



Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie

*Caractérisation des aquifères du profil d'altération
du socle par sondage de Résonance Magnétique
Protonique (RMP), dans le Finistère nord,
entre Guipavas et Lannilis*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-G-420

décembre 1998
R 40419





Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie

*Caractérisation des aquifères du profil d'altération
du socle par sondage de Résonance Magnétique
Protonique (RMP), dans le Finistère nord,
entre Guipavas et Lannilis*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-G-420

décembre 1998
R 40419



Mots clés : Géophysique, RMP, Hydrogéologie, Socle, Aquifère fissuré, Altérites, Plabennec, Finistère, Bretagne.

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

BRGM (1998) - Caractérisation des aquifères du profil d'altération du socle par sondage de Résonance Magnétique Protonique (RMP), dans le Finistère nord, entre Guipavas et Lannilis. Rap. BRGM R 40419, 23 p., 4 fig., 4 ann.

© BRGM, 1998, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans le cadre du projet "Ressource du sous-sol et environnement en Bretagne" (action de Service public du BRGM 98-G-420), le Service Géologique Régional (SGR) de Bretagne souhaite évaluer les caractéristiques hydrogéologiques des niveaux d'altération, en zone de socle, en utilisant la Résonance Magnétique Protonique (RMP).

Quinze sondages RMP interprétables ont été mesurés dans trois formations géologiques principales (granite de Kersaint, granite de Kernilis et gneiss et micaschistes de Lesneven). A cette occasion, une procédure de travail particulière a été mise au point qui conduit à un rendement moyen de 1,7 sondages interprétables par jour.

Les niveaux d'eau mis en évidence dans les sondages, outre de rares niveaux superficiels attribuables à des alluvions, peuvent être attribués aux altérites pour les plus importants et à la roche fissurée sous-jacente, pour les autres.

Une répartition des paramètres significatifs de la RMP (amplitude et temps de décroissance du signal), en cohérence avec les formations géologiques recoupées par les sondages, est mise en évidence. La discrimination prépondérante est réalisée selon le paramètre temps de décroissance et se manifeste par le zonage suivant :

- de 100 à 200 ms : gneiss et micaschistes de Lesneven ;
- de 150 à 250 ms : granite de Kersaint ;
- de 200 à 300 ms : granite de Kernilis.

Les granites montrent, par un meilleur produit (amplitude x temps de décroissance), des qualités d'aquifère supérieures aux gneiss et micaschistes. Ce résultat est cohérent avec la granulométrie plus fine des altérites issues des gneiss et micaschistes par rapport à celles issues des granites à gros grain.

Des propositions et des recommandations sont faites pour étalonner les mesures RMP avec les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères.

Sommaire

Introduction	7
1. Méthode et moyens	9
1.1. Principe de la Résonnance Magnétique Protonique	9
1.2. Moyens mis en oeuvre.....	10
1.2.1. Personnel	10
1.2.2. Equipement.....	10
1.3. Travaux réalisés.....	10
2. Résultats	15
2.1. Analyse des données.....	15
2.2. Interprétation et synthèse des résultats	17
Conclusion	23

Liste des figures

Fig. 1 - Situation de la zone étudiée.....	6
Fig. 2 - Modèle conceptuel de l'altération en zone de socle (R. Wyns, communication personnelle)	8
Fig. 3 - Synthèse des principaux résultats.....	16
Fig. 4 - Logs de teneur en eau des sondages RMP	18

Liste des tableaux

Tabl. 1 - Caractéristiques des sondages RMP	13
Tabl. 2 - Caractéristiques principales des sondages RMP (valeurs utilisées dans les diagrammes de la figure 3)	17

Liste des annexes

Ann. 1 - Localisation des sondages RMP sur extraits de la carte IGN à 1/25 000.	
Ann. 2 - Paramètres RMP mesurés.	
Ann. 3 - Résultats d'inversion.	
Ann. 4 - Une nouvelle méthode géophysique pour les études hydrogéologiques : l'application de la résonance magnétique nucléaire.	

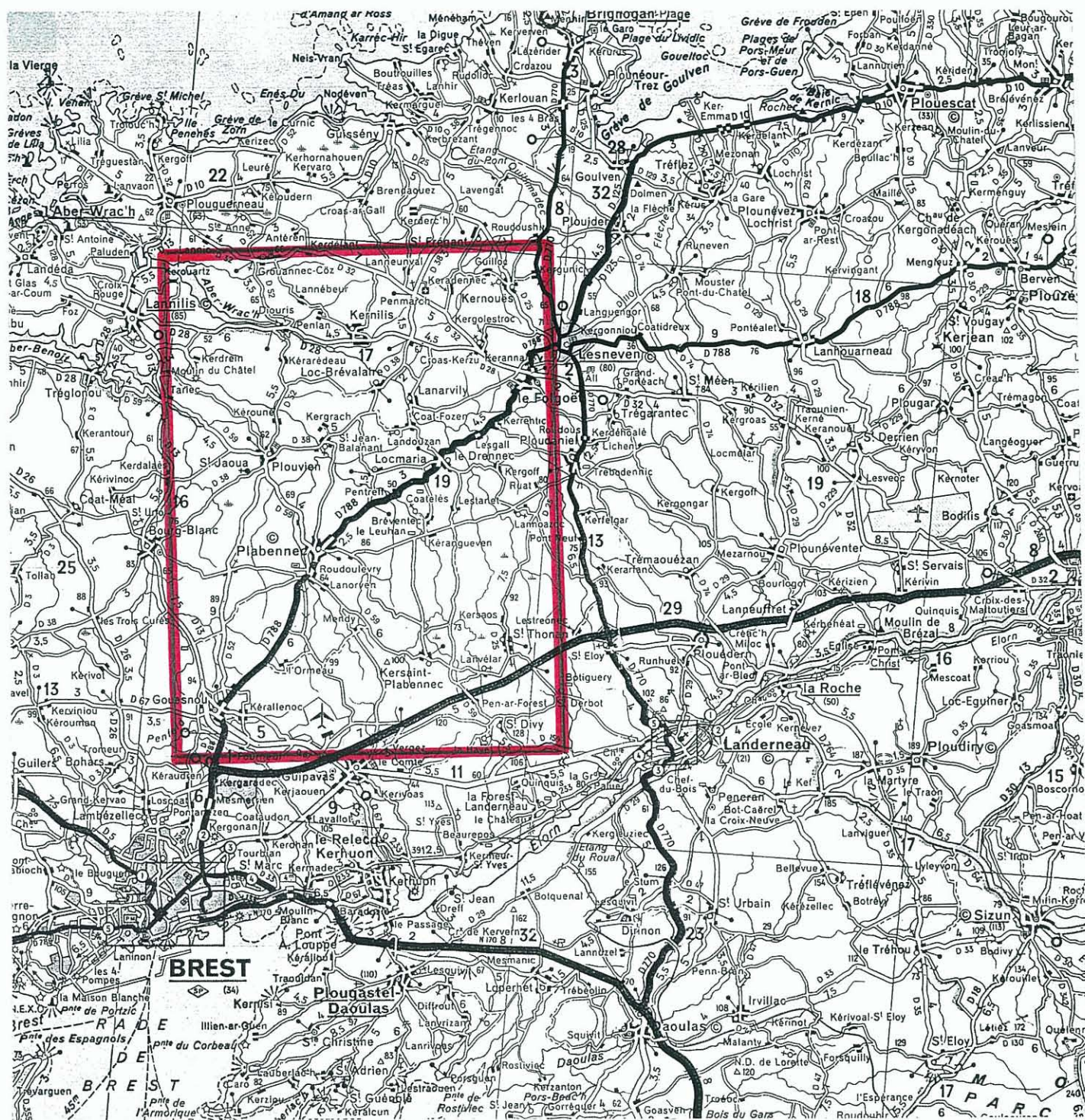


Fig. 1 - Situation de la zone étudiée.

Introduction

Dans le cadre du projet "Ressource du sous-sol et environnement en Bretagne" (action de Service public du BRGM 98-G-420) ; le Service Géologique Régional (SGR) de Bretagne souhaite évaluer les caractéristiques hydrogéologiques des niveaux d'altération, en zone de socle, en utilisant la Résonance Magnétique Protonique (RMP).

Une première série de mesures avait été réalisée en juin 98 sur une zone test recoupant les sites d'alimentation en eau potable de Plabennec et de Kernilis (Rap. BRGM R 40131). Sur le premier de ces sites, un bruit électromagnétique important rendait les mesures ininterprétables. Un sondage de bonne qualité avait toutefois été mesuré sur le deuxième site. Ainsi avait été démontrée la faisabilité de l'étude des aquifères du socle altéré jusqu'à environ 50 m de profondeur, dans les conditions d'environnement électromagnétique du Finistère nord. Des recommandations méthodologiques avaient alors été faites pour réaliser les mesures dans des conditions de bruit optimal et afin d'améliorer le rapport signal sur bruit.

Ce rapport rend compte d'une nouvelle campagne de mesure dont l'objectif était, sur une vingtaine de points répartis dans les différentes formations géologiques de la partie est de la carte géologique à 1/50 000 de Plabennec, de mettre en évidence par RMP des variations de la teneur en eau et (au travers de calibrations), d'autres paramètres hydrodynamiques, le long du profil d'altération. Les calibrations par mesure de sondages RMP sur des forages ayant fait l'objet d'essais hydrodynamiques n'étaient pas une priorité de cette étude. Elles pourront être traitées par une campagne de mesure ultérieure.

La zone d'étude s'étend de Guipavas au sud, à Lannilis au nord (fig. 1) et recoupe les principales formations géologiques suivantes :

- granite de Kernilis ;
- granite de Kersaint fin ;
- granite de Kersaint grossier et granite de Saint-Renan ;
- diorite de Ploudaniel
- gneiss et micaschistes de Lesneven ;
- gneiss de Brest et du Conquet.

La zone d'altération, des arènes à la roche saine, a une puissance maximale d'environ 70 m. Elle comprend un horizon arénisé (0 à 30 m) recouvrant un horizon fissuré (30-40 m) (fig. 2).

Suivant les recommandations du rapport précédemment cité, 40 sites de mesures potentiels furent sélectionnés sur la carte IGN à 1/25 000 en tenant compte des critères ci-dessous :

- éloignement de toutes sources électromagnétiques (lignes haute tension, installations agricoles et industrielles, habitations,...) ;
- répartition des sondages dans les différentes formations géologiques de la zone ;
- répartition spatiale homogène des sondages sur l'ensemble de la zone de mesure.

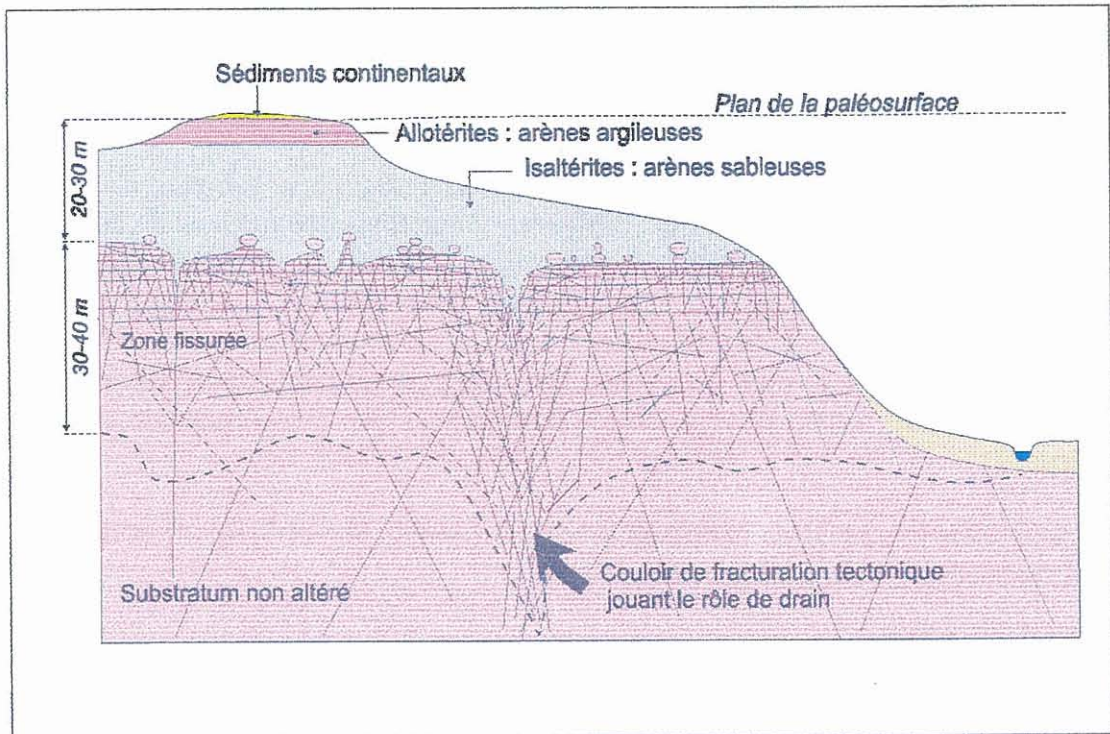


Fig. 2 - Modèle conceptuel de l'altération en zone de socle (R. Wyns, communication personnelle).

1. Méthodes et moyens

1.1. PRINCIPE DE LA RÉSONANCE MAGNÉTIQUE PROTONIQUE

La résonance magnétique protonique (RMP) est une propriété des protons de certains noyaux atomiques, et en particulier de l'hydrogène, qui produisent un champ magnétique de relaxation après avoir été excités à la fréquence de Larmor. C'est la fréquence de précession des protons, f qui dépend directement de l'intensité du champ magnétique terrestre, H ($f = \gamma H$).

La très grande majorité des atomes d'hydrogène présents dans le sous-sol, sont contenus dans les molécules d'eau. Par la mesure du champ magnétique de relaxation des protons, on déduit la quantité d'eau contenue dans le sous-sol.

Une boucle est installée à la surface du sol. Un courant alternatif de haute intensité, $i(t) = I \cos(\omega t)$ est injecté dans la boucle pendant une durée (τ) de quelques ms : c'est le pulse caractérisé par le paramètre $q = I \tau$. Après coupure du courant d'injection, la décroissance du champ magnétique de relaxation est de la forme :

$$e(t) = E(q) \sin(\omega t + \phi) \exp(-t/T)$$

où E (amplitude du signal) et T (temps de décroissance du signal) sont les paramètres significatifs directement liés à la **teneur en eau** et à la **taille des pores du réservoir**. ω correspond à la fréquence de Larmor et ϕ dépend de la conductivité du sous-sol.

Des valeurs croissantes de pulse sont injectées pour une profondeur d'investigation croissante. L'ensemble des mesures de décroissance du champ magnétique de relaxation effectuées pour différentes valeurs de pulse réalise un sondage RMP en profondeur. L'inversion des données selon un modèle de couches planes horizontales (1D) permet d'obtenir la distribution de la teneur en eau et du temps de décroissance en fonction de la profondeur. La teneur en eau est définie comme le rapport V_l/V du volume d'eau libre, V_l sur le volume total de sous-sol considéré, V avec $V = V_l + V_b + V_r$ où :

- V_b = volume de l'eau liée = eau liée aux grains de la roche (notamment aux argiles) et qui ne peut être extraite, par opposition à l'eau libre ;
- V_r = volume occupé par la roche.

La profondeur d'investigation est également contrôlée par la taille de la boucle et est grossièrement donnée comme égale au diamètre de la boucle :

- 100 m de profondeur d'investigation pour une boucle circulaire de 100 m de diamètre.

- 50 m de profondeur d'investigation pour une boucle en huit dont chaque cercle fait 50 m de diamètre ;
- 40 à 50 m de profondeur d'investigation pour une boucle en huit carrée de 37 m de côté.

1.2. MOYENS MIS EN OEUVRE

1.2.1. Personnel

- 2 géophysiciens.

1.2.2. Equipement

- 1 système RMP IRIS-BRGM Numis ;
- 1 magnétomètre ;
- 600 m de câble d'injection et de mesure.

1.3. TRAVAUX RÉALISÉS

Parmi les 40 sites sélectionnés sur carte :

- 3 ne pouvaient pas être atteints par véhicule ;
- 2 présentaient des installations anthropiques nouvelles non figurées sur la carte à 1/25 000 ;
- 4 présentaient un réseau de lignes moyenne et basse tension trop dense ;
- 2 ont montré un bruit électromagnétique *a priori* trop important ;
- 16 ont donné lieu à des mesures ;
- 13 n'ont pu être visités dans les délais impartis.

La boucle en huit ronde qui était utilisée lors de la campagne de juin et pour PLB7 a été abandonnée au profit d'une boucle en huit carrée dont il est plus aisé d'assurer la parfaite symétrie.

Certaines stations ont été répétées, de manière à tester la répétitivité des mesures ou à comparer différentes configurations de mesures (cf. ann. 2) :

- PLB9 a été mesuré à trois reprises avec un nombre de stack croissant (50 puis 100 et 300), pour un résultat qui reste médiocre bien que l'amélioration soit sensible ;

- PLB10 a été mesuré d'abord avec une configuration de mesure standard (PLB10a) puis avec un stack pondéré et un filtrage numérique de largeur de bande égale à 5 Hz (PLB10c). L'amélioration est sensible avec cette dernière configuration qui est utilisée pour toutes les autres mesures ;
- PLB13 a été mesuré selon deux orientations d'antenne. La mesure de PLB13a selon une orientation pour laquelle le bruit avant stack a chuté sous 800 nV montre une qualité nettement accrue par rapport à PLB13 ;
- PLB19 a été mesuré dans des conditions de bruit avant stack tout d'abord supérieur (PLB19), puis inférieur (PLB19a) à 1000 nV. La mesure de PLB19a montre une qualité très sensiblement accrue bien que, pour des raisons de planning, le nombre de stack ait été divisé par 2,5.

Après quelques jours, la procédure de travail suivante a été adoptée :

- visite du site de mesure prévisionnel et examen des conditions électromagnétiques apparentes (lignes électriques, téléphones, clôtures, ...) ;
- recherche du propriétaire ou exploitant de la parcelle, pour autorisation d'accès et de mesure ;
- recherche des éleveurs entretenant des parcs électrifiés à proximité du site, pour coupure des clôtures électrifiées, autant que possible ;
- mise en place de la boucle selon une forme de huit carré de 37 m de côté et orientation selon la direction, à priori, la plus favorable ;
- mesure du champ magnétique terrestre ;
- mesure du bruit ambiant (bruit avant stack) :
 - si celui-ci se maintient sous 1000 nV, la mesure peut être réalisée comme indiquée ci-dessous ;
 - si celui-ci est supérieur à 1000 nV, la boucle est réinstallée selon une direction orthogonale, puis si nécessaire, selon la direction intermédiaire (45°) ; si le bruit reste supérieur à 1000 nV dans les trois positions, le site est abandonné sinon la mesure est réalisée comme indiqué ci-dessous ;
- la mesure est d'abord réalisée pour un ou deux numéros de pulse afin de vérifier la fréquence de Larmor ; le sondage complet est ensuite lancé pour un nombre de stacks au moins supérieur à 100 et un maximum de temps d'acquisition de 10 heures afin de permettre la mesure de deux sondages par jour.

Le sondage PLB8, réalisé avant que la procédure ait été mise au point, présente un bruit avant stack supérieur à 1000 nV et aurait pu être évité. PLB17 a été mesuré sur le site du forage 59 de la zone de captage de Plabennec afin d'obtenir une calibration. Ce site avait déjà été sondé lors de la mission du mois de juin (sondage RMP PLB1 du rapport R 40131). Comme précédemment, les données obtenues restent ininterprétables car le bruit (imputable aux clôtures de parc avoisinantes qui n'ont pu être coupées toutes) est trop important.

Parmi les 14 sondages restants, qui présentent tous un bruit avant stack inférieur à 1000 nV, il apparaît :

- 1 sondage de qualité médiocre (PLB9) qui ne peut pas être inversé ;
- 5 sondages de qualité moyenne ;
- 8 sondages de bonne qualité.

Les résultats du sondage de bonne qualité PLB6, mesuré lors de la campagne de juin, est inclus dans la synthèse des résultats présentée au paragraphe 2.2.

Les mesures ont été réalisées durant dix jours entre le mardi 15/09 et le samedi 26/09/1998 au matin. La procédure décrite ci-dessus a pu être appliquée à partir du samedi 19/09/1998. On peut considérer qu'elle a permis d'obtenir un rendement moyen de 1,7 sondages par jour alors que le rendement moyen sur l'ensemble de l'étude n'est que de 1,4 sondages par jour.

Les caractéristiques principales de chaque sondage sont présentées dans le tableau 1. La profondeur d'investigation est estimée, *a priori*, en prenant en compte le type d'antenne utilisée et la résistivité présumée des terrains. La résistivité est estimée à 200 ohm.m pour les altérites et de 500 à 1 000 ohm.m pour le socle plus ou moins sain.

Caractérisation d'aquifères par RMP à Guipavas et Lannilis (29)

Sondage RMP	Contexte géologique	Commune	N° de fichier	Dispositif d'antenne	Prof. d'investigation (m)	Bruit avant stack (nV)	Nombre de stack	Rapport signal /bruit	Niveau de signal maximal (nV)	Temps de décroissance (ms)	Qualité des données	Signal RMP observé
PLB6	granite de Kernilis	Kernilis	PLB6c	en 8, d = 50 m	40-50	400-800	100	3-26	45	250	bonne	oui
PLB7	granite de Kersaint grossier	Guipavas	PLB7b	en 8, d = 50 m	40-50	300-9000	50	2	90	175	moyenne	oui
PLB8	granite de Kersaint grossier	Gouesnou	PLB8c	8 carré, a = 37 m	40	1500-3500	100				mauvaise	non
PLB9	granite de Kersaint fin	Plabennec	PLB9c	8 carré, a = 37 m	40	200-1100	300	0.5-1	< 20	200 ?	médiocre	oui
PLB10	granite de Kersaint grossier	Plabennec	PLB10c	8 carré, a = 37 m	40	400-1000	100	2-10	80	200	bonne	oui
PLB11	diorite de Poudaniel	Ploudaniel	PLB11	8 carré, a = 37 m	40	200-900	350	2-6	70	175	bonne	oui
PLB12	granite de Kersaint grossier	Plabennec	PLB12C	8 carré, a = 37 m	40	600-1100	200	2-10	105	200	bonne	oui
PLB13	granite de Kersaint grossier	Plabennec	PLB13a	8 carré, a = 37 m	40	250-900	200	0.5-2	10	100?	moyenne	oui
PLB14	granite de Kersaint fin	Kersaint - Plabennec	PLB14c	8 carré, a = 37 m	40	500-1400	300	0.5-2	15	200	moyenne	oui
PLB15	gneiss et micaschiste de Lesneven	Lanarvily	PLB15	8 carré, a = 37 m	40	400-1000	200	1-2	40	100	bonne	oui
PLB16	gneiss et micaschiste de Lesneven	Le Drennec	PLB16	8 carré, a = 37 m	40	400-900	250	2-8	40	180	moyenne	oui
PLB17 = PLB3	gneiss et micaschiste de Lesneven	Plabennec	PLB17	8 carré, a = 37 m	40	500-4000	85	0.2-3	< 30		mauvaise	non
PLB18	granite de Kernilis	Plouvien	PLB18	8 carré, a = 37 m	40	150-500	200	2-14	25	150-450 ?	bonne	oui
PLB19	gneiss et micaschiste de Lesneven	Plouvien	PLB19a	8 carré, a = 37 m	40	300-900	100	2-15	105	220	bonne	oui
PLB20	granite de Kernilis	Plouvien	PLB20a	8 carré, a = 37 m	40	400-950	250	2-5	65	150-350 ?	bonne	oui
PLB21	granite de Kernilis	Plouguerneau	PLB21a	8 carré, a = 37 m	40	400-1000	300/200	2-13	75	250	bonne	oui
PLB22	granite de Kernilis	Plouvien	PLB22a	8 carré, a = 37 m	40	600-800	200	1	15	100 ?	moyenne	oui

Tabl. 1 - Caractéristiques des sondages RMP.

2. Résultats

En l'absence d'étalonnage, les pourcentages de teneur en eau donnés ici n'ont qu'une valeur relative destinée à permettre la comparaison des résultats des différents sondages entre eux. Ils ne doivent en aucun cas être considérés comme les teneurs véritables des aquifères.

2.1. ANALYSE DES DONNÉES (cf.ann. 2)

Les données RMP mesurées sont présentées pour chaque sondage en annexe 2. Les informations concernant les niveaux de bruit, le rapport signal sur bruit et la qualité des mesures sont synthétisées dans le tableau 1.

On définit le signal RMP comme la composition de signal utile (généré par l'eau du sous-sol) et de bruit (généré par tout autre source électromagnétique). Le bruit est évalué par une mesure, réalisée avant la génération du pulse, qui est additionnée (stack) autant de fois que le signal RMP mesuré après le pulse. Le rapport du signal RMP sur le bruit mesuré avant le pulse permet de définir le rapport signal sur bruit qui contribue à juger de la qualité des mesures réalisées. Le résultat d'un sondage est d'autant plus sûr et la confiance en l'interprétation qui en sera faite sera d'autant plus grande que le rapport signal sur bruit est élevé.

Le niveau du bruit avant stack permet d'évaluer l'environnement électromagnétique du site.

Les sondages PLB8 et PLB17, de mauvaise qualité, sont ininterprétables. Le sondage PLB9, de qualité médiocre, n'a pas fait l'objet d'inversion. Il est toutefois possible d'indiquer que le niveau du signal RMP sur ce point est inférieur à 20 nV. Sur l'ensemble de l'étude, les niveaux de signal RMP, pris au maximum des courbes de sondage s'établissent entre 10 (PLB13) et 110 nV (PLB12 et PLB19). Sur PLB13, les valeurs en queue de courbe s'établissent en moyenne à 2.5 nV. Cette observation permet de replacer le niveau du bruit instrumental (jusqu'alors placé à 5 nV) à cette valeur.

Les résultats d'inversion des sondages de qualité moyenne et bonne sont présentés dans l'annexe 3. L'inversion a été réalisée en utilisant deux types de modèle :

- modèle "continu" composé d'un grand nombre de couches d'épaisseur unitaire (courbes continues sur les graphiques de l'annexe 3) ;
- modèle "discontinu" composé d'un nombre limité de couches (courbes discontinues sur les graphiques de l'annexe 3). Des essais avec une, deux ou trois couches ont été réalisés.

Le modèle "continu" semble donner des résultats plus cohérents entre eux et avec la géologie. Ce sont ces résultats qui sont utilisés dans le paragraphe 2.2.

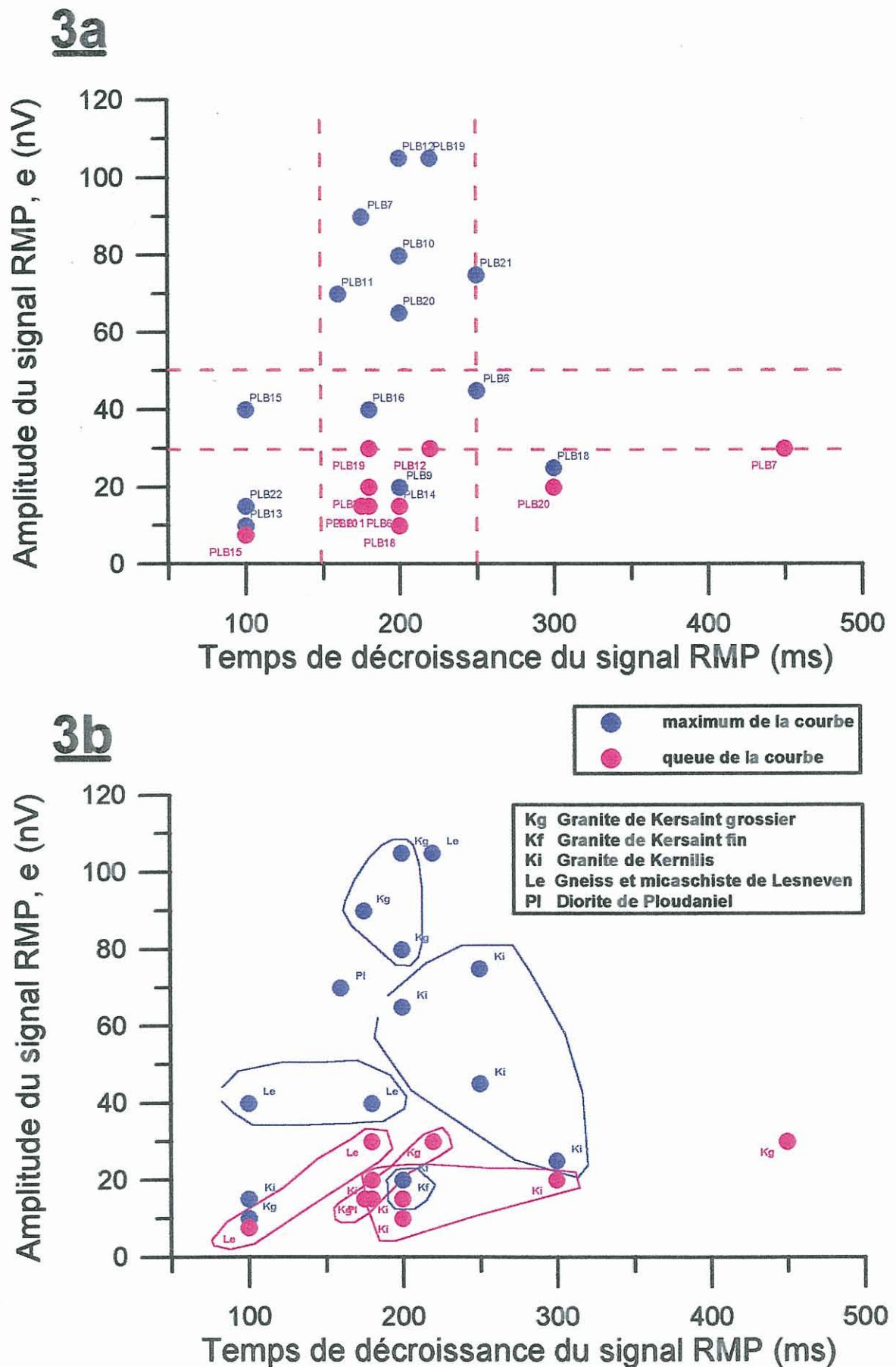


Fig. 3 - Synthèse des principaux résultats.

2.2. INTERPRÉTATION ET SYNTHÈSE DES RÉSULTATS (fig. 3 et 4, ann. 2 et 3)

Les résultats principaux des 15 sondages interprétables (PLB6 à PLB22 excepté PLB8 et PLB17) sont synthétisés dans les diagrammes binaires de la figure 3. Pour construire ces diagrammes, les paramètres amplitudes du signal RMP et temps de décroissance du signal RMP observés, d'une part au maximum (point bleus) et d'autre part en queue des courbes de sondages (points magenta), ont été utilisés. Cette procédure est justifiée, considérant qu'en première approximation, les courbes de sondage font apparaître deux couches d'eau :

- une première couche responsable du maximum de la courbe ;
- une deuxième plus profonde se manifestant en queue de courbe.

Il est possible, toutefois, que les valeurs observées en queue de courbe de sondage -en particulier, pour le paramètre temps de décroissance- rendent compte pour une part non négligeable de la première couche. Dans le cas où cette part serait majoritaire, la répartition observée selon ce paramètre, pour la deuxième couche, ne serait qu'une redondance de celle observée pour la première couche.

Les valeurs d'amplitude et du temps de décroissance du signal RMP observées ainsi sur les courbes de sondages (cf. ann. 2 et 3) et utilisées dans la figure 3 sont présentées dans le tableau 2.

N° sondage	e (nV) maximum de la courbe	e (nV) queue de la courbe	T (ms) maximum de la courbe	T (ms) queue de la courbe
PLB6	45	15	250	200
PLB7	90	30	175	450
PLB8				
PLB9	< 20	< 20	200	
PLB10	80	15	200	175
PLB11	70	15	160	180
PLB12	105	30	200	220
PLB13	10	2.5	100	
PLB14	15		200	
PLB15	40	7.5	100	100
PLB16	40		180	
PLB17	< 30			
PLB18	25	10	300	200
PLB19	105	30	220	180
PLB20	65	20	200	300
PLB21	75	20	250	180
PLB22	15		100	

Tabl. 2 -Caractéristiques principales des sondages RMP (valeurs utilisées dans les diagrammes de la figure 3).

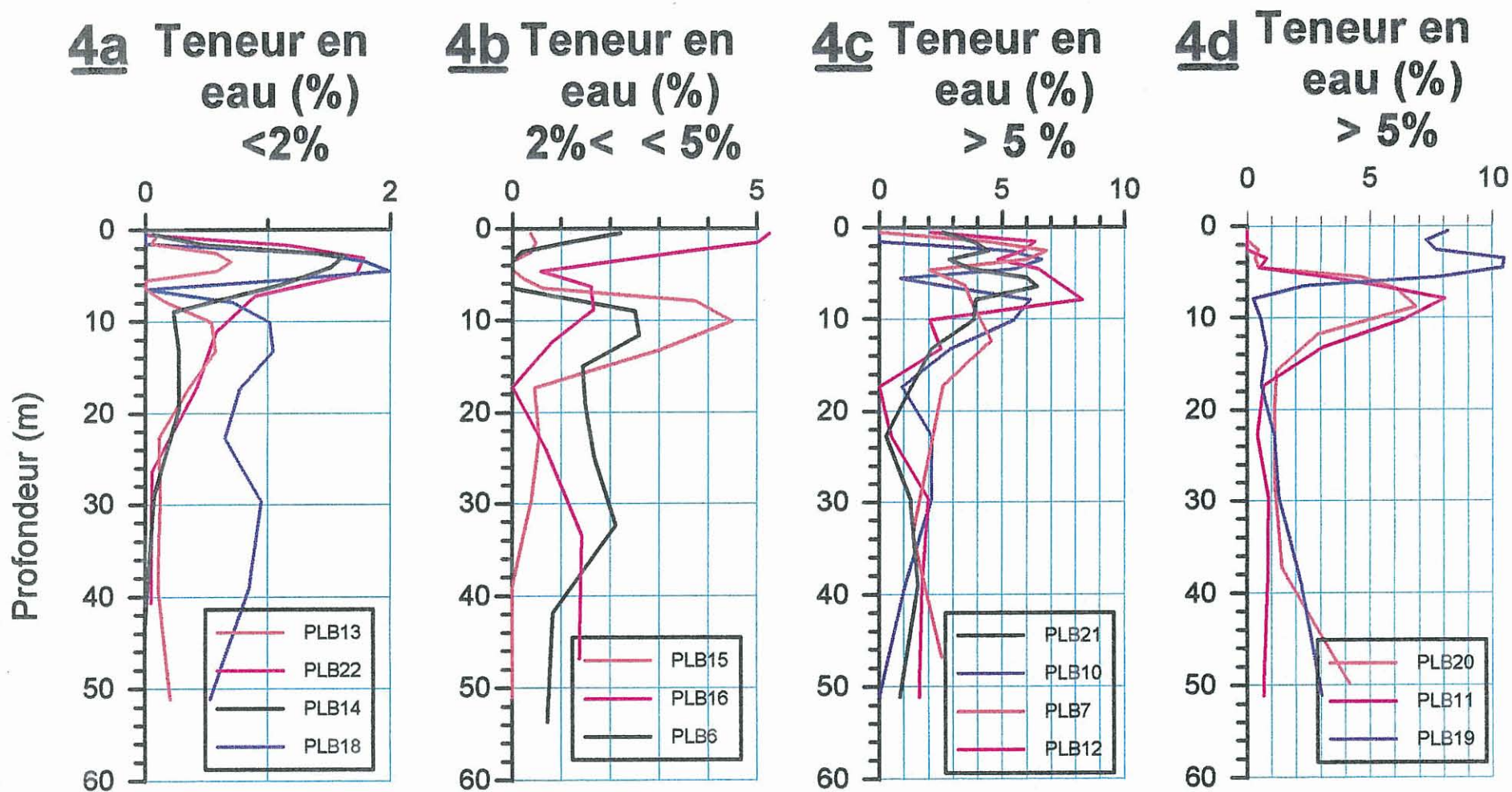


Fig. 4 - Logs de teneur en eau des sondages RMP.

Une première analyse des diagrammes binaires (amplitude du signal, temps de décroissance) conduit à définir les différentes catégories suivantes (diagramme 3a) :

- **Amplitudes inférieures à 30 nV** regroupant toutes les valeurs de queue de courbe et les sondages PLB9, 13, 14, 18 et 22 dont l'amplitude maximale est inférieure à 30 nV. Les logs de teneur en eau, résultats des inversions de ces sondages, sont présentés sur le diagramme de la figure 4a. Les temps de décroissance s'établissent entre 100 et 450 ms.

D'après les informations géologiques disponibles, les valeurs mesurées en queue des sondages et PLB 22 caractérisent le socle fissuré. Les niveaux d'eau visibles entre 2 et 5 m sur les logs de la figure 4a correspondraient pour PLB 13, PLB 14 et PLB 18 à la base des arènes, mais ils sont peu significatifs si l'on considère leur teneur (< 2 %). Il est probable que l'étalement des temps de décroissance soit dû à des évaluations erronées de ce paramètre car, pour ces niveaux (< 30 nV), le rapport signal sur bruit est très faible et la qualité des données, médiocre. Il est également possible de l'interpréter comme une caractéristique de la roche saine où la taille des pores, commandée par la fracturation-fissuration, peut être variable.

- **Amplitudes comprises entre 30 et 50 nV** correspondant aux sondages PLB6, 15 et 16, dont les logs de teneur en eau sont présentés sur la figure 4b. Les temps de décroissance sont compris entre 100 et 250 ms.

Il paraît plausible que les couches d'eau principales qui sont visibles entre 5 et 16 m sur le graphe de la figure 4b, correspondent aux arènes. Ces valeurs sont supérieures aux profondeurs de la base des arènes calculées par interpolation des données de forage et d'affleurement (R. Wynns, communication personnelle), mais sont pour PLB 15 et 16 dans la fourchette de l'erreur associée à ces profondeurs calculées.

- **Amplitudes supérieures à 50 nV** correspondant aux sondages dont les logs de la teneur en eau sont présentés sur les figures 4c et 4d. Les temps de décroissance sont strictement compris entre 150 et 250 ms.

A l'exception du sondage PLB19 situé dans une zone de couverture alluvionnaire baignée par la nappe (représentée par une couche d'eau située entre 0 et 6 m de profondeur sur le graphique 4d), l'ensemble des sondages montre une couche d'eau principale entre 5 et 16 m de profondeur (graphique 4c et 4d), parfois surmontée par une couche plus superficielle (entre 1 et 4 m, graphique 4c). Cette couche principale est, *a priori*, attribuée aux arènes. Il suit que les niveaux d'eau de faible teneur (< 3 %) sous-jacents, qui apparaissent entre 20 et 40 à 60 m de profondeur, sont attribués à la roche fissurée.

Comme précédemment les profondeurs de la base des arènes calculées par interpolation des données de forage et d'affleurement (R. Wynns, communication

personnelle) sont généralement inférieures au toit de la couche d'eau principale mise en évidence par RMP. L'erreur importante associée à ces valeurs permet toutefois d'englober dans la plupart des cas cette couche d'eau.

Ces corrélations peu satisfaisantes avec la géologie conduisent à poser les questions suivantes :

- les couches mises en évidence par RMP correspondent-elles à différents niveaux d'altération supposés ? Quelle est la précision de la profondeur de ces couches ?
- les profondeurs calculées par interpolation sont-elles correctes et à quelle précision ?
- est-il raisonnable de vouloir corréler les données de RMP avec des profondeurs calculées par interpolation si la précision de ces interpolations est inférieure à l'épaisseur des couches d'eau mises en évidence par RMP ?

Des forages de contrôle sont proposés afin de répondre à ces questions, sur les sondages RMP PLB11, PLB21 et PLB13.

Une deuxième analyse du diagramme binaire (amplitude du signal, temps de décroissance) en prenant en compte la situation géologique des sondages RMP est présentée sur le diagramme 2b. Les formations géologiques granite de Kersaint grossier (Kg), granite de Kernilis (Ki) et gneiss et micaschiste de Lesneven (Le) occupent des plages, caractérisées par les paramètres (amplitude du signal RMP, temps de décroissance), nettement distinctes. Les valeurs apparaissant anormales dans cette corrélation avec la géologie ont déjà été relevées dans l'analyse précédente, ce sont :

- le maximum de la courbe du sondage PLB19 qui correspond à des alluvions superficielles ;
- la queue de la courbe du PLB7 dont l'estimation du temps de décroissance est probablement erronée du fait de données de qualité médiocre ;
- les positions des maximums de courbe des sondages PLB9, PLB13 et PLB14 qui peuvent être expliqués d'une part, par le fait qu'ils recoupent directement le socle sain et d'autre part, par une mauvaise estimation du temps de décroissance. PLB9 et PLB14, mesurés sur le granite de Kersaint fin, doivent être rapprochés du groupe de mesures sur le granite de Kersaint grossier situé à proximité (valeurs de queue de courbe, points magenta).

Pour le reste, on observe une distinction prépondérante selon le paramètre temps de décroissance. Elle est effective et cohérente pour les valeurs de queue de courbe comme pour les valeurs de maximums de courbe. Ainsi, les gneiss et micaschistes de Lesneven apparaissent caractérisés par des temps de décroissance compris entre 100 et 200 ms, les granites de Kersaint par des valeurs comprises entre 150 et 250 ms et les granites de Kernilis par des valeurs de 200 à 300 ms.

Les granites montrent, par un meilleur produit (amplitude x temps de décroissance), des qualités d'aquifère supérieures aux gneiss et micaschistes. Ce résultat est conforme à la granulométrie plus fine des altérites issues des gneiss et micaschistes.

Conclusion

Cette deuxième campagne de sondage RMP dans le Finistère Nord, entre Guipavas au sud et Lannilis au nord permet de confirmer la faisabilité de la méthode dans ce contexte malgré le bruit EM d'origine industrielle très important, et conduit à définir une procédure de mesure adaptée dont le rendement moyen est d'environ 1,7 sondages par jour.

Les niveaux d'eau mis en évidence dans les sondages, outre de rares niveaux superficiels attribuables à des alluvions, peuvent être attribués aux altérites, pour les plus importants, et à la roche fissurée sous-jacente, pour les autres.

Une répartition des paramètres significatifs de la RMP (amplitude et temps de décroissance du signal) est mise en évidence, en cohérence avec les formations géologiques recoupées par les sondages.

Cette distribution pourra être affinée et acquérir une valeur statistique par l'acquisition de nouveaux sondages, en nombre, dans les mêmes environnements géologiques.

L'étalonnage des paramètres RMP avec les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères pourrait être abordé par la mesure de sondages RMP, en nombre suffisant, sur des forages ayant fait l'objet d'essais hydrodynamiques, dans chaque formation géologique. Toutefois, il est probable que ces étalonnages ne soient pas obtenus de manière simple. En effet, l'exemple du forage 59 de la zone AEP de Plabennec montre des niveaux de signal RMP (supposés inférieurs à 30 nV) très faibles par comparaison aux débits de l'ordre de 60 m³/h obtenus à plus de 60 m de profondeur. Il convient de garder à l'esprit que les investigations réalisées avec la boucle en huit sont limitées à 50 m de profondeur et que les zones fracturées où sont réalisés les essais ne sont peut-être pas toujours en relation simple et directe avec les réservoirs des altérites sus-jacentes.

Des forages sont proposés pour contrôler :

- la profondeur des couches d'eau mises en évidence par RMP,
- la corrélation de ces profondeurs avec celles calculées par interpolation à partir des forages et des affleurements pour tenter d'évaluer la précision de ces déterminations.

BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Cartographie
BP 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 2 - France - Tél.: (33) 02.38 64 34 34



Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie

***Caractérisation des aquifères du profil d'altération
du socle par sondage de Résonance Magnétique
Protonique (RMP), dans le Finistère nord,
entre Guipavas et Lannilis***

ANNEXES

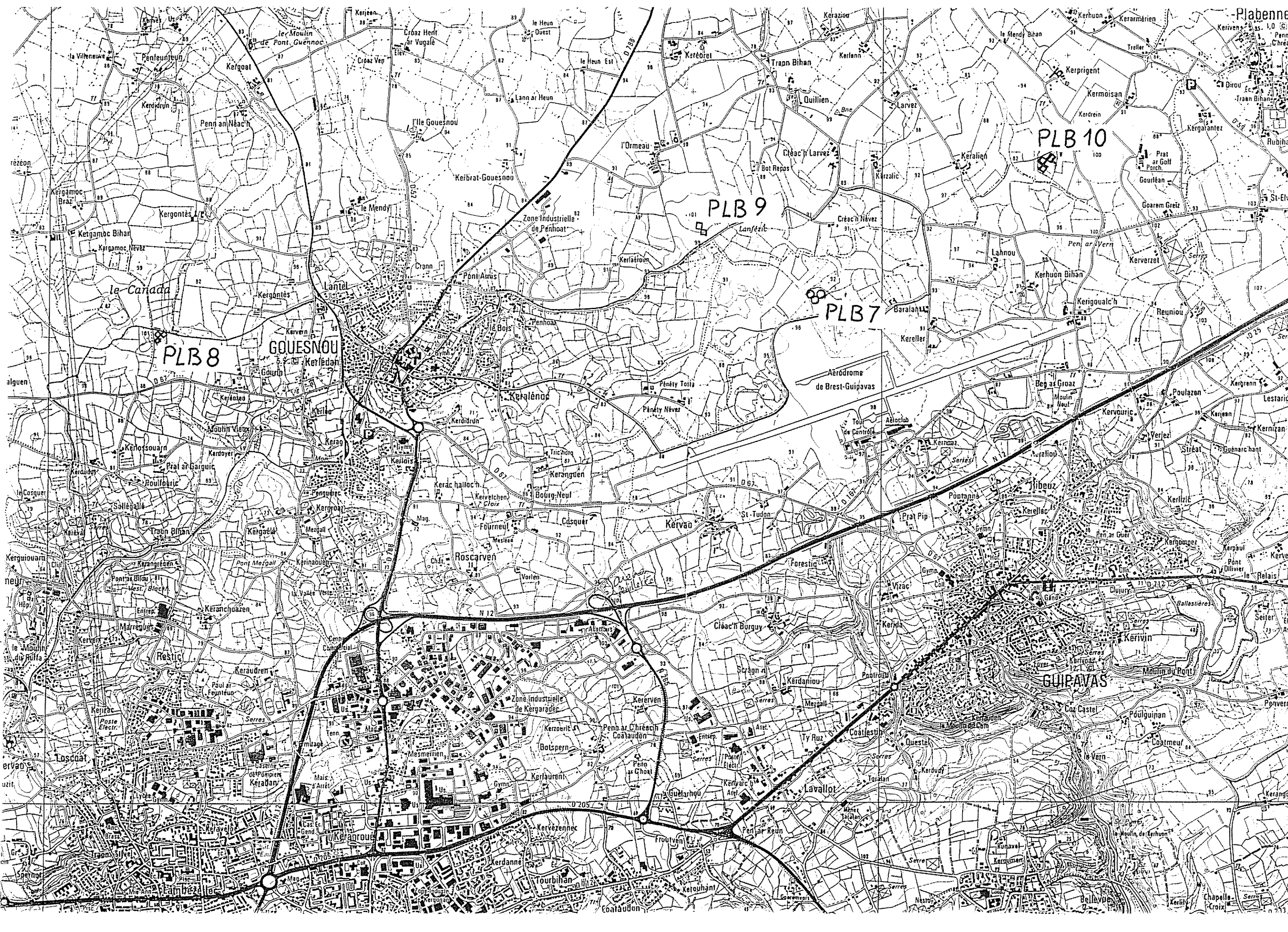
Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-G-420

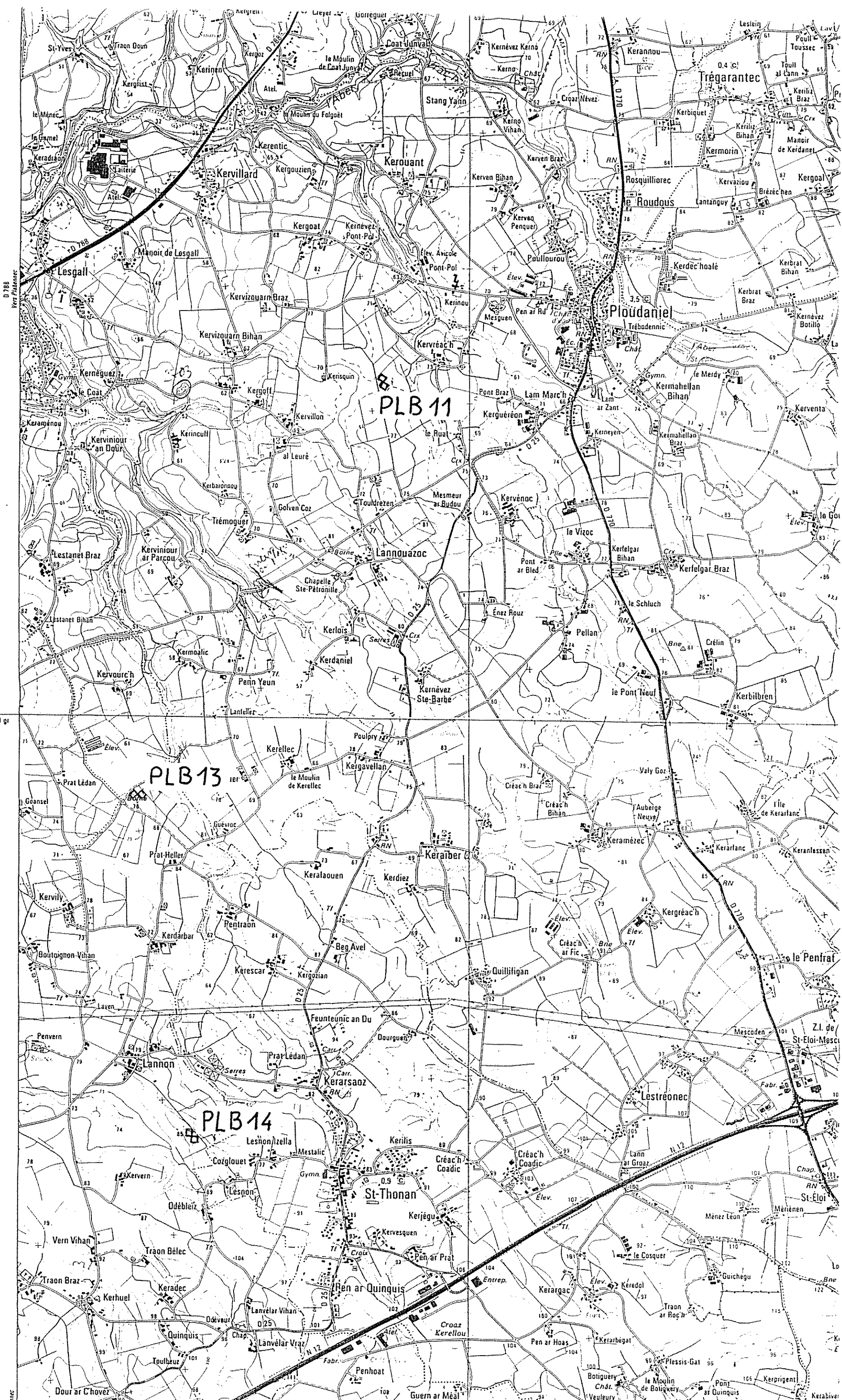
décembre 1998
R 40419



Annexe 1

**Localisation des sondages RMP sur extraits
de la carte IGN à 1/25 000**

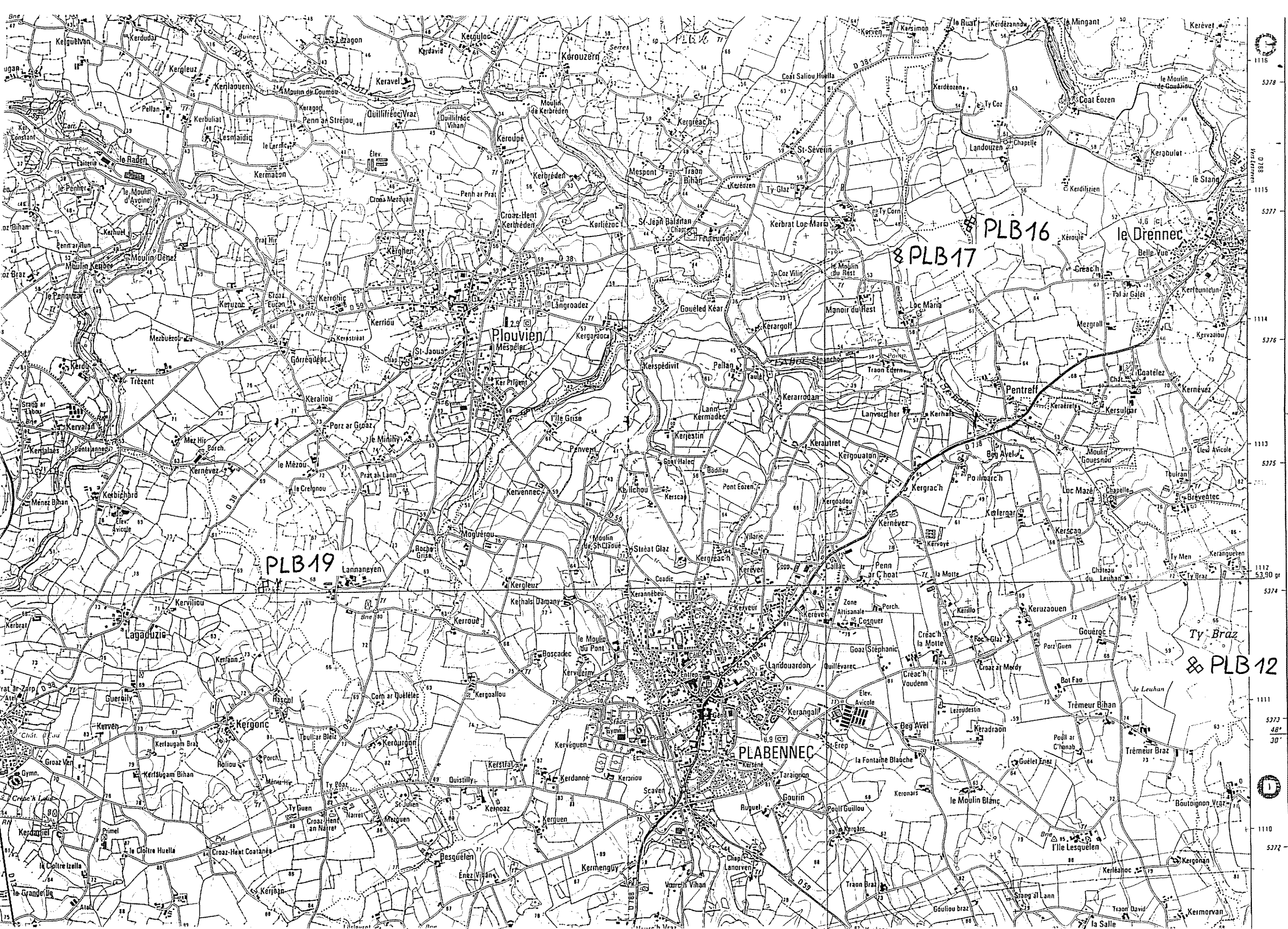


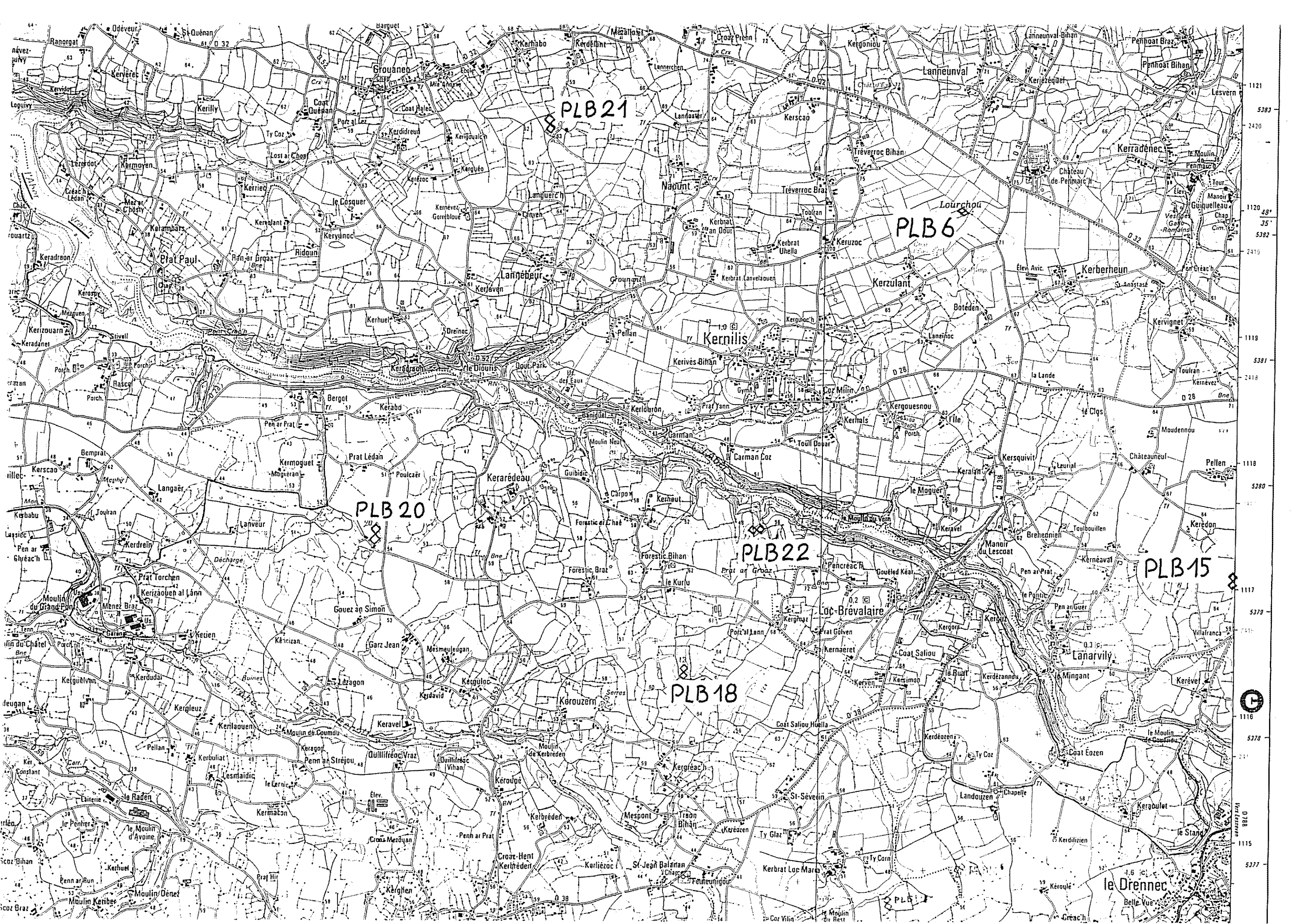


PLB 11

PLB 13

PLB 14





Annexe 2

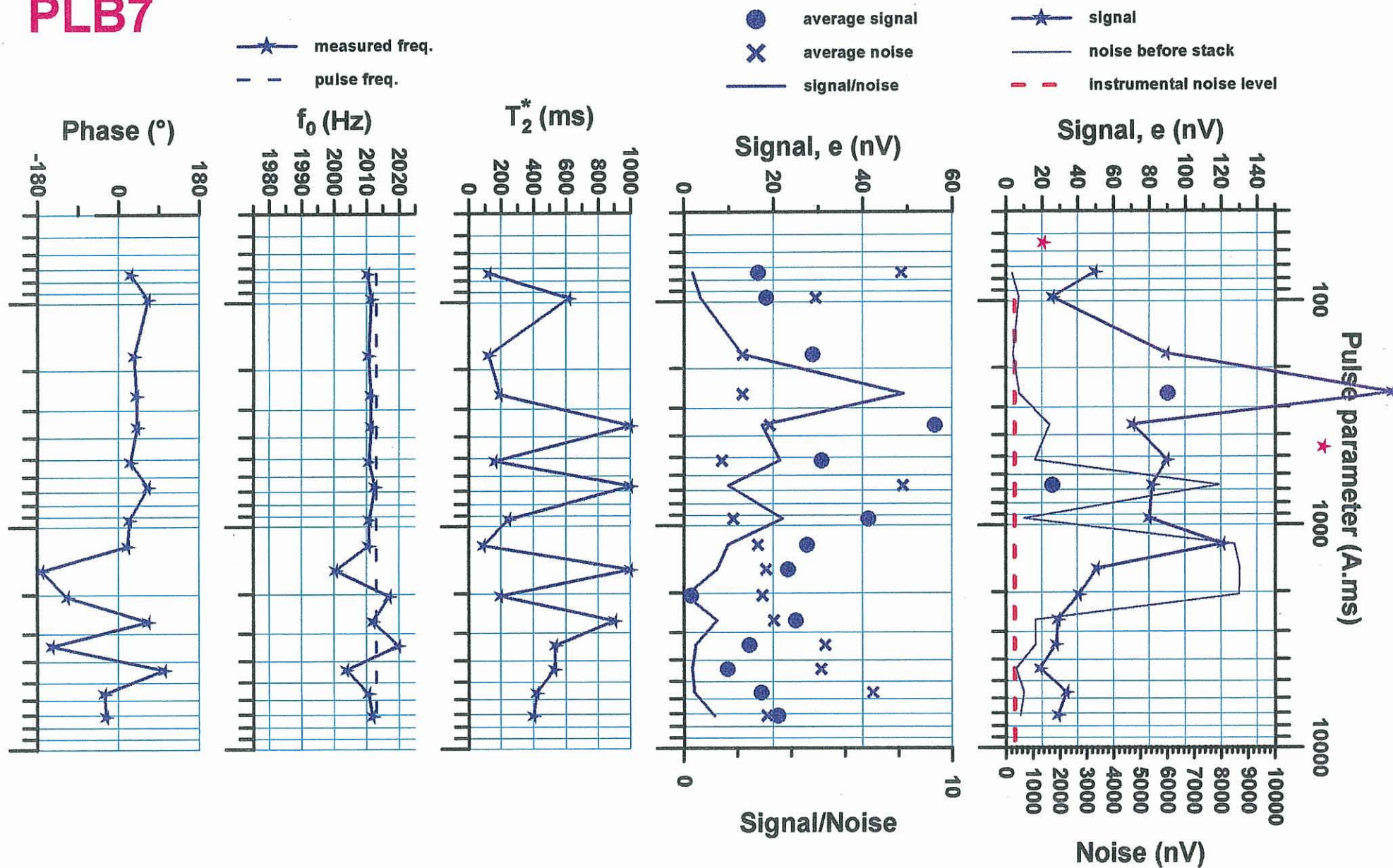
Paramètres RMP mesurés

PMR data

PLB7b

PLB7

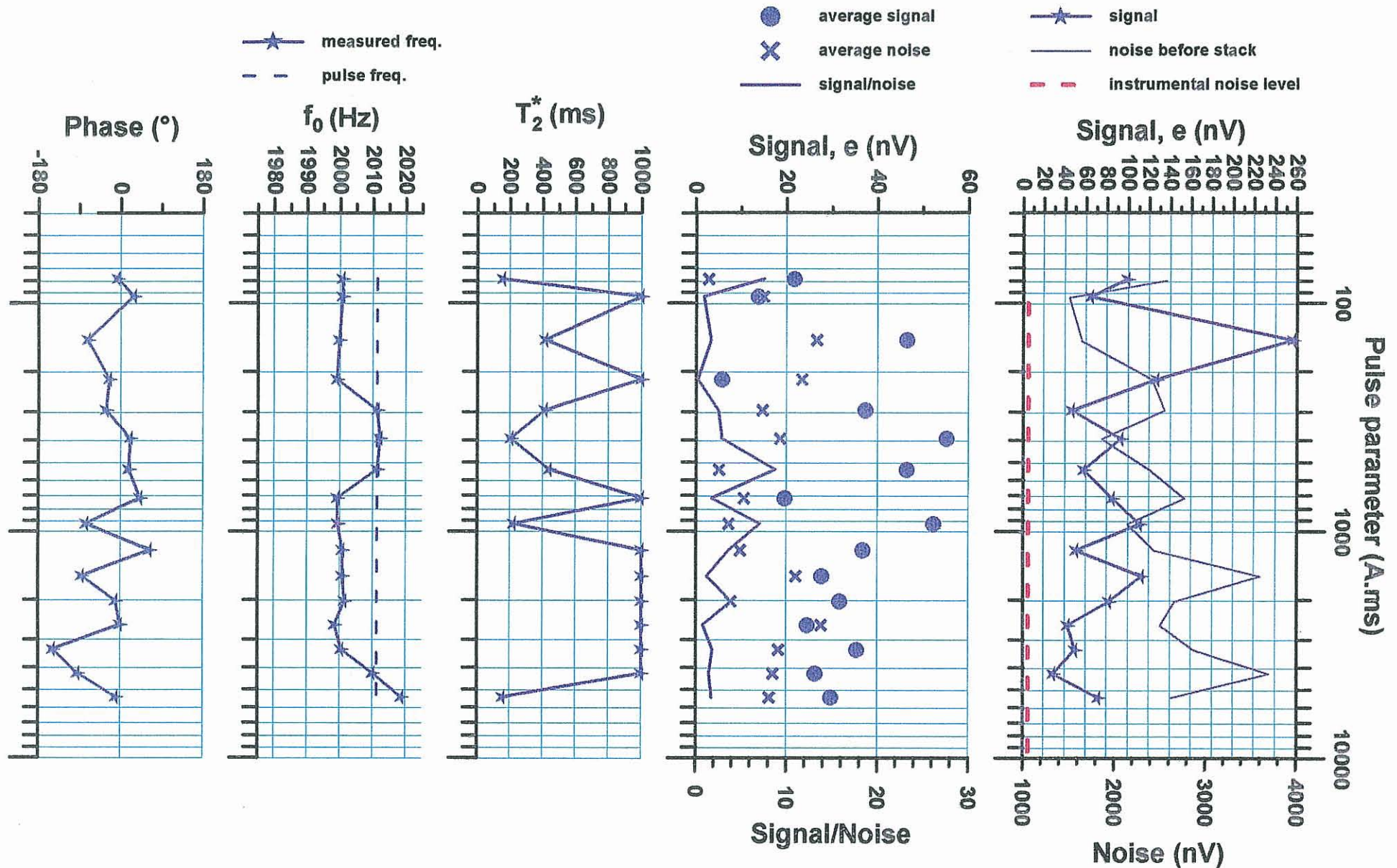
Antenna type: square 8-shape Antenna diameter: 50 m Date: 15/09/98
Stacking number: 50 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt.time constant: 5 ms



PMR data

PLB8c

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:15/09/98
 Stacking number:100 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms



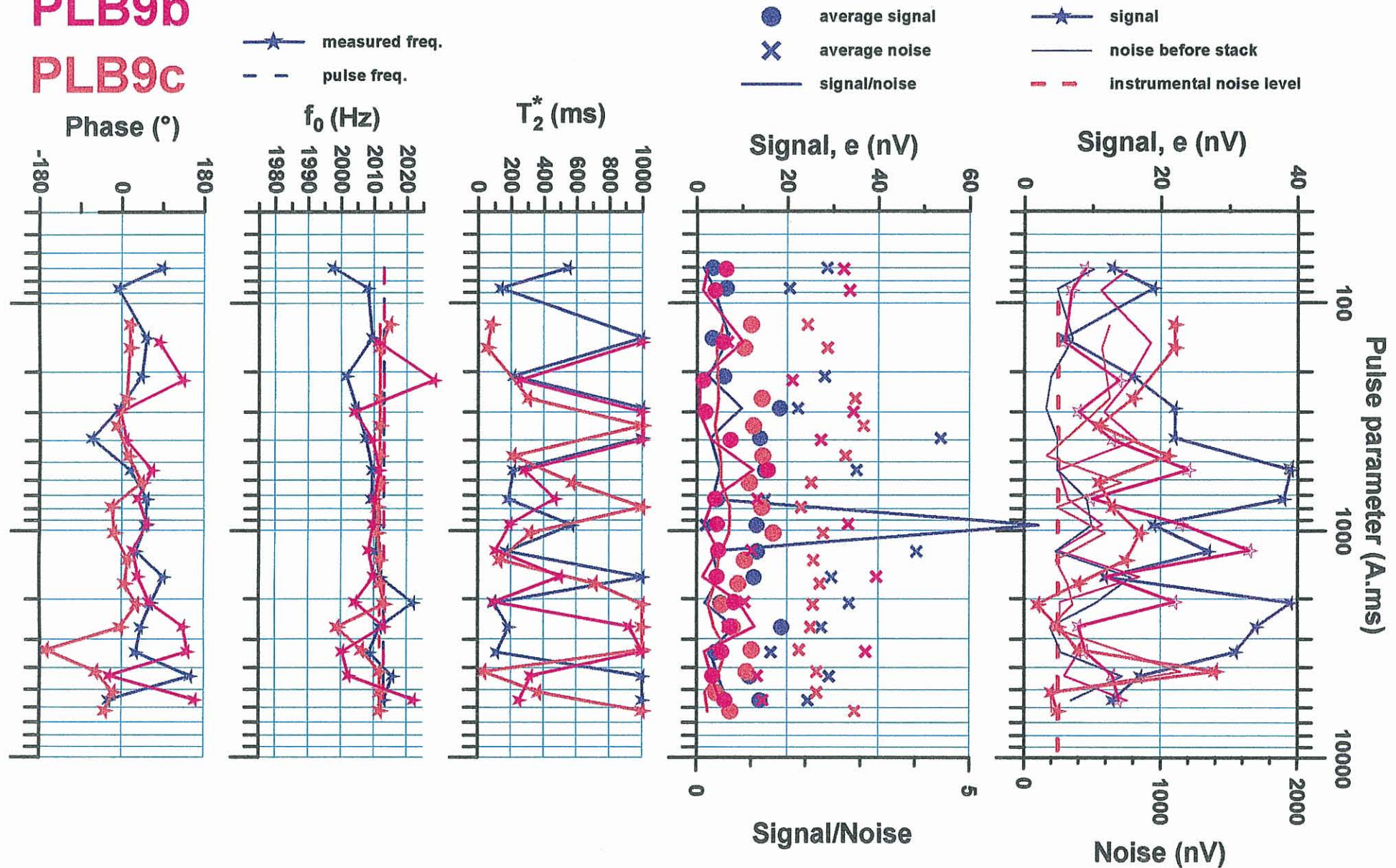
PMR data

PLB9a

PLB9b

PLB9c

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:25/09/98
Stacking number:50 100 300 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt.time constant:5 ms

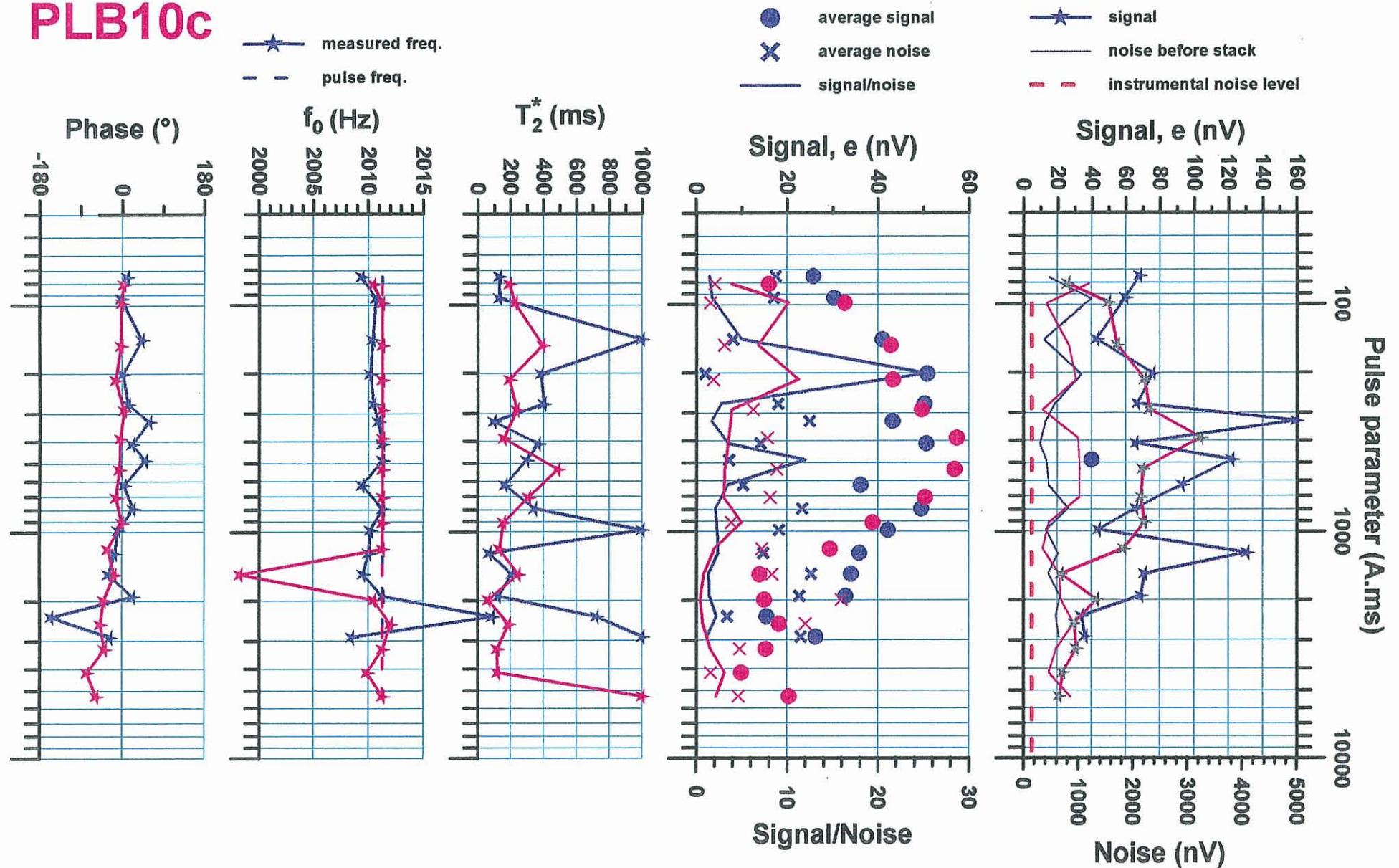


PMR data

PLB10a

PLB10c

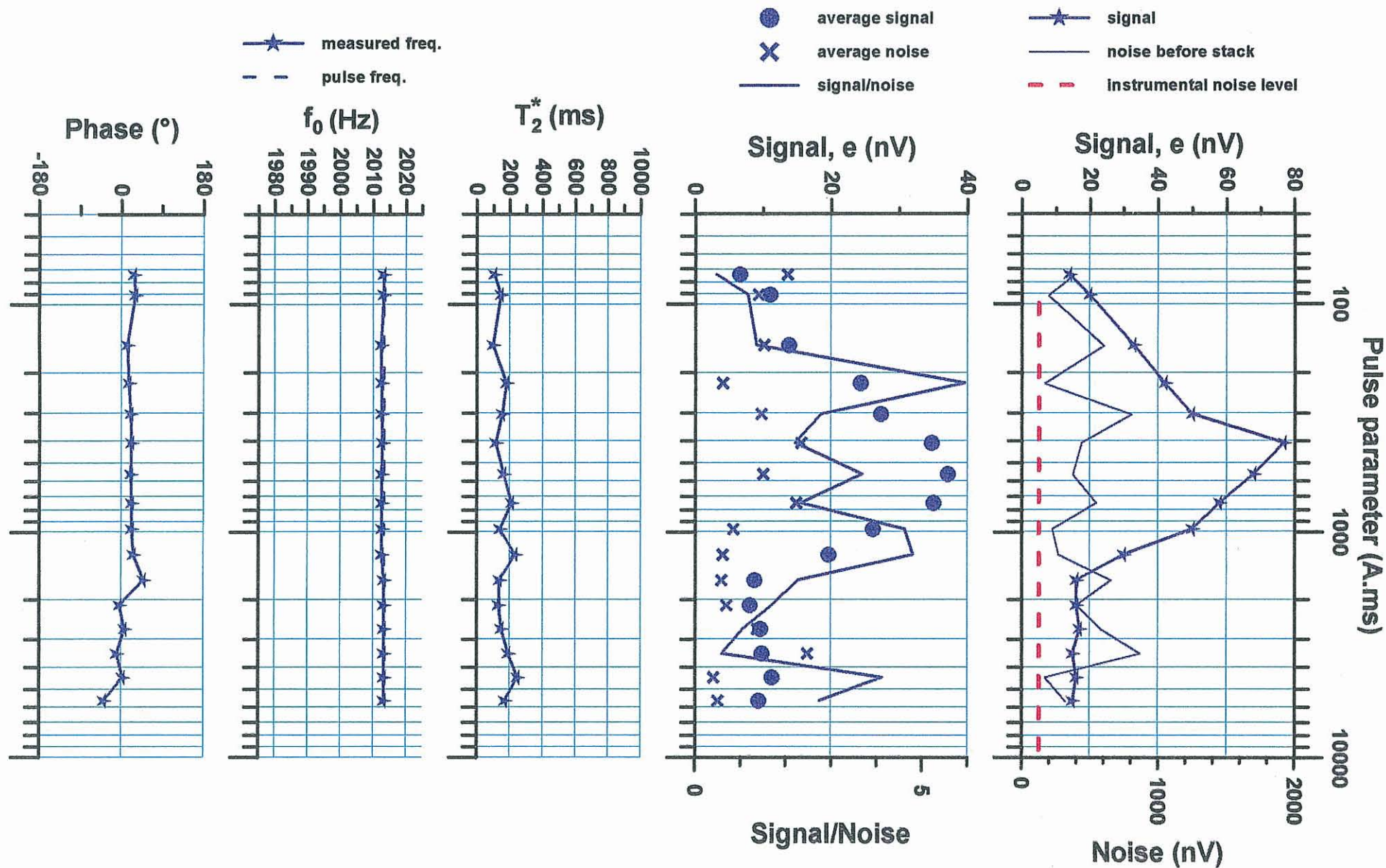
Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:17/09/98
Stacking number:100100 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt.time constant: 5 ms



PMR data

PLB11

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date: 21/09/98
 Stacking number: 350 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms

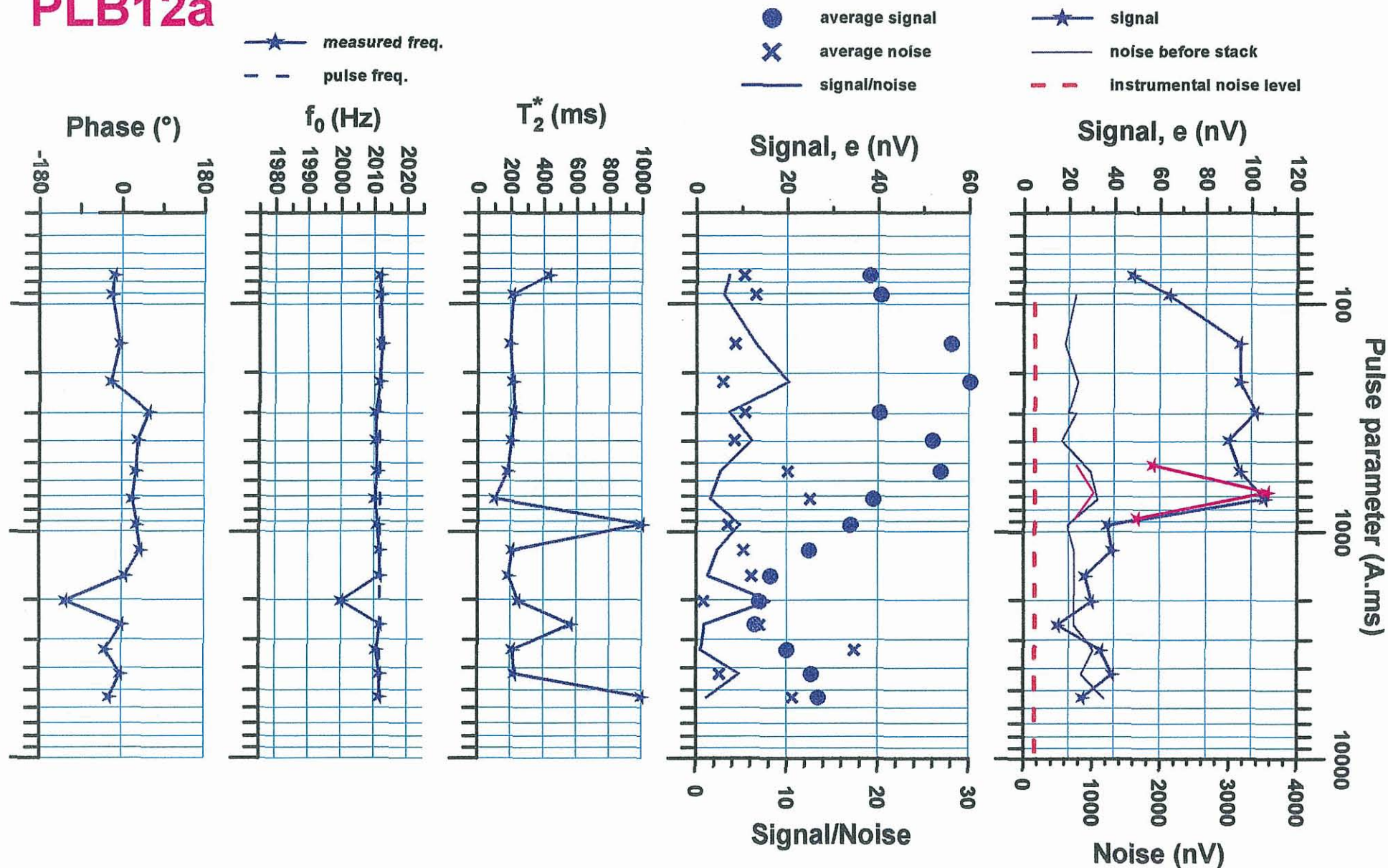


PMR data

PLB12c

PLB12a

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date: 18/09/98
Stacking number: 200 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt. time constant: 5 ms

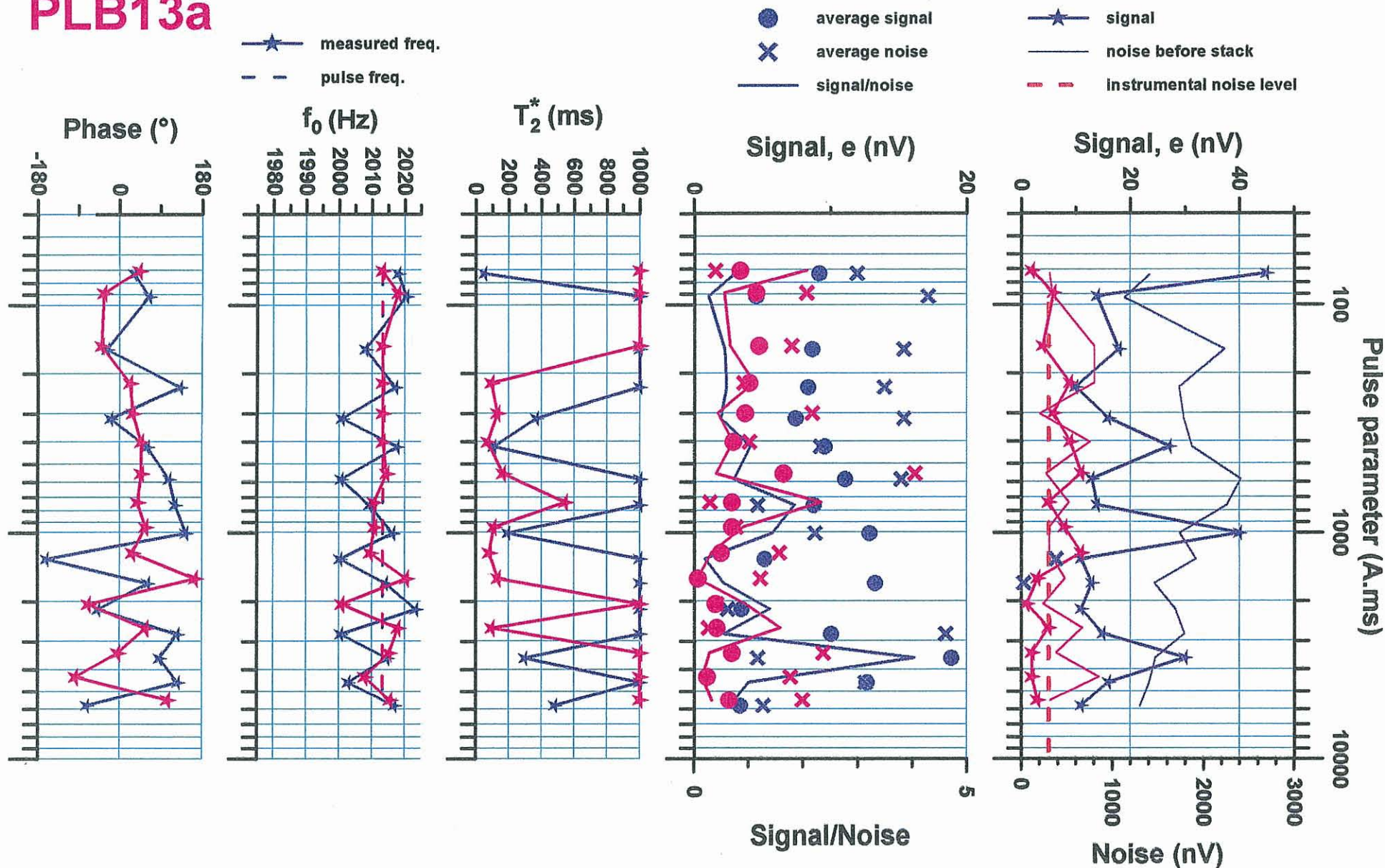


PMR data

PLB13

PLB13a

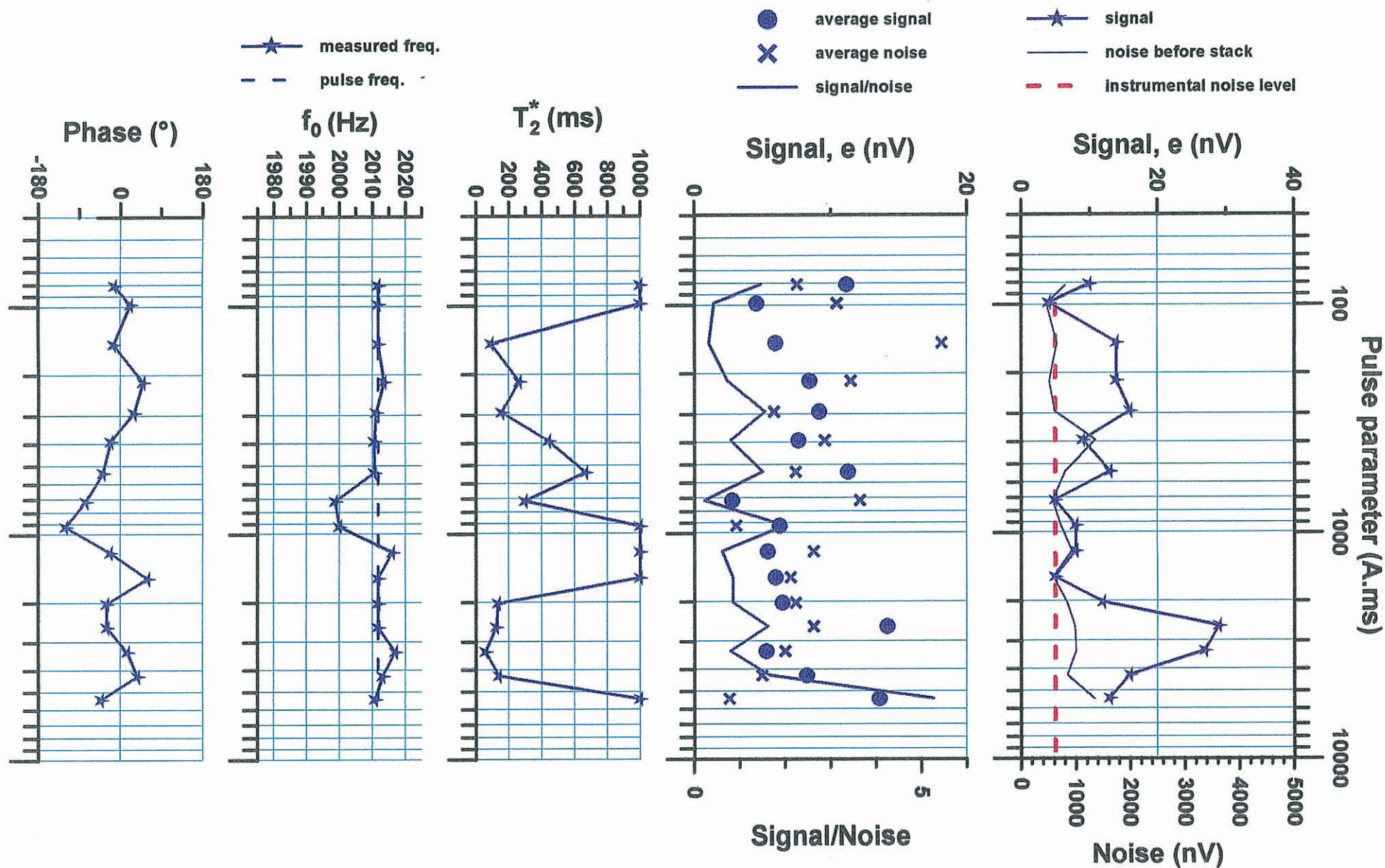
Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:18/09/98
Stacking number:200 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt.time constant: 5 ms



PMR data

PLB14c

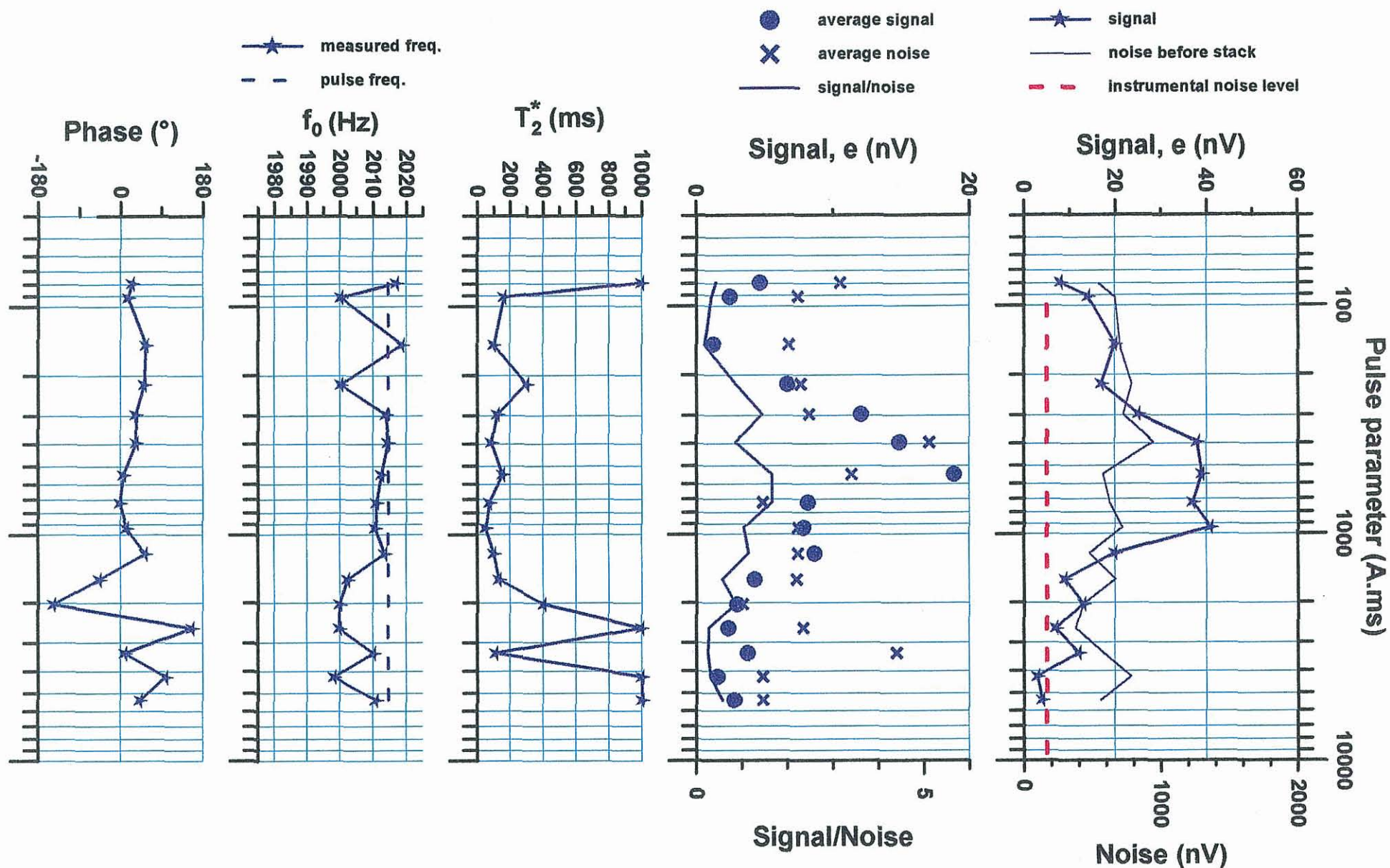
Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:19/09/98
 Stacking number:300 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms



PMR data

PLB15

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:20/09/98
 Stacking number:200 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms

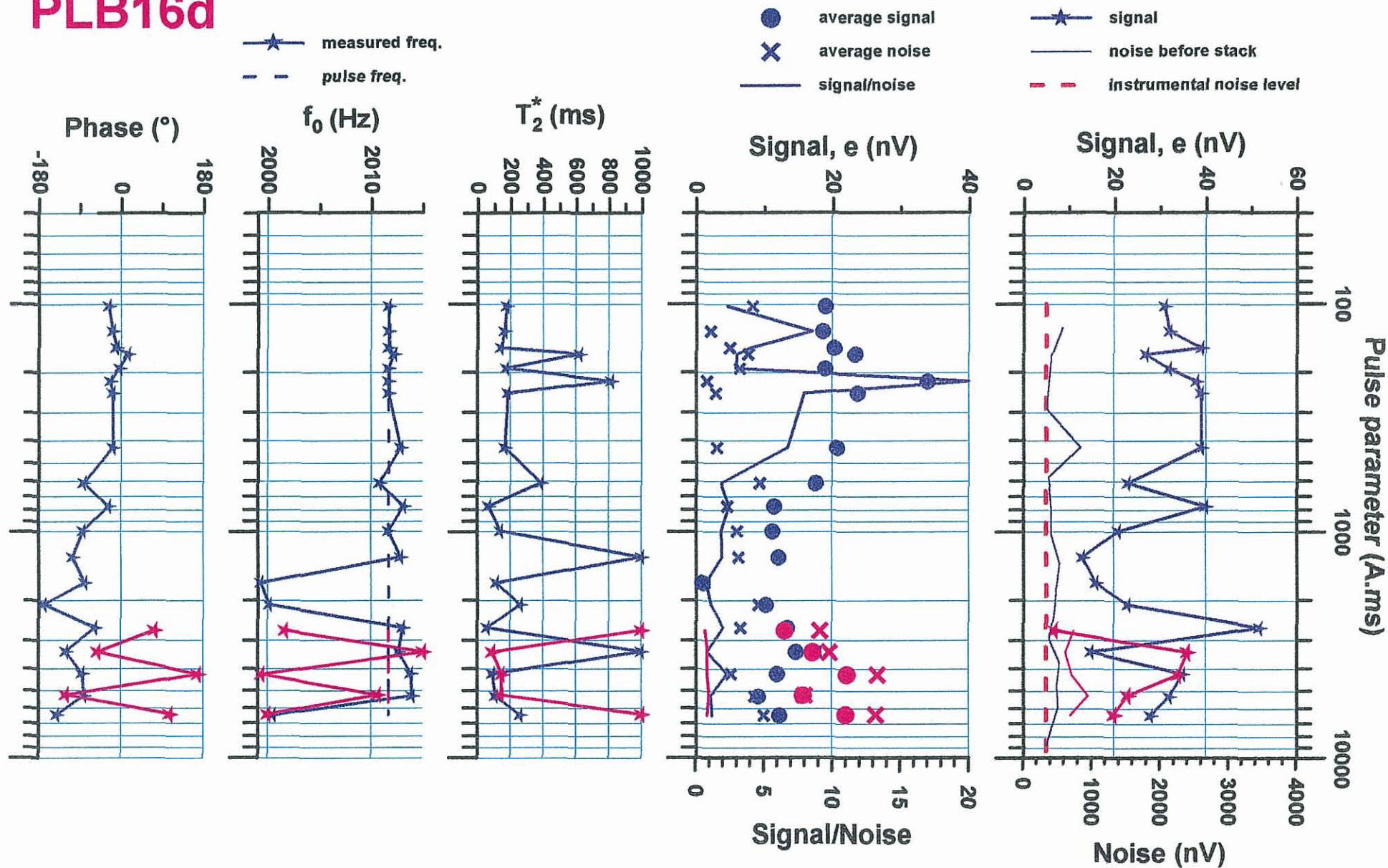


PMR data

PLB16c

PLB16d

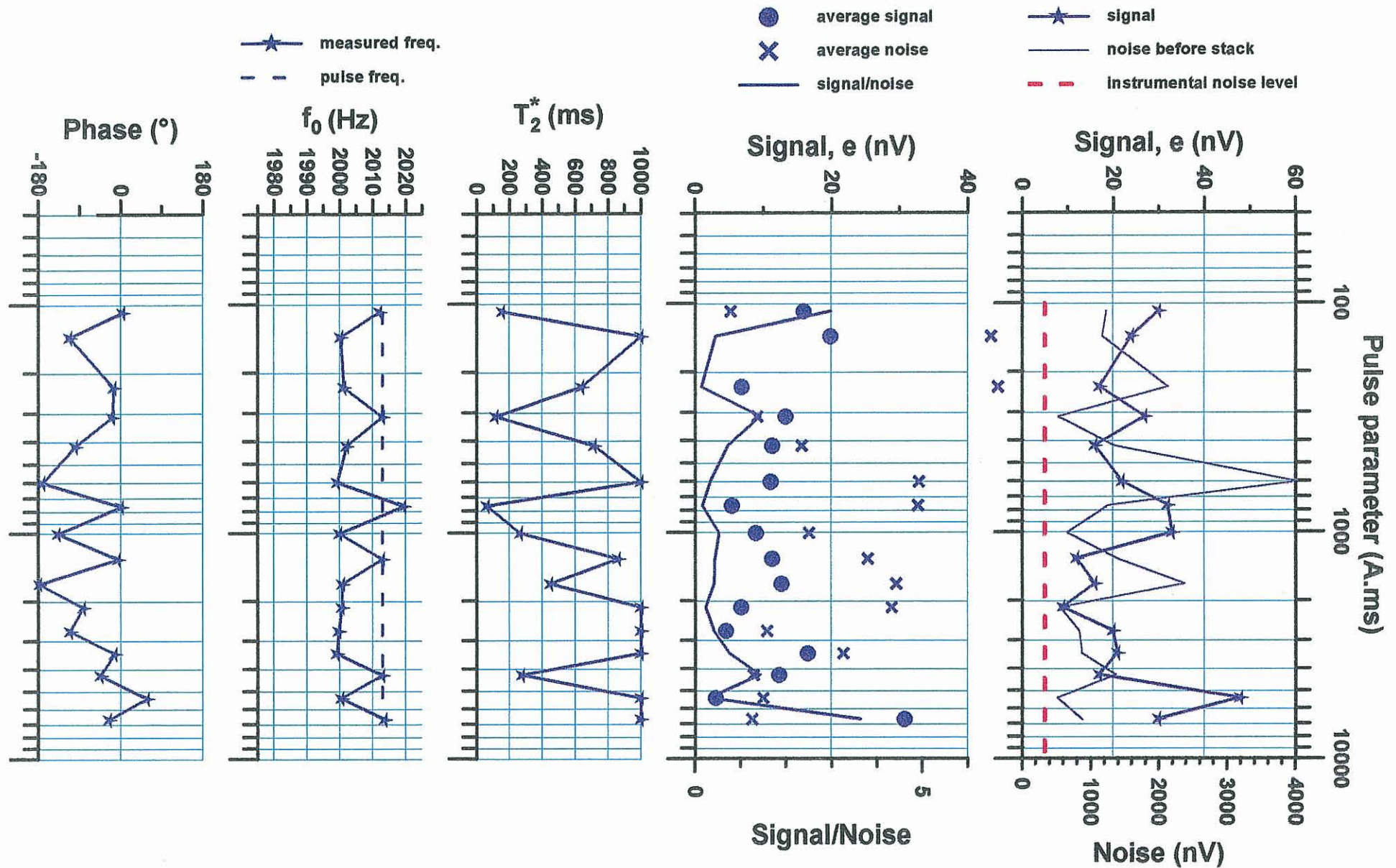
Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date: 22/09/98
Stacking number: 250 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt. time constant: 5 ms



PMR data

PLB17a

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:22/09/98
 Stacking number: 85 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms

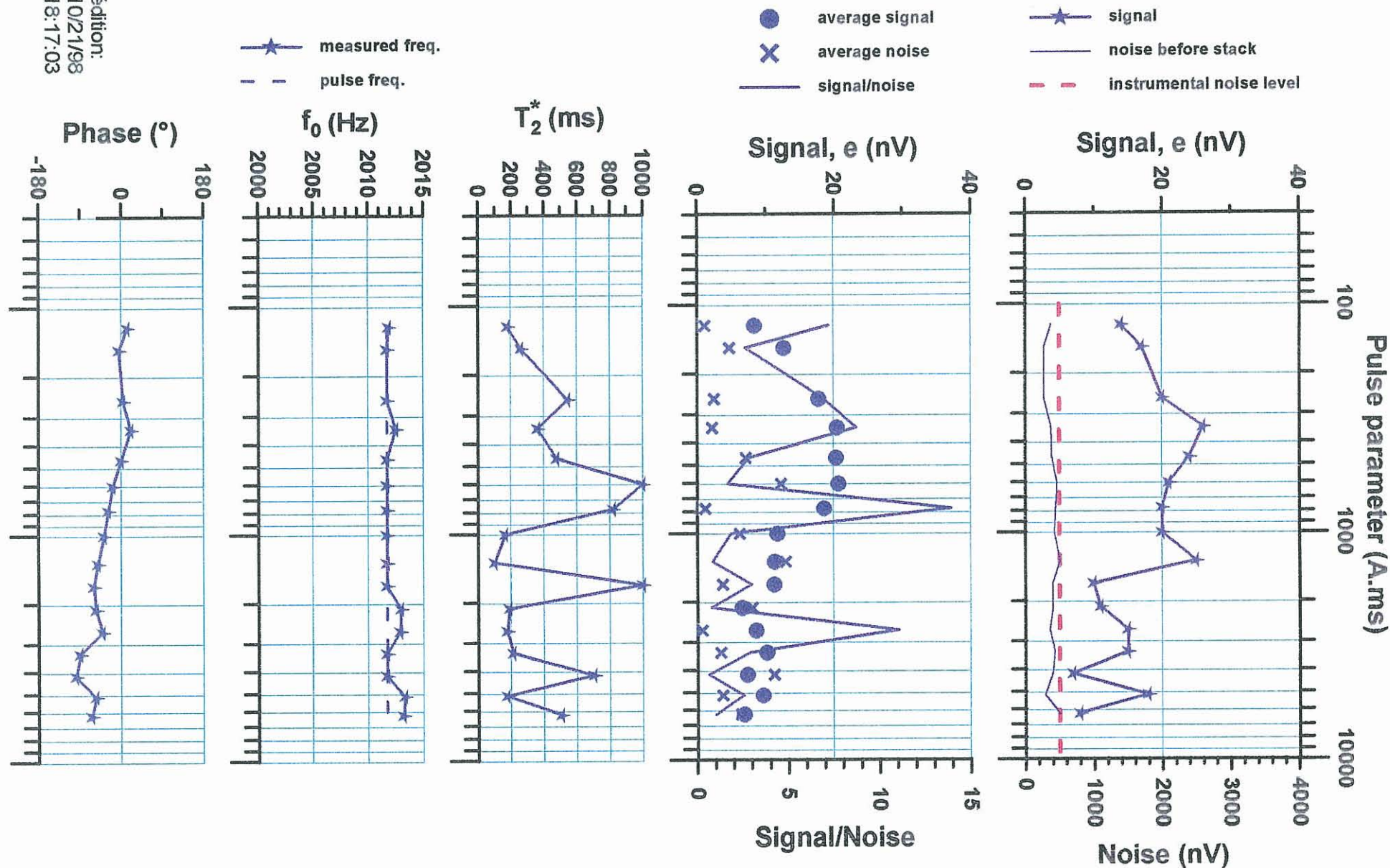


PMR data

PLB18

Antenna type:square 8-shape Antenna side: 37 m Date:23/09/98
 Stacking number:200 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms

édition:
 10/21/98
 18:17:03

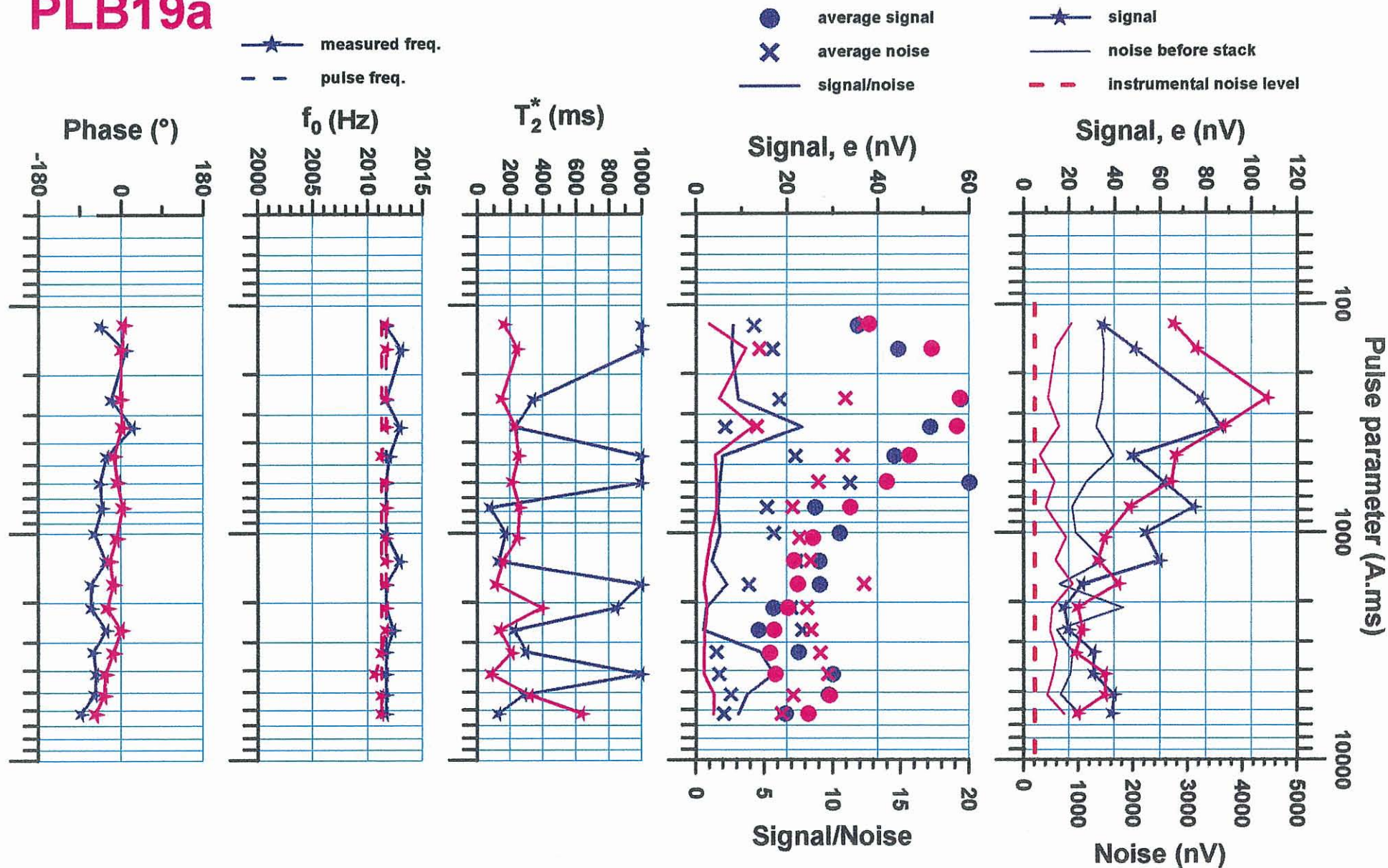


PMR data

PLB19

PLB19a

Antenna type:square 8-shape Antenna side: 37 m Date:24/09/98
Stacking number:250 **100** Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt.time constant: 5 ms

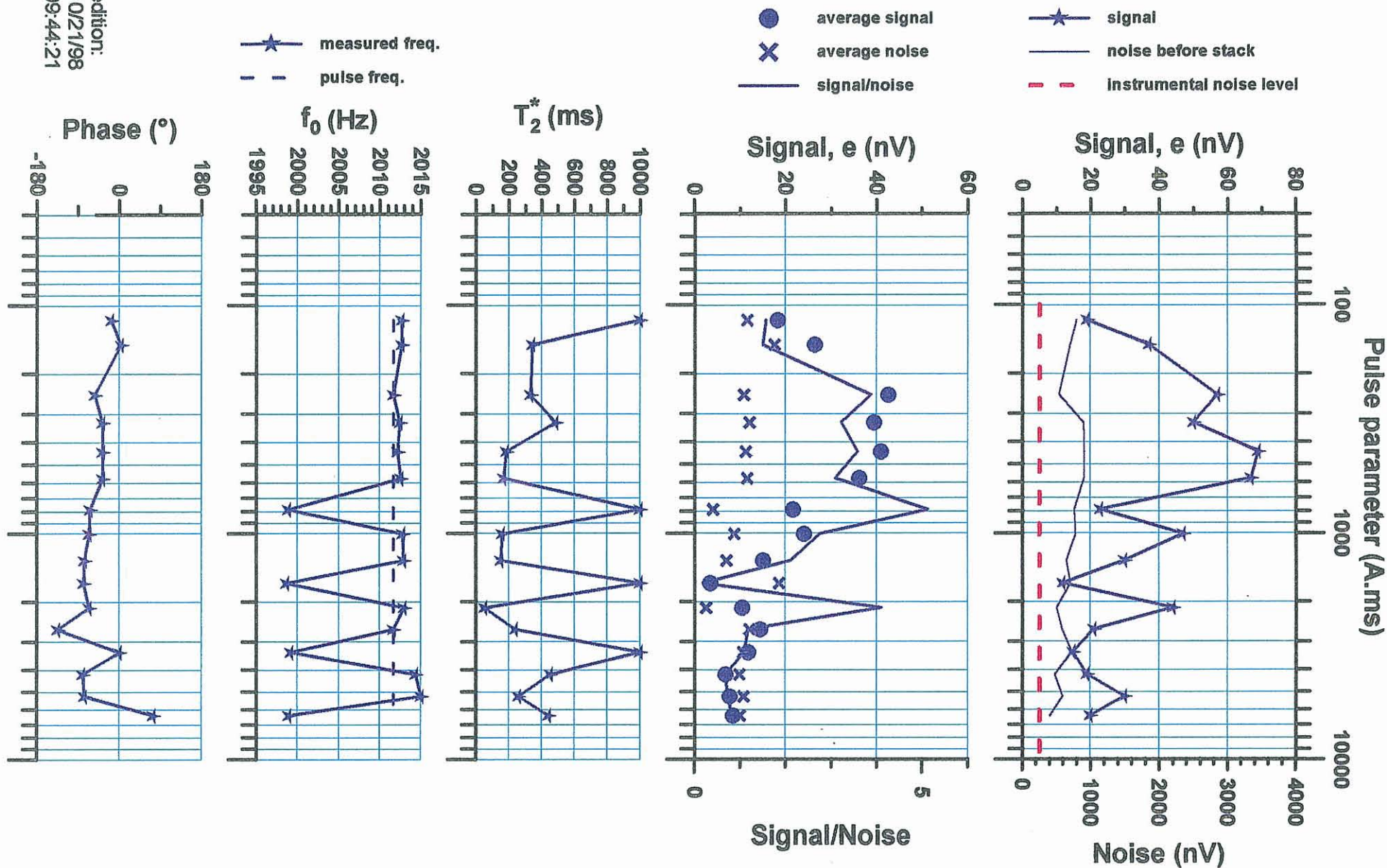


PMR data

PLB20a

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:24/09/98
Stacking number: 250 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
Filt.time constant: 5 ms

édition:
10/21/98
09:44:21

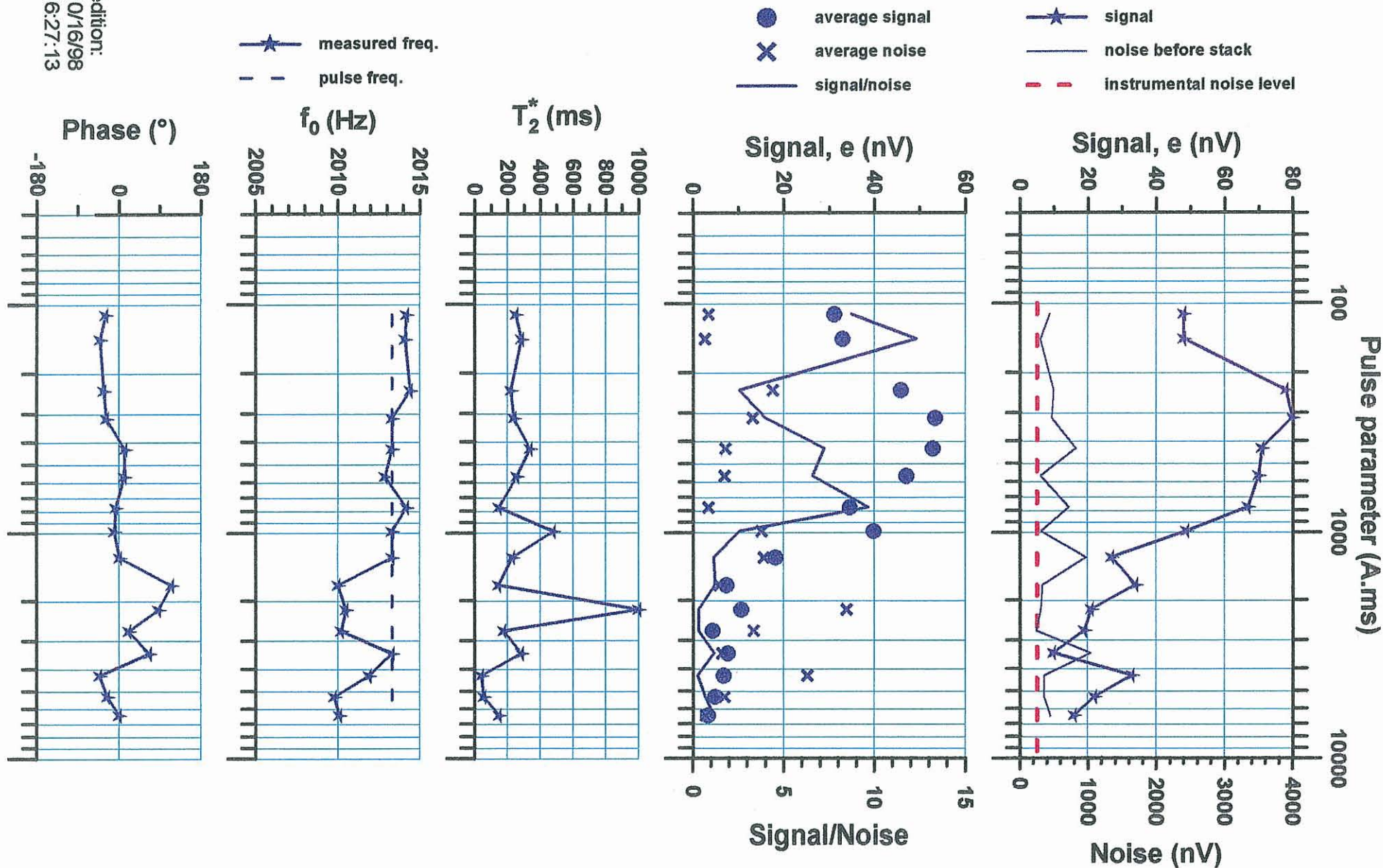


PMR data

PLB21a

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date:24-25/09/98
 Stacking number:300/200 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms

édition:
 10/16/98
 16:27:13

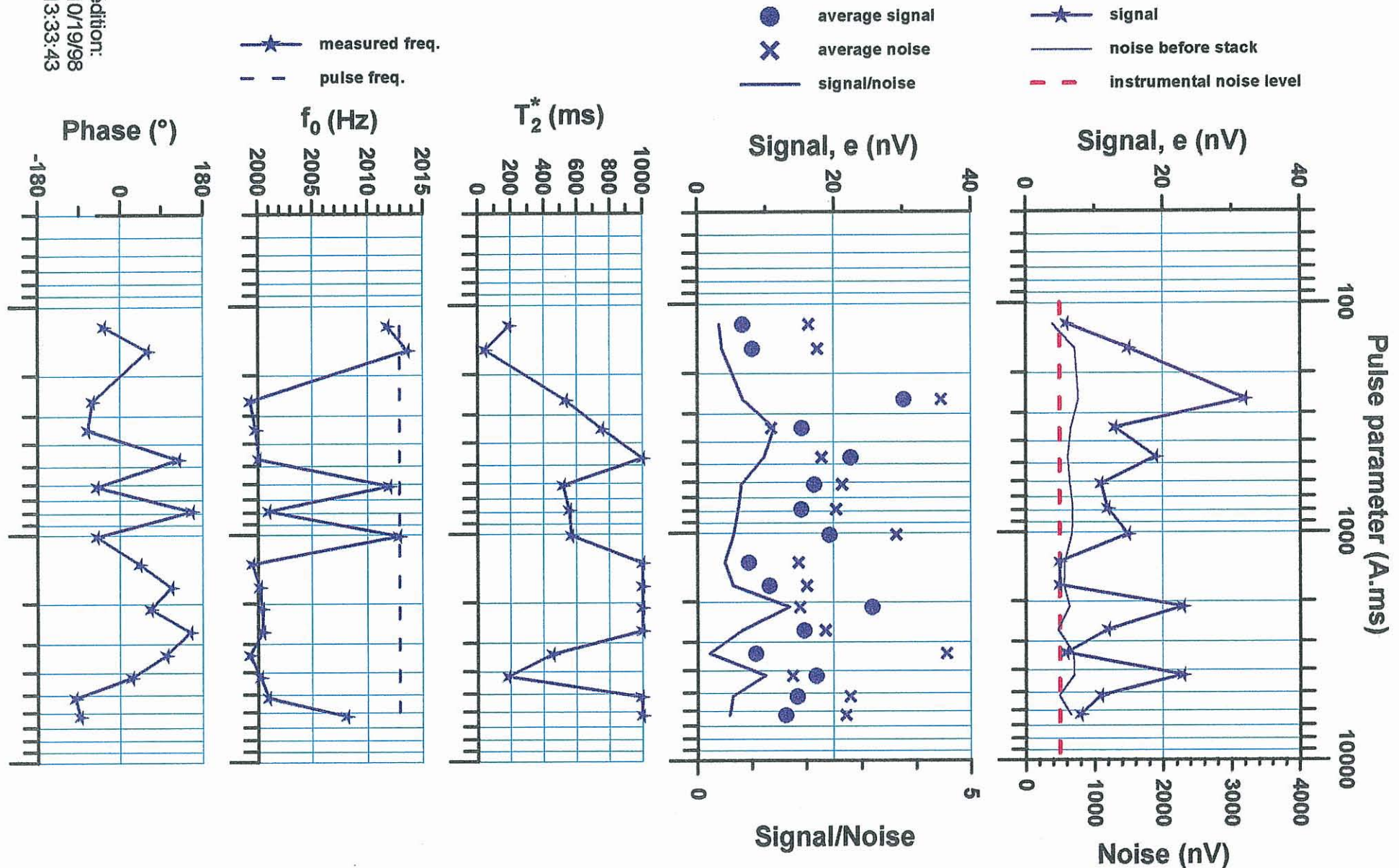


PMR data

PLB22a

Antenna type: square 8-shape Antenna side: 37 m Date: 25/09/98
 Stacking number: 200 Measuring window: 240 ms Site: Finistère Nord
 Filt.time constant: 5 ms

édition:
 10/19/98
 13:33:43



Annexe 3

Résultats d'inversion

SONDAGE RMP PLB7

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Diametre d'antenne: 37 m

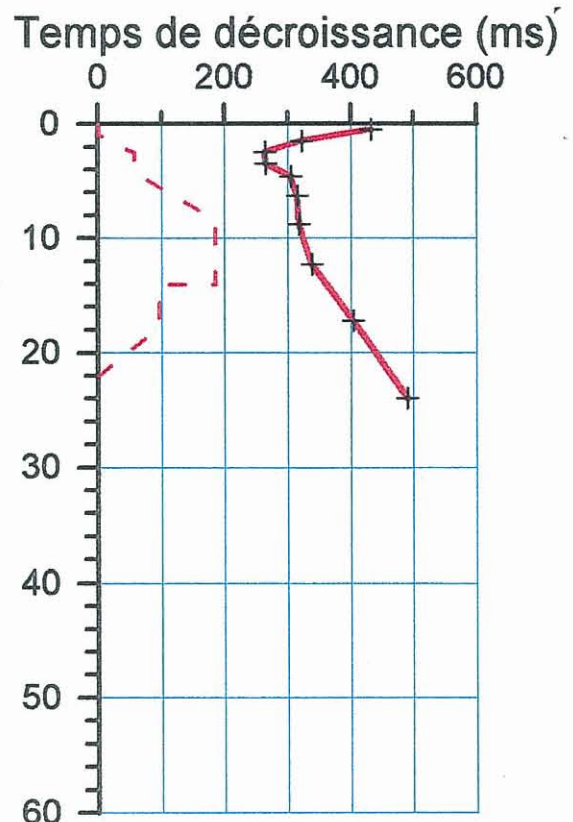
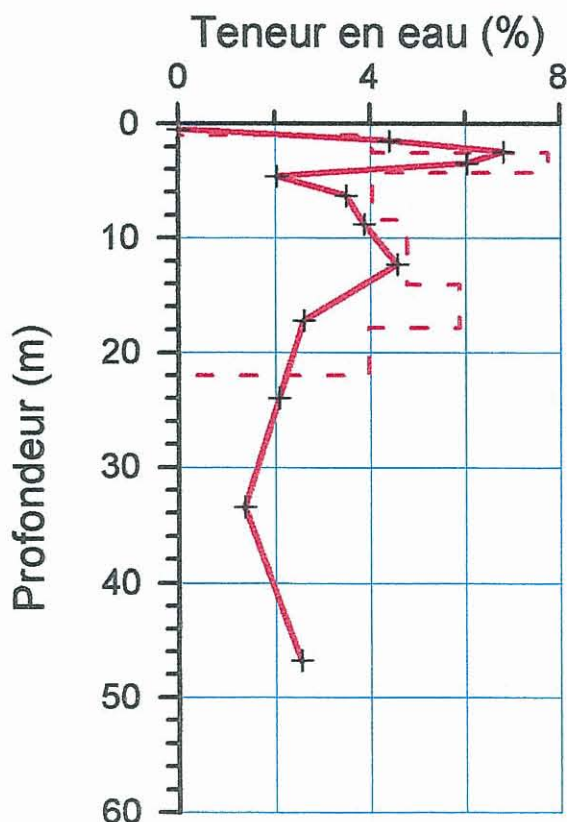
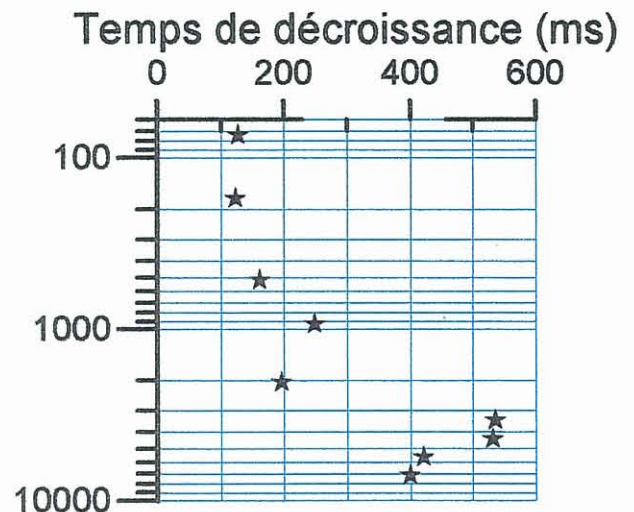
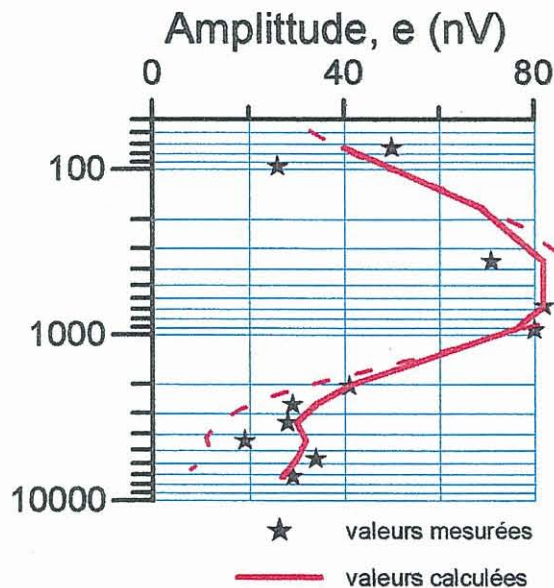
Nombre de stack: 50
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 15/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 14:39:37

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB7

résultats d'inversions

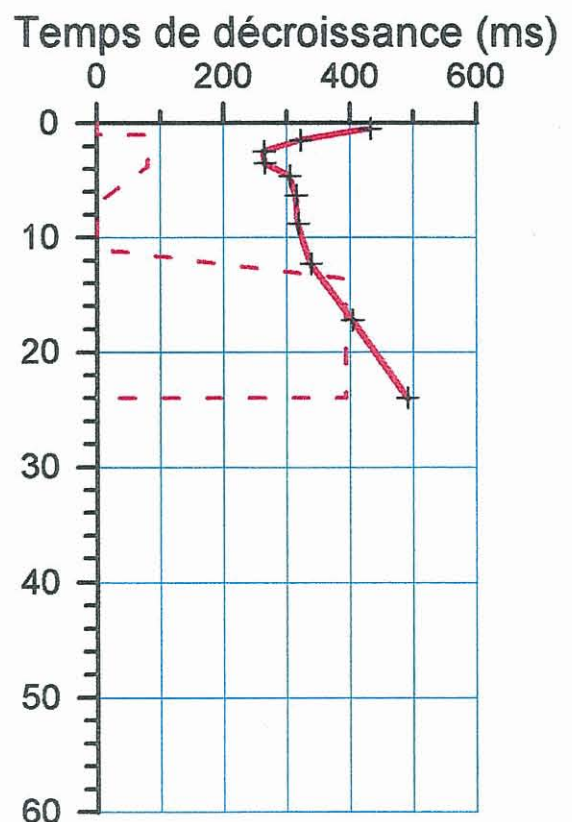
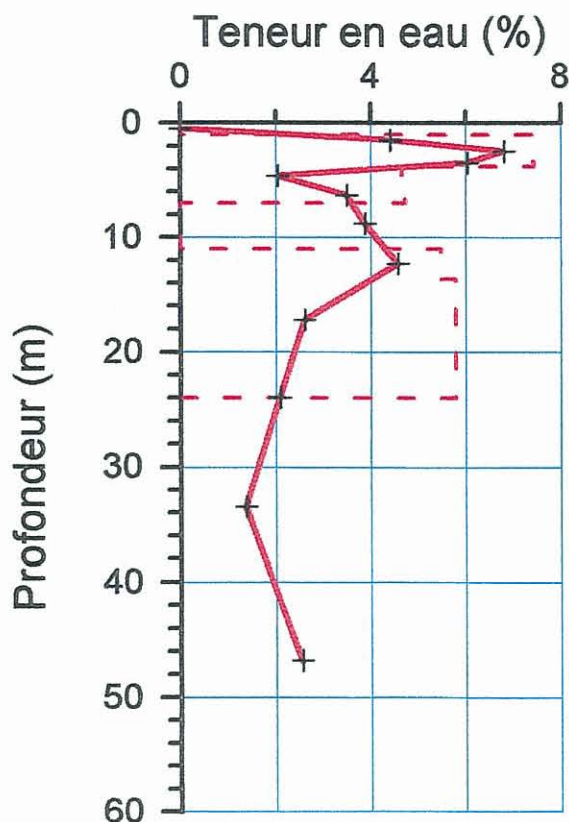
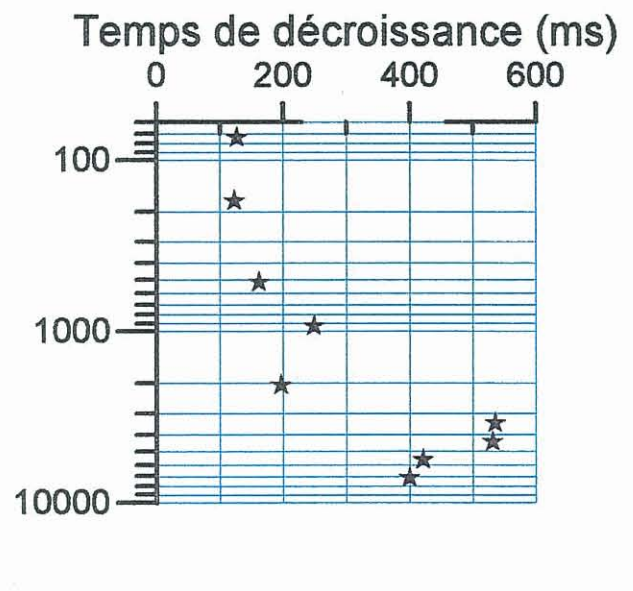
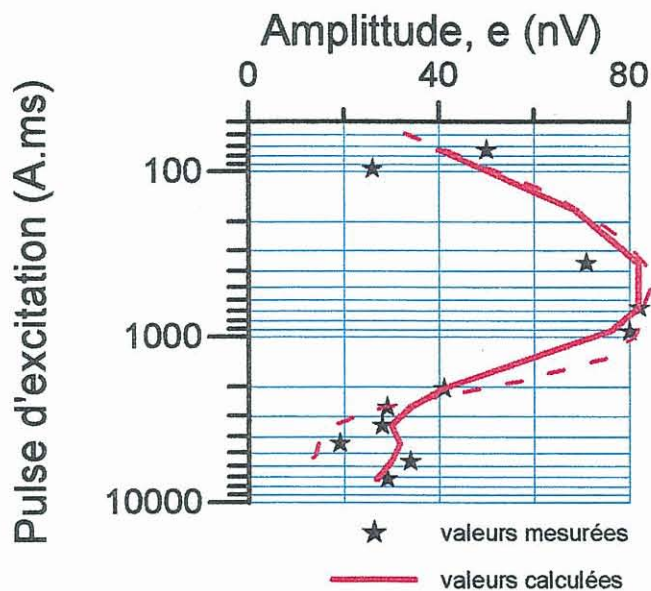
Type d'antenne: en 8 carré
Diametre d'antenne: 37 m

Nombre de stack: 50
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 15/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 15:04:27



SONDAGE RMP PLB7

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Diametre d'antenne: 37 m

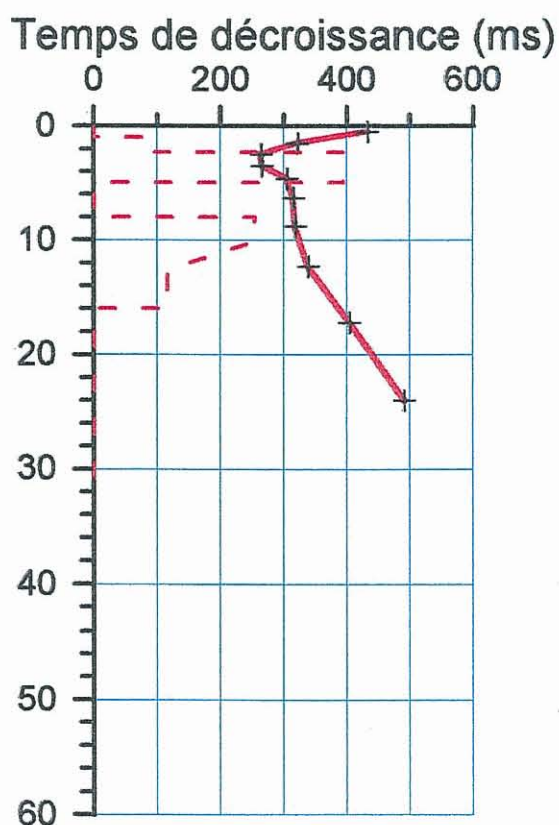
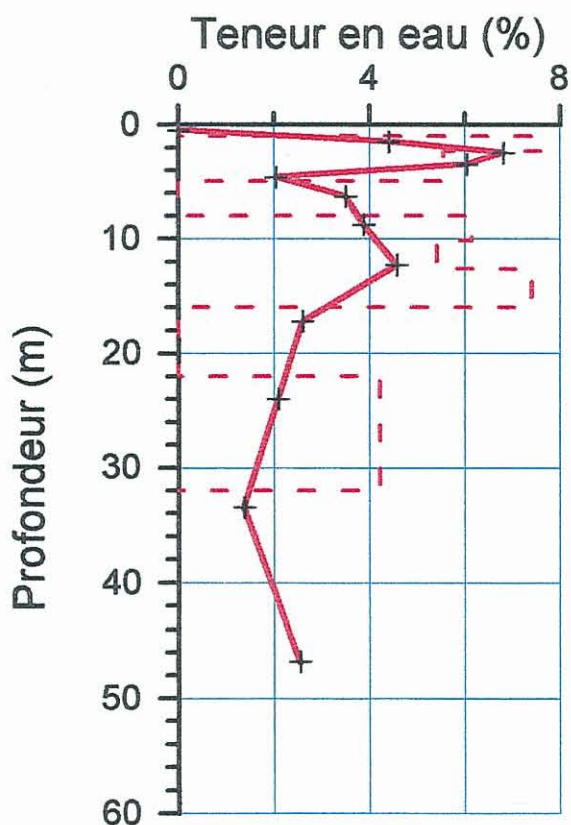
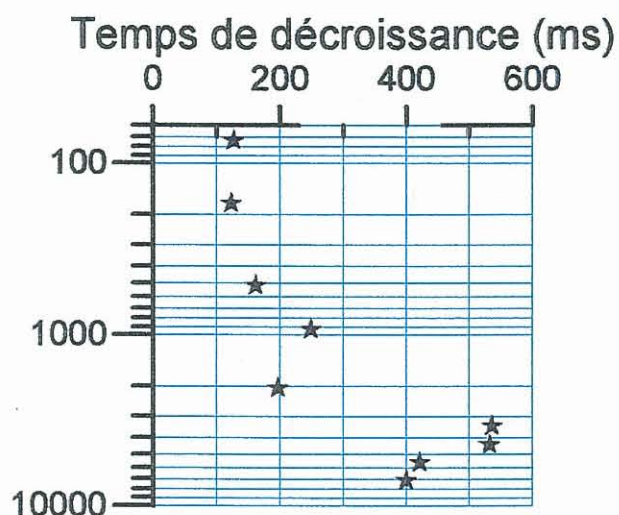
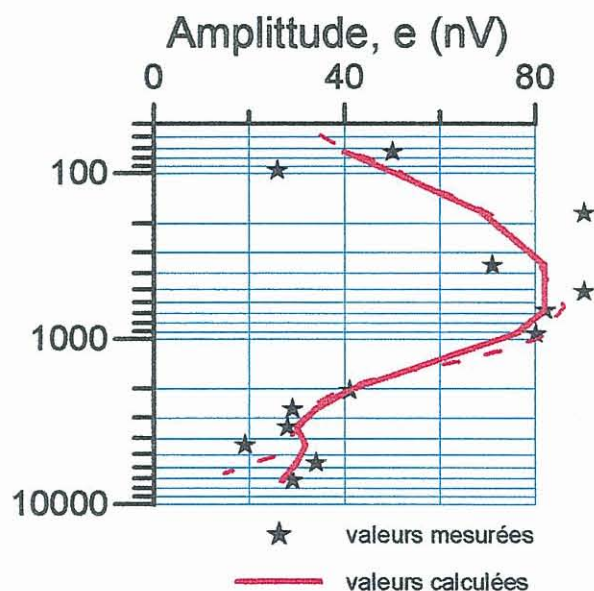
Nombre de stack: 50
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 15/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 15:13:45

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB10

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

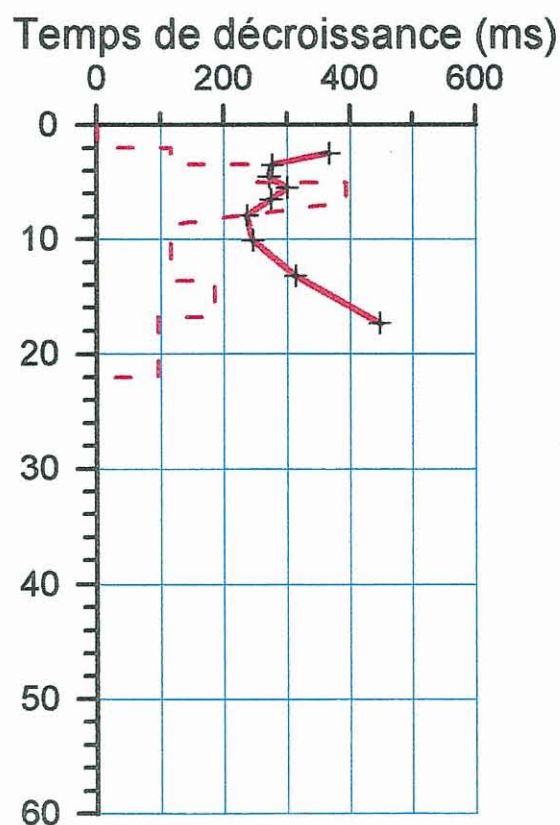
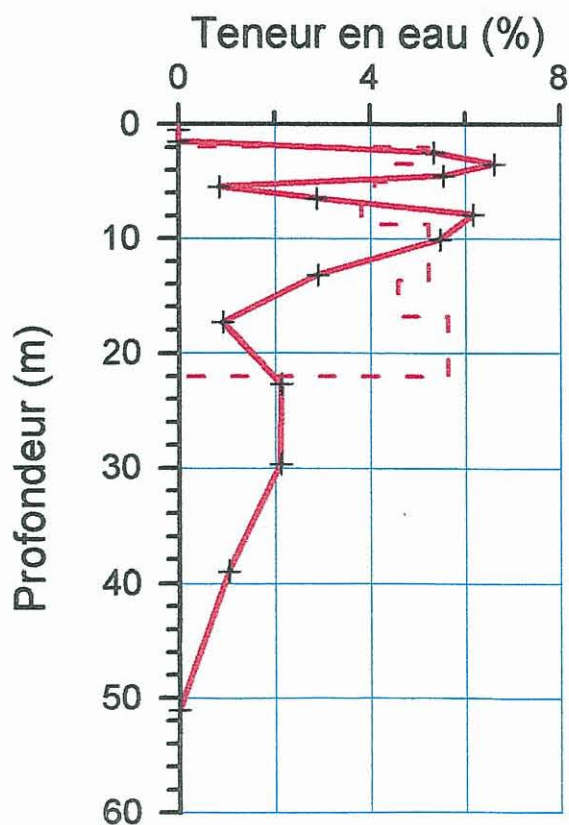
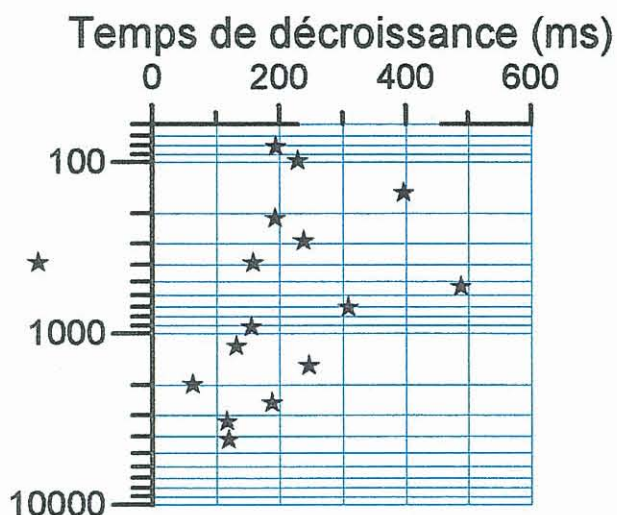
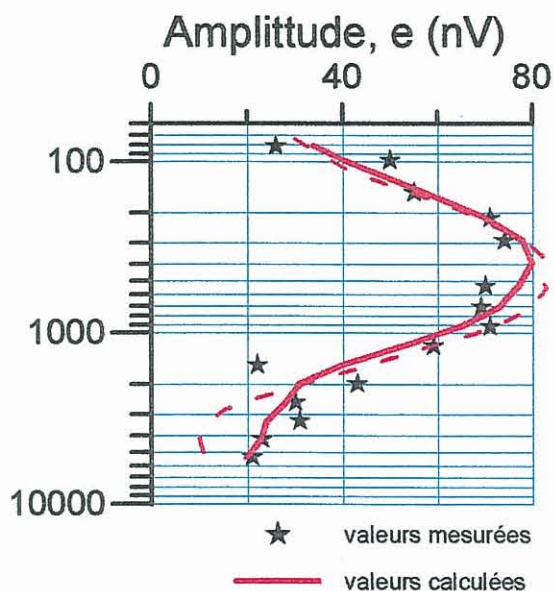
Nombre de stack: 100
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 17/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 16:28:06

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB10

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

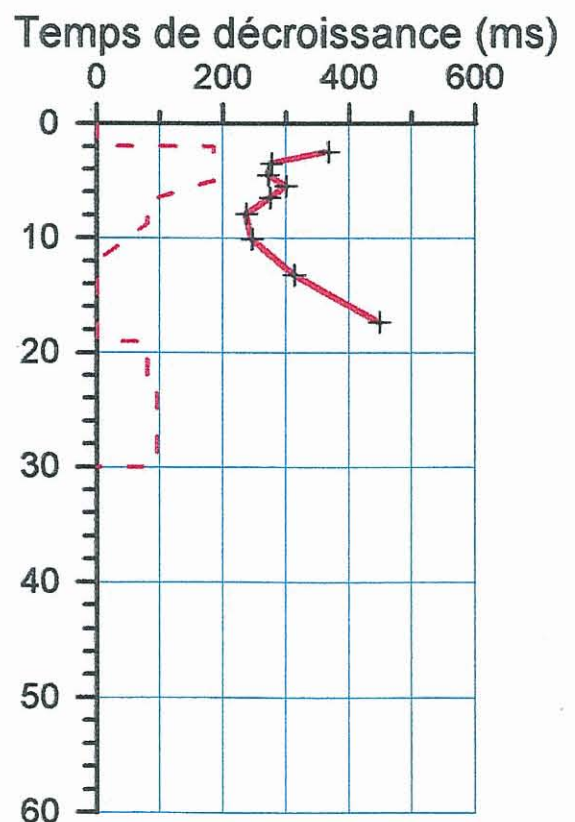
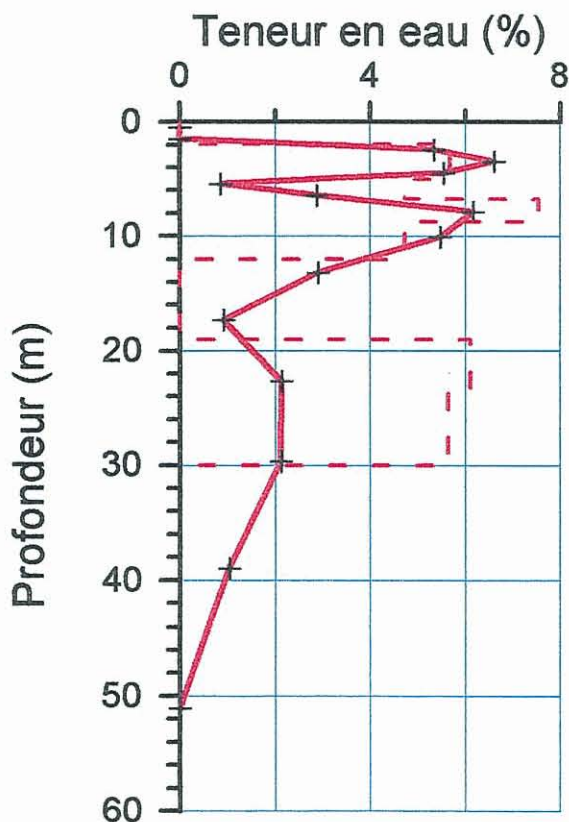
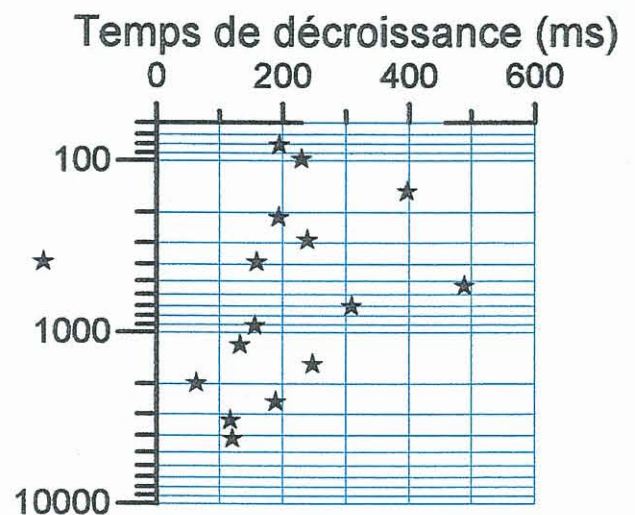
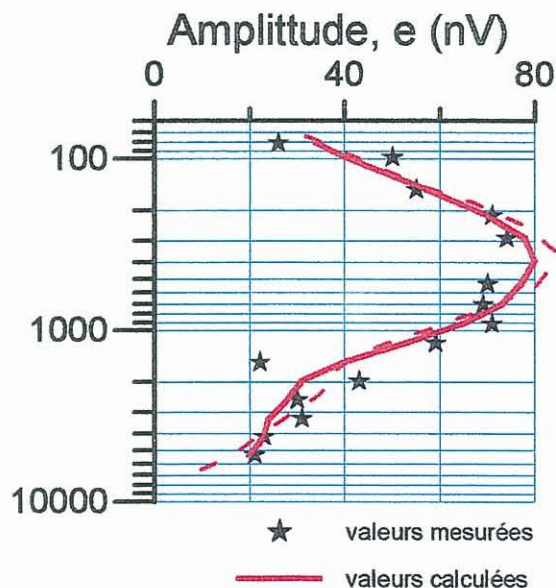
Nombre de stack: 100
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 17/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 16:36:44

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB10

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

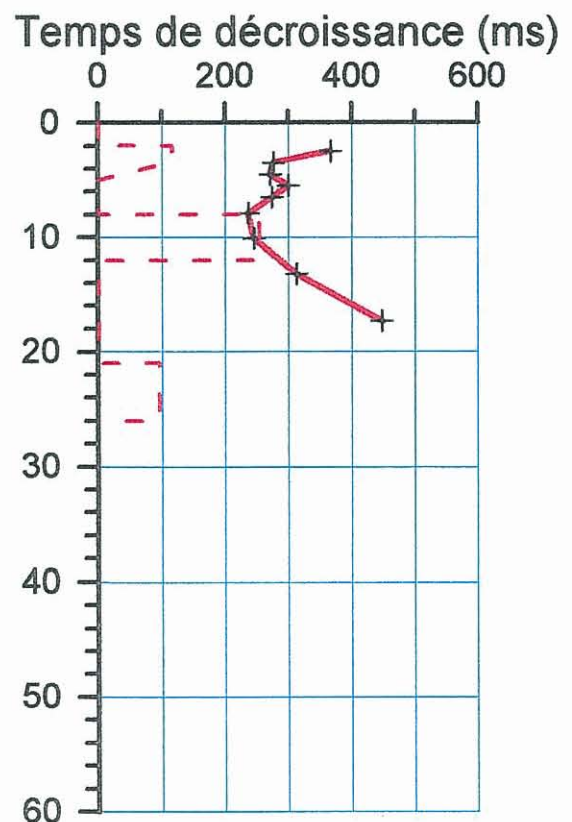
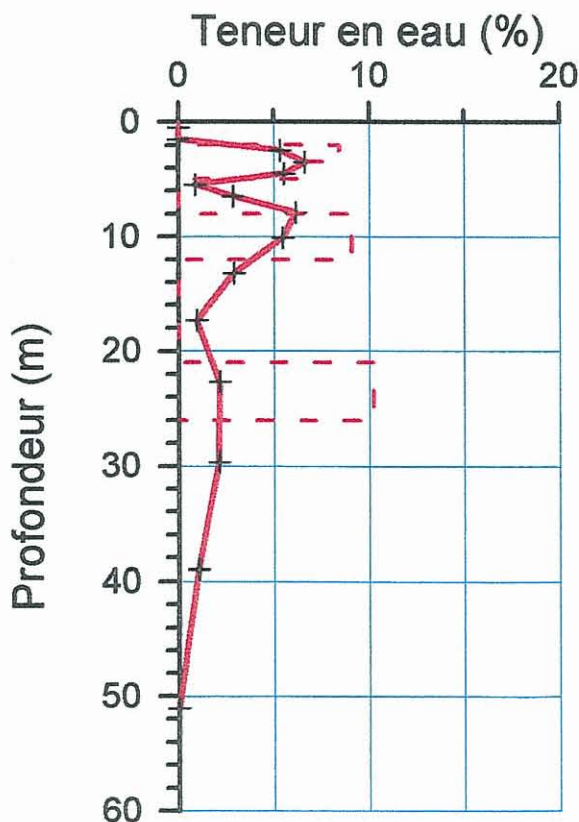
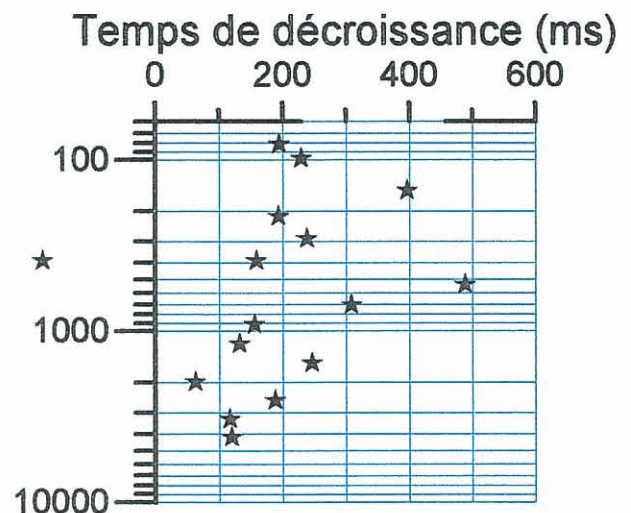
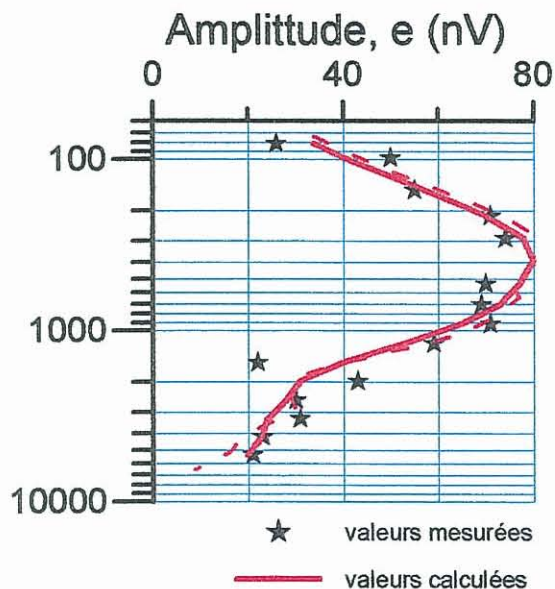
Nombre de stack: 100
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 17/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9817:56:11

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB11

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

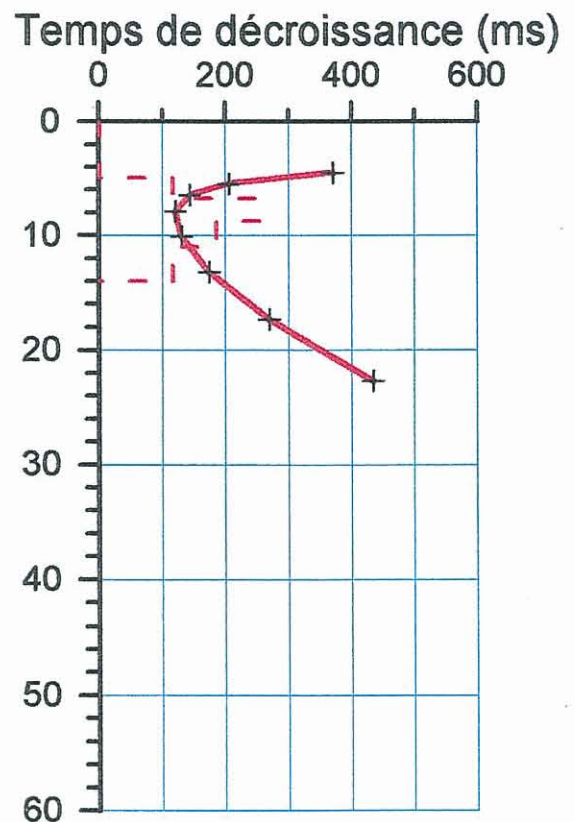
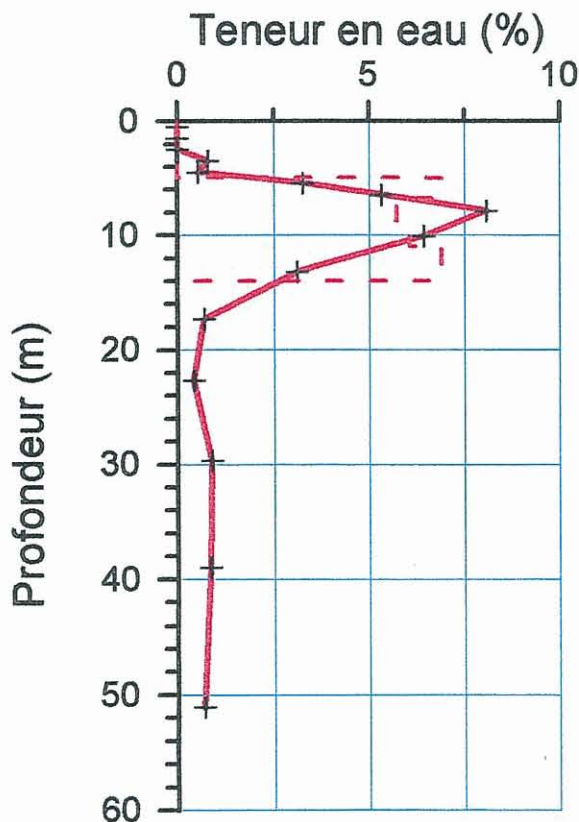
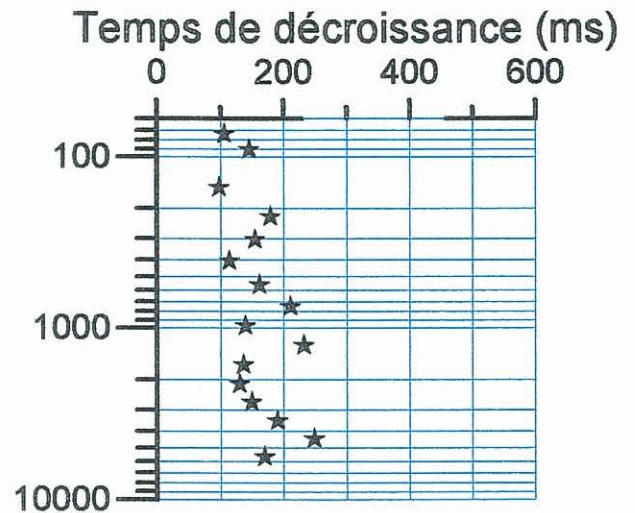
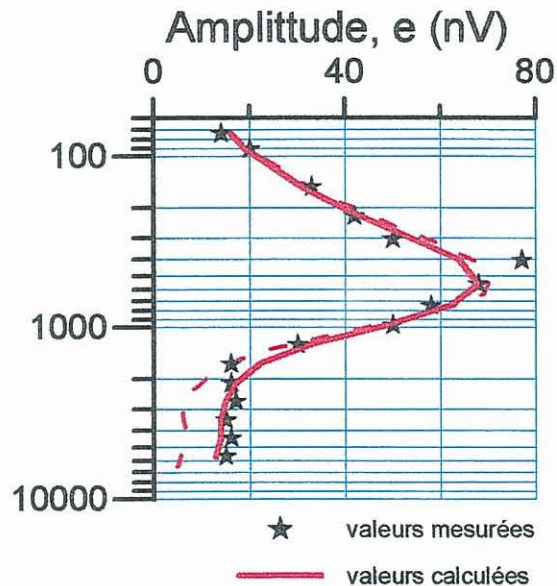
Nombre de stack: 350
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 21/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 18:06:36

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB11

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

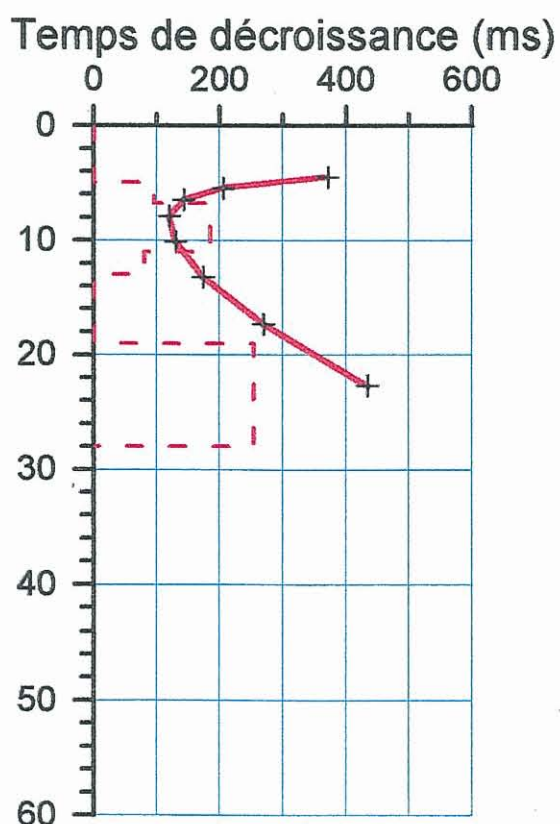
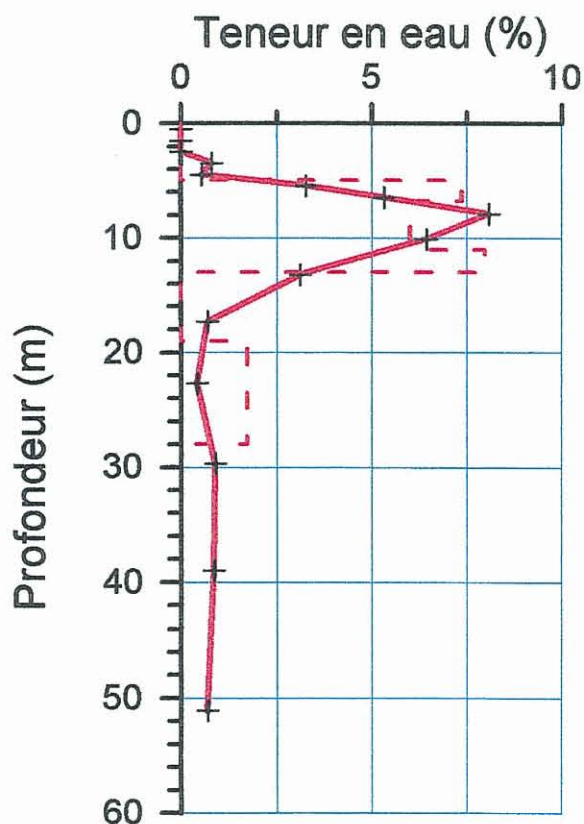
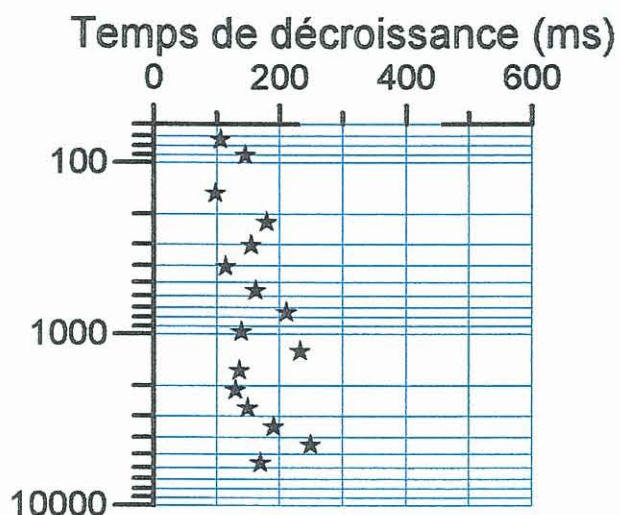
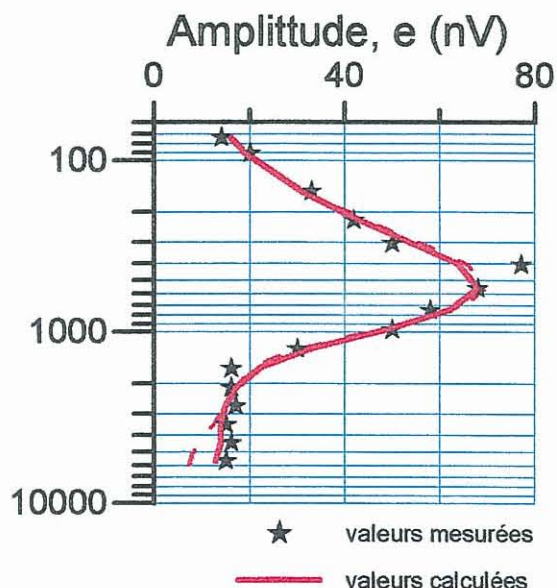
Nombre de stack: 350
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 21/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 18:16:32

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB11

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

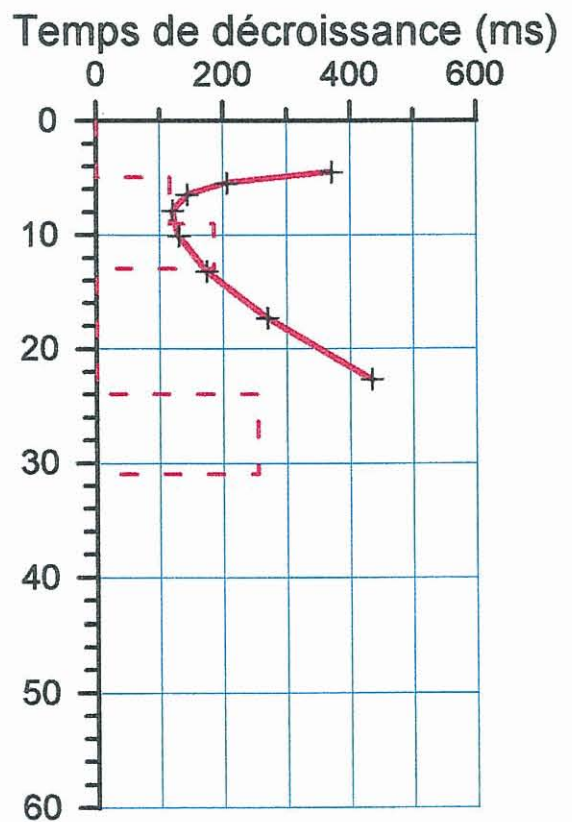
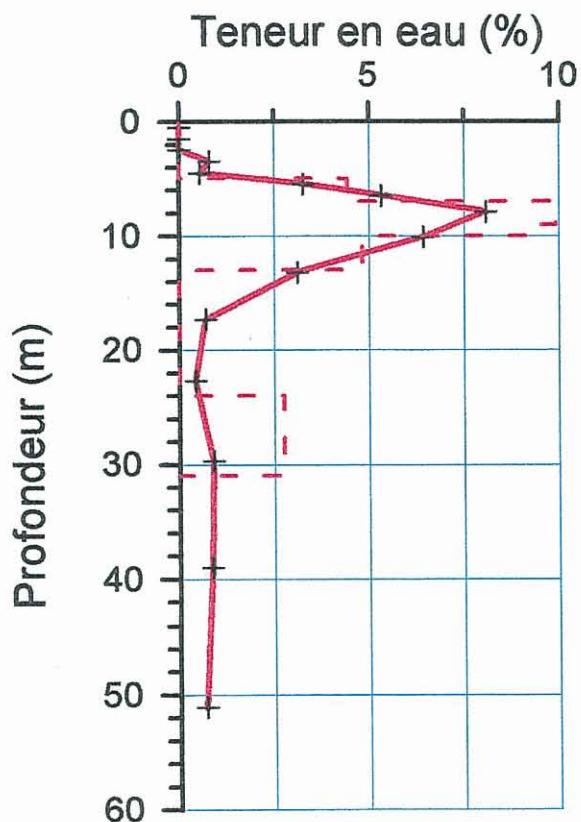
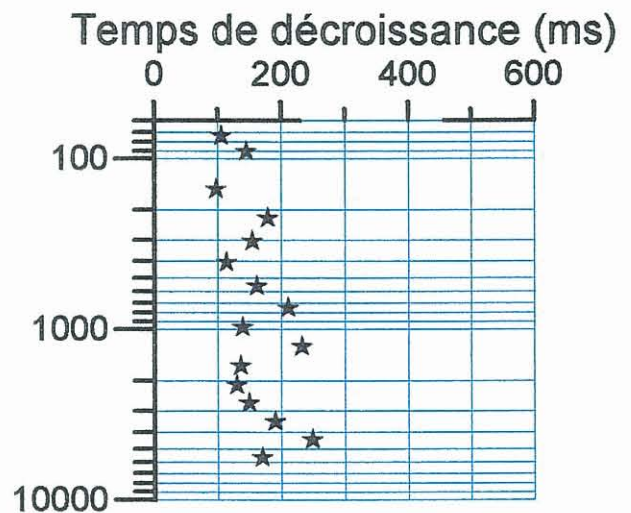
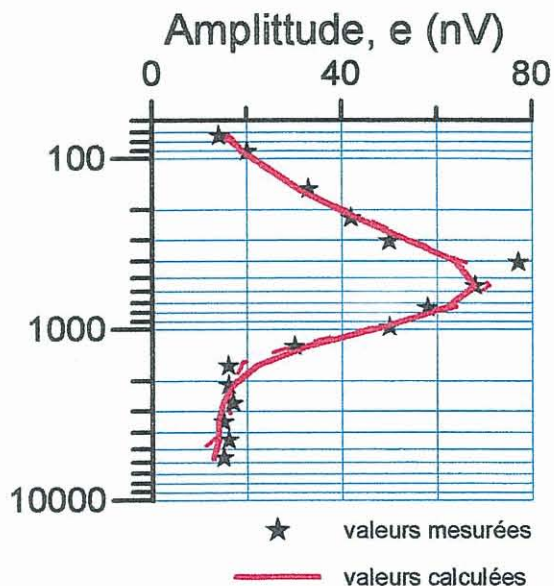
Nombre de stack: 350
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 21/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9818:28:24

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB12

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Diametre d'antenne: 37 m

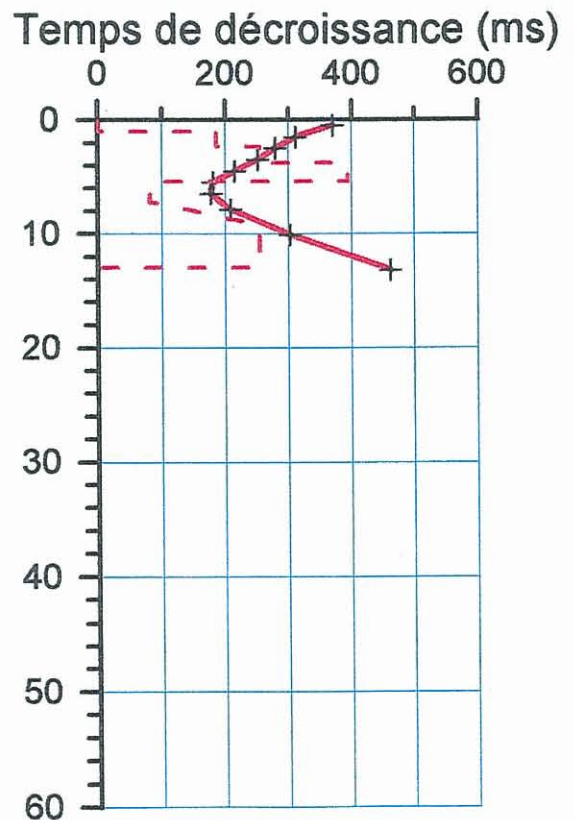
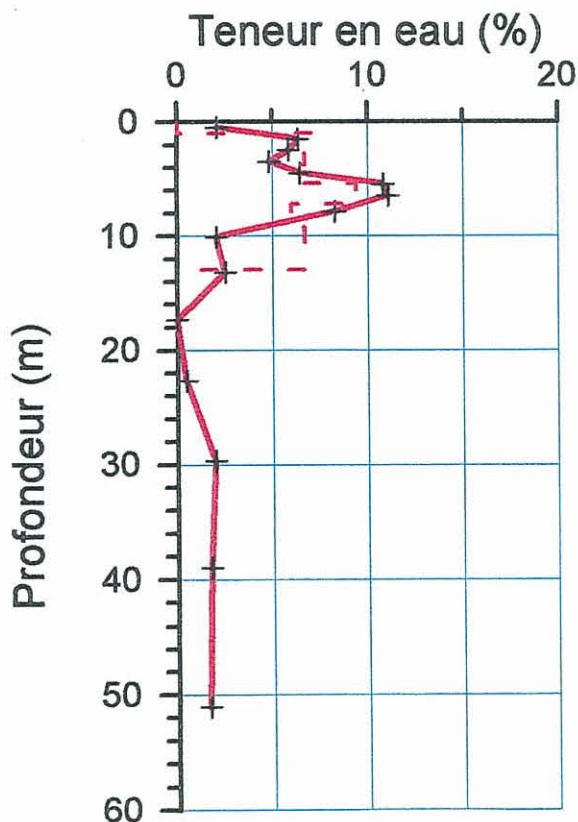
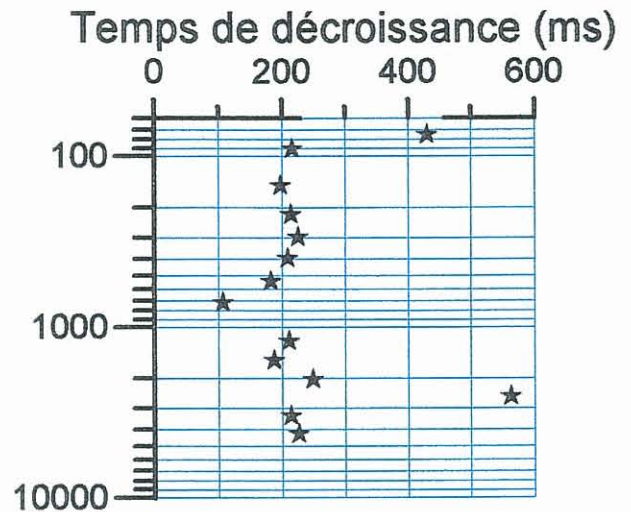
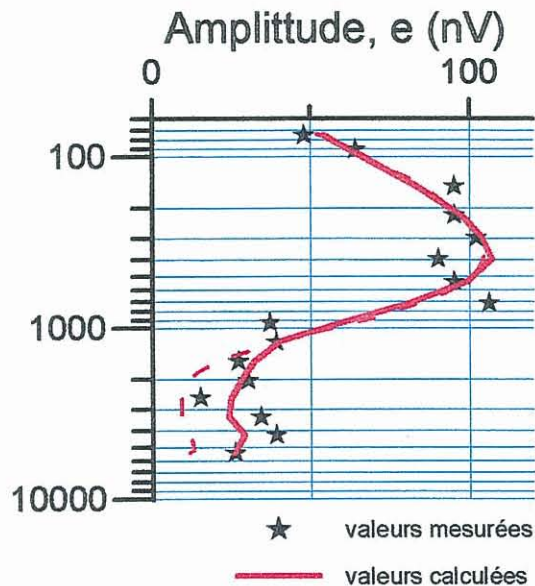
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 18/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 18:50:17

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB12

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Diametre d'antenne: 37 m

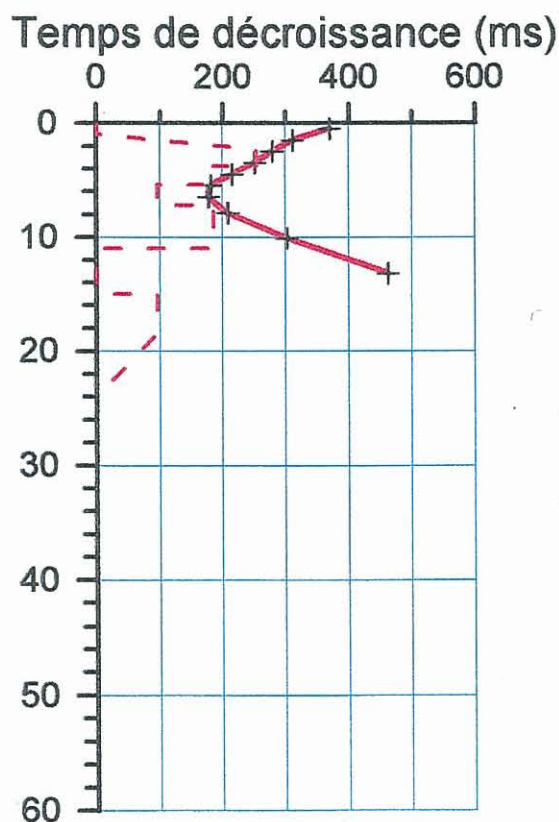
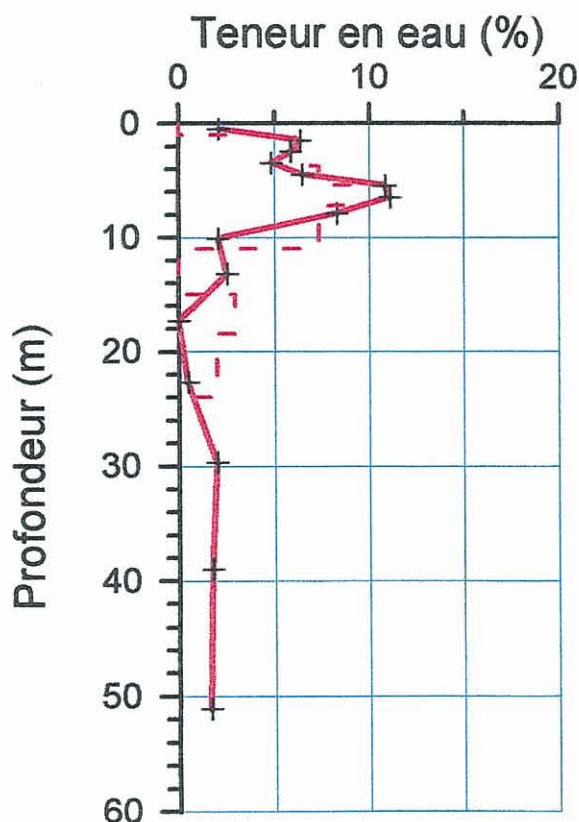
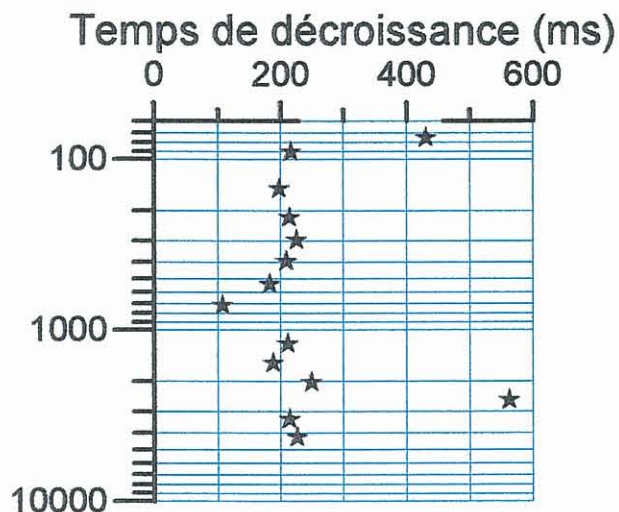
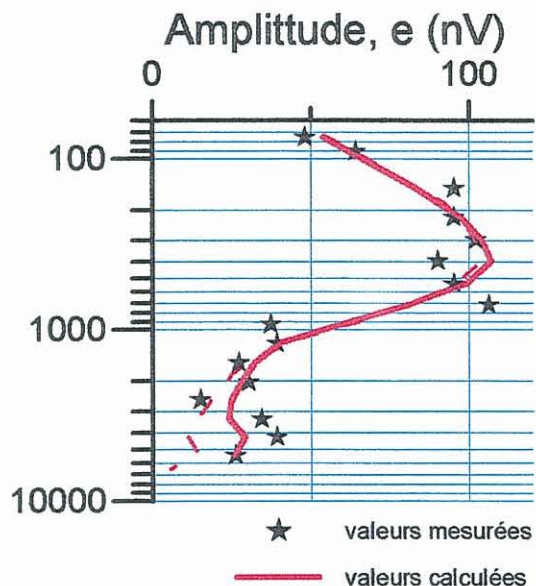
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 18/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 18:57:13

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB12

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Diametre d'antenne: 37 m

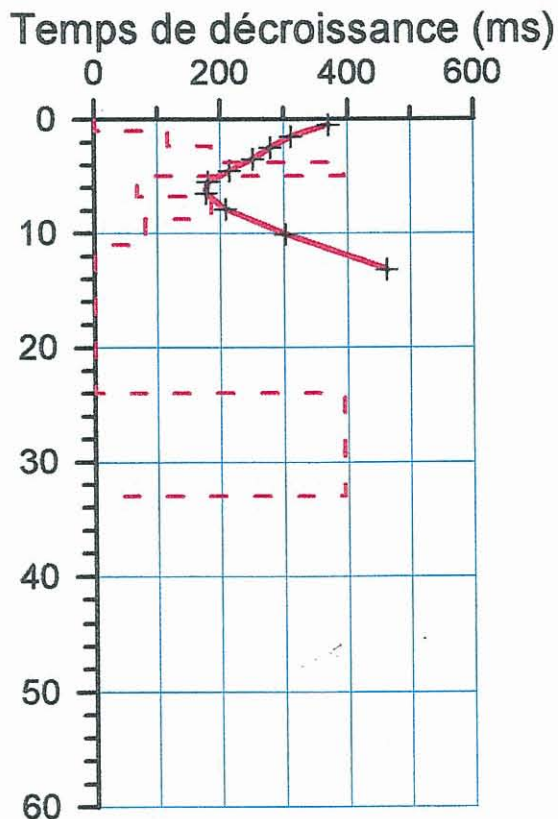
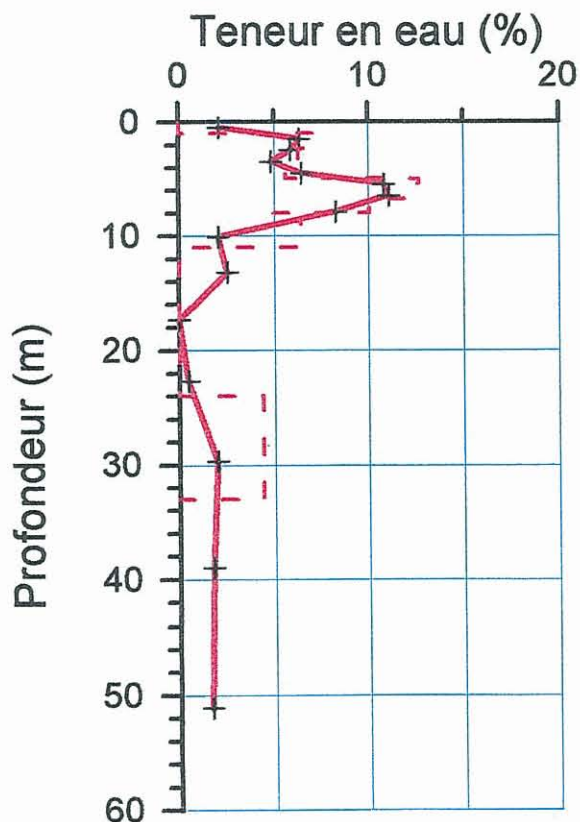
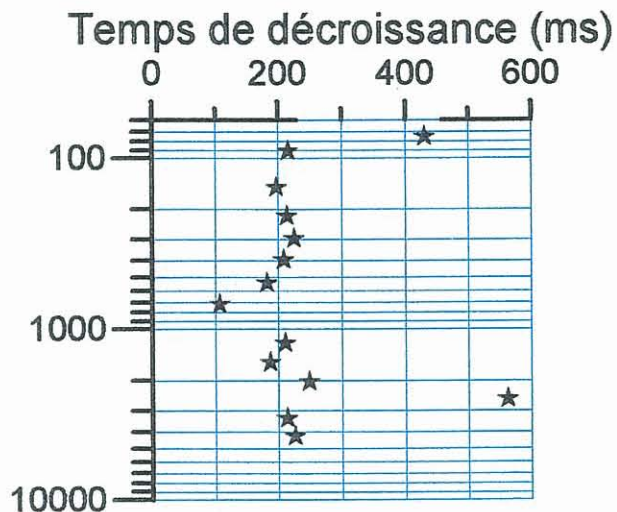
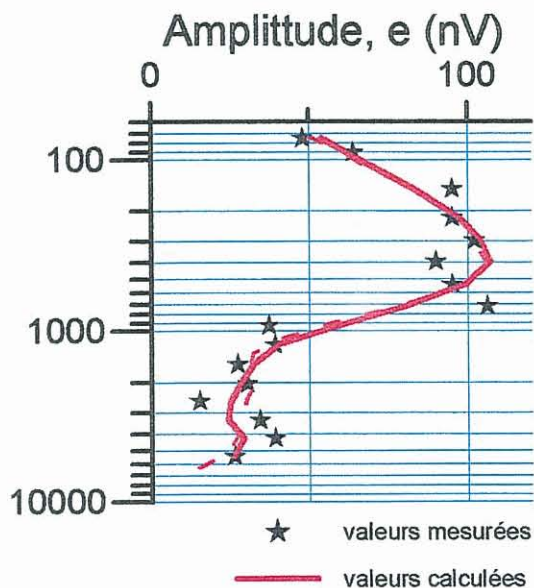
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 18/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/98 19:05:37

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB13

résultats d'inversions

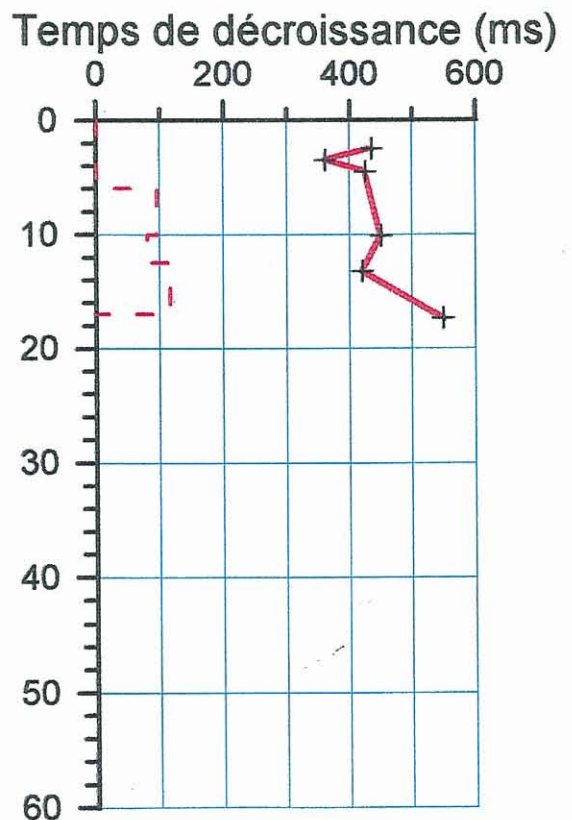
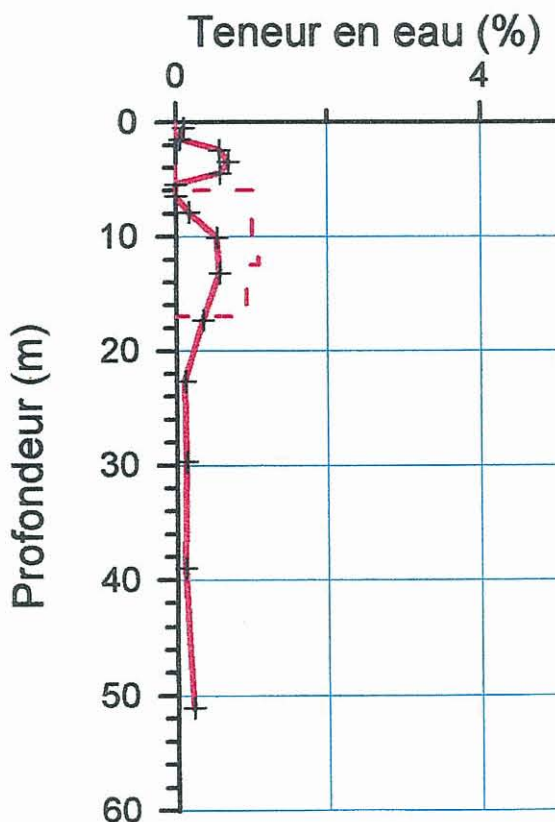
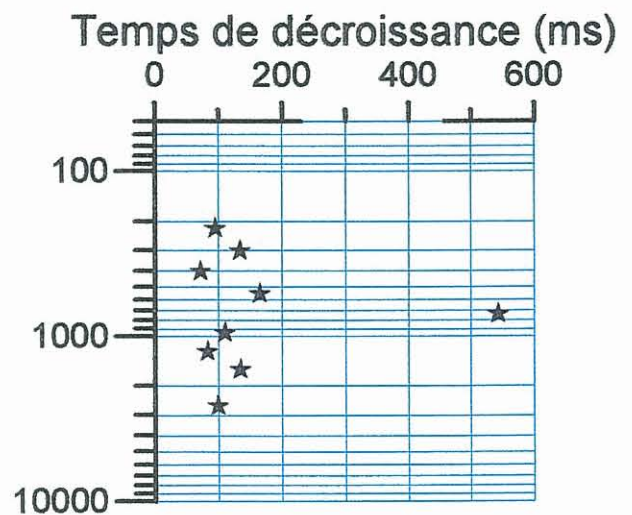
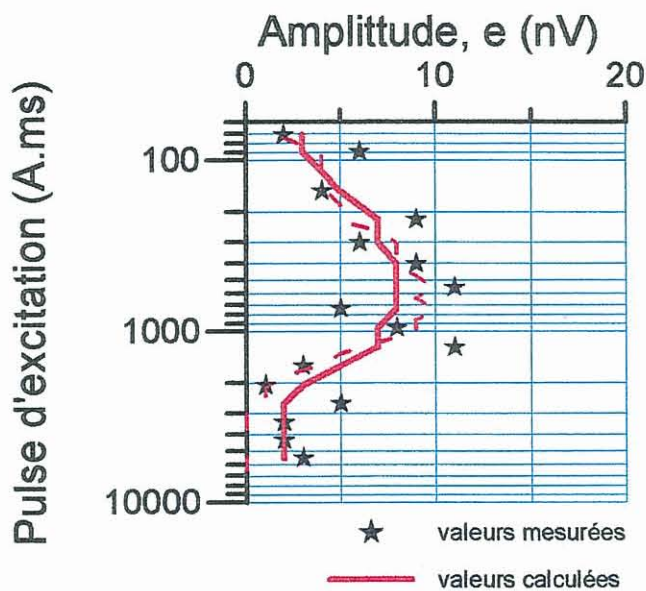
Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 18/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9822:07:42



SONDAGE RMP PLB13

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

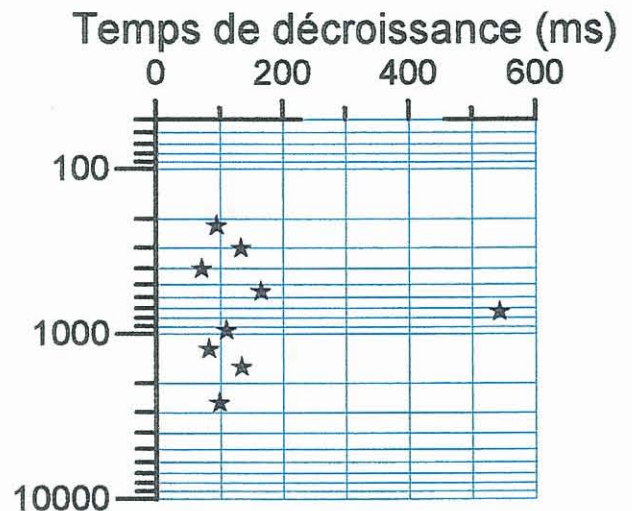
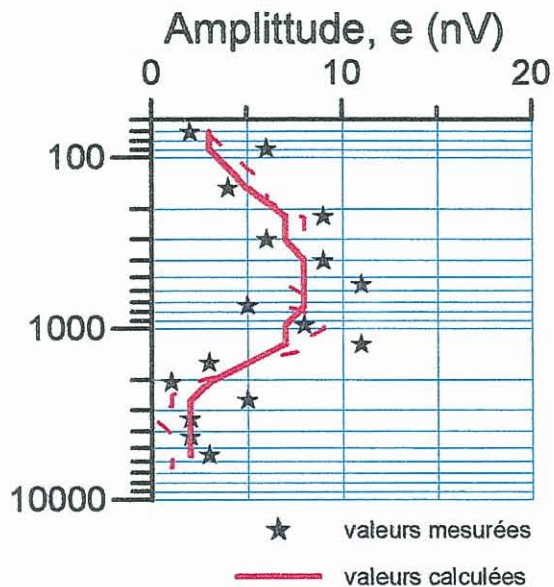
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 18/09/98

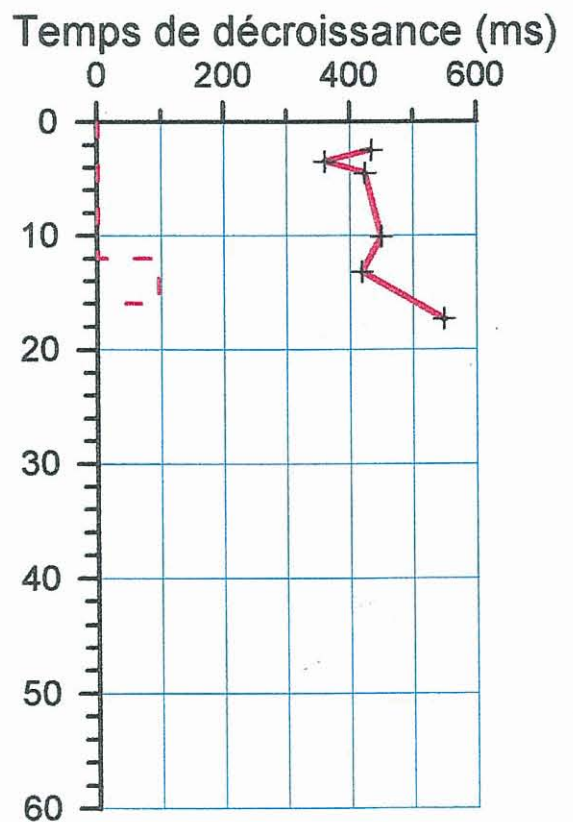
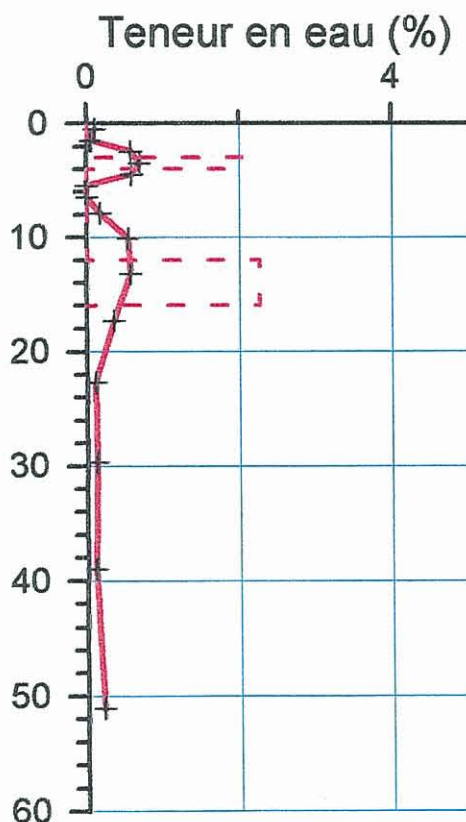
Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9822:16:42

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB13

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

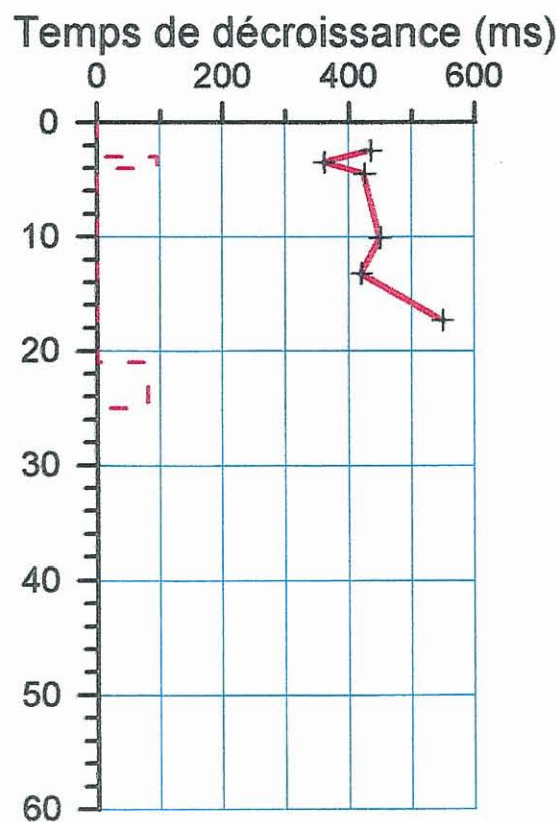
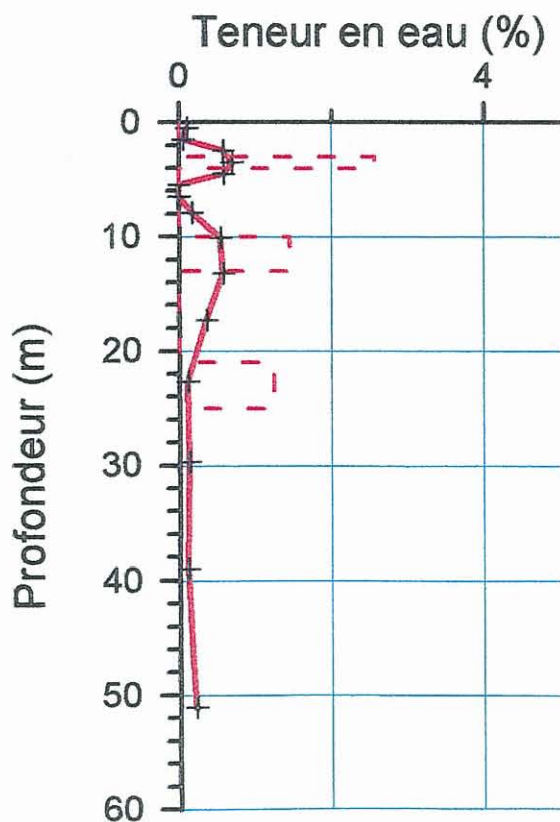
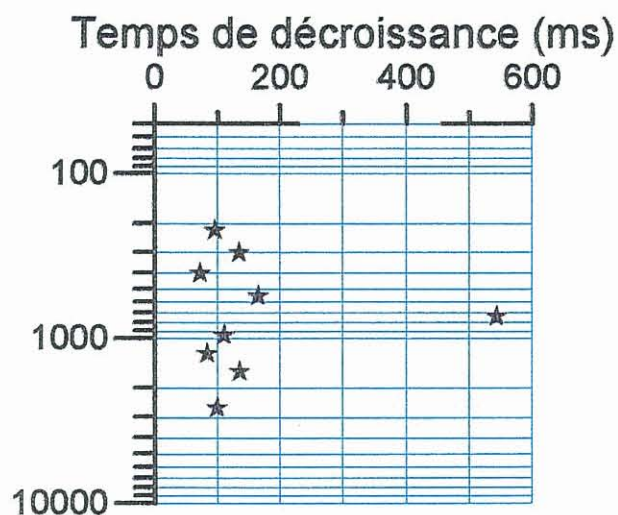
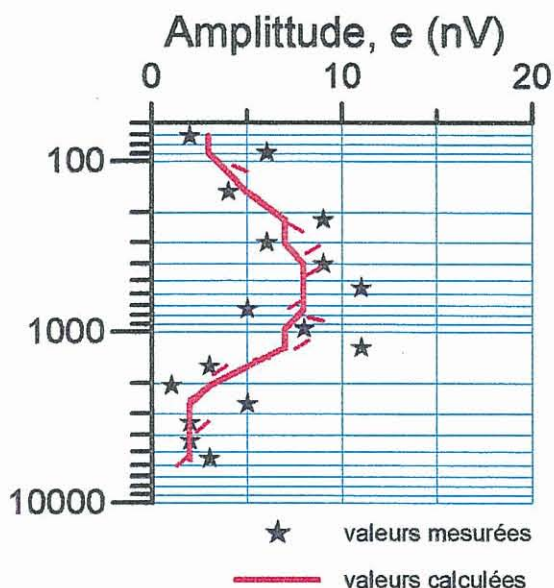
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 18/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9822:23:51

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB14

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

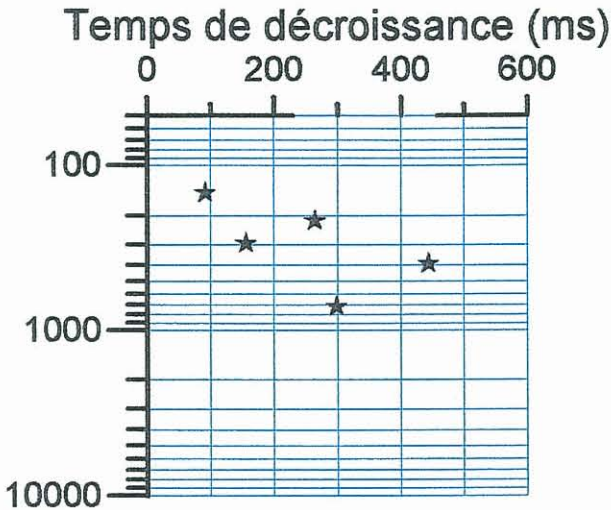
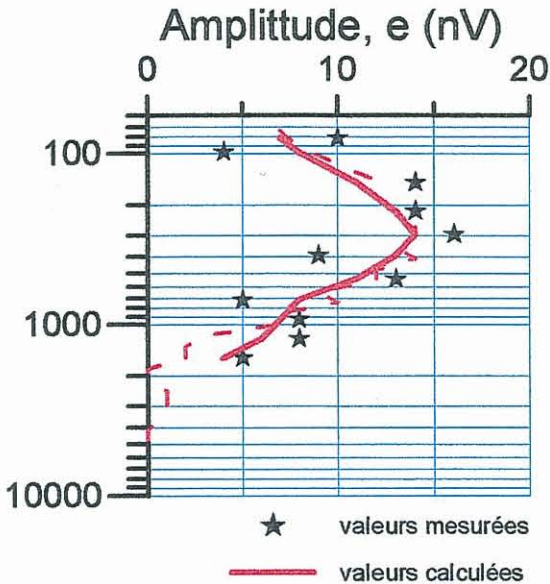
Nombre de stack: 300
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 19/09/98

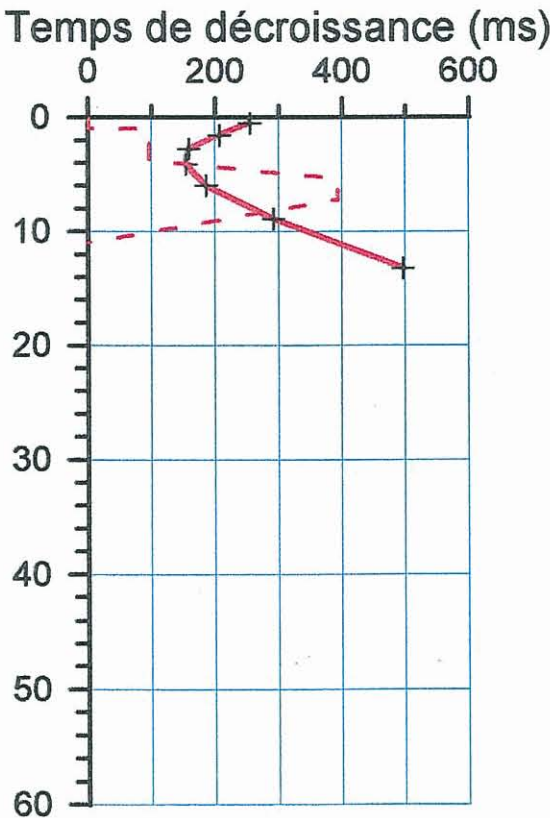
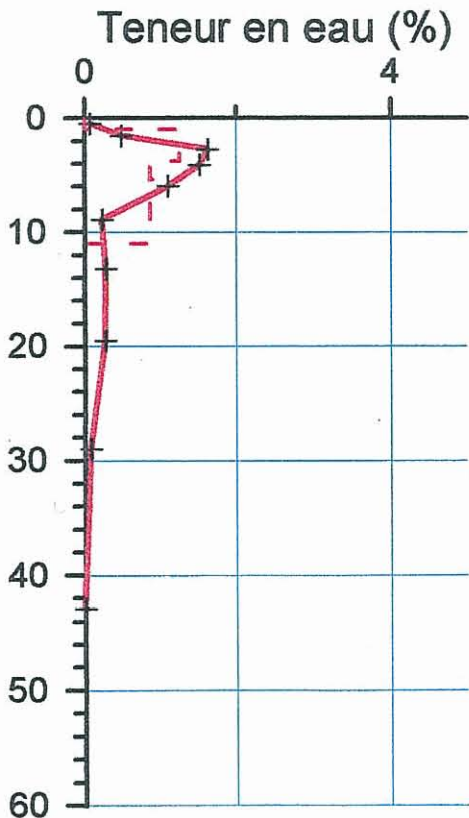
Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9822:41:12

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB14

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

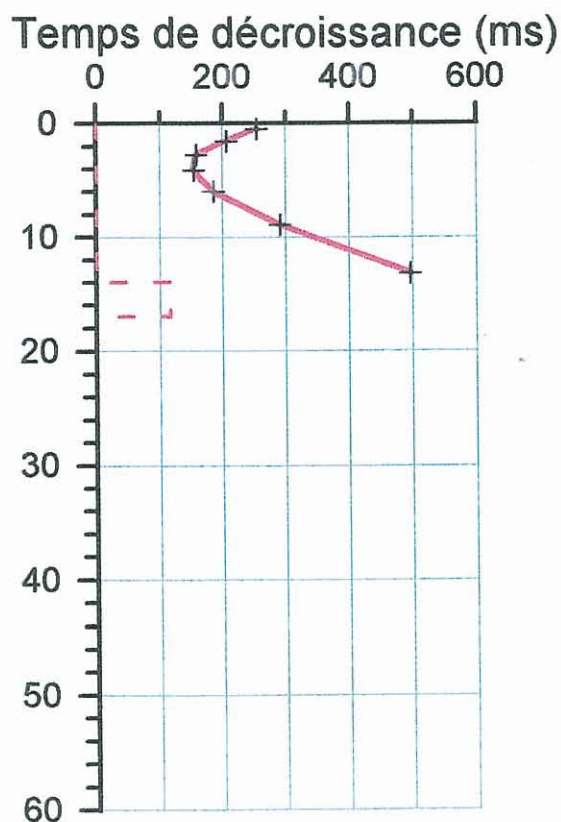
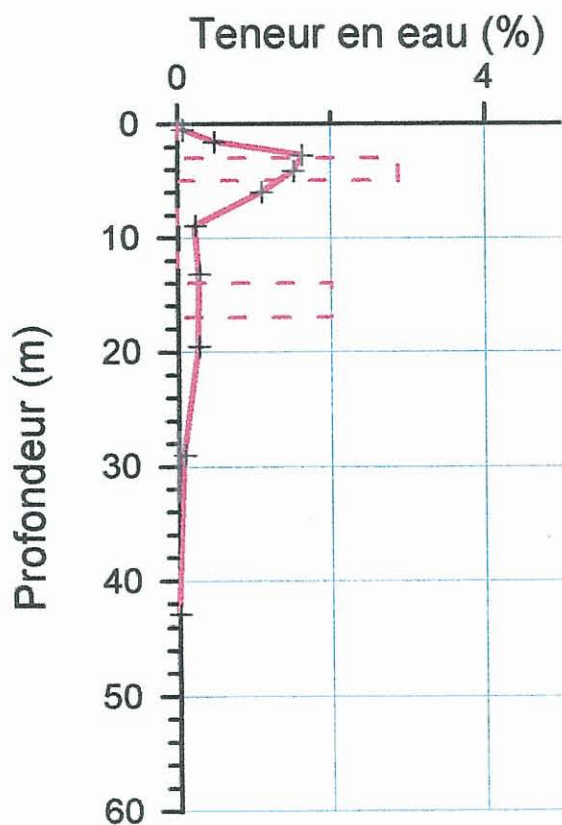
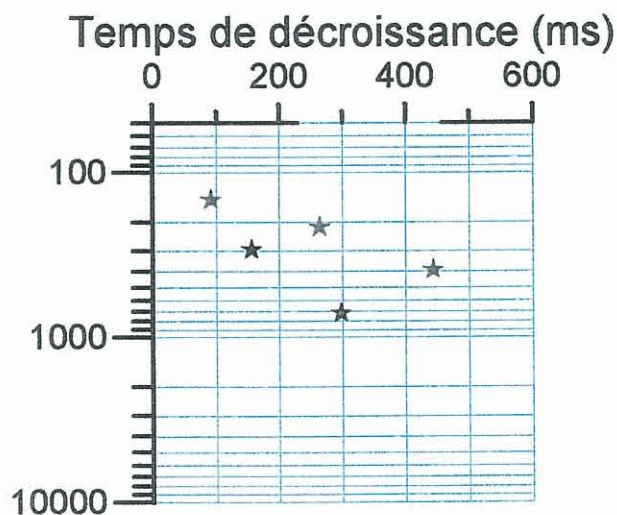
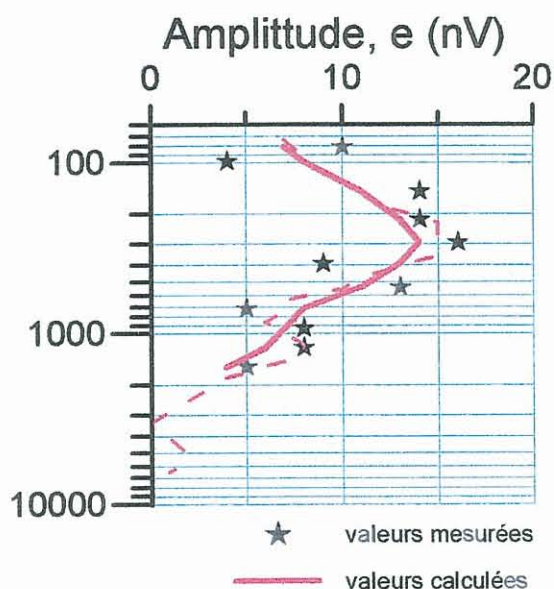
Nombre de stack: 300
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 19/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9822:50:48

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB15

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

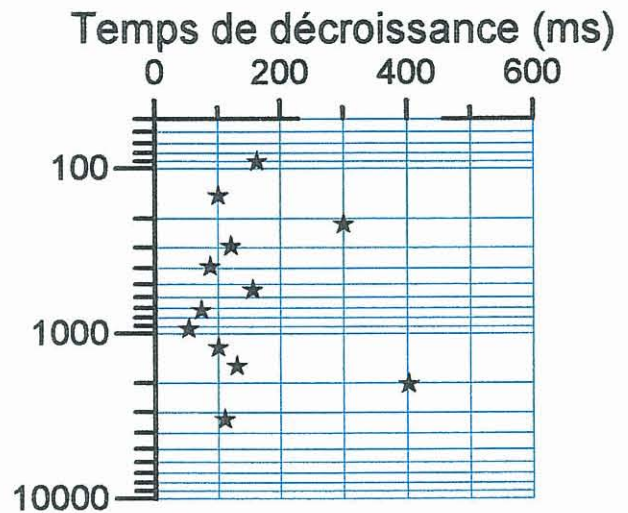
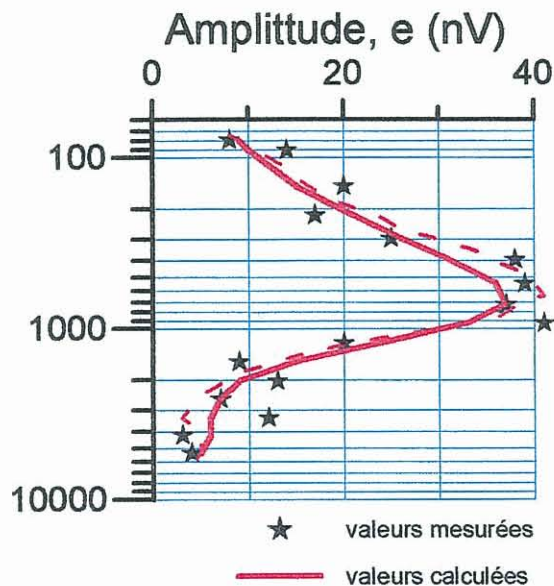
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 20/09/98

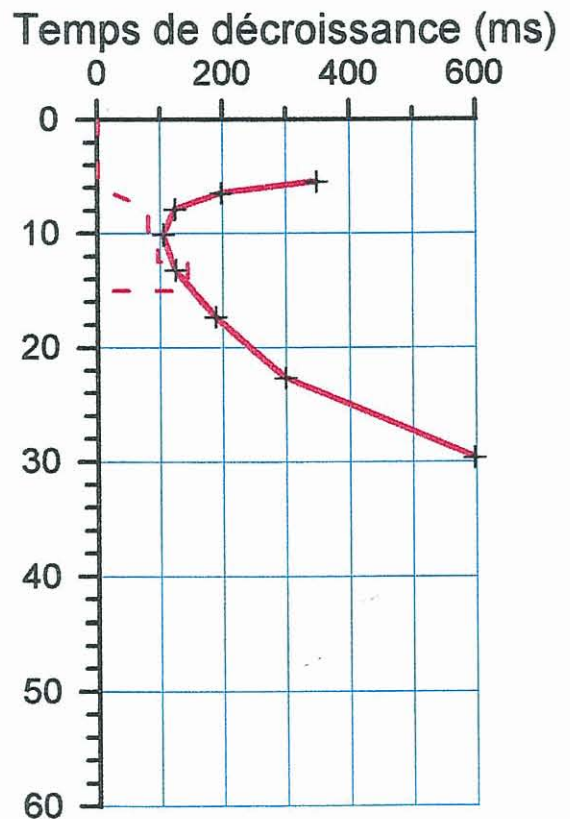
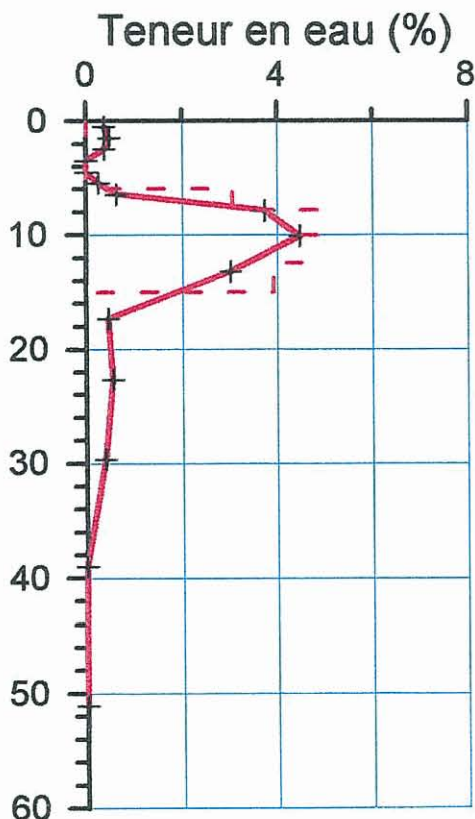
Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9823:01:50

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB15

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

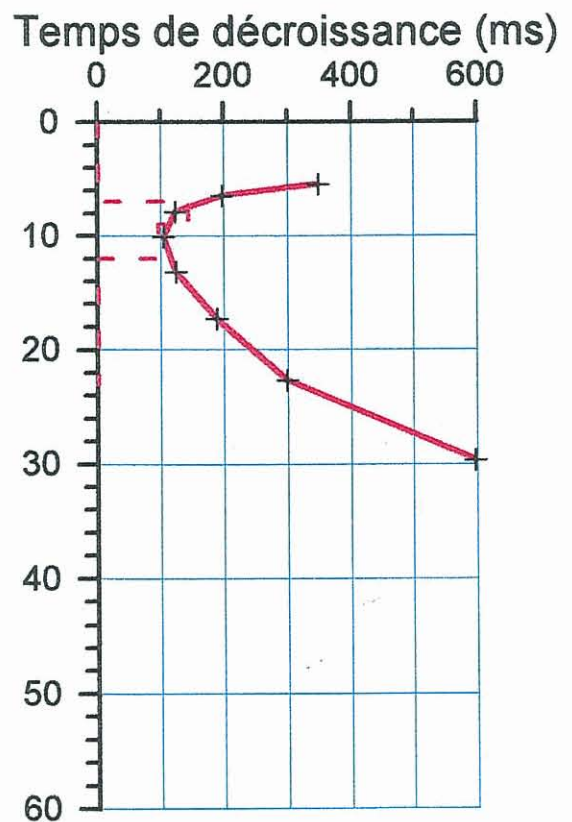
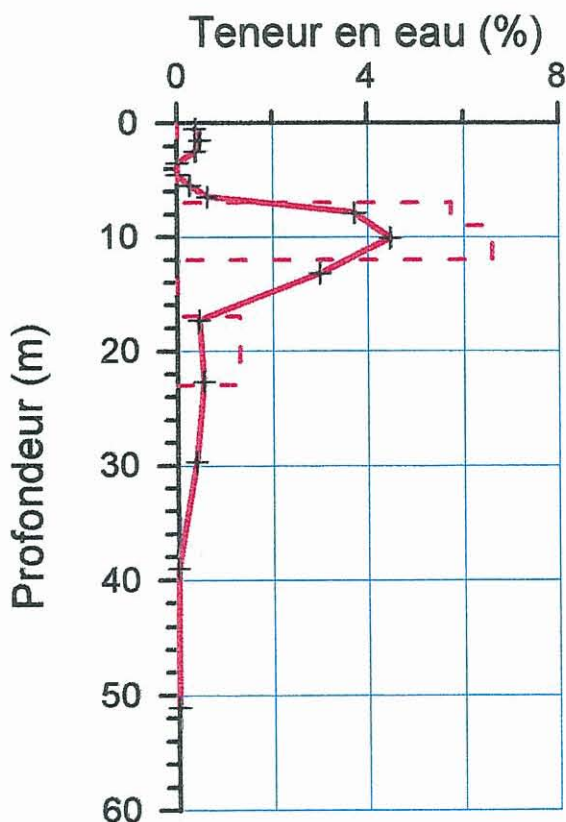
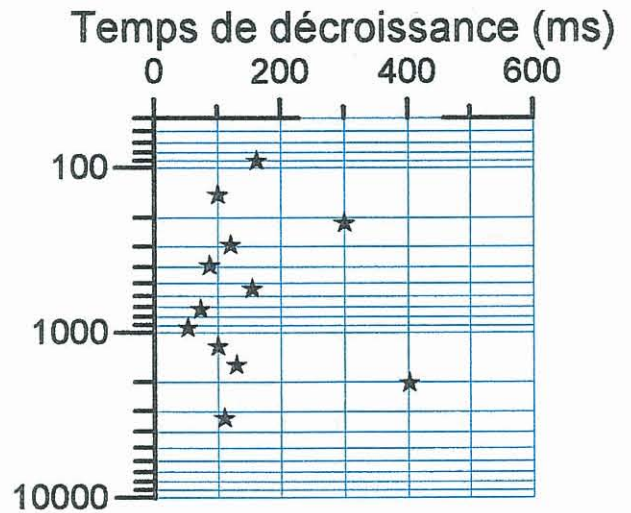
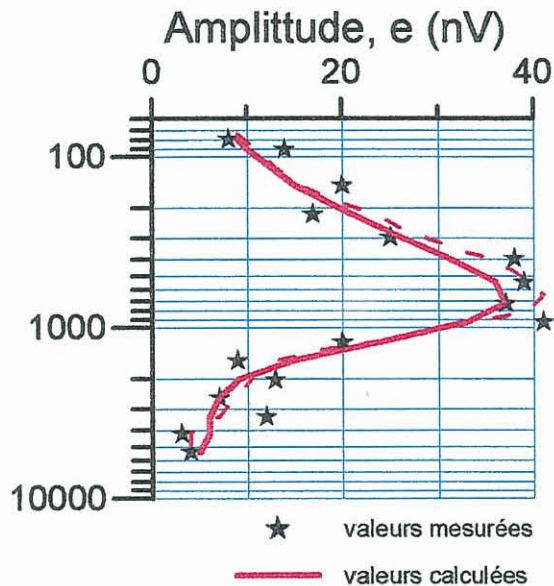
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 20/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9823:09:04

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB15

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

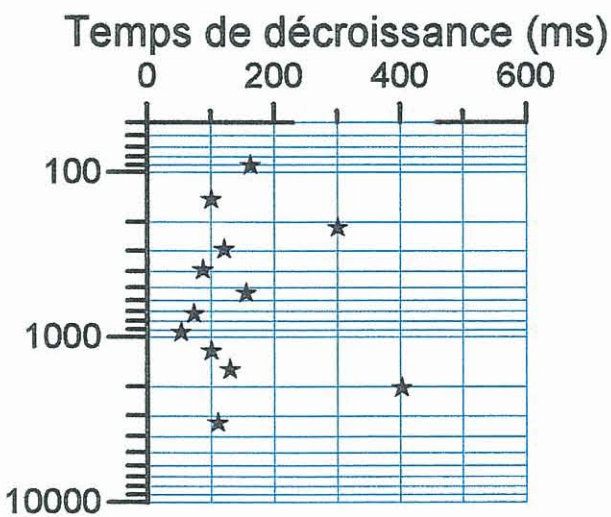
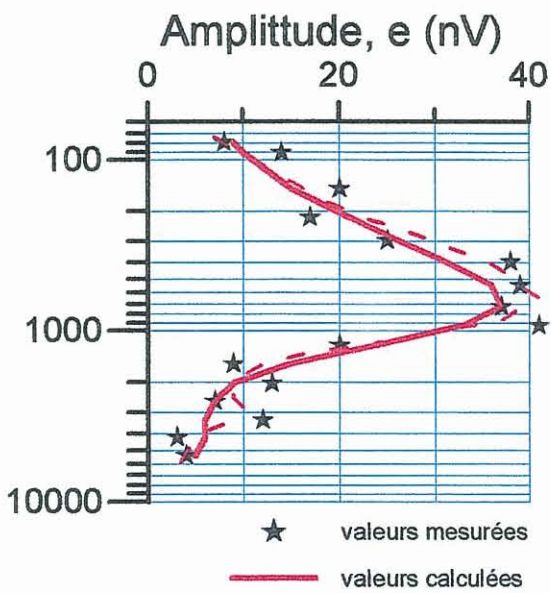
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 20/09/98

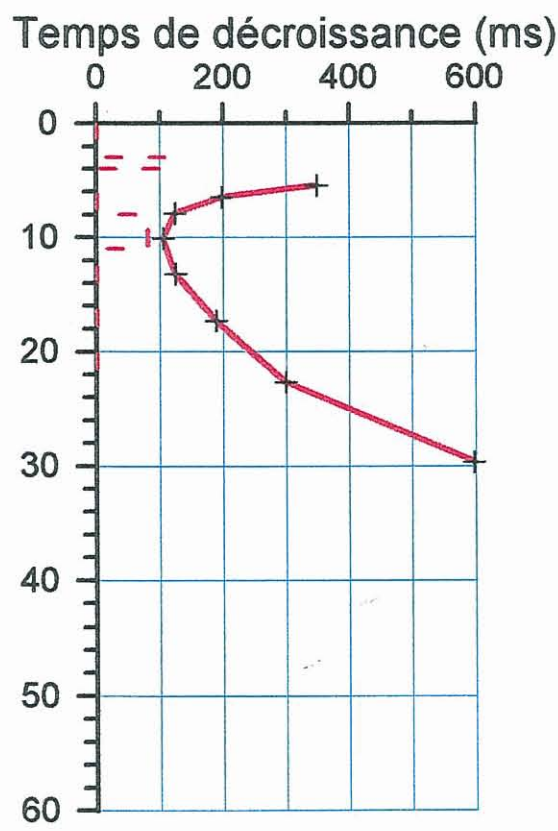
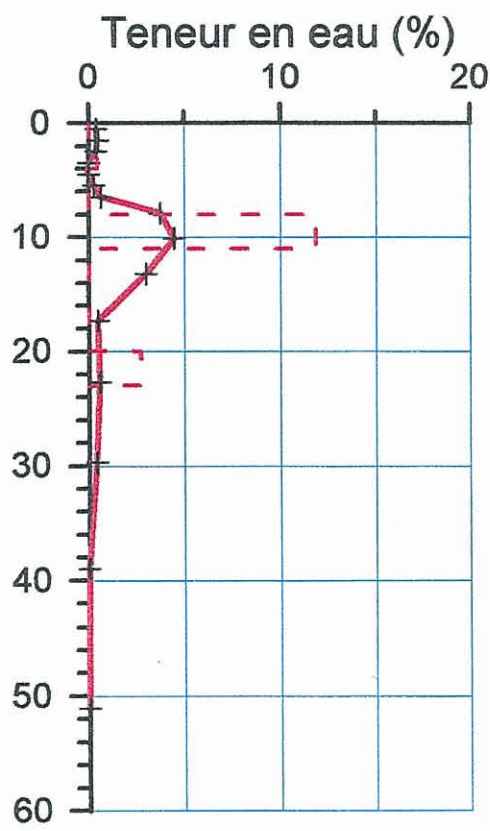
Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9823:16:57

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB16

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

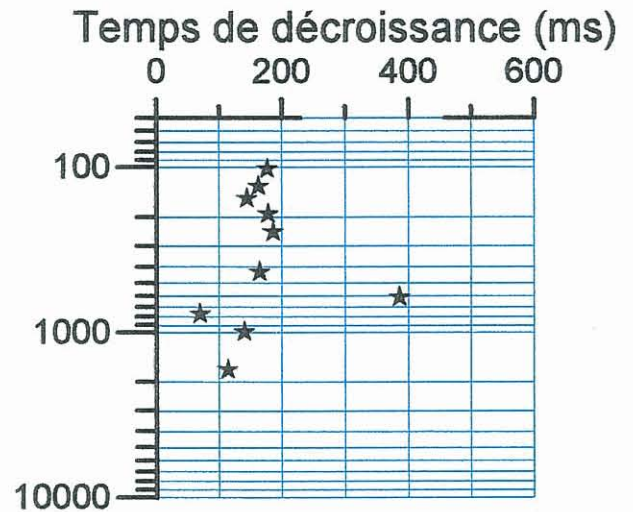
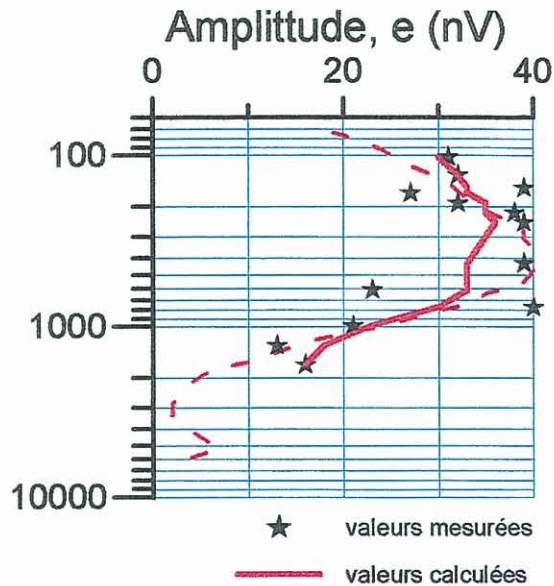
Nombre de stack: 250
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 22/09/98

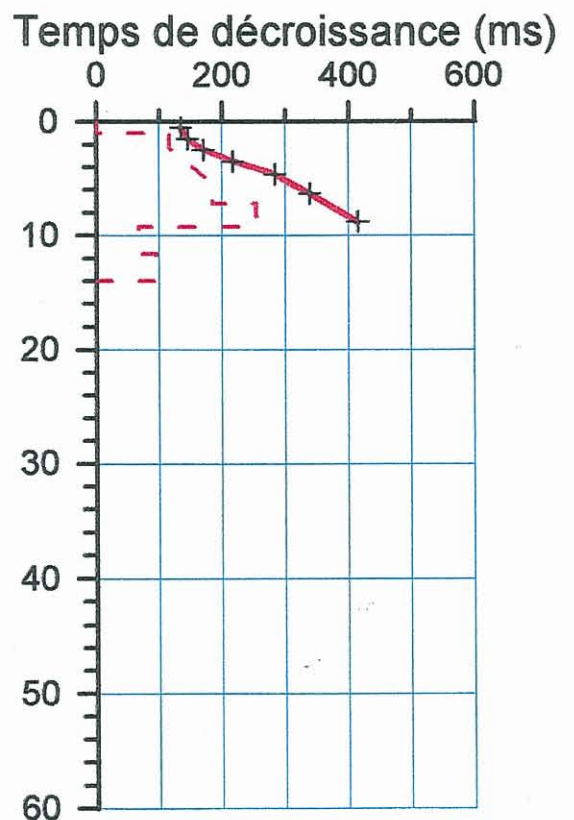
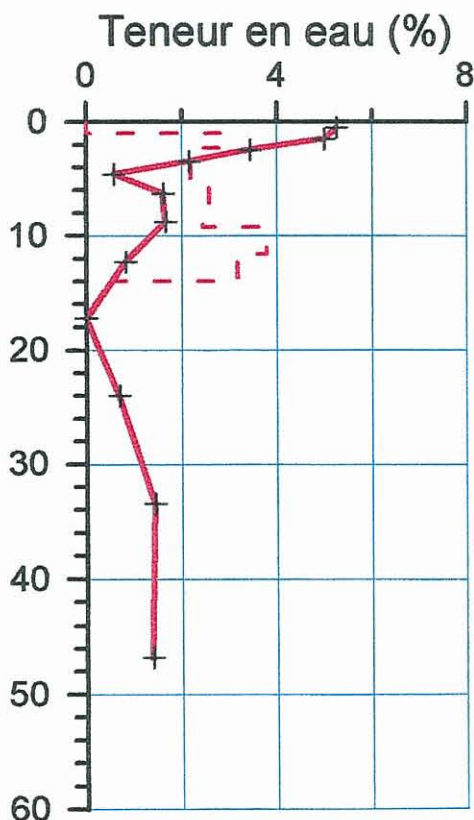
Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9823:57:38

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB16

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

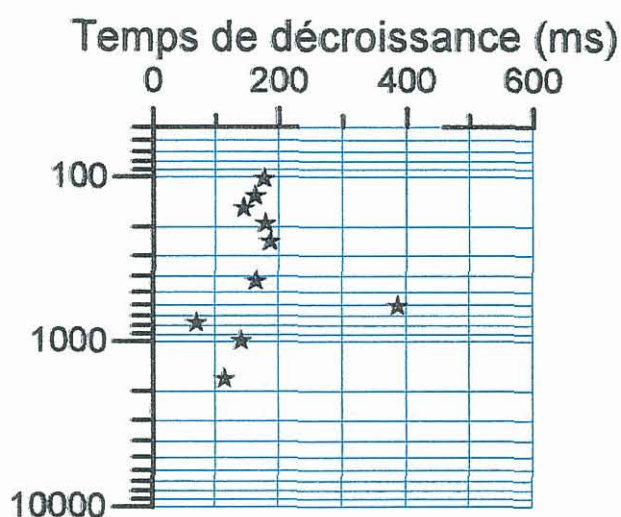
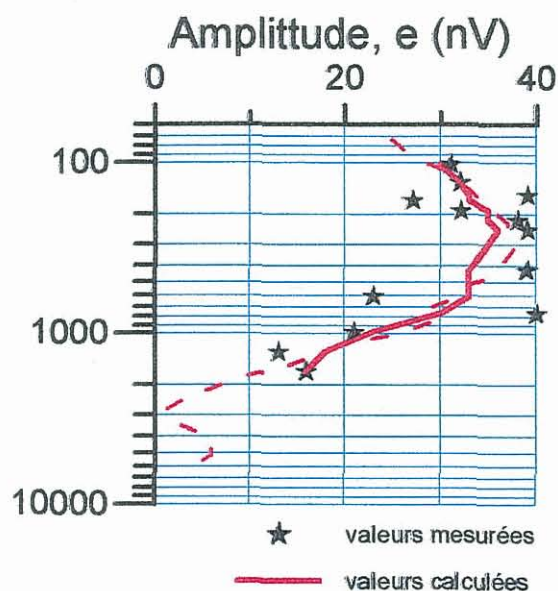
Nombre de stack: 250
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 22/09/98

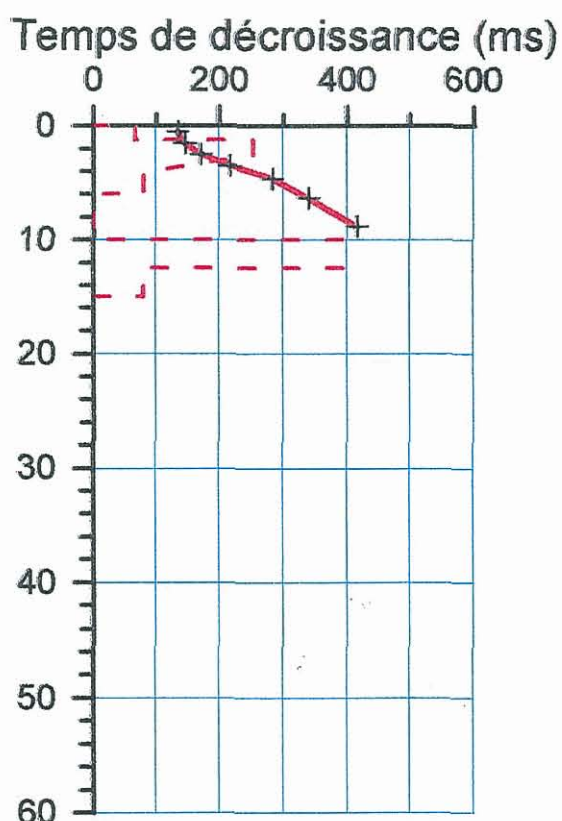
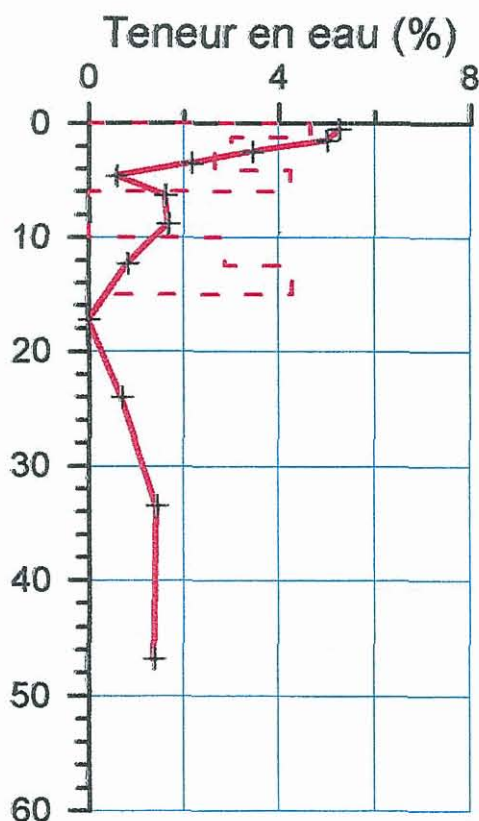
Site: Finistère Nord

édition: 10/27/9823:48:03

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB18

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

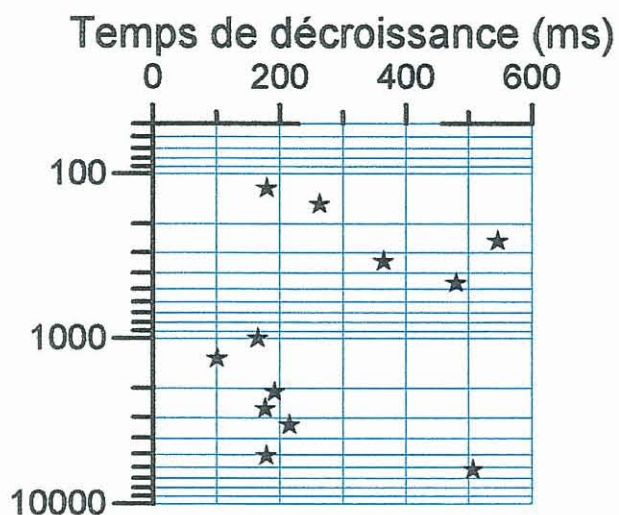
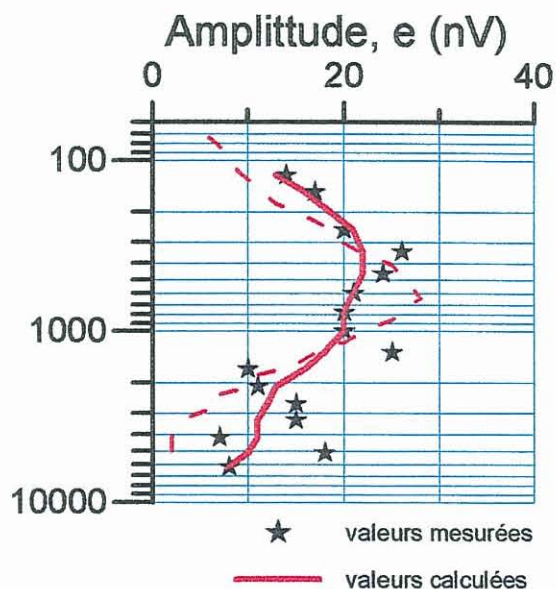
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 23/09/98

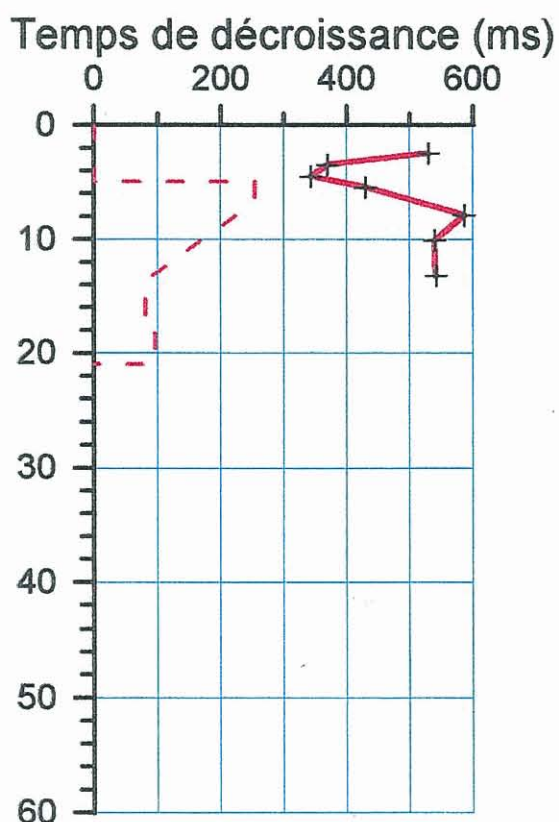
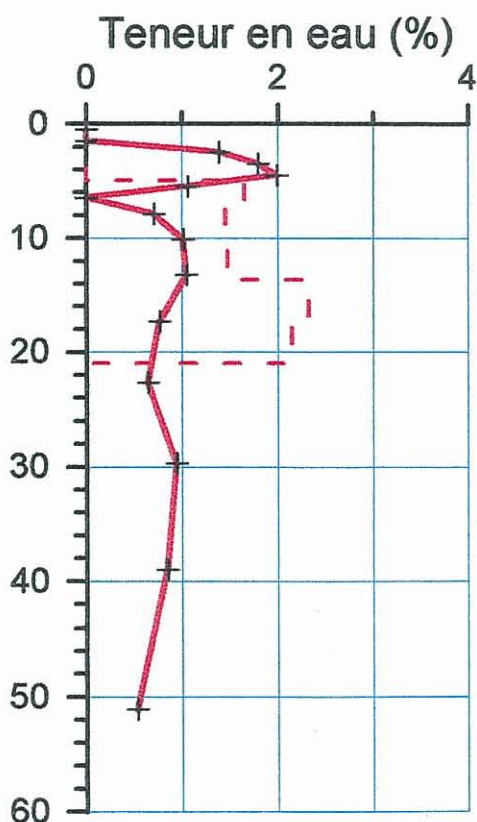
Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9800:18:43

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB18

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

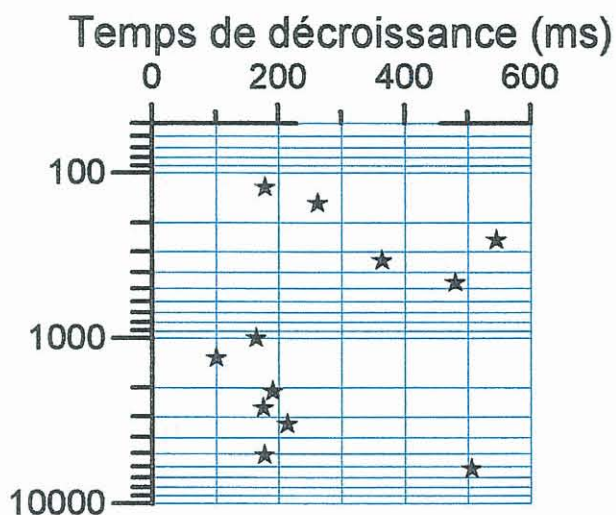
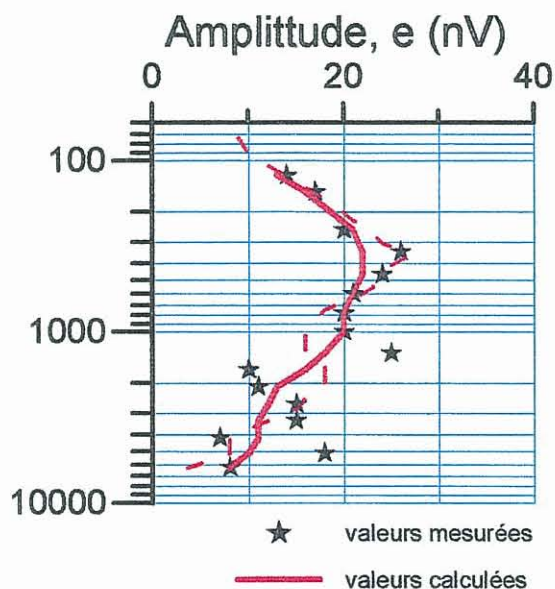
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 23/09/98

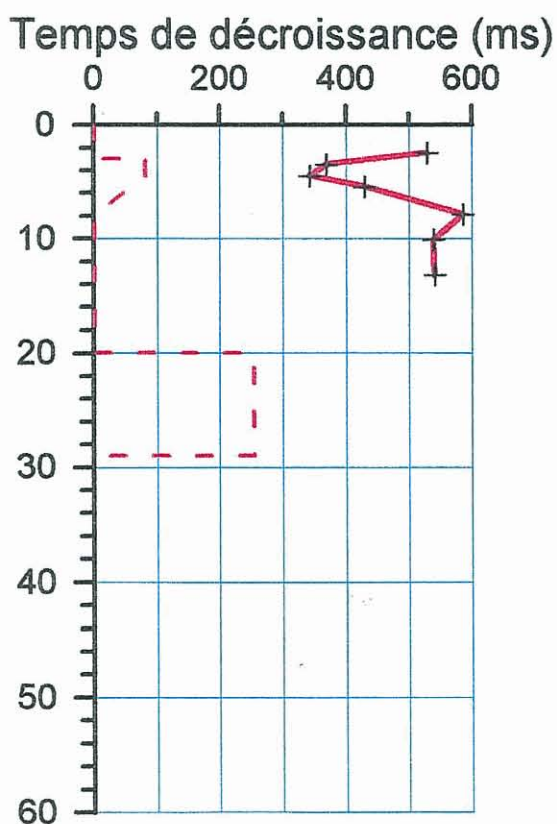
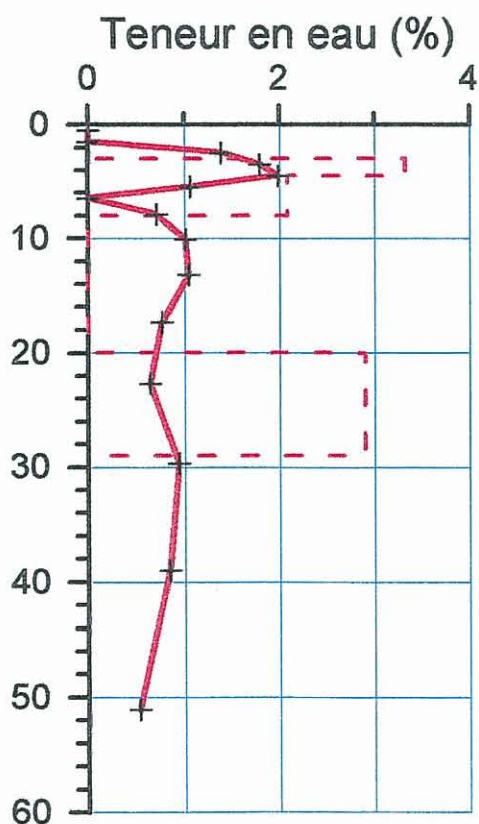
Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9800:27:11

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB18

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

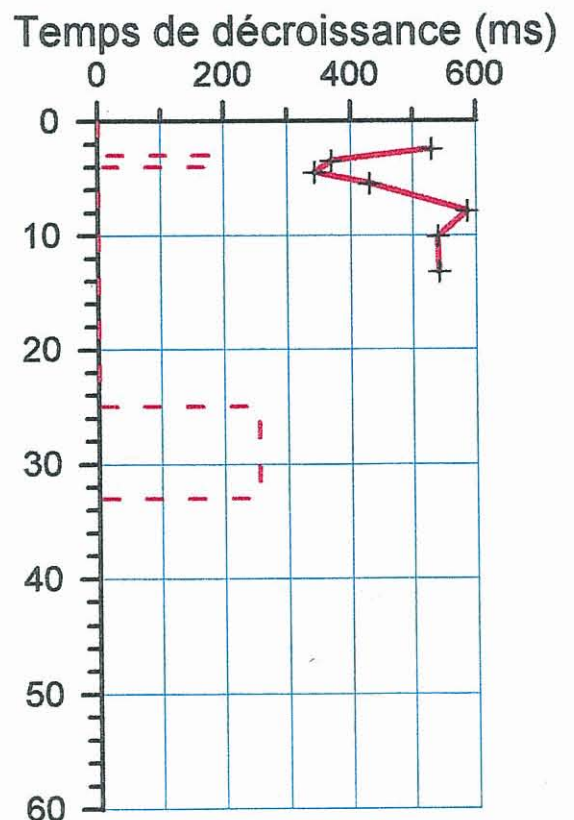
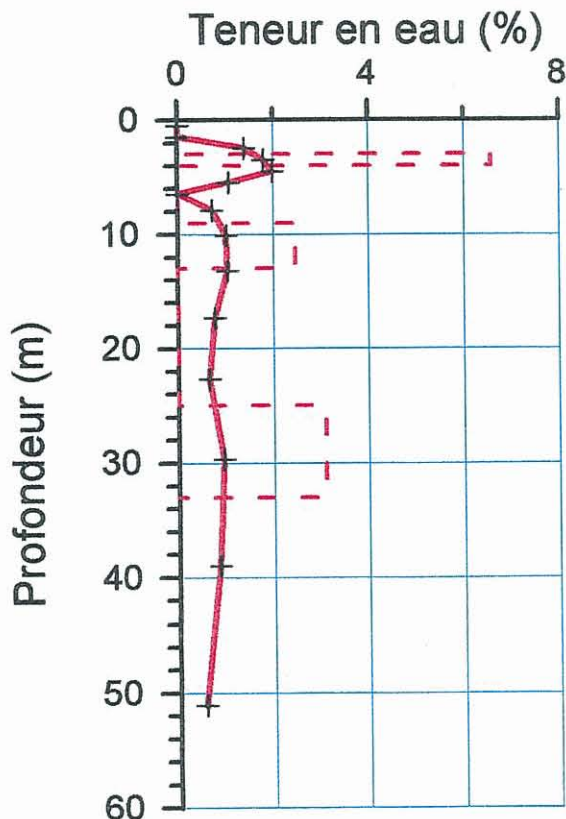
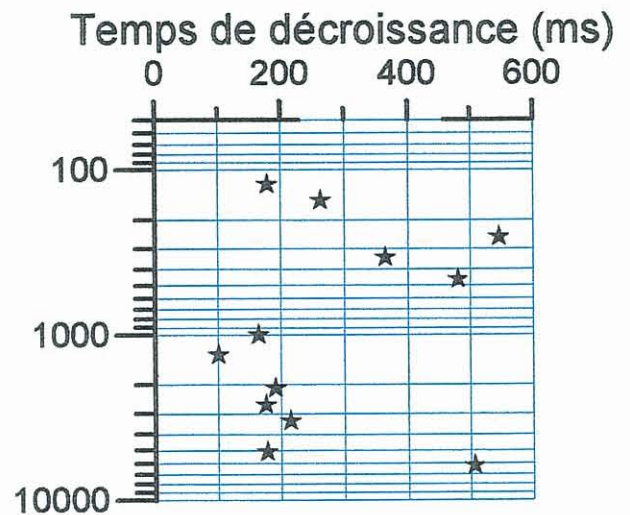
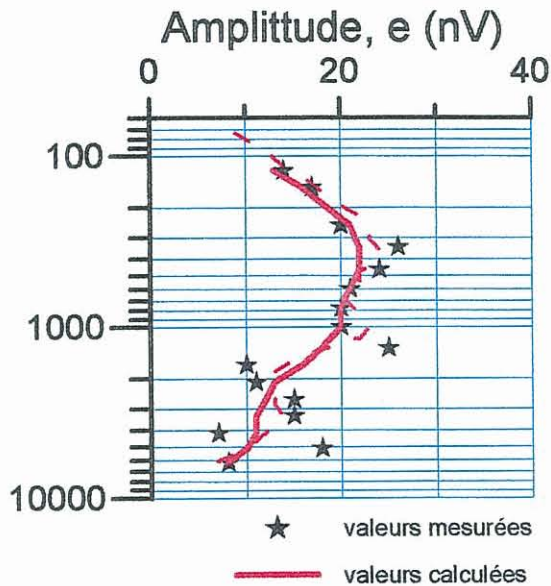
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 23/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9800:34:45

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB19

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

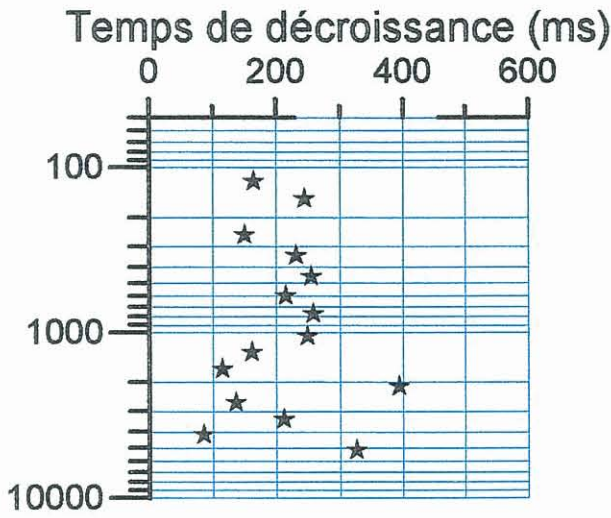
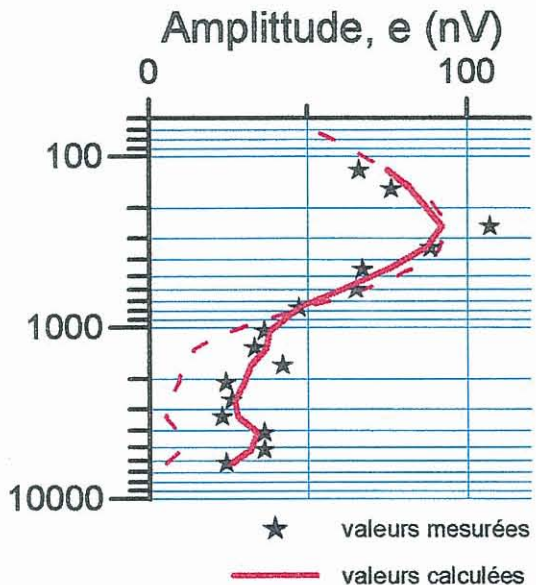
Nombre de stack: 100
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 24/09/98

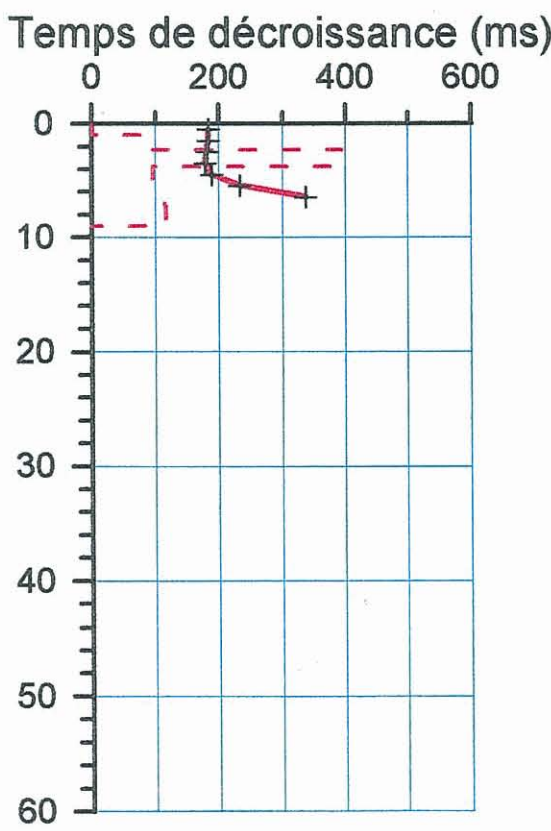
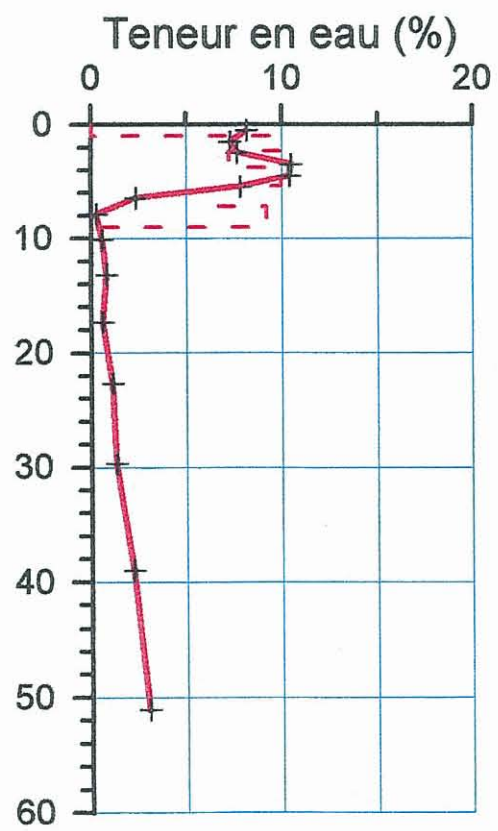
Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9800:55:33

Pulse d'excitation (A.ms)



Profondeur (m)



SONDAGE RMP PLB19

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

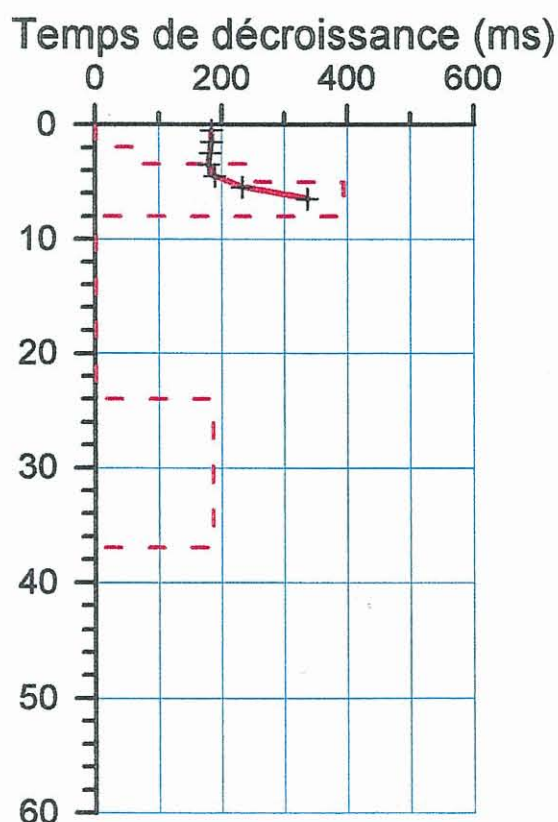
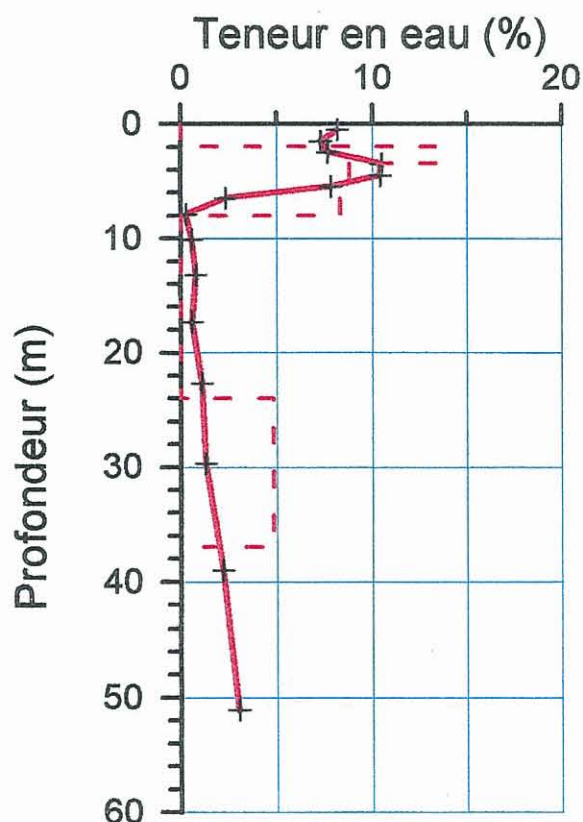
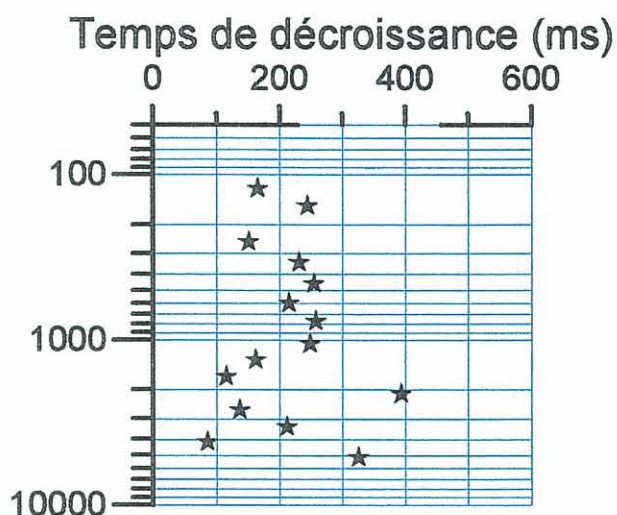
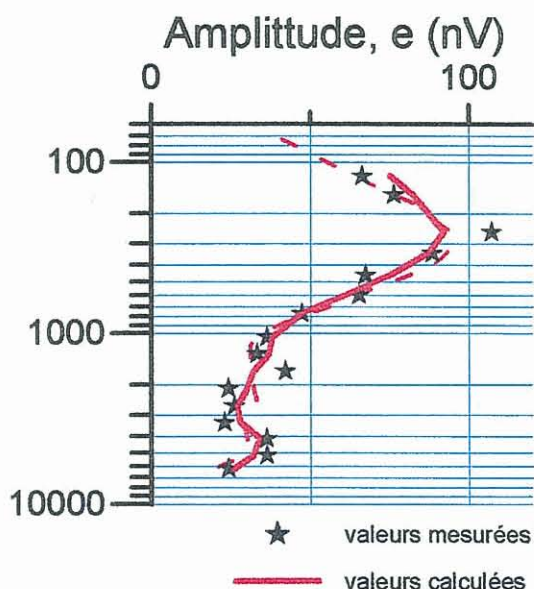
Nombre de stack: 100
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 24/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9801:05:10

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB19

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

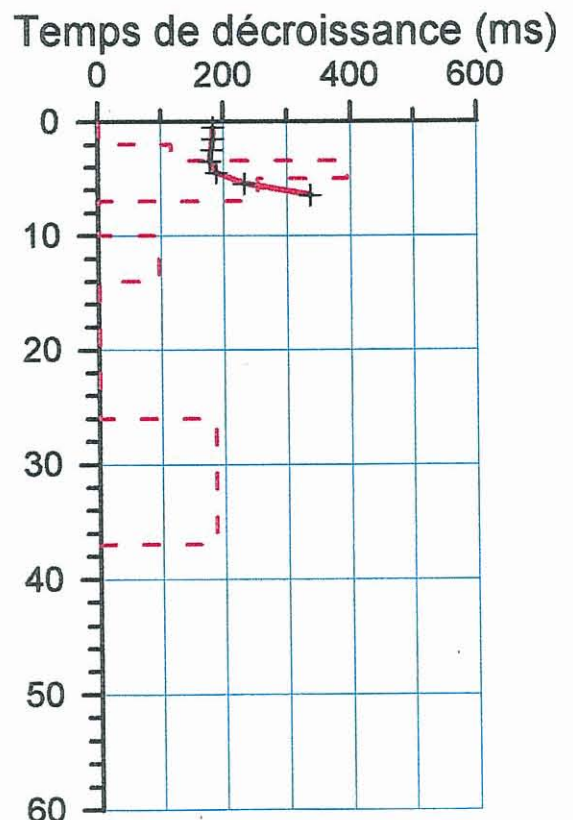
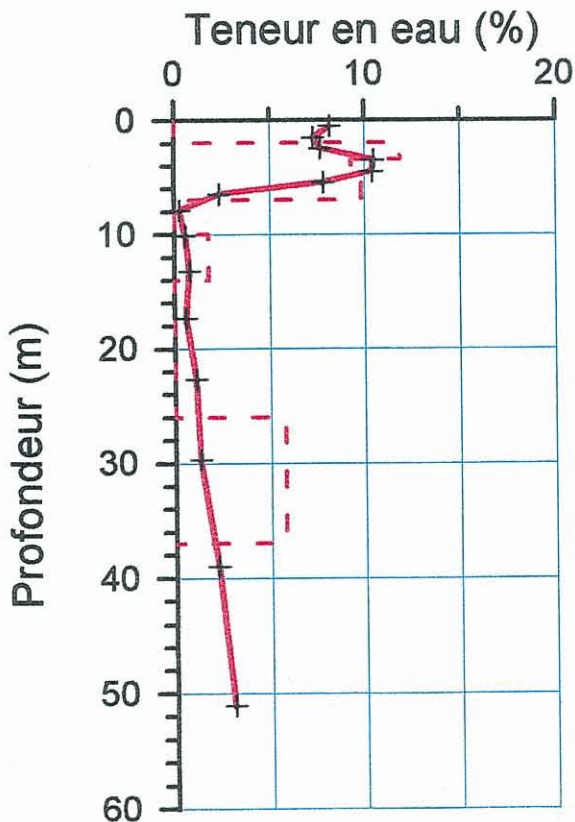
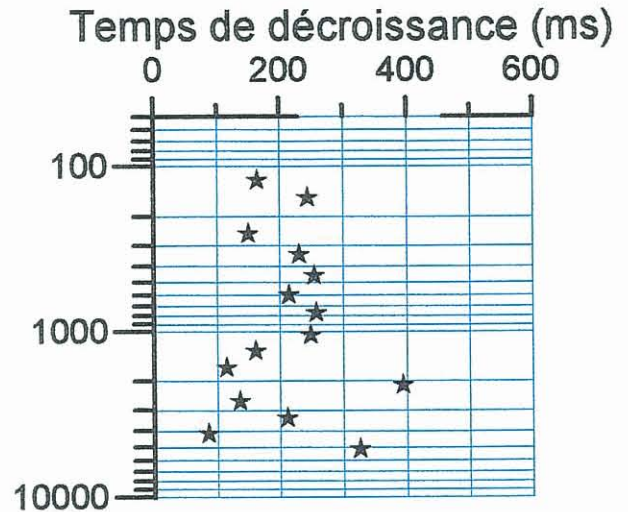
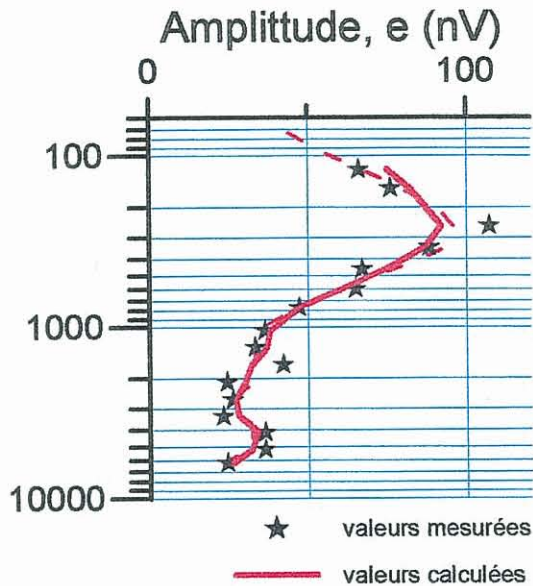
Nombre de stack: 100
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 24/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9801:17:45

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB20

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

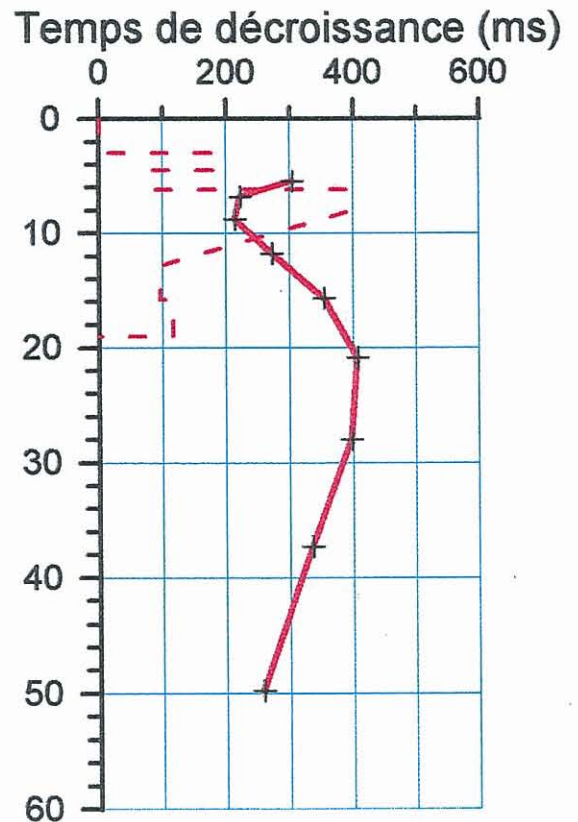
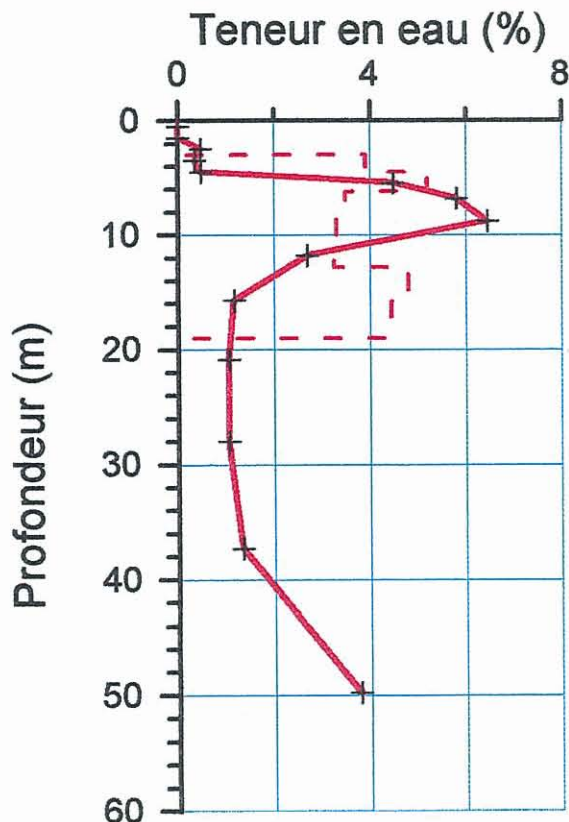
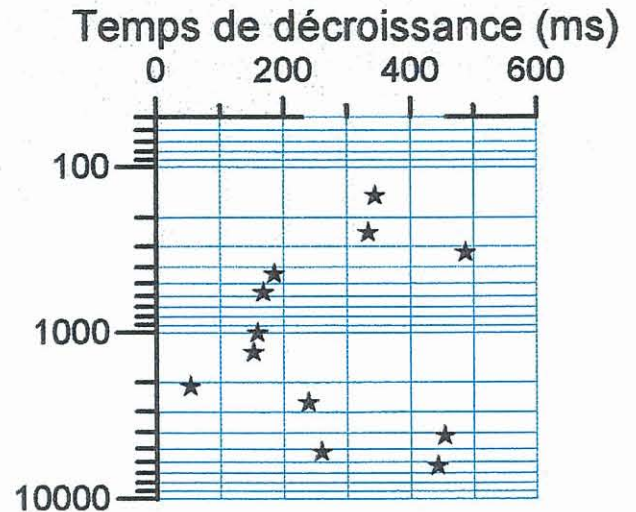
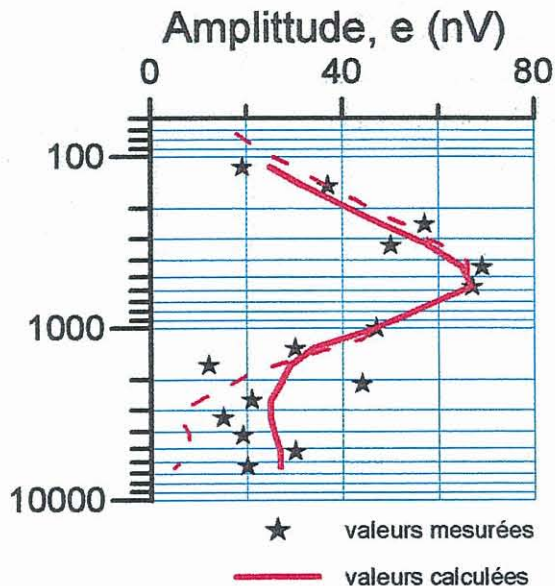
Nombre de stack: 250
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 24/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 11/01/98 16:19:57

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB20

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

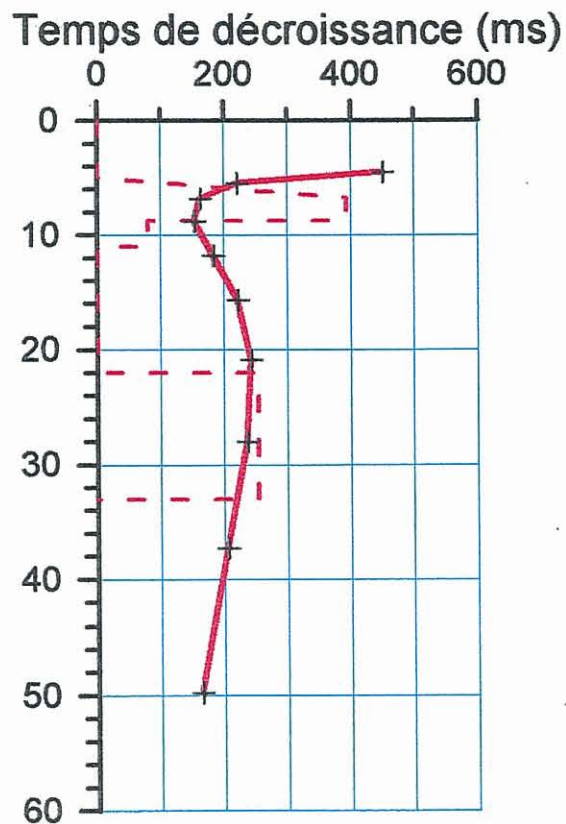
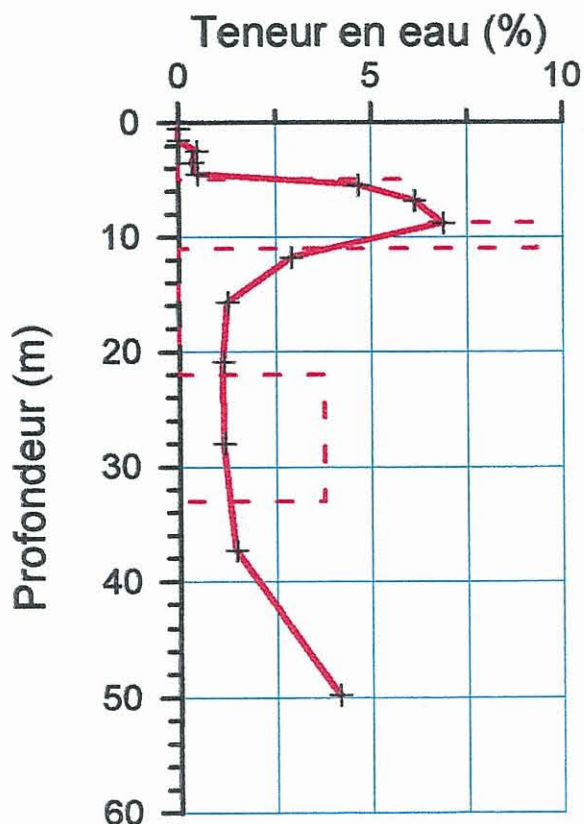
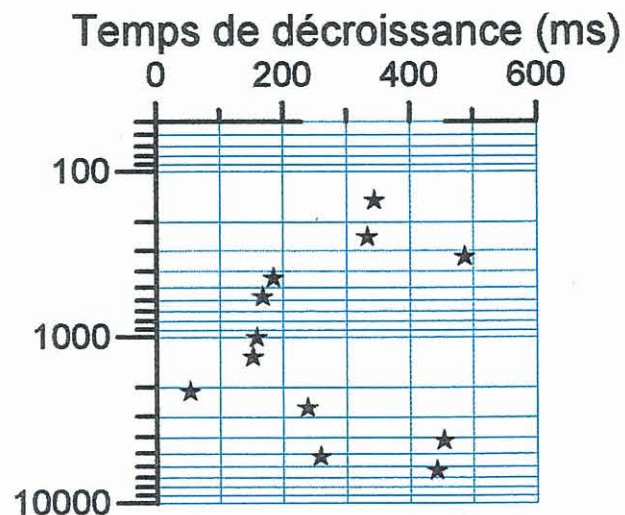
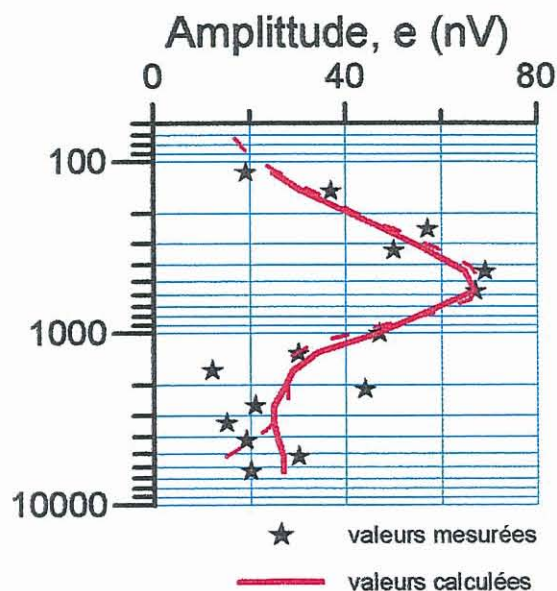
Nombre de stack: 250
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 24/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 11/01/9816:34:59

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB20

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

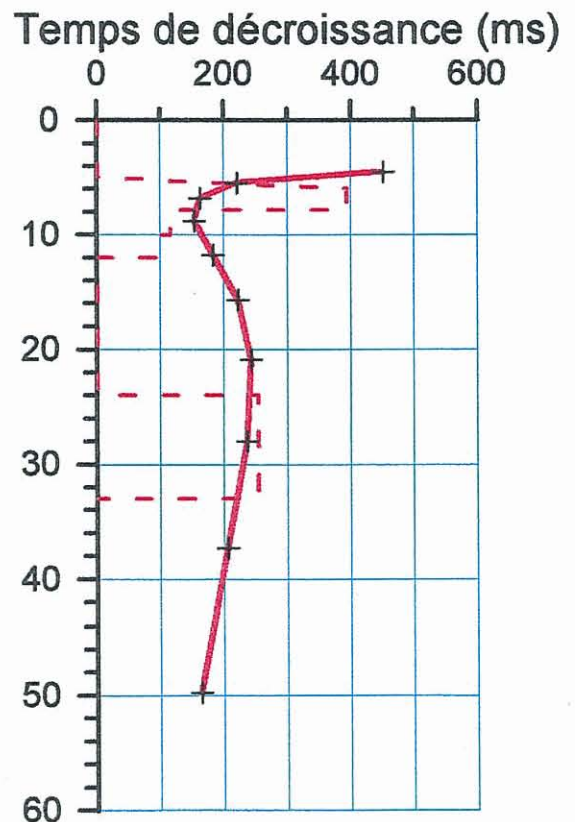
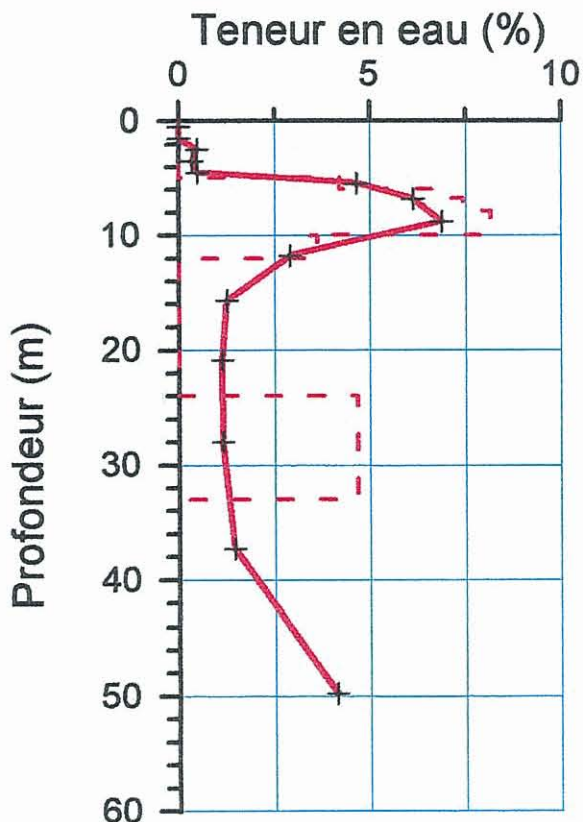
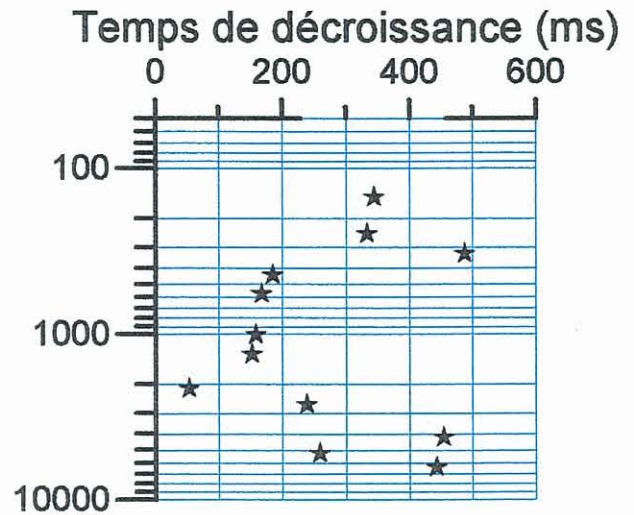
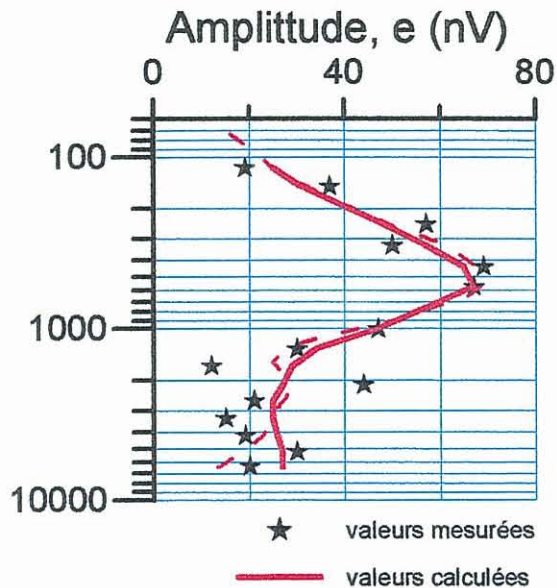
Nombre de stack: 250
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 24/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 11/01/98 16:44:10

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB21

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

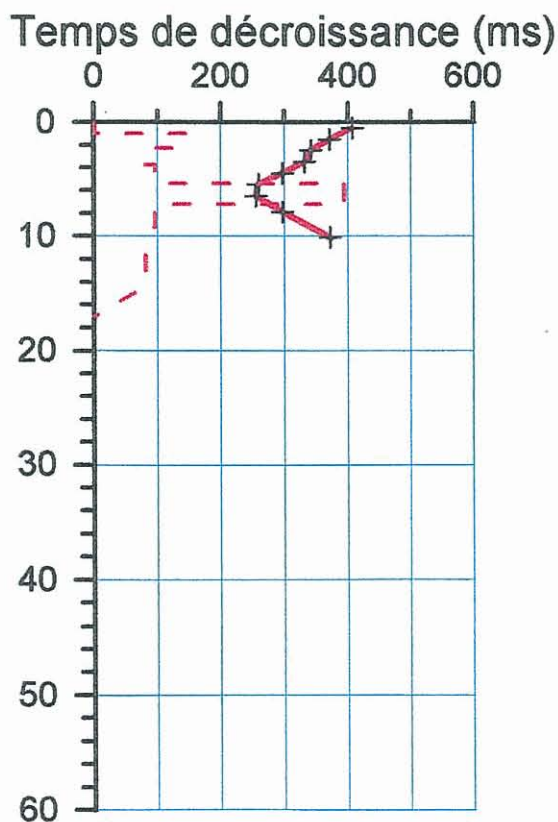
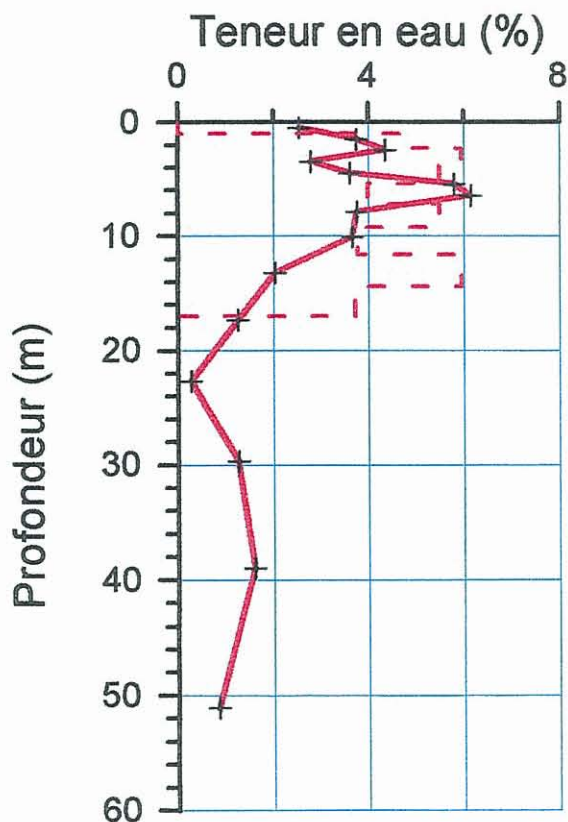
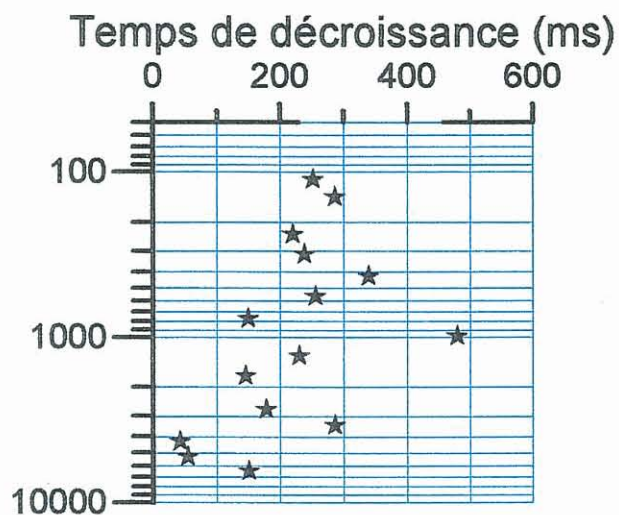
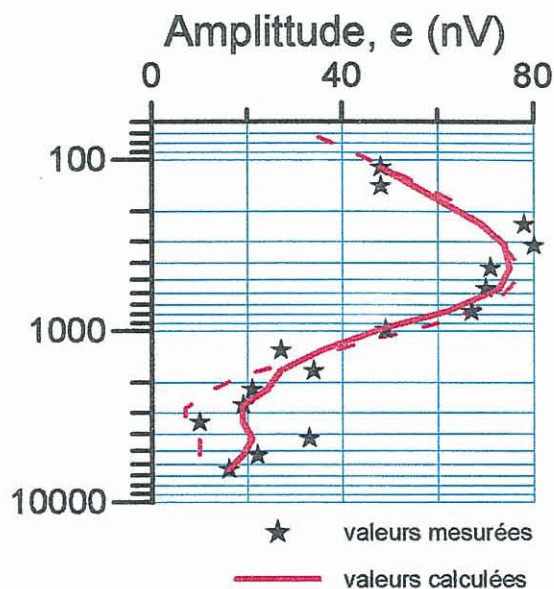
Nombre de stack: 300/200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 25/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9802:04:43

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB21

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

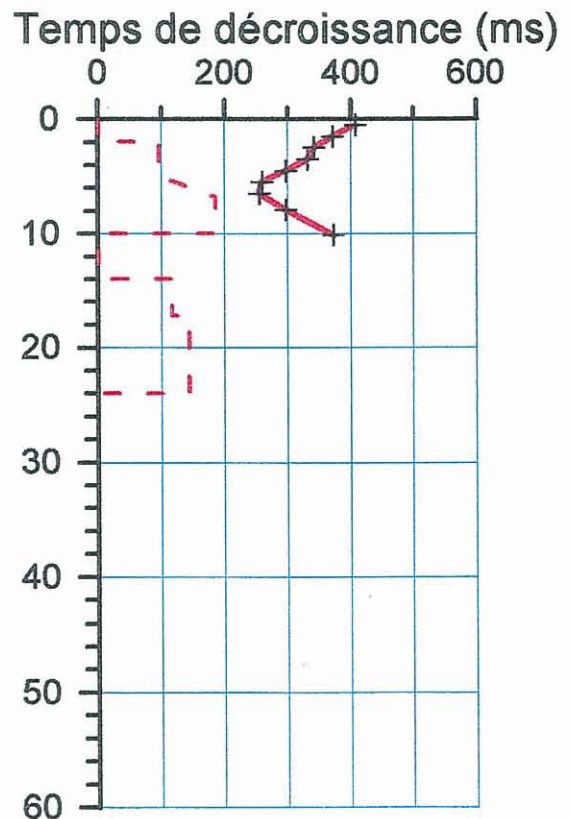
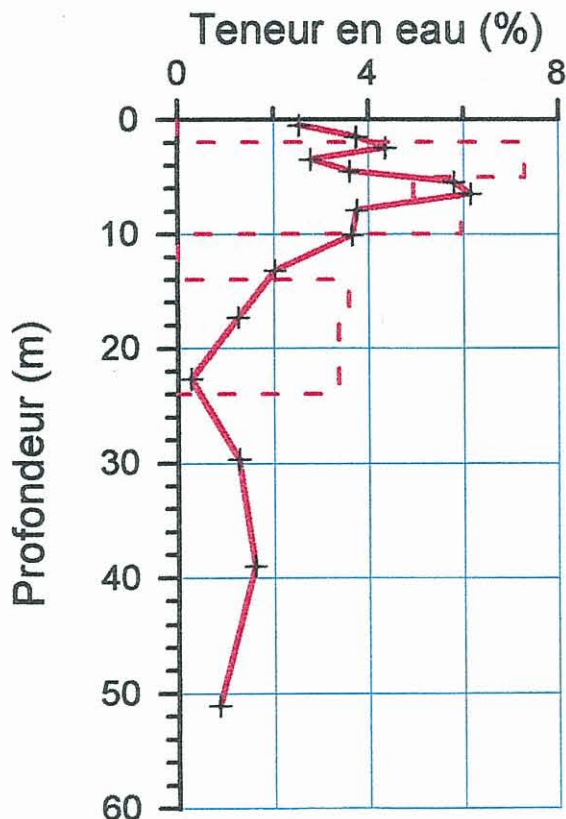
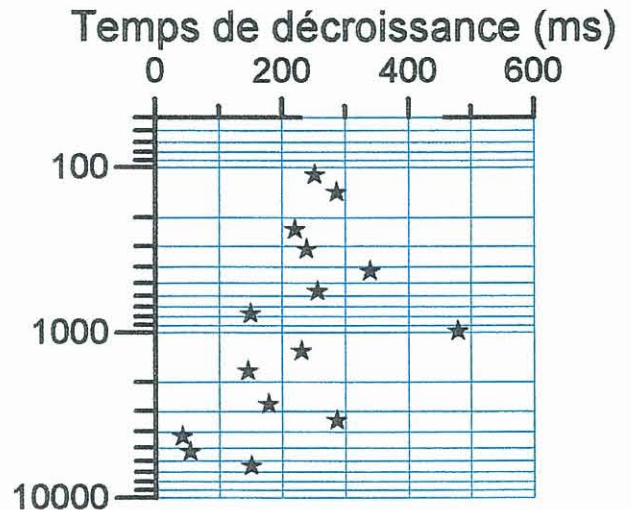
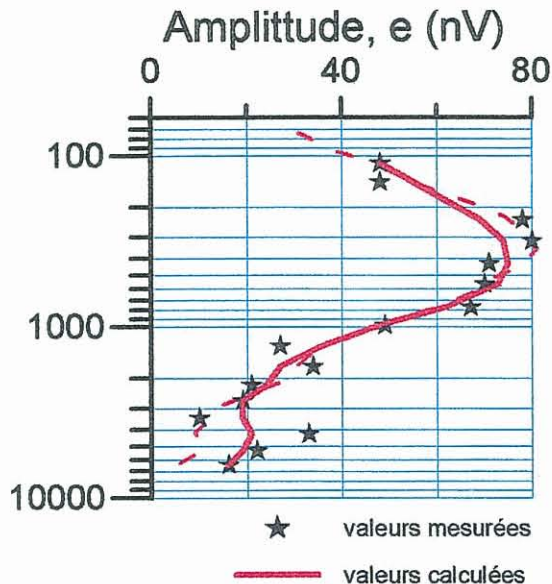
Nombre de stack: 300/200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 25/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9802:11:35

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB21

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

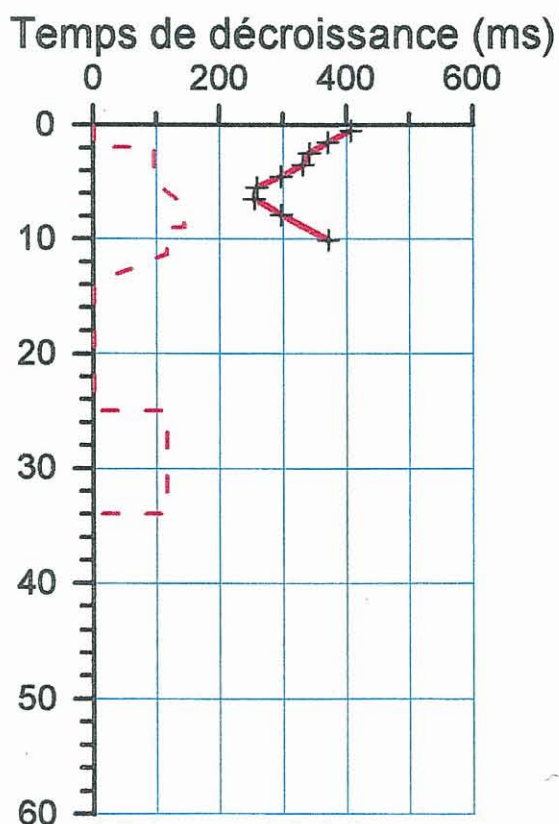
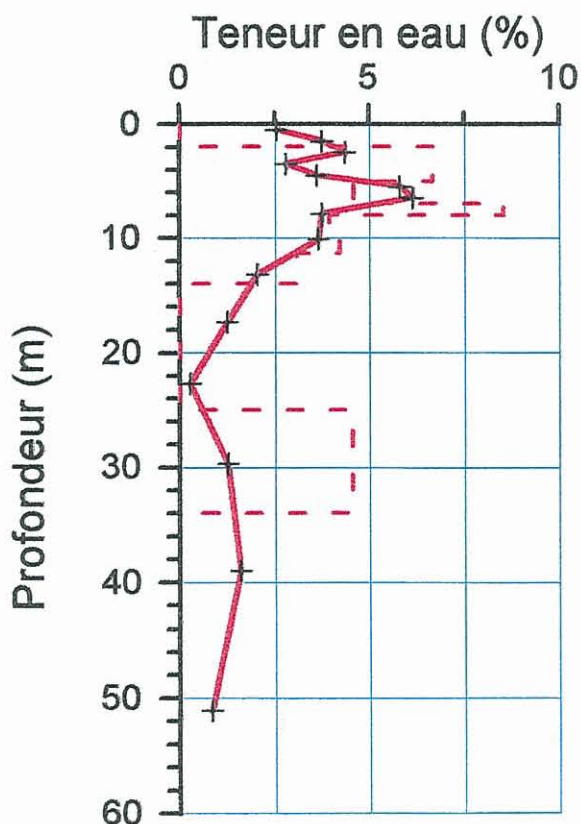
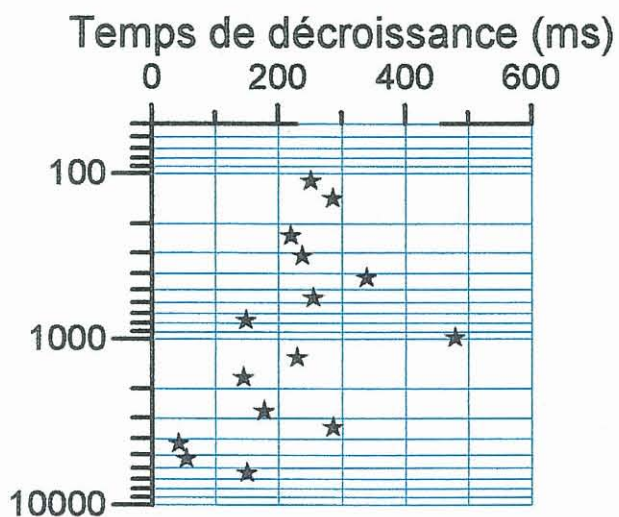
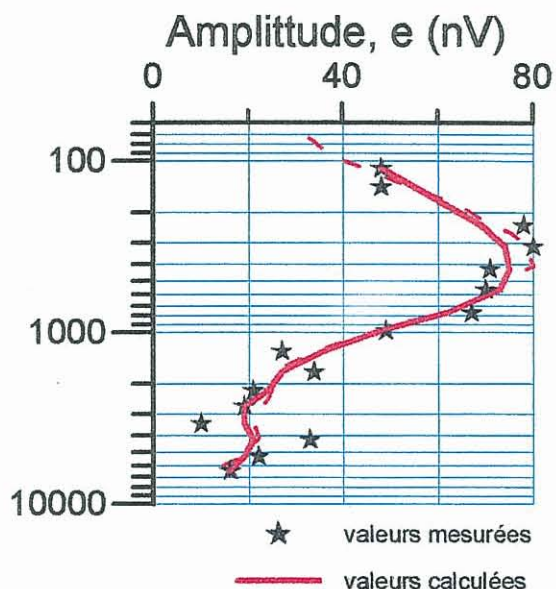
Nombre de stack: 300/200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 25/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9802:18:48

Pulse d'excitation (A.ms)



SONDAGE RMP PLB22

résultats d'inversions

Type d'antenne: en 8 carré
Dimension d'antenne: 37 m
de côté

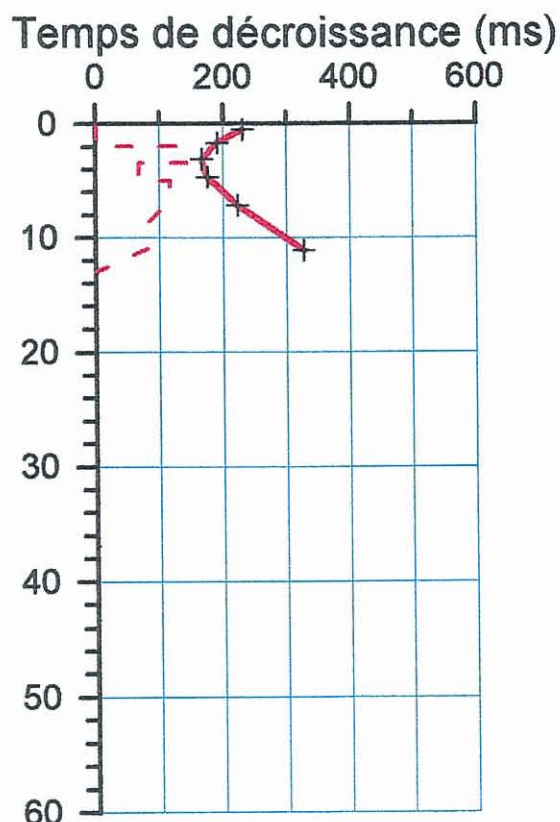
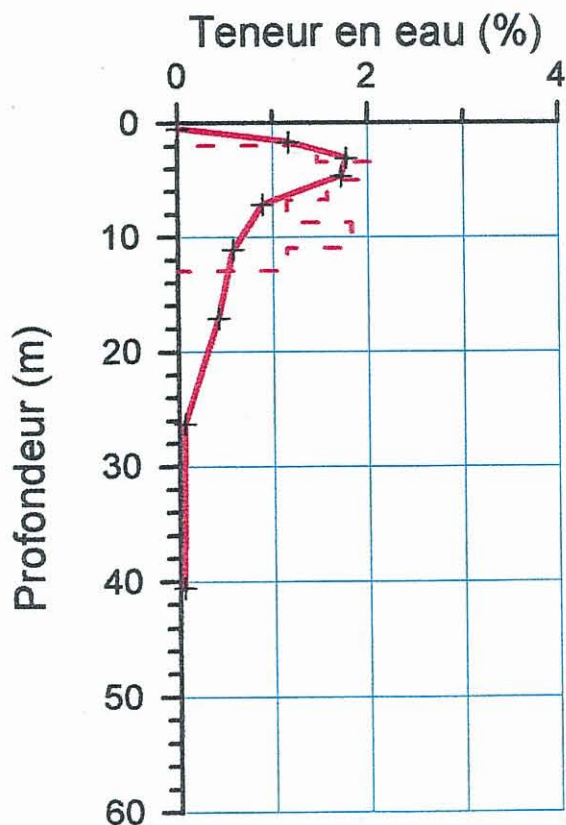
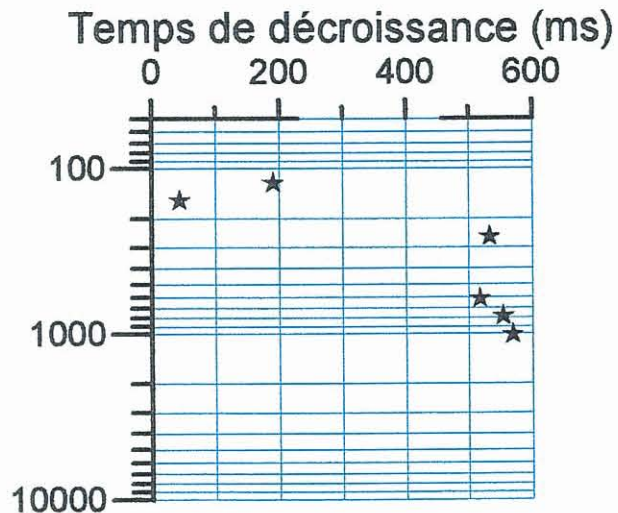
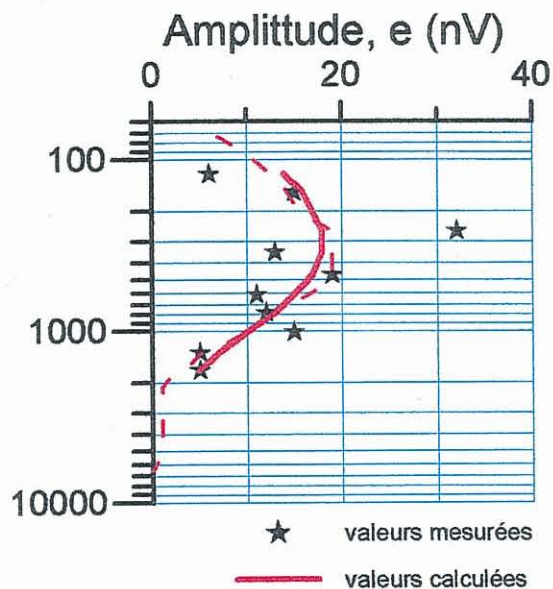
Nombre de stack: 200
Processing window: 240 ms
Filt. time constant: 5 ms

Date: 25/09/98

Site: Finistère Nord

édition: 10/28/9802:39:18

Pulse d'excitation (A.ms)



BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Cartographie
BP 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 2 - France - Tél.: (33) 02.38 64 34 34