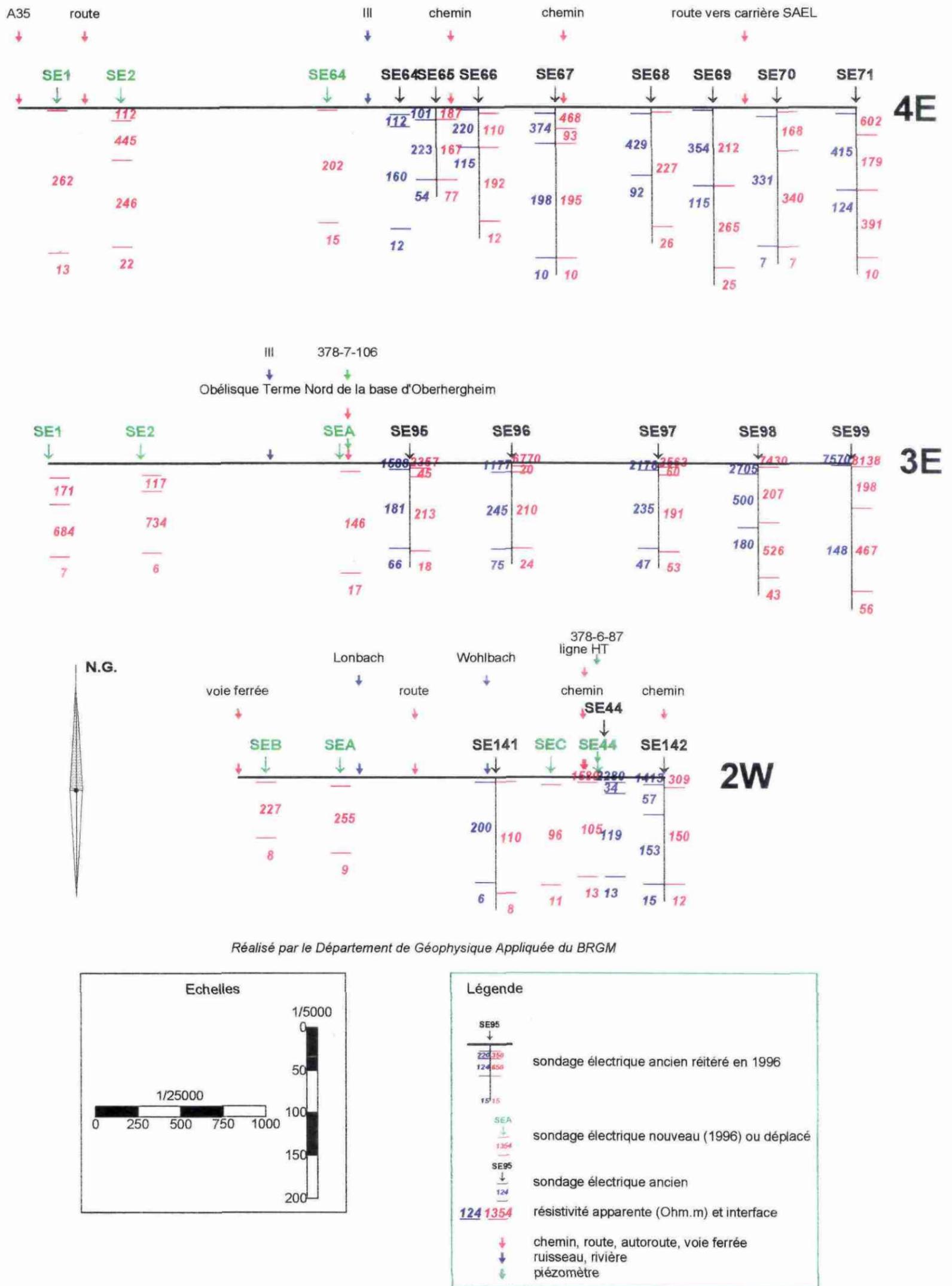


Fig. 5 - Coupes géoélectriques 2W, 3E et 4E.

- le terrain à 500 Ohm.m (alluvions superficielles) devient plus conducteur à 207 Ohm.m, cette évolution pourrait s'interpréter par un étalement vers l'est de la salure superficielle observée entre les sondages SEA et SE97 (irrigation intensive?) ;
- plus en profondeur, l'augmentation de résistivité de 180 à 526 Ohm.m traduit une nette amélioration en terme de salure puisque la teneur en chlorures passe d'environ 200 mg/l à moins de 30 mg/l.

La tendance (inversion des résistivités) observée sur le sondage SE98 se poursuit sur l'extrémité est du profil. Le sondage SE99 daté de 1981 n'est pas très fiable, néanmoins le sondage SE99 mesuré en 1996 confirme les changements observés sur le sondage SE98.

4.4. PROFIL 4E (fig. 5)

Les sondages SE1 et SE2 ont été effectués pour étudier l'extension ouest de la langue salée et pourront être utilisés comme référence (état initial) lors de futures investigations pour la salure de la nappe.

Entre les sondages SE64 et SE71, on observe généralement une augmentation de la résistivité des alluvions les plus profondes, conséquence probable d'une diminution des teneurs en chlorures. Deux exceptions à ce schéma :

- le sondage SE65 fait apparaître une diminution de la résistivité des alluvions les plus profondes (on passe de 223 à 167 Ohm.m) ;
- au niveau des sondages SE67 (198 et 195 Ohm.m) et SE70 (331 et 340 Ohm.m), il y a stabilité.

On retrouve le phénomène d'inversion des résistivités constaté sur le profil 3E, puisque les unités géoélectriques plus superficielles voient leurs résistivités réduites sur tout le profil. Cette diminution semble prolonger l'étalement ou drainage nord-sud de la salure superficielle observé entre les profils 1E et 3E. Toutefois, elle n'atteint pas les proportions relevées sur le profil 3E entre les sondages SE95 et SE97 et marque probablement une dilution de la salure vers le nord.

4.5. PROFIL 1W (fig. 4)

Le sondage SE21 montre une petite amélioration de la salure superficielle (48 au lieu de 33 Ohm.m) qui reste tout de même à un niveau élevé (3,8 g/l relevé dans le piézomètre Seffler 378-6-117 en 1994).

Les alluvions profondes voient leur résistivité diminuer. Les puits du Syndicat d'Ensisheim, Bollwiller et Environs (EBE, 378-6-024, 025, 026, 027 et 029) situés vers l'aval du sondage SE21 (à 700 m vers le nord) ont confirmé une tendance à la hausse de

la salure dans ce secteur : en dix ans, la teneur moyenne est passé de 270 à 400 mg/l (1994). La diminution de résistivité de l'aquifère profond (111 à 60 Ohm.m) montre que l'augmentation de la salure se poursuit.

Vers l'ouest, on observe une amélioration de la salure profonde (129 Ohm.m contre 78 Ohm.m en 1975). L'origine du conducteur à 32 Ohm.m est difficile à établir car le sondage SE20 a dû être déplacé par rapport à l'implantation initiale, deux hypothèses sont envisageables :

- prolongement de la salure superficielle observée sur le sondage SE20 ;
- il s'agit d'un horizon argileux, donc imperméable, limitant les transferts de fluide vers les alluvions profondes, ce qui expliquerait l'amélioration de la salure profonde.

La même question se pose avec le sondage SE22 (1975) et le niveau conducteur à 25 Ohm.m.

Entre les sondages SE22 et SE27, les résistivités des formations superficielles augmentent parfois de façon significative, la salure superficielle semble disparaître vers l'est.

La résistivité des alluvions profondes augmente sur les sondages SE22 et SE25, d'où une diminution des teneurs en chlorures dans les eaux profondes. Cette amélioration est peut-être due aux effets conjugués (infiltration puis dilution) de la Vieille Thur et de l'Ill.

Sur les sondages SE23 et SE27, on remarquera une légère diminution de la résistivité des alluvions profondes (10 %), sans doute liée aux transferts de salure provenant des horizons aquifères superficiels situés dans un milieu probablement plus perméable.

Entre les sondages SE22 et SE27, la tendance globale est une amélioration de la salure profonde. Cette évolution se retrouve en amont sur le profil 1E (SE71 et SE72) où il n'y a pas de salure superficielle et en aval sur le profil 2E (sondages SE30 et SE31) où il y a également amélioration de la salure superficielle.

4.6. PROFIL 2W (fig. 5)

Vers l'ouest, les sondages nouveaux SEA et SEB indiquent une teneur en chlorures de l'ordre de 100 à 150 mg/l.

Les sondages SE44 et SE142 montrent une nette augmentation de la résistivité des horizons aquifères superficiels (105 contre 34 Ohm.m SE44 et 150 contre 57 Ohm.m SE142). La résistivité des alluvions profondes se stabilise. Ces observations sont cohérentes avec les analyses du piézomètre profond de Munwiller (378-6-87) dont le

suiwi jusqu'en 1994 indiquait le maintien de la salure profonde et confirmait une amélioration des concentrations en chlorures des niveaux supérieurs de la nappe.

A l'inverse, le sondage SE141 affiche une baisse sensible de la résistivité des alluvions profondes, de 200 Ohm.m à 110 Ohm.m. La valeur actuelle est proche des valeurs relevées sur les sondages SEC, SE44 et SE142. Cette diminution marque une dégradation ponctuelle de la qualité des eaux mais aboutit à un équilibre des teneurs en chlorures dans l'aquifère.

4.7. SONDAGE ELECTRIQUE DE RATFELD (fig. 6)

Ce sondage a été réalisé pour observer l'évolution future de la salure dans ce secteur, au sud d'Ensisheim. L'interprétation 1D conduit à une résistivité de 68 Ohm.m pour les alluvions profondes correspondant à une concentration en chlorures inférieure à 1 g/l.

4.8. PROFIL DE TRAINE ELECTRIQUE (pl. 1)

Les mesures ont été réalisées avec le même dispositif qu'en 1988 (AB = 140 m, MN = 20 m) et sont de manière générale plus bruitées que par le passé, probablement en raison de la rareté des précipitations (provoquant des variations des résistances de prise) pendant la période d'acquisition des mesures. La voie rapide D430, construite après 1988, empêche la réalisation des mesures entre les stations 21 et 33.

A l'ouest de la voie rapide D430, il n'y a pas d'évolution majeure si ce n'est un déplacement des maxima (ou une inversion?) entre les stations 3 et 8 et une légère augmentation de résistivité entre les stations 10 et 13.

Entre les stations 33 et 39, on remarquera une diminution générale des résistivités apparentes (sauf sur la station 36) et donc probablement une augmentation des concentrations de chlorures. Le flanc ouest (stations 52 à 68) de l'anomalie mise en évidence par le passé entre les stations 60 et 90 semble stabilisé alors que le flanc est (72 à 90), sauf à proximité du piézomètre 413-2-114 où les résistivités sont en diminution (stations 69 à 72), tend à se résorber par une hausse globale des résistivités.

Cette augmentation générale de la résistivité apparente se poursuit jusqu'au droit de la langue salée de Bollwiller (stations 95 à 120). On relève cependant une nette diminution (de 10-15 Ohm.m à 3-5 Ohm.m), au niveau du Feldbach interne, puis entre les stations 120 et 130.

Une très nette amélioration apparaît entre les stations 134 et 146, peut-être due à la proximité du Feldbach moyen (drainage ou dilution de la salure par infiltration?), puis entre les stations 150 et 160. A partir de la station 160, le tracé des profils de résistivité est globalement identique, avec une légère amélioration, sauf au niveau de la Vieille

SONDAGE: RATFELD

Azimuth: 175 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Sud profil 1E, ferme St Jean

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 44

X=976.64 Y=2328.07

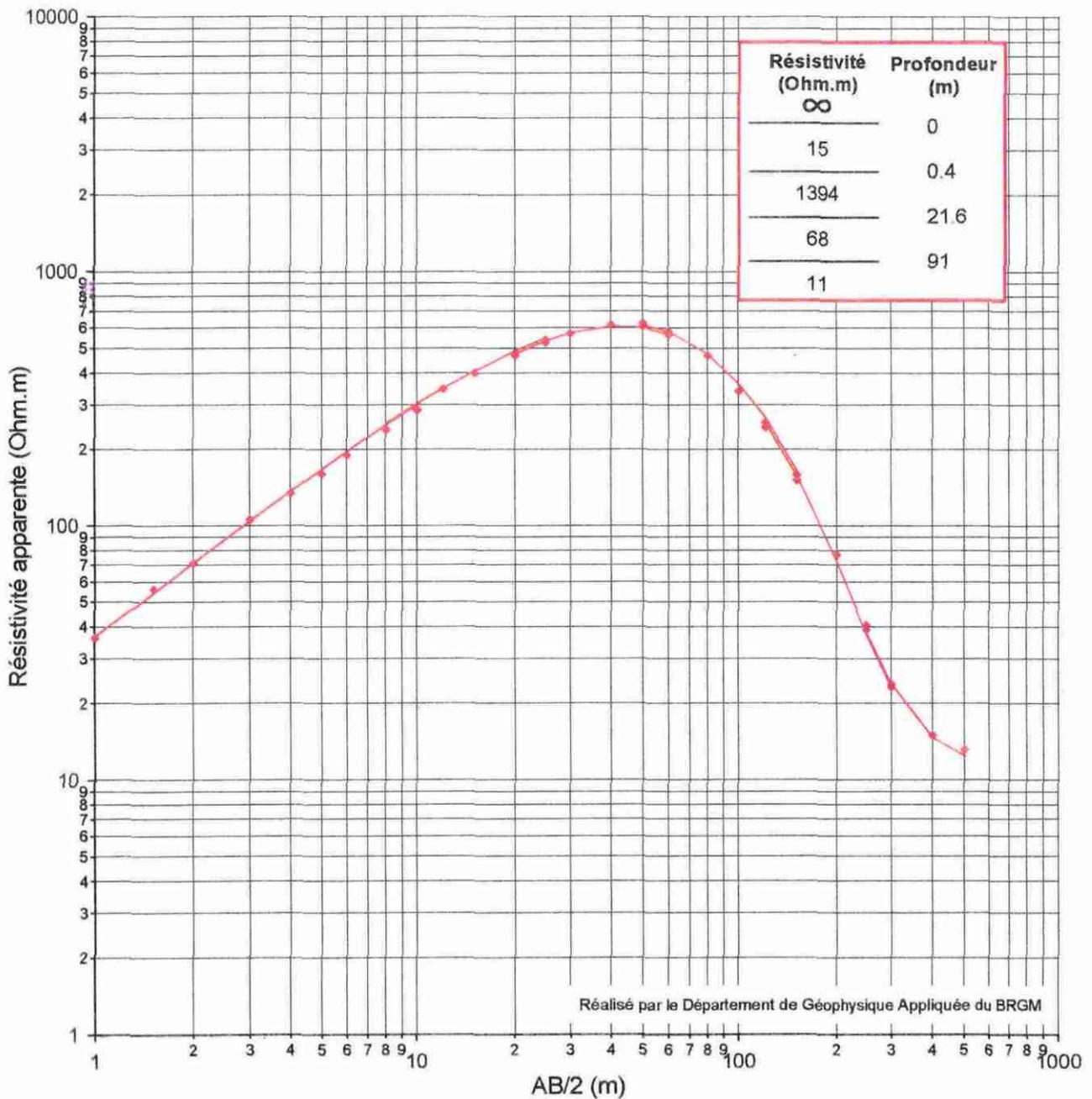


Fig. 6 - Sondage électrique de Ratfeld.

Thur où la tendance est plutôt à la baisse des résistivités. L'amélioration est plus nette entre les points 216 et 320, principalement au droit de l'anomalie située entre les stations 216 et 229. La brusque diminution de résistivité relevée en 1988 entre les points de mesure 282 et 320 semble complètement résorbée.

Après la station 320, la tendance est à une légère baisse des résistivités apparentes, jusqu'au niveau du Dollerbaechleim où les résistivités sont sensiblement plus élevées qu'en 1988.

On notera également une augmentation importante des résistivités au voisinage immédiat du saumoduc (égout d'évacuation des Mines de Potasse d'Alsace, stations 382 à 389), les craintes de fuites de ce dernier (1988) ne semblent plus fondées.

Vers l'est du profil, les résistivités sont stabilisées.

Conclusion

L'interprétation et l'étude des 48 sondages électriques réalisés au cours de cette prestation permettent, par comparaison avec les travaux antérieurs, de dresser les conclusions suivantes :

- vers l'est des profils 1E à 4E, les résistivités sont en baisse. La diminution est significative pour les unités géoélectriques superficielles et de moindre importance pour les ensembles plus profonds. La chute des résistivités s'élargit progressivement du sud vers le nord et semble s'atténuer sur le profil 4E. Cette diminution pourrait s'expliquer par un apport de chlorures en amont du profil 1E qui augmente la salure des aquifères superficiels et contamine par la suite les eaux plus profondes. Le profil 3E fait exception à cette règle puisqu'une augmentation de la résistivité des alluvions profondes tend à prouver qu'il n'y a que très peu de transferts entre les aquifères superficiels et profonds ;
- vers l'ouest, on observe généralement une amélioration ou un maintien de la salure profonde, alors que les concentrations en chlorures des niveaux supérieurs de la nappe sont en diminution. Ponctuellement, ce schéma n'est pas respecté, puisque le sondage SE21 du profil 1W montre (diminution de la résistivité de l'aquifère profond) que la tendance à la hausse de la salure dans ce secteur (puits EBE) se poursuit.

Le profil de traîné électrique montre qu'il y a généralement augmentation ou au moins stabilité des résistivités apparentes. Les améliorations les plus significatives en termes de salures sont les suivantes :

- l'anomalie située entre les stations 60 et 90 qui tend à se dissiper par une augmentation générale des résistivités ;
- la langue salée de Bollwiller (stations 95 à 120) ;
- le Feldbach moyen ;
- la chute des résistivités observée entre les stations 282 et 320 qui semble complètement résorbée ;
- le saumoduc.

Ponctuellement, on observe quelques dégradations de la qualité des eaux souterraines :

- entre les stations 33 et 39 ;
- au niveau du piézomètre 413-2-114 ;
- à l'aplomb du Feldbach interne ;
- à proximité de la Vieille Thur.



Bibliographie

(I) Contrôle et surveillance de la salure de la nappe phréatique - Secteur alluvial du bassin potassique - Campagne 1974 - Prospection géophysique (SGAL, pas de n° de rapport).

(II) Pollution par les chlorures - Traînées salées issues de Bollwiller - Prospection géophysique - décembre 1975 (SGAL, pas de n° de rapport).

(III) Pollution par les chlorures - Traînées salées issues du bassin potassique - Rapport de synthèse - juin 1976 (SGAL, pas de n° de rapport).

(IV) Salure de la nappe phréatique d'Alsace - Recherche de l'extension vers le Nord des langues salées à l'Est de l'Ill par prospection électrique - novembre 1981 (SGAL, pas de n° de rapport).

(V) La méthode du sondage électrique: son application et sa sensibilité à l'étude de la minéralisation des eaux souterraines, José Wilson de Paiva Macedo, thèse 8 janvier 1982.

(VI) Salure de la nappe phréatique - Programme de géophysique 1983 - Profils et sondages électriques de résistivité; comparaison avec les mesures antérieures - octobre 1983 - rapport BRGM 83 SGN 766 ALS.

(VII) B. Cone et G. Krebs - Actualisation de la connaissance géophysique du bassin potassique - Bilan de 12 années de fixation de la pollution saline en aval des terrils Alex et Rodolphe - rapport BRGM 89 SGN 230 ALS.

(VIII) B. Cone, G. Krebs, A. Talbot - Actualisation de la connaissance géophysique du bassin potassique - octobre 1990 - rapport BRGM R31628 ALS 4S 90.

(IX) Contrôle et surveillance de la salinité de la nappe phréatique d'Alsace - Rapport de synthèse des mesures effectuées en 1994 - rapport BRGM R38467 - mai 1995.



Annexe 1

CARTES DE LA SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Rapport BRGM R38467 - Mai 1995



DRIRE ALSACE - AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE
CONTROLE ET SURVEILLANCE DE LA SALINITE
DE LA NAPPE PHREATIQUE
DANS LE DEPARTEMENT DU HAUT-RHIN
(ANNEE 1994)

BASSIN POTASSIQUE
CARTE DE LA SALURE SUPERFICIELLE

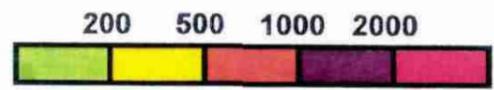
ECHELLE : 1/50 000

- LEGENDE -

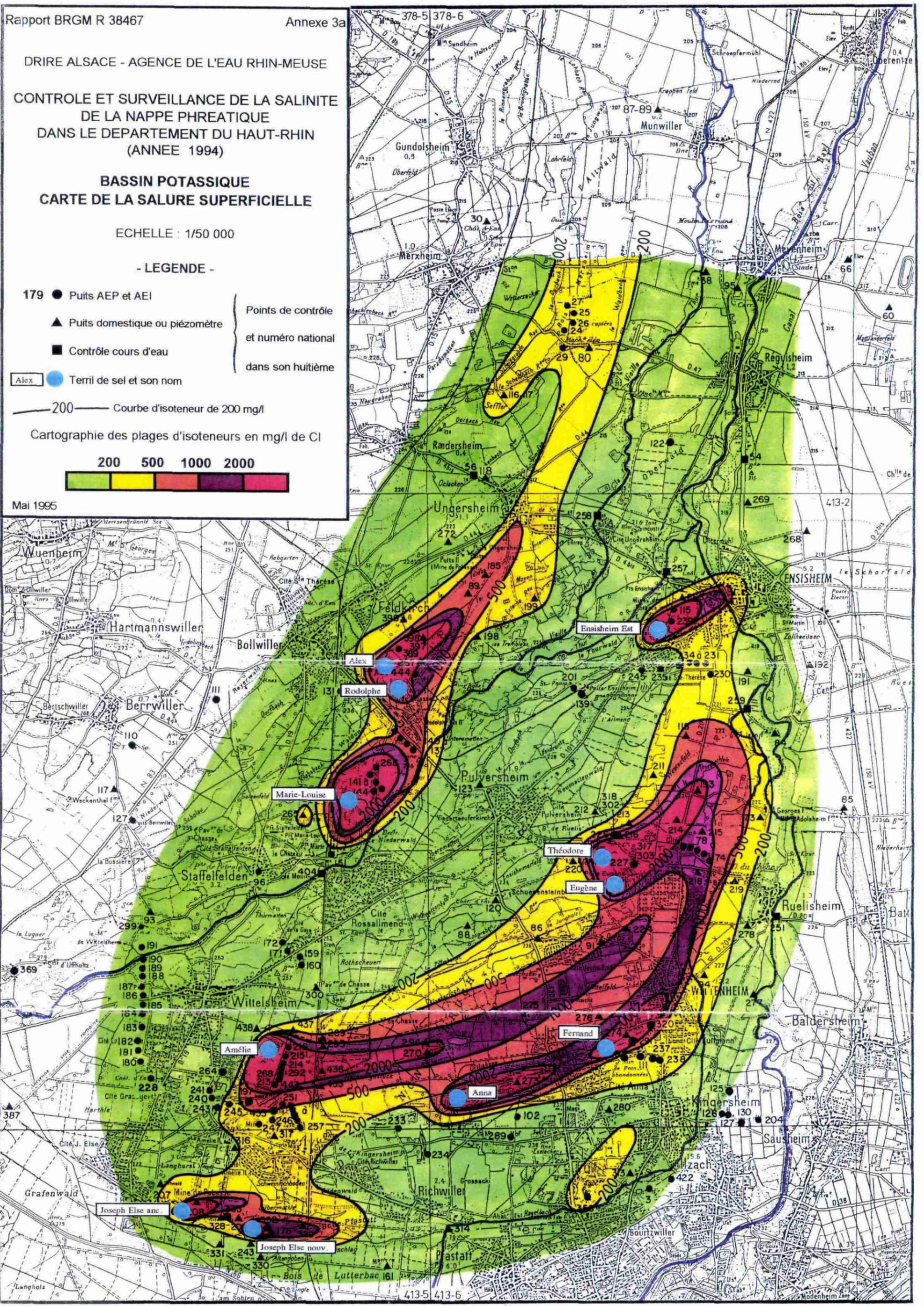
- 179 ● Puits AEP et AEI
 - ▲ Puits domestique ou piézomètre
 - Contrôle cours d'eau
 - Terril de sel et son nom
- Points de contrôle et numéro national dans son huitième

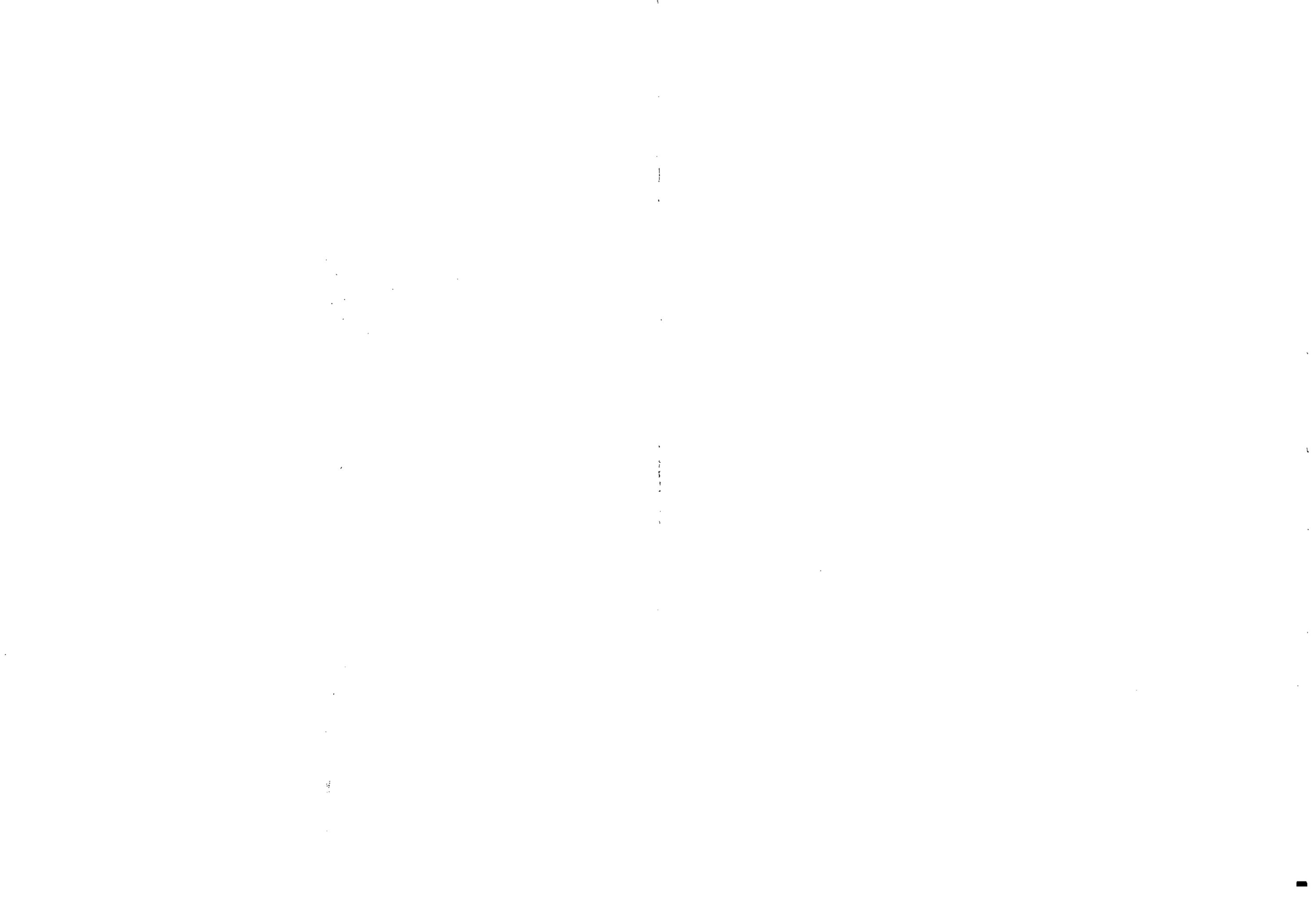
— 200 — Courbe d'isoteneur de 200 mg/l

Cartographie des plages d'isoteneurs en mg/l de Cl



Mai 1995





DRIRE ALSACE - AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE

CONTROLE ET SURVEILLANCE DE LA SALINITE DE LA NAPPE PHREATIQUE DANS LE DEPARTEMENT DU HAUT-RHIN (ANNEE 1994)

BASSIN POTASSIQUE CARTE DE LA SALURE PROFONDE

ECHELLE : 1/50 000

- LEGENDE -

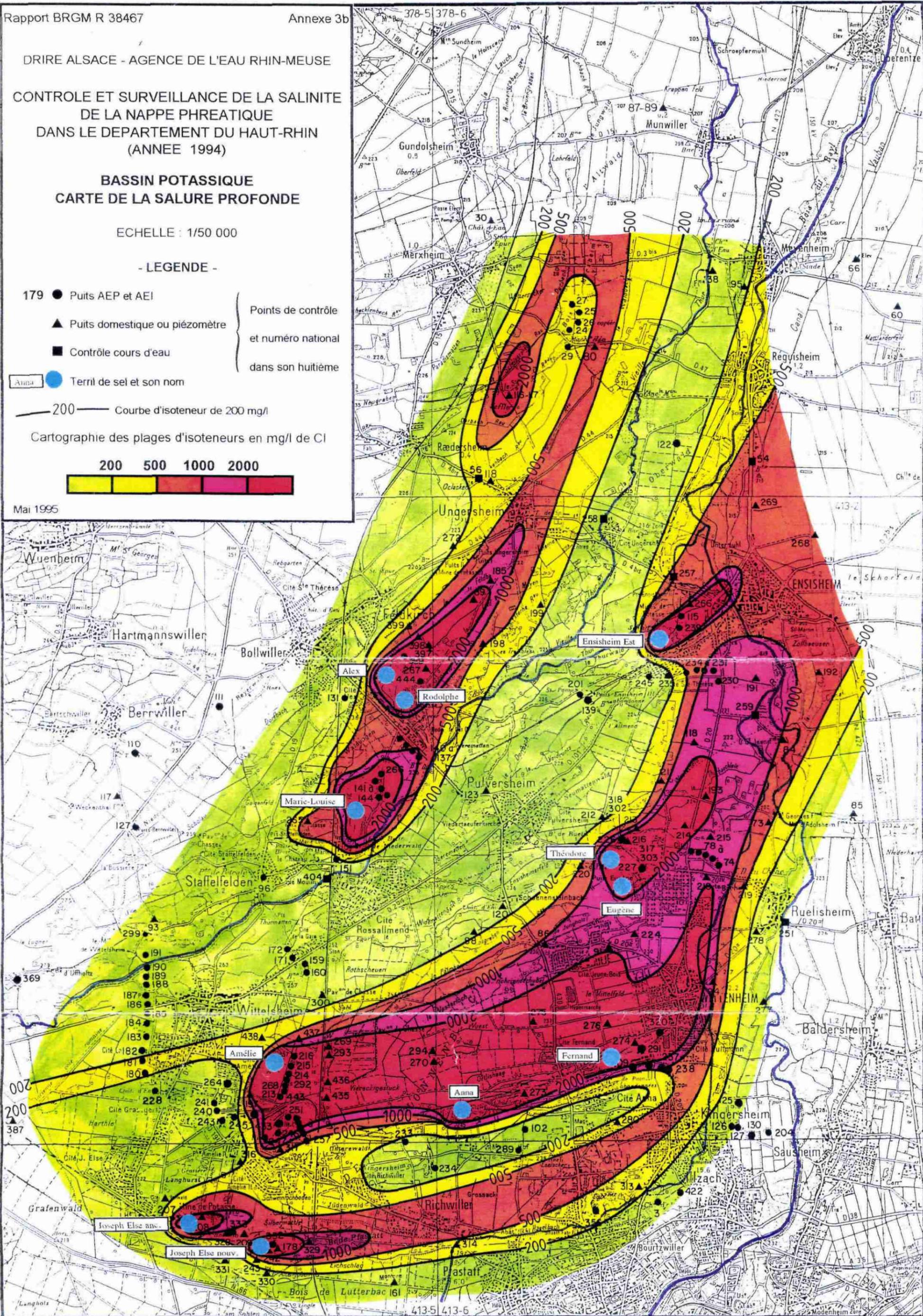
- 179 ● Puits AEP et AEI
 - ▲ Puits domestique ou piézomètre
 - Contrôle cours d'eau
 - Anna Terril de sel et son nom
- Points de contrôle et numéro national dans son huitième

— 200 — Courbe d'isoteneur de 200 mg/l

Cartographie des plages d'isoteneurs en mg/l de Cl

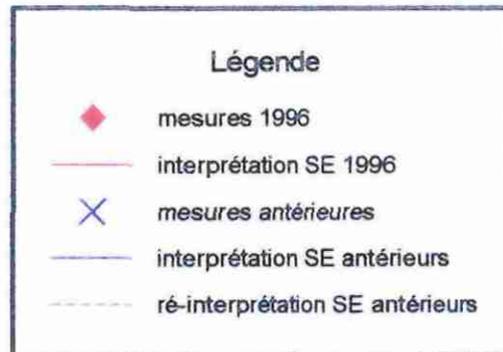


Mai 1995



Annexe 2

Interprétation 1D des sondages électriques



Lorsque les sondages électriques ont pas été refaits au même emplacement que par le passé, tous les résultats (points de mesures et interprétations 1D présents et passés) sont regroupés sur une même figure. Dans le cas contraire, les résultats sont présentés sur deux figures différentes.

Les modèles tabulaires sont toujours positionnés de la même façon :

- à droite et encadrés en rouge pour les interprétations des sondages 1996,
- au centre et encadrés en vert pour les ré-interprétations des sondages mesurés dans le passé,
- à gauche et encadrés en bleu pour les interprétations réalisées par le passé.

Les coordonnées x, y des sondages électriques sont exprimées dans le système Lambert zone II étendu en kilomètre.

SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE71 PROFIL: 1E

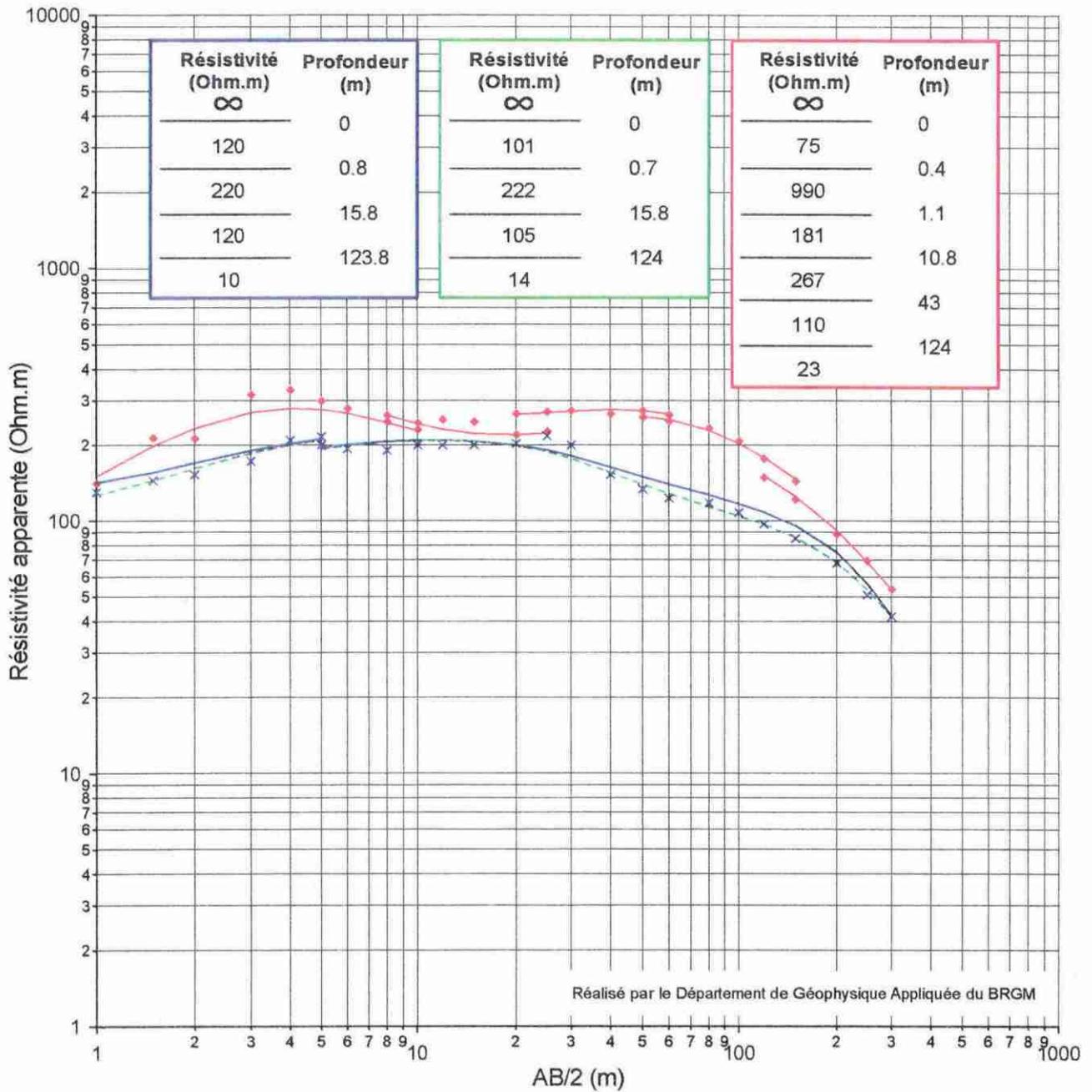
Azimuth: 120 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Cité Ungersheim

Date: 19 Octobre

Numéro séquentiel: 30

X=973.20 Y=2331.65



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE72** PROFIL: **1E**

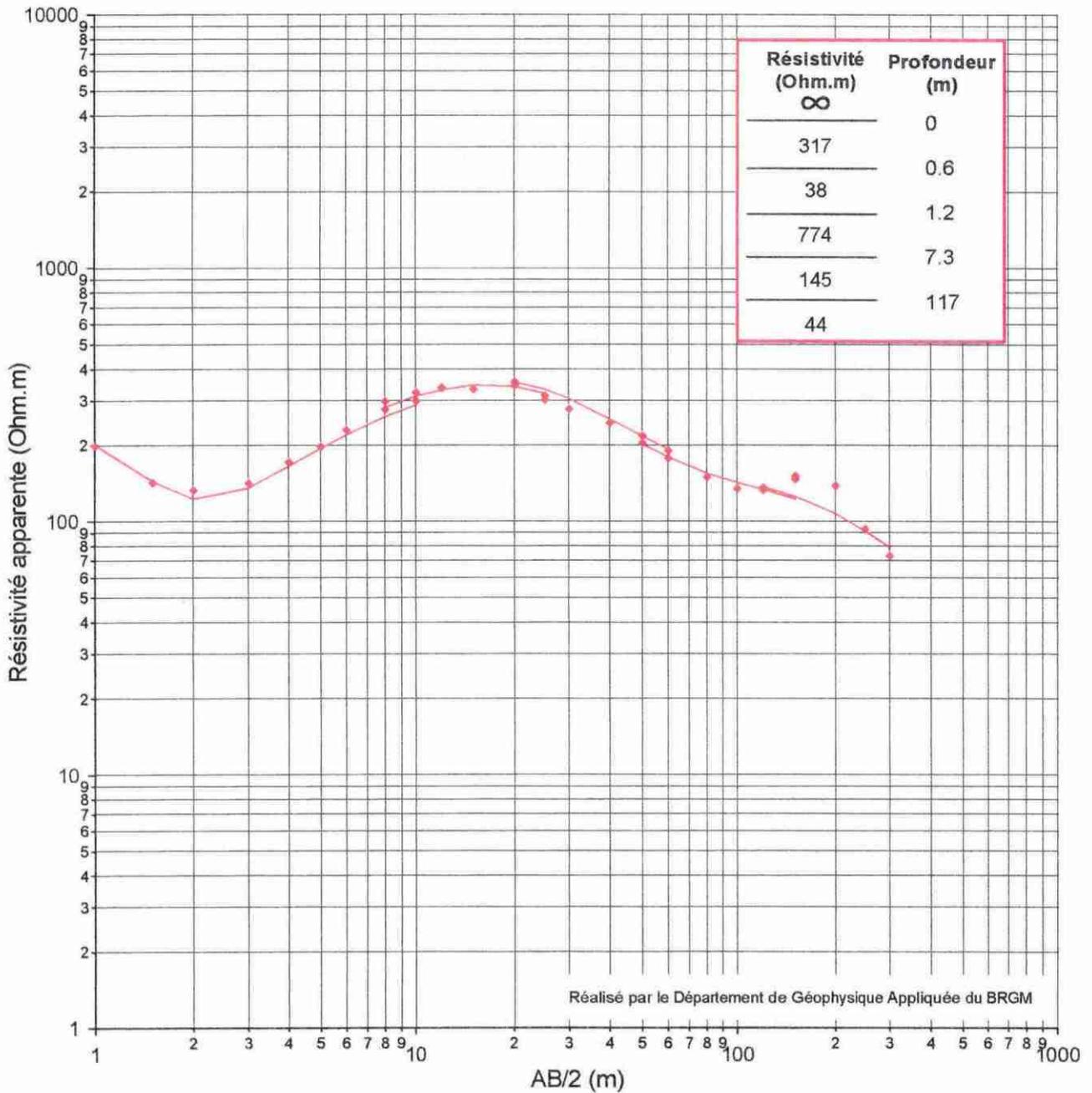
Azimuth: 6 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Thurfeld

Date: 19 Octobre

Numéro séquentiel: 31

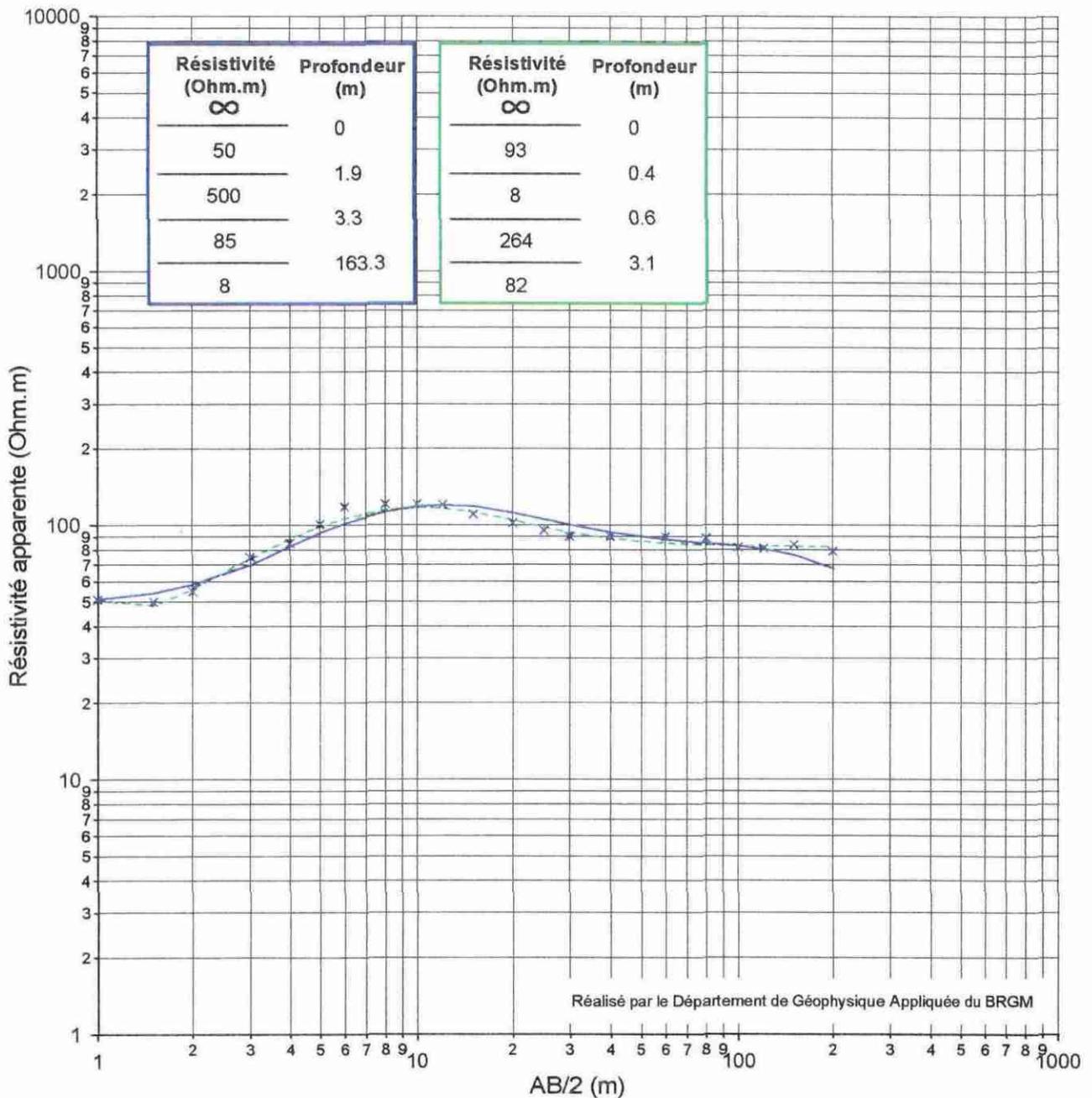
X=973.92 Y=2331.77



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1978

SONDAGE: SE72
 PROFIL: 1E



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE75** PROFIL: **1E**

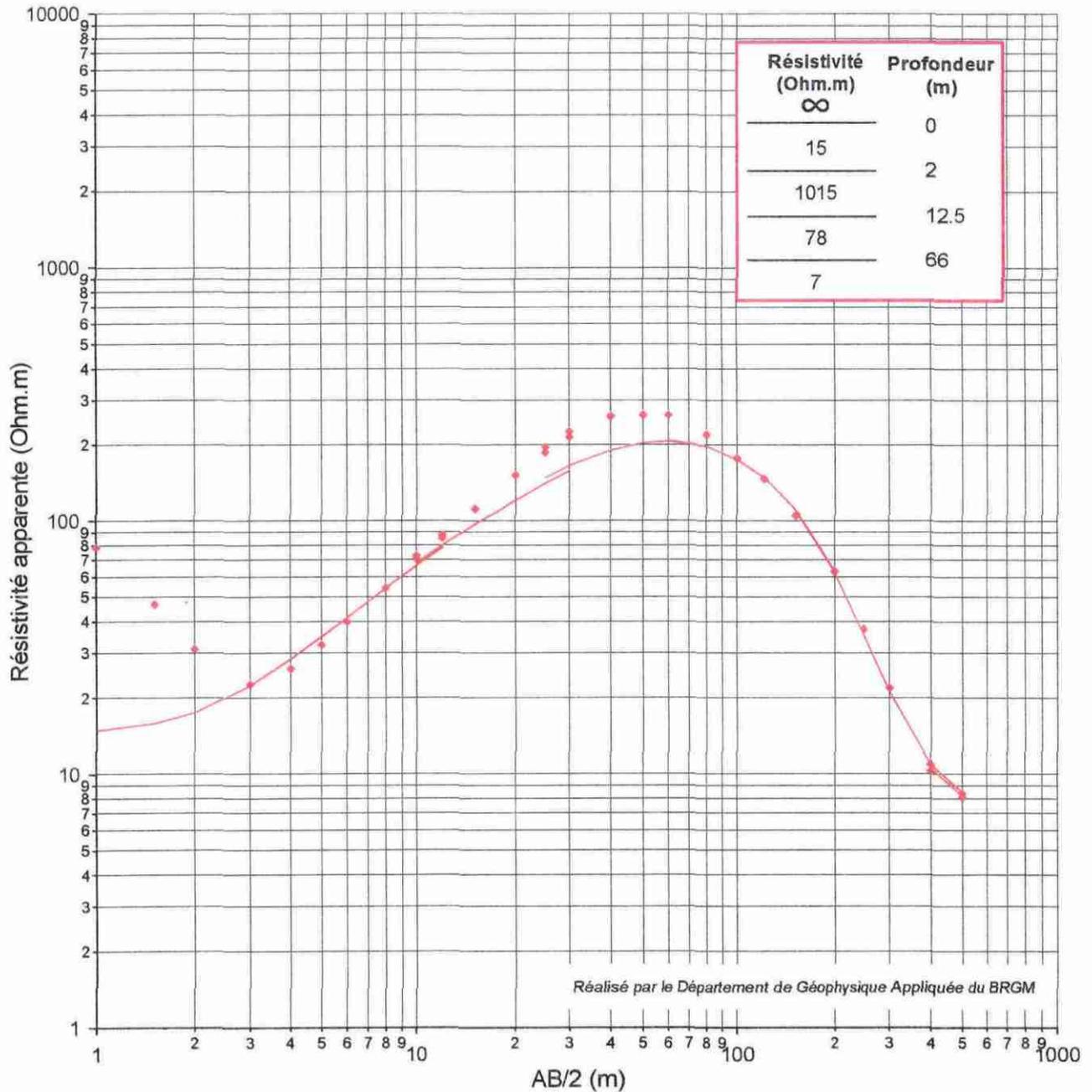
Azimuth: 114 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Reguisheimer Feld

Date: 15 Octobre

Numéro séquentiel: 14

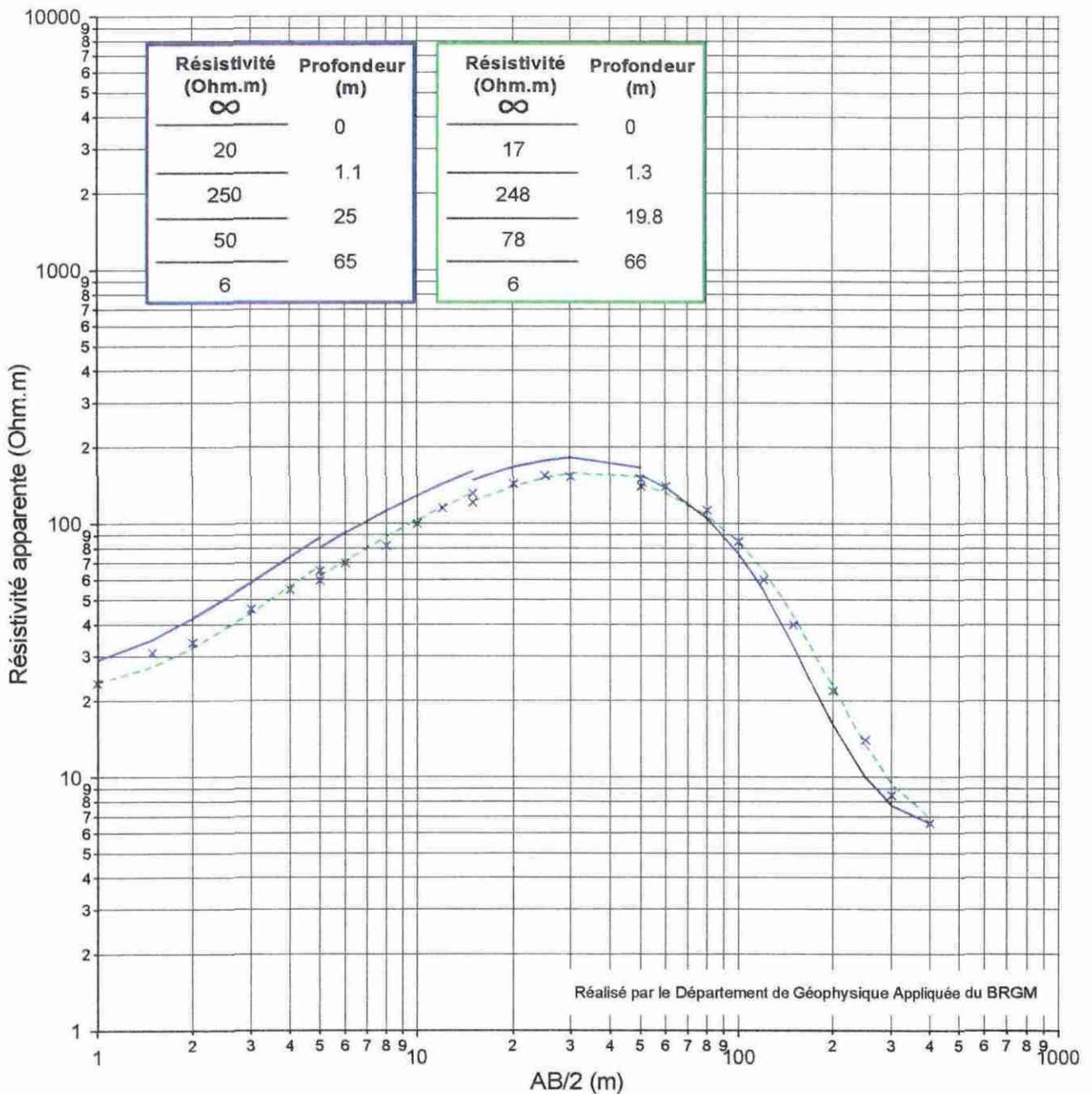
X=975.64 Y=2331.54



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1978

SONDAGE: SE75
 PROFIL: 1E



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE76** PROFIL: **1E**

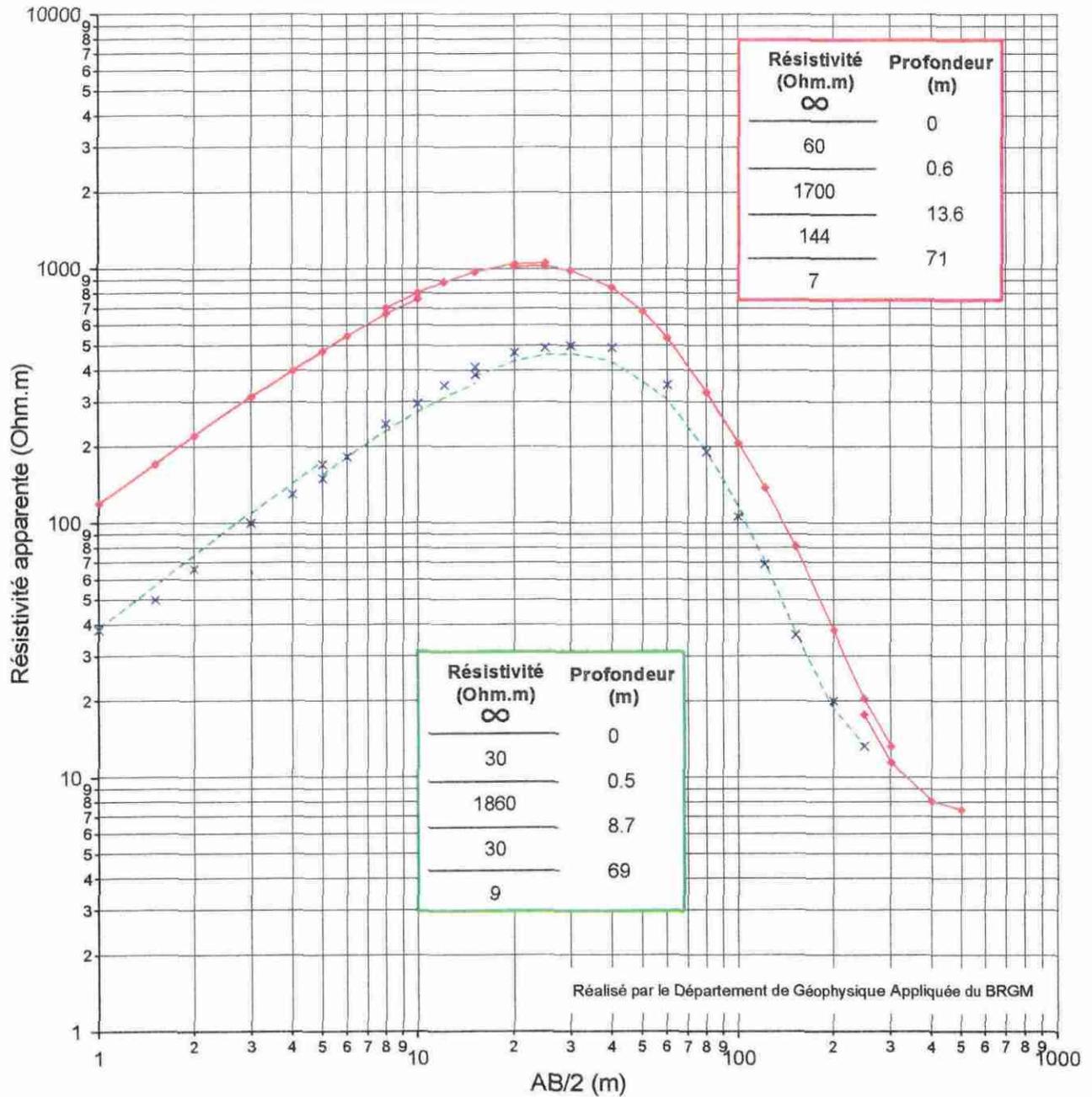
Azimuth: 198 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Oberfeld

Date: 23 Octobre

Numéro séquentiel: 45

X=976.01 Y=2331.51



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE77 PROFIL: 1E

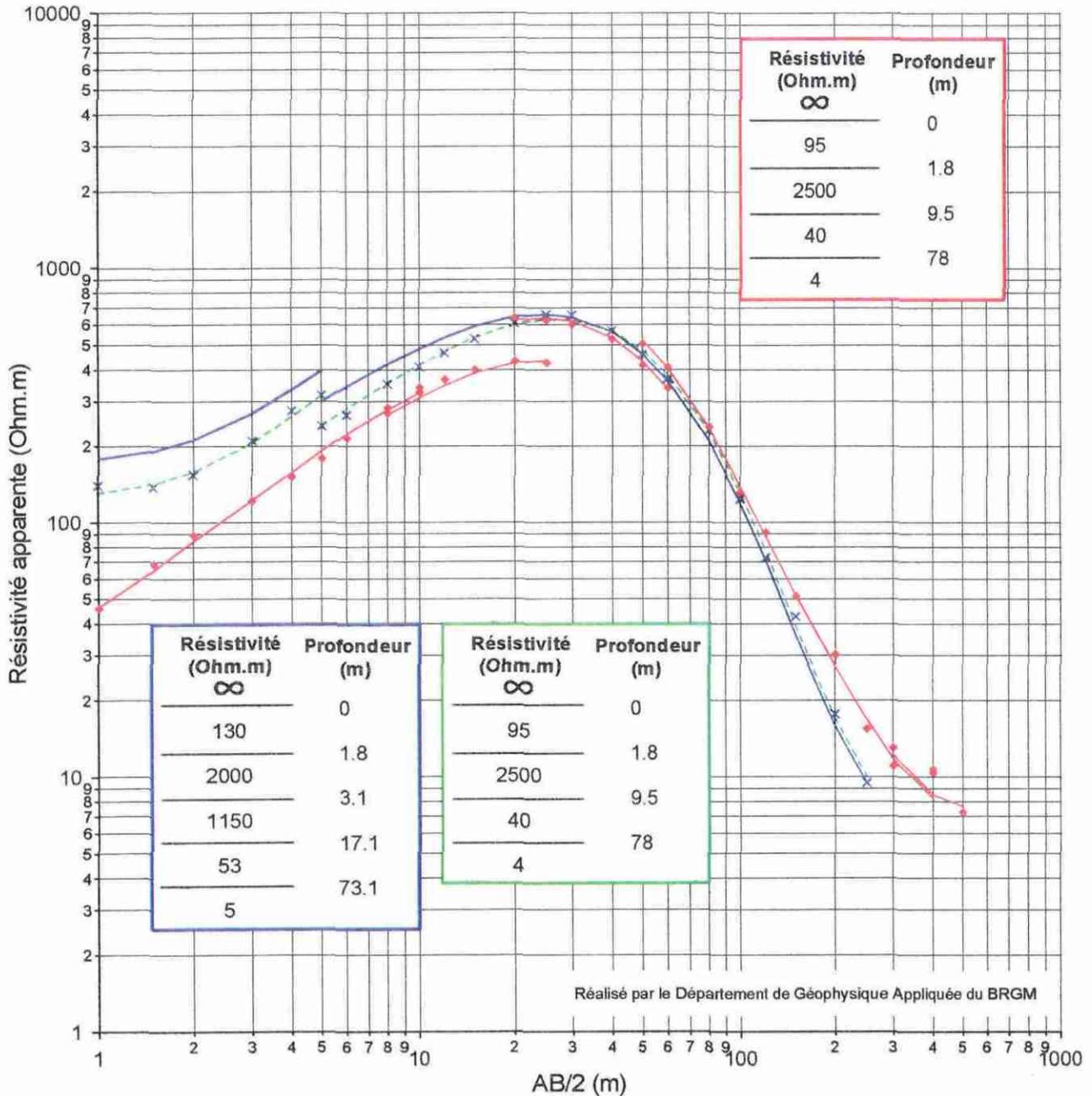
Azimuth: 103 Gr Nord

Lieu: Ensisheim

Date: 15 Octobre

Numéro séquentiel: 15

X=976.40 X=2331.54



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE78 PROFIL: 1E

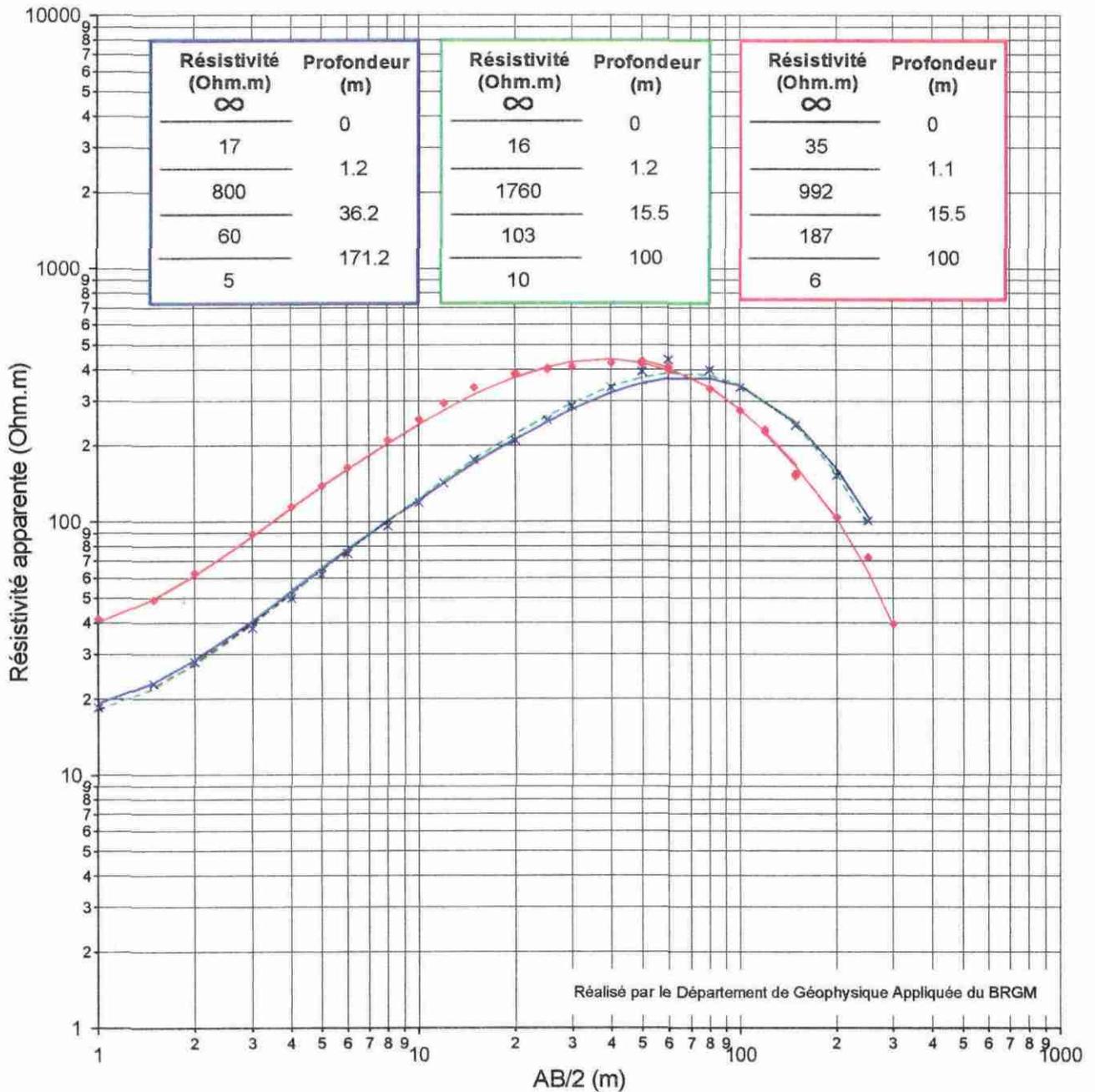
Azimuth: 72 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Echangeur

Date: 23 Octobre

Numéro séquentiel: 48

X=976.85 Y=2331.48



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE82 PROFIL: 1E

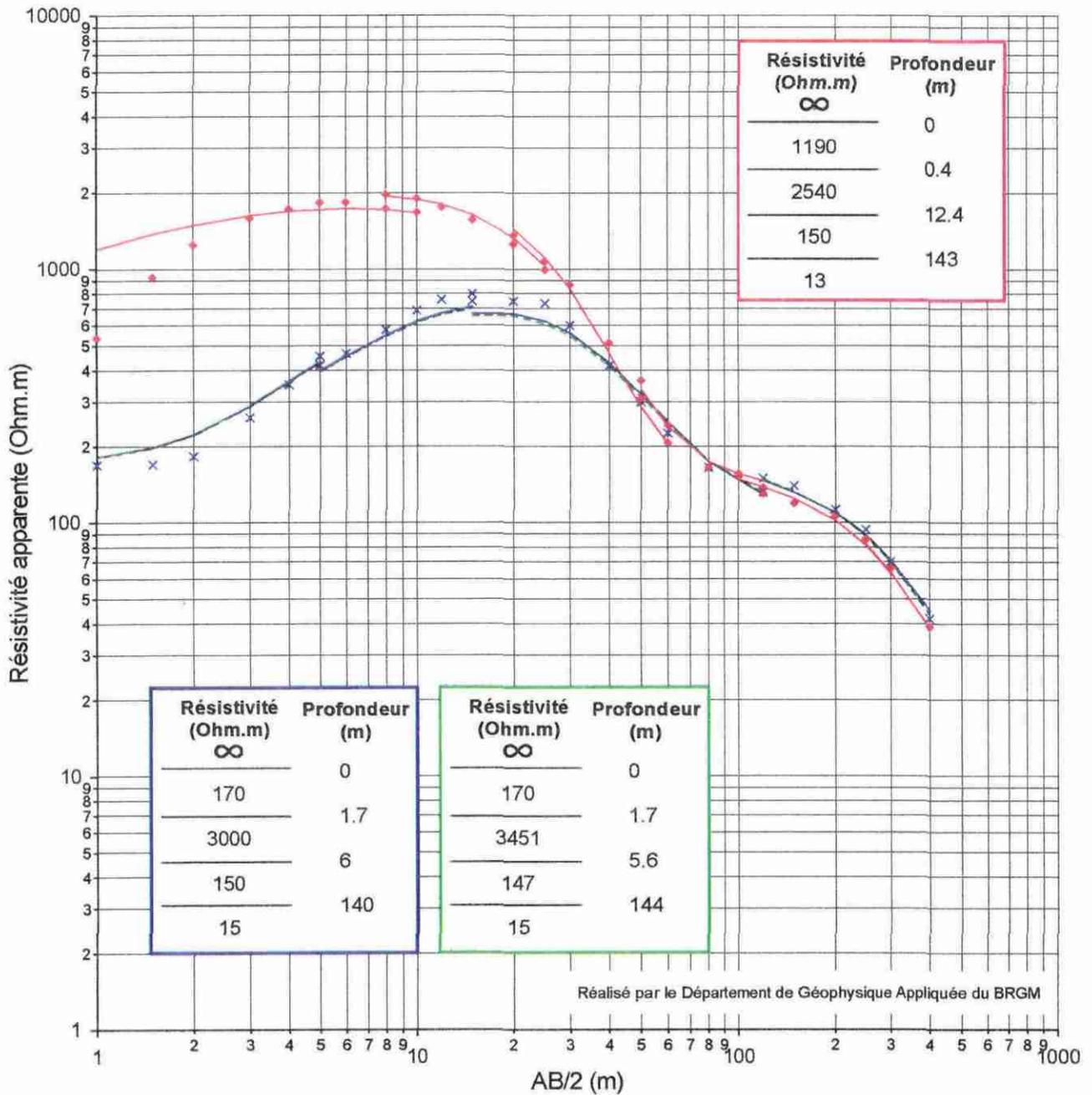
Azimuth: 195 Gr Nord

Lieu: Ensisheim

Date: 15 Octobre

Numéro séquentiel: 17

X=978.28 Y=2331.36



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE83** PROFIL: **1E**

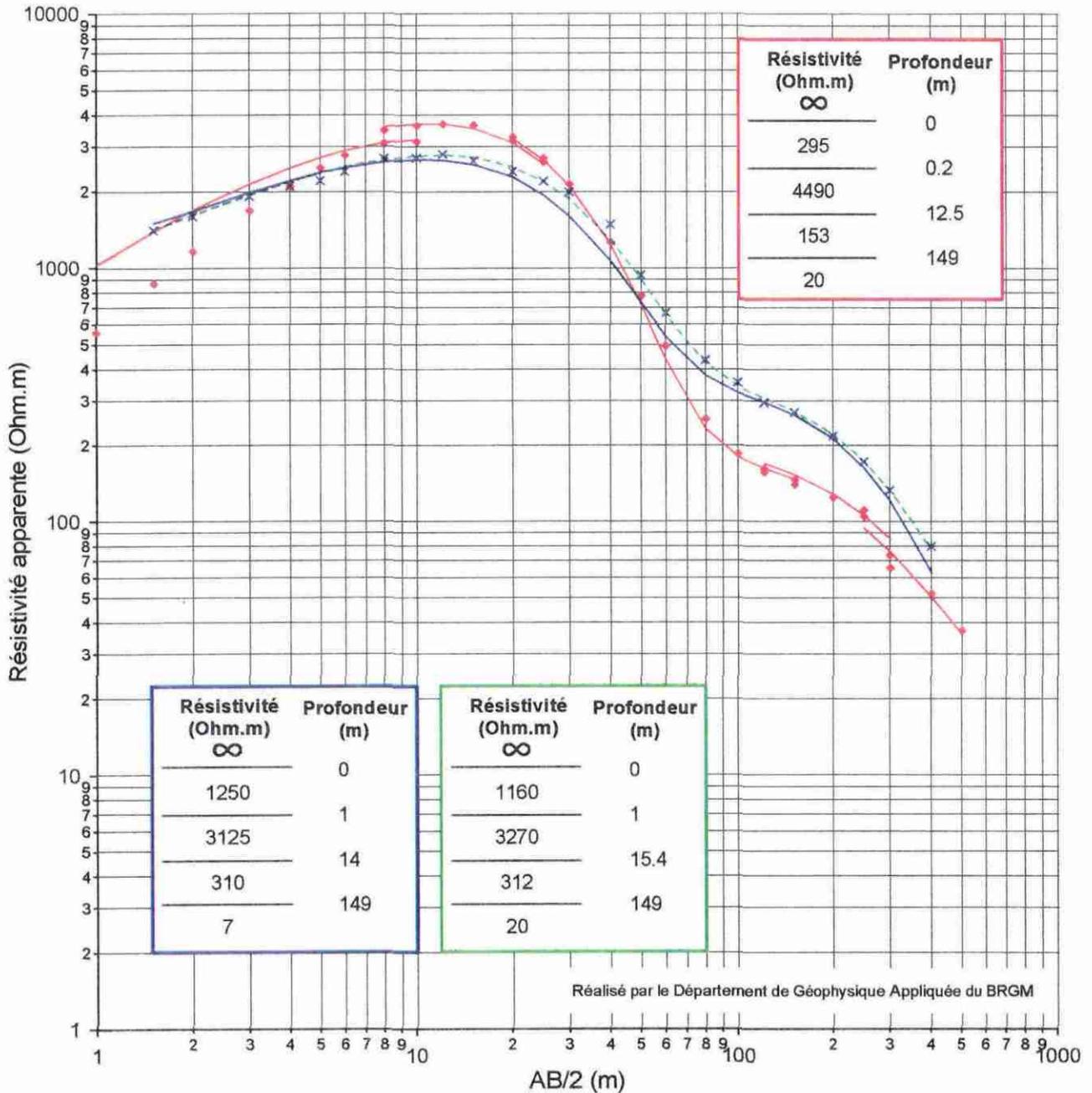
Azimuth: 120 Gr Nord

Lieu: Ensisheim

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 38

X=978.93 Y=2331.31



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE84 PROFIL: 1E

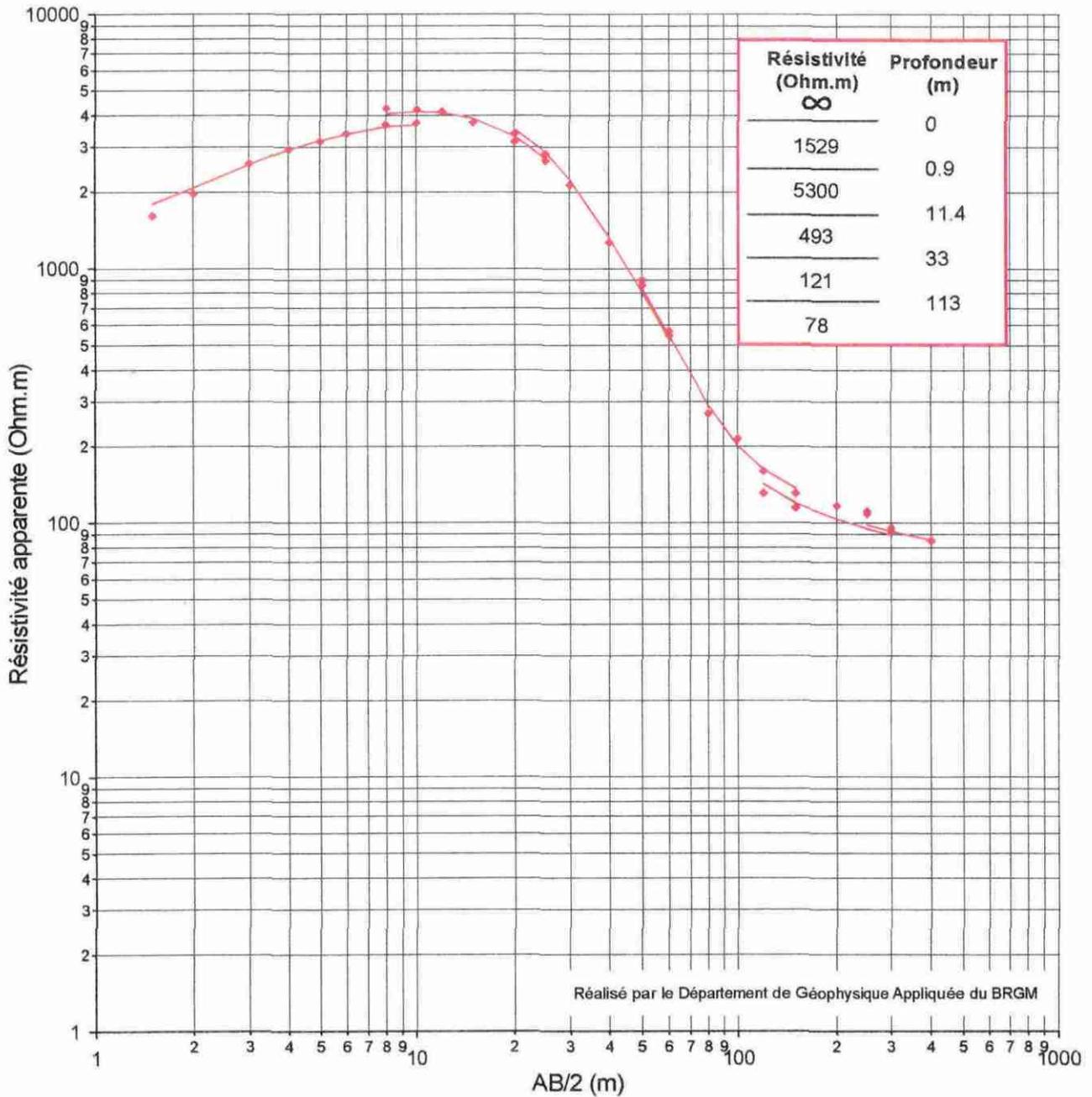
Azimuth: 190 Gr Nord

Lieu: Ensisheim

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 39

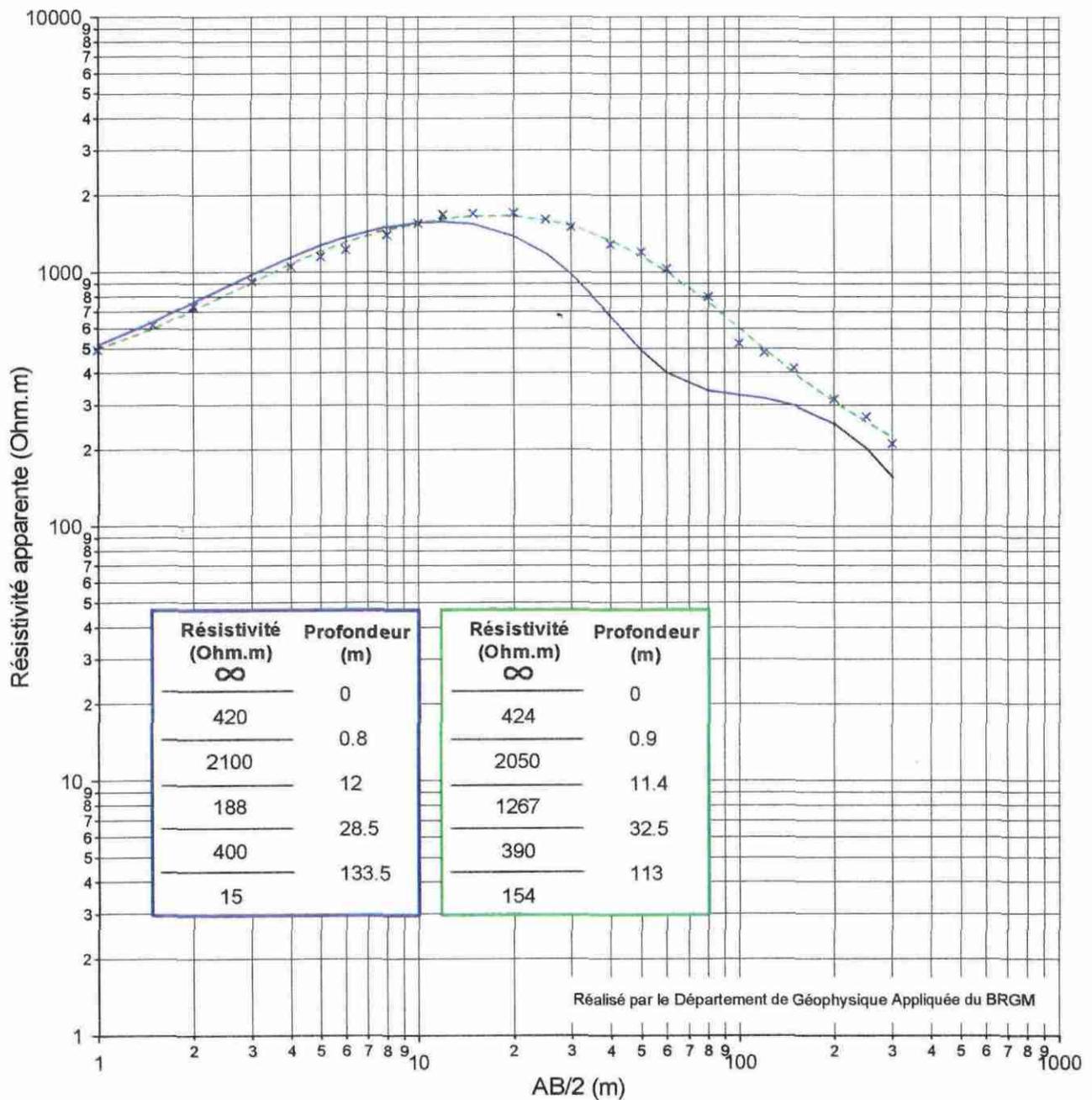
X=979.25 Y=2331.28



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1978

SONDAGE: SE84
 PROFIL: 1E



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE30** PROFIL: **2E**

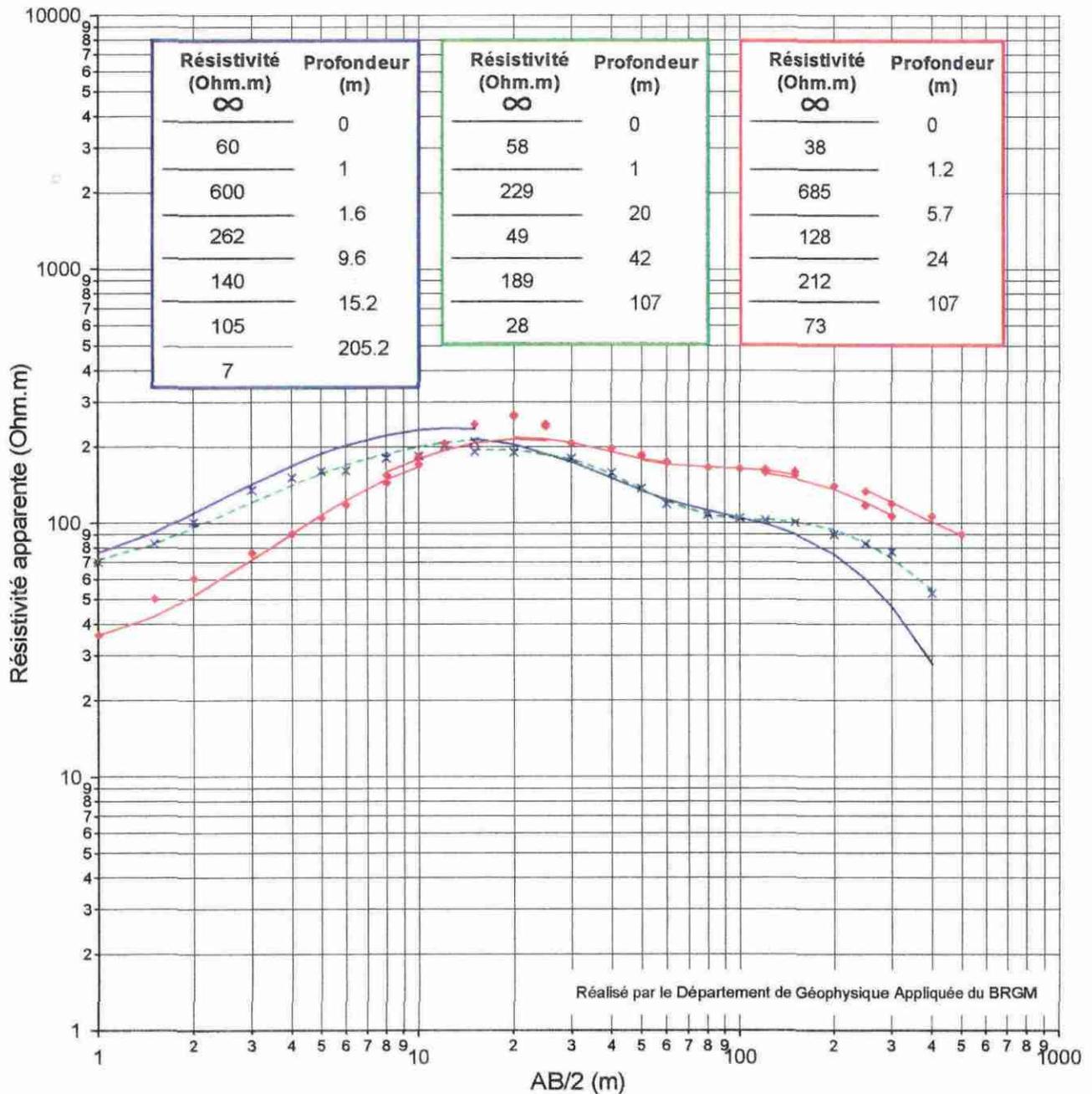
Azimuth: 139 Gr Nord

Lieu: Reguisheim

Date: 16 Octobre

Numéro séquentiel: 18

X=973.78 Y=2334.53



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE31 PROFIL: 2E

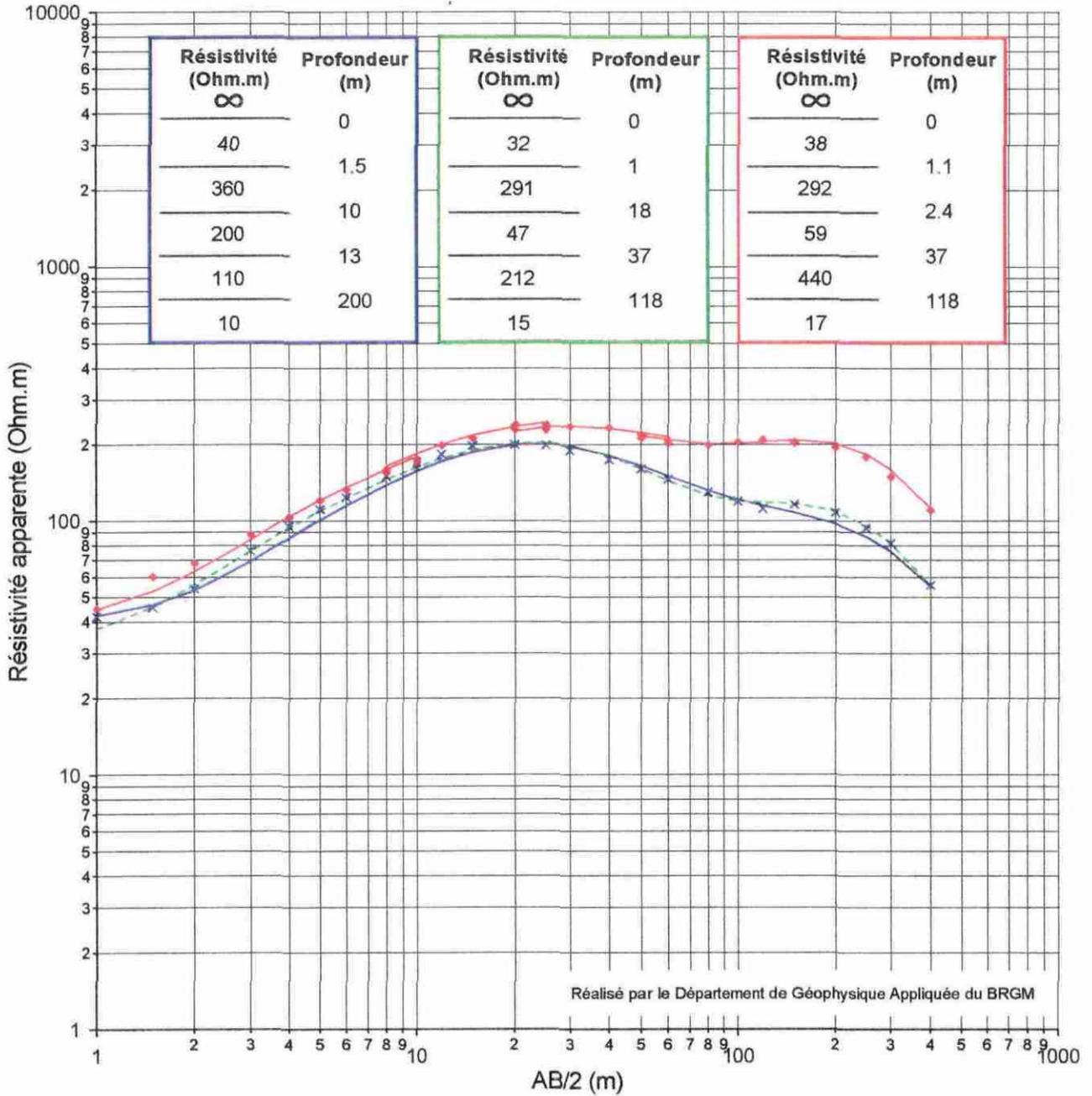
Azimuth: 189 Gr Nord

Lieu: Reguisheim

Date: 16 Octobre

Numéro séquentiel: 19

X=974.20 Y=2334.35



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE34** PROFIL: **2E**

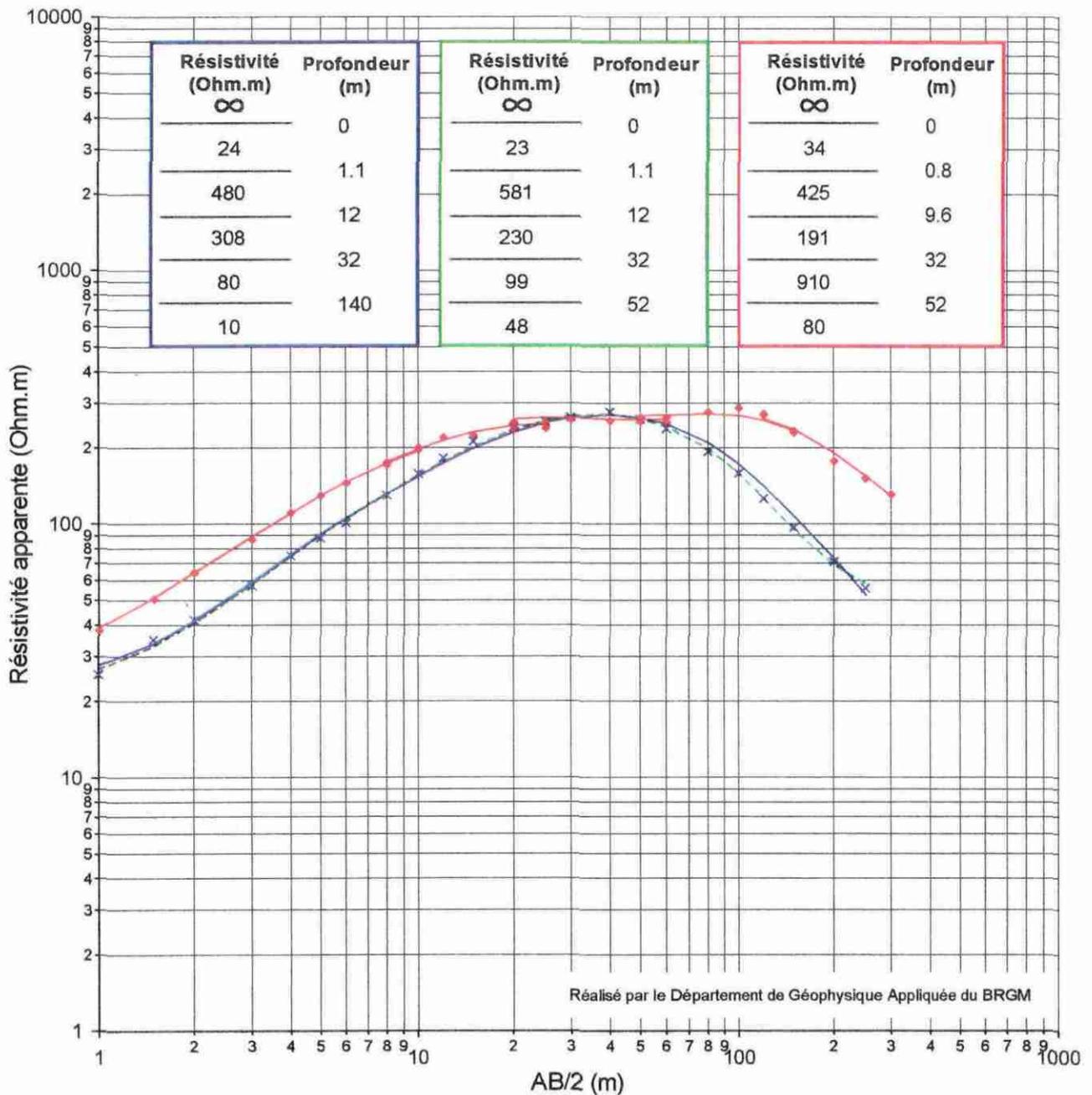
Azimuth: 99 Gr Nord

Lieu: Reguisheim

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 40

X=975.85 Y=2334.23



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE35 PROFIL: 2E

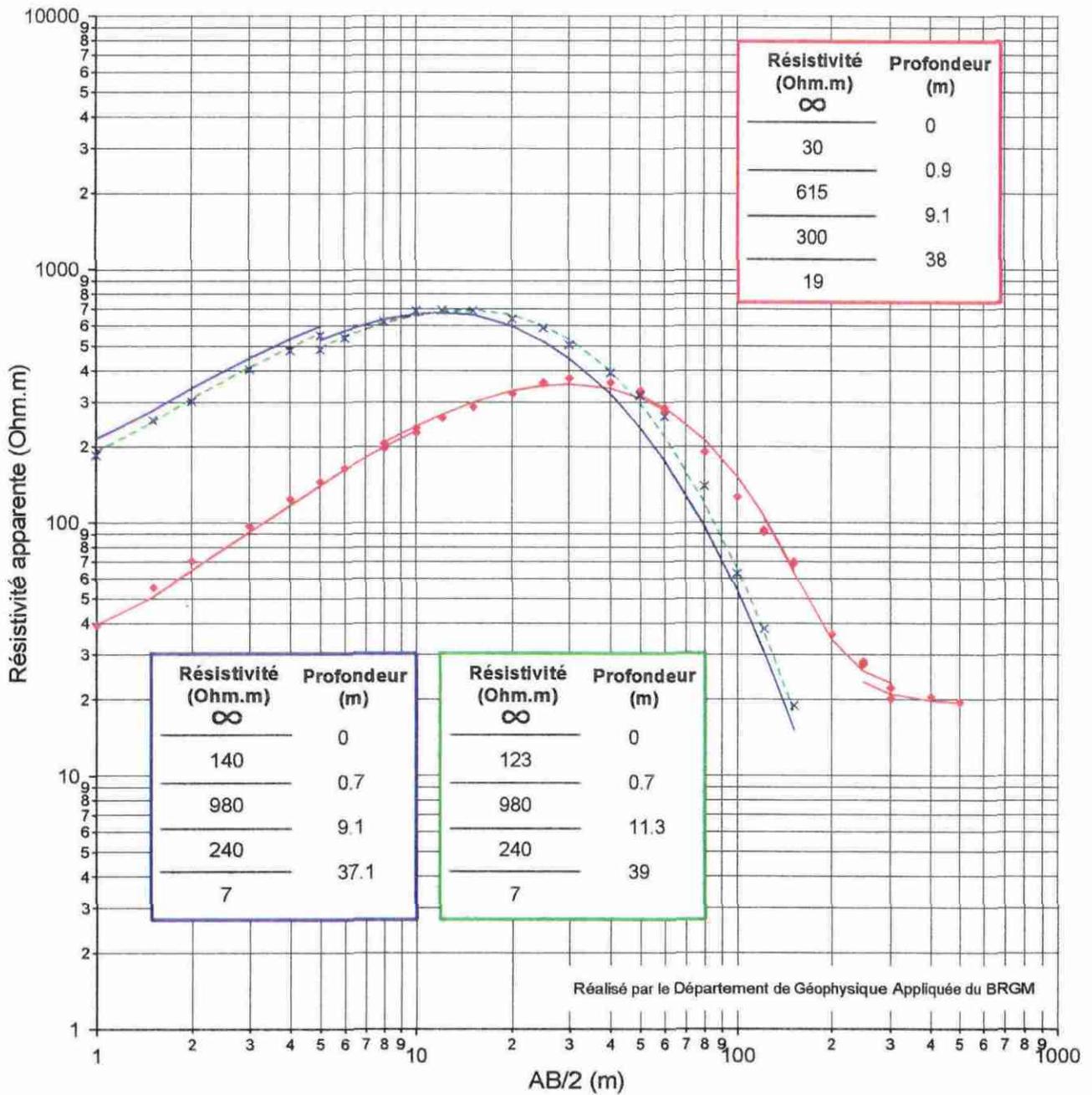
Azimuth: 175 Gr Nord

Lieu: Reguisheim - Bubenlei

Date: 16 Octobre

Numéro séquentiel: 20

X=976.15 Y=2334.55



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE43** PROFIL: **2E**

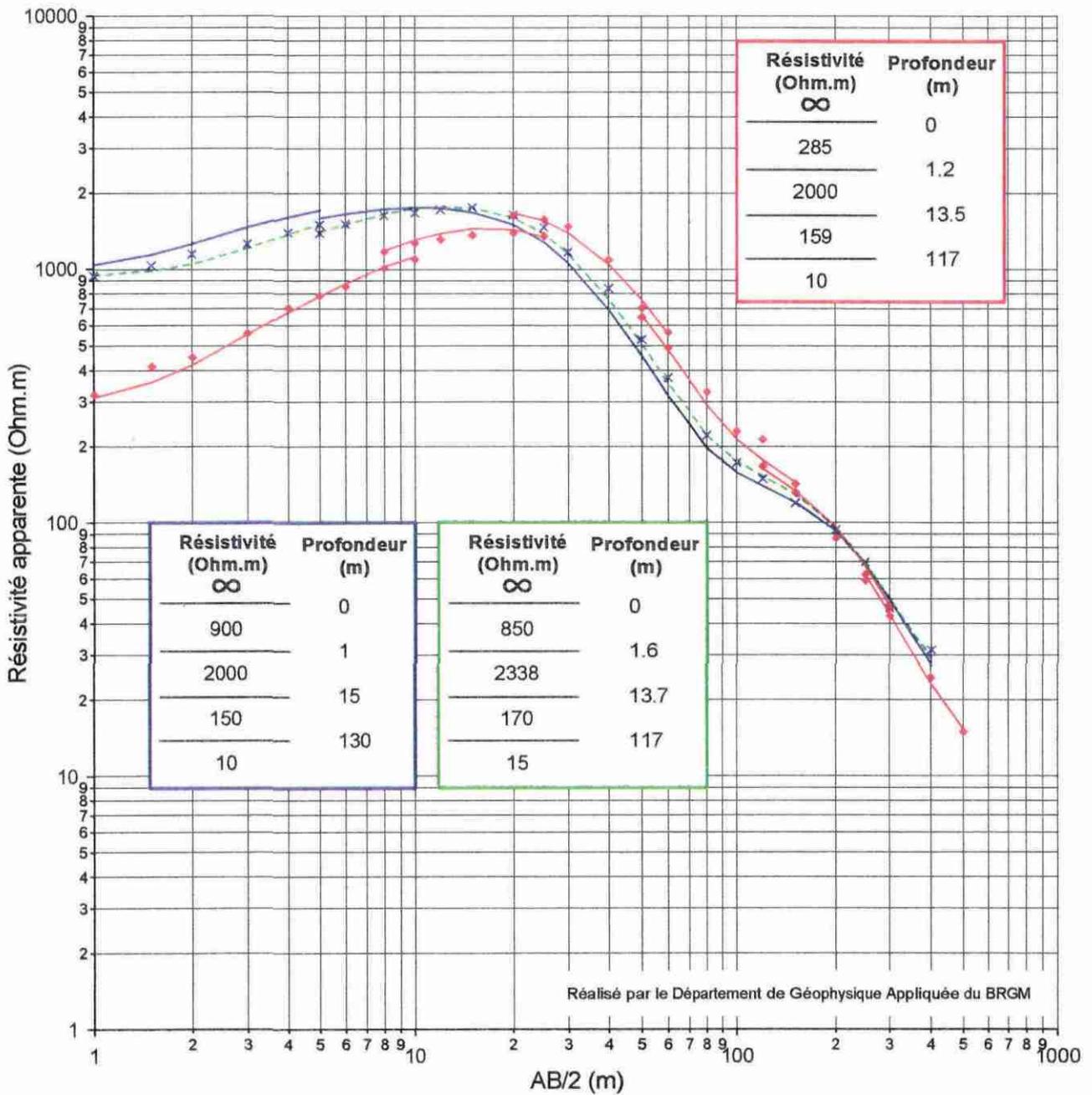
Azimuth: 198 Gr Nord

Lieu: Reguisheim

Date: 16 Octobre

Numéro séquentiel: 21

X=977.65 Y=2334.06



Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
285	1.2
2000	13.5
159	117
10	

Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
900	1
2000	15
150	130
10	

Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
850	1.6
2338	13.7
170	117
15	

SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE44 PROFIL: 2E

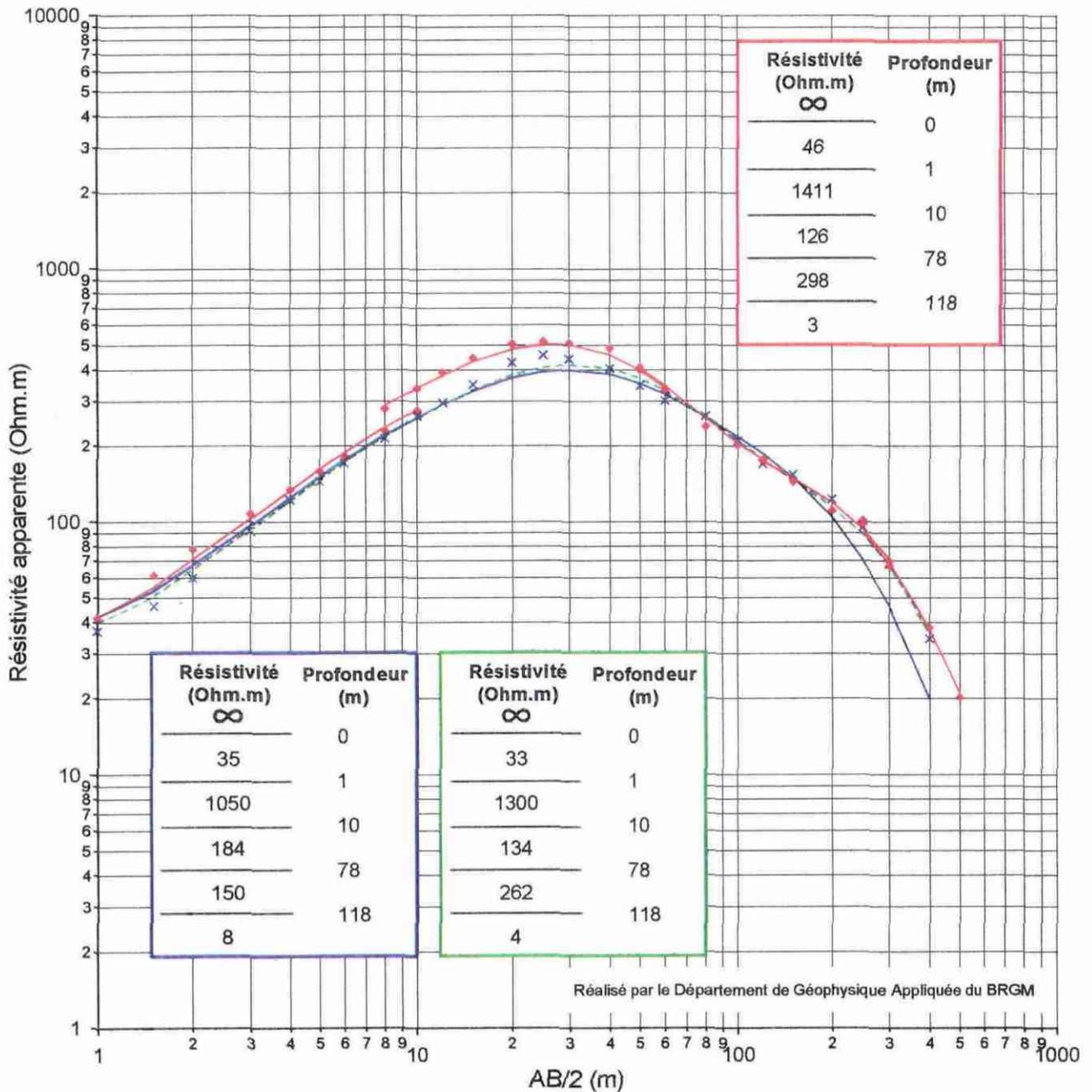
Azimuth: 81 Gr Nord

Lieu: Reguisheim

Date: 18 Octobre

Numéro séquentiel: 29

X=977.97 Y=2334.08



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE45** PROFIL: **2E**

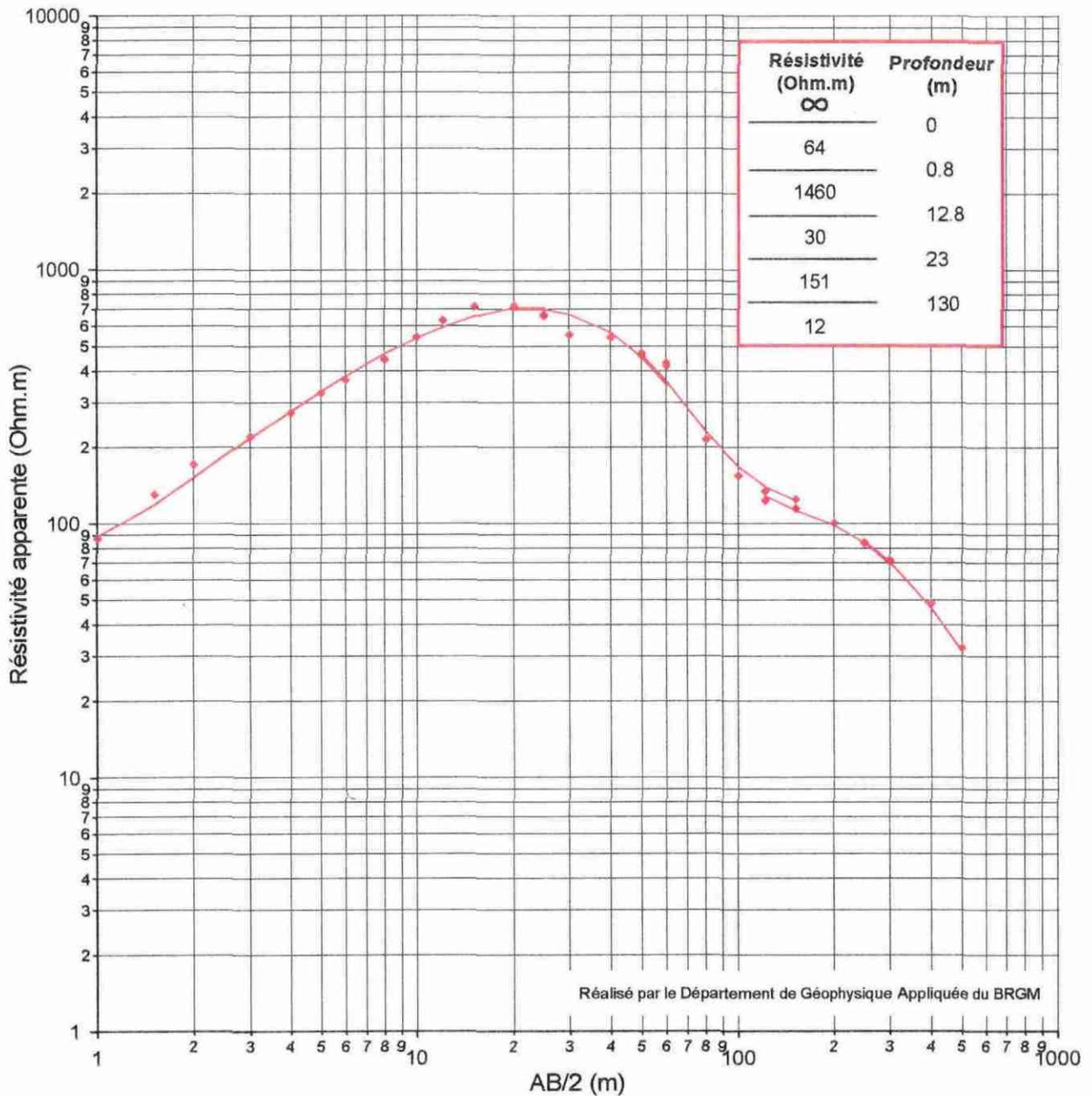
Azimuth: 81 Gr Nord

Lieu: Reguisheim

Date: 18 Octobre

Numéro séquentiel: 28

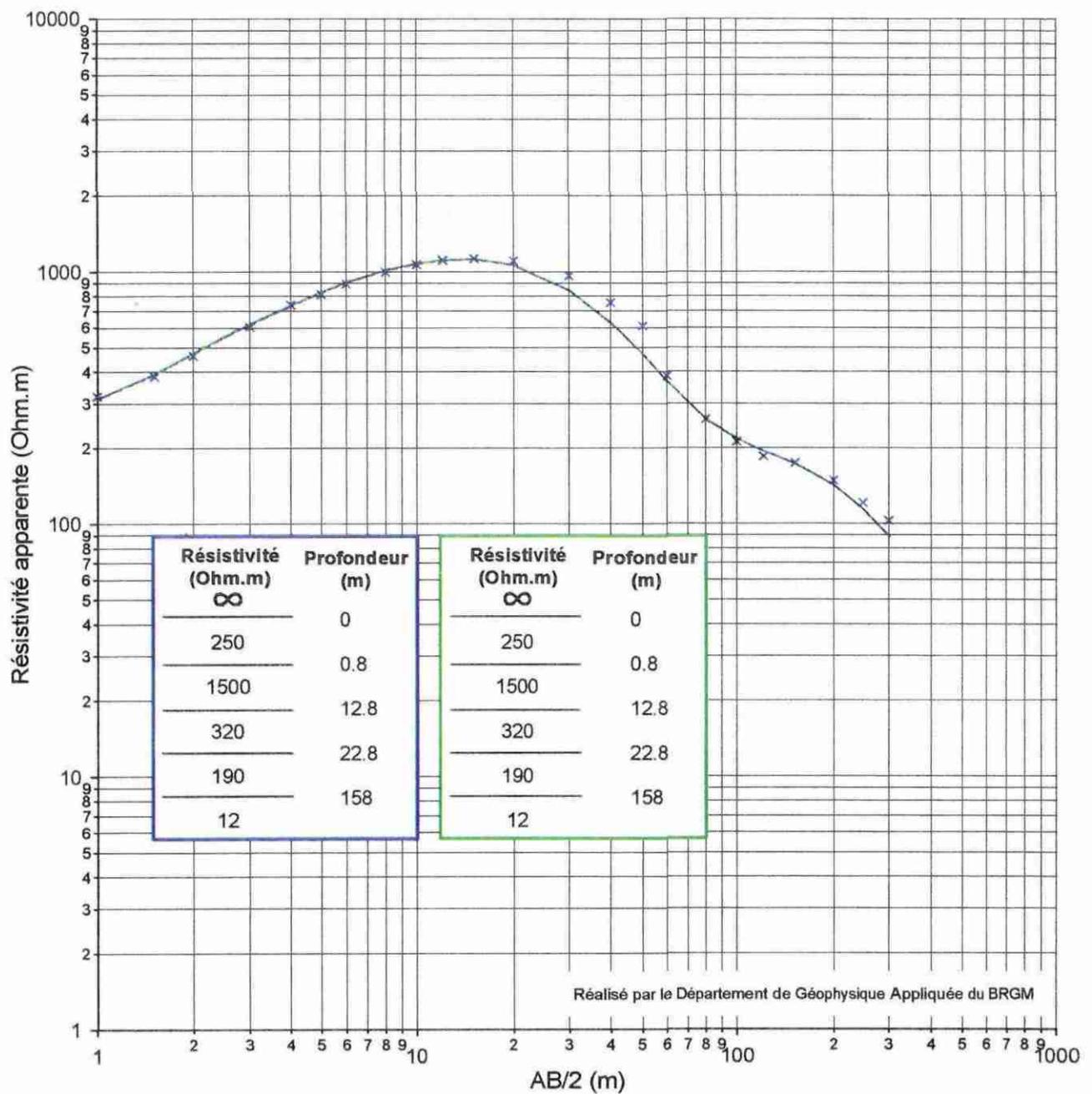
x=978.50 Y=2334.26



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1978

SONDAGE: SE45
 PROFIL: 2E



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE1** PROFIL: **3E**

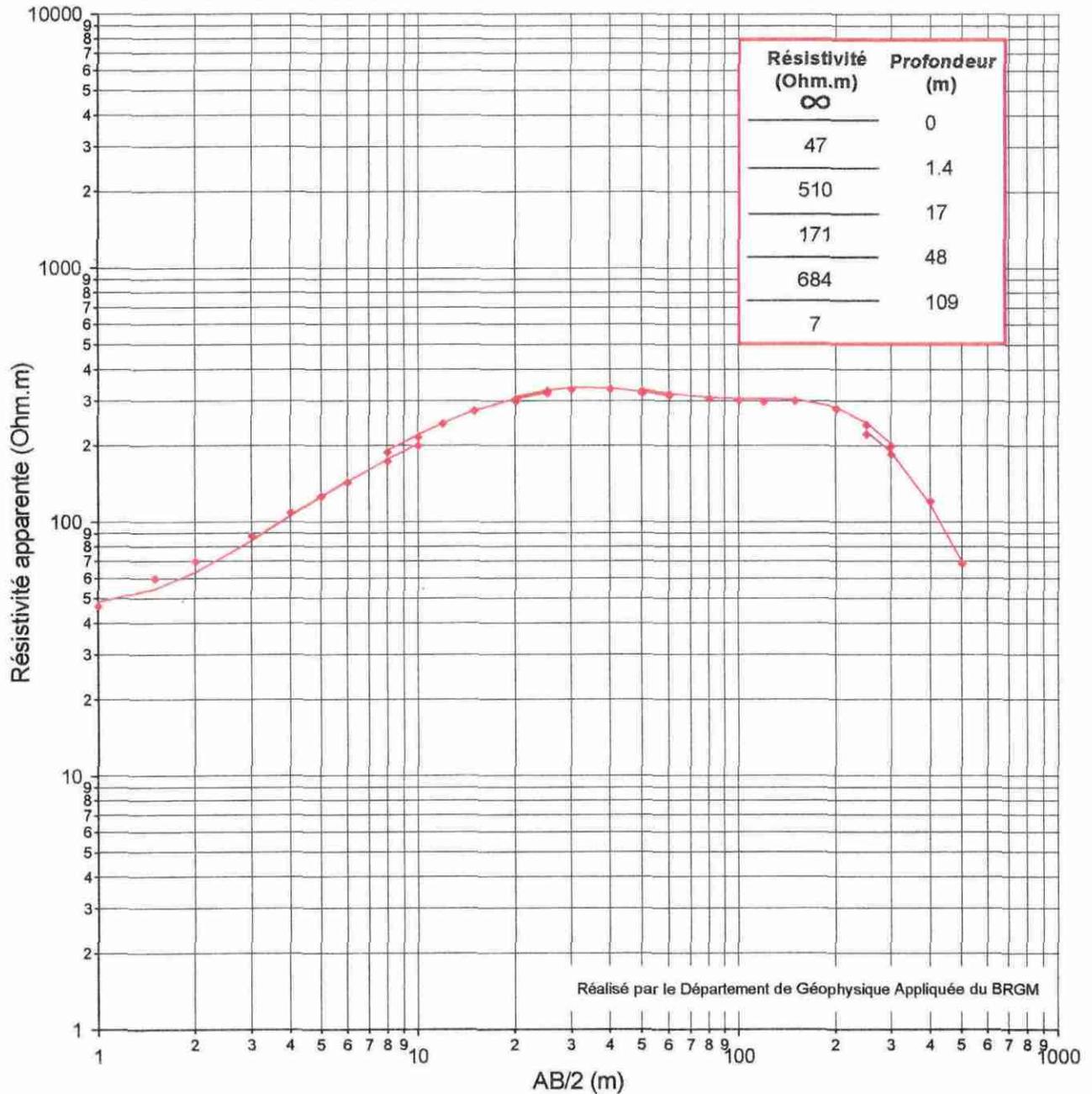
Azimuth: 122 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim - Oberfeld

Date: 21 Octobre

Numéro séquentiel: 34

X=976.32 Y=2341.77



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE2 PROFIL: 3E

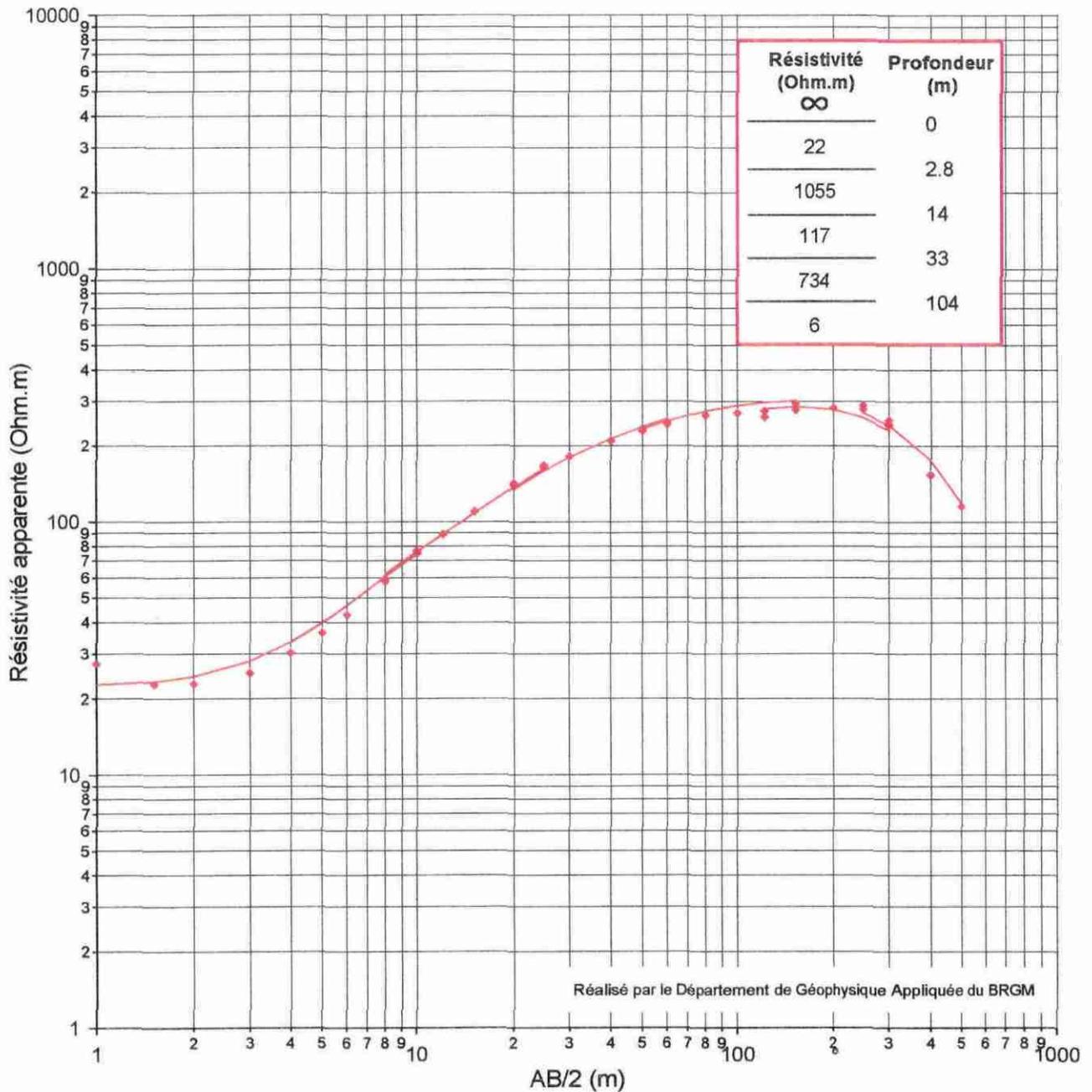
Azimuth: 21 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim - Silo/Schluck

Date: 21 Octobre

Numéro séquentiel: 35

X=976.82 Y=2341.55



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SEA PROFIL: 3E

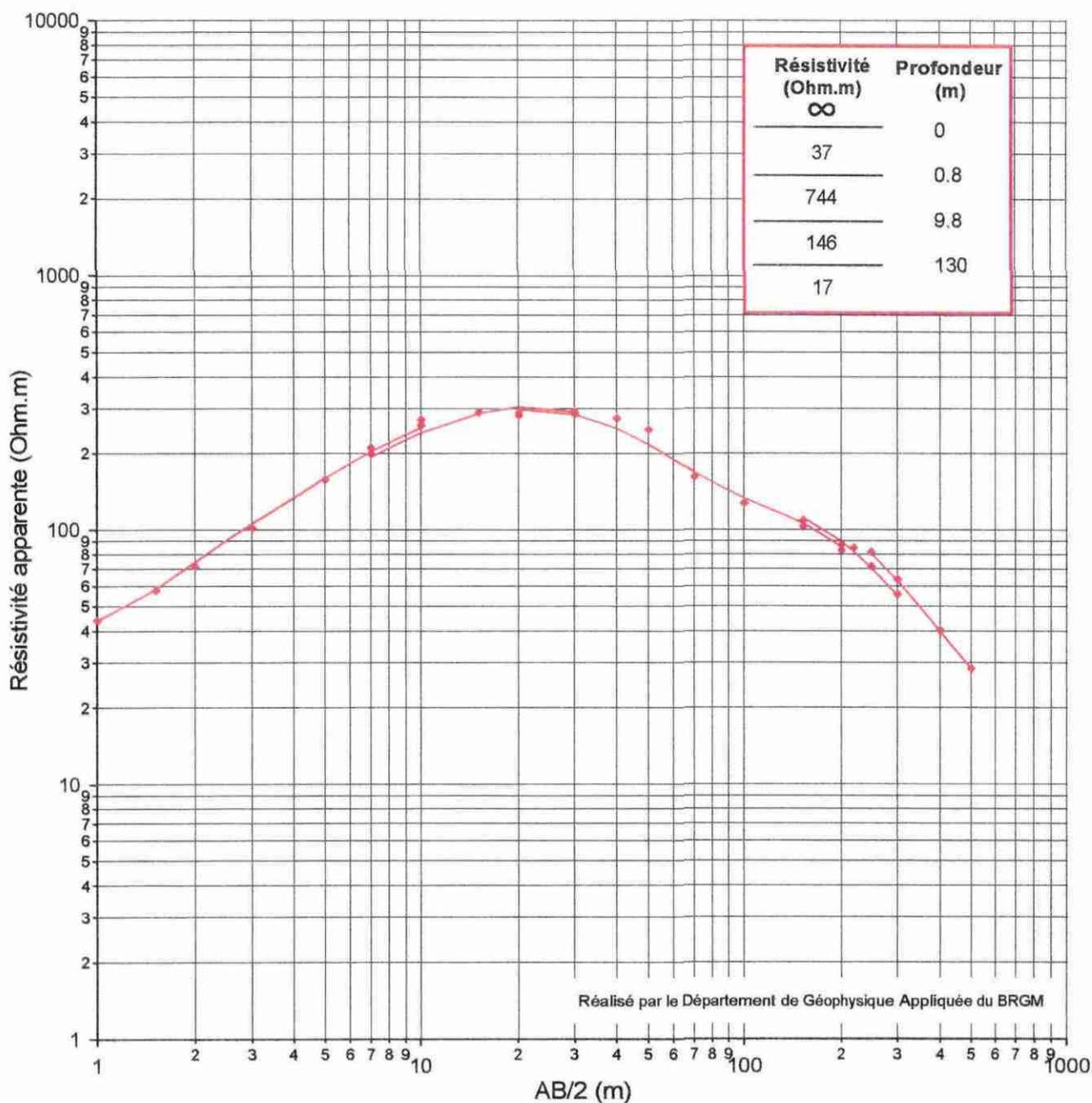
Azimuth: 0 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim - Obelisque

Date: 23 Octobre

Numéro séquentiel: 47

X=978.00 Y=2341.337



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE95 PROFIL: 3E

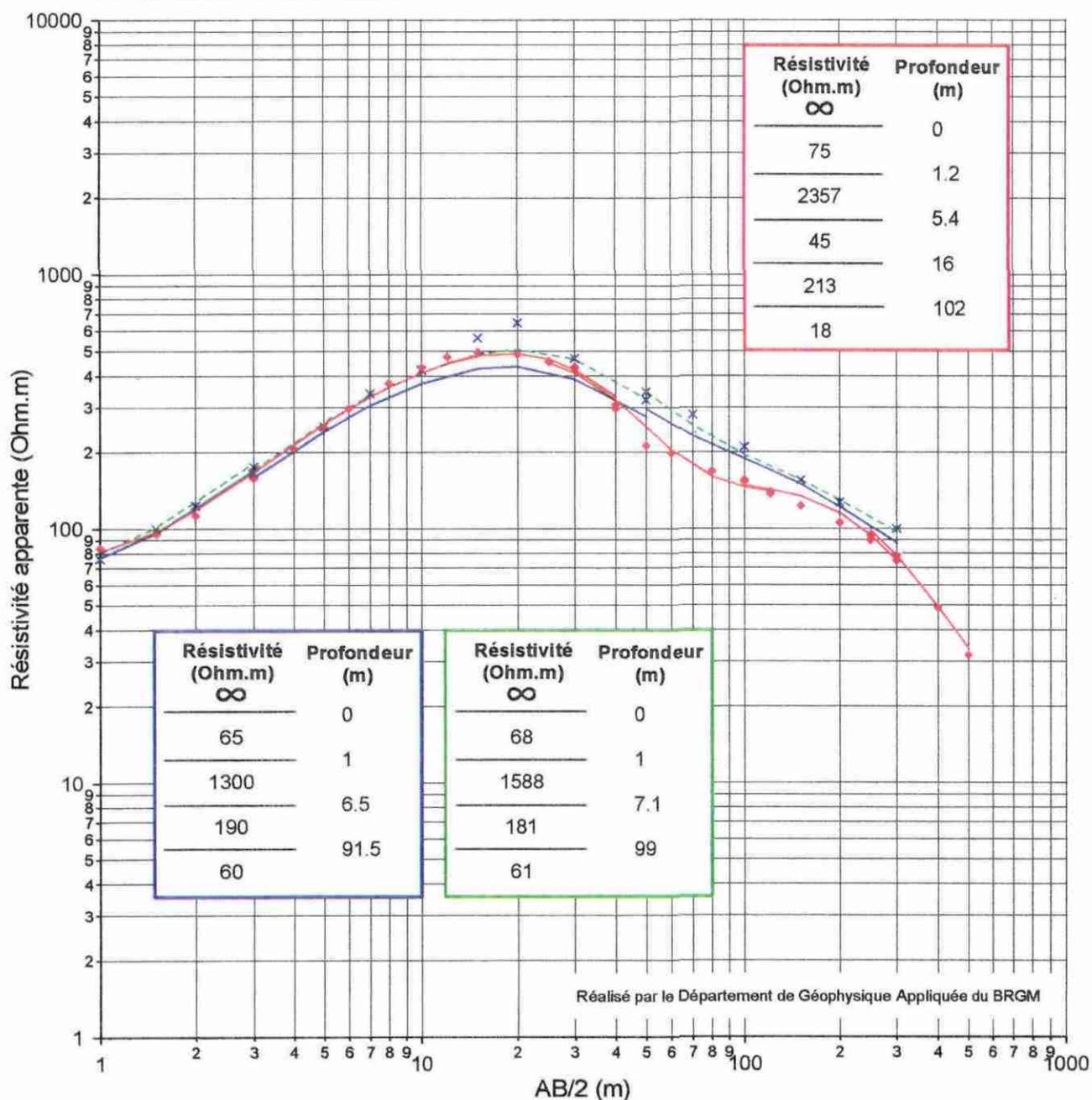
Azimuth: 125 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim

Date: 14 Octobre

Numéro séquentiel: 9

X=978.34 Y=2341.34



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE96 PROFIL: 3E

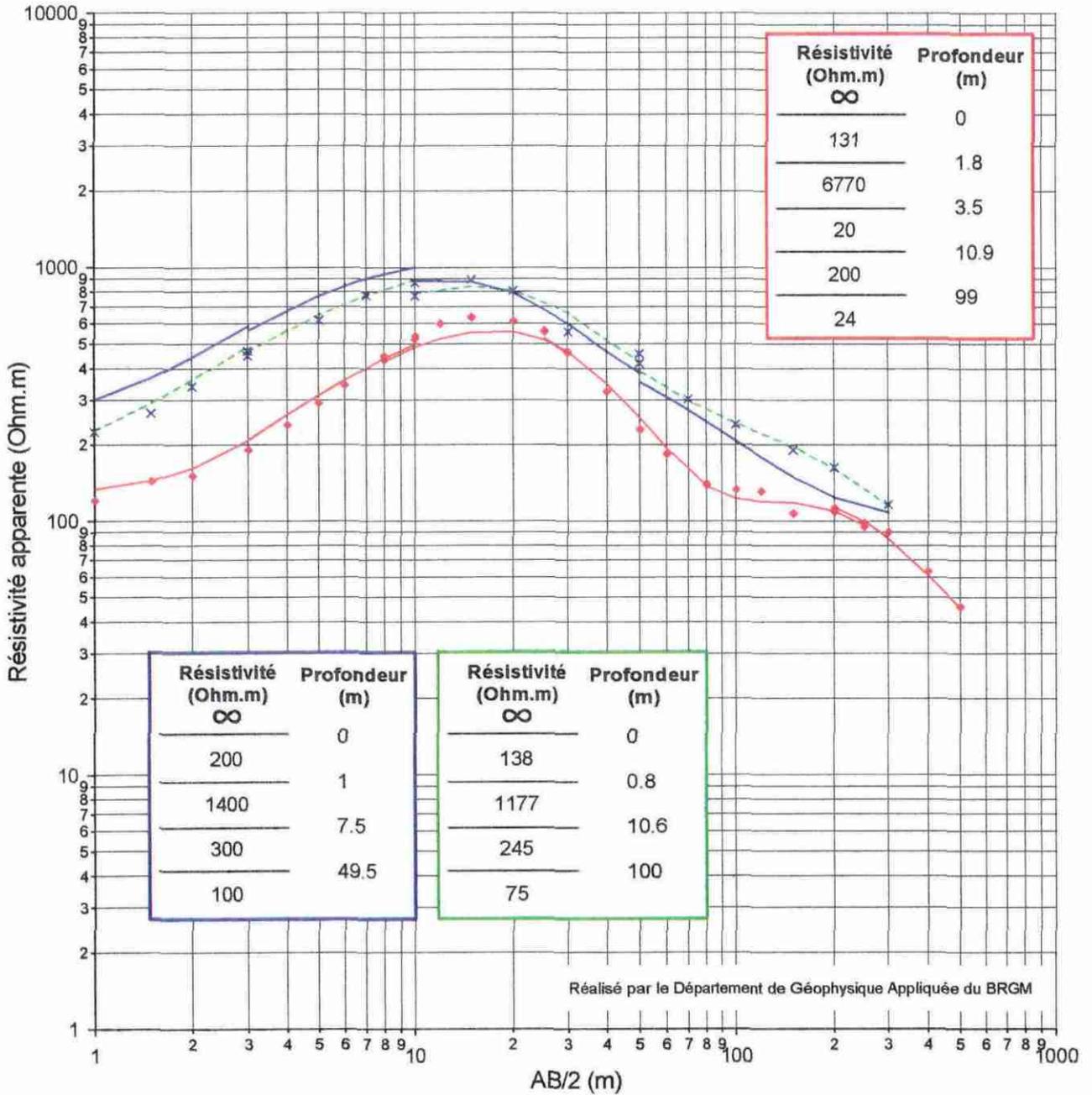
Azimuth: 124 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim - Mittlere Harth

Date: 14 Octobre

Numéro séquentiel: 10

X=978.94 Y=2341.13



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE97 PROFIL: 3E

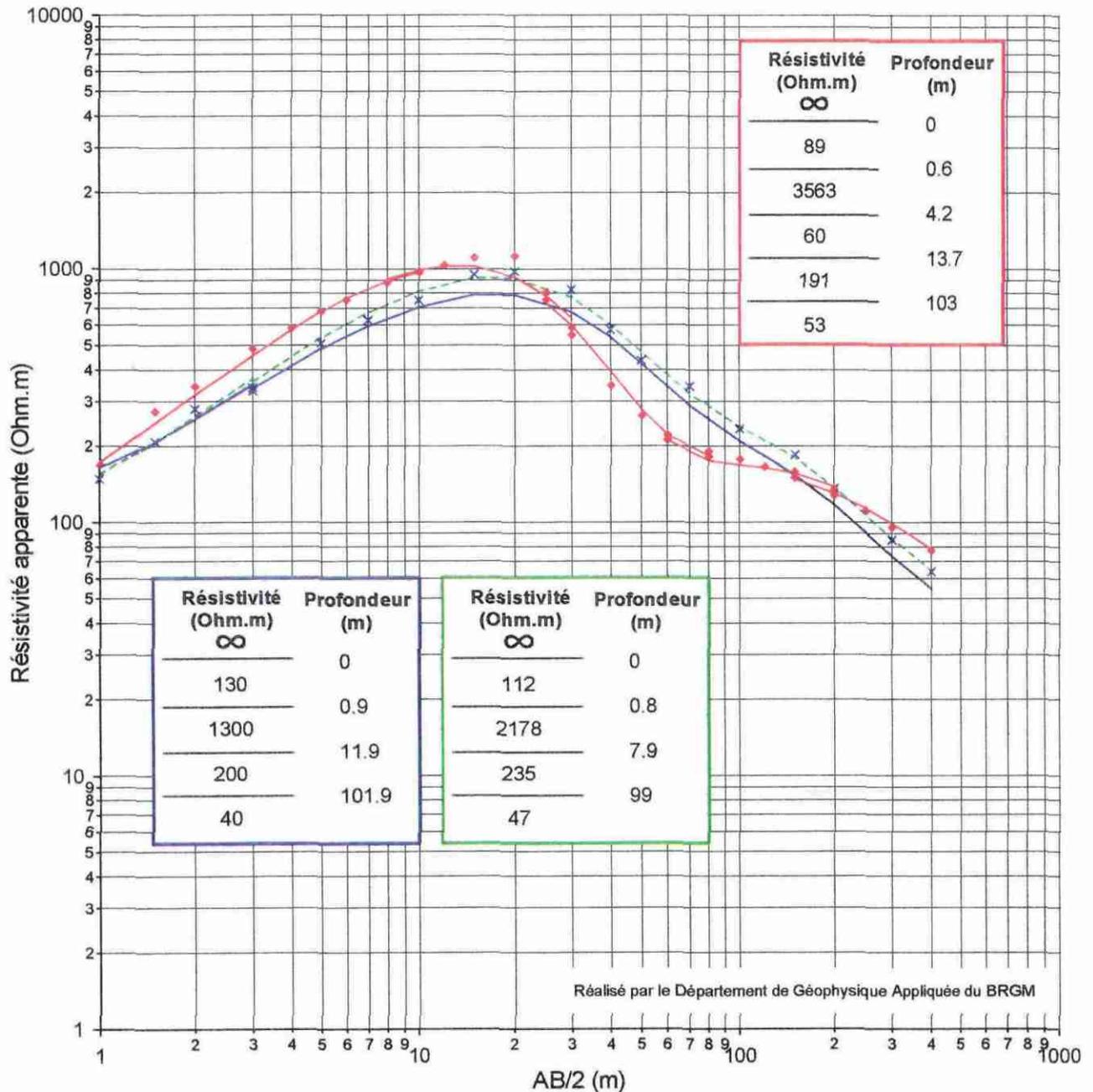
Azimuth: 15 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim

Date: 14 Octobre

Numéro séquentiel: 11

X=979.79 Y=2340.85



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE98 PROFIL: 3E

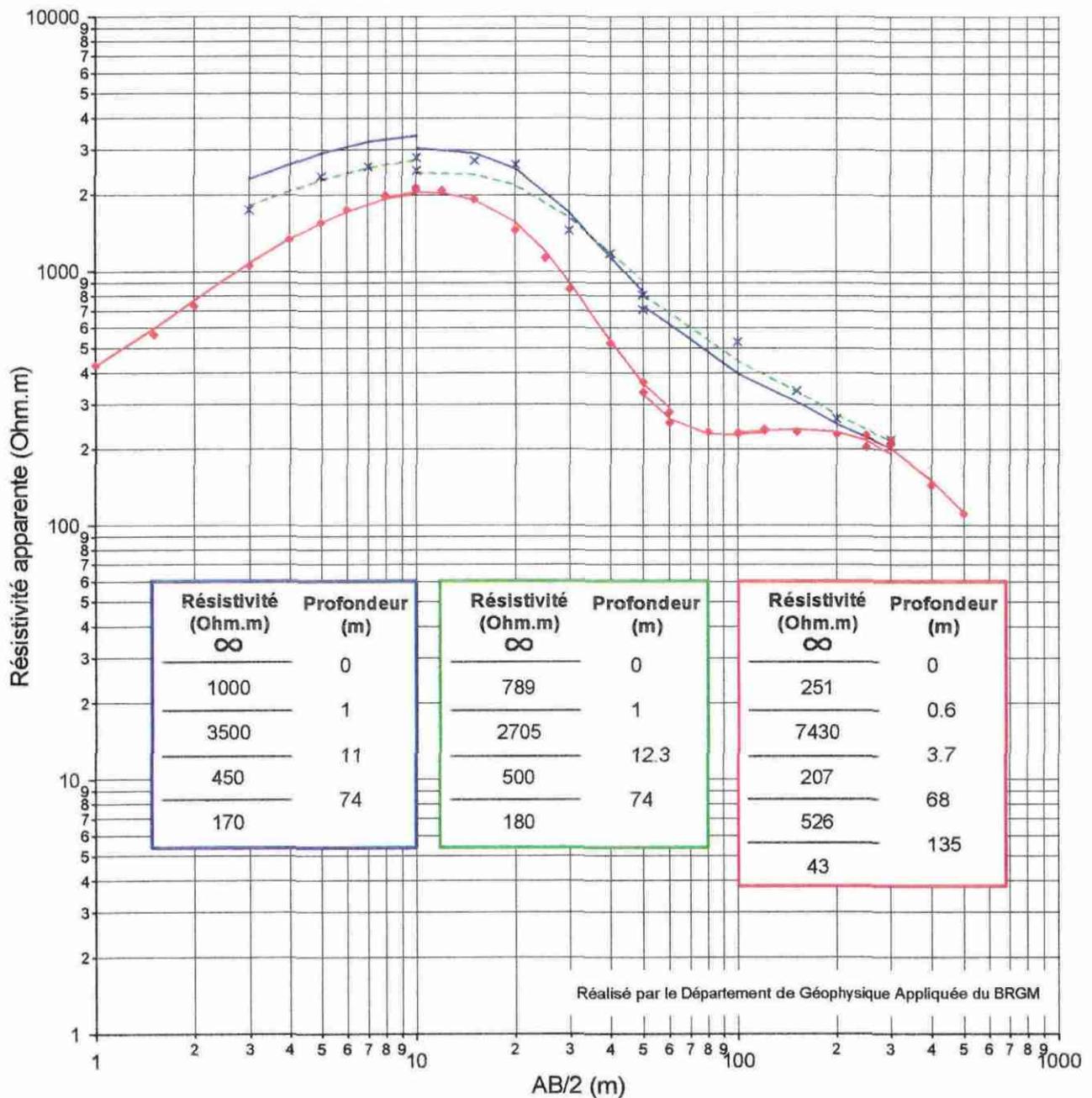
Azimuth: 120 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim - Forêt communale d'Oberhergheim

Date: 14 Octobre

Numéro séquentiel: 12

X=980.30 Y=2340.70



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE99 PROFIL: 3E

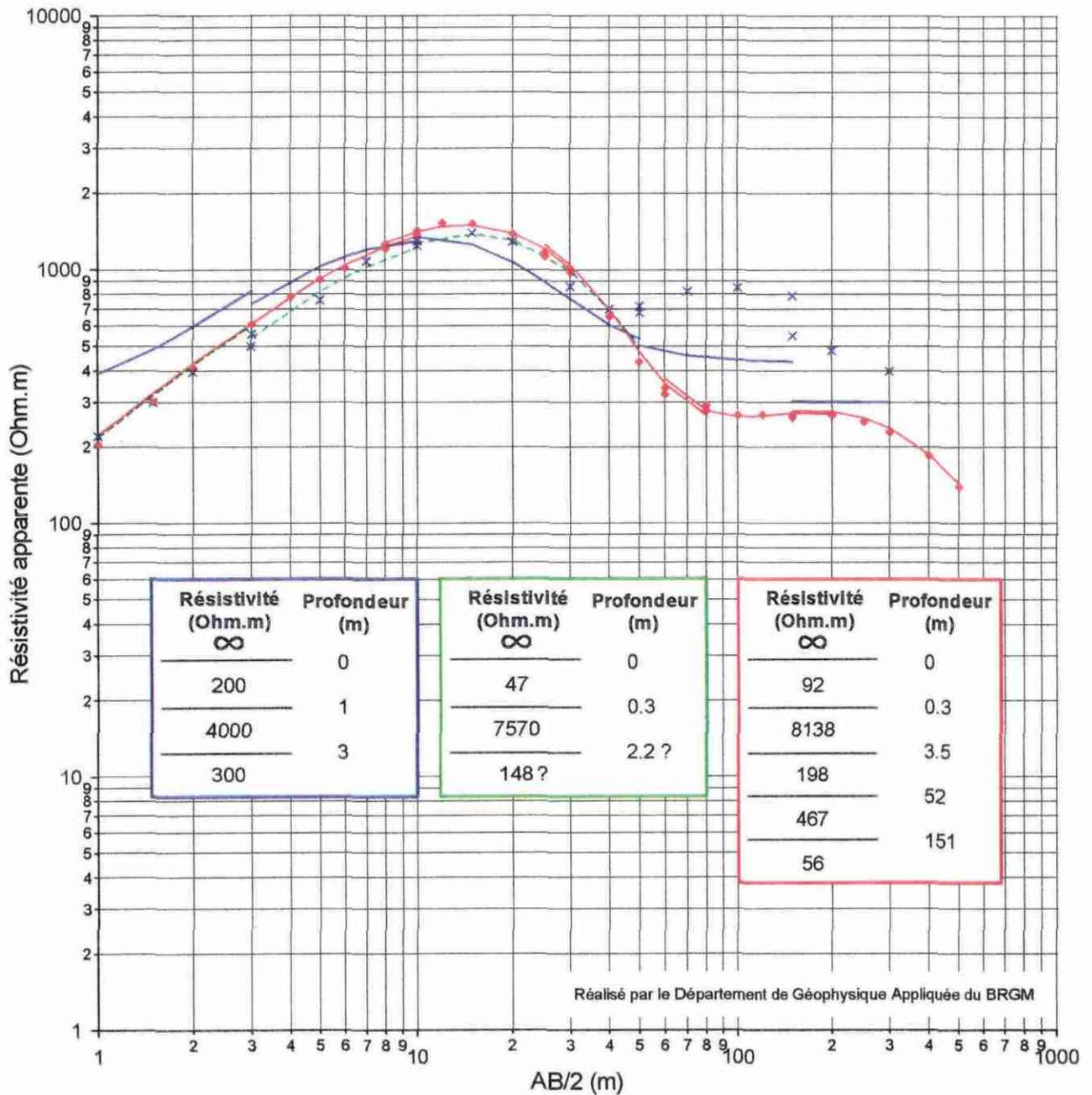
Azimuth: 120 Gr Nord

Lieu: Oberhergheim - Forêt communale d'Oberhergheim

Date: 14 Octobre

Numéro séquentiel: 13

X=980.88 Y=2340.72



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE1 PROFIL: 4E

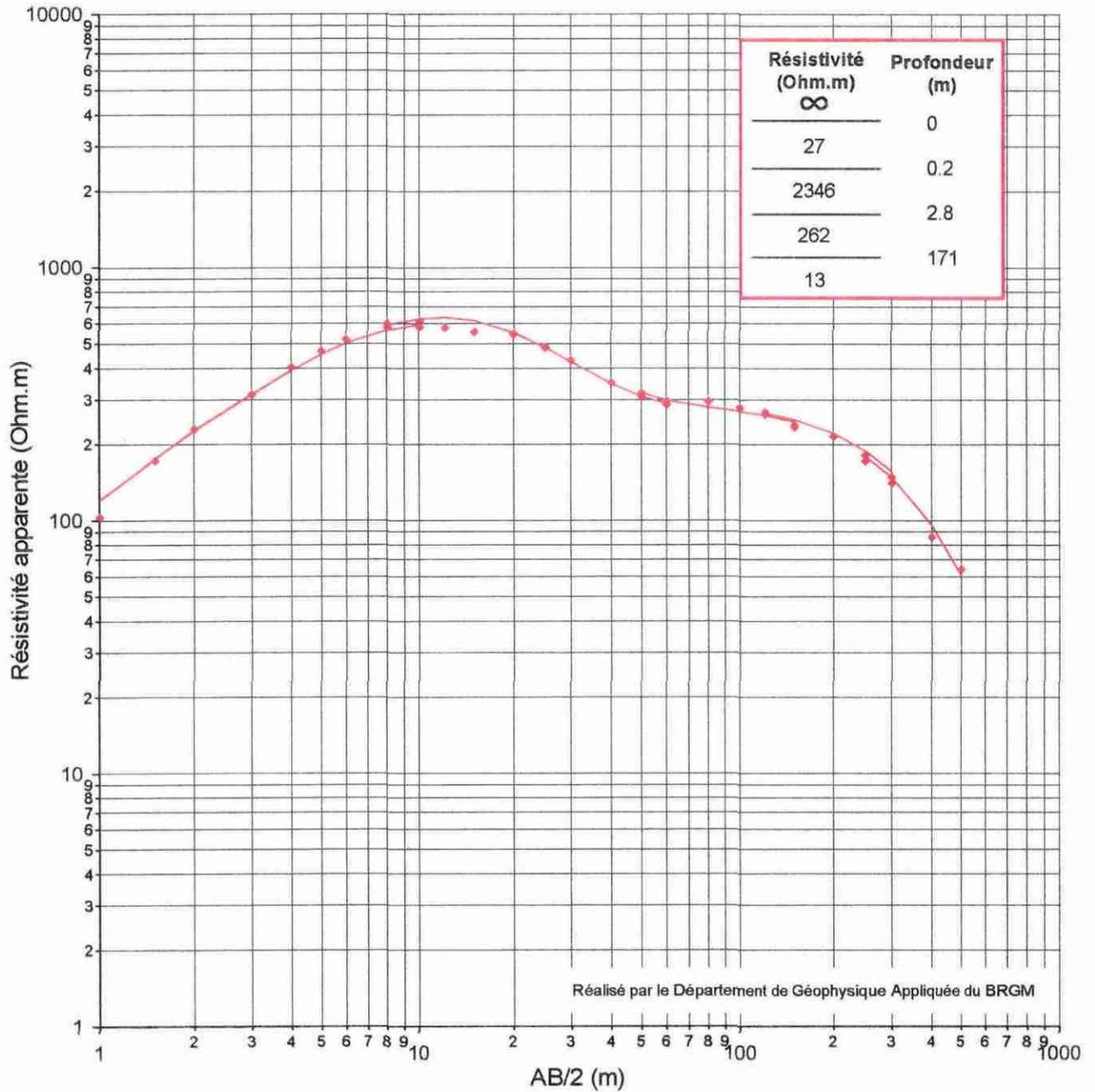
Azimuth: 10 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - Vasenfeld/Biederlingerfeld

Date: 21 Octobre

Numéro séquentiel: 36

X=976.21 Y=2344.15



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE2** PROFIL: **4E**

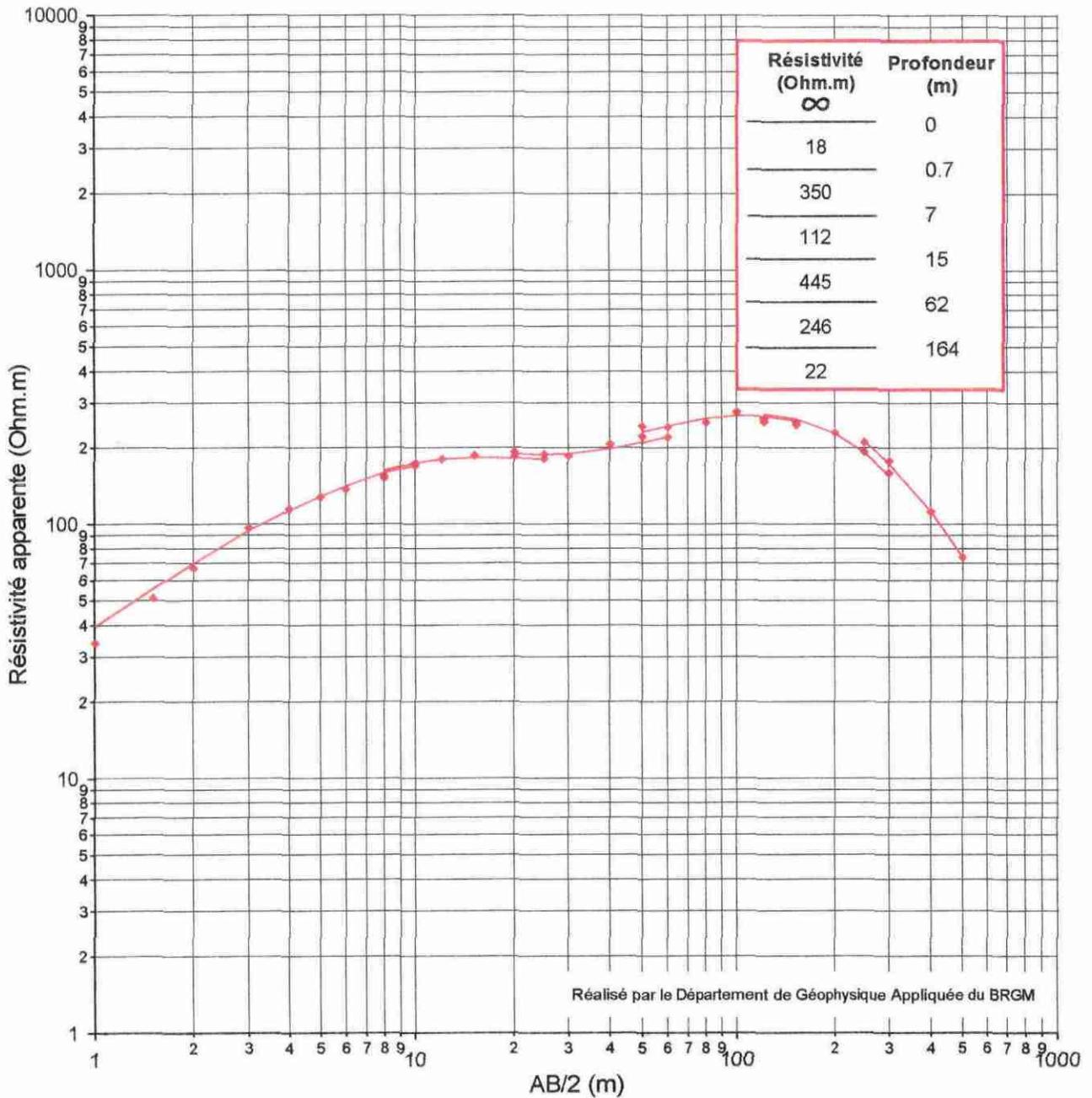
Azimuth: 117 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - Vasenfeld/Biederlangerfeld

Date: 21 Octobre

Numéro séquentiel: 37

X=976.57 Y=2343.92



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE64 PROFIL: 4E

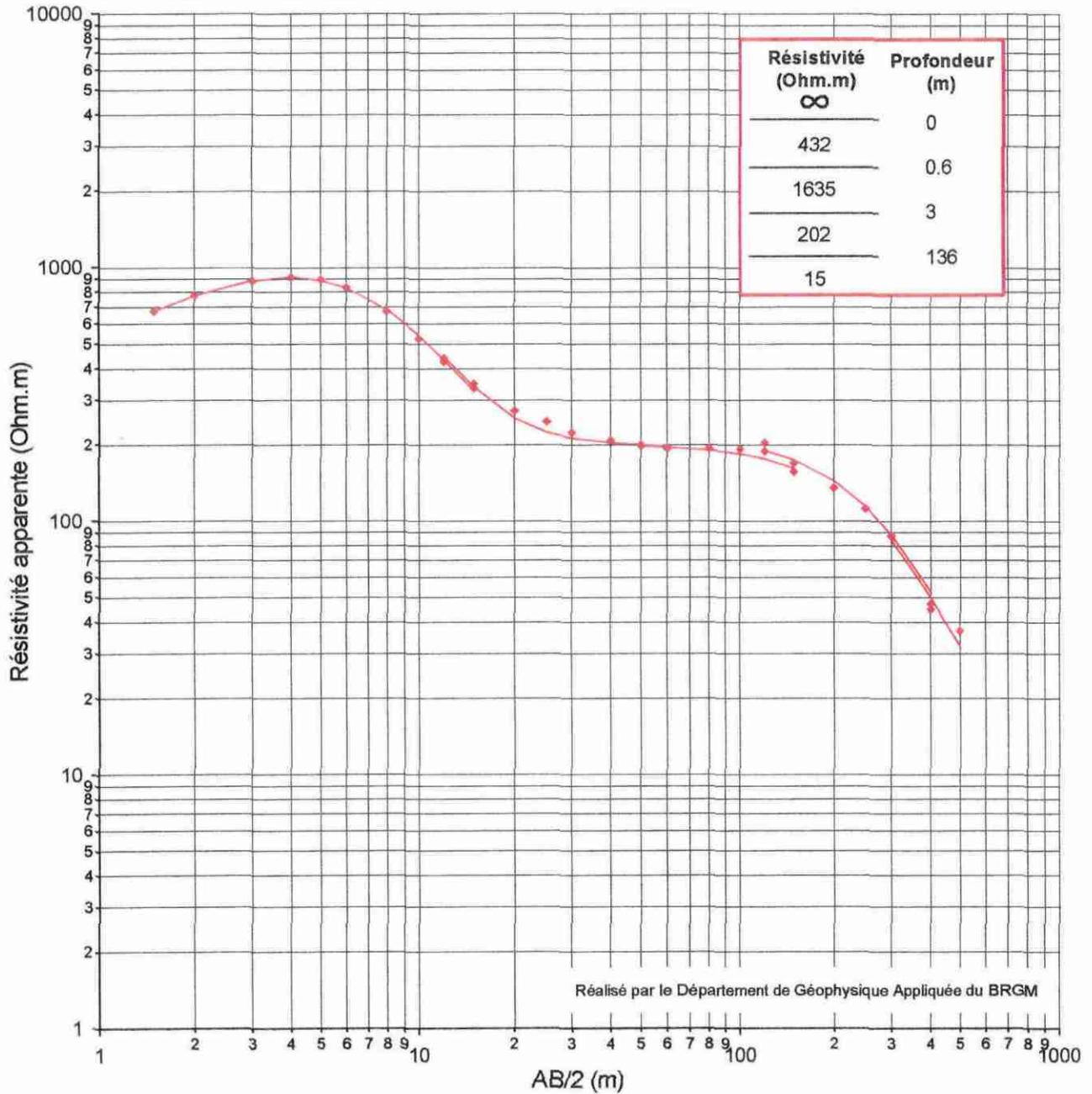
Azimuth: 7 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - III

Date: 12 Octobre

Numéro séquentiel: 8

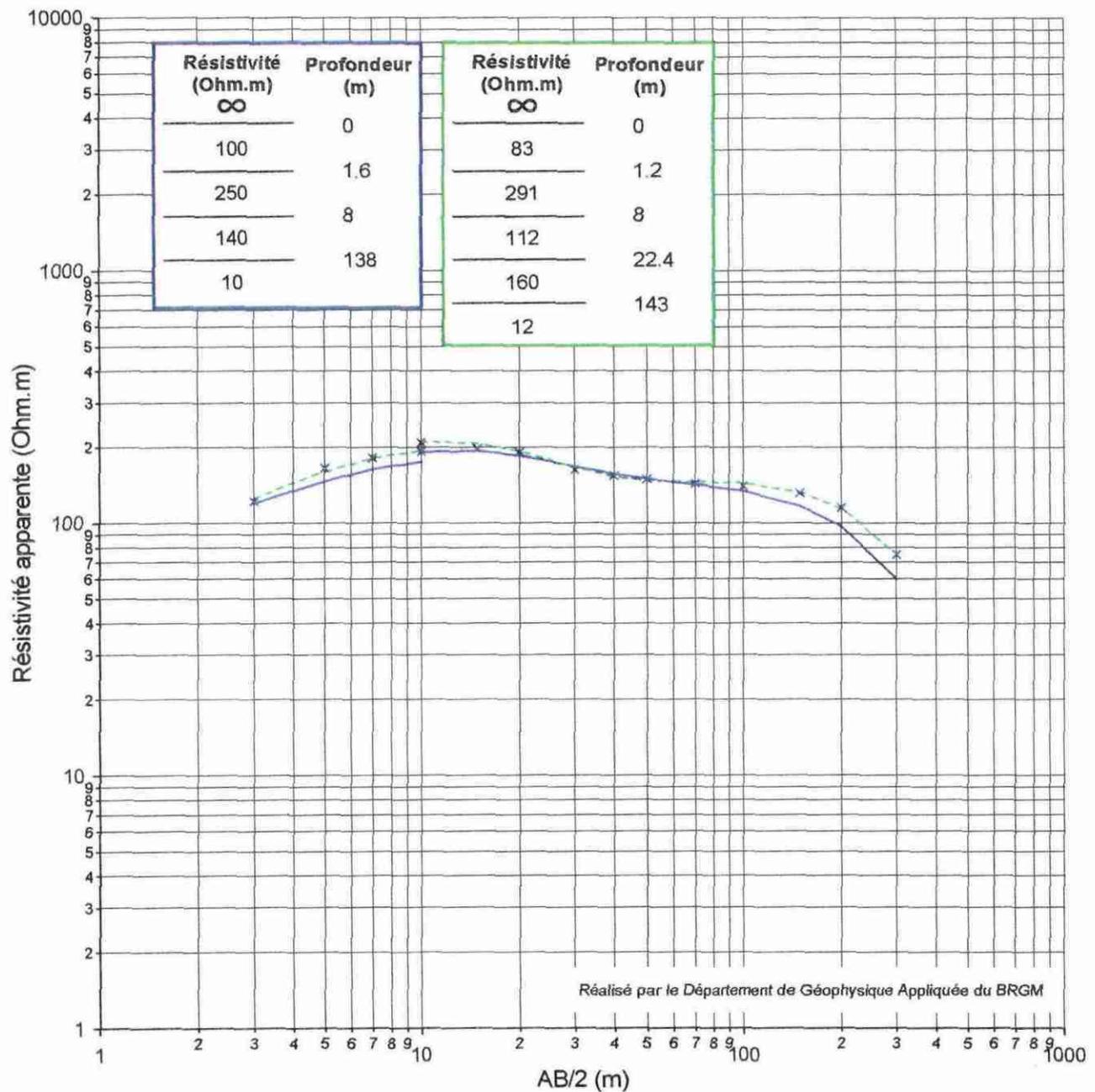
Y=987.6 Y=2344.36



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1981

SONDAGE: SE64
 PROFIL: 4E



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE65 PROFIL: 4E

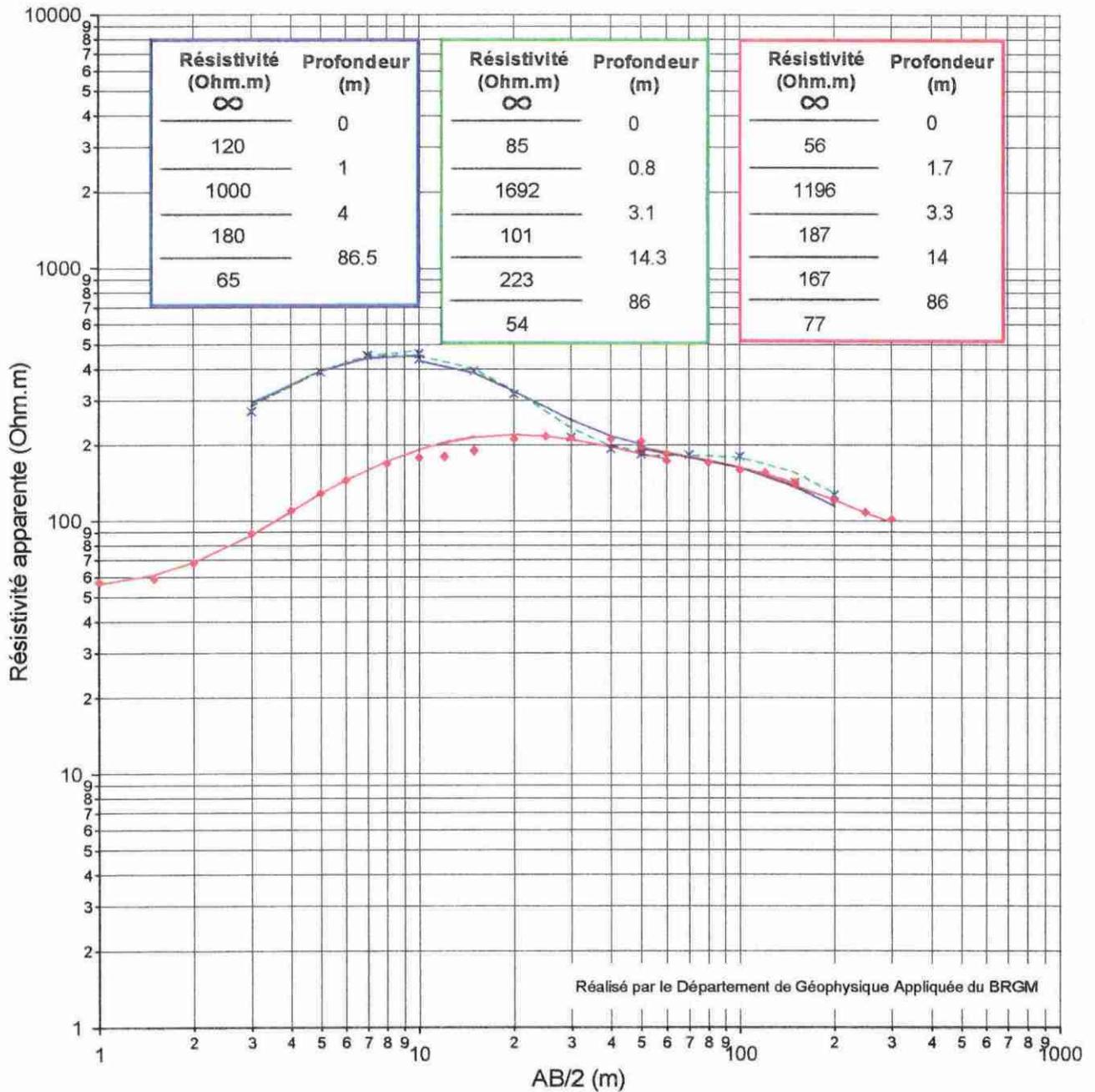
Azimuth: 105 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - Büchle

Date: 12 Octobre

Numéro séquentiel: 7

X=978.5 Y=2343.87



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE66 PROFIL: 4E

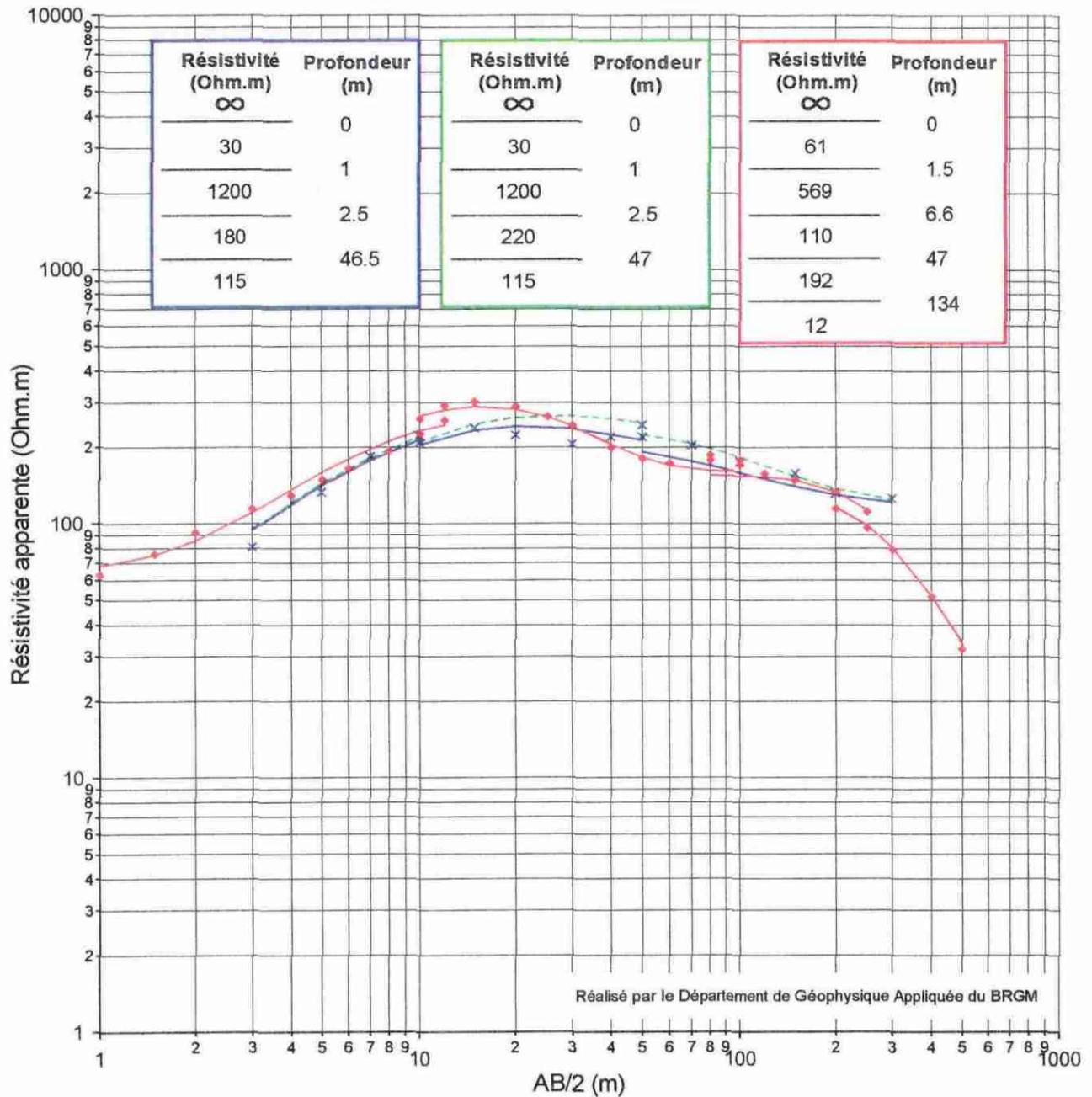
Azimuth: 110 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - Büchle

Date: 11 Octobre

Numéro séquentiel: 1

X=978.75 Y=2343.85



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE67** PROFIL: **4E**

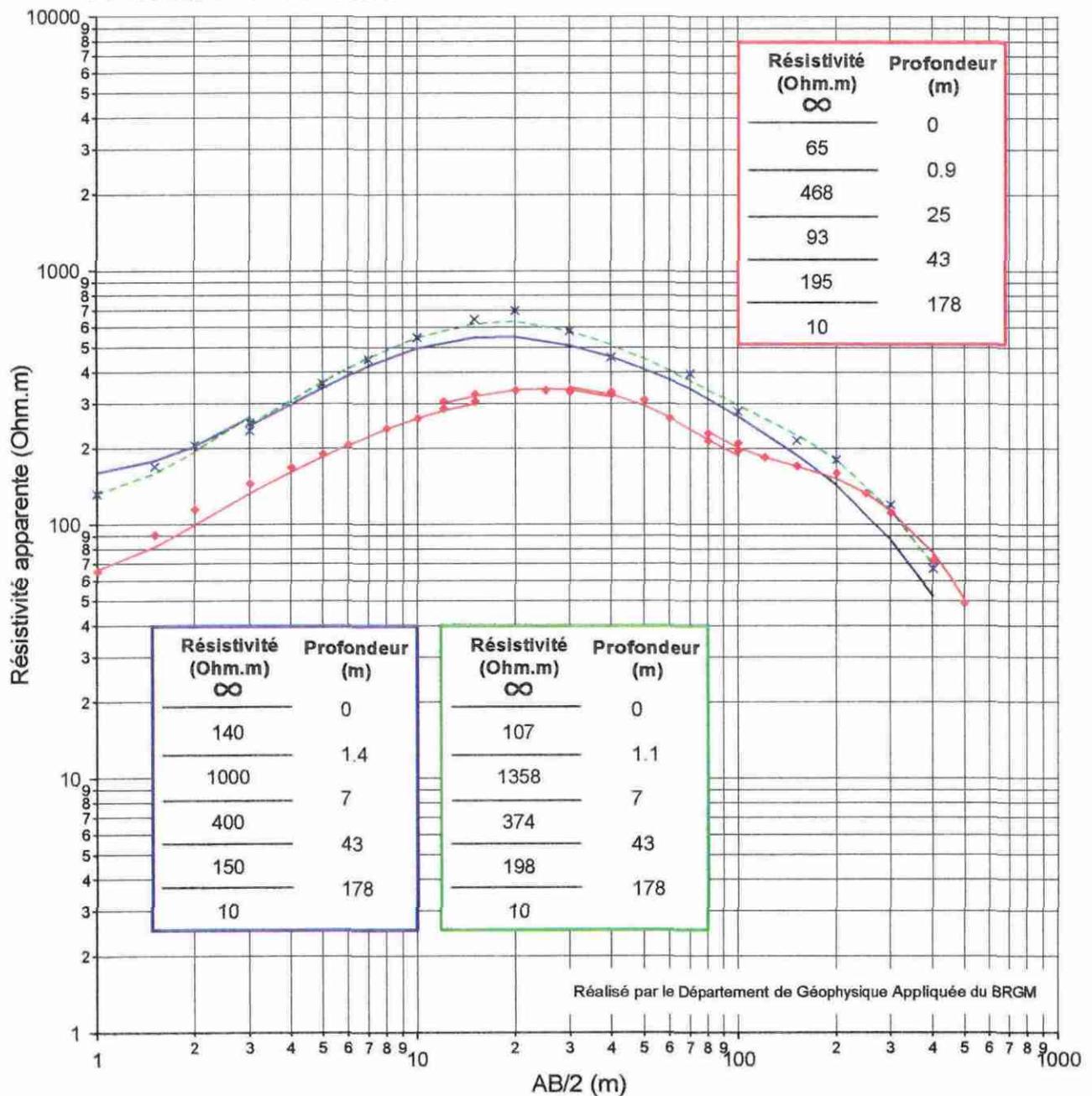
Azimuth: 106 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim

Date: 11 Octobre

Numéro séquentiel: 2

X=979.21 Y=2343.81



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE68** PROFIL: **4E**

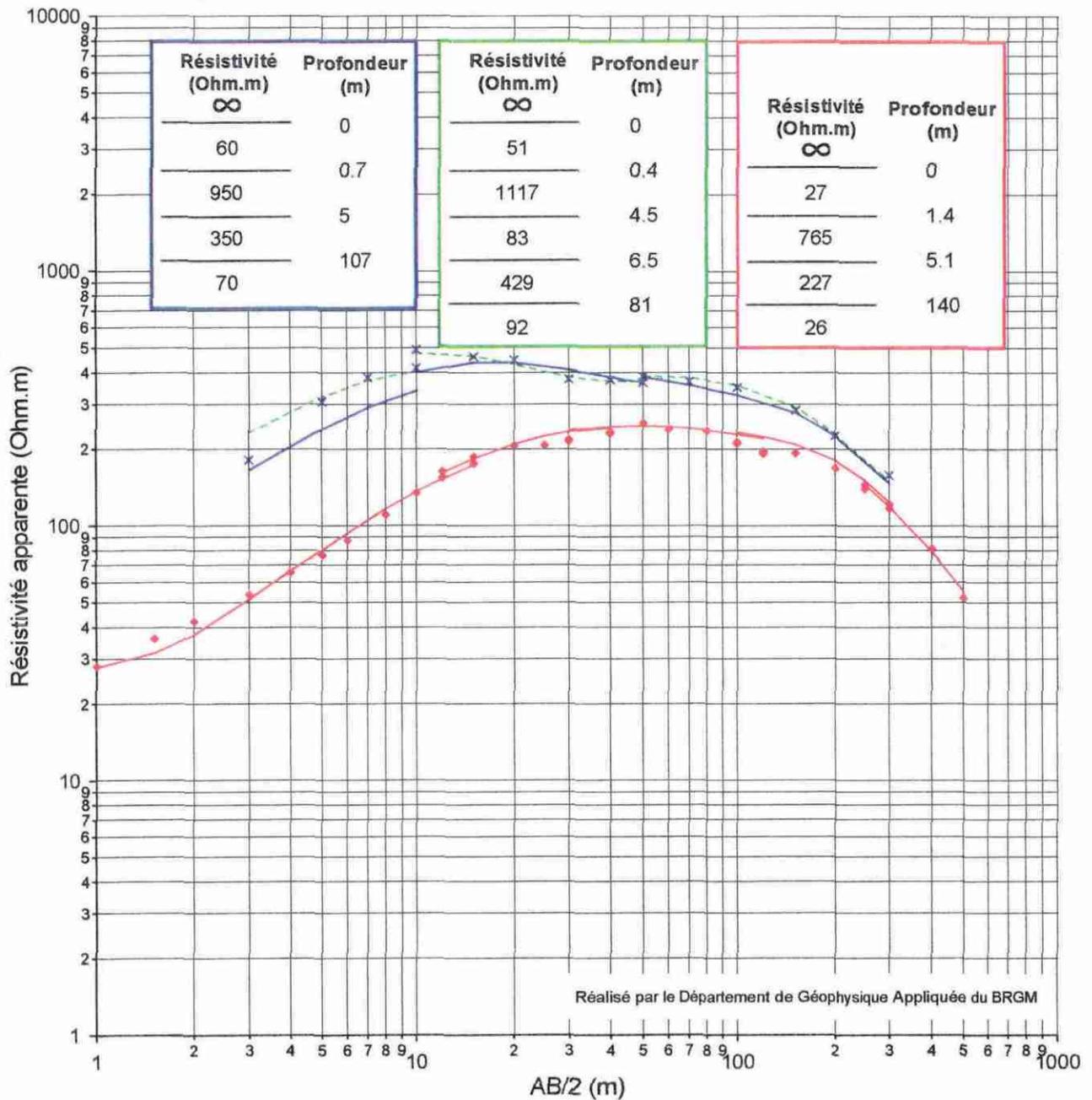
Azimuth: 106 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - auf Dintzen

Date: 11 Octobre

Numéro séquentiel: 3

X=979.62 Y=2343.77



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE69 PROFIL: 4E

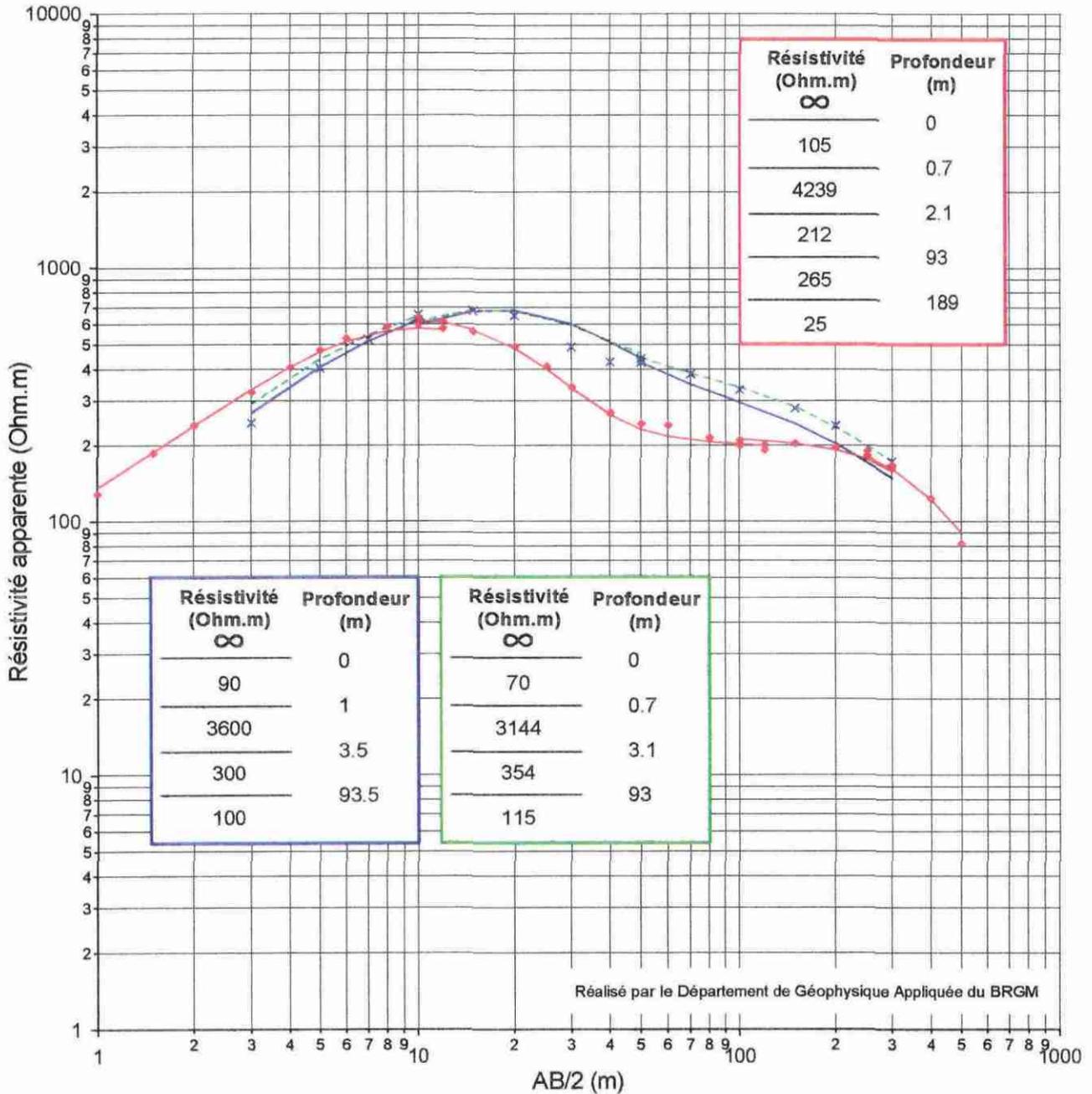
Azimuth: 99 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim

Date: 12 Octobre

Numéro séquentiel: 4

X=980.11 Y=2343.71



Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
105	0.7
4239	2.1
212	93
25	189

Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
90	1
3600	3.5
300	93.5
100	189

Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
70	0.7
3144	3.1
354	93
115	189

SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE70 PROFIL: 4E

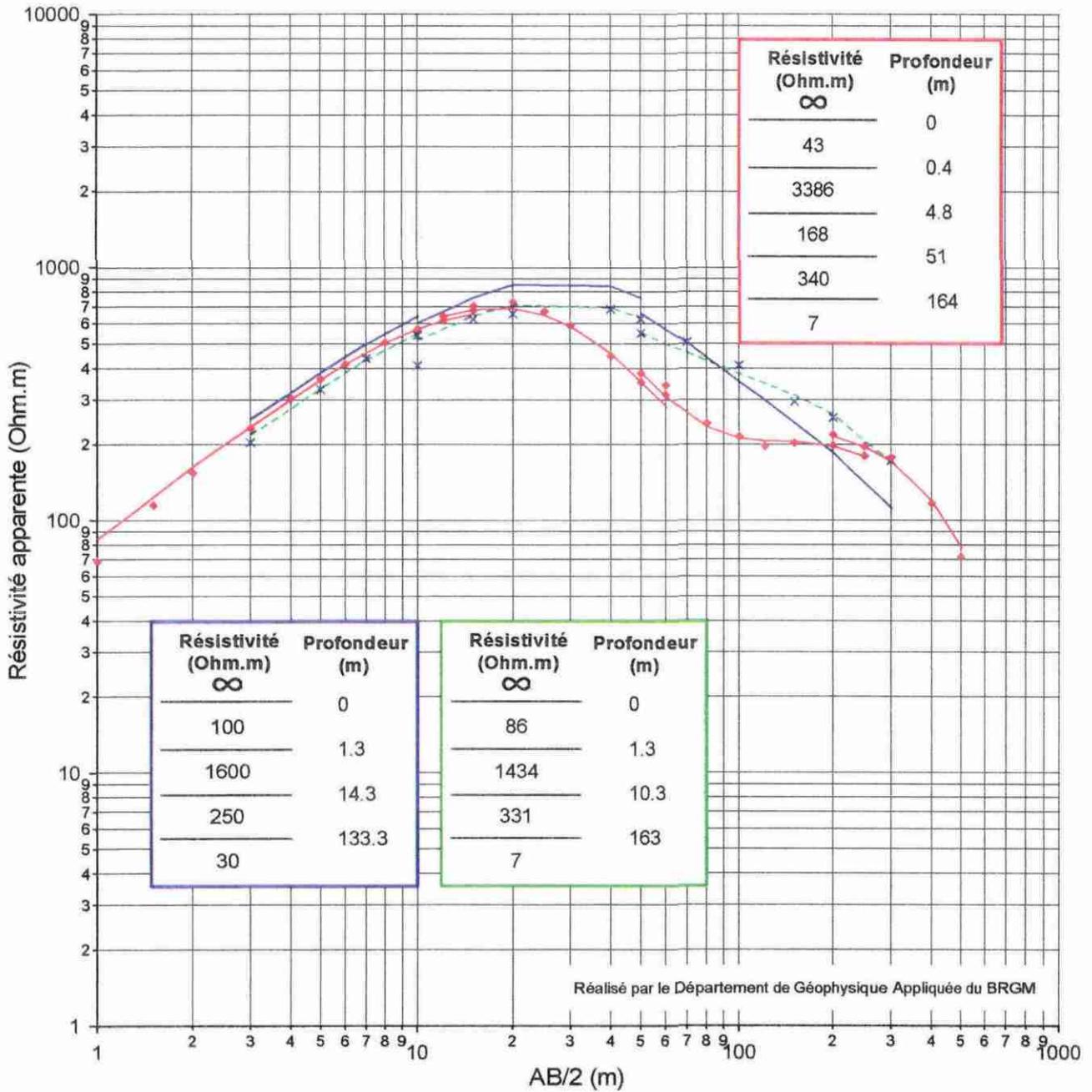
Azimuth: 110 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim - route carrière SAEC

Date: 12 Octobre

Numéro séquentiel: 5

X=980.48 Y=2343.69



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE71 PROFIL: 4E

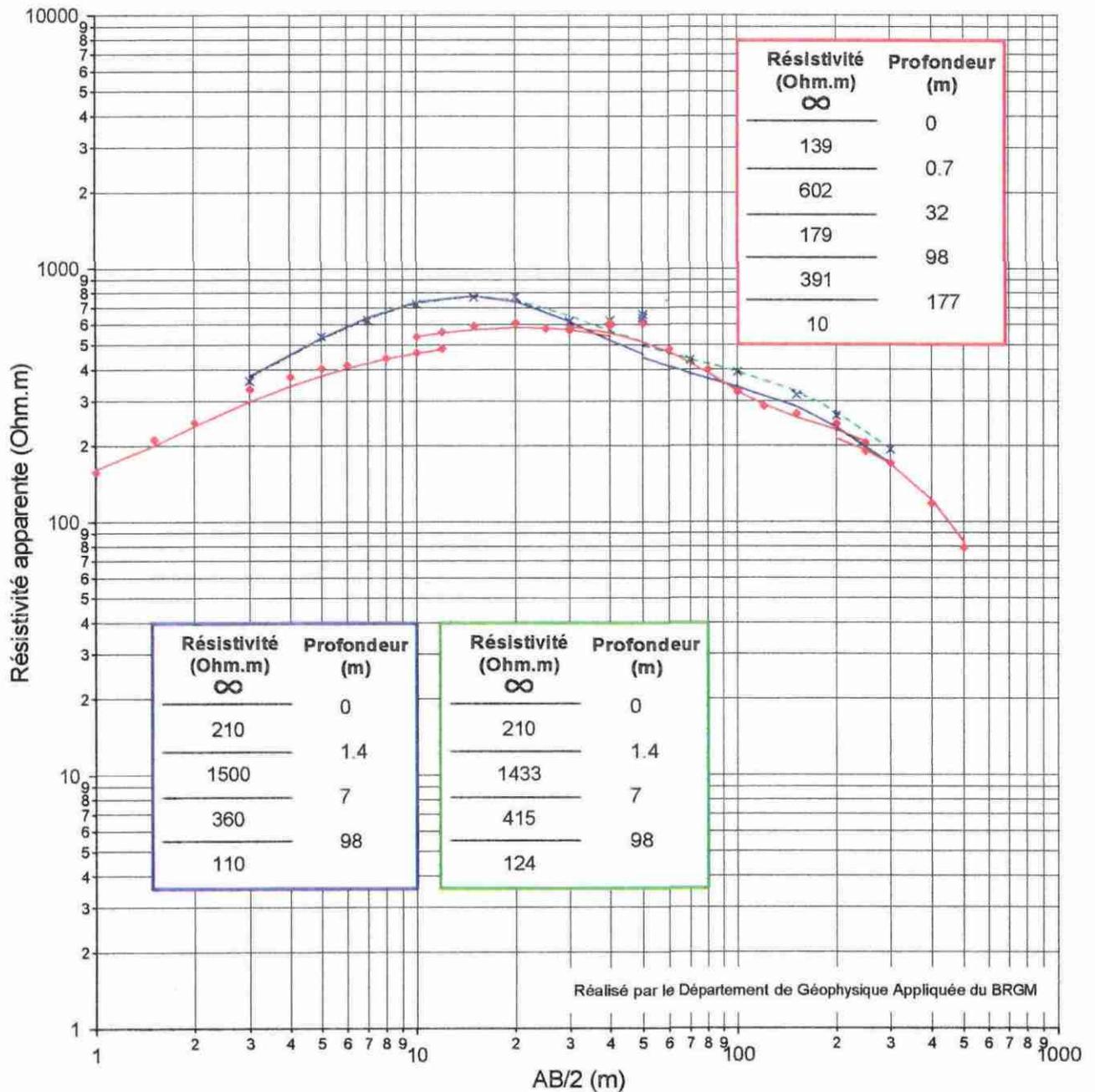
Azimuth: 75 Gr Nord

Lieu: Niederhergheim

Date: 12 Octobre

Numéro séquentiel: 6

X=980.96 Y=2343.73



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE20** PROFIL: **1W**

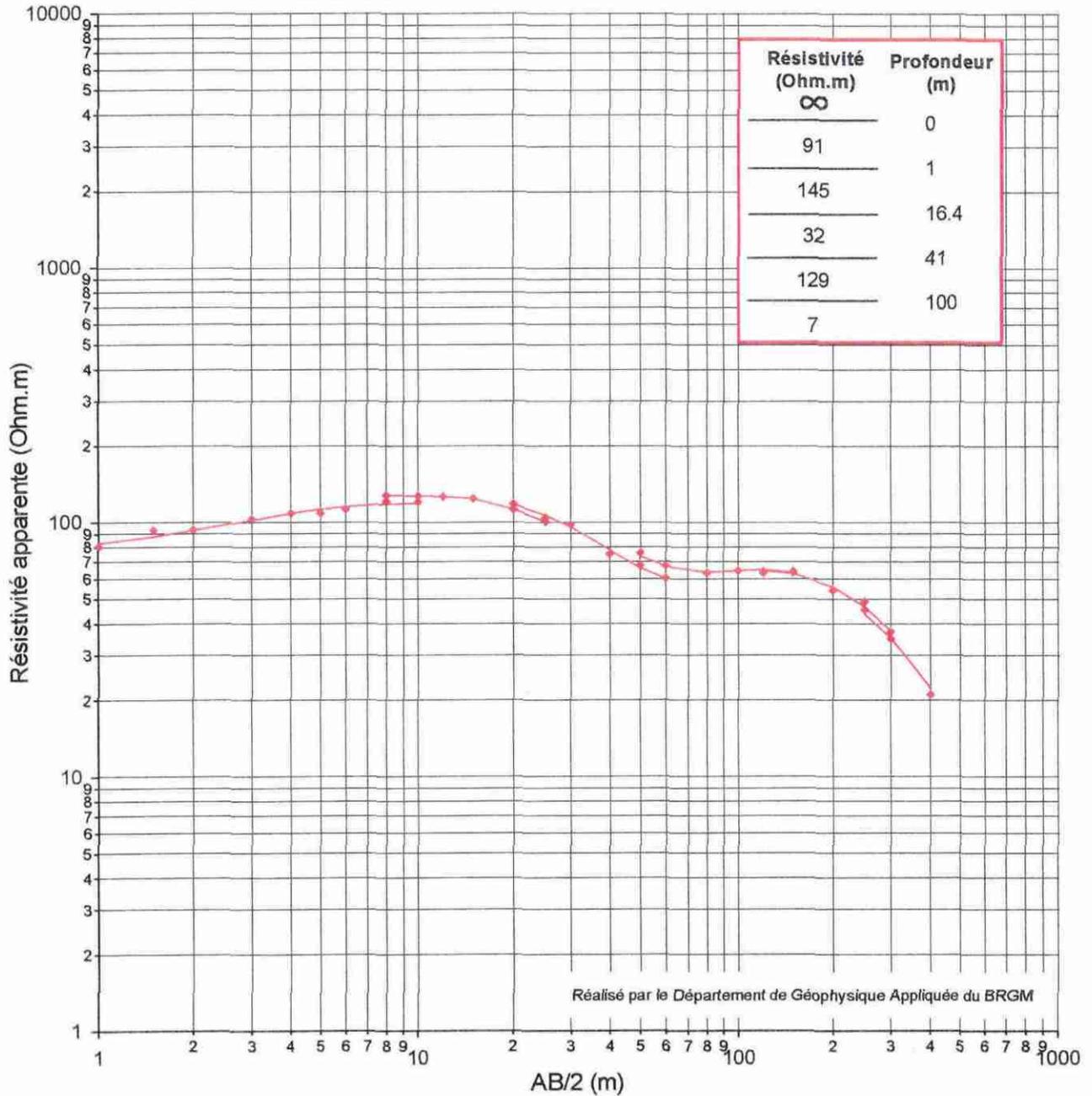
Azimuth: 153 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Nieder Breil

Date: 23 Octobre

Numéro séquentiel: 46

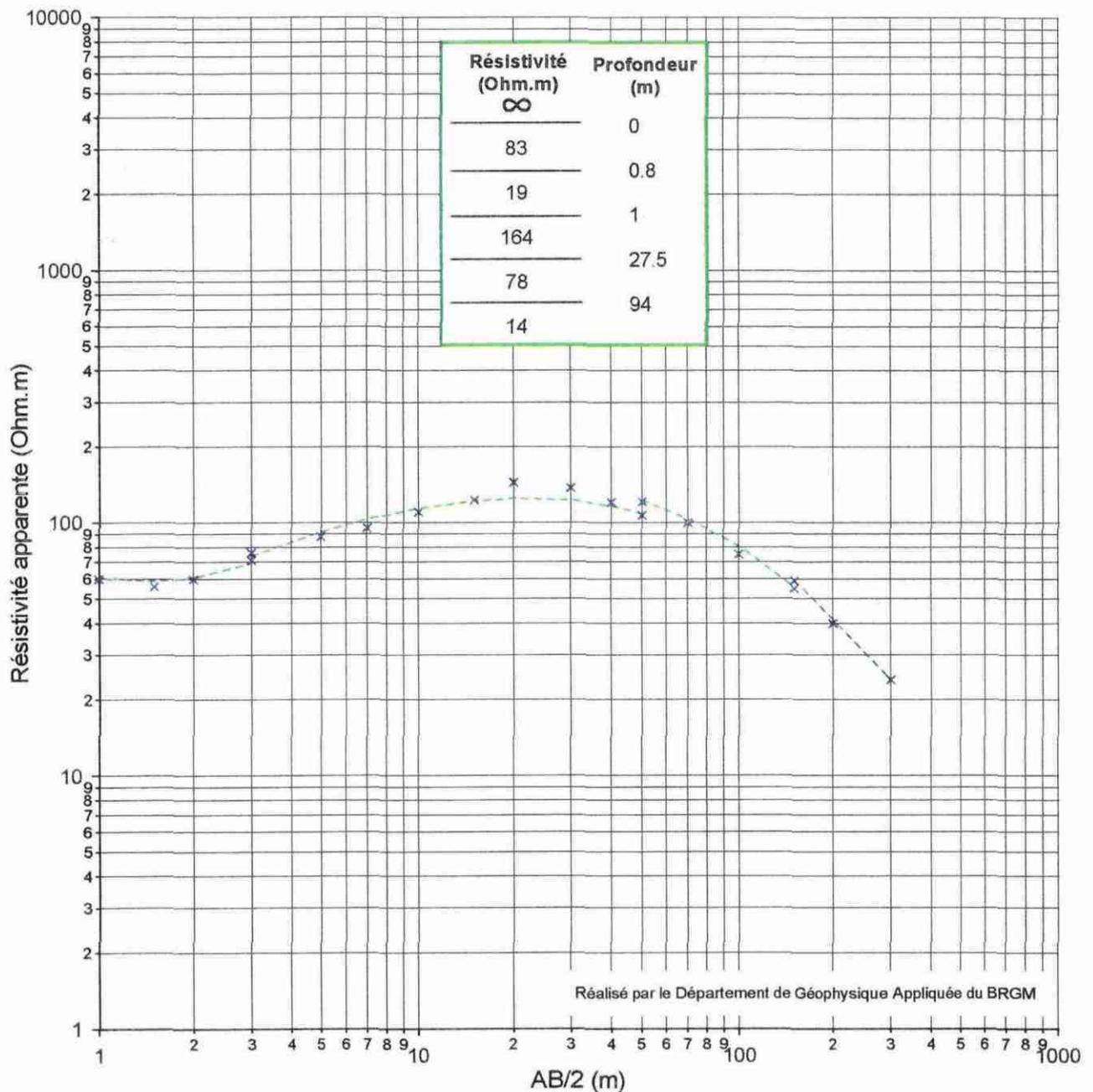
X=971.72 Y=2333.71



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1975

SONDAGE: SE20
 PROFIL: 1W



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE21 PROFIL: 1W

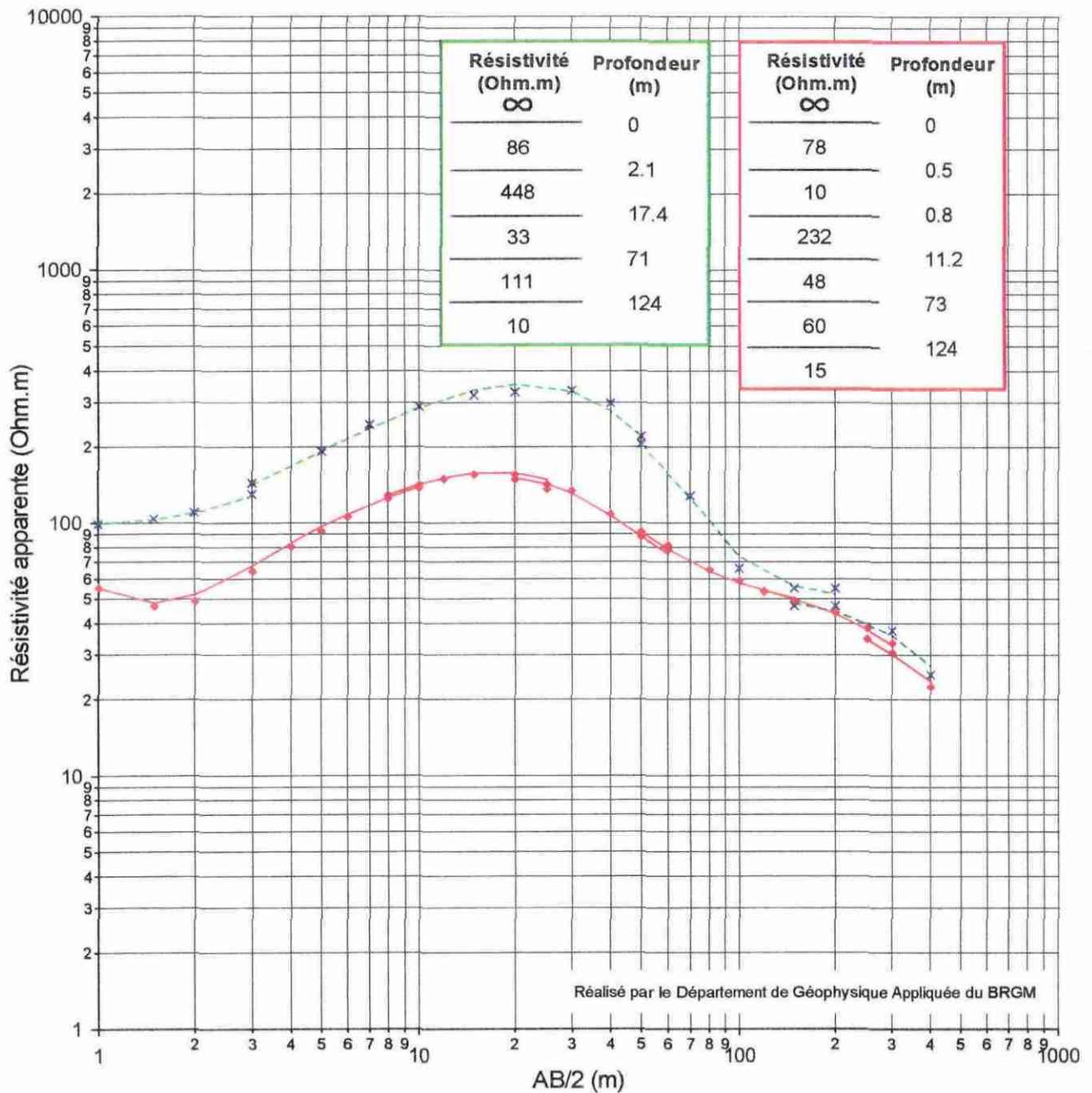
Azimuth: 137 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Dornmatten

Date: 19 Octobre

Numéro séquentiel: 33

X=972.39 Y=2333.62



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SE21.5 PROFIL: 1W

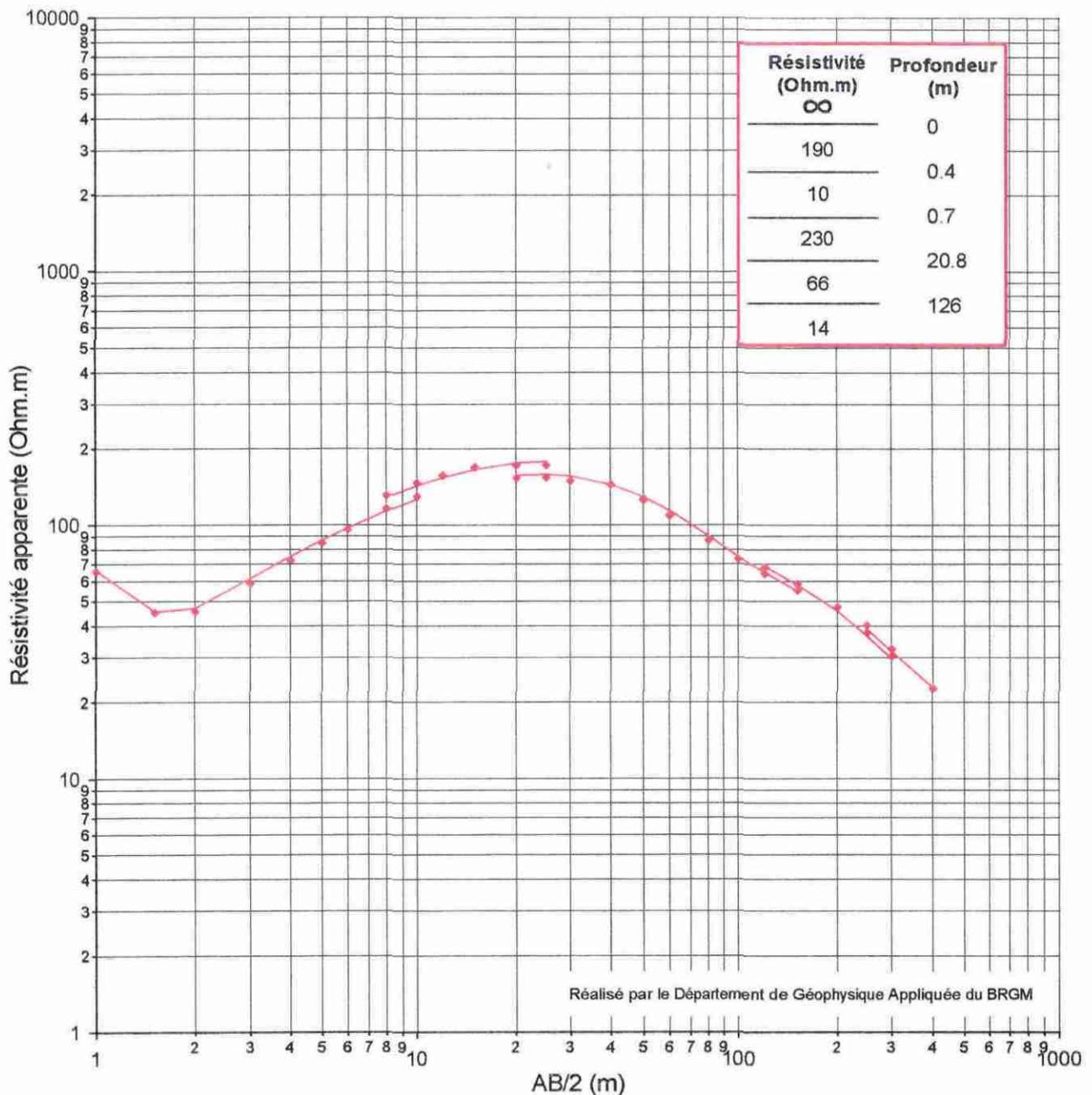
Azimuth: 137 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Ancien moulin

Date: 19 Octobre

Numéro séquentiel: 32

X=972.77 Y=2333.530



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE22** PROFIL: **1W**

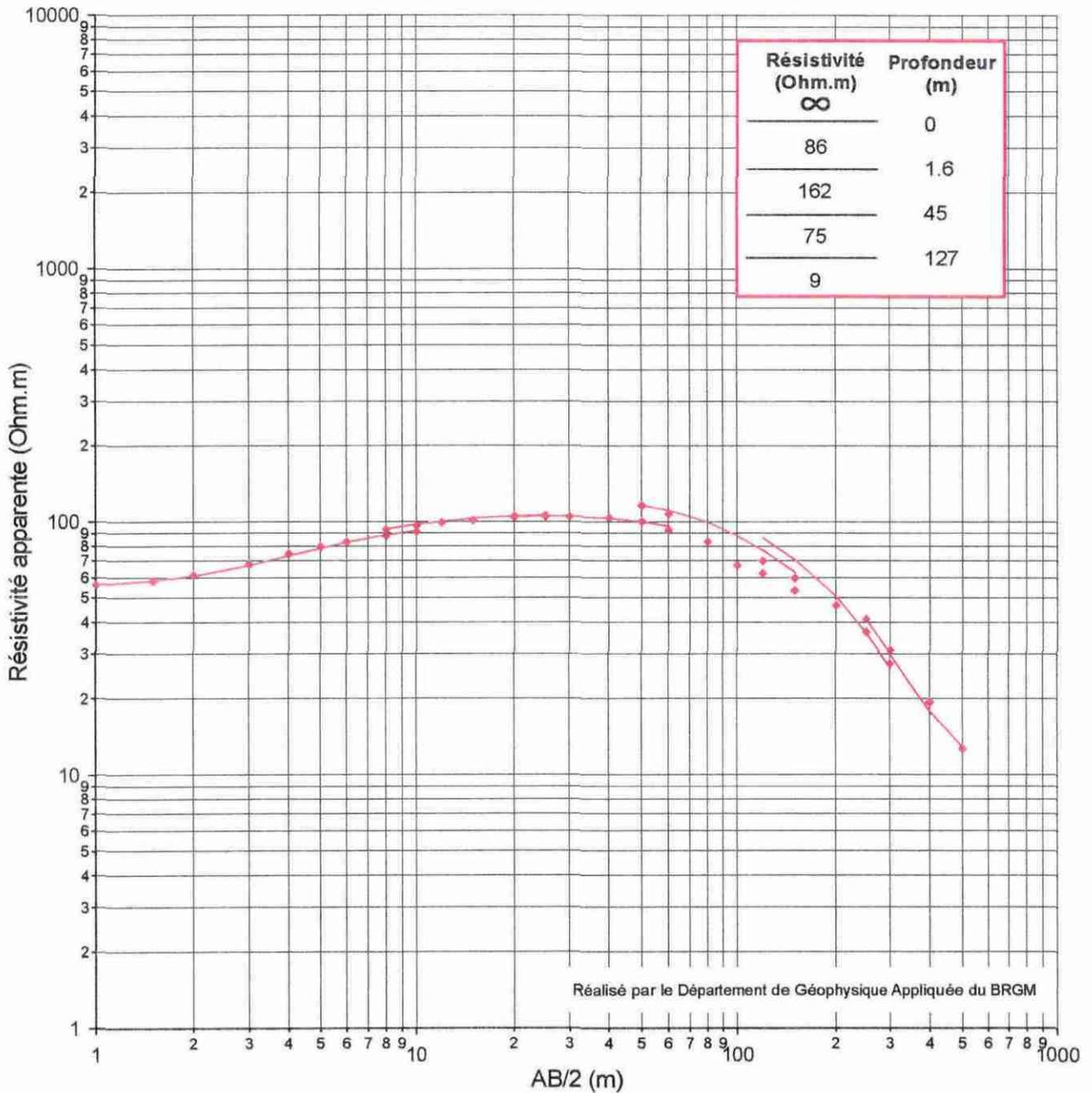
Azimuth: 67 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Hellvacker

Date: 17 Octobre

Numéro séquentiel: 25

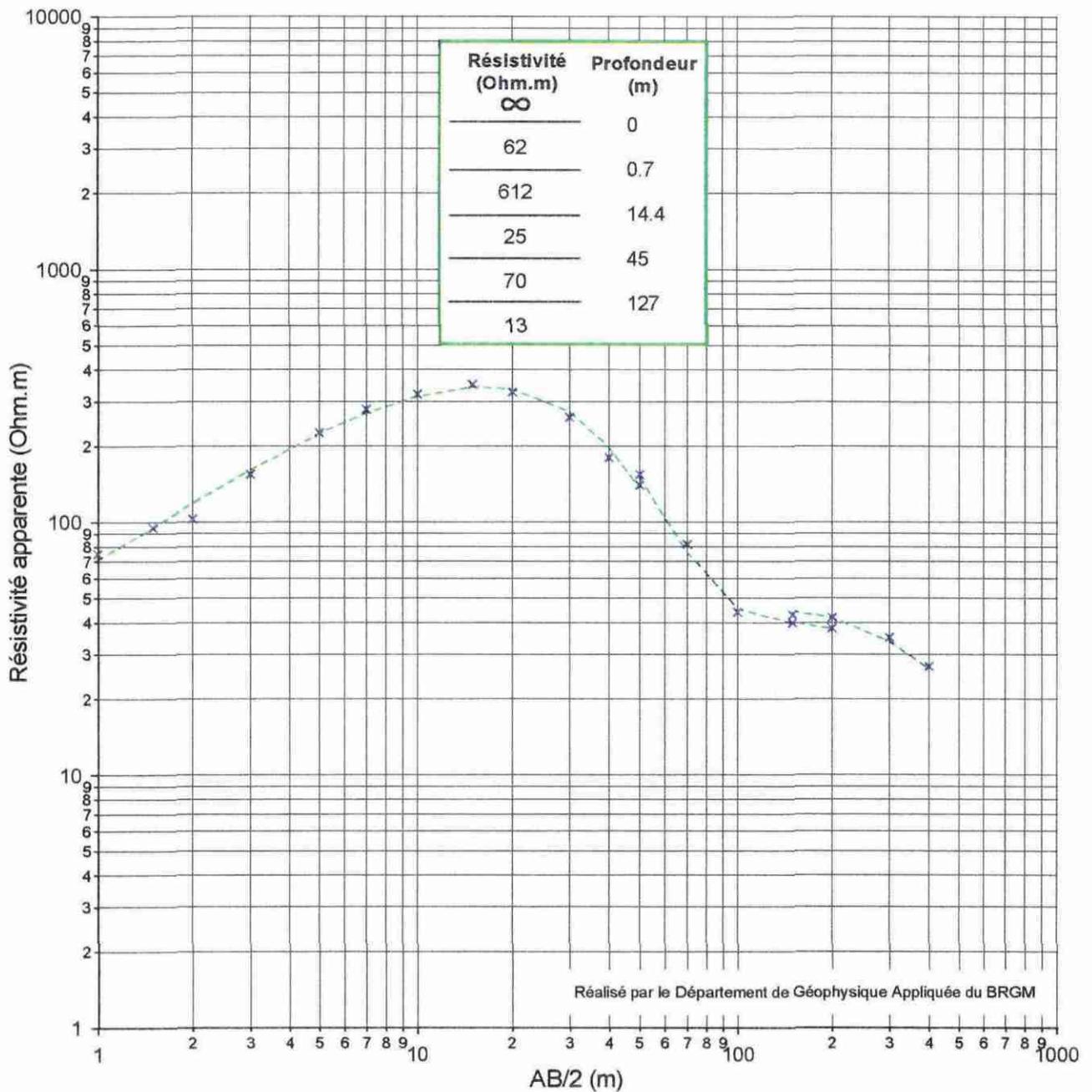
X=972.98 Y=2333.12



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1975

SONDAGE: SE22
 PROFIL: 1W



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE23** PROFIL: **1W**

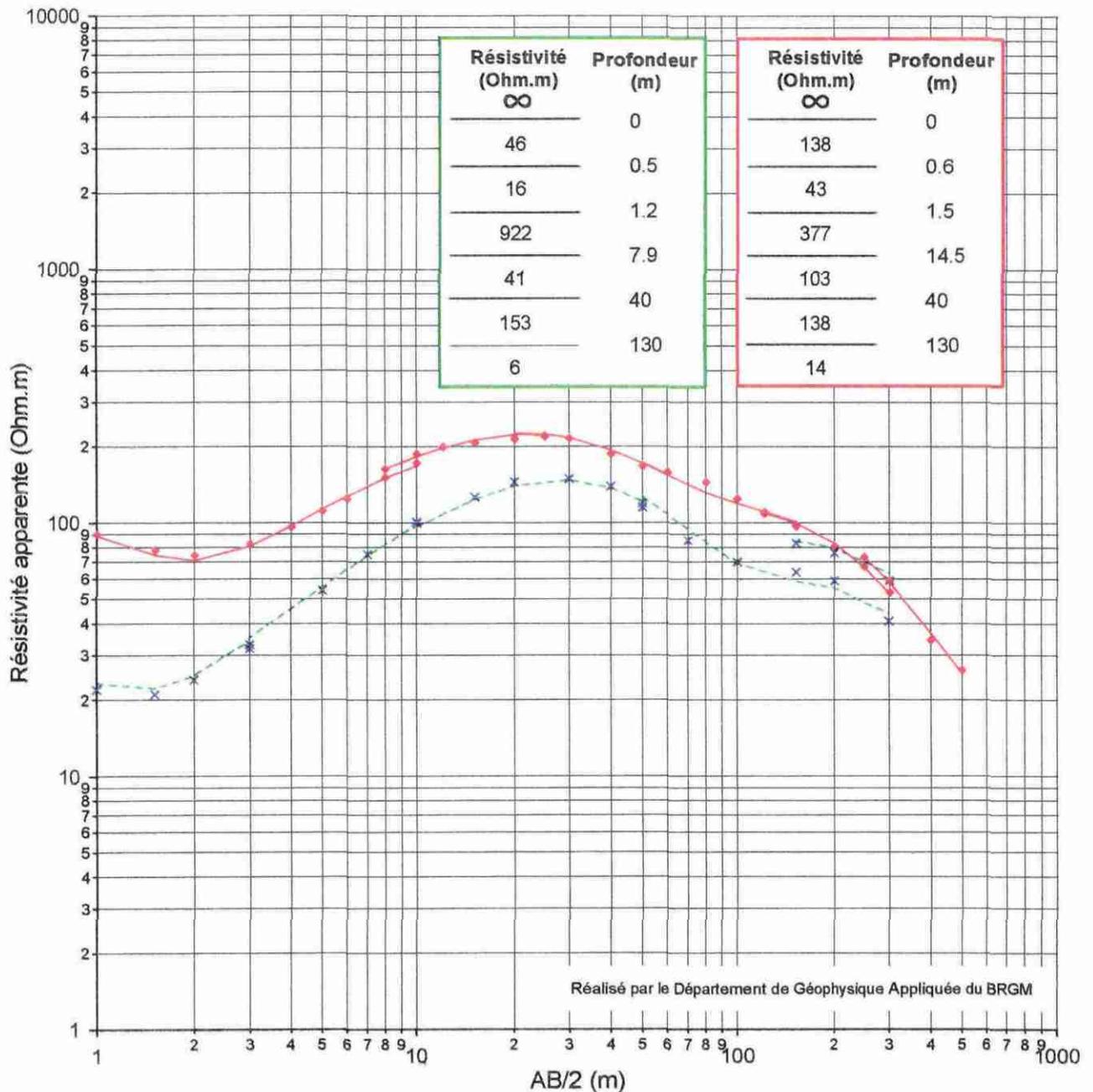
Azimuth: 2 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Thur

Date: 17 Octobre

Numéro séquentiel: 23

X=973.38 Y=2333.01



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE25** PROFIL: **1W**

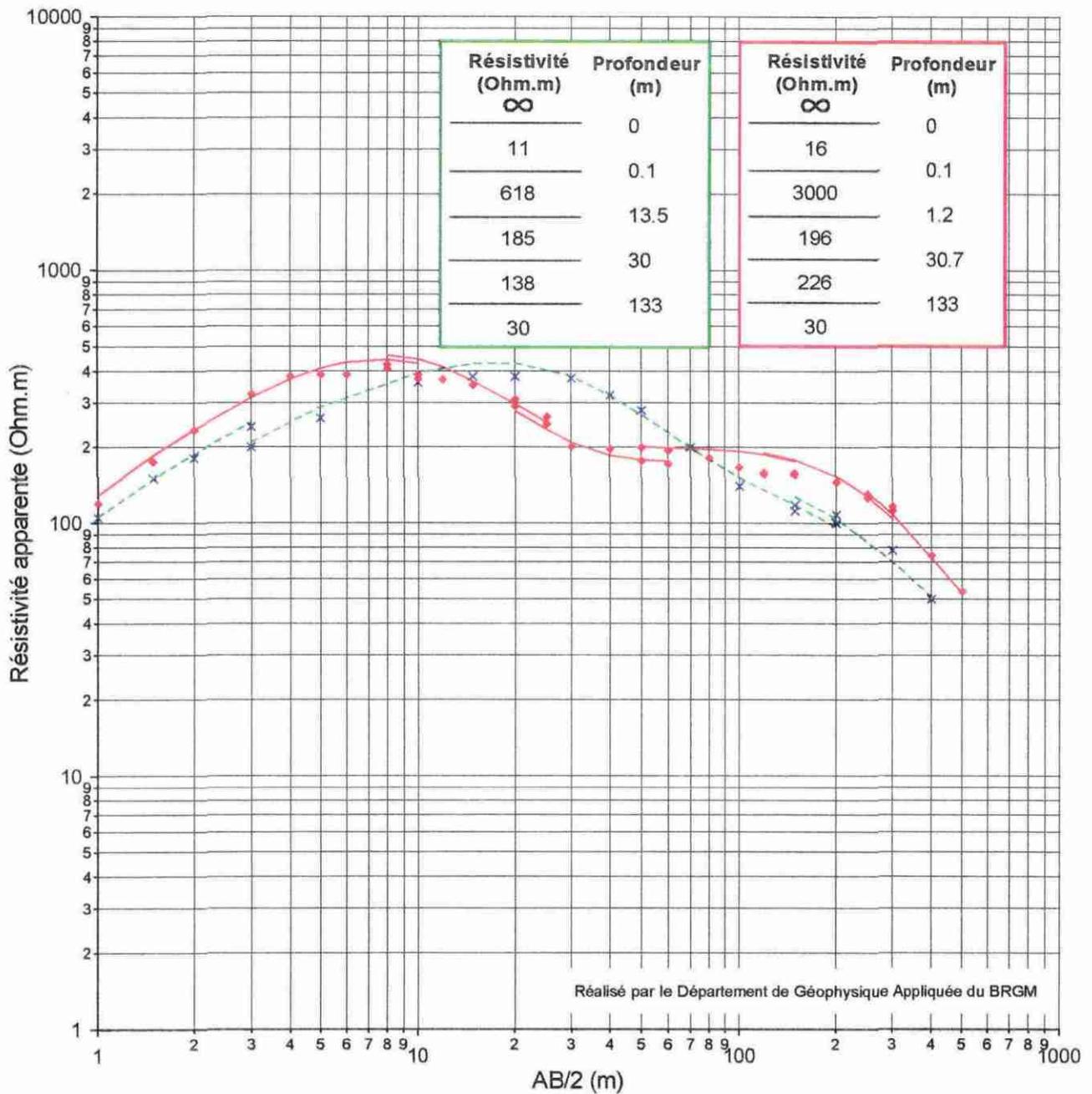
Azimuth: 99 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Forêt communale de Réguisheim

Date: 17 Octobre

Numéro séquentiel: 24

X=973.76 Y=2332.95



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE27** PROFIL: **1W**

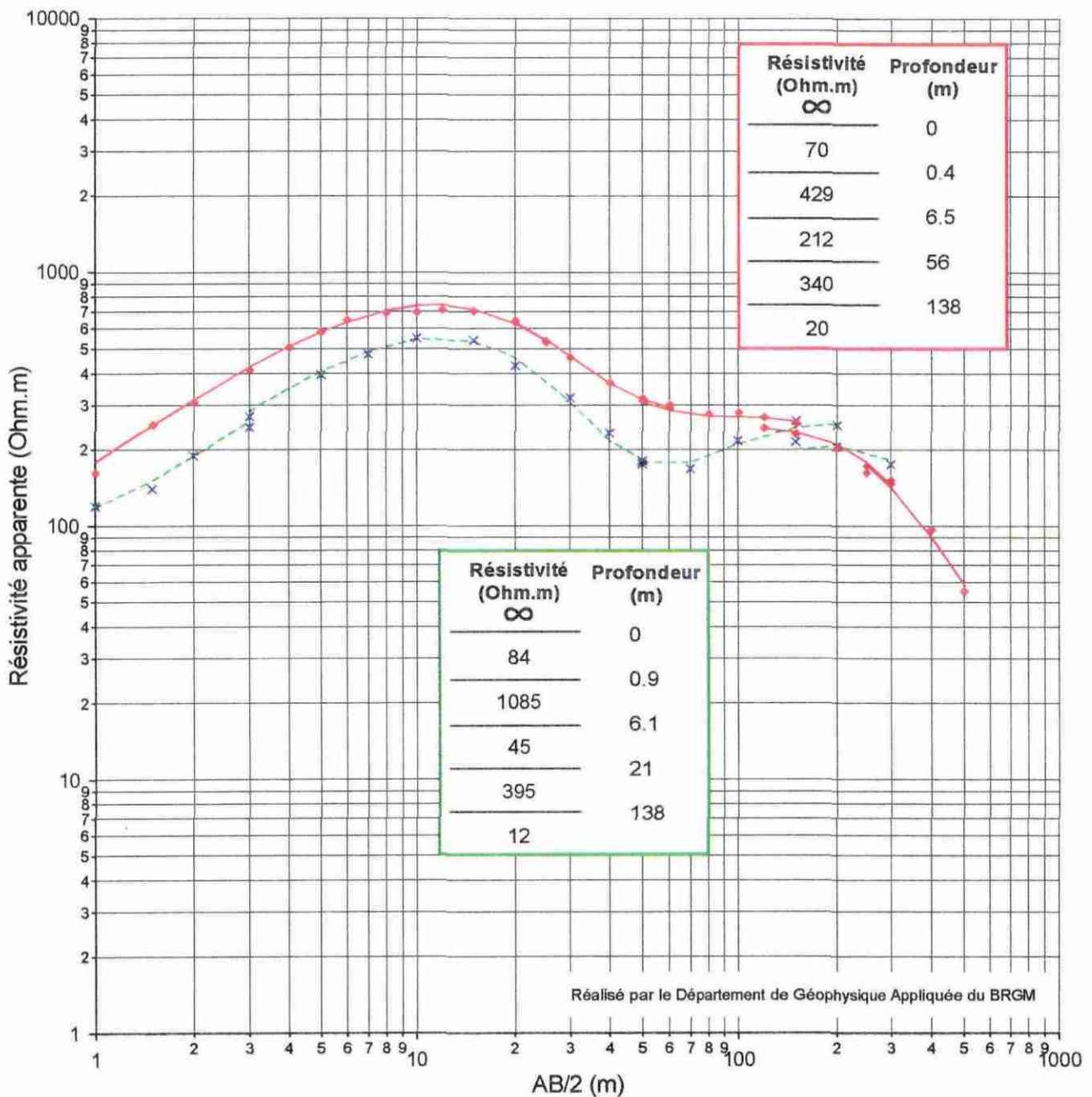
Azimuth: 29 Gr Nord

Lieu: Réguisheim - Route de la scierie/voie ferrée

Date: 17 Octobre

Numéro séquentiel: 22

X=974.4 Y=2332.92



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SEB** PROFIL: **2W**

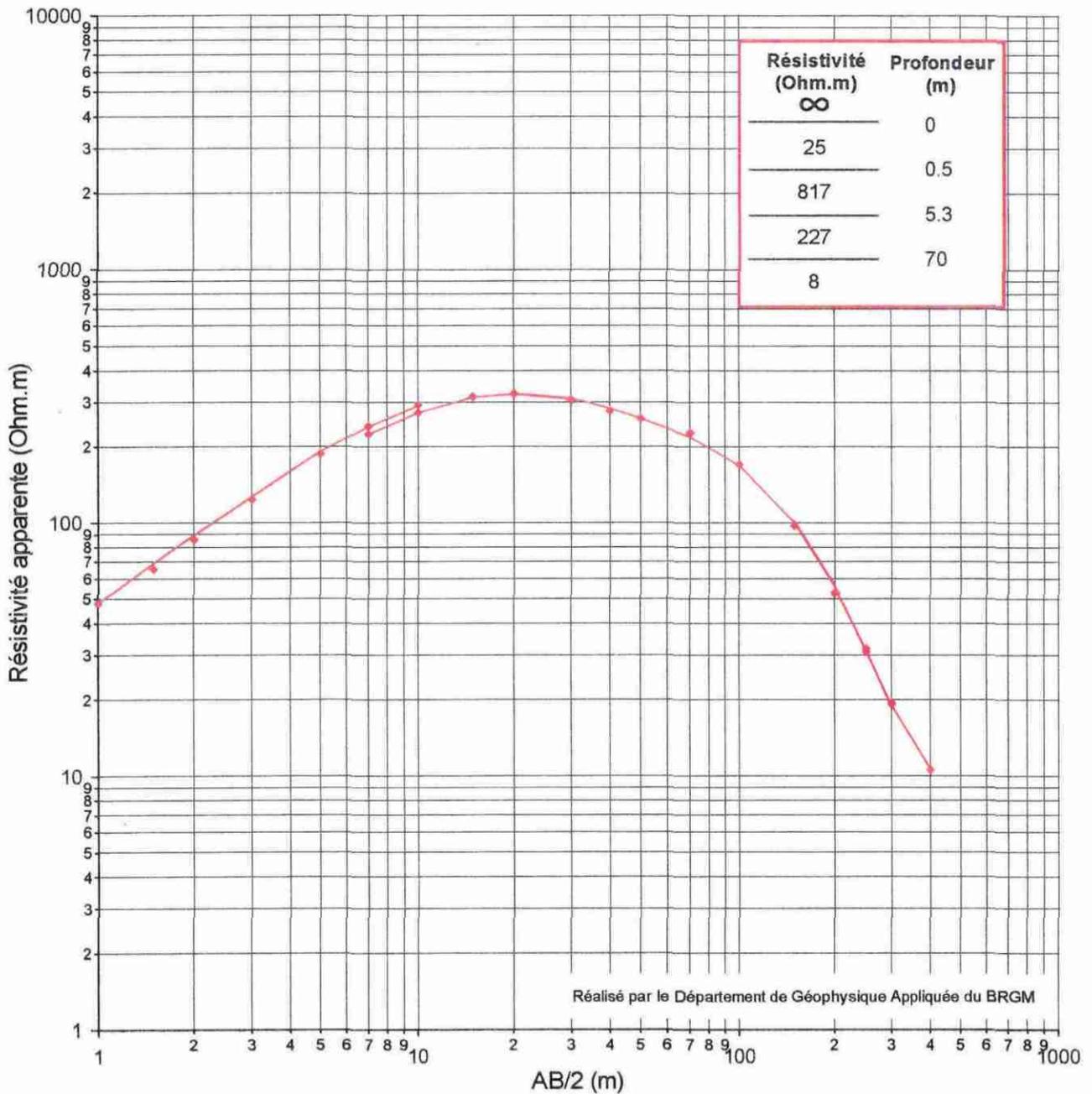
Azimuth: 0 Gr Nord

Lieu: Bruechenmatt/voie ferrée - Munwiller

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 26

X=971.52 Y=2338.76



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SEA PROFIL: 2W

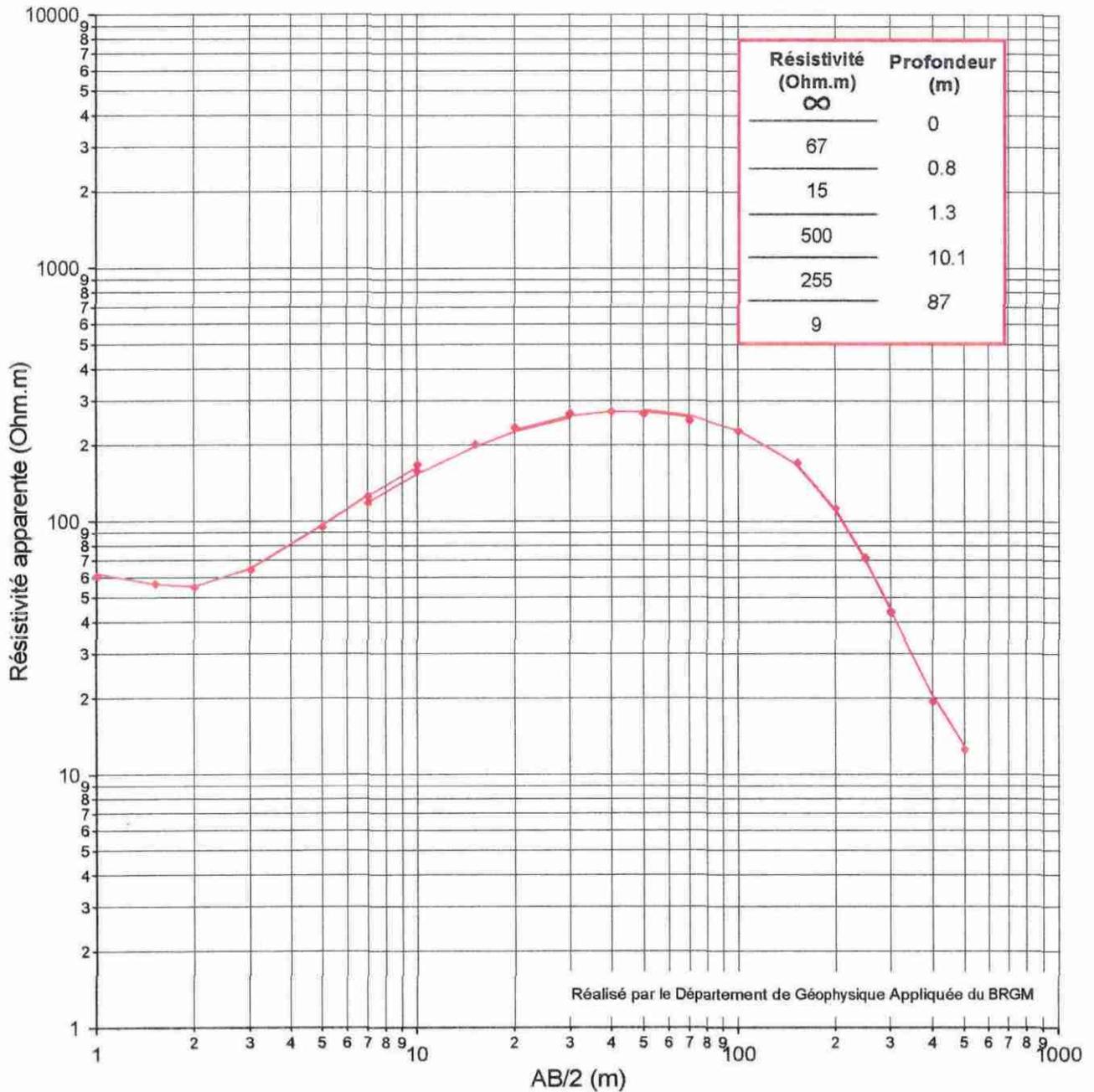
Azimuth: 100 Gr Nord

Lieu: Bruechenmatt - Munwiller

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 27

X=971.98 Y=2338.78



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE141** PROFIL: **2W**

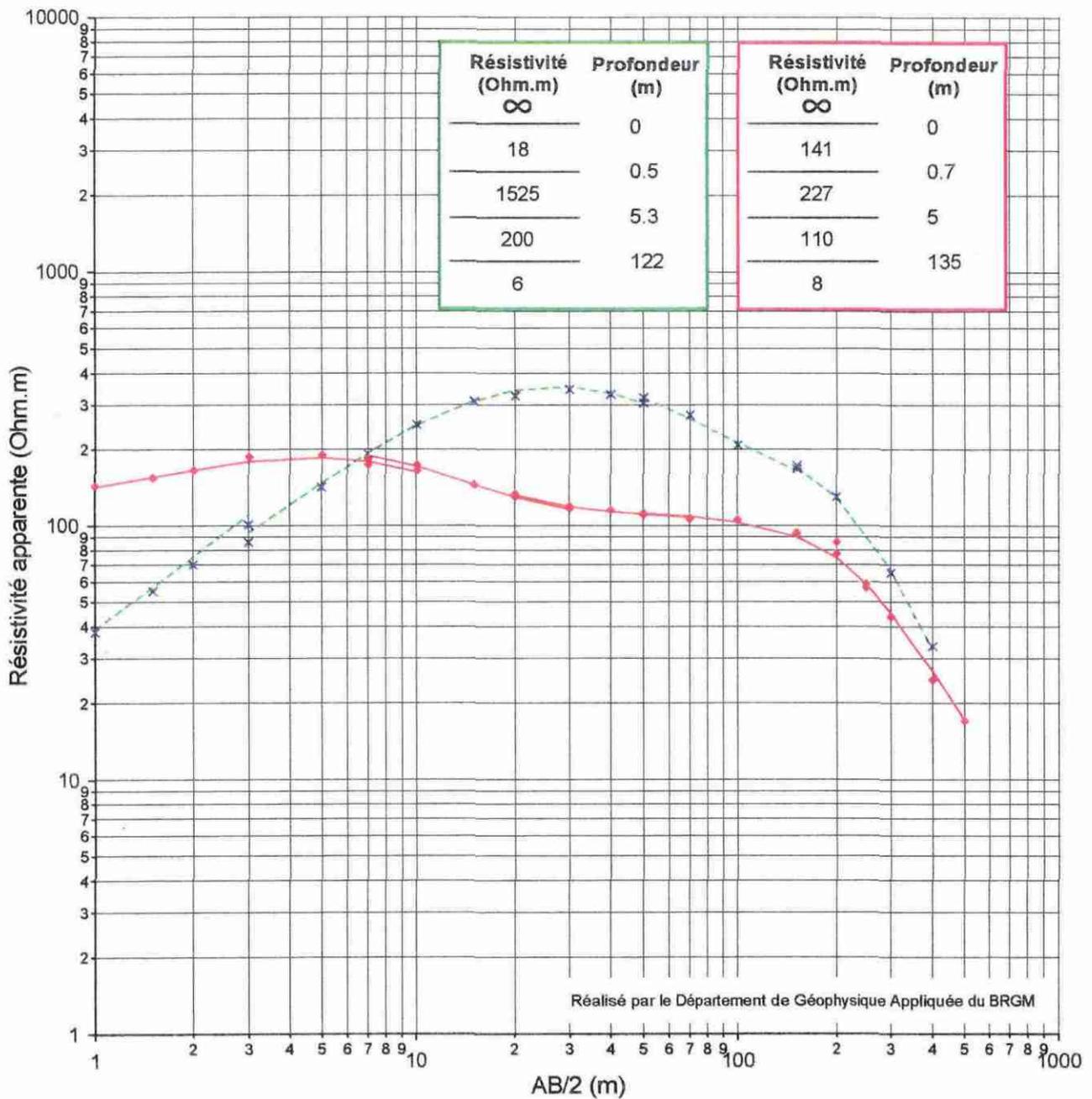
Azimuth: 0 Gr Nord

Lieu: Hasenbalk - Munwiller

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 41

X=972.71 Y=2338.04



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: SEC PROFIL: 2W

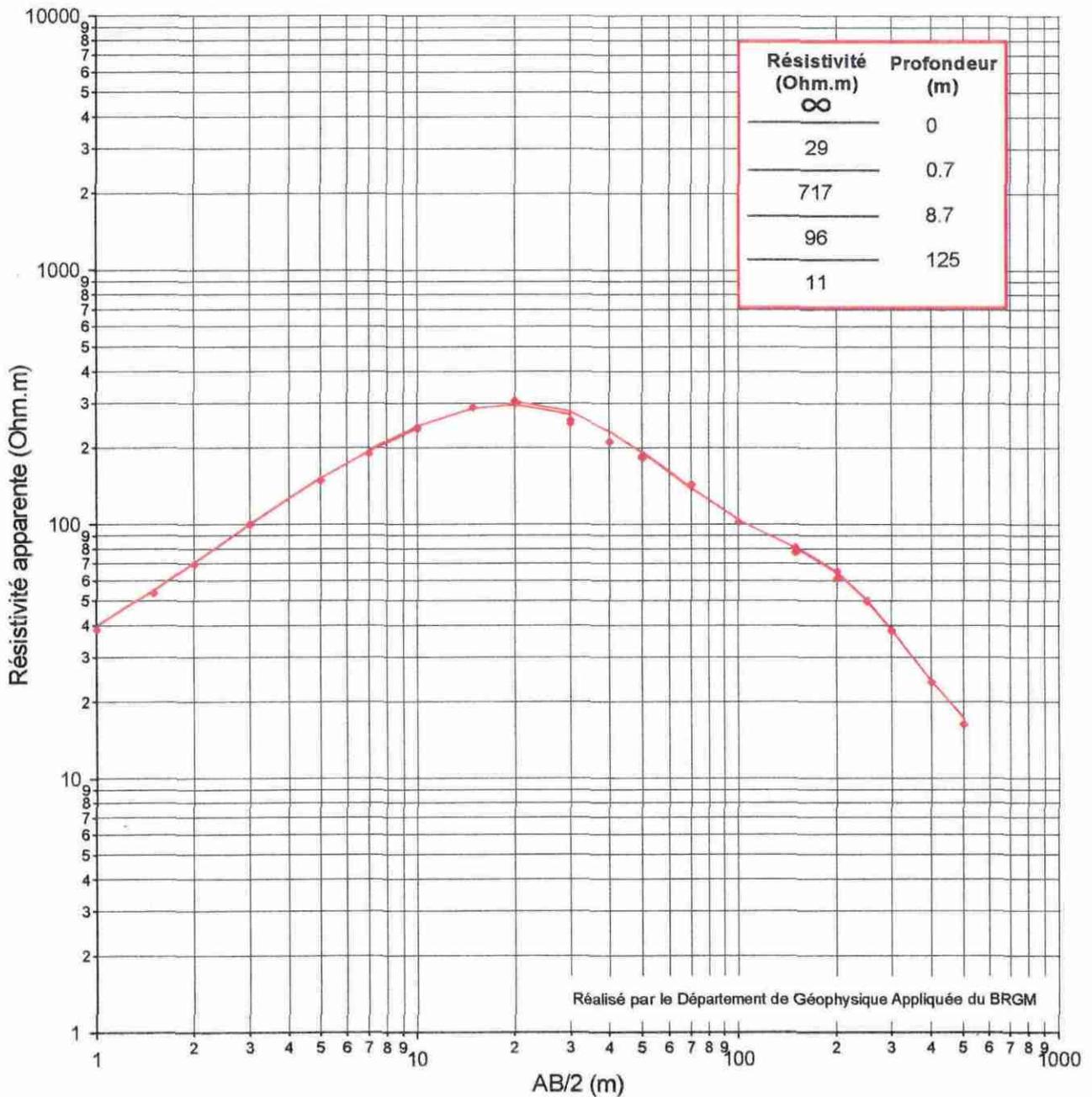
Azimuth: 100 Gr Nord

Lieu: Rouffacher - Munwiller

Date: 23 Octobre

Numéro séquentiel: 16

X=973.10 Y=2338.12



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE44** PROFIL: **2W**

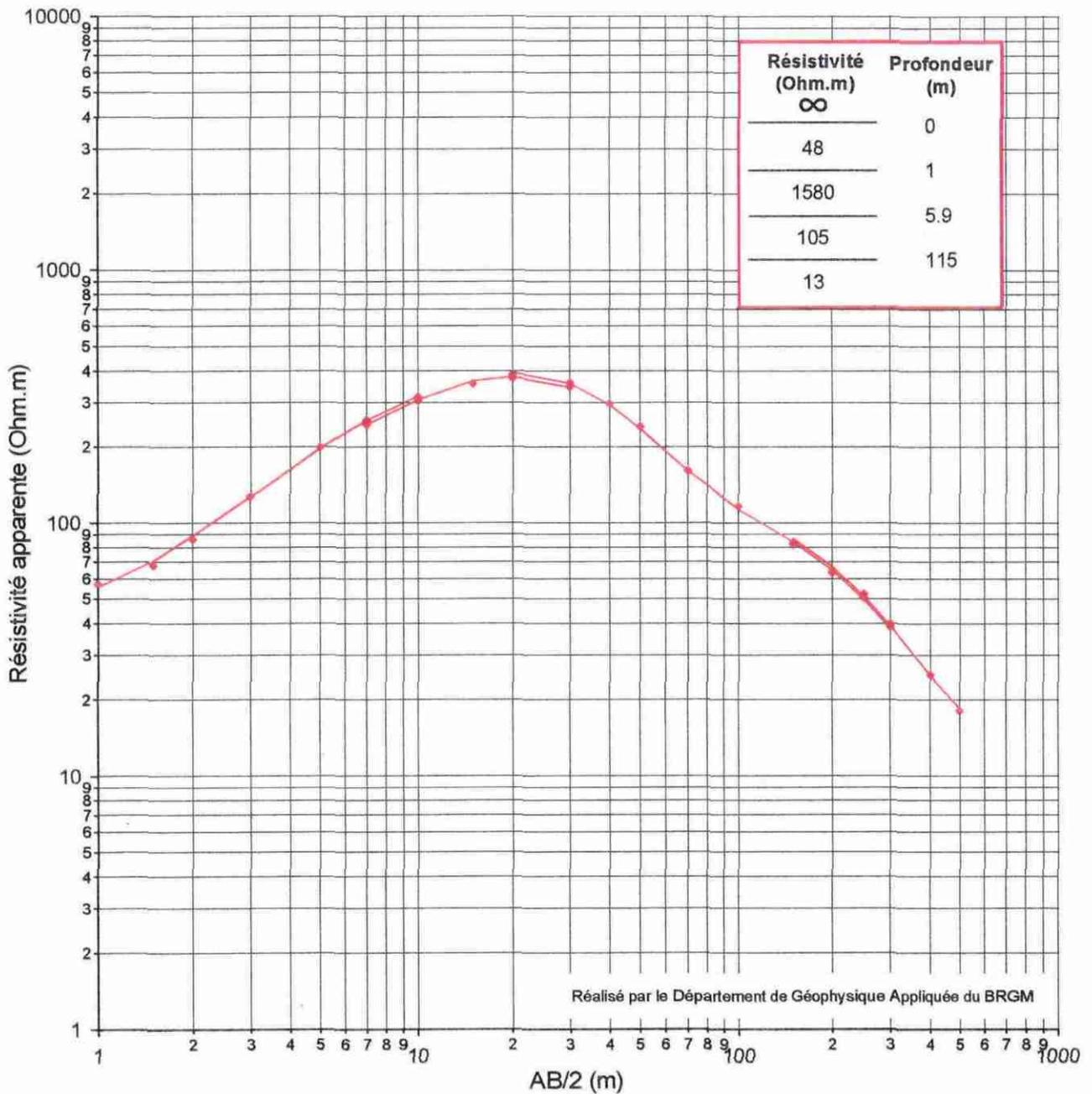
Azimuth: 100 Gr Nord

Lieu: Munwiller

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 42

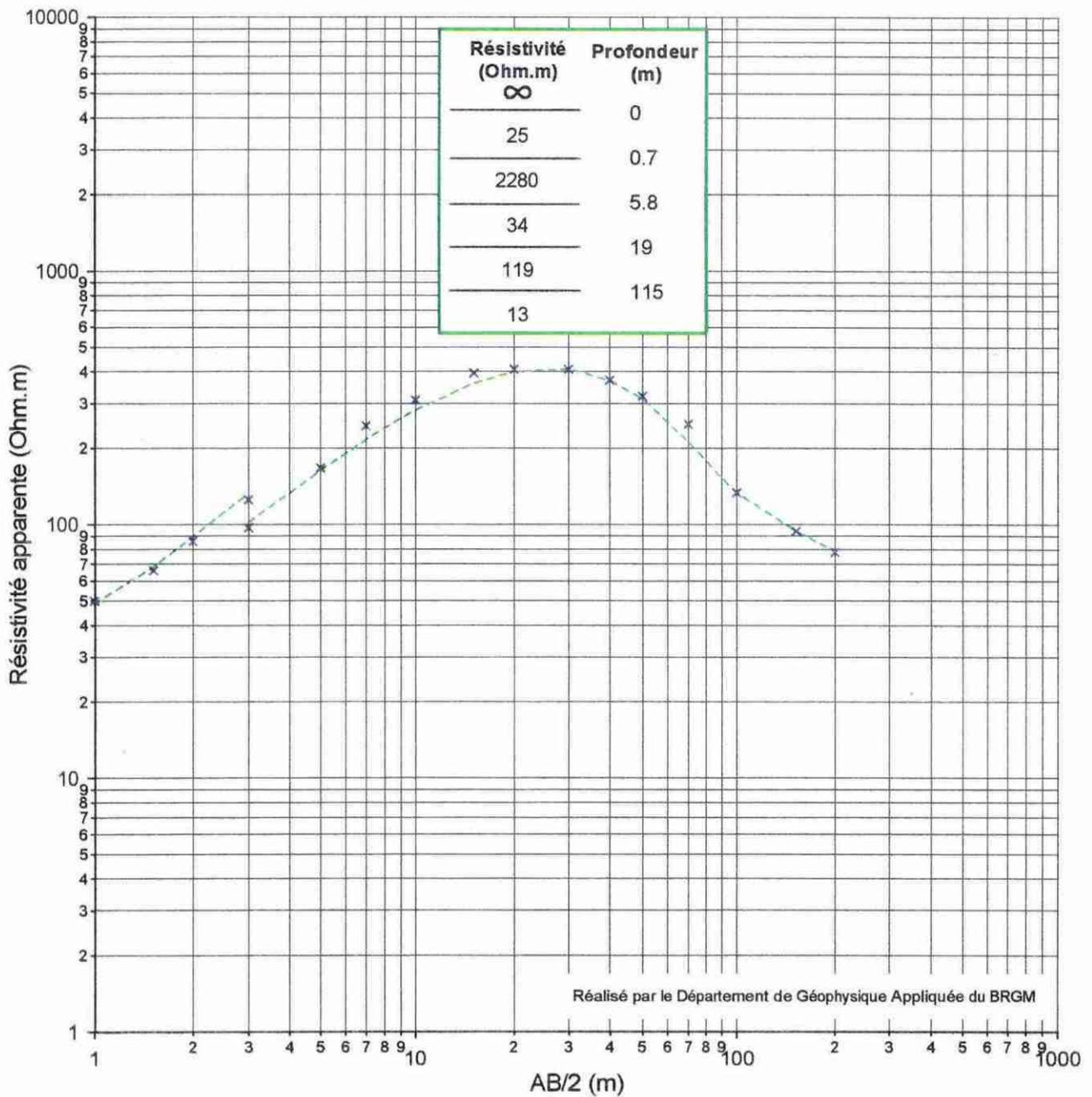
X=973.36 Y=2338.09



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Campagne 1975

SONDAGE: SE44
 PROFIL: 2W



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **SE142** PROFIL: **2W**

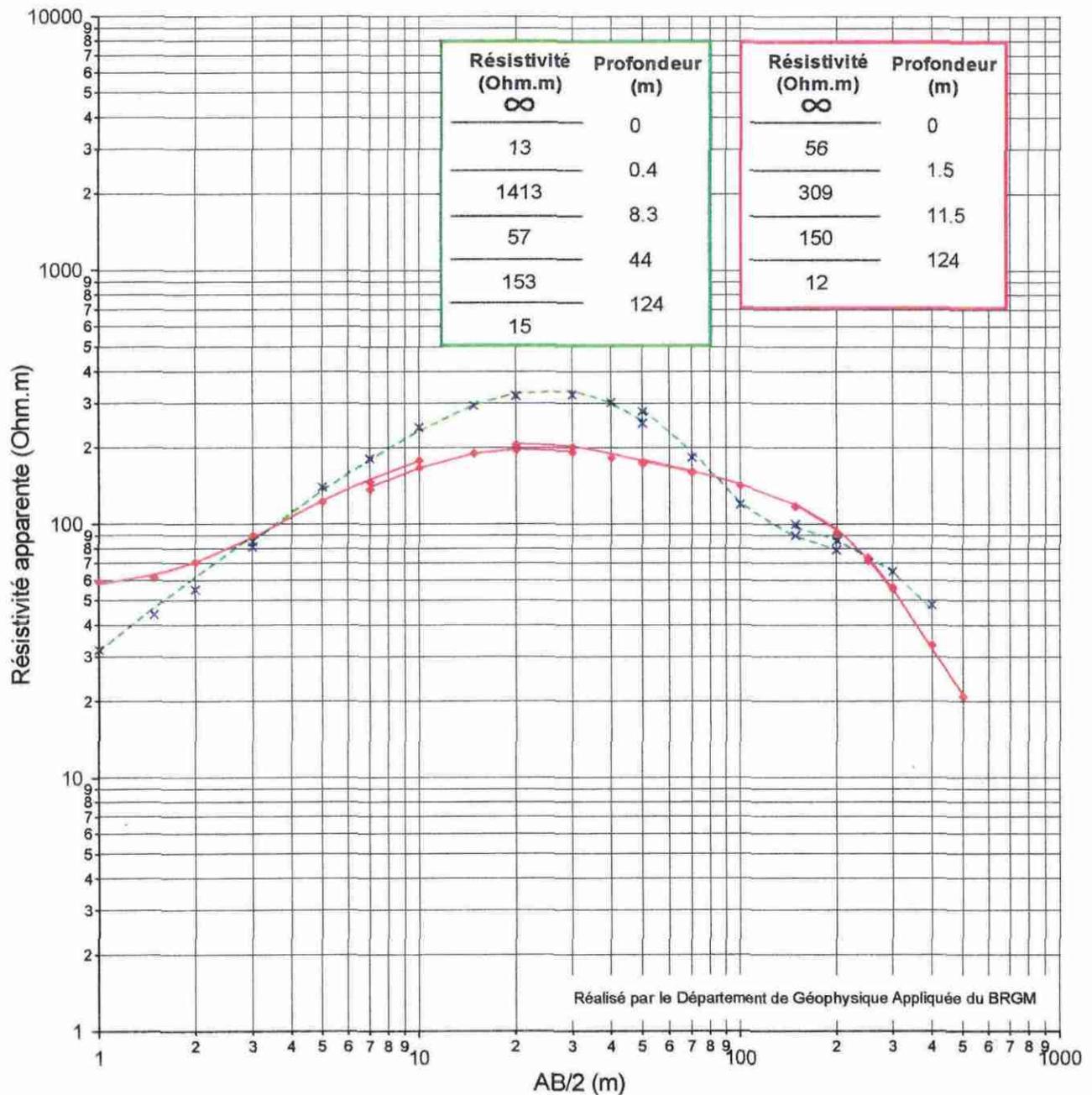
Azimuth: 0 Gr Nord

Lieu: Muehlfeld - Munwiller

Date: 21 Octobre

Numéro séquentiel: 43

X=973.80 Y=2338.25



SALURE DE LA NAPPE D'ALSACE

Sondages électriques - Octobre 1996

SONDAGE: **RATFELD**

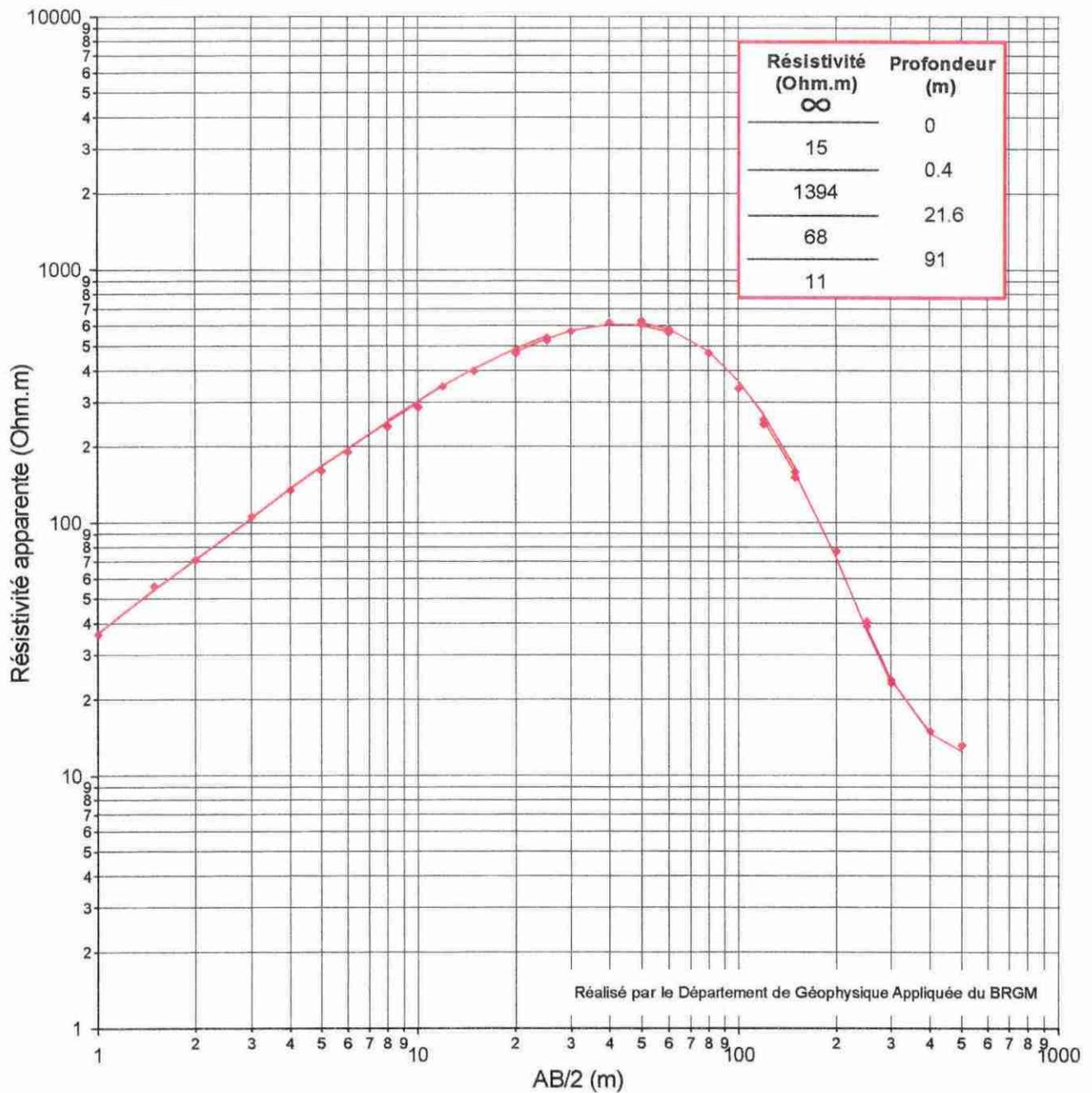
Azimuth: 175 Gr Nord

Lieu: Ensisheim - Sud profil 1E, ferme St Jean

Date: 22 Octobre

Numéro séquentiel: 44

X=976.64 Y=2328.07



BRGM
Département de Géophysique Appliquée
BP 6009 - 45060 ORLEANS CEDEX 2 - France - Tél. : (33) 2 38 64 34 34

Profil de résistivité apparente PE8
Trainé électrique AB=140m MN=20m

Salinité de la nappe phréatique d'Alsace

janvier 1997 - R 39257



planche 1

BRGM - 3, avenue Claude Guillemin - BP 6009 - 45060 Orléans cedex 2 - France

