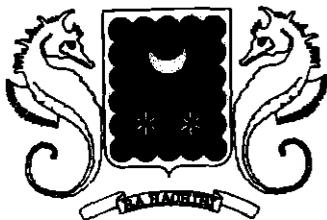
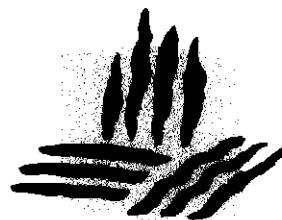


Collectivité Départementale de Mayotte



COLLECTIVITE DEPARTEMENTALE
DE MAYOTTE



DIRECTION
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA FORET

***Programme de recherche et d'exploitation des
eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002***

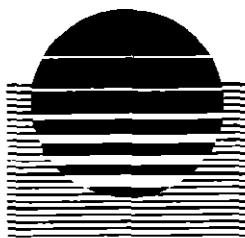
***Synthèse des résultats des reconnaissances géologiques,
hydrogéologiques, géophysiques et radon.***

Propositions d'implantation des sondages de reconnaissance

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM (fiche 01-EAU-284)

T. Jourdain, P. Lachassagne, D. Lebon, J.M. Miehé, R. Mouron

janvier 2002
Rapport BRGM/RP- 51498 -FR
2002 MAY 01



BRGM

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

Mots clés : Eaux souterraines, Emanométrie radon, Géologie, Géophysique, Hydrogéologie, Implantation de sondages de reconnaissance, île de Mayotte.

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

JOURDAIN T., LACHASSAGNE P., LEBON D., MIEHE J.M., MOURON R. (2002) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte campagne 2001-2002 - Synthèse des résultats des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et radon - Propositions d'implantation des sondages de reconnaissance - Rap. BRGM/RP-51498-FR – 2002 MAY 01, 115 p., 33 fig., 6 tab., 4 ann.

© BRGM, 2002

Synthèse

Dans le cadre d'un deuxième programme d'exploration par forages des eaux souterraines à Mayotte, conduit par le BRGM dans le cadre de sa programmation de service public 2001, un volet préliminaire de synthèse des campagnes précédentes, ainsi que des investigations de terrain (géologie, hydrogéologie, géophysique – méthode des panneaux électriques, émanométrie radon) ont été réalisés de début juillet à octobre 2001. Cette deuxième campagne a été mise en oeuvre sur cinq zones (Bandrélé, Bouyouni, Mtsangamouji, Poroani et Mtsapéré) désignées par les services de la DAF en fonction des besoins en eau.

Des prospections détaillées ont été lancées sur ces secteurs cibles (prospection géologique, hydrogéologique, géophysique, et émanométrie radon) afin d'optimiser l'implantation des forages.

D'une manière générale, la démarche mise en oeuvre pour implanter les forages a été la suivante :

- synthèse des enseignements géologiques et hydrogéologiques obtenus des campagnes précédentes ;
- analyse stéréoscopique **linéamentaire** sur photographies aériennes IGN (photographies de la campagne « Mayotte 1997 » - échelle 1/25 000) ;
- reconnaissances **géologiques** (lithologie des terrains affleurants, morphologie, relation lithologie/morphologie, permettant de dresser une **carte lithologique sommaire** de chacun des sites) et **hydrogéologiques** de terrain (mesures de la conductivité électrique des eaux de surface, évaluation du débit d'étiage des cours d'eau et détermination du contexte d'émergence des eaux souterraines, etc.) ;
- campagne de prospection **géophysique** par panneaux électriques (détermination de la géométrie en profondeur des formations géologiques repérées en surface) ;
- campagne de prospection **radon** (recherche des zones de fractures).

Les critères environnementaux (vulnérabilité aux pollutions, aux risques naturels) et d'accessibilité des sites aux engins de forage ont été également pris en considération dans la sélection qui a été faite des sites d'implantation.

Le tableau ci-après récapitule les résultats acquis et l'interprétation qui en a été faite pour une implantation prévisionnelle des sondages sur les 5 zones désignées.

La numérotation des forages (1, 2, 3 et 4) correspond à un choix d'ordre préférentiel de réalisation des forages au sein de chaque zone. Il est ainsi préconisé de forer en premier lieu sur l'ensemble des sites « 1 » définis sur chacun des secteurs étudiés. Les résultats de ces premiers forages permettront de s'orienter en cas d'échec ou de succès vers les autres sites d'implantation (sites 2, 3 ou 4).

Tableau récapitulatif de l'ensemble des méthodes d'investigation pour l'implantation des sites de forage

Site	N° de forage	Coordonnée en X	Coordonnée en Y	Position NGM (a)	Localisation/profil géophysique (b)	Profondeur prévisualisée (c)	Formation cible (d)	Résistivité (en Ohm.m) (e)	Activité radon (en Bq/m³/100) (f)	Distance au littoral (en m) (g)	Intérêt hydrogéologique (h)	Risque versant (craie ou liège) (i)	Risque supposé de contamination du biseau capté (j)	Accessibilité (k)	Vulnérabilité (l)
Bouyouni															
Bouyouni-Méresse	Site 1	514 400	8 562 260	16	Abcisse 475	80 m	Résistant en surface (Basalte à olivine)	>150	640	550	perméabilité supposée, écoulement d'eau dans ravine	2,7	moyen à fort	facile (25 m d'un chemin de terre: piste d'accès)	culture, végétation dense, hors zone constructible
							Conducteur sous-jacent (Basalte?)	10 à 40							
Bouyouni-Méresse	Site 2	514 302	8 591 978	26	Abcisse 170	80 m	Résistant (Basalte à olivine)	>150	-	930					
Bouyouni-Méresse	Site 3	514 308	8 591 107	22	50 m à l'ouest de l'abcisse 300	80 m	Conducteur (Basalte à olivine)	20 à 40	1080	800	faible	très facile	habitation à moins de 50m, hors zone constructible		
Bouyouni-Bouyouni	Site 1	515 268	8 590 549	48	20 m à l'ouest de l'abcisse 530	80 m	Conducteur en surface (Basalte à pyroxène?)	6 à 30	360	1700	perméabilité supposée, écoulement d'eau dans ravine	9	très faible	facile (20 m d'un chemin de terre: piste d'accès)	habitation à moins de 50m, culture, hors zone constructible
							Résistant en profondeur (Basalte à olivine?)	50 à 150							
Bouyouni-Bouyouni	Site 2	515 429	8 590 695	33	25 m à l'est de l'abcisse 130	80 à 80 m	Résistivité intermédiaire (Basalte à olivine?)	15 à 30	170	1930				facile (25 m d'un chemin de terre: piste d'accès)	habitation à plus de 250m, hors zone constructible
Bouyouni-Bouyouni	Site 3	515 403	8 590 732	52	25m à l'est de l'abcisse 220	50 à 80 m	Conducteur en surface (Basalte à pyroxène?)	6 à 30	220	2000					
Bandré															
Bandré-Dagoni	Site 1	520 192	8 572 998	18	15 m au nord de l'abcisse 200	80 m	Résistant en profondeur (Basalte à olivine?)	>100	-	500	perméabilité supposée, écoulement d'eau vers ravine (faible débit)	13,5	moyen	facile (15 m d'un chemin de terre: piste d'accès)	habitation à plus de 300m, zone constructible
Bandré-Dagoni	Site 2	520 331	8 573 032	13	50 m au nord de l'abcisse 50	80 à 100 m	Conducteur en surface (Basalte à pyroxène?)	15 à 20	440	350			fort	facile (50m d'un chemin de terre: piste d'accès)	habitation à plus de 150m, culture, zone constructible
							Résistant intermédiaire sous-jacent (Basalte à olivine?)	40 à 70					faible	facile	habitation à plus de 500 m, hors zone constructible
Bandré-Dagoni	Site 3	519 923	8 572 982	38	Vers l'abcisse 450	80 à 80 m	Résistant intermédiaire en profondeur (Basalte à olivine?)	40 à 70	210	750	faible	facile	habitation à plus de 500 m, hors zone constructible		
Bandré-Dagoni	Site 4	520 055	8 572 982	30	Vers l'abcisse 325	60 à 80 m	Résistant intermédiaire en profondeur (Basalte à olivine?)	40 à 70	-	630	faible	facile	habitation à plus de 500 m, hors zone constructible		
Bandré-Mouhou	Site 1	520 477	8 574 362	20	Vers l'abcisse 250	80 m	Résistant en surface (Basalte à olivine?)	70 à 100	-	570	perméabilité supposée, après 30m NGM: pas d'écoulement d'eau dans ravine	moyen à fort	très facile (proche du chemin de terre)	pas d'habitation, à moins de 50m d'un point d'eau, hors zone constructible	
Bandré-Mouhou	Site 2	520 428	8 574 438	20	Vers l'abcisse 300	minimum 50 m	Résistant intermédiaire en surface (Basalte à olivine?)	40 à 50	570	610			très facile (proche du chemin de terre)	pas d'habitation, à moins de 50m d'un point d'eau, hors zone constructible	
							Conducteur intermédiaire en surface (Basalte à olivine?)	20 à 30	600	800			faible	très facile (proche du chemin de terre)	case améliorée à moins de 150m, hors zone constructible

(i) Informations recueillies à partir de la reconnaissance géologique.

(ii) Informations recueillies à partir de la reconnaissance hydrogéologique.

(iii) Informations recueillies à partir de la prospection géophysique par panneaux électriques.

(iv) Informations recueillies à partir de la prospection émanométrique radon.

Site	N° de forage	Coordonnées en X	Coordonnées en Y	Position NGM (z)	Localisation/profil géophysique (z)	Profondeur prévisoire (z)	Formation citée (i)	Résistivité (en Ohm.m) (ii)	Activité radon (en Bq/m ³ /an) (iv)	Coteaux ou litoral (en m)	Intérêt hydrogéologique (ii)	Bassin versant (surface en km ²)	Risque supporté de contamination du bassin versant	Accessibilité	Vulnérabilité
Mtsapéré															
Mtsapéré-Majimbini	Site 1	522 490	8 387 002	48	10-15m au nord-est de l'abscisse 735	100 m	Résistant en profondeur (Basalte à amphibole?)	50 à 90	400	1400	perméabilité supposée, ravine asséchée, présence d'une source	6,5	faible	facile (10-15 m d'un chemin de terre)	Habitations à plus de 800m, hors zone constructible, zone de culture
Mtsapéré-Majimbini	Site 2	522 775	8 586 804	28	20m au nord-est de l'abscisse 390	100 m	Résistant en profondeur (Basalte à amphibole?)	50 à 70	420	1050	perméabilité supposée, ravine asséchée, présence d'une source			facile (20 m d'un chemin de terre; piste d'accès)	Habitations à plus de 250m, zone constructible
Poroani															
Poroani-Savevi	Site 1	516 446	8 573 852	35	15m au sud-est de l'abscisse 170	100 m	Résistivité intermédiaire entre les plus conducteurs et résistants en profondeur (Basalte à olivine?)	8 à 20	-	800	perméabilité non supposée, ravine asséchée	limite entre deux bassins versants	moyen	facile (15 m d'un chemin de terre; piste d'accès)	Habitations à moins de 75m, culture, zone non constructible
Poroani-Savevi	Site 2	516 516	8 573 953	42	10m au sud-est de l'abscisse 300	100 m	Résistivité intermédiaire entre les plus conducteurs et résistants en profondeur (Basalte à olivine?)	8 à 20	-	930				facile (10 m d'un chemin de terre; piste d'accès)	Habitations à moins de 75m, culture, zone non constructible
Poroani-Manyassini	Site 1	515 461	8 573 096	20	Abcisse 275	70 m	Résistivité intermédiaire (Basalte: dyal ?)	22	-	630					Habitations à moins de 50m, zone non constructible
Poroani-Manyassini	Site 2	515 586	8 573 194	32	Abcisse 450	80 m	Résistant en surface (Basalte à pyroxène) Conducteur en profondeur (Basalte à olivine?)	50 à 130 10 à 12	510	800	perméabilité supposée, écoulement discontinu d'eau dans ravine	3,9	moyen à fort	difficile, ravine à traverser (création d'une piste d'accès)	Habitations à plus de 150m, zone non constructible
Mtsangamouji															
Mtsangamouji-Massimoni	Site 1	508 079	8 590 135	70	25m au nord de l'abscisse 165	100 m	Résistant en surface (Basalte à olivine?) Conducteur sous-jacent (remplissage de la paléovalée ?) Très résistants en profondeur (Basalte ?)	90 à 150 40 à 60 150 à 230	750	870	perméabilité supposée, écoulement discontinu d'eau dans ravine, présence d'une source		faible	facile (environ 250 m d'un chemin de terre; piste d'accès)	Habitations à plus de 500m, zone non constructible, pâturage
Mtsangamouji-Massimoni	Site 2	508 487	8 590 066	92	Vers l'abscisse 575	70 m	Résistivité intermédiaire (Basalte ?)	40 à 100	-	900				facile (proche de la route)	Habitations à moins de 50m, zone constructible
Mtsangamouji-Massimoni	Site 3	507 958	8 590 130	80	Abcisse 110	70 m	Très résistants (Basalte ?)	150 à 230	-	800				facile (environ 350 m d'un chemin de terre; piste d'accès)	Habitations à plus de 800m, zone non constructible, pâturage
Mtsangamouji-Bougourmouhé	Site 1	510 204	8 589 923	35	Abcisse 200	80 m	Très résistants (Basalte granu à px, ol et felfh)	>150	-	950	perméabilité supposée, ravine asséchée		faible	facile (proche de la route)	Pas d'habitations, zone non constructible
Mtsangamouji-Bougourmouhé	Site 2	510 126	8 590 144	39	10m à l'est de l'abscisse 370-375	80 m	Résistivité intermédiaire (Basalte ?)	40	340	1200					

- (i) Informations recueillies à partir de la reconnaissance géologique,
(ii) Informations recueillies à partir de la reconnaissance hydrogéologique,
(iii) Informations recueillies à partir de la prospection géophysique par pannesaux électriques,
(iv) Informations recueillies à partir de la prospection émanométrique radon.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

Sommaire

SYNTHESE	3
1. OBJECTIFS.....	9
2. METHODOLOGIE DE LA PROSPECTION.....	11
3. SYNTHSE DES ENSEIGNEMENTS HYDROGEOLOGIQUES DES CAMPAGNES DE FORAGES PRECEDENTES	13
3.1. LA CAMPAGNE DE FORAGES DE RECONNAISSANCE HYDROGEOLOGIQUE DE 1990-1991	13
3.2. LA CAMPAGNE DE FORAGES DE RECONNAISSANCE HYDROGEOLOGIQUE DE 1999-2000	13
3.2.1. Formations sédimentaires.....	15
3.2.2. Formations volcaniques.....	15
3.2.3. Les forages productifs.....	18
4. PROPOSITION D'IMPLANTATION DES FORAGES D'EXPLORATION	21
4.1. SITE DE BANDRELE.....	21
4.1.1. Données antérieures disponibles.....	21
4.1.2. Observations géologiques de terrain.....	21
4.1.3. Site de Bandrélé-Dagoni.....	26
4.1.4. Site de Bandrélé-Mouhou.....	33
4.2. SITE DE BOUYOUNI.....	39
4.2.1. Données antérieures disponibles.....	39
4.2.2. Observations géologiques de terrain.....	39
4.2.3. Site de Bouyouni-Méresse.....	46
4.2.4. Site de Bouyouni-Bouyouni.....	54
4.3. SITE DE MTSANGAMOUI.....	59
4.3.1. Données antérieures disponibles.....	59
4.3.2. Observations géologiques de terrain.....	61
4.3.3. Site de Mtsangamouji-Béja.....	64
4.3.4. Site de Mtsangamouji-Massimoni.....	68
4.3.5. Site de Mtsangamouji-Boungoumouhé.....	76
4.4. SITE DE POROANI.....	81
4.4.1. Données antérieures disponibles.....	81
4.4.2. Observations géologiques de terrain.....	83
4.4.3. Site de Poroani-Mréréni Bé.....	86
4.4.4. Site de Poroani-Saeva.....	90
4.4.5. Site de Poroani-Manyassini.....	96
4.5. SITE DE MTSAPERE.....	101
4.5.1. Contexte géologique.....	101
4.5.2. Site de Mtsapéré-Majimbini.....	103
5. RECAPITULATIF	113
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	115

Liste des figures :

FIGURE 1 : SITUATION DES ZONES PRESELECTIONNEES POUR LA REALISATION DE LA CAMPAGNE DE FORAGE 2001-2002	10
FIGURE 2 : LOCALISATION DES FORAGES REALISES LORS DES CAMPAGNES DE RECHERCHE EN EAUX SOUTERRAINES EN 1990 ET 1999-2000.	14
FIGURE 3 : SITE DE BANDRELE - LOCALISATION DE LA ZONE PROSPECTEE	23
FIGURE 4 : SITE DE BANDRELE - CARTE LITHOLOGIQUE INTERPRETATIVE.....	25
FIGURE 5 : SITE DE BANDRELE - CARTE DES LINEAMENTS	27
FIGURE 6 : SITE DE BANDRELE-DAGONI - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	29
FIGURE 7 : SITE DE BANDRELE - CARTE D'IMPLANTATION DES FORAGES	32
FIGURE 8 : SITE DE BANDRELE-MOUHOU - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	35
FIGURE 9 : SITE DE BOUYOUNI - LOCALISATION DE LA ZONE PROSPECTEE	43
FIGURE 10 : SITE DE BOUYOUNI - CARTE LITHOLOGIQUE INTERPRETATIVE.....	45
FIGURE 11 : SITE DE BOUYOUNI - CARTE DES LINEAMENTS	48
FIGURE 12 : SITE DE BOUYOUNI-MERESSE - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	50
FIGURE 13 : SITE DE BOUYOUNI - CARTE D'IMPLANTATION DES FORAGES	53
FIGURE 14 : SITE DE BOUYOUNI-BOUYOUNI - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	56
FIGURE 15 : SITE DE MTSANGAMOUI - LOCALISATION DE LA ZONE PROSPECTEE	60
FIGURE 16 : SITE DE MTSANGAMOUI - CARTE LITHOLOGIQUE INTERPRETATIVE.....	63
FIGURE 17 - SITE DE MTSANGAMOUI - BEJA - PROFIL DIPOLE-DIPOLE D= 25 ET 50M.....	67
COUPE DE RESISTIVITE INVERSEE.....	67
FIGURE 18 : SITE DE MTSANGAMOUI - CARTE DES LINEAMENTS	70
FIGURE 19 : SITE DE MTSANGAMOUI-MASSIMONI - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	72
FIGURE 20 : SITE DE MTSANGAMOUI - CARTE D'IMPLANTATION DES FORAGES	75
FIGURE 21 : SITE DE MTSANGAMOUI-BOUNGOUMOUHE - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	77
FIGURE 22: SITE DE POROANI - LOCALISATION DE LA ZONE PROSPECTEE	82
FIGURE 23 : SITE DE POROANI - CARTE LITHOLOGIQUE INTERPRETATIVE.....	85
FIGURE 24 - SITE DE POROANI, MRERENI BE, PROFIL 12 - PROFIL DIPOLE-DIPOLE D= 25 ET 50M.....	89
COUPE DE RESISTIVITE INVERSEE.....	89
FIGURE 25 : SITE DE POROANI - CARTE DES LINEAMENTS	91
FIGURE 26 : SITE DE POROANI-SAEVA - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	93
FIGURE 27 : SITE DE POROANI - CARTE D'IMPLANTATION DES FORAGES	95
FIGURE 28 : SITE DE POROANI-MANYASSINI - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	98
FIGURE 29 : SITE DE MTSAPERE - LOCALISATION DE LA ZONE PROSPECTEE	102
FIGURE 30 : SITE DE MTSAPERE - CARTE LITHOLOGIQUE INTERPRETATIVE.....	105
FIGURE 31 : SITE DE MTSAPERE - CARTE DES LINEAMENTS	107
FIGURE 32 : SITE DE MTSAPERE-MAJIMBINI - CORRELATION ENTRE LES CAMPAGNES EMANOMETRIQUES, GEOPHYSIQUES ET L'ETUDE DES LINEAMENTS.....	109
FIGURE 33 : SITE DE MTSAPERE - CARTE D'IMPLANTATION DES FORAGES	112

Liste des tableaux :

TABLEAU 1 : SYNTHÈSE DES FORMATIONS AQUIFÈRES DE LA CAMPAGNE PRÉCÉDENTE.....	20
TABLEAU 2 : CORRELATION ENTRE LES FORMATIONS LITHOLOGIQUES DU FORAGE BEJA 1	64
ET LEURS RESISTIVITÉS APPARENTES.	64
TABLEAU 3 : CORRELATION ENTRE LES FORMATIONS LITHOLOGIQUES DU FORAGE BEJA 2	65
ET LEURS RESISTIVITÉS APPARENTES.	65
TABLEAU 4 : CORRELATION ENTRE LES FORMATIONS LITHOLOGIQUES DU FORAGE DE MRERENI 1	86
ET LEURS RESISTIVITÉS APPARENTES.	86
TABLEAU 5 : CORRELATION ENTRE LES FORMATIONS LITHOLOGIQUES DU FORAGE MRERENI 2	87
ET LEURS RESISTIVITÉS APPARENTES.	87
TABLEAU 6 : PROFONDEURS PRÉVISIONNELLES DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE ET LOCALISATION PROPOSÉE (A LA LUMIÈRE DES DONNÉES GÉOLOGIQUES, GÉOPHYSIQUES ET RADON).	113

Liste des annexes :

Annexe 1 : Cartes d'affleurements lithologiques

- Figure A1.1. Site de Bandrélé
- Figure A1.2. Site de Bouyouni
- Figure A1.3. Site de Mtsangamouji
- Figure A1.4. Site de Poroani
- Figure A1.5. Site de Mtsapéré

Annexe 2 : Prospection émanométrique : principes, mise en œuvre et méthode d'interprétation ;

Résultats des campagnes de prospection radon :

- 2.1. Site de Bandrélé-Dagoni
- 2.2. Site de Bandrélé-Mouhou
- 2.3. Site de Bouyouni-Meresse
- 2.4. Site de Bouyouni-Bouyouni
- 2.5. Site de Mtsangamouji-Massimoni
- 2.6. Site de Mtsangamouji-Boungoumouhé
- 2.7. Site de Poroani-Saeva
- 2.8. Site de Poroani-Manyassini
- 2.9. Site de Mtsapéré-Majimbini

Annexe 3 : Rapport géophysique : méthodes et moyens, panneau électrique d'étalonnage, résultats et conclusion.

Annexe 4 : Données antérieures

- Figure A4.1. Site de Bouyouni - Coupes lithologique et technique du forage de Dzoumonyé (1230-2X-0017)
- Figure A4.2. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mtsangamouji, a. (1230-6X-0011), b. (1230-6X-0016) et c. (1230-6X-0017)

Figure A4.3. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Béja a. (1230-6X-0014) et b. (1230-6X-0015)

Figure A4.4. Site de Poroani - Coupes lithologique et technique du forage de Poroani (1231-2X-0032)

Figure A4.5. Site de Poroani - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mréréni a. (1231-2x-0033) et b. (1231-2X-0034) et c. (1231-2X-0035)

1. Objectifs

La Collectivité Départementale de Mayotte, assistée par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt, met en œuvre un programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines sur l'île de Mayotte depuis 1998. Ce programme a été initié en 1998 par le BRGM, à partir de sa dotation de service public, par une évaluation technique et économique de la faisabilité d'un tel programme (rapport BRGM/R 40184 – 98 REU 26).

Au cours des années 1999 et 2000, dans le cadre de sa programmation de service public, et sur cofinancement de la Collectivité Départementale et de fonds propres, le BRGM a engagé **un programme d'exploration prioritaire** qui a porté sur huit sites répartis sur le pourtour de l'île, pré-sélectionnés en concertation avec la DAF, en tenant compte des résultats des études et travaux antérieurs. Sur l'ensemble de ces sites, 14 forages ont été réalisés dont 9 d'entre-eux se sont révélés positifs et peuvent être mis en exploitation. A l'heure actuelle, un des 9 forages est exploité, les 8 autres sont en cours d'équipement pour une mise en exploitation.

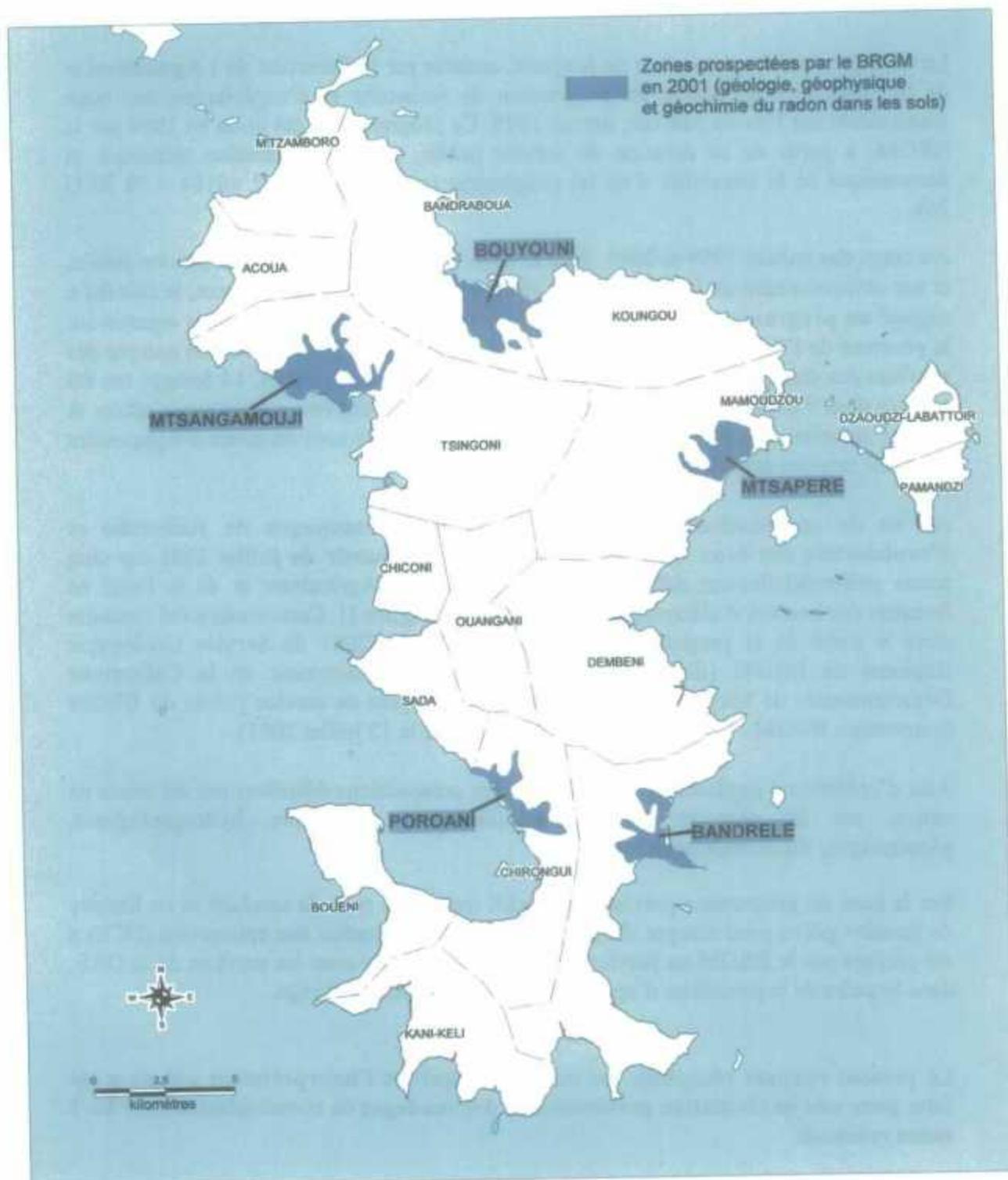
Au vu de ces résultats satisfaisants, **une seconde campagne de recherche et d'exploitation des eaux souterraines a été lancée à partir de juillet 2001** sur cinq zones préférentiellement définies par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt en fonction des besoins d'alimentation en eau de l'île (Figure 1). Cette étude a été conduite dans le cadre de la programmation de Service public 2001 du Service Géologique Régional du BRGM (fiche SP 01-EAU-284), sur financement de la Collectivité Départementale de Mayotte et à partir des fonds propres de service public du BRGM (convention BRGM / Collectivité Territoriale, signée le 12 juillet 2001).

Afin d'optimiser l'implantation des forages, des prospections détaillées ont été mises en œuvre sur les secteurs cibles (reconnaitances géologique, hydrogéologique, géophysique, émanométrie radon, etc.).

Sur la base du programme prévisionnel établi (relatif au type de sondage et au linéaire de foration prévu pour chaque site), un dossier de consultation des entreprises (DCE) a été préparé par le BRGM en janvier 2002 en collaboration avec les services de la DAF, dans le cadre de la procédure d'appel d'offres des travaux de forage.

Le présent rapport récapitule les résultats acquis et l'interprétation qui en a été faite pour une implantation prévisionnelle des sondages de reconnaissance sur les 5 zones retenues.

Figure 1 : Situation des zones présélectionnées pour la réalisation de la campagne de forage 2001-2002



2. Méthodologie de la prospection

Dans le cadre du projet, les cibles d'implantations ont été choisies à partir des études et investigations de terrain conduites par le BRGM.

- synthèse des enseignements géologiques et hydrogéologiques des campagnes précédentes ;
- analyse stéréoscopique **linéamentaire** sur photographies aériennes IGN (photographies de la campagne « Mayotte 1997 » - échelle 1/25 000) ;
- reconnaissances **géologiques** (lithologie des terrains affleurant, morphologie, relation lithologie/morphologie, permettant de dresser une carte lithologique sommaire de chacun des sites) et **hydrogéologiques** de terrain (mesures de la conductivité électrique des eaux de surface, évaluation du débit d'étiage des cours d'eau et détermination du contexte d'émergence des eaux souterraines, etc.)
- campagne de prospection **géophysique** par panneaux électriques (Annexe 3);
- campagne de prospection **radon** (Annexe 2).

La méthodologie mise en oeuvre a consisté à croiser les différentes informations disponibles pour sélectionner des sites d'implantation optimale sur le plan hydrogéologique.

Les implantations retenues *in fine* ont été définies en concertation avec la DAF, afin de tenir compte des contraintes d'accès et de foncier, mais aussi de l'intérêt de la ressource potentielle du point de vue des infrastructures d'adduction existantes et des besoins en eau exprimés.

Ces implantations pourront, le cas échéant, être revues en concertation avec le maître d'ouvrage, suivant les résultats obtenus au cours de l'avancement du chantier de forage, valorisant ainsi les données de foration.

D'une manière générale, la démarche mise en œuvre a consisté à rechercher des formations géologiques :

- 1) présentant des propriétés hydrodynamiques favorables, permettant d'assurer un débit instantané significatif dans les forages. Au sein des formations volcaniques, il s'est agi d'identifier des unités lithologiques susceptibles d'être dotées d'une perméabilité originelle importante (perméabilité d'interstices ou de fissures) et/ou d'une perméabilité secondaire (perméabilité de fractures). A cet effet, les reconnaissances géologiques de terrain et la géophysique sont plus particulièrement destinées à l'identification de la nature lithologique et de la géométrie des formations qui seront recoupées par forage ; la prospection radon et la photo-interprétation sont destinées à localiser d'éventuelles zones fracturées ;
- 2) situées dans un contexte morphologique permettant, d'une part, la saturation en eau d'un réservoir d'eau souterraine (niveau piézométrique relativement proche de la surface du sol) et autorisant d'autre part, en particulier en contexte littoral, une bonne alimentation de l'aquifère et sa protection vis à vis du biseau salé (lithologie favorisant la recharge de l'aquifère, bassin versant d'alimentation de taille suffisante, etc.). Les observations hydrogéologiques de terrain ainsi que la géophysique doivent également apporter des éléments d'information en ce sens.

Les critères environnementaux (vulnérabilité aux pollutions, aux risques naturels) et d'accessibilité des sites aux engins de forage ont été également pris en considération dans la sélection qui a été faite des sites d'implantation.

3. Synthèse des enseignements hydrogéologiques des campagnes de forages précédentes

3.1. LA CAMPAGNE DE FORAGES DE RECONNAISSANCE HYDROGEOLOGIQUE DE 1990-1991

Suite à une première campagne de prospection géophysique à vocation hydrogéologique (63 sondages électriques répartis sur 11 sites représentatifs) [Daessle and Verrez, 1987], en 1990-1991, une campagne de forages de reconnaissance hydrogéologique (18 forages sur 15 sites, pour un mètre total de 854 m) a été menée au sein des formations volcaniques [Mauroux, 1992] (Figure 2).

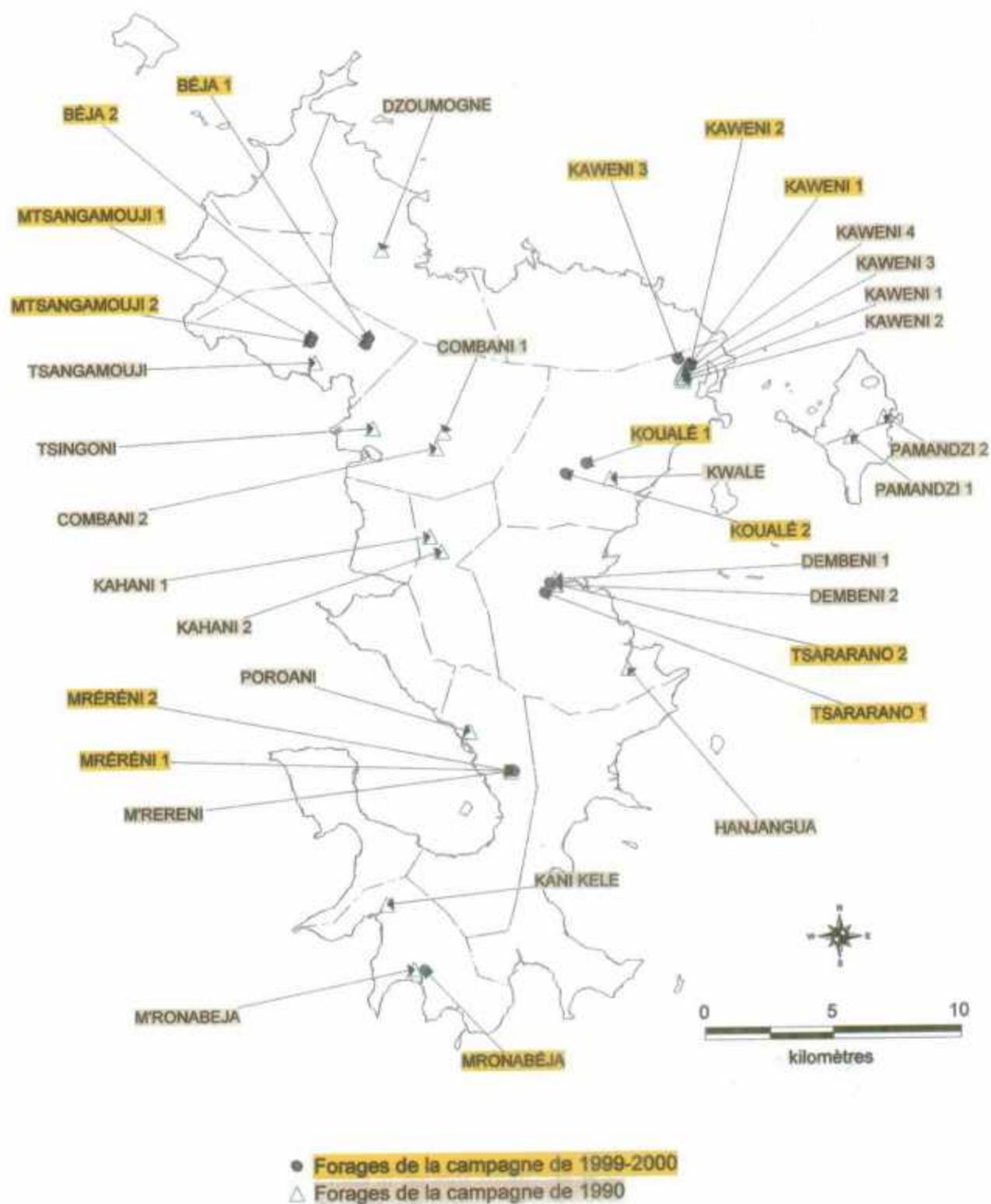
Compte tenu du matériel de forage disponible, la reconnaissance a été réalisée en petit diamètre (100-110 mm) et les ouvrages ont été équipés en PVC 80 mm.

Cette première campagne de forages (Figure 2) a permis de montrer la bonne qualité des eaux souterraines, en particulier vis à vis de la salinité d'origine marine (en dehors de l'île de Petite Terre) ainsi que la faible profondeur du niveau piézométrique. Le diamètre limité des forages n'a pas permis de mettre en œuvre de pompes d'essai, mais seulement des tests à l'air lift et des essais de type « Lefranc ». Les débits obtenus sont restés modestes : de l'ordre de 3 à 7 m³/h au sein des formations volcaniques (moyenne 4 m³/h sur 15 forages). Bien que le faible diamètre des forages ait pu constituer un facteur handicapant, ces résultats (débits air lift médiocres et niveaux piézométriques proches de la surface du sol) ont été interprétés comme des indices d'une perméabilité moyenne à faible des formations volcaniques. Les relativement bons résultats obtenus sur l'un des sites (Kawéni) ont conduit à y réaliser deux ouvrages d'exploitation [Salesse et al., 1991], qui fournissent depuis un débit global de l'ordre de 25 m³/h pour l'alimentation en eau potable.

3.2. LA CAMPAGNE DE FORAGES DE RECONNAISSANCE HYDROGEOLOGIQUE DE 1999-2000

Les résultats obtenus [Lachassagne et al., 2000] lors de la campagne de forages réalisés en 1999-2000 sont très encourageants du point de vue de la ressource en eau souterraine. Ils permettent aussi de proposer un modèle conceptuel de la structure hydrogéologique de l'île de Mayotte.

Figure 2 : Localisation des forages réalisés lors des campagnes de recherche en eaux souterraines en 1990 et 1999-2000.



3.2.1. Formations sédimentaires

A une exception près (forage de Béja 1 qui montre des alluvions d'épaisseur plurimétrique - entre 17 et 33 m de profondeur, entre 44 et 51 m et entre 60 et 85 m, fond du puits - intercalées au sein des formations volcaniques : laves et cendres), des formations sédimentaires n'ont été recoupées en forage qu'au sein des paléovallées côtières récentes, dont l'origine est très probablement à relier aux surcreusements quaternaires (bas niveaux marins des périodes glaciaires) et aux phases de comblement qui ont suivi la ou les remontées du niveau de base. Il s'agit exclusivement de formations alluviales, au sein desquelles aucun indice de niveau mis en place en contexte marin n'a été mis en évidence. Les forages concernés sont les suivants : Kaouéni 1, 2 & 3, Tsararano 2 (et 1, dans une moindre mesure) et Mronabeja. Ils montrent des épaisseurs d'alluvions importantes, dépassant 51 m à Tsararano 2.

Cette absence de niveaux marins au sein des formations sédimentaires, même à des profondeurs importantes (plusieurs dizaines de mètres sous le zéro marin actuel) est en accord avec les connaissances géologiques qui suggèrent une tendance générale à la subsidence, à l'échelle de l'ensemble de l'île.

Ces formations alluviales présentent en règle générale une faible perméabilité, vérifiée par les mesures de débit à l'avancement (Tsararano 2 : moins de 10 m³/h au soufflage pour 50 m de formations recoupées, Mronabeja : moins de 5 m³/h au droit des 28 m d'alluvions). Cette faible perméabilité d'ensemble peut être reliée à leur teneur élevée en matériaux argileux, conséquence du fort développement des altérites à l'échelle de l'ensemble des bassins versants de Mayotte.

Cette campagne de reconnaissances montre donc qu'à Mayotte les formations alluviales ne doivent a priori pas être retenues en tant que cible de forage prioritaire. Saturées en eau et associées à des formations volcaniques perméables sous-jacentes, elles pourraient par contre jouer un rôle capacitif permettant d'assurer le débit à long terme des forages exploitant les premières. Cette hypothèse méritera d'être vérifiée sur les trois sites de Kaouéni, Tsararano et Mronabeja lors du suivi de la mise en exploitation des forages.

A Mayotte, les formations calcaires ne sont connues qu'au sein de la barrière corallienne périphérique de l'île, ce qui est logique compte tenu des phénomènes de subsidence auxquels l'île est soumise et de l'absence de niveaux marins durablement plus hauts que l'actuel au Quaternaire.

3.2.2. Formations volcaniques

a) Ubiquité des potentialités en eau souterraine

La relativement bonne répartition spatiale des forages à l'échelle de l'île montre que les trois grands ensembles volcaniques qui la constituent présentent tous un fort intérêt sur le plan hydrogéologique : bouclier primitif, volcanisme du Nord-Ouest, massif du Mtsapere. Ceci est relativement logique compte tenu de la nature des formations

volcaniques, qui ne montrent pas de disparités significatives sur le plan hydrogéologique (nature des roches, importance de l'altération), à l'échelle des différentes régions de Mayotte.

b) Forte variabilité spatiale des propriétés hydrodynamiques à grande échelle – Déterminisme de cette variabilité

Les forages montrent qu'à plus grande échelle (celle d'une vallée par exemple), le sous-sol présente une importante variabilité latérale et verticale de ses propriétés hydrodynamiques. Les principaux déterminismes de cette variabilité, tels qu'ils apparaissent et peuvent être hiérarchisés à l'issue de cette campagne de reconnaissance, sont les suivants :

3.2.2.b.1 Déterminisme lithologique

Les laves constituent les formations les plus intéressantes en terme de perméabilité, avec des débits instantanés souvent supérieurs à 100 m³/h et, par voie de conséquence, des valeurs de transmissivité relativement élevées, comprises entre 5.10⁻⁴ et 7.10⁻³ m²/s.

Les autres formations recoupées en forage, **dépôts pyroclastiques (cendres, brèches d'explosion) et projections scoriacées**, montrent, sans exclusive, de très médiocres propriétés hydrodynamiques. Ces mauvaises propriétés, en particulier pour ce qui concerne les projections scoriacées, sont très probablement à relier à leur hétérométrie ainsi et surtout qu'à leur plus forte altérabilité que celle des laves et à l'absence de produits de cette nature très frais à Mayotte.

Aucun terrain de type **intrusif (dyke, phonolites)** n'a été identifié en forage. Les propriétés hydrogéologiques de ces formations ne sont donc pas connues.

3.2.2.b.2 Laves : déterminisme lié à la structure interne de chaque coulée

Les laves présentent une forte variabilité de leurs propriétés hydrodynamiques au sein d'une même coulée qui se traduit, en forage, par une variabilité verticale des perméabilités. Cette variabilité s'explique majoritairement par la structure interne des coulées, liée à leur mode de mise en place. Celle-ci comprend généralement, de haut en bas :

- Soit une surface scoriacée montrant des gratons (coulée de type Aa), soit une surface lisse, assez régulière et rugueuse (coulée de type Pahoehoe). Les forages ont essentiellement recoupé des coulées montrant une surface en gratons,
- un cœur de coulée plus massif souvent diaclasé (fissures de refroidissement), mais sans que ce soit systématique,
- une brèche de base de coulée présentant des éléments scoriacés, en gratons, et reprenant fréquemment des blocs de la coulée sous-jacente.

La synthèse des mesures de débit à l'avancement montre qu'en terme de perméabilité, les cœurs de coulée, lorsqu'ils sont fissurés, sont les plus productifs. Les niveaux en

gratons et scoriacés contribuent aussi significativement au débit des forages. La perméabilité de ces horizons est de l'ordre de 10^{-4} m/s. Les horizons fissurés sont en général plus épais que les niveaux scoriacés ou en graton. Ces zones les plus perméables présentent néanmoins toujours une épaisseur modeste (quelques mètres - 5 m en moyenne - à une dizaine de mètres tout au plus). Dans certains ouvrages (ex : Mtsangamouji 1 & 2), la quasi totalité du débit du forage provient d'un seul horizon d'une épaisseur de quelques mètres.

L'homogénéité des mesures de conductivité électrique des eaux souterraines à l'avancement suggère l'existence de communications entre ces différentes zones de perméabilité au sein d'une même coulée.

3.2.2.b.3 Laves : déterminisme lié à la fracturation

Les observations en forage montrent le rôle important joué par la fissuration (cf. ci-dessus). Celle-ci se marque par des tapissages de minéraux sur les plans de fissures (zéolites, traces d'oxydation brune, etc.). Il ne peut être exclu que ces discontinuités aient aussi localement une origine tectonique (fracturation avec circulations de fluides associées). Cela est très probable au forage de Mrereni 1 (fracturation avec altération hydrothermale et colmatage quasi total de la perméabilité matricielle ou de fractures). Cela est également possible aux forages de Mtsangamouji 1 (la zone fissurée à 35 m de profondeur est probablement d'origine lithologique, celle mise en évidence entre 66 et 70 m pourrait être d'origine tectonique, en raison de l'importance des dépôts hydrothermaux et du découpage de la roche en dièdres décimétriques), Tsararano 1 (hydrothermalisation importante entre 31 et 50 m environ, alors que le forage est productif à ce niveau). En revanche, il peut être quasiment exclu que les horizons les plus perméables des forages suivants aient pour origine une fracturation de type tectonique car leurs niveaux producteurs correspondent bien à des faciès de gratons ou scoriacés) : Mtsangamouji 2, Kaoueni 1 et 2, Béja 1.

3.2.2.b.4 Déterminisme lié à l'altération

Tous les forages ont, sans exception, recoupé une majorité de formations volcaniques saines. Les altérites se situent donc quasi exclusivement à proximité de la surface topographique.

Des niveaux altérés existent essentiellement au niveau des interfaces entre coulées (paléosols, altération superficielle des coulées). Ils correspondent à des périodes suffisamment longues d'arrêt du volcanisme. Par ailleurs, des phénomènes d'hydrothermalisme peuvent entraîner un colmatage de la perméabilité des laves (exemple du forage de Mrereni 1).

3.2.2.b.5 Compartimentage des aquifères

Les observations hydrogéologiques montrent le fort « compartimentage » apparent des aquifères. Cela se marque par :

- de forts gradients hydrauliques apparents, qui traduisent très vraisemblablement l'existence de discontinuités piézométriques, ainsi que le caractère captif de la plupart des aquifères et, localement, leur artésianisme (exemple : Mtsangamouji 1),
- l'absence de mise en évidence d'une « nappe de base » à proximité du littoral (modèle classique au sein des volcans insulaires récents : Réunion, Hawaï, etc.),
- au contraire, une structure généralisée en nappes « perchées », y compris en contexte littoral,
- la mise en évidence fréquente de « limites étanches » lors de l'interprétation des pompages d'essai,
- des variations latérales de la chimie des eaux souterraines (telle que la conductivité électrique peut permettre de l'apprécier), etc..

Ce compartimentage est à relier à la structure géologique des aquifères :

- **lithologie** : faciès perméables limités aux coulées, et, plus encore, à certains faciès très localisés au sein de celles-ci (zones fissurées et/ou fracturées, gratons, etc.), qui présentent une extension verticale réduite et doivent aussi présenter une extension limitée latéralement (bordure de paléovallées, limites d'érosion ultérieure), et longitudinalement (« tuilage » lié à leur mise en place polyphasée). Entre chaque coulée, la présence d'intercalations de cendres, de paléosols, etc. accentue cette hétérogénéité d'origine lithologique,
- **fracturation**, d'origine tectonique ou gravitaire (subsidence, effondrements, etc.), non identifiée de manière directe et indubitable cependant.

Dans les secteurs reconnus par forage, aucun dyke n'a été mis en évidence, ni observé à l'affleurement ; il paraît donc difficile d'invoquer ce type de structure pour expliquer le compartimentage observé. Néanmoins, l'île étant relativement ancienne et soumise à des phénomènes de subsidence depuis une longue période, sa partie émergée actuellement correspond probablement aux parties hautes de l'ancien volcan, plus compartimentées que ses anciens flancs. Par ailleurs, le fait que la présence de formations d'origine alluviale à la base des différentes séquences volcaniques identifiées en forage soit limitée à de rares secteurs (Béja 1&2 et Mtsangamouji 1) suggère, lui aussi, que ces séries volcaniques se sont mises en place dans un contexte de partie supérieure du volcan, au sein de laquelle ce type de formation est assez peu fréquent.

Ce compartimentage présente très vraisemblablement des points positifs vis à vis de la ressource en eau souterraine (faible risque d'intrusion saline, charges hydrauliques toujours voisines de l'altitude du sol donc moindre énergie nécessaire pour le pompage, etc.), mais également des conséquences négatives (extension limitée des aquifères, donc probable apparition de « limites étanches » lors de l'exploitation des aquifères).

3.2.3. Les forages productifs

Sur les 14 forages réalisés en 1999-2000, 9 ont révélé des productivités satisfaisantes. En corrélant les niveaux aquifères captés avec les données lithologiques et leurs valeurs

de résistivité associées (sondages électriques de la campagne 1999-2000), on dénote deux informations intéressantes (Tableau 1) :

- les formations aquifères sont essentiellement localisées au sein des basaltes scoriacés ou des basaltes fissurés et/ou fracturés,
- dans ces formations basaltiques aquifères, les valeurs de résistivité sont variables de 9 (Mréréni) à plus de 60 Ohm.m (Mtsangamouji).

On verra plus bas que les valeurs de résistivité déduites des sondages électriques sont plus difficiles à interpréter que celles déduites des panneaux électriques réalisés en 2001.

La campagne de forage de 2002 pourra être mise à profit pour mieux caractériser la résistivité des formations aquifères.

Tableau 1 : Synthèse des formations aquifères de la campagne précédente

Lieu	Forage	Lithologie	Aquifère capté (en profondeur)	Résistivité (en Ohm.m)	Origine
kaouéni	1230-7X-0020	Alluvions	entre 11 et 33m	20	Forage 1999-2000
		Basaltes scoriacés	entre 33 et 48m	20 à 50	Forage 1999-2000
kaouéni	1230-7X-0021	Alternance Basalte scoriacé et fissuré	entre 19 et 59m	20 à 50	Forage 1999-2000
Béja	1230-6X-0014	Basalte scoriacé	entre 39 et 45m	> à 25-30	Forage 1999-2000 et campagne 2001
Koualé	1230-7X-0022	Alternance Basalte scoriacé et fissuré	entre 31 et 62m	-	Forage 99
Tsararano	1231-3X-0021	Basalte zéolitisé (zone en graton, partie scoriacé et fissuré)	entre 31 et 50m	35	Forage 99
Mréréni	1231-2X-0035	Alternance Basalte scoriacé et fissuré	entre 35 et 69m	9	Forage 1999-2000 et campagne 2001
Mronabéja	1231-6X-0032	Alternance Basalte scoriacé et fissuré	entre 23 et 65m	60	Forage 1999-2000 et interprétation SE 1987
Mtsangamouji	1230-6X-0017	Basalte fissuré et/ou fracturé	entre 31 et 79m	35 surmontant des formations à 230	Forage 1999-2000 et campagne 2001
Mtsangamouji	1230-6X-0016	Basalte massif	entre 28 et 80m		Forage 1999-2000 et campagne 2001

4. Proposition d'implantation des forages d'exploration

4.1. SITE DE BANDRELE

Les reconnaissances ont porté, du Nord vers le Sud, sur le secteur compris entre la vallée du Mro oua Mouhou et Musicale plage (Figure 3).

Dans ce secteur, seules les vallées du Mro oua Mouhou, au Nord, et des Mro oua Dagoni et Patse, au Sud, présentent des bassins versants d'une taille significative.

4.1.1. Données antérieures disponibles

Ce secteur de Mayotte n'avait fait l'objet, jusqu'à la présente campagne de reconnaissances, ni de travaux de géophysique, ni, a fortiori, de forages.

4.1.2. Observations géologiques de terrain

Le site de Bandréle montre deux principaux ensembles géologiques (Figure 4 et Figure A1.1). Des formations les plus anciennes vers les plus récentes, il s'agit :

D'une série de **basaltes à olivine** : basalte sombre riche en petites olivines de taille infra millimétrique, fréquemment scoriacé, et montrant des dépôts fumeroliens. Dans la vallée du Mro oua Dagoni, les coulées présentent un débit en plaquettes et sont légèrement vacuolaires (remplissage de zéolites).

Ces coulées constituent le substratum de l'ensemble du secteur et leur toit semble plonger vers le Sud (aucun affleurement de cet ensemble n'a été observé sur le versant nord de Musicale Plage). Ces basaltes à olivine semblent affleurer « en fenêtre » au sein de la vallée du Mro oua Dagoni, entre les cotes 30 et 50 m NGM environ (paléorelief ?).

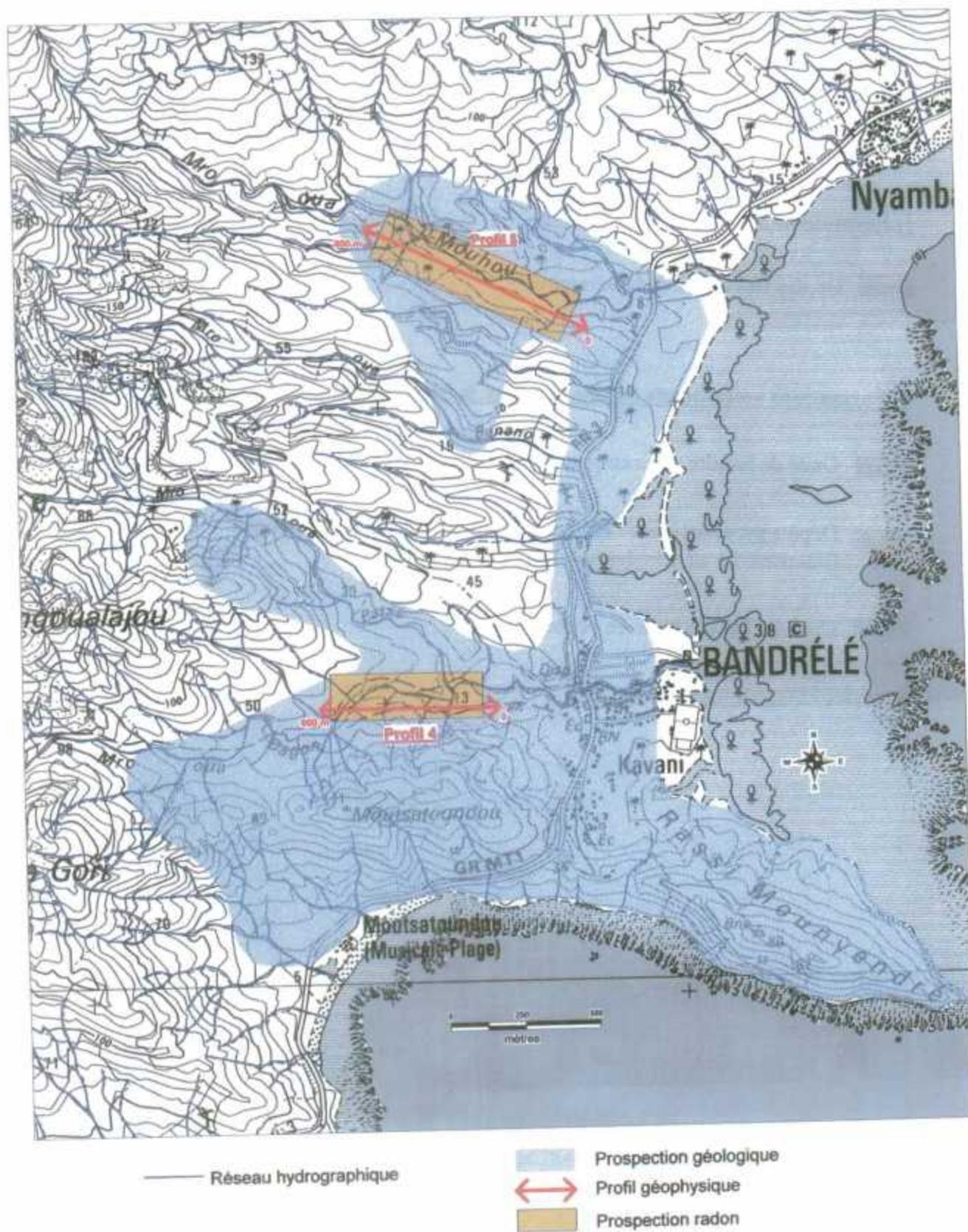
D'une série de **basaltes riches en pyroxènes et olivines** : basalte gris très riche en pyroxènes (dont la taille peut dépasser le centimètre) et olivines de petite taille (millimétrique au maximum).

Ces coulées, dont le faciès est similaire à celles observées à Poroani, constituent la partie haute des reliefs, au Sud, à l'ouest et au nord du site. Elles présentent un faciès bréchique, en gratons, à leur base, au contact avec les basaltes à olivine.

Sur le Rassi Mounyendré, des dépôts pyroclastiques lités, riches en pyroxènes libres, sont interstratifiés au sein de cet ensemble de coulées.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

Figure 3 : Site de Bandrélé - Localisation de la zone prospectée



Légende des formations lithologiques observées sur le site de Bandré

1. Formations sédimentaires récentes

 Dépôts fluviatiles et de mangrove

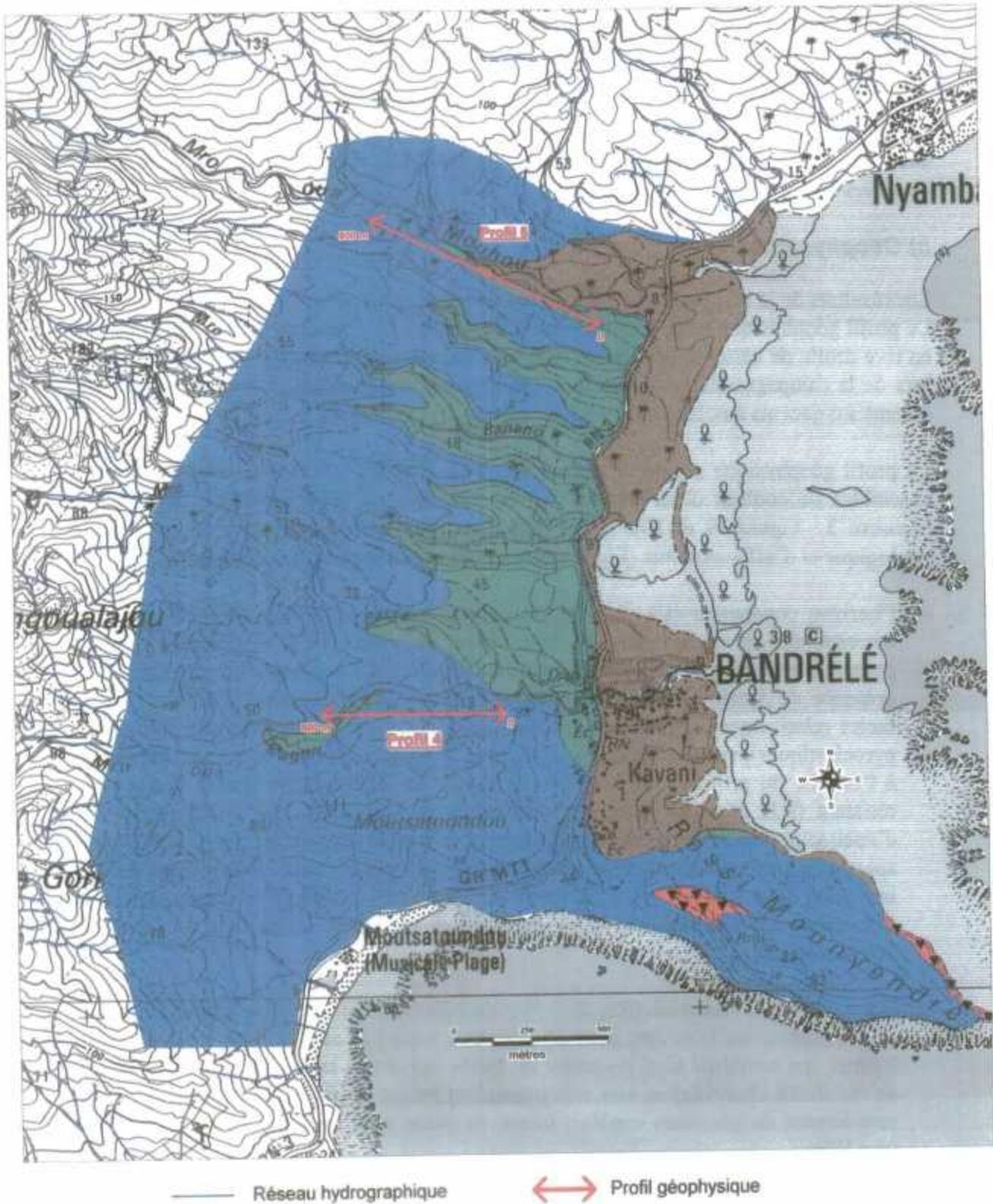
2. Formations volcaniques en relation avec le Massif Sud

 Unité de basalte riche en pyroxène et olivine

 Dépôts pyroclastiques : Eléments grossiers à structure bréchique
(interstratifié au sein des basaltes riche en pyroxène)

 Unité de basalte riche en petites olivines

Figure 4 : Site de Bandrélé - Carte lithologique interprétative



4.1.3. Site de Bandrélé-Dagoni

a) Photo-interprétation

Les linéaments (Figure 5), identifiés à partir des photos-aériennes, s'organisent selon deux orientations préférentielles, NE-SW et NW-SE. Ces linéaments recourent à plusieurs reprises la coupe de résistivité.

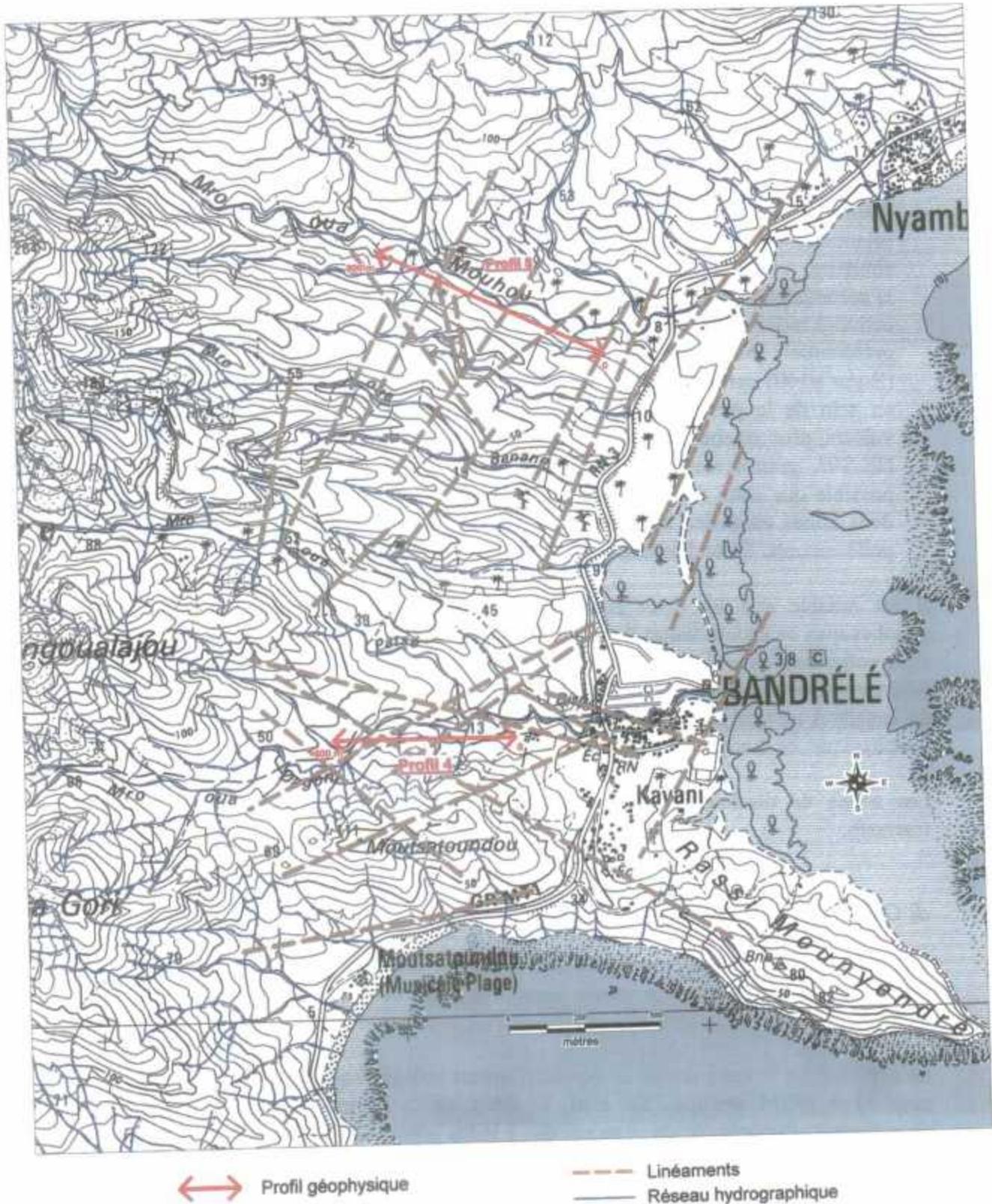
b) Géophysique

Les résultats de la campagne de prospection géophysique sont présentés en Annexe 3. Le profil géophysique a été implanté sur le chemin qui suit le cours du Mro oua Dagoni, en rive droite de celui-ci, afin de recouper les deux types de coulées mises en évidence lors de la campagne de reconnaissance géologique : les basaltes riches en olivine plus récents sus-jacents aux basaltes riches en pyroxènes (Figure 4).

Le profil géophysique semble effectivement permettre de mettre en évidence les deux ensembles de coulées observées lors de la campagne de reconnaissance lithologique (Annexe 3 : Figures 9 et 10). La comparaison du profil géophysique et de la carte géologique et d'affleurements (Figures 3, 5 et Annexe 1: Figure A1.1) suggère que :

- l'horizon conducteur (C1, 5 à 20 Ohm.m), présent tout le long du profil, pourrait correspondre au contact entre les deux unités identifiées sur le site (basalte riche en pyroxène et olivine surmontant le basalte à olivine). Ce contact serait marqué par la présence de faciès scoriacés (cf. observations de terrain), et/ou d'altérites ou de faciès relativement altérés des coulées inférieures (éventuellement des formations pyroclastiques), sur une épaisseur d'environ 20 mètres. Le contact est sub-horizontale à l'échelle du profil et montre, dans le détail, de légères ondulations. L'ensemble résistant (R1, 25 à 40 Ohm.m), situé entre les abscisses 300 et 400 du profil, d'épaisseur réduite, pourrait correspondre à la coulée démantelée sur place (basalte aphyrique à rares olivines, scoriacé à la base) observée en bordure de ravine, en aval immédiat de la prise d'eau. Conformément aux observations géologiques, les laves inférieures « n'affleuraient », sur le profil géophysique, qu'au delà de l'abscisse 500 m environ,
- la structure très résistante (R2, 70 à plus de 100 Ohm.m), localisée autour 30 mètres de profondeur sur la coupe, pourrait alors être assimilée aux basaltes à olivine sous-jacents, qui semblent ainsi présenter un faciès sain à très sain. Les légères variations de résistivité observées en son sein pourraient refléter le fait qu'il est constitué d'un empilement de plusieurs coulées, mises en place avec un léger pendage apparent vers l'Est.

Figure 5 : Site de Bandrélé - Carte des linéaments



c) Prospection radon

La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, suggère la présence de deux zones anormales (Figure 6 et Annexe 2.1, Figure A2.1):

- la première zone, faiblement anormale (les activités sont comprises entre 200 et 300 (Bq/m³)/100), est située à l'extrémité ouest de la zone prospectée. Elle montre une orientation NW-SE qui coïncide relativement bien avec un linéament d'orientation similaire,
- la seconde zone, située à l'extrémité Est du profil géophysique, montre de plus fortes activités radon (entre 260 et 430 (Bq/m³)/100). Elle présente deux axes d'orientation préférentiels bien distincts. Les valeurs en radon les plus importantes (430 (Bq/m³)/100) correspondent à un linéament d'orientation similaire à celui identifié au sein de la première zone anormale (orientation N130 - NW-SE). Les autres valeurs, plus proches du seuil anomal (270 (Bq/m³)/100), présentent une orientation NE-SW, grossièrement parallèle, elle, à une autre famille de linéaments. Il est possible que cette direction NE-SW caractérise un artefact lié à la coalescence de deux zones anormales trop proches l'une de l'autre compte tenu de la densité des prélèvements. Cette dernière zone est la plus accessible.

Il est notable que les deux zones anormales identifiées aux extrémités du profil géophysique, se situent toutes deux sur deux linéaments de direction N130. Par ailleurs, elles coïncident avec des zones de diminution de la résistivité (résistivité « moyenne » pour ce site, comprise entre 40 et 70 ohm.m) de l'ensemble résistant attribué aux coulées de basalte à olivine saines. Une zone similaire, située vers l'abscisse 325 m du profil géophysique, ne marque cependant pas en radon.

Les zones de diminution de la résistivité pourraient correspondre à des secteurs fracturés.

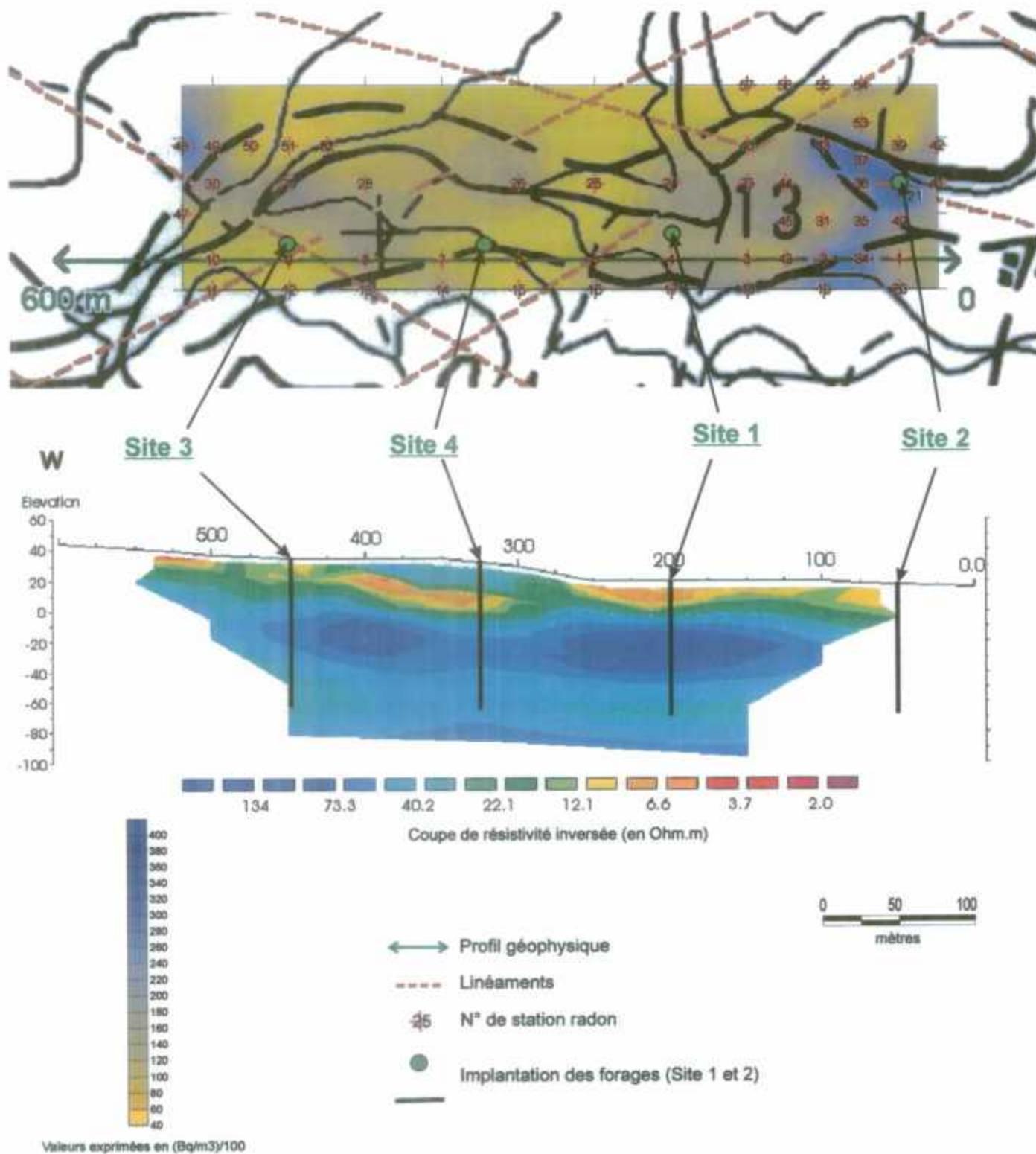
d) Observations hydrogéologiques

Les observations hydrogéologiques ont été effectuées sur l'ensemble de la ravine Dagoni en juillet 2001. Son bassin versant s'étend sur une superficie de 13,5 km² environ.

Le débit estimé de cette ravine est potentiellement influencé par la prise d'eau située à la cote 35 m NGM environ. En aval, le débit de la ravine est relativement faible (écoulement discontinu) de l'ordre de 1 l/mn, avec une conductivité voisine de 350 µS/cm en dessous de la cote 30 m NGM. Immédiatement en aval de la prise d'eau, le débit est plus important (5 l/mn) avec une conductivité de l'ordre de 300 µS/cm. Le débit y est probablement influencé par le réservoir que constitue la prise d'eau.



Figure 6 : Site de Bandrélé-Dagoni - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



e) Synthèse

En l'absence de forage d'étalonnage sur le secteur, il est difficile d'identifier a priori les formations susceptibles d'être aquifères. Néanmoins, le contexte général de la vallée du Mro oua Dagoni est plutôt favorable, en raison de la présence de formations résistantes qui suggèrent une épaisseur importante de séries basaltiques saines, au sein desquelles on peut espérer recouper des faciès fissurés ou en gratons.

La présence d'anomalies radon coïncidant relativement bien avec des linéaments identifiés sur photographies aériennes suggère également que des zones fracturées puissent être présentes sur le site. Par contre les anomalies radon les plus élevées sont situées à l'extrémité est du profil, à moins de 350 mètres du pont de la RN1 (risque de contamination par le biseau salé).

Le niveau conducteur mis en évidence en subsurface, constitué potentiellement de formations peu perméables (altérites, cendres, etc.), n'est pas trop pénalisant en terme d'implantation de forages compte tenu de son épaisseur modérée (une vingtaine de mètres). Il peut en outre assurer une certaine protection des forages vis à vis des sources de pollution superficielles.

Compte tenu de ces éléments, il est proposé une stratégie d'implantation basée à la fois sur les résultats géologiques, géophysiques et radon (Figure 6 et 7).

Un premier forage (site 1) pourrait être implanté au cœur de l'ensemble le plus résistant, au niveau de l'abscisse 200 m du profil géophysique par exemple, qui se situe non pas sur les plus fortes anomalies radon (proches du littoral) sur des activités radons relativement élevées par rapport à l'ensemble de la zone prospectée (stations 4 et 24, 162-197 Bq/m³/100). Ce site se trouve à environ 15 m au nord de l'abscisse 200 de la coupe de résistivité, pour s'éloigner du chemin de terre, dans un secteur où les formations de recouvrement semblent être relativement conductrices (entre 6 et 15 Ohm.m environ) et d'une épaisseur de l'ordre de la quinzaine de mètres.

Sur ce site, le forage devrait présenter une profondeur d'au moins 60 m, afin de recouper significativement l'ensemble le plus résistant (autour de 100 Ohm.m). Mieux encore, une profondeur de 80 à 100 m permettrait de reconnaître l'origine des variations de résistivité observées au sein de l'ensemble résistant et, s'il s'agit de faciès fissurés ou de faciès de transition entre coulées, de maximiser les probabilités de succès du forage.

Localisation du forage (Site 1) :

X : 520 192
Y : 8 572 998
Z : 18

En cas d'échec au cœur de l'ensemble le plus résistant, un second forage (site 2) pourrait être réalisé au droit de l'anomalie radon située dans la partie est du profil, au niveau de l'intersection des deux zones de plus fortes activités radon (station 21, 442

Bq/m³/100). Sur ce site, le risque de contamination par les eaux salées est plus élevé. Ce site se trouve approximativement à l'aplomb de l'abscisse 50 m du profil géophysique, dans un secteur où les formations de recouvrement semblent être relativement résistantes (15 ohm.m environ) et d'une épaisseur de l'ordre de la vingtaine de mètres (le déport du forage vers la ravine va tendre, en outre, à diminuer l'épaisseur de ce « recouvrement ». Compte tenu de l'homogénéité, à l'échelle du profil, de l'ensemble résistant visé, il est en outre peu probable que ce déport conduise à recouper des formations significativement différentes de celles observées sur le profil. Les objectifs de profondeur y seraient sensiblement similaires à ceux du premier forage. Le forage devrait recouper significativement l'ensemble résistant qui doit présenter, dans ce secteur, une résistivité « moyenne » pour le site (40 à 70 Ohm.m).

Si le premier forage recoupe des formations fracturées, mais dont la perméabilité a été colmatée par des phénomènes d'hydrothermalisme (cf. forage de Mrereni 1 : 1231-2X-0034), il conviendra, sur ce site, d'éviter les anomalies radon (hypothèse d'une zone hydrothermalisée riche en minéraux radioactifs. Dans ce cas, les teneurs élevées en radon ne proviendraient non pas de fractures hydrauliquement actives, mais d'un ensemble hydrothermalisé, bien localisé, dégageant du radon dans des proportions inhabituelles) ainsi, probablement, que les zones de résistivité « moyenne ».

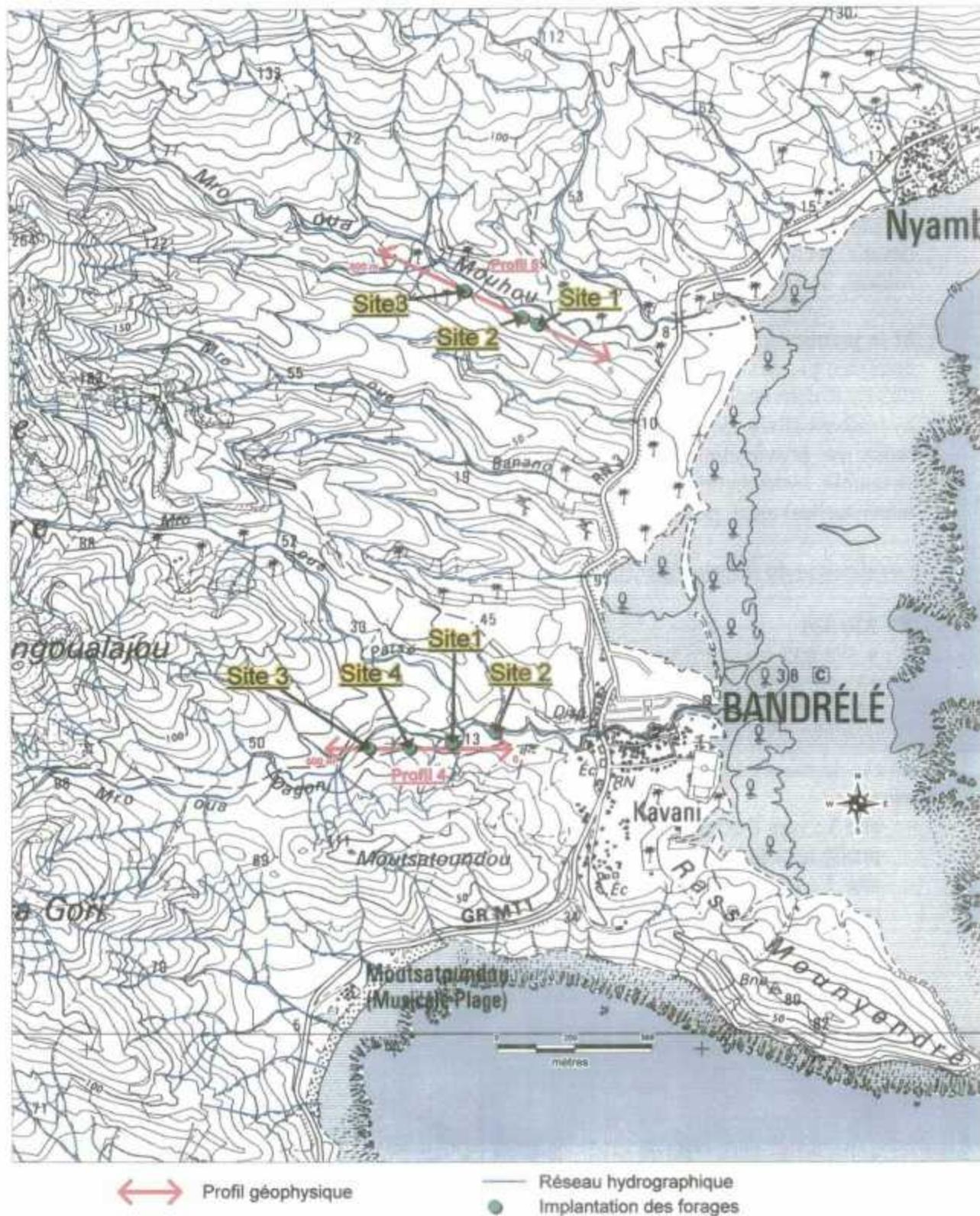
Localisation du forage (Site 2):

X : 520 331
Y : 8 573 032
Z : 13

En cas de succès du deuxième forage (site 2), des configurations similaires pourront être trouvées :

- site 3 : vers l'extrémité ouest du profil (abscisse 450 m environ), qui combine, sur le profil, anomalie radon (209 (Bq/m³/100) et résistivités « moyennes »,
- site 4 : au milieu du profil (abscisse 325 m environ) où des résistivités moyennes sont observées, sans anomalie radon cependant.

Figure 7 : Site de Bandrélé - Carte d'implantation des forages



4.1.4. Site de Bandrélé-Mouhou

a) Photo-interprétation

Les linéaments (Figure 5), identifiés à partir des photos-aériennes, présentent deux directions préférentielles, N20 et N160. Ces linéaments recoupent à plusieurs reprises la coupe de résistivité.

b) Géophysique

La zone prospectée présente un manque réel d'affleurement (Annexe 1, Figure A1.1). Les seuls rencontrés sont situés à proximité de l'extrémité WNW de la coupe géophysique (basaltes riches en pyroxène). La carte lithologique (Figure 4) de ce secteur a donc été construite par extrapolation des observations géologiques réalisées au sein des autres vallées.

Si l'on se fie à ces éléments, le profil géophysique (figure 8 et Annexe 3 : Figure 11 et 12) ne doit recouper que la base des basaltes à pyroxènes et doit donc montrer essentiellement la structure des formations sous-jacentes (basaltes à olivine et leur éventuel substratum). En surface, le contact entre les basaltes à pyroxènes et les basaltes à olivine pourrait donc passer entre les abscisses 300 et 375 m environ, dans un secteur où le profil géophysique montre des résistivités sensiblement plus faibles. Le mur de cette unité semble relativement plan, avec un léger pendage vers l'Est, et une bordure Est orientée vers l'Ouest, qui marquerait la limite d'un paléorelief.

Ainsi, l'horizon de résistivité intermédiaire (20 à 50 Ohm.m), intégrant des unités résistantes (de R1 à R4, 80 à plus de 100 Ohm.m) (Annexe 3 : Figure 12) pourrait correspondre, dans sa partie ouest, aux basaltes riches en pyroxène. Les variations de son altération ainsi que la présence éventuelle de niveaux cendreux pourraient expliquer ces variations de résistivité.

Dans sa partie Est, il correspondrait aux basaltes à olivine qui y présentent des résistivités similaires à celles observées à Dagoni, mais une épaisseur nettement moindre (40 à 60 m tout au plus). Le mur de ces laves semble lui aussi présenter une morphologie plane et un faible pendage vers l'Est.

Cette unité repose sur un ensemble beaucoup plus conducteur (10 Ohm.m environ) de 70 m d'épaisseur environ et qui semble présenter un mur plan avec, lui aussi, un très léger pendage vers l'Est. Cet ensemble montre des faciès beaucoup plus conducteurs (entre 5 et 10 ohm.m) dans sa partie ouest.

Il repose lui même sur des formations plus résistantes.

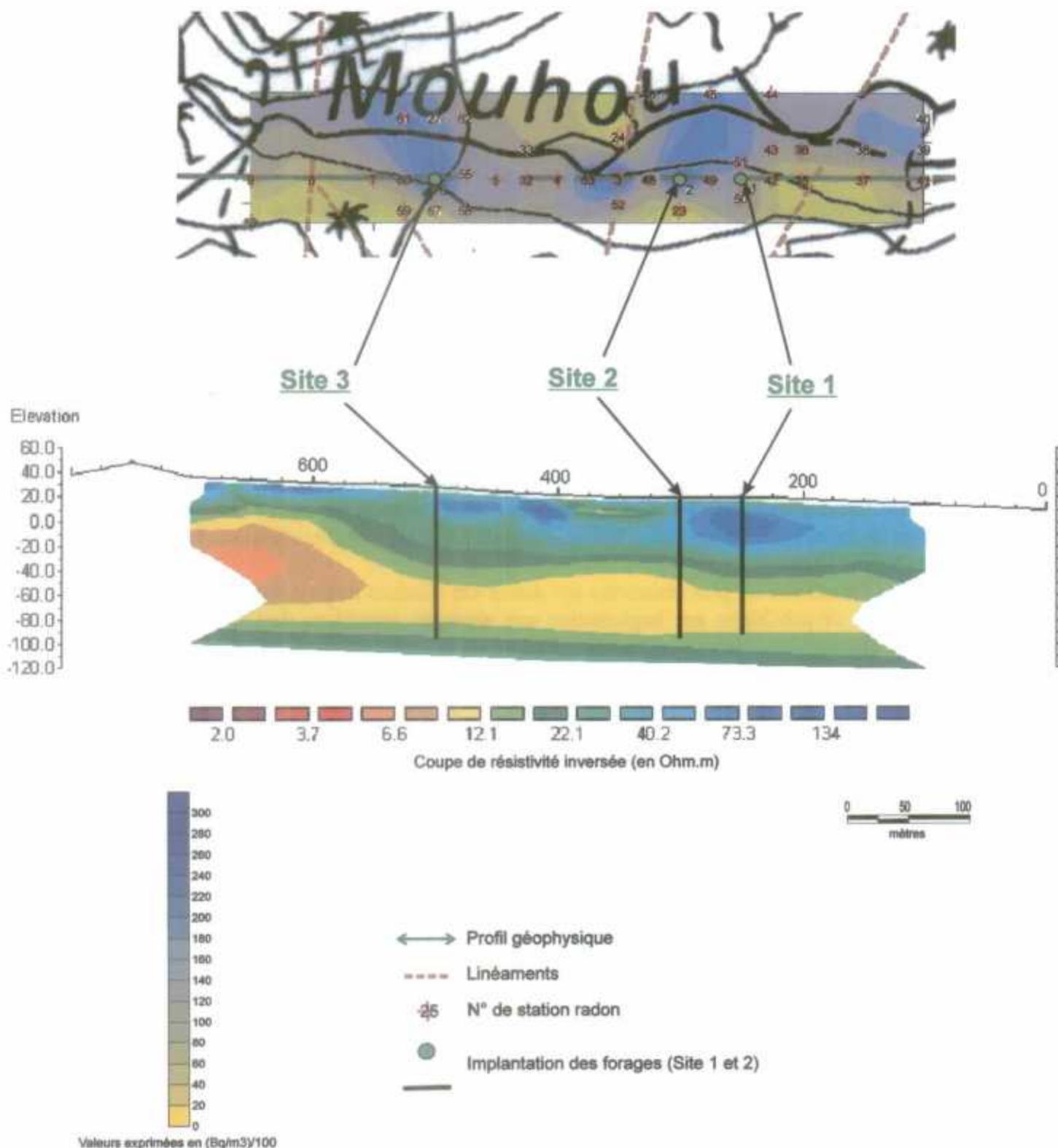
c) Prospection radon

La prospection radon (Figure 8 et Annexe 2.2, Figure A2.2) suggère la présence de deux principales zones anormales qui semblent se trouver au droit d'une structure localisée à l'intersection de deux familles de linéament (NE-SW, NW-SE).

Sur ce site, il faut prendre en considération le facteur climatique pendant ou avant la prospection radon où, pendant plusieurs jours des fortes précipitations sont survenues (entre le 5 et 24 octobre). Les valeurs en radon ont ainsi pu fluctuer, ce qui conduit à considérer les valeurs obtenues avec prudence.



Figure 8 : Site de Bandrélé-Mouhou - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



d) Observations hydrogéologiques

Le Mro oua Mouhou ne montrait un écoulement qu'à partir de la cote 30 m NGM environ, en juillet 2001. Son débit était de l'ordre de 5 l/mn avec une conductivité électrique voisine de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Son bassin versant est le même que celui de la ravine de Dagoni (superficie d'environ 13,5 km²).

e) Synthèse

Si les hypothèses formulées plus haut sont valides, le site de Mouhou présente l'intérêt de pouvoir reconnaître :

- à nouveau les basaltes à olivine relativement résistants, sur une épaisseur moindre cependant qu'à Dagoni,
- leur substratum, plus accessible du fait de cette moindre épaisseur.

L'intérêt de l'implantation d'un forage de reconnaissance sur le secteur pourra être jugé sur la base des résultats obtenus par forage à Dagoni, en particulier pour ce qui concerne les propriétés hydrogéologiques des basaltes à olivine.

Compte tenu du faible pendage apparent des formations présentes à Mouhou, un forage reconnaissant les basaltes à olivine supposés et leur substratum pourrait indifféremment être implanté entre les abscisses 100 et 300 m du profil géophysique (Figures 7 et 8).

Si les formations les plus résistantes ont donné des résultats intéressants à Dagoni, il est proposé de privilégier une implantation aux alentours immédiats de l'abscisse 250 m (site 1).

Localisation du forage (Site 1):

X : 520 477
Y : 8 574 362
Z : 20

Dans le cas contraire, une implantation aux alentours de l'abscisse 300 m (site 2) privilégierait des résistivités intermédiaires (environ 50 Ohm.m) ainsi que des valeurs radon plus élevées (station 2, 593 (Bq/m³)/100), tout en s'éloignant du littoral.

Localisation du forage (Site 2):

X : 520 428
Y : 8 574 387
Z : 20

En privilégiant les formations de conductivités intermédiaires (entre 20 et 30 Ohm.m), une autre implantation peut être proposée au droit de l'abscisse 500 sur le profil (site 3), là où ces formations sont les plus épaisses et montrent aussi des valeurs radon plus élevées (station 6, 604 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (Site 3):

X : 520 241

Y : 8 574 474

Z : 30

Dans tous les cas, il serait souhaitable de réaliser un forage de reconnaissance d'**au moins 50 m de profondeur** (reconnaissance des basaltes à olivine supposés), mieux encore d'**une centaine de mètres de profondeur** afin de déterminer la nature de leur substratum. La reconnaissance pourrait être arrêtée avant cette profondeur dans le cas où des formations peu productives (produits pyroclastiques par exemple) seraient recoupés.

Les sites choisis présentent tous une bonne facilité d'accès, à proximité d'un chemin de terre (accessible en voiture) et sont tous éloignés d'habitations mahoraises (>200m). Les sites 1 et 2 sont implantés à proximité d'un point d'eau (captage en rivière ou canalisations). Les trois sites sont implantés à une distance relativement éloignée du littoral, le site 1 se trouvant à environ 540 mètres.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

4.2. SITE DE BOUYOUNI

Les deux vallées des Mro oua Bouyouni et Mro oua Meresse constituent les zones potentielles pour l'implantation de forages retenues par la DAF. Les reconnaissances ont donc porté sur ces deux vallées et, le long de la RN1, depuis le carrefour de Dzoumounié jusqu'à Longoni (Figure 9).

4.2.1. Données antérieures disponibles

Le secteur de Bouyouni n'a fait l'objet que de très peu de reconnaissances préalables à celle-ci. Les rares données préexistantes sont : un forage situé à Dzoumonyé (1230-2X-0017), réalisé en 1990 (Figure 9 et Annexe 4, Figure A4.1) et situé à environ 3 km du secteur prospecté sur Bouyouni et une campagne de reconnaissance géophysique par sondages électriques réalisée en 1986 sur le secteur de Mitséni.

Le forage sur Dzoumonyé (1230-2X-0017) comporte, sous un faible recouvrement (environ 10 m) de formations fluviales et pyroclastiques, une forte épaisseur de basalte (environ 40 m) sain, fissuré, avec présence de « zones fracturées ». L'aquifère n'a pas été capté pour l'alimentation en eau potable en raison de sa très faible productivité apparente (essai d'eau « air lift » : 0.8 l/s).

La campagne de reconnaissance géophysique a été réalisée sur le secteur de Mitséni aux abords de la mangrove [Daessle and Verrez, 1987]. En conséquence les résultats obtenus montrent un remplissage important et progressif de dépôts fluviaux et/ou marins (formations de type mangrove) des terres vers la mer (résistivité comprise entre 5 et 7 Ohm.m). Leur substratum, de résistivité comprise entre 20 et 30 Ohm.m, voit son toit s'approfondir en s'éloignant des terres. Il peut s'agir de formations basaltiques (probablement les basaltes riches en pyroxène et en olivine identifiés lors des observations de terrain) situées dans un contexte où le risque de contamination par l'eau salée est important.

4.2.2. Observations géologiques de terrain

Les observations géologiques de terrain (Figure 10 ; Figure A1.2) montrent que le site de Bouyouni comprend cinq principaux ensembles géologiques. Des formations les plus anciennes vers les plus récentes, il s'agit :

D'une série de **basaltes à olivine interstratifiés de cendres indurées**, qui affleurent principalement en rive droite du Mro oua Meresse et en bordure de la RN1 (talus du terrain de football en particulier).

Les coulées sont constituées de basalte zéolitisé à olivine (minéraux de taille infra millimétrique). Elles présentent une épaisseur unitaire de l'ordre de la dizaine de mètres

et semble s'être mises en place sur une surface à la topographie peu marquée. A l'affleurement, elles présentent un faciès d'altération en boule.

Des cendres indurées sont intercalées entre les coulées. Ces cendres, visibles au niveau du terrain de football, sont de faible épaisseur (de 1 à 2 m).

Cette série semble constituer le substratum du secteur.

Deux ensembles de basaltes se mettent ensuite en place de part et d'autre (à l'Ouest et à l'Est) du paléorelief que constituent très vraisemblablement les basaltes à olivine interstratifiés de cendres. En l'absence de mise en évidence d'affleurement montrant le contact entre ces deux ensembles, la chronologie de leur mise en place, n'a pu être déterminée.

L'ensemble situé à l'Ouest, mis en place dans le secteur de Maouéni, est composé de **basaltes aphyriques à rares phénocristaux d'olivine**. Ces laves sombres aphyriques montrent uniquement de rares phénocristaux d'olivine de taille centimétrique. A l'affleurement, elles se présentent sous forme de blocs sains fissurés, de taille métrique à plurimétrique.

L'ensemble situé à l'Est repose sur la série de basaltes à olivine et son épaisseur décroît donc vers l'Ouest (limite de la paléotopographie déprimée). Il est constitué de **basaltes riches en pyroxène et olivine** : basalte sombre riche en pyroxène (de taille pouvant atteindre le cm) avec quelques olivines, montrant localement des enclaves de péridotites. Les coulées présentent une épaisseur décamétrique, sont fissurées et montrent un débit en prismes d'une vingtaine de centimètres de diamètre. Elles sont, entre autres, à l'origine des deux cascades (une dizaine de mètres de dénivelé chacune) et du seuil qui marquent le cours du Mro oua Bouyouni entre l'ancien et le nouveau village.

Ces formations sont surmontées de **basaltes à amphibole**.

Cette coulée arme les reliefs situés au Sud de l'ancien village de Bouyouni. Il s'agit d'un basalte sombre, riche en amphiboles automorphes (baguettes) de taille centimétrique. On distingue aussi des minéraux de feldspaths xénomorphes, constituant la matrice de la roche. Cette coulée présente un faciès d'altération en boule, marquée par un recouvrement d'une épaisseur assez importante d'altérites et de cendres qui limitent la présence d'affleurement sur le secteur. Les données géophysiques (cf. 4.2.3.b) semblent confirmer que ces coulées dans leur partie est, recouvrent les basaltes riche en pyroxène et olivine.

Des **dépôts pyroclastiques** nappent localement les laves. Il s'agit de cendres litées et de brèches explosives montrant de nombreux éléments scoriacés et basaltiques riches en pyroxène et olivine, qui peuvent localement atteindre plusieurs mètres d'épaisseur, en particulier dans les secteurs où elles ont été préservées (anciennes petites ravines par exemple).

Les sommets situés à l'est et au sud-est de l'ancien village de Bouyouni comportent un alignement de cônes d'explosion phréatomagmatique avec à la base (centre du cratère) des niveaux scoriacés à lapillis accréionnés plus fin vers le sommet. Cet argument impliquerait la présence d'une nappe à ce niveau lors de leur mise en place.

Les formations sédimentaires récentes (alluvions de remplissage des incisions quaternaires) sont limitées à la partie la plus « aval » des vallées. En l'absence des coulées massives de basalte riche en pyroxène, l'incision quaternaire doit pénétrer un peu plus profondément au sein de la vallée du Mro Oua Meresse que de celle du Mro Oua Bouyouni.

Néanmoins, des dépôts d'alluvions constitués essentiellement de galets à matrice limoneuse ont été observés dans la partie amont de la vallée du Mro Oua Bouyouni (cote 55 m NGM) le long du chemin (ancien lit d'un cours d'eau). Ils ont une épaisseur de 1 à 2 mètres minimum ou maximum.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

Figure 9 : Site de Bouyouni - Localisation de la zone prospectée



- | | | | |
|---|---|---|------------------------|
|  | Bassin versant |  | Prospection radon |
|  | Réseau hydrographique |  | Prospection géologique |
|  | Forage de 1990 |  | Profil géophysique |
|  | Seuil (point de mesure du débit du cours d'eau) | | |

Légende des formations lithologiques observées sur le site de Bouyouni

1. Formations sédimentaires récentes

 Dépôts fluviatiles et de mangrove

2. Formations volcaniques en relation avec le Massif Nord

 Unité de basalte riche en amphibole

 Unité de basalte aphyrique à rares phénocristaux d'olivine

 Unité de basalte riche en pyroxène et olivine

 Unité de basalte riche en olivine (interstratifié de cendres indurées)

Dépôts pyroclastiques

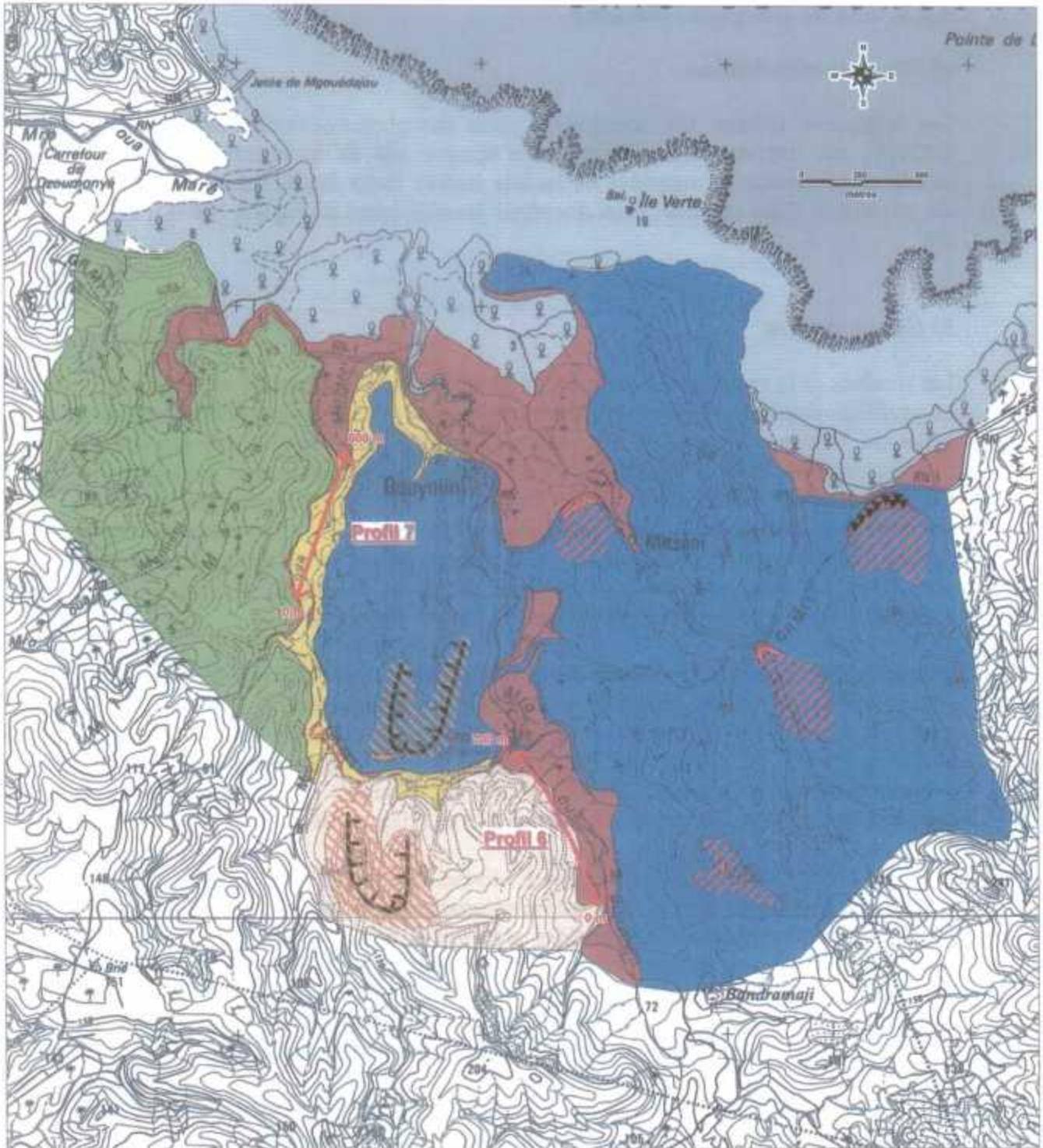
 Eléments grossiers à structure bréchique
 Eléments fin à structure « cendreuse »
 Saupoudrage de surface

Dépôts scoriacés

 Scories (bombes, lapilli)
 Saupoudrage de surface

 Limite supposée du maar

Figure 10 : Site de Bouyouni - Carte lithologique interprétative



— Réseau hydrographique

↔ Profil géophysique

4.2.3. Site de Bouyouni-Méresse

a) Photo-interprétation

Les linéaments (Figure 11), identifiés à partir des photos-aériennes (à l'échelle du 1/25000) ont une extension locale (on n'observe pas de structures majeures qui recourent par exemple l'ensemble du secteur étudié). Deux familles de linéaments ont été identifiées. Elles montrent deux directions grossièrement conjuguées, NW-SE et NE-SW.

b) Géophysique

Les résultats de la campagne de prospection géophysique sont présentés en Annexe 3. Le profil géophysique (Figure 9 et 10) est implanté au sein du cours intermédiaire de la vallée du Mro oua Méresse. Il reconnaît ainsi les basaltes à olivine interstratifiés de niveaux cendres indurés identifiés lors de la phase de reconnaissance géologique. A l'affleurement (au niveau du terrain de football de Bouyouni), ces basaltes présentent une forte altération en boule dont l'épaisseur varie entre 4 et 10m. Les deux niveaux de cendres observés sur ce même affleurement présentent une faible épaisseur, comprise entre 1 et 2 m. Au sein d'une même unité de dépôt de cendre indurée, le degré d'altération évolue progressivement en passant de sain à très altéré.

D'une manière générale, les résistivités observées sur ce site sont relativement fortes, parmi les plus élevées de l'ensemble de la campagne géophysique.

La coupe de résistivité (Figure 12, Annexe 3 : Figure 27) met en évidence un ensemble très résistant (R1, R2 et R3, >50 Ohm.m présent tout le long du profil. Cet ensemble montre des épaisseurs variables (de 40 à 90 m). Cet ensemble intègre des niveaux plus conducteurs, en particulier entre les abscisses 215 et 320 m environ.

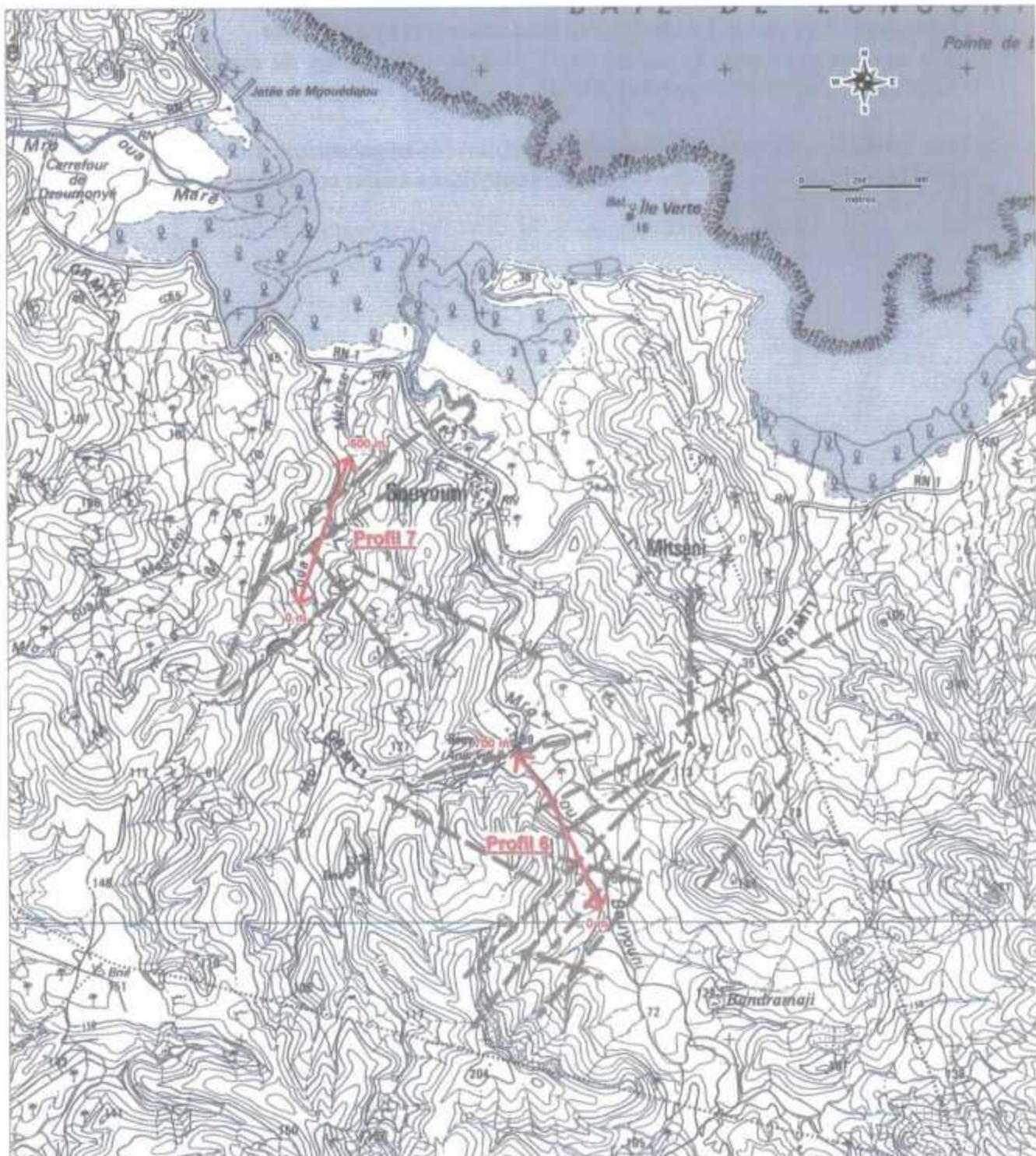
Il pourrait s'agir de l'unité des basaltes à olivine interstratifiés de niveaux cendres indurés, qui comprendrait plusieurs coulées superposées. Les fortes résistivités mesurées suggèrent qu'en profondeur ces coulées sont peu à pas altérées. Les niveaux plus conducteurs qu'elles renferment (ex : C2, 15 à 30 Ohm.m) pourraient correspondre à des formations cendreuse indurés ou bréchiques interstratifiées au sein de cette unité basaltique. Elles peuvent aussi correspondre à des variations du degré d'altération des coulées au sein de leur empilement (cf. affleurement du stade de football).

Cette unité résistante repose sur un ensemble de résistivité intermédiaire (C1, 10 à 40 Ohm.m). L'absence d'affleurement ou de forage de calibration sur le secteur rend difficile l'identification lithologique de cet ensemble. Il pourrait s'agir soit de formations basaltiques plus anciennes, plus altérées et/ou fissurées, soit de formations pyroclastiques. Son toit, situé à 40 m sur la partie nord du profil, s'approfondit à environ 100 m sur la partie sud du profil. Cette morphologie montrant un approfondissement du Nord vers le Sud est en accord avec les informations de la carte géologique (ces coulées

proviendraient du Nord et auraient ensuite été recouvertes par les formations du Mtsapéré). Dans ce cas, l'approfondissement observé entre l' abscisse 375 environ et l'extrémité sud du profil pourrait correspondre au remplissage d'une paléovallée d'orientation probable NW-SE.

Les formations de résistivité intermédiaire observées en subsurface à l'extrême sud du profil pourraient correspondre aux basaltes aphyriques à rares cristaux d'olivine.

Figure 11 : Site de Bouyouni - Carte des linéaments



- Réseau hydrographique
- Linéaments
- ↔ Profil géophysique

c) Prospection radon

La prospection radon (Figure 12 et Annexe 2.3, Figure A2.3) a éventuellement permis d'identifier une large zone anormale d'orientation NNW-SSE. Elle couvre la moitié de la zone prospectée avec des activités radons très élevées (jusqu'à 1090 (Bq/m³)/100).

Les deux familles de linéaments identifiées, NW-SE et NE-SW, coïncident et recoupent néanmoins à plusieurs reprises cette zone anormale. Ces valeurs doivent néanmoins être considérées avec précaution en raison des précipitations survenues avant l'étape d'échantillonnage sur le secteur.

d) Observations hydrogéologiques

Les observations hydrogéologiques ont été effectuées sur la ravine de Mro oua Meresse en juillet 2001. Son bassin versant s'étend sur une superficie de 2,7 km² environ.

Le débit estimé du Mro oua Meresse est de l'ordre de 1 l/s, avec une conductivité relativement stable (235 µS/cm) entre les cotes 10 et 35 m NGM. En amont de la ravine, la conductivité est sensiblement plus faible (206 µS/cm à +50 m NGM).

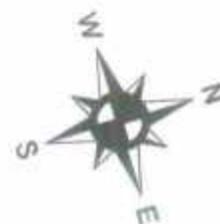
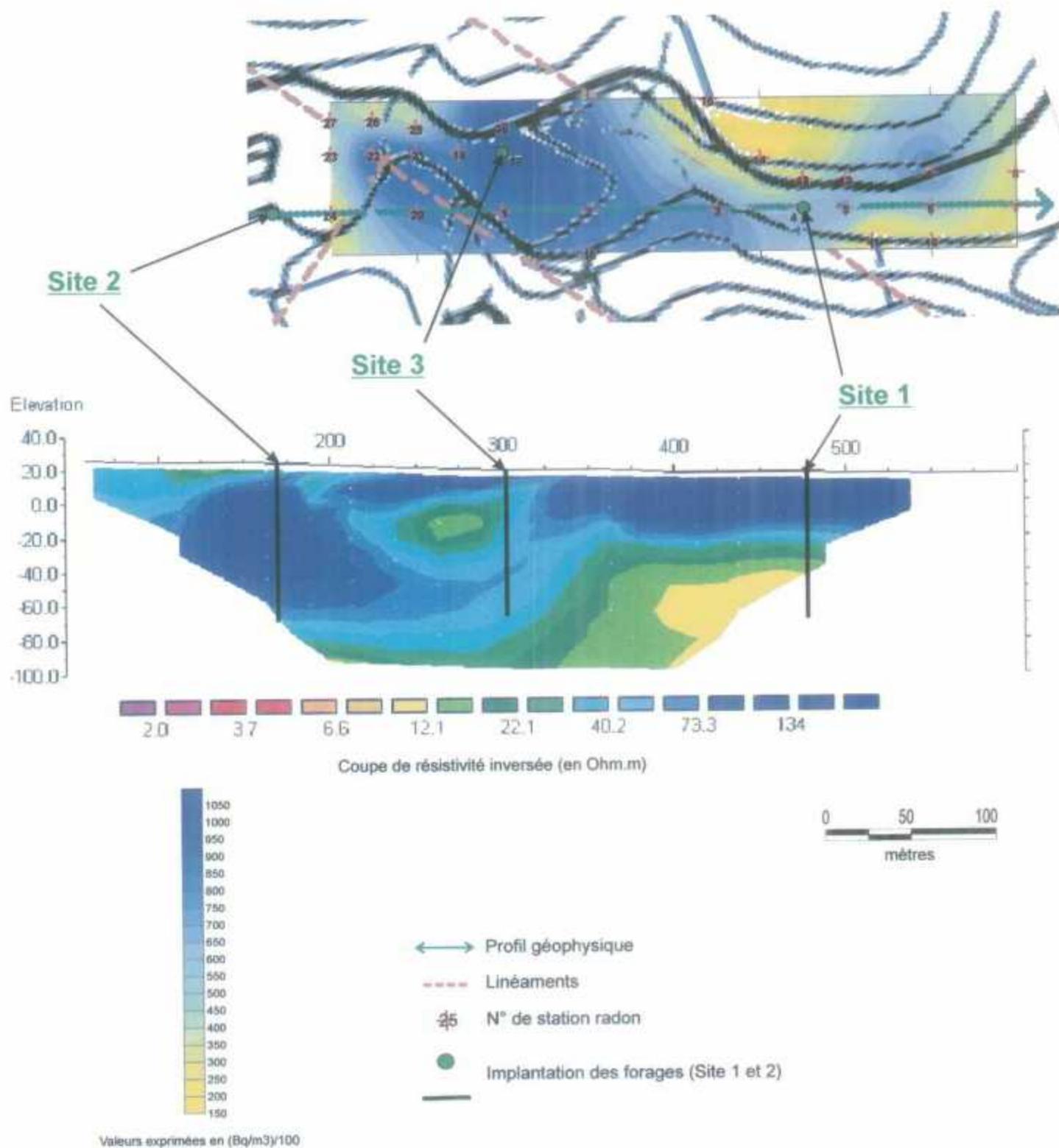


Figure 12 : Site de Bouyouni-Méresse - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



e) Synthèse

En l'absence de forage d'étalonnage sur le secteur, il est difficile de discerner les secteurs potentiellement aquifères de ceux qui ne le sont pas. Néanmoins, le contexte général de la vallée du Mro oua Meresse est plutôt favorable : présence de formations résistantes qui suggèrent l'existence d'une épaisseur importante de séries basaltiques au sein desquelles on peut espérer recouper des laves saines, localement fissurées ou montrant des faciès en gratons, voire fracturées. Il est donc proposé de réaliser un ou plusieurs sondages de reconnaissance au sein de cette vallée (Figures 12 et 13).

Un premier forage (site 1) pourrait être réalisé au niveau de l'abscisse 475 m du profil géophysique (Figures 12 et 13). D'une profondeur de 60 à 80 m, ce forage permettrait de reconnaître l'unité supérieure très résistante, ainsi que son substratum de conductivité intermédiaire à faible, non connu à l'affleurement. Les consignes suivantes pourraient être données lors de la foration :

- forage jusqu'à au moins 50 m de profondeur quels que soient les résultats obtenus au sein de l'unité résistante superficielle (fort ou faible débit),
- au delà de 50 m, la décision de poursuivre le forage sera subordonnée à la nature des formations recoupées et représentatives de l'unité inférieure : arrêt s'il s'agit de formations de type pyroclastique à faible potentiel hydrogéologique (dans ce cas, les résistivités mesurées sur ce site seraient fortes par rapport aux valeurs couramment observées à Mayotte pour ce type de formations), poursuite s'il s'agit de laves peu ou pas altérées.

Il s'agit d'un secteur proche d'une zone où les activités en radon sont dans la moyenne par rapport à l'ensemble de la zone prospectée (stations 4, 638 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (site 1):

X : 514 400

Y : 8 592 260

Z : 18

En cas d'échec, deux autres cibles de forage peuvent être proposées. Le choix entre ces deux cibles pourra être réalisé après réinterprétation des données géophysiques à la lumière des résultats du premier forage :

- Soit sur des formations résistantes, vers l'abscisse 160-170 m du profil géophysique, ce forage devra avoir une profondeur d'au moins 60 m. Le site choisi est localisé au droit de l'abscisse 170 dans les formations les plus résistantes de la coupe géophysique qui sont supposées être basaltiques.

Localisation du forage (site 2):

X : 514 302
Y : 8 591 978
Z : 26

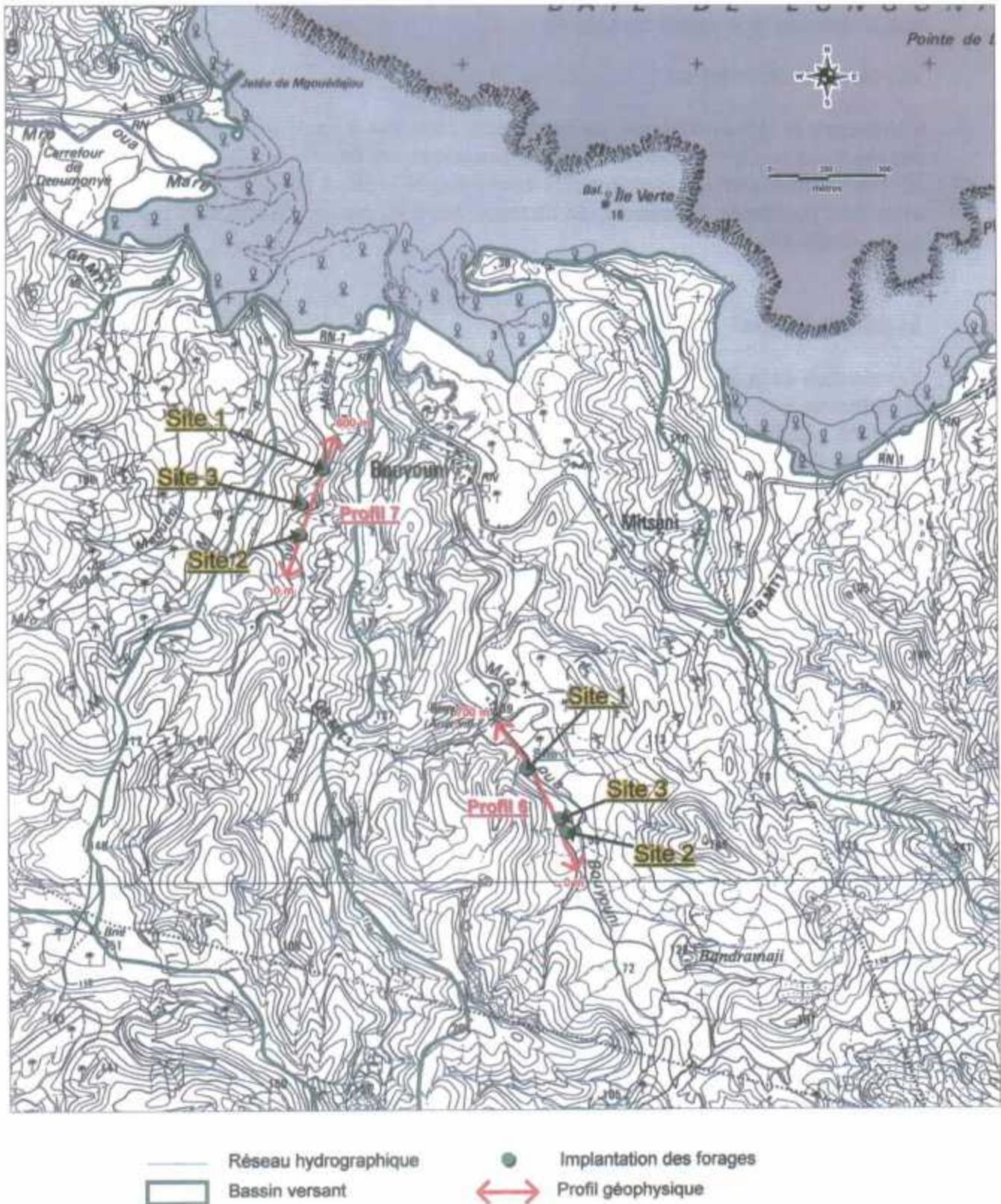
- Soit sur des formations plus conductrices, entre les abscisses 225 et 300 m, selon que l'on voudra plutôt reconnaître les formations les plus conductrices (abscisse 260 m environ) ou les formations de résistivité intermédiaire. Sur ce site également, le forage devra présenter une profondeur d'au moins 60 m. En prenant en compte les résultats radon, le site peut être établi à 50 m à l'ouest de l'abscisse 300 de la coupe de résistivité. Là où les activités en radon sont parmi les plus élevées (station 17, 1080 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (site 3):

X : 514 308
Y : 8 592 107
Z : 22

Les trois sites choisis sont situés à plus de 700 m du lagon. Ils présentent tous une facilité d'accès par le chemin de terre accessible depuis la route nationale. Pour permettre l'accès aux sites 1 et 2 (végétation dense et culture), une piste d'accès adaptée aux engins de chantier devra être créée depuis le chemin de terre. Les deux sites sont localisés à moins de 50 m de quelques cases mahoraises.

Figure 13 : Site de Bouyouni - Carte d'implantation des forages



4.2.4. Site de Bouyouni-Bouyouni

a) Photo-interprétation

Comme sur le site de Meresse, les linéaments, identifiés à partir des photos-aériennes ont une extension locale. Deux familles de linéaments ont été identifiées. Elles montrent ici aussi deux directions grossièrement conjuguées, NW-SE et NE-SW (Figure 11). La principale famille de linéaments, de direction NE-SW, recoupe à plusieurs reprises la coupe de résistivité.

b) Géophysique

Les résultats de la campagne de prospection géophysique sont présentés sur la figure 14 et en annexe 3.

Le profil géophysique (Figures 9 et 10) est implanté le long du Mro oua Bouyouni, en amont de l'ancien village. Il doit ainsi principalement reconnaître les basaltes riches en pyroxène et olivine.

La coupe de résistivité (Figures 14 et Annexe 3 : Figure 25) met en évidence un niveau conducteur (C1, 6 à 30 Ohm.m) présent tout le long du profil avec une épaisseur de l'ordre d'une quarantaine de mètres. Il pourrait correspondre à l'unité basaltique prismée riche en pyroxène identifiée sur le terrain. La résistivité relativement faible de cette formation, un peu surprenante, pourrait être liée soit à sa structure (présence de nombreuses fissures), soit à son degré d'altération (altérites de surface).

Au vu du manque d'affleurement sur le secteur (entre l'abscisse 100 et 650 de la coupe), il ne peut être exclu que ce niveau conducteur corresponde à des formations cendreuse ou bréchiques, ce qui laisserait alors supposer :

- soit un pendage vers le Sud de l'unité de basaltes riches en pyroxène (si ceux-ci s'ennoient sous ce recouvrement),
- Soit plus probablement, la disparition des basaltes à pyroxène en amont de l'ancien village (ou tout au moins le fait que le profil géophysique tangente le bord de la vallée comblée par cette formation ; en l'absence de sondage de calibration, il est délicat de délimiter le bord éventuel de celle-ci).

Le substratum, très résistant (R4, 50 à 150 Ohm.m), de ce niveau conducteur peut correspondre, selon la nature des formations conductrices susjacentes :

- soit aux basaltes riches en pyroxène (cf. hypothèse de leur pendage vers le Sud),
- soit à leur substratum probablement constitué des basaltes à olivines interstratifiés de cendres. Cette dernière hypothèse semble la plus probable par analogie avec le profil de Bouyouni.

Vers l'abscisse 100 du profil géophysique, les niveaux conducteurs en surface (6 à 10 Ohm.m) peuvent correspondre aux dépôts fluviaux identifiés sur le terrain.

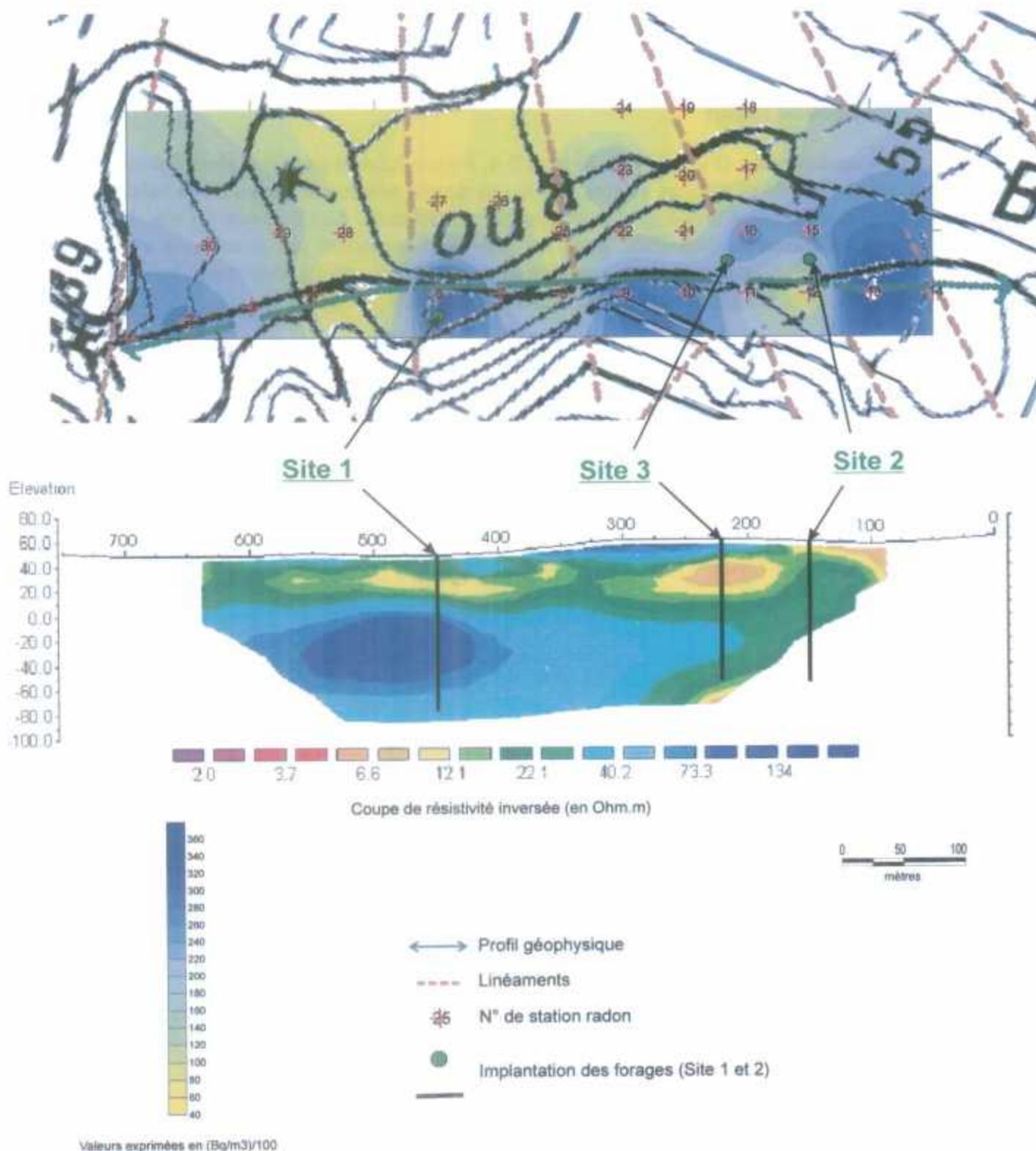
Les ensembles résistants de surface (R1, R2 et R3, 40 à plus de 150 Ohm.m), de faible épaisseur (10-15m) et compris dans des zones sans affleurement, entre les abscisses 200 et 400, peuvent correspondre aux basaltes à amphiboles. Ceci paraît peu logique compte tenu de l'altération observée sur le terrain, dans ce dernier cas il pourrait s'agir de formations superficielles ou cendreuseuses très sèches.

c) Prospection radon

La prospection radon (Figure 14 et Annexe 2.4, Figure A2.4) a permis d'identifier une principale zone de plus fortes valeurs radon, qui restent néanmoins modestes en valeur absolue. D'orientation NW-SE, elles s'agencent sensiblement parallèlement à l'une des familles de linéaments identifiées. Elles ne coïncident cependant pas exactement avec l'un de ceux-ci. D'autres stations potentiellement anormales ont été identifiées, mais la géométrie des anomalies qui leur sont associées n'a pu être précisée.



Figure 14 : Site de Bouyouni-Bouyouni - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



d) Observations hydrogéologiques

Les observations hydrogéologiques ont été effectuées au niveau de la ravine de Mro oua Bouyouni et sur la ravine du Mroni Mitseni.

Le bassin versant du Mro oua Bouyouni s'étend sur une superficie de 9 km² environ. Son débit était estimé à environ 10 l/s (0,5 l/s/km² environ) en juillet 2001, avec une conductivité relativement stable (230 - 240 µS/cm) tant en aval qu'en amont (dernière mesure à +80 m NGM environ).

A la même date, le débit du Mroni Mitseni à la cote + 45 m NGM était de l'ordre de 0,1 à 0,5 l/s, avec une conductivité de 328 µS/cm.

e) Synthèse

En l'absence de forage d'étalonnage sur le secteur, il est difficile comme pour le secteur de Méresse, de discerner les secteurs potentiellement aquifères de ceux qui ne le sont pas. Nous préconisons donc de réaliser le forage de Méresse dans un premier temps et de l'utiliser pour se calibrer et revoir le cas échéant, en fonction des résultats obtenus, les hypothèses d'implantation de ce secteur (Figures 13 et 14).

Compte tenu des résistivités qui sont plus faibles au sein des premières dizaines de mètres sous la surface du sol (inférieures à 15 Ohm.m), cette vallée paraît, a priori, un peu moins favorable que celle du Mro oua Meresse ; elle semble en tout état de cause imposer des forages relativement profonds (une cinquantaine de mètres au moins). Pour limiter l'épaisseur du recouvrement conducteur, on pourra rechercher des sites de forage à des cotes topographiques les plus basses possibles, donc le plus près possible du cours d'eau, tout en restant en dehors des zones supposées inondables. Compte tenu de l'aspect « monolithique » du corps résistant profond et du fait que l'on se rapproche potentiellement de l'axe de la paléovallée en se déplaçant du profil géophysique vers le cours d'eau, cette translation vers celui-ci ne conduit pas à des risques importants de recouper une formation géologique différente.

Par ailleurs, compte tenu des faibles valeurs d'activité radon mesurées, il est proposé d'implanter les sondages de reconnaissance principalement sur des critères géophysiques.

Un premier forage pourrait être réalisé au droit de l'abscisse 450 m. D'une profondeur d'au moins 60 m (80 m serait mieux), il permettra de reconnaître à la fois les formations conductrices superficielles et leur substratum résistant, au droit de la zone où ces dernières sont les moins profondes et surtout les plus résistantes. Le forage pourrait être implanté à 20 m à l'ouest de l'abscisse 450 de la coupe de résistivité pour s'éloigner du chemin de terre. Il s'agit d'un secteur proche d'une zone où les activités en radon sont relativement élevées par rapport à l'ensemble de la zone prospectée (station 6, 356 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (site 1):

X : 515 259
Y : 8 590 967
Z : 48

En cas d'échec sur ce premier site, et après réinterprétation des données géophysiques sur la base des résultats du premier forage, un second sondage pourrait être implanté plus en amont :

- soit au niveau de la zone de transition où les formations résistantes profondes deviennent plus conductrices, si cette cible paraît toujours la plus intéressante. Le forage pourrait être implanté à 25 m à l'Est de l'abscisse 150 de la coupe de résistivité pour s'éloigner du chemin de terre. Il s'agit d'un secteur proche d'une zone où les activités en radon sont relativement moyennes par rapport à l'ensemble de la zone prospectée (entre les stations 12 et 15, 170 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (site 2):

X : 515 429
Y : 8 590 695
Z : 53

- soit dans un secteur où les formations conductrices de surface sont plus développées (par exemple vers l'abscisse 200 – 220 m). Le forage pourrait être implanté à 25 m à l'est de l'abscisse 220 de la coupe de résistivité pour s'éloigner du chemin de terre. Là encore, il s'agit d'un secteur proche d'une zone où les activités en radon sont relativement élevées par rapport à l'ensemble de la zone prospectée (près des stations 11 et 16, 220 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (site 3):

X : 515 403
Y : 8 590 752
Z : 52

Les trois sites choisis sont situés à plus de 1,7 km du lagon. Ils présentent tous les trois une facilité d'accès par le chemin de terre accessible depuis la route nationale. Seul le site 1 est localisé à moins de 50 m d'une case mahoraise (proche aussi de cultures). Les sites 2 et 3 sont situés à plus de 250 m de la case mahoraise.

Les forages implantés sont tous situés à proximité d'un cours d'eau, capté (prise d'eau) en amont et en aval. Pour caractériser l'impact du forage sur ce cours d'eau, les pompages d'essais devront être réalisés en période d'étiage. Les travaux de forage sur le secteur de Bouyouni pourront être envisagés dans les derniers par rapport aux autres secteurs.

4.3. SITE DE MTSANGAMOUJI

Les deux vallées des Mro oua Bouyouni et Mro oua Meresse constituent les zones potentielles pour l'implantation de forages retenues par la DAF. Les reconnaissances ont donc porté sur ces deux vallées et, le long du CCT1, depuis le carrefour de Soulou à Chembenyumba (Figure 15).

4.3.1. Données antérieures disponibles

En novembre 1990, un forage (1230-6X-0011) de 50 mètres de profondeur a été réalisé près de la RN au nord-est de Mtsangamouji dans le cadre de la campagne de recherche en eau souterraine (Figure 15 et Figure A4.2.).

Les formations traversées sont essentiellement des basaltes à olivine, plus ou moins altérés et fissurés sur une épaisseur de 45 mètres.

L'aquifère n'a pas été capté pour l'alimentation en eau potable en raison de sa très faible productivité (essai d'eau « air lift » entre 0.5 et 0.77 l/s) qui peut être liée au faible diamètre du puits.

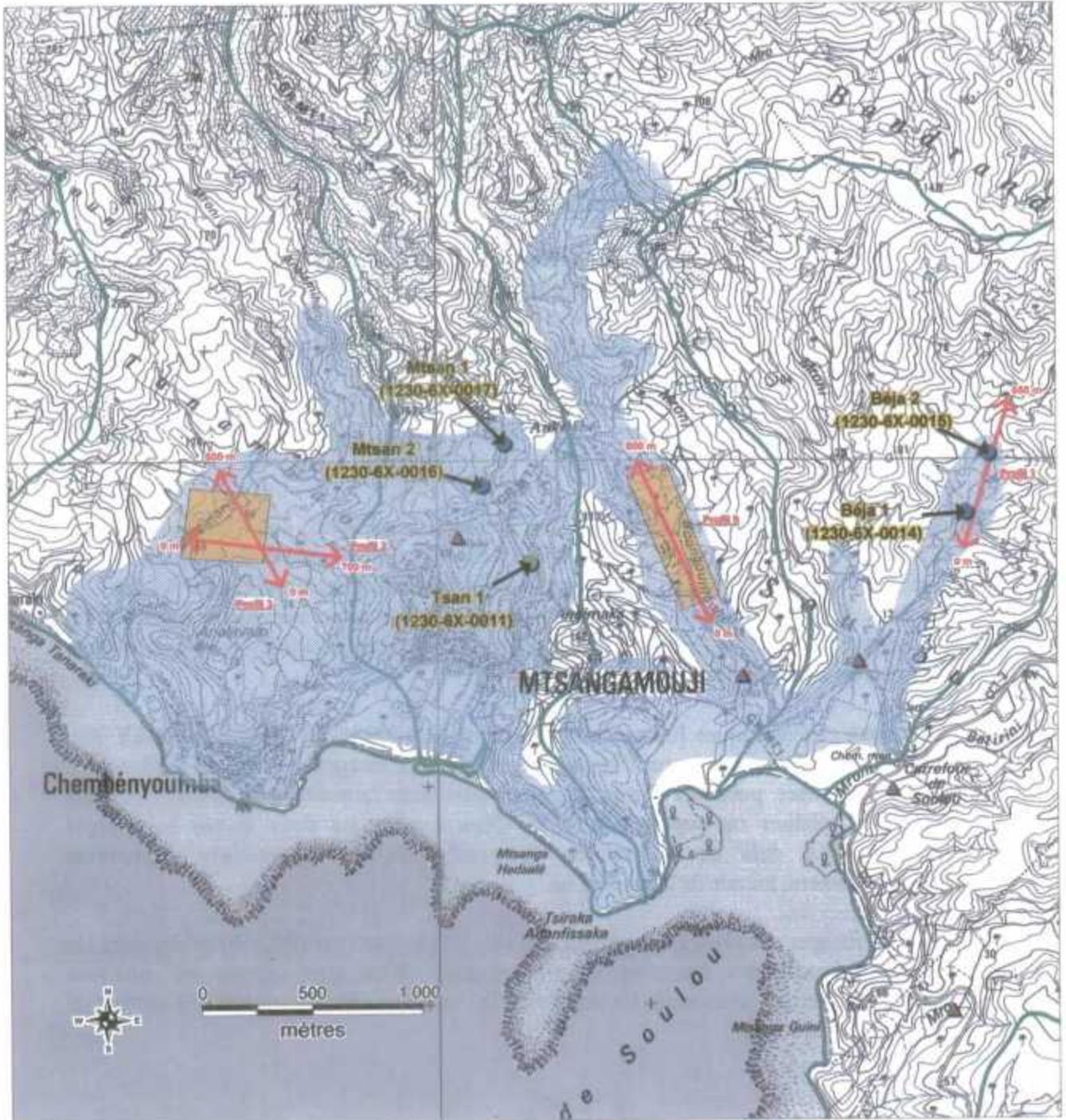
Lors de la campagne de recherche en eau souterraine en 2000, deux forages Mtsan 1 (1230-6X-0017) et Mtsan 2 (1230-6X-0016) tous deux de 80 mètres de profondeur, ont été réalisés au nord du village de Mtsangamouji (ravine Andrianabé) (Figure A4.2.).

Les deux forages montrent une succession de coulées avec une seule intercalation significative de cendres (Mtsan 1). Les venues d'eau sont localisées dans les niveaux scoriacés, ou niveaux fissurés.

Les coupes géoélectriques [campagne précédente: RP-50386-FR 2000 SGR/MAY 30], établies sur les deux sites avant l'implantation des deux forages, mettent en évidence de faibles résistivités pour les formations pyroclastiques (autour de 9 Ohm.m) et des résistivités voisines ou supérieures à 35 Ohm.m pour les deux unités basaltiques identifiées. Au delà de 90 mètres de profondeur, les résistivités augmentent considérablement, autour de 230 Ohm.m.

Les deux forages ont révélé une productivité en eau importante (60 à 70 m³/h) dans les formations basaltiques fissurées et/ou scoriacées. Bien que séparés de quelques centaines de mètres seulement, ils montrent des niveaux piézométriques très différents (près de 17 m d'écart).

Figure 15 : Site de Mtsangamouji - Localisation de la zone prospectée



- | | | | |
|---|---|--|------------------------------------|
|  | Réseau hydrographique |  | Forage de la campagne de 1990-1991 |
|  | Bassin versant |  | Forage de la campagne de 1999-2000 |
|  | Seuil (point de mesure du débit du cours d'eau) |  | Prospection géologique |
| | |  | Profil géophysique |
| | |  | Prospection radon |

4.3.2. Observations géologiques de terrain

Le site comprenant les secteurs de Mtsangamouji et Béja montre cinq principaux ensembles géologiques (Figure 16 et Figure A1.3.). Des formations les plus anciennes vers les plus récentes, il s'agit :

D'une unité **basaltique** est riche en **olivine** avec quelques pyroxènes.

Les coulées sont constituées de basalte gris, souvent riche en olivine (de taille infra millimétrique à plusieurs millimètres) avec parfois quelques minéraux de pyroxène de taille similaire. Elles présentent un faciès d'altération en boule et semblent s'être mises en place selon une morphologie relativement tabulaire. Le forage de Mtsangamouji 2 (1230-6X-0016) recoupe cet ensemble.

La fin de cet épisode semble marquée par une certaine incision des vallées et leur remplissage par des coulées plus épaisses (coulée de vallée du forage de Mtsangamouji 1 – 1230-6X-0017 – à olivine et feldspath), rattachés au même ensemble.

D'une unité **basaltique** dont la roche mère est riche en **pyroxène** et **olivine** formant les reliefs du Nord de Chembényoumba.

Ces coulées sont constituées d'un basalte gris, aphyrique, riche en pyroxène, avec quelques minéraux d'olivine. Leur taille varie de 2 à 3 mm. A l'affleurement, ce basalte se présente sous la forme de blocs fissurés de taille métrique à plurimétrique. Au sein même de ces formations, de manière bien localisée (rive droite de la vallée de la Massimoni), on distingue un basalte de composition minéralogique différenciée avec des phénocristaux de pyroxènes automorphes (environ 2 cm) dont la matrice, microlithique, est composée essentiellement d'olivines et de pyroxènes (taille infra-millimétrique).

Une série différenciée de **basaltes grenus à pyroxène, olivines et feldspaths interstratifiée de niveaux pyroclastiques.**

Sans contact apparent, à l'affleurement, de ce basalte avec le précédent, leur chronologie respective de mise en place n'a pu être déterminée.

Ces laves sont riches en pyroxènes (taille infra à pluri millimétrique) et présentent également de petites olivines. Elles montrent un faciès d'altération en boule ainsi que des altérites au niveau des reliefs.

De plus, un dépôt cendreux semble napper de manière quasiment continue le paléorelief du substratum de basaltes à olivine (de la vallée d'Andrianabé – plus de 20 m d'épaisseur au forage de Mtsangamouji 1 –, jusqu'à Béja), cet épisode cendreux particulièrement puissant se trouve donc au contact entre le basalte à olivine et la série différenciée sus-jacente. Ce paléorelief semble s'abaisser vers l'est (forages de Béja) où les dépôts pyroclastiques sont en outre interstratifiés d'alluvions.

Sur l'ensemble de la zone étudiée, un dôme de **phonolite** intrusif subsiste au niveau du sommet d'Andimaka [Stieltjes et al., 1988].

Les **formations sédimentaires récentes** (alluvions de remplissage des incisions quaternaires) sont limitées à la partie la plus « aval » des vallées de Mtsangamouji, Bongoumouhé et Béja.

Légende des formations lithologiques observées sur le site de Mtsangamouji

1. Formations sédimentaires récentes

 Dépôts fluviaux et de mangrove

2. Formations volcaniques en relation avec le Massif Nord

 Phonolite

 Unité de basalte riche en pyroxène, quelques olivines et feldspaths

Dépôts pyroclastiques

 Eléments grossiers à structure bréchique

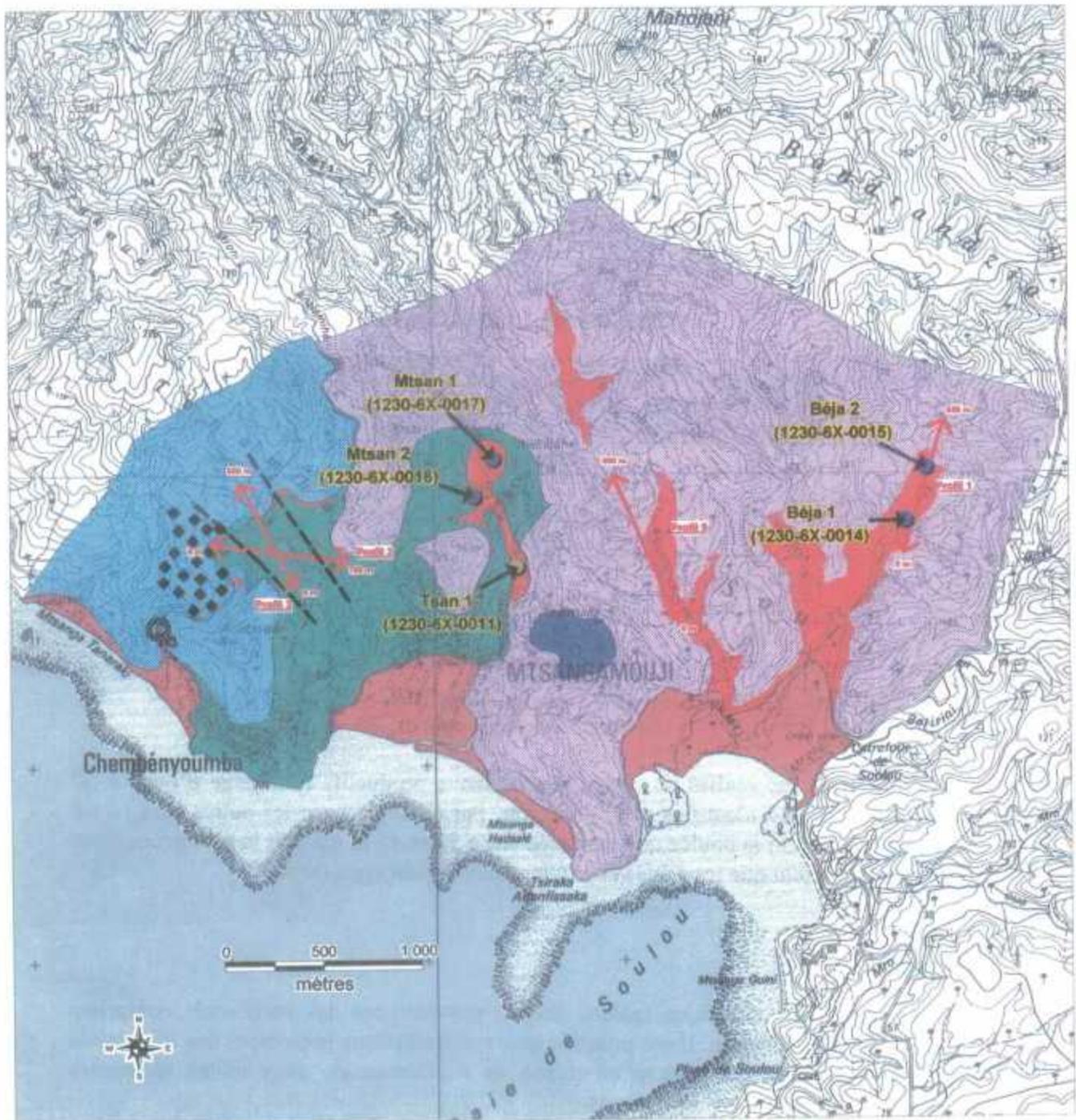
 Eléments fins à structure « cendreuse »

 Unité de basalte riche en pyroxène et olivine

 Faciès basaltique à phénocristaux de pyroxènes automorphes dont la matrice, microlitique, est composée essentiellement d'olivines et de pyroxènes

 Unité de basalte riche en olivine avec quelques pyroxènes

Figure 16 : Site de Mtsangamouji - Carte lithologique interprétative



-  Réseau hydrographique
-  Paléovallée à remplissage potentiellement cendreux (géophysique)
-  Source

-  Forage de la campagne de 1990-1991
-  Forage de la campagne de 1999-2000
-  Profil géophysique

4.3.3. Site de Mtsangamouji-Béja

Sur les deux forages de Béja réalisés en février et mars 2000, une coupe de résistivité a été implantée pour corrélérer la lithologie (reconnue en forage) à la résistivité du sous-sol (Figures 15, 17, A4.3 et Annexe 3 : Figure 3).

Le forage Béja 1 est localisé au droit de l'abscisse 125 du profil géophysique.
Le forage Béja 2 est situé au droit de l'abscisse 400 du profil géophysique.

Les résultats sont exprimés ci-dessous sous forme de tableaux.

Forage de Béja 1 (1230-6X-0014)

Tranche d'épaisseurs lithologiques (profondeur en mètres)	Lithologie	Résistivité (en Ohm.m)
0 à 18 m	Cendres indurées, brèches explosives	25 à 70
18 à 33 m	Galets, blocs à matrice sableuse, sables, graviers	50 à 60
33 à 45 m	Basaltes scoriacés (ol+Felds)	30 à 50
45 à 85 m	Galets, sables et graviers	30

Tableau 2 : Corrélation entre les formations lithologiques du forage Béja 1 et leurs résistivités apparentes.

Le forage ayant été réalisé au rotary, les horizons productifs (pompage d'essai à 50 m³/h) n'ont pas été identifiés avec précision. Par analogie avec les autres sites, il est probable que ce soit la coulée qui est située entre 33 et 45 m qui soit la plus productive. Il ne peut être exclu que les sables et graviers contribuent également.

Bilan :

- Les formations alluviales (galets, sables, graviers) ont des résistivités comprises entre **30 à 60 Ohm.m**. Il est possible que ces formations présentent des résistivités plus proches de 30 Ohm.m en raison de l'influence de deux unités résistantes localisées au-dessus et en dessous.
- L'unité basaltique scoriacée présente une gamme de résistivité comprise entre **30 et 50 Ohm.m**. Ici aussi, il est possible que cette formation soit intrinsèquement plus résistante mais que son encadrement par des formations plus conductrices conduise à un « lissage » des valeurs compte tenu de la faible épaisseur des laves.
- Les formations pyroclastiques (cendres, brèches d'explosions) ont des résistivités variables entre **25 et 70 Ohm.m**. Cette forte résistivité en subsurface correspond très

vraisemblablement à une influence des horizons superficiels secs : autour de 70 Ohm.m ; elle n'est donc pas représentative de la résistivité de ces formations en zone saturée.

Forage de Béja 2 (1230-6X-0015)

Tranche d'épaisseurs lithologiques (profondeur en mètres)	Lithologie	Résistivité (en Ohm.m)
0 à 14 m	Cendres indurées et brèches explosives	20
14 à 45 m	Basaltes avec intercalations de niveaux alluvionnaires et bréchiques.	60 à plus de 100
45 à 57 m	Cendres fines	moins de 50

Tableau 3 : Corrélation entre les formations lithologiques du forage Béja 2 et leurs résistivités apparentes.

Au delà de la limite de foration (60m), la coupe géophysique met en évidence une résistivité de l'ordre de 40 Ohm.m voire inférieur, qui correspond à la prolongation vers le NE du conducteur C2.

L'aquifère n'a pas été capté pour l'alimentation en eau potable en raison de sa très faible productivité en eau (faible épaisseur de basalte non productif en outre). L'ouvrage est utilisé en tant que piézomètre d'observation.

Bilan :

- Les formations cendreuses indurées et bréchiques ont des résistivités de l'ordre de 20 Ohm.m.
- L'unité basaltique présente une forte résistivité comprise entre 60 à 100 Ohm.m. On pourrait penser que les laves sont encore plus résistantes, mais cette résistivité est atténuée par la présence des alluvions et des cendres de résistivité plus faible interstratifiés au sein même de cette unité basaltique. Le forage Béja 1 est sans doute situé à l'extrémité SW de cette unité basaltique qui, compte tenu de son épaisseur réduite dans ce secteur et de cet effet de bord, n'apparaît pas nettement sur le profil géophysique.
- Les formations cendreuses en profondeur ont des résistivités sans doute inférieures à 30 Ohm.m (diminution progressive vers le bas). Au forage Béja 2, un effet de bord est sans doute aussi à l'origine d'une résistivité en apparence plus forte.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

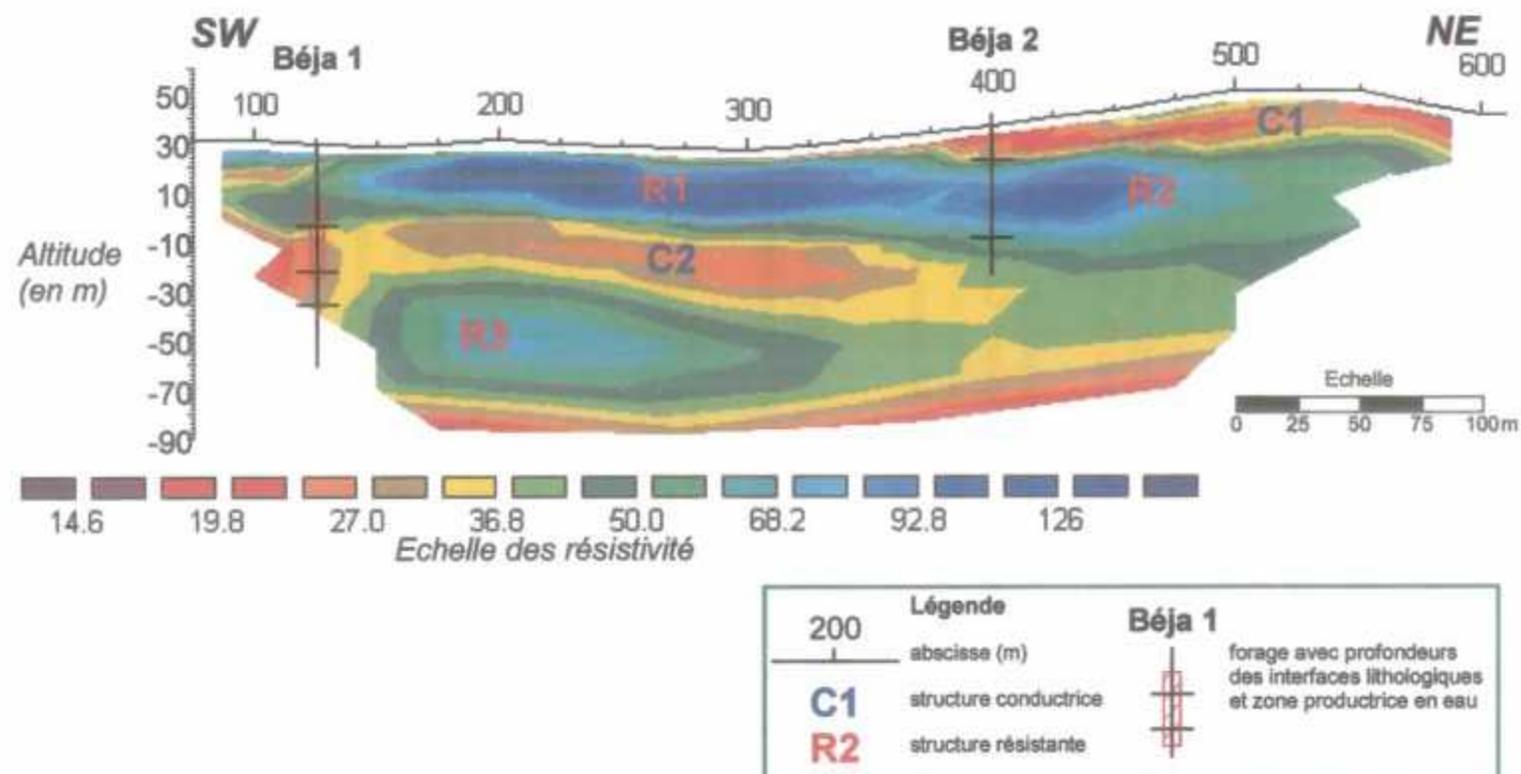


Figure 17 – Site de Mtsangamouji - Béja - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.

4.3.4. Site de Mtsangamouji-Massimoni

a) Géologie et photo-interprétation

Les observations de terrain (ravine de Massimoni) ont permis de déceler deux types de basaltes, des basaltes riches en olivine surmonté de basaltes à pyroxène et olivine (Figure 16). A l'affleurement, l'unité basaltique riche en olivine (carrière à 700m au sud de la zone prospectée) se présente sous la forme d'un faciès très peu altéré et fissuré. Les basaltes à pyroxène et olivine, bien sains, sont représentés sous forme de blocs de taille plurimétrique, bien visibles en particulier au sein de la ravine où certaines coulées semblent démantelées en place.

En dehors de la ravine (le long du profil géophysique par exemple), un réel manque d'affleurement rend difficile l'interprétation lithologique. Le contact entre les basaltes à olivine et l'unité basaltique grenus à pyroxènes, olivines et feldspaths (interstratifiée de niveaux pyroclastiques) est difficile à déterminer en raison du manque d'affleurement sur le secteur.

Deux profils géophysiques d'orientation E-W et SE-NW ont été implantés sur les formations basaltiques supposées afin de préciser leur géométrie en profondeur.

Les linéaments, identifiés à partir de photos-aériennes, se caractérisent selon deux familles principales de directions opposées, NE-SW et NW-SE (Figure 18).

b) Géophysique

Compte tenu de la distance séparant les deux sites, la corrélation lithologie/résistivité avec le secteur de Béja est à prendre avec prudence. Par contre, la corrélation lithologie/résistivité avec le secteur des deux forages Mtsan 1 et 2 peut être envisageable au vue de la distance raisonnable séparant ces deux sites (Annexe 3 : Figures 21 et 22).

Sur la base de la carte géologique, l'horizon résistant superficiel (R1, 90-150 Ohm.m) pourrait correspondre aux basaltes « récents », peu affectés par l'altération. Il pourrait s'agir des basaltes à olivine (formant tout le fond de la vallée et constituant le substratum du secteur). On ne peut cependant exclure compte tenu de la forte résistivité de cette unité et de sa position en surface que cette unité basaltique corresponde aux basaltes riches en pyroxènes et olivines.

Les formations de résistivités inférieures à 35 ohm.m pourraient correspondre à des cendres et/ou des alluvions, comme à Béja ou Mtsangamouji. Ces formations semblent présenter une structure en paléovallée d'orientation NW-SE (Figure 16) avec une zone d'approfondissement maximale autour de l'abscisse 375 du profil E-W. Compte tenu de son épaisseur, il faut éviter l'axe de cette paléovallée.

La structure de fortes résistivités (150 à 230 Ohm.m) localisée à l'extrémité ouest du profil E-W pourrait correspondre à une unité basaltique saine. Cette unité semble

constituer le substratum des cendres. Les campagnes géoélectriques précédentes sur Mtsan 1 et 2 révèlent des résistivités similaires (autour de 230 Ohm.m) au delà de 90 mètres de profondeur.

Figure 18 : Site de Mtsangamouji - Carte des linéaments



— Réseau hydrographique

↔ Profil géophysique

- - - Linéaments

c) Prospection radon

La prospection radon (Figure 19 et Annexe 2.5, Figure A2.5) a permis d'identifier trois zones anormales qui semblent présenter chacune une orientation SW-NE (autour de 600 (Bq/m³)/100), séparées par des valeurs plus faibles.

Deux de ces trois zones anormales identifiées (les plus au nord) coïncident avec les linéaments NW-SE établis à partir de photos aériennes.

L'alignement que constitue les trois zones anormales semble coïncider avec les deux linéaments NE-SW établis sur le secteur, l'un des deux passe par les trois zones anormales.

d) Observations hydrogéologiques

Les observations hydrogéologiques ont été effectuées en juillet 2001 sur deux ravines principales au nord du village de Mtsangamouji, le Mroni Massimoni et le Mroni Andrianabé.

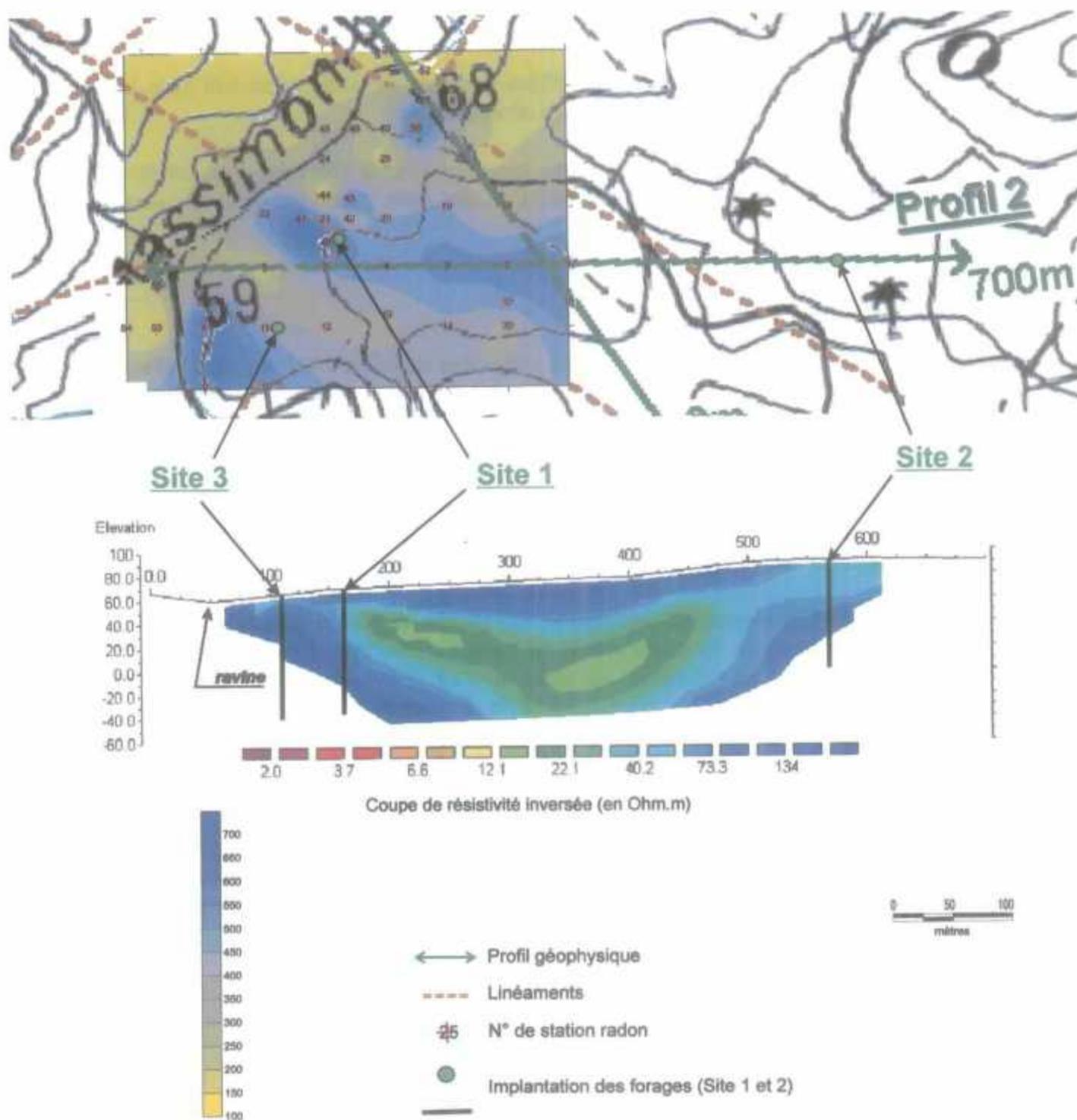
La prospection de la ravine de Massimoni s'est déroulée de son point d'exutoire au sein du lagon jusqu'à la côte 85 m NGM environ. Elle ne s'écoule que dans son extrême partie aval, en contrebas de la **source de Chembenyoumba** (figure 16). Des traces d'humidité ont été détectées vers la côte 85 m NGM environ.

Cette source de Chembenyoumba émerge en rive gauche du Mroni, un à deux mètres au dessus de la base du lit du cours d'eau, au contact subhorizontal entre la coulée de basalte riche en pyroxène et olivine qui constitue l'aquifère à l'origine de la source et son substratum de basalte à olivine. La brèche d'accompagnement de la coulée de basalte riche en pyroxène est colmatée par des remplissages hydrothermaux liés à la mise en place de cette coulée. Son débit est de l'ordre de 5 l/s (gamme 1-10 l/s) avec une conductivité entre 400 et 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (403 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 26,2°C au niveau du captage situé au dessus du bassin et qui constitue probablement l'émergence principale).

Le Mroni Andrianabé présente un débit de l'ordre de 5 l/s avec une conductivité voisine de 220 (à proximité du forage amont) – 230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (à proximité du forage aval). La conductivité au sein du forage amont étant de 251 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (28,4°C).



Figure 19 : Site de Mtsangamouji-Massimoni - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100

e) Synthèse

En résumé, l'ensemble des données recueillies (actuelles et antérieures) suggère que les formations aquifères sont des unités basaltiques de grandes épaisseurs, présentant des résistivités supérieures à 35 ohm.m.

En conséquence, l'objectif est de recouper ces ensembles de résistivités, repérés sur la coupe géophysique afin d'augmenter les chances de rencontrer les formations aquifères.

La sélection du site 1 repose sur les critères suivants (Figure 19 et 20) :

- l'une des plus fortes anomalies radon, coïncidant bien avec un linéament, dans un secteur où le substratum résistant (laves supposées) peut être suspecté à une profondeur acceptable.
- possibilité de reconnaître par forage : les formations résistantes superficielles, le remplissage de la paléovallée (sa bordure) et les formations résistantes sous-jacentes.

Le forage devra avoir une profondeur d'au moins 80 m, 100 m étant encore mieux, pour reconnaître les parties les plus résistantes.

Le site choisi est localisé à 25 mètres au nord de l'abscisse 165 sur le profil géophysique (est-ouest), proche du point où la teneur en radon est élevée (station 40, 754 (Bq/m³)/100).

Localisation du forage (site 1):

X : 508 079

Y : 8 590 135

Z : 70

Bien que non prospectée en radon, la limite Est de la paléovallée à remplissage supposé cendreuse (sous réserve que cette lithologie soit confirmée par le premier forage et que les formations moyennement résistantes, plus de 50 ohm.m tout de même, soient jugées favorables au premier forage) pourrait constituer une cible elle aussi favorable.

Elle pourrait être prospectée, que le forage 1 soit un succès ou un échec, en tenant bien entendu compte des résultats obtenus sur ce premier.

Le site (site 2) le plus intéressant pourrait se situer aux alentours de l'abscisse 575 du profil Est-Ouest. C'est dans ce secteur que les niveaux les plus résistants sont les plus proches de la surface du sol. Un forage d'une soixantaine de mètres de profondeur (70 m) permettrait ainsi de recouper ces formations de résistivité comprise entre 40 et 100 ohm.m, à une distance d'une centaine de mètres des cendres (plus faible impact d'une limite étanche potentielle).

Localisation du forage (Site 2):

**X : 508 487
Y : 8 590 066
Z : 92**

Si les résultats en 1 ont donné des signes encourageants pour ces formations résistantes, il est possible aussi d'établir un forage de reconnaissance (site 3) au niveau des formations supposées basaltiques très résistante (autour de 230 Ohm.m) afin de préciser leur potentiel aquifère. D'autant qu'actuellement aucun forage n'a été réalisé sur des formations basaltiques aussi résistantes.

Le site le plus favorable serait situé au droit de l'abscisse 110 du profil géophysique (est-ouest), lieu où la structure la plus résistante est la moins éloignée de la surface topographique. Le site pourrait aussi être à 50 m au sud de l'abscisse 110 de ce même profil (à la station 11, valeur en radon élevée ($434 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$). Cependant, on risque de rencontrer les formations résistantes à des profondeurs plus importantes de la surface topographique. Le site proposé plus haut permet de faire un test sans un investissement lourd en terme de profondeur du forage. Par rapport au site 1, il présente en outre l'intérêt de s'éloigner d'une éventuelle limite imperméable que constituerait la paléovallée à remplissage supposé cendreuse.

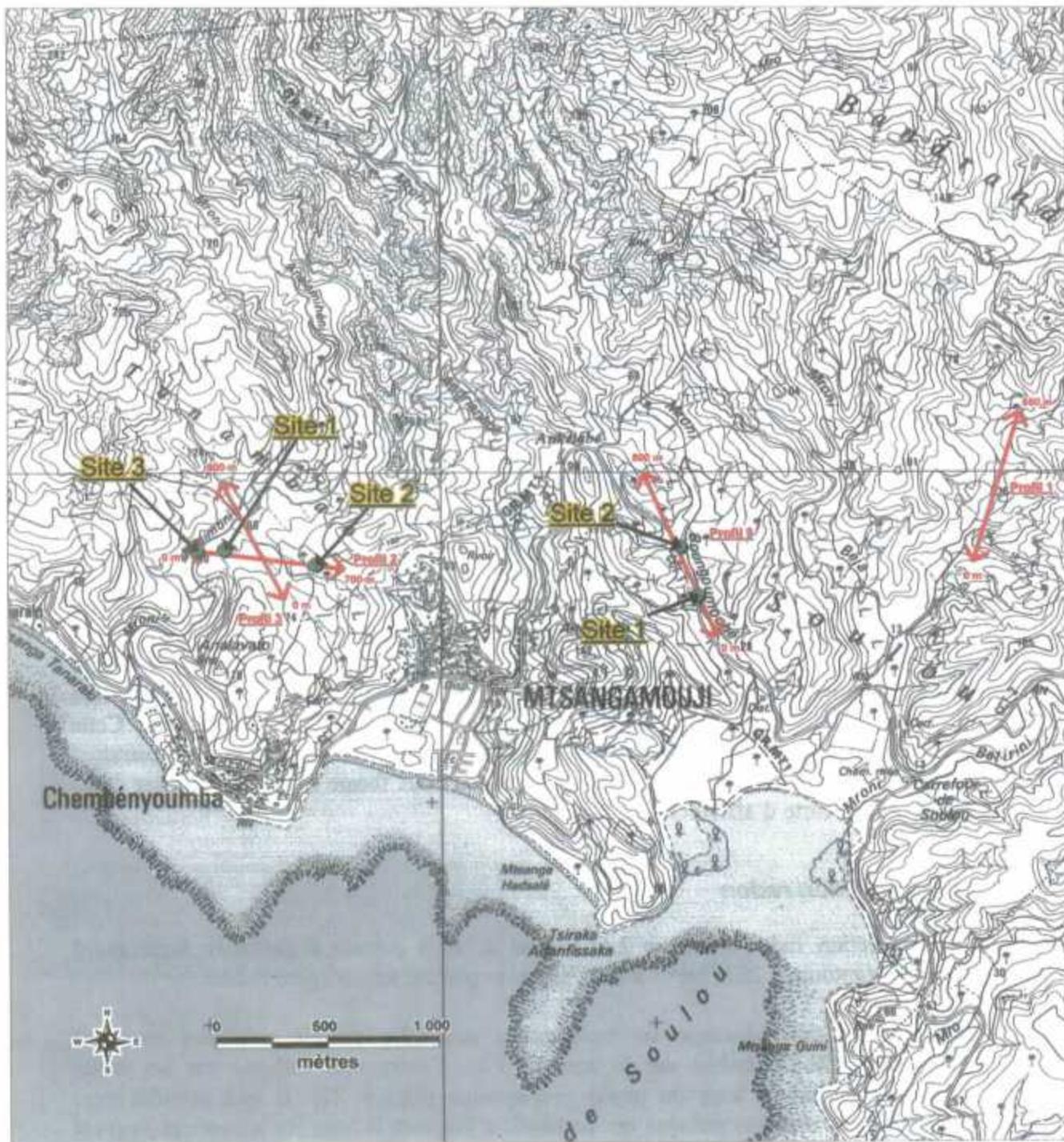
La profondeur du forage peut être fixée à environ 70 m.

Localisation du forage (Site 3):

**X : 507 958
Y : 8 590 130
Z : 60**

L'ensemble des sites proposés sont faciles d'accès, accessibles par un chemin de terre (à aménager pour les engins de forage). Les sites sont situés à plus de 800 m du littoral. Seuls les sites 1 et 3 sont situés à plus de 500 mètres des habitations (pâturage), le site 2 est situé à moins grande distance d'une route et de la zone urbanisée.

Figure 20 : Site de Mtsangamouji - Carte d'implantation des forages



-  Réseau hydrographique
-  Implantation des forages
-  Profil géophysique

4.3.5. Site de Mtsangamouji-Boungoumouhé

a) Géologie et photo-interprétation

Le profil géophysique a été implanté sur des formations cendreuses ou d'altérites sus-jacentes aux formations basaltiques identifiées en tant que basaltes grenus à pyroxènes, olivines et feldspaths (Figure 16). Ces formations peuvent être interstratifiées de niveaux pyroclastiques comme sur le secteur de Béja.

Les linéaments, identifiés à partir de photos-aériennes, se caractérisent selon deux familles principales, de directions NE-SW et NNW-SSE (Figure 18).

b) Géophysique

La coupe de résistivité (Figure 21 et Annexe 3 : Figure 18) est bordée au SE et au NW par des structures résistantes (R1 et R2, >150 Ohm.m). Ces structures résistantes peuvent correspondre à l'unité basaltique grenue à pyroxènes, olivines et feldspaths (identifiée aussi sur Béja 2) avec des épaisseurs importantes (de 40 à plus de 100m). Ces surépaisseurs semblent logiques dans la mesure où la cartographie géologique suggère un abaissement vers l'Est du substratum que constituent, très vraisemblablement, les basaltes à olivine. En outre, la morphologie en paleovallées du mur de ces ensembles résistants est en accord avec le style géologique de ces coulées.

Ces deux structures résistantes encadrent une zone à résistivité intermédiaire (C1, 20 à 40 Ohm.m), surmontée de formations très conductrices (moins de 10 ohm.m). Cette zone (ou de dépôts pyroclastiques ou fluviatiles) pourrait correspondre au substratum (basalte à olivine) nappé de cendres et/ou présent sous forme d'altérites (Figure 16 et Figure A1.3 : carte d'affleurement).

c) Prospection radon

La prospection radon (Annexe 2.6, Figure A2.6) a permis d'identifier deux zones anormales (autour de 250 (Bq/m³)/100), séparées par des valeurs plus faibles.

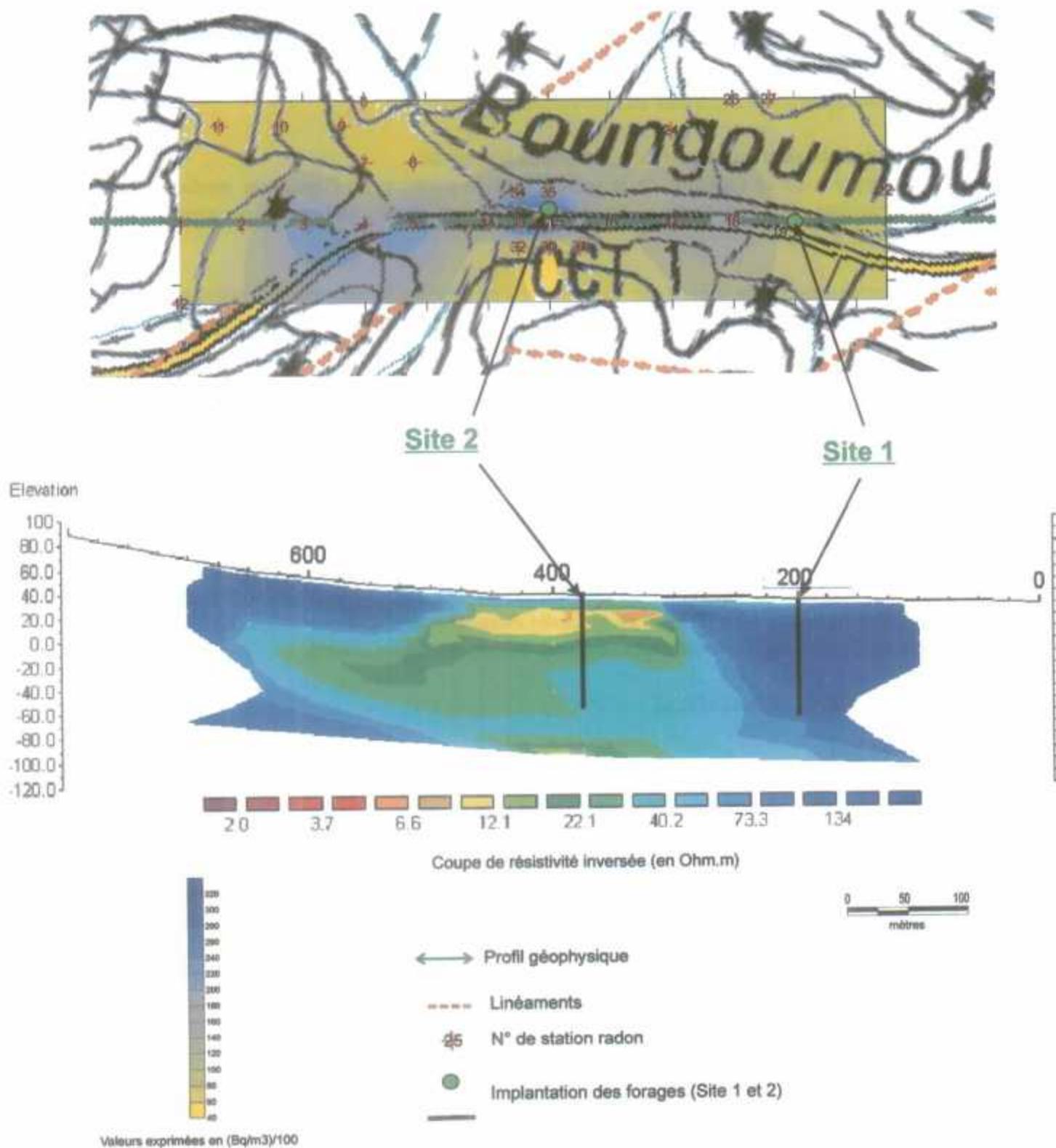
L'alignement que constitue les trois zones anormales semble coïncider avec les linéaments NW-SE établis sur le secteur, l'un d'entre eux s'aligne sur les zones anormales établies le long du profil géophysique (Figure 21). Il faut prendre avec précaution ces résultats puisque ces anomalies s'alignent le long de la route et peuvent ainsi résulter d'un artefact (remblais par exemple).

d) Observations hydrogéologiques

Dans sa partie amont (à la cote 102 m NGM), le Mroni Boungoumouhé montre des conductivités faibles (109 µS/cm), plutôt représentatives des altérites.



Figure 21 : Site de Mtsangamouji-Boungoumouhé - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



e) Synthèse

Les hypothèses énumérées ci-dessous dépendront des résultats des forages obtenus en priorité sur Massimoni puisque le secteur présente des structures plus ou moins identiques avec des gammes de résistivités similaires.

Si les résultats sont conformes aux prévisions :

- reconnaissance en priorité des formations résistantes,
- compte tenu de l'altitude de la partie Nord du profil et de l'épaisseur modeste des résistants dans ce secteur, les reconnaissances dans cette zone ne seront pas privilégiées,

En conséquence, une cible (site 1) pourrait être envisagée au cœur du résistant aval, avec un forage d'une profondeur d'une soixantaine de mètres, plus profond si l'ensemble de la série est productive (plus de 80 m) (Figures 20 et 21).

Comme pour Massimoni, ce forage 1 permettrait de reconnaître les formations supposées basaltiques très résistantes (autour de 230 Ohm.m) afin de préciser leur potentiel aquifère d'autant qu'actuellement aucun forage n'a été réalisé sur des formations supposées basaltiques aussi résistantes.

Le site le plus favorable serait situé au droit de l'abscisse 200 du profil géophysique, lieu où le résistant est puissant et le moins éloigné de la surface topographique (le plus facile d'accès aussi par rapport à des abscisses vers 250 qui obligent à traverser des ravines). En outre, on s'éloigne de la limite étanche potentielle que constitue le contact avec les formations du substratum sans trop se rapprocher du littoral.

Localisation du forage (Site 1):

X : 510 204
Y : 8 589 923
Z : 35

Si le forage de reconnaissance établi sur Massimoni révèle des formations peu aquifères aux niveaux des structures les plus résistantes, il faudrait alors viser les formations de résistivité intermédiaire situées en profondeur dans la partie centrale du profil. La possibilité de recouper les formations pyroclastiques, d'altérites ou fluviales n'est pas négligeable au vu des données lithologiques sur le secteur. Il est donc très probable que les formations très conductrices (entre 6 et 15 Ohm.m) ne soient pas aquifères.

En conséquence, le deuxième forage de reconnaissance pourrait être implanté au sein de l'ensemble supposé être composé des laves du substratum recouvertes de cendres (Figures 20 et 21).

Le forage pourrait être implanté à 10 m (pour s'éloigner de la route) à l'est de l'abscisse 370-375 m environ, ce qui permet :

- de se placer en bordure d'une anomalie radon (station 15, 340 (Bq/m³)/100),
- à l'aplomb d'un secteur où le substratum présente des résistivités relativement fortes (40 Ohm.m environ) à une profondeur modérée (à partir de 60 m de profondeur environ),
- accessoirement, de reconnaître la nature des formations superficielles conductrices.

Ce forage devrait présenter une profondeur de 80 à 90 m environ afin de recouper une épaisseur significative de formations du substratum (laves supposées de résistivité intermédiaire).

Localisation du forage (Site 2):

X : 510 126
Y : 8 590 144
Z : 39

L'ensemble des sites retenus sont faciles d'accès, proches de la route nationale, sans habitation sur le secteur.

Les deux sites sont situés à plus de 900 m du littoral.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

4.4. SITE DE POROANI

Les trois vallées des Mroni Bé, le Mro oua Makoulatsa et le Mro oua Saeva constituent les zones potentielles pour l'implantation de forages retenues par la DAF. Les reconnaissances ont donc porté sur ces trois vallées et, le long de la RN1, depuis Mtsangachéhi jusqu'à Mréréni Bé (Figure 22).

4.4.1. Données antérieures disponibles

Lors de la campagne de recherche en eau souterraine de 1990, un forage (1231-2X-0032) de 60 mètres de profondeur a été réalisé au cœur du village de Manyassini. Il est situé à 20 mètres au sud de la station 120 du profil géophysique. Par conséquent, il est possible d'établir une corrélation entre les données lithologiques du forage (Figure A4.4) et la coupe de résistivité au niveau de l'abscisse 120 du profil (Annexe 3 : Figure 25).

Notons que depuis 1990 les connaissances géologiques de l'île ont évolué en terme de description des faciès volcaniques. A savoir, les formations superficielles décrites au niveau de la coupe géologique du forage de 1990 en tant que « altérite avec rognons de basaltes » sont très vraisemblablement des brèches explosives (comparaison avec les forages de Mréréni de 1990 (1231-2x-0033) et Mréréni 1 et 2 de 2000).

L'horizon moyennement résistant superficiel de 20-25 Ohm.m, situé entre 0 et 14 mètres de profondeur, correspondrait aux formations cendreuseuses indurées et/ou bréchiques.

L'épais conducteur (de 6 à 12 Ohm.m) sous-jacent, entre 10-15 m et 35 à 45 m est composé de coulées altérées (basalte riche en olivine). Il passe progressivement, à des laves plus saines (les horizons résistants plus profonds), au sein desquels persistent des niveaux intercoulées localement altérés.

Au delà de 55 mètres de profondeur, la fin du forage montre un faciès d'altération, altérites en plaquette, provenant probablement de formations basaltiques sous-jacentes. Si tel est le cas, ces formations basaltiques présenteraient des résistivités voisinant les 15-25 Ohm.m.

En comparaison avec les résultats obtenus sur Mréréni (Figure A4.5 et Annexe 3 : Figure 7), les gammes de résistivités sont similaires sur les deux sites pour des formations lithologiques identiques.

Les essais type Lefranc réalisés au niveau du forage ont révélé une perméabilité relativement faible au sein des différentes formations rencontrées, surtout au delà de 30 mètres de profondeur. L'aquifère n'a pas été capté pour l'alimentation en eau potable en raison de sa très faible productivité en eau (surtout après 30 m de profondeur). Ces résultats ne sont pas significatifs au vue du faible dimensionnement du forage (carottage 95mm, crépine de 80mm) et de la manière dont les essais ont été réalisés.

Figure 22: Site de Poroani - Localisation de la zone prospectée



- | | | | |
|---|------------------------------------|--|------------------------|
|  | Bassin versant |  | Prospection géologique |
|  | Réseau hydrographique |  | Profil géophysique |
|  | Forage de la campagne de 1990-1991 |  | Prospection radon |
|  | Forage de la campagne de 1999-2000 | | |

4.4.2. Observations géologiques de terrain

L'ensemble de la région investiguée est constituée de **coulées massives de basaltes riches en pyroxènes avec quelques feldspaths**. Il s'agit de coulées d'épaisseur plurimétrique à décimétrique, montrant un diaclasage vertical et, dans une moindre mesure, horizontal. Elles ne semblent altérées qu'en subsurface sur un maximum de 3 à 4 m et affleurent donc très largement, en particulier dans les ravines (Figure 23 et Figure A1.4).

Le secteur situé à l'ouest de la Mtsanga Makoulatsa montre les restes d'un cône de scories injecté de dykes (épaisseur métrique à plurimétrique) de direction subméridienne. Cet ensemble est interstratifié au sein des basaltes massifs.

Des brèches d'explosion, elles aussi riches en pyroxènes, ont également été observées en rive droite du Mroni Saéva. Les informations recueillies lors de la foration des deux forages de Mréréni 1 et 2 suggèrent que, ces formations cendreuses et bréchiques, d'une épaisseur de 10-15 m, nappent l'ensemble du secteur de Mréréni.

Dans le secteur de Makoulatsa, les basaltes riches en pyroxènes se sont probablement mis en place sur les formations cendreuses indurées ou bréchiques. Ou tout au moins, celles-ci sont interstratifiées au sein de l'ensemble que constituent les basaltes à pyroxène (elles présentent une composition minéralogique similaire).

Du côté de Saéva et Mréréni Bé, la coulée de basaltes riches en pyroxènes semble s'interrompre. Le nappage des formations cendreuses indurées (ou bréchiques) masque les formations sous jacentes. Celles-ci, observées au sein des forages existants (Mréréni 1 et 2), sont composées de basalte plus ancien à zéolithes montrant à la fois olivine et pyroxène. Les basaltes à olivine et pyroxène constituent, comme pour Bandrélé, le substratum des basaltes à pyroxènes.

Dans tout le secteur, les formations alluviales récentes sont limitées à la partie aval des cours d'eau (profil en long à forte pente).

Légende des formations lithologiques observées sur le site de Poroani

1. Formations sédimentaires récentes

 Dépôts fluviatiles et de mangrove

2. Formations volcaniques en relation avec le Massif Sud

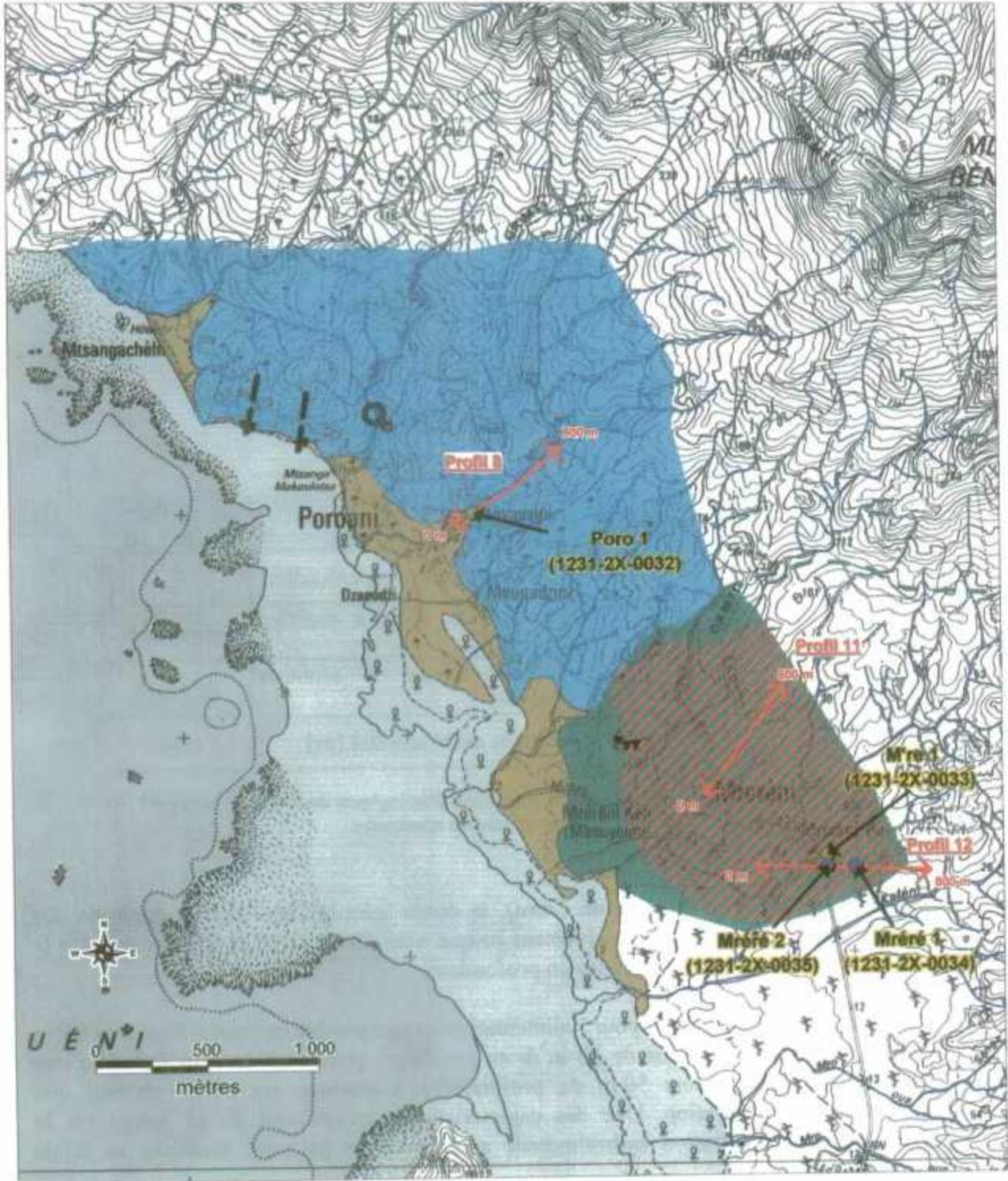
 Coulée massive de basalte riche en pyroxène avec quelques feldspaths

Dépôts pyroclastiques

 Eléments grossiers à structure bréchiq
 Eléments fin à structure « cendreuse »
Saupoudrage de surface

 Unité de basalte est riche en petites olivines

Figure 23 : Site de Poroani - Carte lithologique interprétative



- | | | | |
|-------|-----------------------|---|------------------------------------|
| — | Réseau hydrographique | ↔ | Profil géophysique |
| - - - | Dyke | ● | Forage de la campagne de 1990-1991 |
| Q | Source | ● | Forage de la campagne de 1999-2000 |

4.4.3. Site de Poroani-Mréréni Bé

a) Géophysique

Sur les deux forages de Mréréni-Bé réalisés en mai 2000, une coupe de résistivité a été implantée pour corréler la lithologie (reconnue en forage) à la résistivité du sous-sol (Figures 24, A4.5 et Annexe 3 : Figure 7).

Le forage Mréréni 1 est localisé au droit de l'abscisse 450 du profil géophysique.
Le forage Mréréni 2 est situé au droit de l'abscisse 330 du profil géophysique.

Les résultats sont exprimés ci-après sous forme de tableaux.

Forage de Mréréni 1 (1231-2X-0034)

Profondeur en mètres	Lithologie	Résistivité (en Ohm.m)
0 à 10 m	Cendres indurées superficielles	30
10 à 30 m	Basalte très altéré à zéolithes (ol+px)	moins de 5
30 à 40 m	Basalte fissuré à zéolithes (ol+px)	de 5 à 10
40 à 70 m	Basalte altéré zéolitisé (px)	>10

Tableau 4 : Corrélation entre les formations lithologiques du forage de Mréréni 1 et leurs résistivités apparentes.

Au delà de la limite de foration (70m), la coupe géophysique met en évidence des résistivités augmentant progressivement jusque vers 20-30 Ohm.m, ce qui suggère la présence de formations plus saines en profondeur.

L'aquifère n'a pas été capté pour l'alimentation en eau potable en raison de sa très faible productivité en eau (moins de 10 m³/h au soufflage, provenant essentiellement d'une venue d'eau située vers 50 m de profondeur). L'ouvrage est utilisé en tant que piézomètre d'observation. Une des caractéristiques essentielles de ce forage est la présence d'une altération hydrothermale assez poussée qui peut expliquer sa faible productivité.

Forage de Mréréni 2 (1231-2X-0035)

Profondeur en mètres	Lithologie	Résistivité (en Ohm.m)
0 à 6 m	Alluvions argileuses	7
6 à 14 m	Cendres indurées et brèches explosives	12
14 à 40 m	Basalte très altéré à zéolithes	Moins de 5
40 à 50 m	Basalte fissuré à zéolithes (ol+px)	De 5 à 10
50 à 70 m	Basalte scoriacé ou fissuré (px+ol)	>10

Tableau 5 : Corrélation entre les formations lithologiques du forage Mréréni 2 et leurs résistivités apparentes.

A l'exception des horizons superficiels, le profil de résistivité est similaire au précédent. Ces formations sont aquifères principalement entre 45,5 et 60 m de profondeur au sein des formations basaltiques fissurées, voire fracturées (les horizons scoriacés étant moins productifs) un peu moins altérées qu'en subsurface.

b) Interprétation

Dans l'ensemble, la coupe de résistivité est relativement cohérente avec les différentes formations rencontrées en forage.

A Mréréni, les formations basaltiques présentent une faible résistivité, comprise entre 3 et plus de 12 Ohm.m, qui augmente en profondeur (jusqu'à 30-50 Ohm.m). Les venues d'eau sont observées au sein de la partie la plus résistante des basaltes recoupés par le forage, la zone la plus conductrice localisée sur la coupe correspondant au **basalte très altéré à zéolithes** (3 Ohm.m). Les formations **cendreuses indurées ou bréchiques superficielles**, très probablement sèches, ont des résistivités comprises entre 12 et 30 Ohm.m, valeurs supérieures, sur ce site, aux formations basaltiques.

Dans le cas présent, les basaltes altérés à zéolithes du forage de Mréréni 1 ont des résistivités équivalentes avec celles des basaltes scoriacés ou fissurés du forage Mréréni 2. Il sera donc difficile voire impossible de distinguer les formations aquifères de celles qui ne le sont pas sur la base des coupes de résistivité.

En fait, sur ce site, il est très probable que la résistivité de la roche, faible, soit essentiellement conditionnée par le réseau de fractures hydrothermalisées. Seule la plus grande proximité, au forage 2 qu'au forage 1, « du substratum plus résistant », pourrait constituer un indice, ténu, d'une moindre hydrothermalisation sur ce site.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

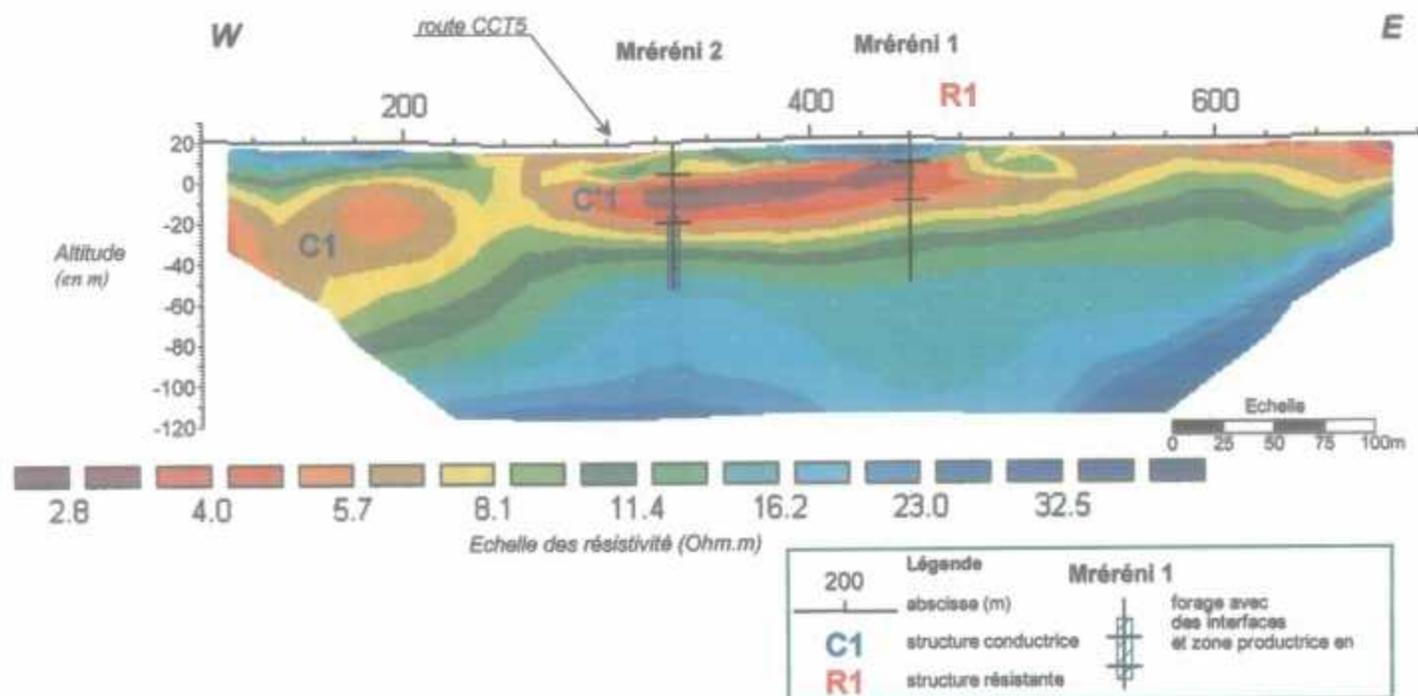


Figure 24 – Site de Poroani, Mréréni Bé, profil 12 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée

4.4.4. Site de Poroani-Saeva

a) Géologie et photo-interprétation

Le profil géophysique a été implanté sur des formations bréchiques explosives (Figure 23). Observées sur le terrain (en rive droite du Mroni Saéva) et confirmées au niveau des coupes géologiques des deux forages établis (Mréréni 1 et 2), ces formations cendreuse et bréchiques nappent l'ensemble du secteur de Mréréni avec une épaisseur de 10 à 15 m. De plus, les données lithologiques des deux forages ont permis de mettre en évidence un ensemble de coulées anciennes (non visible à l'affleurement) sous-jacent aux formations cendreuse et/ou bréchiques.

A l'échelle du 1/25000^{ème}, les linéaments, identifiés à partir des photos-aériennes (Figure 25), se caractérisent selon plusieurs directions, N-S, N110, N80 et N40. A l'échelle du site, deux directions principales de linéaments ont été identifiées au niveau du profil géophysique, N160 et N110. Ces linéaments recoupent à plusieurs reprises la coupe de résistivité. Trois des quatre familles de linéaments (N-S, N110, N40) ont été elles aussi identifiées sur le secteur de Mréréni lors de la précédente campagne de recherche d'eau.

b) Géophysique

Le secteur Saeva, situé à proximité de Mréréni, pourrait présenter des caractéristiques lithologiques similaires, d'autant que la coupe de résistivité (Figure 26 et Annexe 3 : Figure 14) est semblable à celle de Mréréni-Be (Annexe 3 : Figure 7). En conséquence, une corrélation lithologie/résistivité peut être établie.

L'horizon résistant superficiel de résistivité comprise entre 20 et 150 Ohm.m peut être assimilé à des niveaux cendreux et/ou bréchiques non saturés, d'épaisseur plus ou moins constante comprise entre 10 et 15m. L'hypothèse d'une éventuelle présence de formations basaltiques en surface peut être supprimée en raison de l'absence d'affleurement basaltique tant sur les versants qu'au niveau des ravines.

La structure conductrice localisée, en général, entre 20 et 40m de profondeur, de résistivité inférieure à 6 Ohm.m, pourrait correspondre à la partie la plus altérée des basaltes (basaltes très altérés zéolitisés). On ne peut cependant exclure la présence de formations pyroclastiques.

Au delà de cet horizon conducteur, les résistivités s'accroissent progressivement, avec des gammes pouvant correspondre aux laves (basaltes scoriacés ou fissurés) localement productrices captées au forage de Mrereni 2.

Des structures résistantes (>40 Ohm.m) subsistent à partir de 70m de profondeur, pouvant être assimilées à des formations basaltique plus saines.

Figure 25 : Site de Poroani - Carte des linéaments



— Réseau hydrographique ↔ Profil géophysique
- - - Linéaments

c) Prospection radon

La campagne radon (Annexe 2.7, Figure A2.7) met en évidence deux zones anormales sans concordance avec les linéaments (Figure 26).

La campagne de recherche d'eau souterraine de 1999, sur le secteur de Mréréni, soulève le problème d'un facteur supplémentaire de variabilité des propriétés hydrodynamiques, celui lié à l'hydrothermalisation par circulation de fluides chauds au sein de fractures qui peut s'accompagner du dépôt, au sein de celles-ci, de minéraux uranifères. On peut ainsi obtenir des artefacts en radon comme sur le site de Mréréni 1 par exemple.

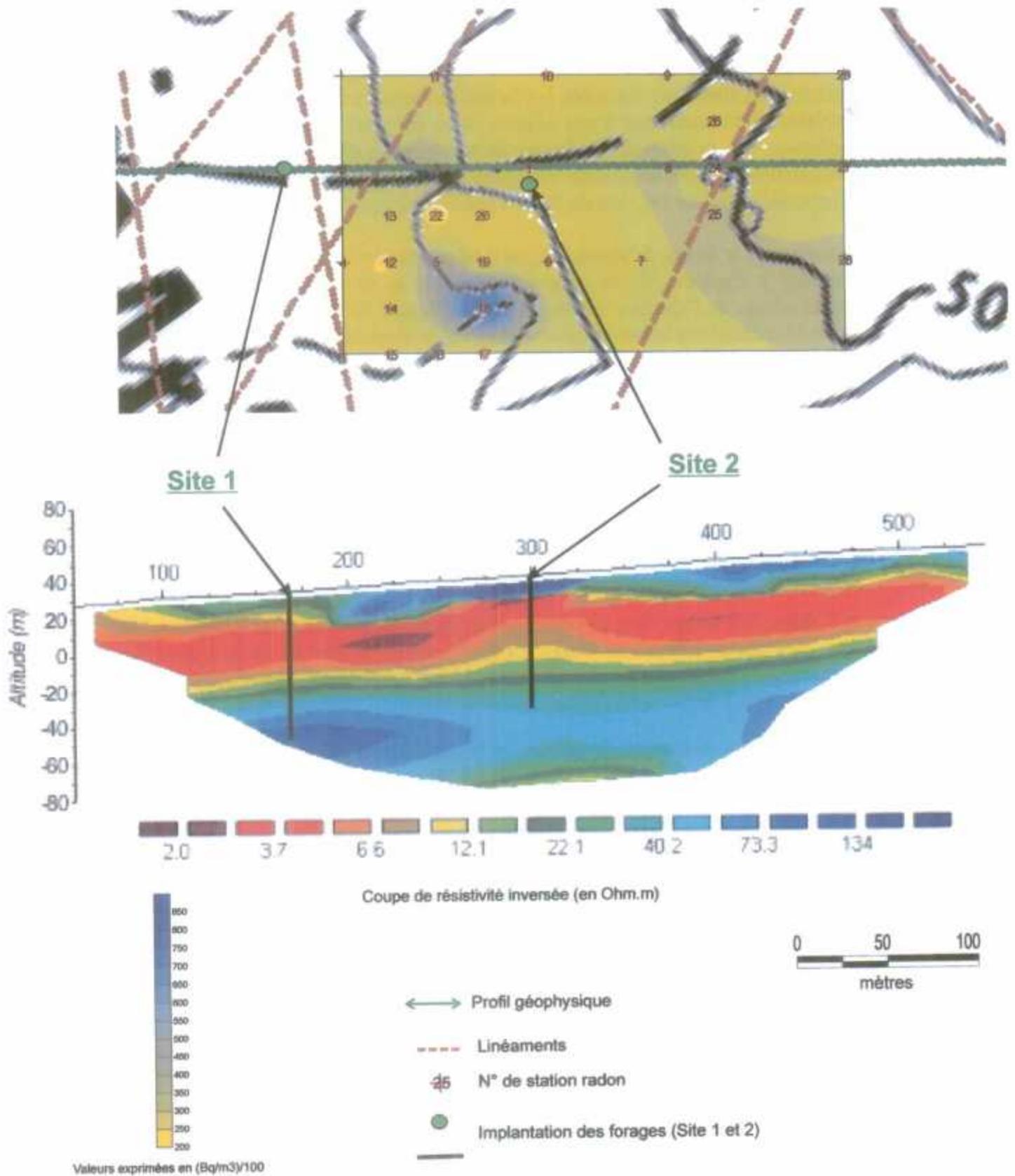
Ce facteur lié à l'hydrothermalisation, peut nous conduire à rester prudent sur les valeurs obtenues à l'aide de la méthode radon et à ne prendre en considération que les données lithologiques couplées aux données de résistivités pour l'implantation des forages.

d) Observations hydrogéologiques

Au niveau de la ravine Mroni Saeva, aucune présence d'eau ni de source n'ont été constatés sur la zone prospectée à partir de la route nationale jusqu'à l'intersection de la ravine avec le GR MT1. Le lit de la ravine est constitué de dépôts fluviaux composés essentiellement d'alluvions à matrice limoneuse. Aucun affleurement basaltique n'a été détecté sur l'ensemble de la ravine prospectée.



Figure 26 : Site de Poroani-Saeva - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



e) Synthèse

Le site de Poroani Saeva est de qualité moyenne. Les résultats susceptibles d'y être obtenus semblent devoir être relativement aléatoires (cf. forages de Mréréni, situés dans une configuration similaire). En outre, les formations potentiellement aquifères sont très vraisemblablement recouvertes d'une épaisse (40 m environ) couverture de formations potentiellement peu favorables. Ce dernier facteur pourrait être atténué en recherchant des configurations où elles sont moins éloignées de la surface topographique, soit du fait de la morphologie de leur toit, soit du fait des conditions topographiques.

Par analogie avec le forage de Mreréni 2, un sondage de reconnaissance (site 1) pourrait être implanté à l'aplomb de la structure profonde la plus résistante (plus de 40 Ohm.m) au niveau de l'abscisse 170 m du profil (Figures 26 et 27). La cible peut être décalée de 15 mètres vers le sud-est pour s'éloigner du chemin de terre.

Le forage se situerait à 35 m NGM, la cible hydrogéologique étant vers -5 m NGM, on est sûr d'être en zone saturée de l'aquifère.

La profondeur prévisionnelle du forage peut être fixée autour de 100 mètres.

Localisation du forage (Site 1):

X : 516 446

Y : 8 573 852

Z : 35

En cas d'échec, un forage (site 2) pourrait être implanté au niveau de l'abscisse 300 dans une zone où les formations conductrices superficielles sont moins épaisses. Son implantation peut être décalée de 10 mètres vers le sud-est pour s'éloigner du chemin de terre (Figures 26 et 27).

Cette cible est néanmoins moins favorable que la première en raison des résistivités plus faibles en profondeur (configuration identique sur Mréréni 1 et non sur Mréréni 2). De plus, le site monte en altitude avec probablement un niveau piézométrique plus bas.

La profondeur prévisionnelle du forage peut être fixée autour de 100 mètres.

Localisation du forage (Site2):

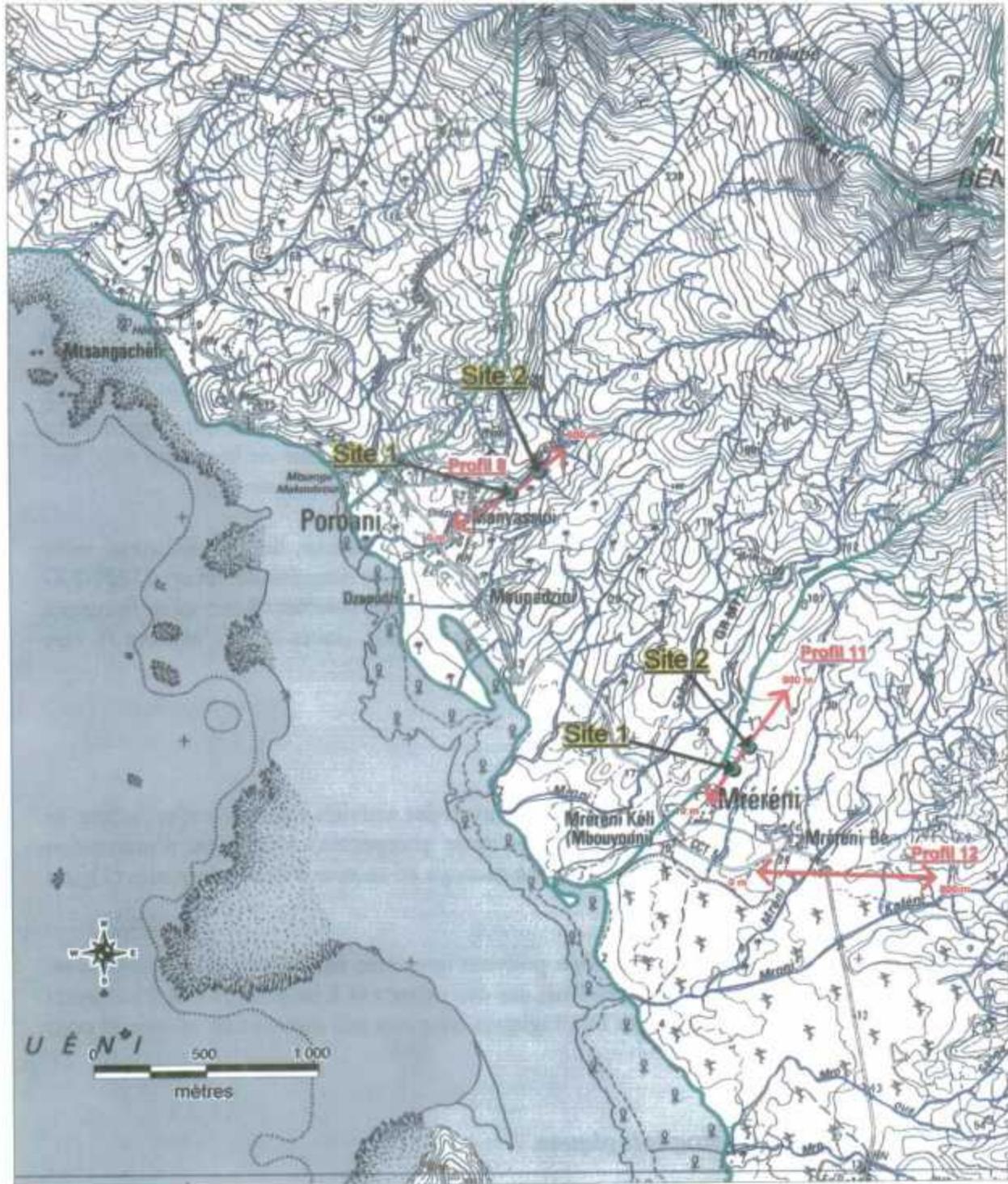
X : 516 516

Y : 8 573 953

Z : 42

D'un point de vue environnemental, les sites choisis sont situés à proximité d'habitations (environ 75m), de cultures mahoraises et à moins de 15 m d'un chemin de terre (accessible en voiture depuis la RN jusqu'au site). Ils se situent à plus de 800m du littoral.

Figure 27 : Site de Poroani - Carte d'implantation des forages



— Réseau hydrographique
□ Bassin versant

↔ Profil géophysique
● Implantation des forages

4.4.5. Site de Poroani-Manyassini

a) Photo-interprétation

L'étude des linéaments (Figure 25) à partir de photos-aériennes met en évidence trois familles de directions différentes : N20, N45 et N120.

b) Géophysique

Les zones plus résistantes (Figure 28 et Annexe 3 : Figure 16, résistivités comprises entre 50 et 130 Ohm.m) en surface (stations 200, 340 et entre 400 et 550) correspondraient aux basaltes bien identifiés sur le terrain (visibles à l'affleurement) comme étant des basaltes riches en pyroxènes et relativement sains (Figure 23). La géophysique suggère que cette unité basaltique ne présente une épaisseur significative (supérieure à 30 m) que dans la partie amont du profil, à partir de la station 400. Son caractère limité en extension verticale en fait une cible d'intérêt moyen.

Cet horizon résistant repose sur un ensemble plus conducteur, dont la résistivité varie significativement latéralement (de 15 à 25 Ohm.m). Les données du forage (1231-2X-32, cf. 4.4.1) suggèrent que cet ensemble correspond aux basaltes altérés et/ou fissurés à olivines. Cette unité présente une résistivité maximale (laves moins altérées ?) vers l'abscisse 275.

c) Prospection radon

Les deux zones anormales les mieux définies avec des activités radons élevées (autour de 570 (Bq/m³)/100), situées à l'est de la zone prospectée, n'ont pas d'orientation préférentielle. De plus, aucun linéament ne recoupe ce secteur à zones anormales (Figure 28 et Annexe 2.8, Figure A2.8).

Le facteur lié à l'hydrothermalisation pouvant interférer dans les résultats obtenus en radon, nous conduit à rester prudents sur ces valeurs et à ne prendre éventuellement en considération que les données lithologiques couplées aux données de résistivité pour l'implantation des forages.

d) Observations hydrogéologiques

Les observations hydrogéologiques ont été effectuées en juillet 2001 sur deux ravines principales autour du village de Poroani, le Mroni Bé et le Mro oua Makoulatsa.

La ravine Mroni Bé s'étend sur une superficie d'environ 3,5 km² avec un débit de l'ordre de 2 - 3 l/s (1 l/s/km² environ). Les mesures de conductivité relevées in-situ sont relativement stables (440 - 445 µS/cm) jusque vers la cote +50 m NGM, avec une

diminution ensuite (428 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la cote +90 m NGM environ). Le principal affluent (cote 45m NGM) a une conductivité moyenne de l'ordre de 285 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La ravine Mro oua Makoulatsa a un débit de l'ordre de 2 - 3 l/s. Les mesures de conductivité sont relativement stables (350 $\mu\text{S}/\text{cm}$) jusque vers la cote +35 mNGM.

Une source a été mise en évidence en rive gauche de la ravine au niveau de la cote 20 m NGM. Son débit est de l'ordre de 10 à 20 l/mn avec une conductivité autour de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figure 23).

La source émerge de manière relativement diffuse, sur un dénivelé d'une dizaine de mètres et sur une largeur d'une trentaine de mètres au flanc d'un versant plan à forte pente (100%), limité, au Sud, par une petite ravine. Les émergences ne sont pas focalisées sur cette dernière. La zone d'émergence semble correspondre, au sein de l'ensemble de coulées riches en pyroxènes, à une limite entre deux coulées (base scoriacée). Compte tenu des éléments obtenus par géophysique, il ne peut être exclu que cette source matérialise localement la base des coulées de basalte à pyroxène.

e) Synthèse

En résumé, ce site présente des potentialités moyennes vis à vis de l'implantation de forages. Les observations de surface caractérisant des laves saines bien fissurées ne semblent pas confirmées par la géophysique. Il semble donc plus intéressant de forer en premier lieu sur le site de Mréréni.

Deux hypothèses de site d'implantation de forage peuvent être proposées sur l'ensemble du secteur prospecté.

Par ordre d'intérêt décroissant (Figure 27 et 28) :

1. La première hypothèse serait d'implanter un forage de reconnaissance au niveau de l'abscisse 275 m NGM de la coupe géophysique (Site 1). L'objectif est de définir la nature de cette structure résistante (20 à 30 Ohm.m) et d'évaluer son caractère aquifère. Le lieu choisi pour caractériser ces formations de résistivité intermédiaire correspond à l'endroit où ces formations sont les moins éloignées de la surface topographique (25 - 30 m) et les plus puissantes. Une profondeur prévisionnelle de 70 m minimum devrait permettre de recouper significativement cette formation.

Localisation du forage :

X : 515 461

Y : 8 575 096

Z : 20

2. Un deuxième forage (site 2) pourrait avoir pour objectifs :

- 1- de reconnaître l'unité basaltique de forte résistivité reconnue en surface afin de déterminer si elle présente des caractéristiques aquifères,
- 2- de caractériser l'unité plus conductrice sous-jacente (gammes de résistivités entre 8 et 12 Ohm.m).

Deux sites pourraient être forés aux abscisses 550 ou 450 qui se situent tous deux sur ou à proximité immédiate d'anomalies radon. Le site à 450, bien que sur une anomalie radon moins marquée, présente l'intérêt de se trouver sur le profil et non dans une zone d'extrapolation des résultats, et dans le secteur le plus résistant du point de vue électrique. Le site choisi (site 2) pourrait être ainsi implanté au droit de l'abscisse 450 du profil au niveau de la station 5 de la campagne radon (507 (Bq/m³)/100).

Pour satisfaire ces deux objectifs, une profondeur prévisionnelle de 80 mètres s'avère nécessaire.

Localisation du forage :

X : 515 586

Y : 8 575 194

Z : 32

D'un point de vue environnemental, l'implantation prévue en Site 1 est située à moins de 50 m des habitations mahoraises dont il est séparé par la ravine de Mroni Be. Le Site 2 est à plus de 150 m de ces habitations.

Les deux sites sont localisés à plus de 600 m du littoral.

Pour éviter de traverser la ravine de Mroni Be, une piste d'accès peut être envisagée par le haut du village.

4.5. SITE DE MTSAPERÉ

Le secteur de Mtsapéré constitue une des zones potentielles pour l'implantation de forages retenues par la DAF. Les reconnaissances ont donc porté sur les deux vallées des Mro Oua Majimbini et Mro Oua Doujani et le long de la RN1, depuis Kavani jusqu'à Doujani (Figure 29).

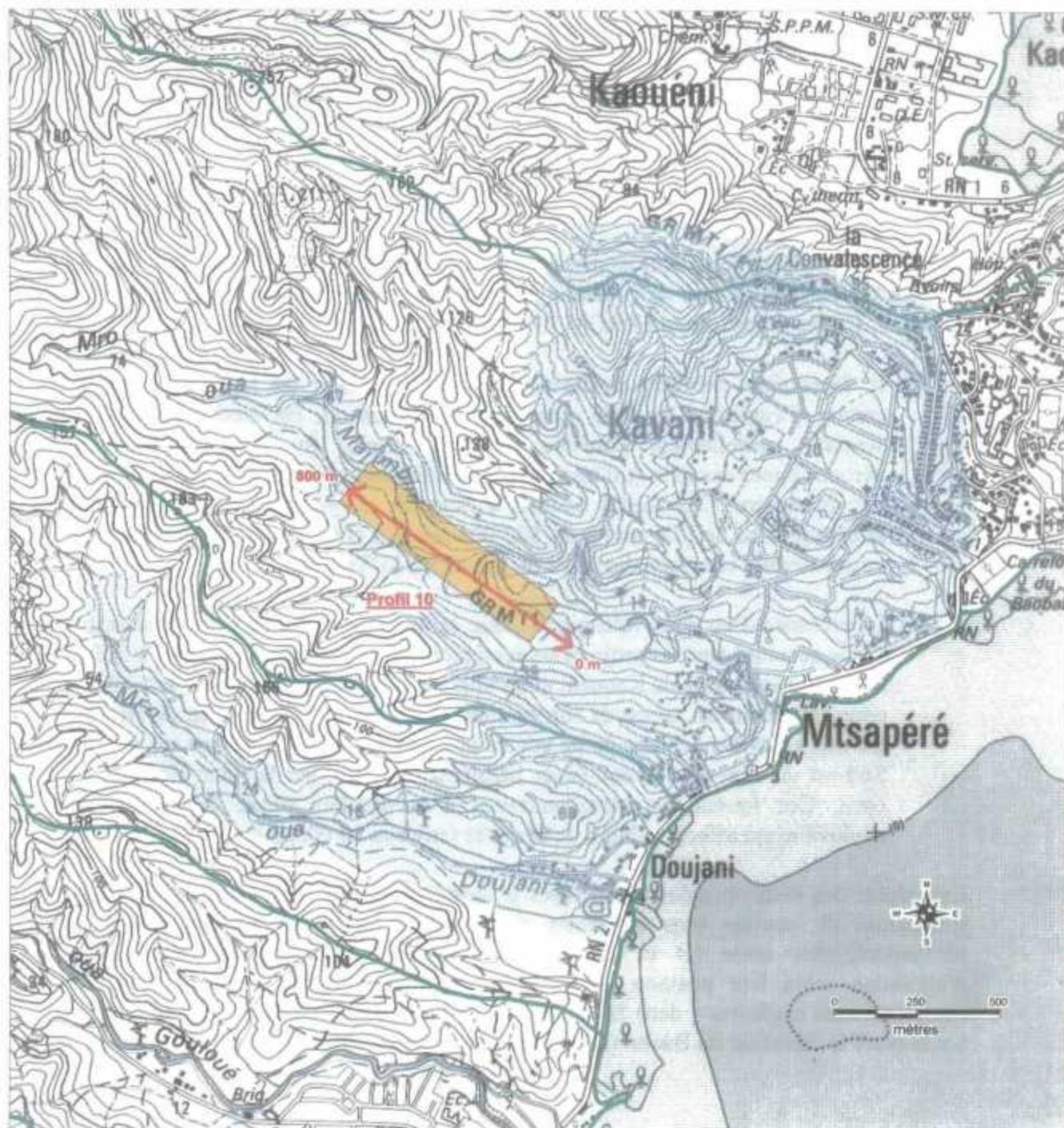
4.5.1. Contexte géologique

Le secteur de Kavani appartient au massif volcanique du M'Tsapéré et du Digo, localisé au nord de Mayotte. Il met en évidence deux structures géologiques remarquables (D. Lebon, P. Lachassagne, rapport BRGM/RP-50691-FR SG/MAY 02) (Figure 30).

- (1) la dépression circulaire de Kavani pourrait constituer les restes d'un ancien cratère d'explosion de type maar dont les bords ont été érodés et la partie centrale partiellement comblée par des dépôts fluviatiles. Les dépôts pyroclastiques associés (tuf trachytique) ont été conservés dans la partie Nord et Est du cratère. Ces dépôts seraient à rattacher au volcanisme explosif ayant affecté le nord de l'île autour de 500 000 ans. Ce cratère s'est mis en place sur un substratum constitué des laves du massif du M'Tsapéré.
- (2) La présence d'un cône volcanique d'une centaine de mètre de hauteur constitué d'une accumulation de projections scoriacées (blocs, lapilli), culminant à 209 m d'altitude au-dessus de Kaouéni et du village de Kavani. L'extension actuelle du cône est réduite en raison de son érosion. Deux secteurs d'émission de lave ont été mis en évidence : une petite coulée massive de basalte à olivine sur le flanc Sud-est du cône et une coulée de basalte à pyroxène sur le flanc Nord-est du cône. Ces formations appartiendraient à la dernière phase du volcanisme explosif ayant affecté le Nord de Mayotte (environ 10 000 ans).

Les dépôts des deux épisodes volcaniques présentés ci-dessus semblent reposer sur un substratum de coulées plus anciennes probablement associées au volcanisme du M'Tsapéré, daté entre 1,4 et 1,5 Ma. Ces coulées présentent différents degrés d'altération selon leur position géographique et morphologique : très altérées voir complètement argilisées (dans la partie Sud de la dépression de Kavani), altérées en boule (vers le carrefour du Baobab) et saines dans la vallée du Mro Oua Majimbini.

Figure 29 : Site de Mtsapéré - Localisation de la zone prospectée



Réseau hydrographique
Bassin versant

Prospection géologique
Profil géophysique
Prospection radon

4.5.2. Site de Mtsapéré-Majimbini

a) Observations géologiques de terrain

Au sein des deux vallées prospectées, les coulées anciennes du M'Tsapéré comprennent deux types de coulées (Figure 29 et A1.5).

Le premier ensemble de coulées, le plus récent, coiffe et forme les reliefs des deux vallées de Mtsapéré. Il s'agit d'un basalte à texture granuleuse, riche en olivine, avec quelques pyroxènes de taille infra millimétrique à millimétrique (pyroxènes atteignant parfois 0,5 cm). A l'affleurement, cette coulée, d'épaisseur plurimétrique (6 à 10 m environ), présente à la base un niveau de recuit de la coulée sous-jacente avec, par dessus, une base en gratons (1 à 2 m d'épaisseur). Le cœur de la coulée se caractérise par un débit en plaquettes (structure fluidale) surtout à la base, avec de nombreuses fissures subverticales.

Le deuxième ensemble de coulées, sous-jacente au premier correspond à un basalte gris vacuolaire riche en petites amphiboles (1 mm maximum). Il affleure essentiellement au niveau des ravines et présente une faible altération.

Des dépôts pyroclastiques lités ont été également observés sur l'ensemble du secteur prospecté. Ils ont été systématiquement identifiés dessous l'unité basaltique à olivine et pyroxène, caractérisant ainsi un épisode explosif du volcanisme du M'Tsapéré qui semble se placer entre les deux phases d'émission de coulées décrites ci-dessus ou, plus probablement, avant la mise en place de l'ensemble le plus récent. Ces cendres litées, de couleur beige à jaunâtre, sont constituées de sables grossiers avec des cristaux libres de pyroxène. Elles ont été localement observées sur plusieurs mètres d'épaisseur, avec une base de brèche explosive.

Des dépôts fluviatiles ont également été observés aux niveaux des deux ravines prospectées. Ces dépôts sont constitués essentiellement d'alluvions subactuelles avec quelques chenaux conglomératiques et des limons. Le Mro Majimbini est encaissé de plusieurs mètres au sein des alluvions dans la partie aval de son cours (jusqu'à la cote 20 m NGM environ). Les alluvions récentes renferment localement des niveaux cendreaux de 20 à 50 cm d'épaisseur (-5.000, -10.000 ans ?). Ces alluvions ne semblent pas montrer une épaisseur significative (supérieure à 5 – 10 m) au delà de la cote 18-20 m NGM (selon carte 1/25.000 non corrigée de l'approfondissement lié au cours d'eau).

Légende des formations lithologiques observées sur le site de Mtsapéré

1. Formations sédimentaires récentes

 Dépôts fluviatiles et de mangrove

2. Formations volcaniques en relation avec le Massif Nord

- Cône volcanique (de type Strombolien) et coulées associées

 Dépôts scoriacés (scories, bombes, lapilli)

 Coulée de basalte à pyroxène

 Coulée massive de basalte à olivine

- Volcanisme explosif de type phréato-magmatique (maar)

 Dépôts pyroclastiques : Eléments fin à structure « cendreuse »

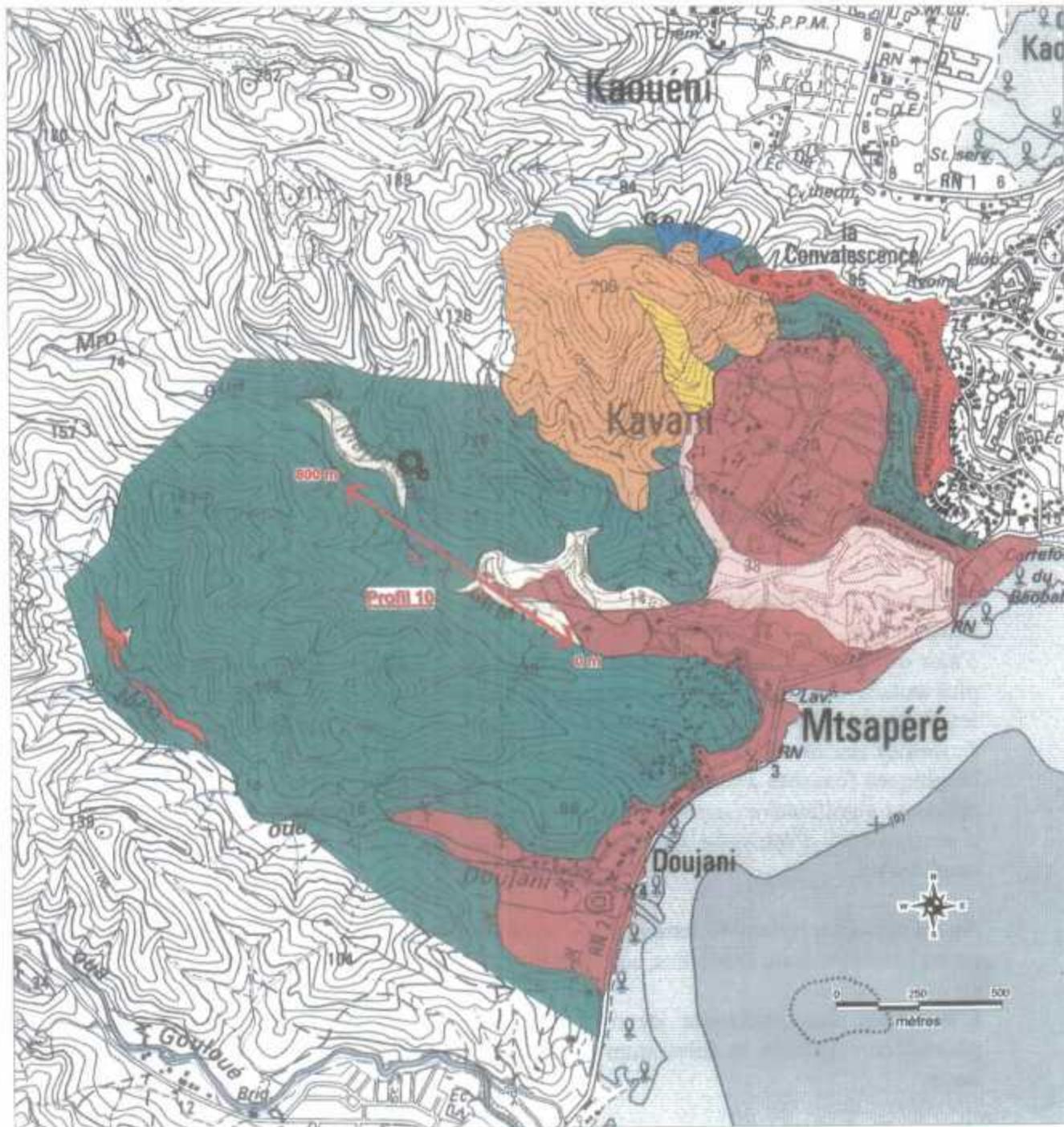
- Volcanisme du Mtsapéré

 Unité de basalte gris vacuolaire riche en petites amphiboles

 Unité de basalte à texture granuleuse riche en olivine, avec quelques pyroxènes

 Basalte très altéré (altérites)

Figure 30 : Site de Mtsapéré - Carte lithologique interprétative



-  Réseau hydrographique
-  Profil géophysique
-  Source

b) Photo-interprétation

Les linéaments (Figure 31), identifiés à partir des photos-aériennes, (à l'échelle du 1/25000) ont une extension locale (on n'observe pas de structures majeures qui recoupent par exemple l'ensemble du secteur étudié). Deux familles de linéaments ont été identifiées. Elles montrent deux directions grossièrement conjuguées, NNE-SSW et NW-SE.

c) Géophysique

Le profil géophysique a été implanté sur les deux coulées identifiées lors de la phase de reconnaissance géologique afin de préciser leur géométrie (Figures 30 et 32).

La coupe de résistivité (Figure 32 et Annexe 3 : Figure 29) met en évidence un ensemble relativement conducteur (pour ce site) superficiel (C1, 20 à 40 Ohm.m) avec des épaisseurs variables (de 0 à 40m). Il s'estompe progressivement vers le sud-est pour disparaître au-delà de l'abscisse 200. Il pourrait s'agir de l'unité basaltique à olivine avec quelques pyroxènes, reconnue à l'affleurement vers l'abscisse 400 (altération en boule).

Cette unité de résistivité intermédiaire supposée basaltique repose sur un ensemble plus résistant (R1, 70 à 90 Ohm.m) présent tout le long du profil. Néanmoins, il pourrait s'agir de l'autre ensemble de coulées de laves plus anciennes (basalte à amphibole) et plus saines. Cet ensemble résistant apparaît en surface sur la coupe de résistivité entre les abscisses 100 et 200. Les affleurements identifiés dans ce secteur sont des dépôts fluviatiles (au niveau de la ravine entre 18-20 m NGM) sus-jacente à des formations basaltiques (basalte à amphibole). Ces dépôts fluviatiles ne semblent pas montrer une épaisseur significative (supérieure à 5 – 10 m). En conséquence, cet ensemble résistant d'environ 90m d'épaisseur semble bien correspondre à une unité basaltique (basalte à amphibole).

Au vu des observations de terrain, il est possible que des formations cendreuse indurés (et/ou bréchiques) ou fluviatiles, soient interstratifiées au sein de ces coulées.

L'ensemble plus conducteur identifié en profondeur (toit vers 100m de profondeur) pourrait correspondre au substratum (laves altérées, formations pyroclastiques ?) de ces laves.

Figure 31 : Site de Mtsapéré - Carte des linéaments



— Réseau hydrographique

↔ Profil géophysique

- - - Linéaments

d) Prospection radon

La prospection radon (Figure 32 et Annexe 2.9, Figure A2.9) a permis d'identifier deux zones anormales bien distinctes. La zone anormale centrée sur le secteur prospecté a une orientation nord-sud.

Seule l'une des deux familles de linéaments identifiées (NNE-SSW) coïncide relativement bien avec la direction de la zone anormale centrale, sans néanmoins la recouper (Figure 32).

e) Observations hydrogéologiques

Les observations hydrogéologiques ont été effectuées en juillet 2002 sur deux ravines principales autour du village de Mtsapéré, le Mro oua Majimbini et le Mro oua Doujani.

Le bassin versant du Mro oua Majimbini s'étend sur une superficie de 6,5 km² environ. La ravine de Mro oua Majimbini est asséchée en aval de la cote 28 m NGM. Au delà un peu d'eau subsiste avec une conductivité comprise entre 410 et 440 µS/cm.

On peut noter la présence d'une petite source (vers la cote 55 m NGM, cf. figure 30) à faible débit (environ 2 l/heure). Elle émerge à environ 30 m de hauteur par rapport à la ravine asséchée (qui se situe, elle, à la cote 25 m NGM) au contact des formations basaltiques (basalte à olivine) et de formations bréchiques (base de coulée ?).

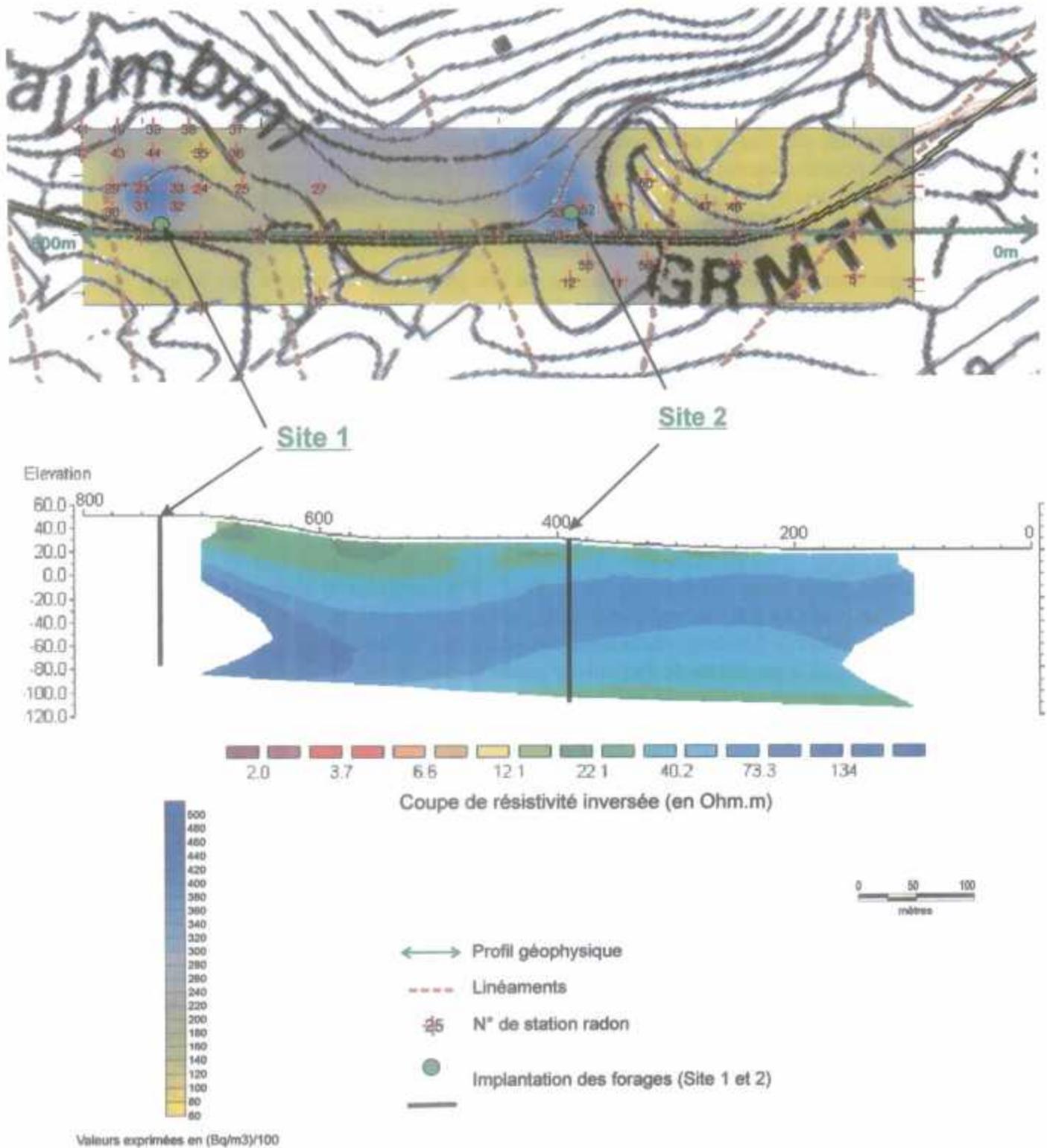
Le bassin versant du Mro oua Doujani s'étend sur une superficie de 2,5 km² environ. Le cours d'eau du Mro oua Doujani est asséché jusqu'à la cote 25 m NGM environ. Au delà un peu d'eau subsiste sur quelques dizaines de mètres avec une conductivité comprise entre 410 et 440 µS/cm.

Le cours d'eau coule à nouveau vers la cote 35 m NGM environ avec une conductivité voisine de 400 µS/cm.

En amont (cote 50 m NGM), la conductivité est beaucoup plus faible (130 à 140 µS/cm), représentative des altérites.



Figure 32 : Site de Mtsapéré-Majimbini - Corrélation entre les campagnes émanométriques, géophysiques et l'étude des linéaments



f) Synthèse

Dans un futur proche, une grande partie de la zone prospectée risque d'être urbanisée en raison des terrains déclarés constructibles entre les abscisses 0 et 500 de la coupe géophysique. Il est donc préférable d'établir un forage sur le secteur non affecté par cette urbanisation entre les abscisses 500 et 800 de la coupe.

En l'absence de forage d'étalonnage sur le secteur, il est difficile de discerner les secteurs potentiellement aquifères de ceux qui ne le sont pas par rapport aux résultats de la coupe de résistivité. Néanmoins, le site est globalement favorable voire très favorable compte tenu de résistivités modérées à fortes.

Compte tenu de l'homogénéité apparente du site (résistivité homogène tout le long du profil géophysique), l'implantation des forages est essentiellement basé sur les résultats de la campagne radon (zones anomales), qui montrent par ailleurs une relativement bonne qualité (répétitivité du signal) (Figure 32).

Un **premier forage** (site 1) (Figure 33) pourrait être réalisé sur l'anomalie radon la plus forte située dans la partie ouest du profil (station 23, $522 \text{ Bq/m}^3/100$) à 40 m au nord-est de l'abscisse 750 du profil (Figures 32 et A2.5). Il faudrait un forage profond (environ 100 m) pour bien reconnaître la série inférieure. De plus, le forage permettrait de caractériser le potentiel aquifère de l'unité superficielle.

En concertation avec les services de la DAF, l'implantation du forage proposée ci-dessus ne peut être prise en compte en raison du problème foncier survenu sur ce secteur (zone de cultures). Son implantation est donc décalée (Figure 33) vers le chemin de terre tout en restant à proximité de l'anomalie radon la plus élevée. Le forage pourrait ainsi être réalisé entre les stations 31 et 32 (environ $400 \text{ Bq/m}^3/100$) à 10-15 m au nord-est de l'abscisse 735 du profil (Figure 32 et A2.5).

Localisation du forage (site 1):

X : 522 490
Y : 8 587 002
Z : 48

En cas de succès du premier forage, un deuxième site (site 2) (Figure 33) peut être envisagé sur des configurations similaires. Il peut être implanté sur la seconde anomalie radon entre les stations 52 et 53 (environ $420 \text{ Bq/m}^3/100$) situé à 20 m au nord-est de l'abscisse 390. Avec une profondeur de forage similaire (environ 100 m), ce dernier permettrait de caractériser une zone moins résistante. Ce site est moins favorable en raison de son implantation sur la zone prochainement urbanisée.

Localisation du forage (site 2):

X : 522 775

Y : 8 586 804

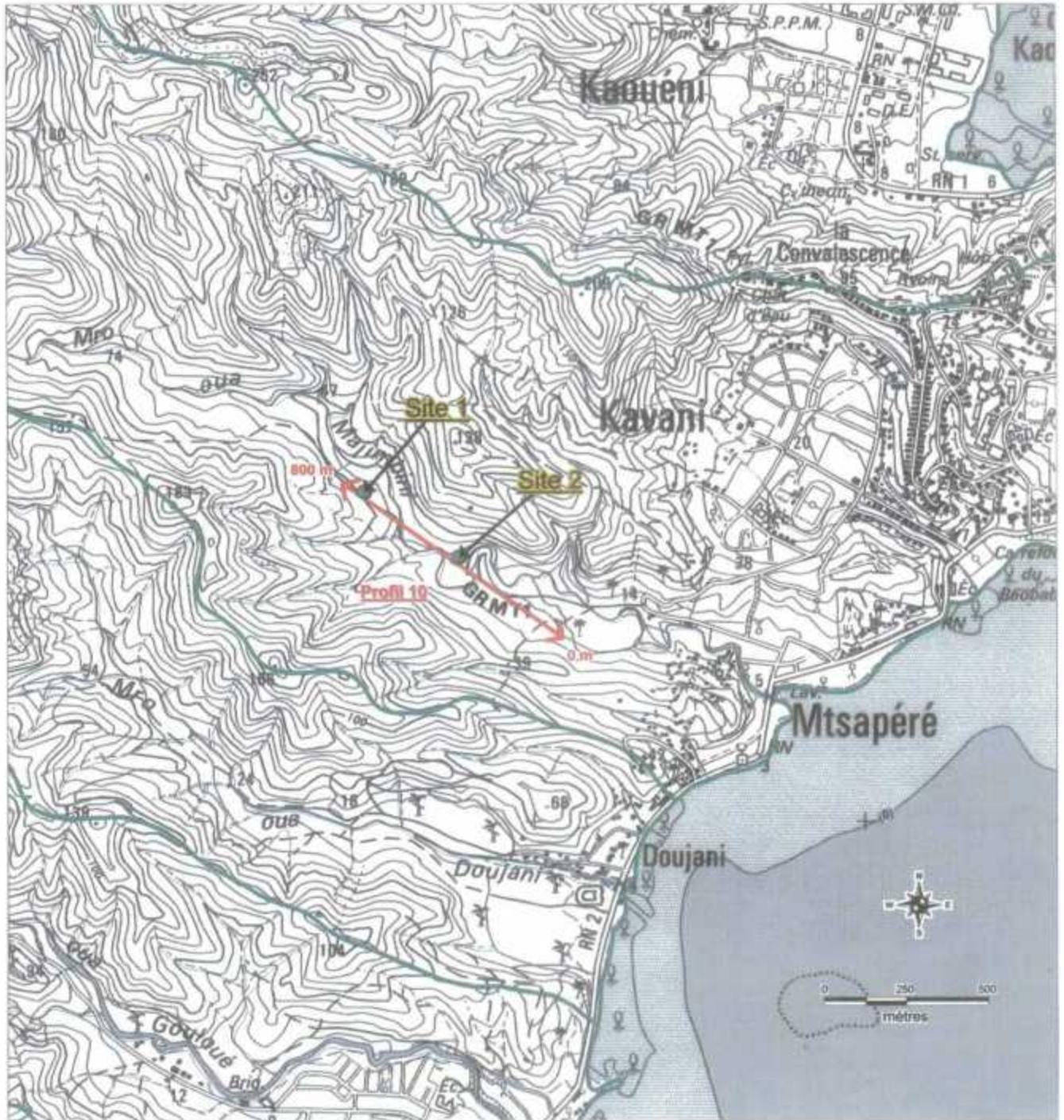
Z : 28

En cas d'échec du premier forage, il pourrait être envisagé de forer :

- soit entre les anomalies radon si on suspecte que celles-ci correspondent à des zones hydrothermalisées,
- soit dans les formations plus conductrices superficielles de plus grande épaisseur.

Les deux sites choisis sont situés à plus de 1,2 km du lagon. Ils présentent tous les deux une bonne facilité d'accès par le chemin de terre accessible depuis la route nationale. Les deux sites sont localisés à plus de 300 m de quelques cases mahoraises (proches aussi de cultures). Le site 1 est situé à proximité d'une zone de cultures.

Figure 33 : Site de Mtsapéré - Carte d'implantation des forages



— Réseau hydrographique
□ Bassin versant

↔ Profil géophysique
● Implantation des forages

5. Récapitulatif

Sur les cinq secteurs prospectés, ont été identifiés 9 sondages de reconnaissance pour un linéaire prévisionnel d'environ 770 m. A partir des résultats obtenus (potentiels aquifères), ces sondages sont susceptibles d'être équipés en forages d'exploitation.

Site		Numéro Forage	Localisation	Profondeur préconisée
Mtsapéré	<i>Majimbini</i>	1	10-15 m au nord-est de l'abscisse 735 du profil géophysique, proche d'une anomalie radon	100 m
Mtsangamouji	<i>Massimoni</i>	1	25 m au nord de l'abscisse 165 du profil géophysique, anomalie radon station n°40	100 m
	<i>Boungoumouhé</i>	2	Abscisse 200 du profil géophysique	80 m
Poroani	<i>Saéva</i>	1	15 m au sud-est de l'abscisse 170 du profil géophysique	100 m
	<i>Manyassini</i>	2	Abscisse 275 du profil géophysique	70 m
Bandré	<i>Dagoni</i>	1	15 m au nord de l'abscisse 200 du profil géophysique	80 m
	<i>Mouhou</i>	2	Abscisse 250 du profil géophysique	80 m
Bouyouni	<i>Méresse</i>	1	Abscisse 475 du profil géophysique, anomalie radon station n°4	80 m
	<i>Bouyouni</i>	2	20 m à l'ouest de l'abscisse 530 du profil géophysique, proche d'une anomalie radon	80 m

Tableau 6 : Profondeurs prévisionnelles des sondages de reconnaissance et localisation proposée (à la lumière des données géologiques, géophysiques et radon).

La liste d'implantation des sondages présentées ci-dessus correspond à l'ordre proposé de réalisation de foration sur chacun des sites. Cette ordre de réalisation prévisionnel pourra être modifié en fonction des résultats hydrogéologiques obtenus, de la logistique du matériel de forage et de l'optimisation des temps de transport.

Les autres implantations mentionnées dans ce rapport pour chacun des sites dépendront des résultats obtenus en cas d'échec ou de succès de ces premiers forages.

*Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Campagne 2001-2002*

6. Références bibliographiques

Cruchet M., Daesslé M., Gérard A., Lachassagne P. (2000) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Synthèse des résultats des reconnaissances géologiques, hydrogéologiques, géophysiques et émanométriques radon – Propositions d'implantation des sondages de reconnaissances. Rapport BRGM n° RP-50386- 2000 SGR/MAY 30.

Daesslé M., Cruchet M. (1999) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Réalisation des travaux de forage. Dossier de Consultation des Entreprises. Note BRGM n° SGR/OI 03-99.

Daesslé M., Verrez P. (1987) - Mise en valeur du potentiel en eau souterraine dans le Sud de l'île de Mayotte. Reconnaissance géophysique et hydrogéologique. Rapport BRGM n° 87 REU 11.

Lebon D., Lachassagne P. (2001) – Source Massimoni (commune de Mamoudzou, Mayotte). Contexte d'émergence, origine de la pollution, vulnérabilité, proposition de solutions. Rapport BRGM n° RP-50691- 2000 SG/MAY 02.

Mathieu F. (1999) - Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte. Reconnaissance géophysique. Rapport BRGM n° R 40750 – 2000 SGR/MAY 24.

Mauroux B. (1992) - Programme des forages de reconnaissance des eaux souterraines à Mayotte. Rapport BRGM n° R35165 – REU 4S 92.

Salesse E., Mauroux B., Weber O. (1991) - Alimentation en eau potable de Mamoudzou. Réalisation des forages F1 (1230-7X-0013) et F2 (1230-7X-0014) - Z.I. de Kaweni. Rapport BRGM n° 91 REU 14.

Stieltjes L., Cantagrel J.M., Nougier J., Vatin-Perignon N., Watelet P. (1988) - Carte géologique de Mayotte (Archipel des Comores). Echelle : 1/50 000, Collectivité Territoriale de Mayotte. BRGM, Orléans.

Annexe 1

Cartes d'affleurements lithologiques

Figure A1.1 : Site de Bandrélé - Carte d'affleurements

(voir légende dans le corps du rapport)



— Réseau hydrographique

↔ Profil géophysique

Figure A1.2 : Site de Bouyouni - Carte d'affleurements lithologiques

(voir légende dans le corps du rapport)



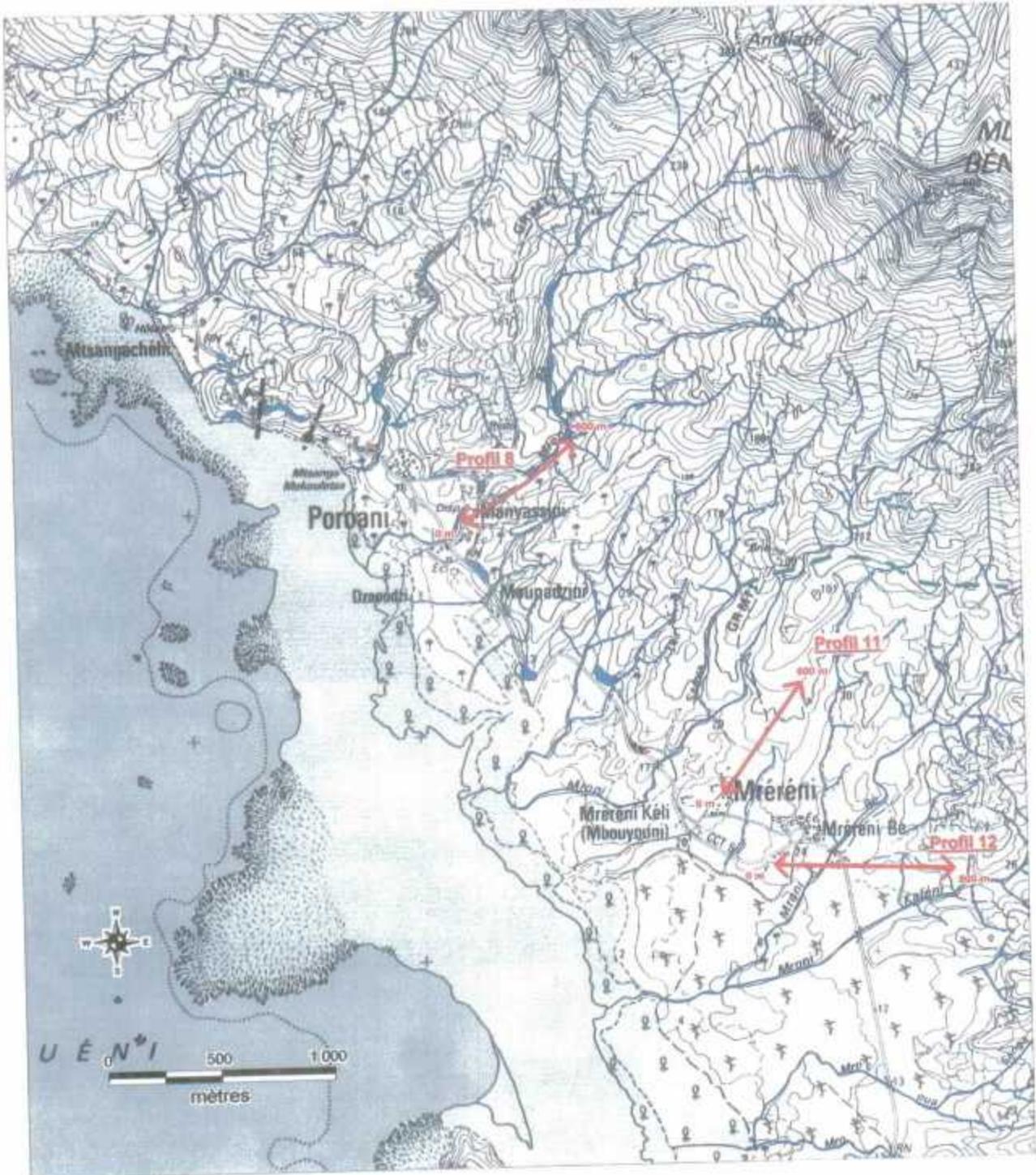
— Réseau hydrographique



↔ Profil géophysique

Figure A1.4 : Site de Poroani - Carte d'affleurements lithologiques

(voir légende dans le corps du rapport)

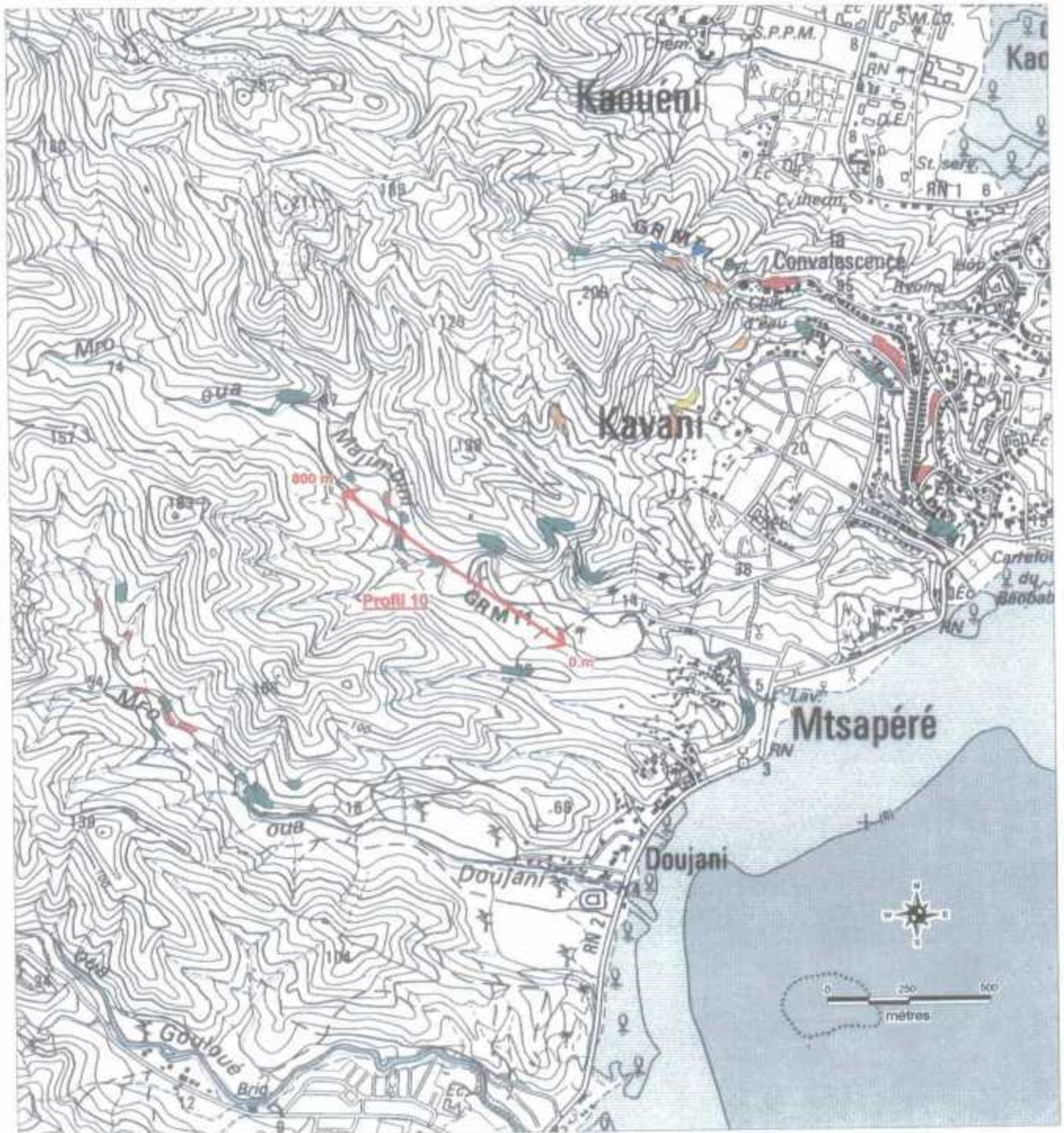


— Réseau hydrographique
- - - Dyke

↔ Profil géophysique

Figure A1.5 : Site de Mtsapéré - Carte d'affleurements lithologiques

(voir légende dans le corps du rapport)



— Réseau hydrographique



Profil géophysique

Annexe 2

Prospection émanométrique : principes, mise en œuvre et méthode d'interprétation

Résultats de la campagne de prospection radon

Prospection émanométrique : principes, mise en œuvre et méthode d'interprétation

D'après P. LACHASSAGNE
(Rapport BRGM R 38284 DR/HYT 95)

1. Intégration de la méthode de prospection par émanométrie dans le déroulement d'une campagne de recherche d'eau souterraine

La mise en œuvre d'une campagne émanométrique constitue l'un des maillons d'une opération de recherche d'eau souterraine en milieu fracturé.

La méthodologie classiquement retenue pour la mise en évidence des ressources en eau souterraine en milieu fracturé consiste dans un premier temps à identifier les roches potentiellement aquifères qui, fissurées, peuvent jouer un rôle transmissif et/ou capacitif, à l'opposé des formations peu perméables ou imperméables. Il s'agira ensuite, dans un second temps, de caractériser et de localiser précisément, au sein de ces roches aquifères, les secteurs fracturés qui, du fait de leurs propriétés transmissives, constitueront des cibles privilégiées pour l'implantation de forages productifs. Les investigations sont en règle générale menées chronologiquement à des échelles de taille croissante, du général vers le détail.

La structure géologique du secteur étudié est donc analysée tout d'abord à partir des informations déduites des cartes géologiques disponibles, des données de sondages ou d'études déjà réalisées dans le secteur, à partir de l'examen des photographies aériennes de l'I.G.N., puis au moyen de levés de terrain. La connaissance de la structure géologique peut être complétée dans la troisième dimension par une campagne de prospection géophysique (sondages électriques, sismique réfraction, etc.). Des informations d'ordre hydrogéologique (localisation et caractérisation des sources et points d'eau) sont recueillies conjointement sur le terrain. Elles fournissent des indications sur la nature des circulations d'eau souterraine et le cas échéant sur la qualité de l'eau.

L'identification, la caractérisation et la localisation des secteurs fracturés sont menées en plusieurs étapes et à différentes échelles :

- à l'échelle de l'ensemble du secteur étudié, l'analyse des photographies aériennes de l'I.G.N. (à des échelles classiquement comprises entre le 1/50.000 et le 1/20.000), ou l'étude d'images satellite permettent d'identifier et de localiser les linéaments (alignements susceptibles de refléter l'existence de discontinuités d'origine structurale),
- à l'échelle de l'affleurement, des mesures de direction et pendage des indicateurs de fracturation (plans de faille, de diaclases, etc.) permettent de valider et compléter les données de direction et pendage des linéaments mis en évidence sur photographies aériennes,
- les orientations des fractures supposées ainsi mises en évidence, sont comparées au champ de contraintes caractérisant la région étudiée afin de déterminer si elles présentent une géométrie propre à l'ouverture et sont susceptibles d'être réactivées régulièrement, ce qui limite les risques de colmatage.

La synthèse des investigations d'ordre géologique, hydrogéologique, géophysique et d'analyse de la fracturation permet de sélectionner des secteurs favorables conjuguant la présence de roches potentiellement aquifères et d'indices d'existence d'une fracturation dont l'orientation est favorable à la circulation des eaux souterraines.

La prospection émanométrique permet, à ce stade d'avancement des études, de sélectionner et de localiser précisément, au sein de ces secteurs jugés favorables, les fractures ou secteurs de fractures hydrauliquement actifs au sein desquels pourront être implantés des sondages de reconnaissance.

En milieu de socle (granites, roches métamorphiques), cette méthode s'intègre, comme c'est souvent le cas en hydrogéologie, dans une démarche cohérente de changement d'échelle (downscaling). Cette démarche permet de sélectionner, au moyen de méthodes de plus en plus précises, mais aussi de plus en plus coûteuses (en terme de coût rapporté à la superficie traitée), des sites de prospection de superficie décroissante au fur et à mesure de l'avancement des travaux. La démarche intégrant la prospection radon comprend ainsi les étapes successives suivantes :

- (i) sélection de site(s) de prospection, d'une superficie de un à quelques kilomètres carrés, sur la base d'une analyse multicritères, réalisée au moyen d'un Système d'Information Géographique. Cette analyse permet de combiner les informations suivantes : lithologie et propriétés hydrogéologiques du substratum, nature et épaisseur des altérites, pentes, réseaux de fractures et contraintes tectoniques actuelles, paramètres socio-économiques, etc.;
- (ii) mise en œuvre de la prospection radon, à l'échelle de chaque site, afin de localiser les anomalies radon, de manière exhaustive, et de caractériser leur morphologie. Elles présentent souvent une forme allongée : 200 à 300 m de long pour 50 à 100 m de large;
- (iii) prospection géophysique (sondages puis traînés ou panneaux électriques en général) focalisée sur les anomalies radon afin d'implanter le forage avec une précision de l'ordre de quelques mètres.

2. Le radon au sein des sols

Toutes les roches qui composent le sous-sol de notre planète renferment, en proportions variables selon leur composition minéralogique, des quantités plus ou moins fortes d'uranium et de thorium.

Le groupe du radon (^{86}Rn) est constitué de trois isotopes : le radon (sensu-stricto) ^{222}Rn , le thoron ^{220}Rn et l'actinon ^{219}Rn . Ces trois isotopes appartiennent respectivement aux familles radioactives naturelles de l'uranium 238, du thorium 232 et de l'uranium 235. Ils sont produits par désintégration Alpha du radium (Ra) et sont eux-mêmes émetteurs de particules Alpha lors de leur désintégration en polonium (Po).

Une de leur caractéristiques essentielles est d'être pratiquement les seuls gaz radioactifs naturels. L'utilisation du radon-222 en tant que traceur des structures géologiques est liée à ses propriétés physico-chimiques et à une période de demi-vie de courte durée ($T_{1/2} = 3,825$ jours) mais suffisamment longue pour être exploitable. Compte tenu de leur très courte période de demi-vie d'une part (respectivement de 54,2 et 3,92 s pour le thoron et l'actinon) et de la faible abondance de l'uranium 235 d'autre part, l'influence de l'actinon et du thoron sont en général négligeables.

Le radon est donc un émetteur très énergétique de rayonnement Alpha. Ces propriétés de radioactivité conduisent à des méthodes d'analyse très sensibles qui permettent de l'identifier même si les éléments qui lui donnent naissance ne sont présents qu'à de très faibles teneurs (quelques parties pour million) au sein de la roche. Gaz rare, mais de période de vie relativement courte, il ne doit sa grande mobilité, dans la nature, qu'à celle des fluides qui le transportent. La présence de fractures hydrauliquement actives facilite donc sa migration vers la surface où il pourra être détecté. Il s'agit donc d'un indicateur efficace de l'émergence des fractures perméables sous les terrains de couverture, fractures au sein desquelles a cheminé le radon collecté par l'eau au sein de la masse rocheuse. Sa brève durée de vie est suffisamment longue pour lui permettre d'atteindre la surface, mais assez courte pour qu'il ne puisse pas s'accumuler, ce qui permet de ne le détecter qu'à proximité de l'émergence de fractures conductrices.

La prospection radon peut-être complétée par le dosage d'autres émanations :

- gaz carbonique (CO_2). Les sources potentielles d'anomalies en CO_2 dans les gaz du sol peuvent être d'origine superficielle ou profonde : activité biogénique bactérienne (combustion biologique et chimique de la matière organique dans les premiers décimètres du sol ; la présence de bactéries sulphato-réductrices peut également donner lieu à des anomalies ponctuelles), oxydation du monoxyde de carbone et du méthane, particulièrement dans les environnements où l'altération météorique est importante, l'oxydation de produits sulfurés et l'attaque acide des carbonates mais également le gaz carbonique d'origine magmatique,
- hélium (He). Il est fréquemment associé à une double origine, crustale et radiogénique.

3. Méthodologie de la prospection

3.1. TECHNIQUE DE PRELEVEMENT ET DE DOSAGE DES GAZ

Les gaz des sols sont prélevés au moyen de cannes de prélèvement qui sont constituées d'un tube de 0,65 m de long et de 1,5 cm de diamètre au sein duquel est glissé une tige pleine de 0,8 m de long. Le principe de la méthode de prélèvement est le suivant :

- mise en place de la canne de prélèvement, enfoncée au moyen d'une masse jusqu'à 0,75 m de profondeur,
- extraction de la tige pleine centrale qui, retirée, laisse un trou de 0,75 m de profondeur, tubé sur 0,60 m et en découvert sur les 15 derniers centimètres,
- raccordement à la canne d'un flacon de prélèvement spécialement conçu pour le dosage du radon et d'une pompe à vide manuelle qui, actionnée, aspire plusieurs fois le volume de la fiole et des tuyaux, piège les gaz du sol au sein du récipient et assure la purge des gaz qui y étaient contenus antérieurement,
- par le biais d'une "vanne 3 voies" raccordée aux tuyauteries de prélèvement, dosage in situ du pourcentage de CO₂ au moyen d'un tube réactif de marque Draeger relié à une pompe volumétrique (pompe "Accuro" de marque Draeger).

Le prélèvement effectué, la localisation ainsi que l'heure précise de l'opération de prélèvement sont consignés.

3.2. SCHEMA D'ECHANTILLONNAGE

Le radon mesuré dans les gaz du sol présente une très forte variabilité spatiale. Les études géostatistiques effectués sur des sites pilotes montrent que d'une manière générale, les plans d'échantillonnage totalement aléatoires, influencés par les facilités d'accès ou fortement orientés suivant une direction préférentielle, sont à éviter.

Les points de prélèvement doivent donc être implantés, dans la mesure du possible compte tenu des conditions d'accès, selon un maillage le plus régulier possible n'introduisant pas d'anisotropie (maillage régulier carré ou maillage stratifié aléatoire par exemple). Ce premier ensemble de sites de prélèvement constitue les "mesures de base" de la campagne de prospection. Les prélèvements sont en général densifiés, dans un second temps, dans les secteurs anomaux, afin de préciser l'intensité et la géométrie des anomalies mises en évidence pour in fine implanter au mieux les forages de reconnaissance puis d'exploitation.

Certains paramètres atmosphériques, pression, pluie, humidité du sol... peuvent modifier les teneurs en gaz des sols. Pour faire abstraction de ces variations éventuelles au cours d'une campagne de mesure, certains des points de base font l'objet de contrôles répétés de leur activité radon.

3.3. METHODE DE MESURE

La mesure des activités radon est réalisée, de retour au laboratoire, au moyen d'une chambre à scintillation. Le principe de la mesure repose sur les propriétés scintillantes du sulfure de zinc dopé à l'argent : une particule Alpha rencontrant le scintillateur y induit une luminescence que l'on mesure à l'aide d'un photomultiplicateur. Les fioles en verre utilisées ont un fond transparent qui permet leur couplage optique direct avec la photocathode de l'appareil.

Le comptage de l'activité des fioles contenant le gaz échantillonné est réalisé au moins trois heures après le prélèvement. Les concentrations sont calculées en tenant compte de la désintégration du radon entre le moment du prélèvement et celui de la mesure.

Bien que l'unité de mesure des concentrations en radon-222 soit le Bq/m³, les résultats sont présentés au sein de ce travail en pCi/l (1 picocurie par litre = 10⁻¹² Ci/l = 3,7 · 10⁻² becquerel par litre = 37 Bq/m³ = 17,6 ²²²Rn atome/cm³ ; 1 Bq = 1 dés./s ≈ 30 pCi/l), unité traditionnellement utilisée dans la communauté hydrogéologique.

Le dosage du pourcentage de CO₂ est réalisé sur le terrain, par lecture directe, sur tube colorimétrique. Le réactif utilisé par le fabricant (Draeger), constitué de violet cristallin et d'hydrazine, vire vers le bleu violet. Les tubes utilisés lors de la prospection sont des "tubes réactif Draeger Anhydride carbonique 0,5%/a (CH 31401) dont le domaine de mesure standard est compris entre 0,5 et 10 %. Le fabricant estime la déviation standard

relative sur les mesures à 10 à 5 %¹. Il signale que "les autres gaz et vapeurs n'ont aucune influence sur l'indication".

Des mesures au **spectromètre gamma de terrain** ont également été mises en œuvre afin de caractériser les anomalies radon associées aux valeurs anormales du rayonnement gamma de subsurface. Le matériel utilisé est un scintillomètre de type SPP-2-NF, SAPHYMO STEL, Système CEA, série 24, n° 3445. Mesurant un rayonnement gamma global, il ne permet pas la discrimination des concentrations respectives en U, Th et K. Le rayonnement mesuré est exprimé en nombre de coups par seconde (C/s).

4. Dépouillement et interprétation des mesures

La sélection de la composante anormale est réalisée pour chaque site prospecté en déterminant deux limites caractéristiques au sein de l'échantillon que constituent les *mesures de base* :

- le **seuil anormal**, correspondant à la limite séparant 10 % des valeurs les plus fortes, de l'ensemble de l'échantillon,
- le **seuil de bruit de fond**, correspondant à la moyenne des points inférieurs au seuil anormal.

Pour déterminer ces seuils, l'ensemble de la campagne de prélèvements n'est pas retenue car l'augmentation de la densité de l'échantillonnage dans les secteurs reconnus comme anormaux à la suite de la première série de mesures introduirait un biais sur ces valeurs caractéristiques.

Ces limites permettent de sélectionner, sur l'*ensemble des mesures réalisées*, trois types de données :

- les stations d'activité inférieure au seuil de bruit de fond : le **résidu**,
- les stations d'activité comprise entre le seuil de bruit de fond et le seuil anormal : la **zone indéterminée** ou zone de fluctuation,
- les stations d'activité supérieure au seuil anormal : l'**anomalie**.

Les activités radon font ensuite l'objet d'un report cartographique avec interpolation, par la méthode du krigeage, afin de visualiser dans l'espace la localisation et la géométrie des zones anormales.

5. Bibliographie sommaire

DAVID A. (1992).- Influence des paramètres hydroclimatologiques sur les déplacements verticaux du radon-222 en zone non saturée.- Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, spécialité Hydrogéologie - Sciences de l'eau.

GUERIN F. (1991).- Production et mécanismes de migration du radon-222 dans les milieux fissurés : application à la recherche des discontinuités perméables du socle cristallin.- Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, spécialité Hydrogéologie - Sciences de l'eau.- *Mém. Sc. Terre Univ. Curie, Paris n°91-07*.

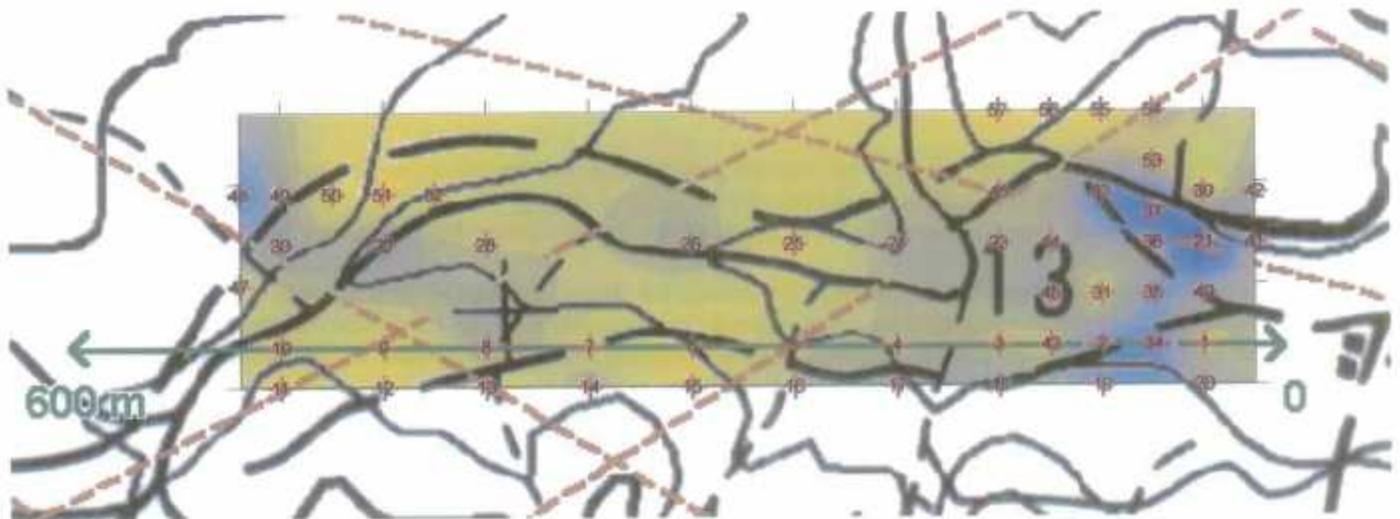
¹ LEICHNITZ K. (1989).- Livre de poche concernant les tubes réactifs. Analyse de l'air et analyse technique des gaz à l'aide des tubes réactifs Dräger.- Edition interne Dräger.

Figure A2.1

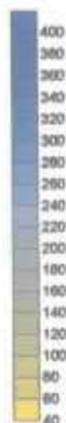
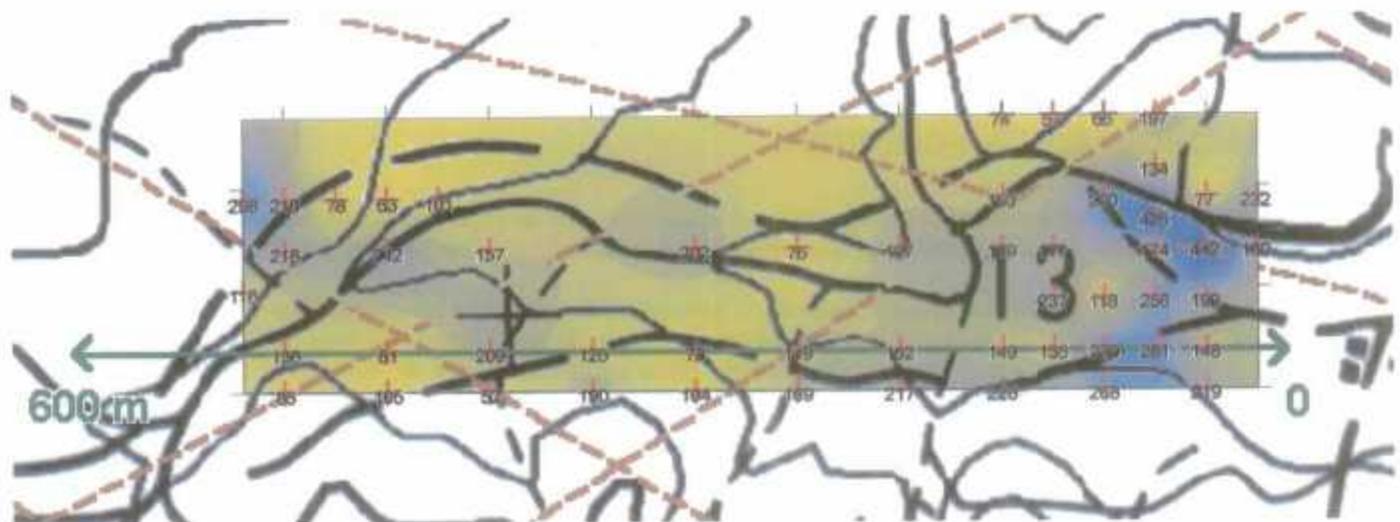
Site de Bandrélé-Dagoni



Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m³/100)



Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100



- ↔ Profil géophysique
- - - Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon

Résultats de la campagne de prospection radon

ANNEXE 2.1 : SITE DE BANDRELE-DAGONI

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection énanométrique s'est déroulée sur une période de trois jours, du 28 août au 03 septembre 2001.

La zone prospectée, d'une surface de 5 ha environ, se situe à l'ouest du village de Bandréle au niveau de la ravine Mro Qua dagoni. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base de référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage régulier avec un espacement initial de 50 m selon la direction Est-Ouest et 75 ou 25 m selon la direction Nord-Sud (Figure A2.1).

Aucune précipitation n'a été relevée durant la période des prélèvements.

• Résultats obtenus

Un total de 58 prélèvements ont été effectués sur 56 stations différentes.

Les stations 21 et 22 ont fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal énanométrique. Celle-ci est relativement correcte, même au niveau de la station 22 où la faible activité radon ($48 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$ en moyenne) aurait pu suggérer une contamination du prélèvement par l'air atmosphérique, à cause de la faible perméabilité locale du sol.

Pour l'interprétation, nous avons pris en compte la moyenne des stations 21 et 22. Les valeurs inférieures à $50 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$ n'ont pas été retenues pour l'analyse en raison d'une possibilité de contamination par l'air atmosphérique. Cette situation concerne les stations 27, 58 et 22 même si cette dernière présente une bonne stabilité du signal.

	28-août	29-août	Moyenne	Ecart type
station 21	442	377	409,5	46
station 22	40	56	48	11

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 32 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 24 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées dans un deuxième temps, à proximité des anomalies identifiées les premiers jours).

- Le seuil anomal est de l'ordre de $270 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$.
- Le seuil de bruit de fond est de l'ordre de $145 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$.

• Interprétation des résultats

La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, suggère la présence de deux zones anormales distinctes :

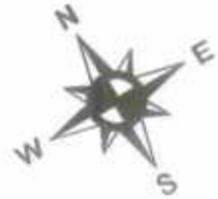
La première zone, faiblement anormale (les activités sont comprises entre 200 et $300 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$), est située à l'extrémité Ouest de la zone prospectée. Elle montre une orientation NW-SE qui coïncide relativement bien avec un linéament d'orientation similaire.

La deuxième zone, située à l'extrémité Est du profil géophysique, montre de plus fortes activités radon (entre 260 et $430 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$). Elle présente deux axes d'orientation préférentiels bien distincts. Les valeurs en radon les plus importantes ($430 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$) correspondent à un linéament d'orientation similaire à celui identifié au sein de la première zone anormale (orientation NW-SE). Les autres valeurs, plus proches du seuil anomal ($270 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$), présentent une orientation NE-SW, parallèle, elle, à une autre famille de linéaments.

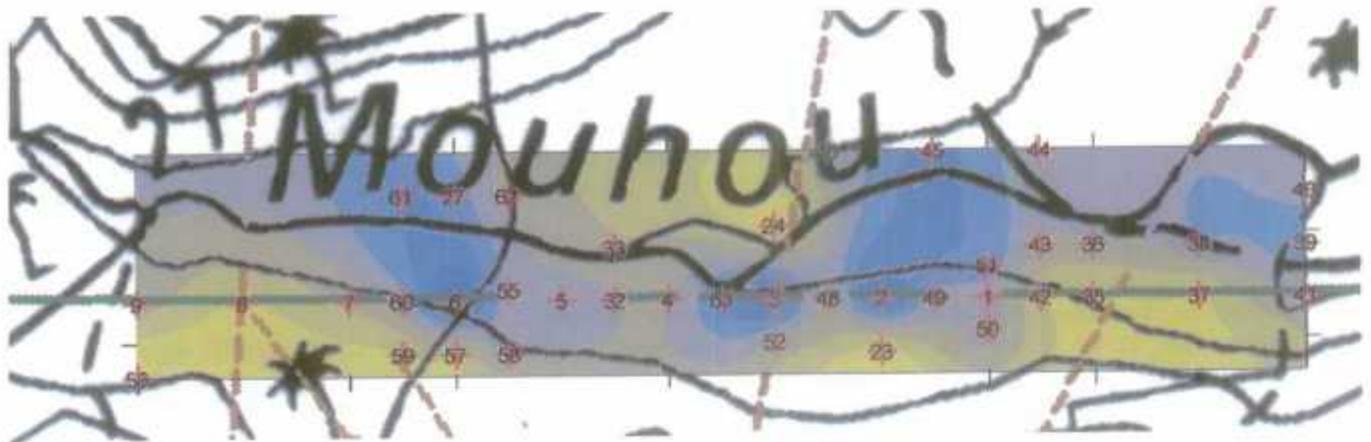
Pour des raisons d'accessibilité sur le site et des résultats obtenus, cette dernière zone anormale semble être la plus intéressante pour l'implantation des forages.

Figure A2.2

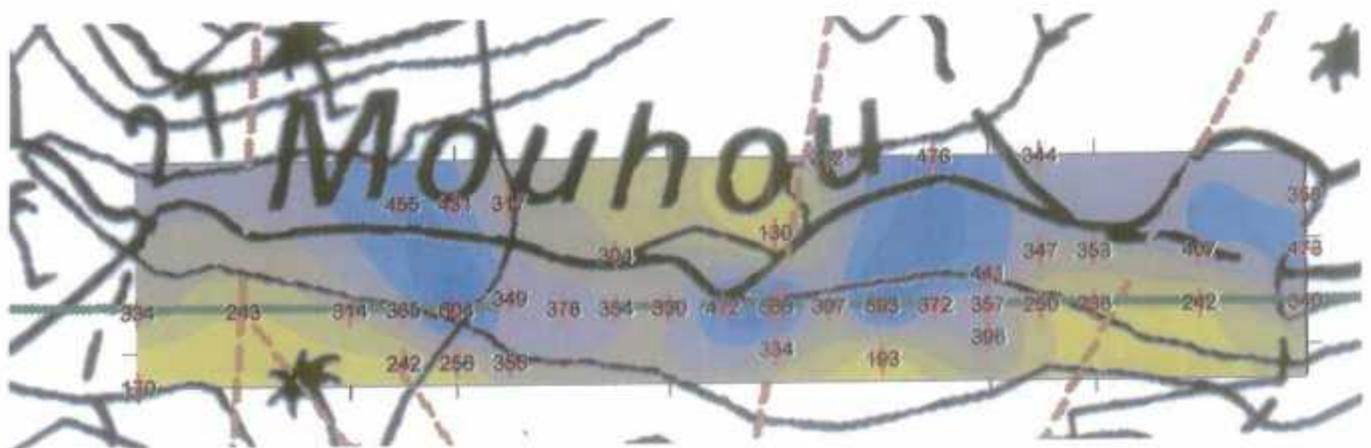
Site de Bandrélé-Mouhou



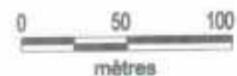
Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m3/100)



Valeurs exprimées en (Bq/m3)/100



- ↔ Profil géophysique
- Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon

ANNEXE 2.2 : SITE DE BANDRELE-MOUHOU

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection émanométrique s'est déroulée sur une période de deux jours, du 25 au 26 octobre 2001.

La zone prospectée d'une surface de 5 ha environ, se situe au nord du village de bandréle au niveau de la ravine Mro Oua Mouhou. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (figures A2.2).

Entre le 5 et le 26 octobre, Météo France a relevé 80.3 mm de précipitations, réparties essentiellement sur les journées du 5, 12, 20 et 22 octobre. Ces données pluviométriques suggèrent une relative prudence quant à l'interprétation des résultats obtenus (fluctuation des valeurs en radon).

• Résultats obtenus

Un total de 42 prélèvements ont été effectués sur 40 stations différentes.

Les stations 5 et 6 ont fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal émanométrique.

Il est à signaler que la stabilité du signal sur les deux stations prélevées est relativement correcte.

	25-oct	26-oct	Moyenne	Ecart type
Station 5	340	416	378	54
Station 6	652	556	604	68

Pour l'interprétation, nous prendrons en compte la moyenne des stations 5 et 6.

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 31 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 11 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées dans un deuxième temps, à proximité des anomalies identifiées les premiers jours).

- Le seuil anomal est de l'ordre de $520 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$

- Le seuil de bruit de fond est de l'ordre de $330 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$

• Interprétation des résultats

La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente trois zones anormales séparées par des valeurs plus faibles d'orientation W-E.

La zone anormale, située à l'ouest de la zone prospectée (stations 6 et 61), présente une valeur moyenne des activités radon relativement stable ($500 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$) dans l'espace à l'échelle du secteur prospecté. Sur cette même zone se dessine clairement un axe préférentiel d'orientation NW-SE.

La zone, située au centre du profil géophysique (abscisse 400), présente un axe d'orientation préférentiel bien distinct NE-SW avec les stations 2 et 45. Les valeurs en radon sont du même ordre de grandeur que la zone anormale définit auparavant ($500 \text{ (Bq/m}^3\text{)/100}$).

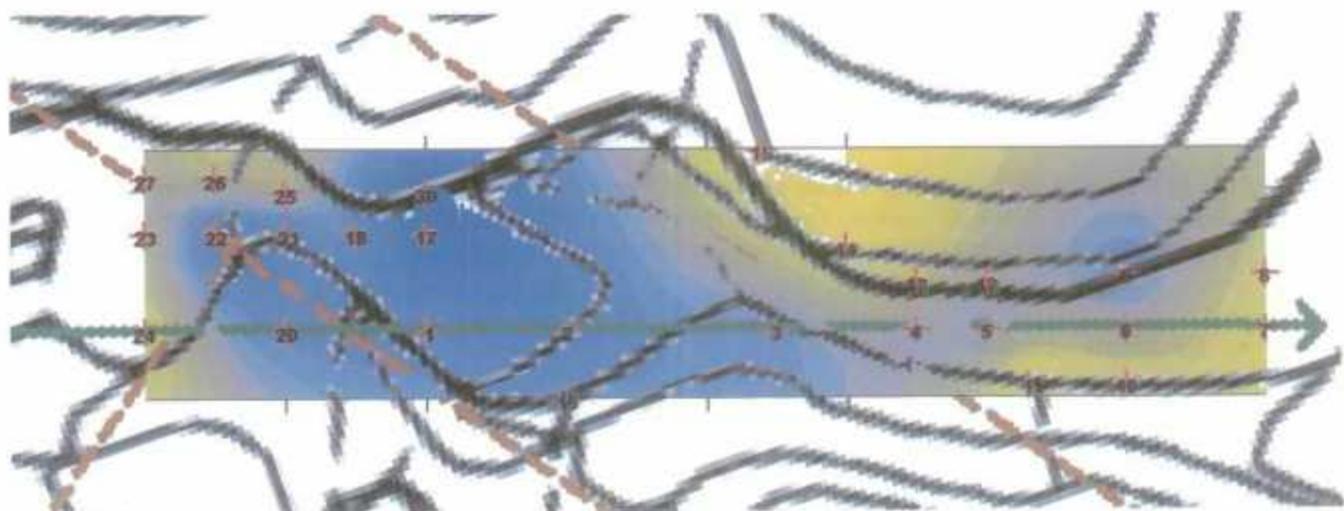
L'ensemble des zones anormales identifiées ont toutes des valeurs supérieures au seuil de bruit de fond.

Figure A2.3

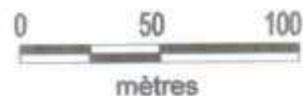
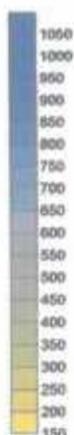
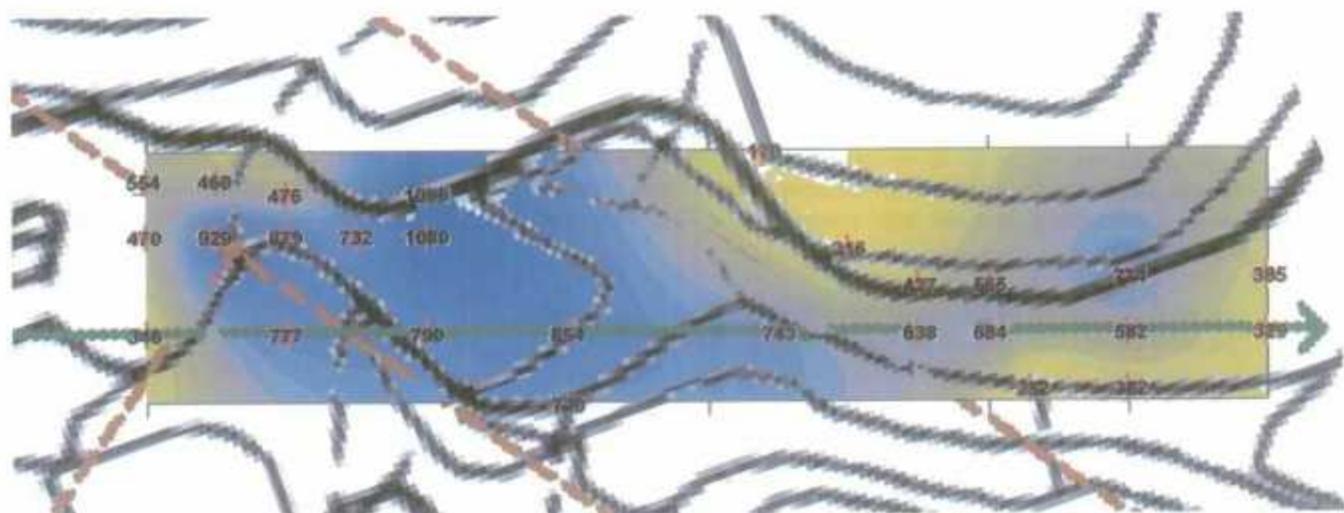
Site de Bouyouni-Meresse



Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m³/100)



- ↔ Profil géophysique
- Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon

Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100

ANNEXE 2.3 : SITE DE BOUYOUNI-MERESSE

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection énamométrique a été réalisée sur une période de deux jours, du 11 au 12 octobre 2001.

La zone prospectée d'une surface de 2 ha environ, se situe à l'est du village de Bouyouni au niveau de la ravine Mro Oua Meresse. Le profil de type « panneau électrique » déjà établi, a servi de base de référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.3).

Entre le 2 et le 7 octobre, Météo France a relevé 22.4 mm de précipitations, réparties de manière homogène sur cette période. Ces données pluviométriques suggèrent une relative prudence quant à l'interprétation des résultats obtenus (fluctuation des valeurs en radon).

• Résultats obtenus

Un total de 30 prélèvements ont été effectués sur 29 stations différentes.

La station 17 a fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal énamométrique qui est relativement correcte. Le point échantillonné reste très supérieur au seuil anomal lors des deux jours de prélèvement.

Compte tenu de l'occurrence de précipitations significatives avant la campagne de mesures, les résultats obtenus doivent néanmoins être considérés avec prudence.

	11-oct	12-oct	Moyenne	Ecart type
Station 17	1275	890	1082	272

Pour l'interprétation, nous prendrons en compte la moyenne de la station 17.

La station 29 n'a pas été retenue pour l'analyse en raison de la forte imperméabilité du sol, soupçonnant ainsi une contamination atmosphérique.

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 27 stations jugées représentatives. La station 30 n'a pas été prise en compte lors de cette sélection afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées dans un deuxième temps à proximité de l'anomalie identifiée le premier jour).

- Le seuil anomal est de l'ordre de $880 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$,
- Le seuil de bruit de fond est de l'ordre de $560 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$.

• Interprétation des résultats

La cartographie des l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, suggère la présence de deux zones anormales distinctes.

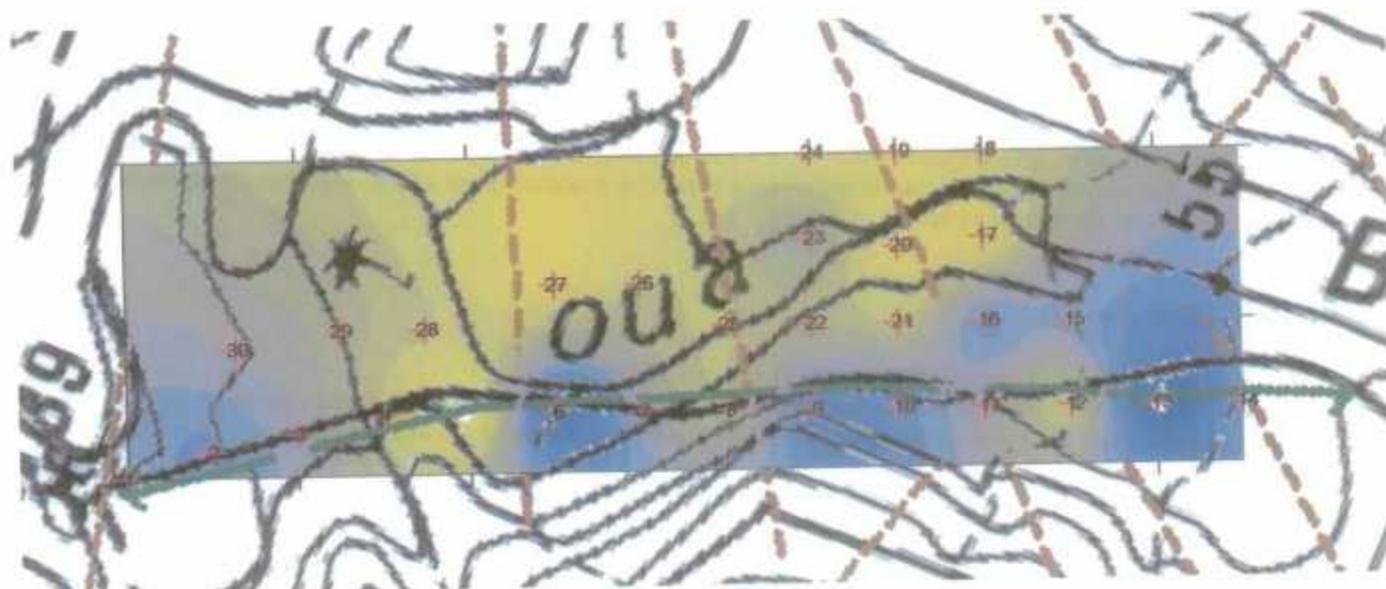
La première zone anormale, située sur la partie sud de la zone prospectée, présente le regroupement de plusieurs stations anormales réparties sur une superficie de 5000 m^2 environ. Les stations 17, 30 et 22 montrent les plus fortes activités radon (valeur moyenne autour de $900 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$). Cet ensemble anomal semble dessiner un axe préférentiel d'orientation NE-SW.

La deuxième zone, moins représentative, est située au nord de la zone prospectée au niveau des stations 9 et 5 (activité radon autour de $700 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$). Elle semble être caractérisée par une direction NNW-SSE.

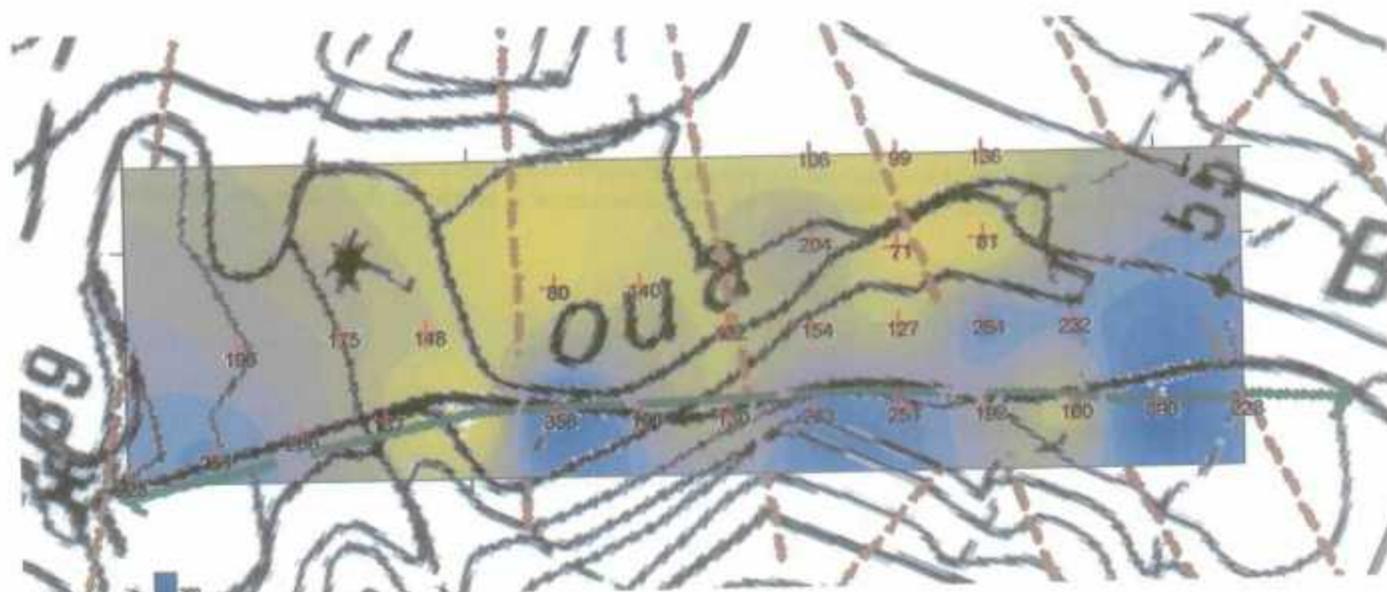
Figure A2.4 Site de Bouyouni-Bouyouni



Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m³/100)



Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100



- ↔ Profil géophysique
- Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon

ANNEXE 2.4. : SITE DE BOUYOUNI-BOUYOUM

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection émanométrique a été mise en oeuvre sur une période de deux jours, les 11 et 13 septembre 2001. Seule les données recueillies la journée du 11 ont pu être récupérées à la suite d'une défaillance du matériel de comptage radon. Ainsi, les points anomaux identifiés lors de la première journée n'ont pu être caractérisés de façon plus précise.

La zone prospectée, d'une surface de 5 ha, se situe au sud du village de Bouyouni au niveau de la ravine Mro Oua Bouyouni. Le profil géophysique déjà établi, a servi de base de référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.4).

Les précipitations relevées au pluviographe de Dzoumonyé (Bandreboua) au cours de cette période sont faibles, seulement 7,1 mm entre le 01 et 11 septembre.

• Résultats obtenus

Un total de 30 prélèvements ont été effectués.

La station 5 n'a pas été retenue en raison de la forte imperméabilité du sol qui a très vraisemblablement entraîné une contamination atmosphérique de l'échantillons (très faibles valeurs de radon).

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 29 stations jugées représentatives.

- Le seuil anormal est de l'ordre de $283 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$
- Le seuil de bruit de fond est de $164 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$

Ces valeurs sont relativement faibles, ce qui laisse un doute quant à la présence d'un réel signal radon lié à de la fracturation.

• Interprétation des résultats

La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente quatre zones anormales dont la forme exacte n'a pu être affinée en raison de l'absence de mesures lors de la deuxième journée d'étalonnage.

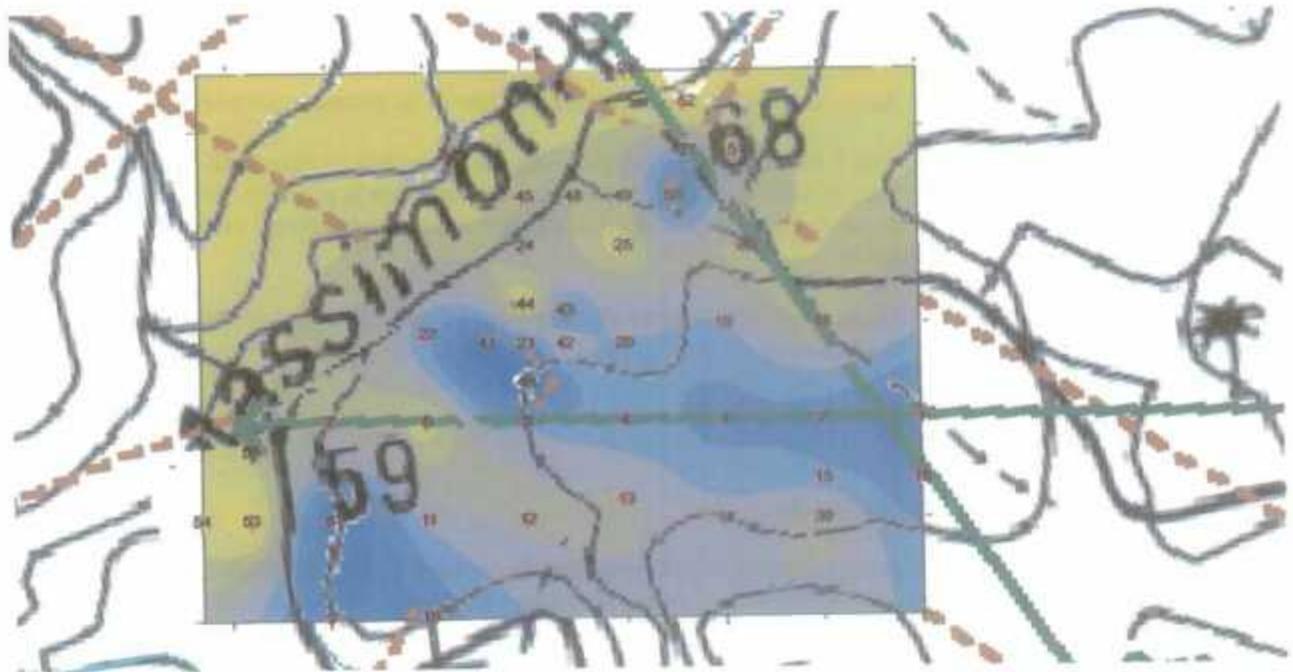
Les points anomaux (moyenne de $220 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$) ont été identifiés essentiellement le long du profil géophysique (stations 11, 12, 6, 9, 10, 13 et 14). La zone anormale la plus distincte (autour de $250 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$) se caractérise par une orientation NW-SE (stations 9, 10, 15 et 16).

Site de Mtsangamouji-Massimoni



Figure A2.5

Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m³/100)



- ← Profil géophysique
- - - Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon

0 50 100
mètres



Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100

ANNEXE 2.5 : SITE DE MTSANGAMOUJI-MASSIMONI

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection émanométrique s'est déroulée sur une période de trois jours, du 29 au 30 septembre et le 10 octobre 2001 en correction des jours précédents.

La zone prospectée d'une surface de 9 ha environ, se situe au nord du village de Chembényoumba au niveau de la ravine Mroni Massimoni. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base de référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.5).

Les précipitations relevées au pluviographe de Mtsangamouji au cours de cette période sont très faibles, seulement 0.5 mm entre le 01 septembre et le 10 octobre.

• Résultats obtenus

Seule la journée du 10 octobre est prise en compte dans l'analyse en raison d'un problème d'étanchéité du matériel survenu pendant les deux jours du mois de septembre. Néanmoins, on peut noter une bonne similitude des résultats obtenus entre les deux campagnes.

Un total de 42 prélèvements ont été effectués sur 42 stations différentes.

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 37 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 5 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées à proximité des anomalies identifiées lors de la première campagne).

- Le seuil anormal est de l'ordre de $594 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$
- Le seuil de bruit de fond est de l'ordre de $389 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$

• Interprétation des résultats

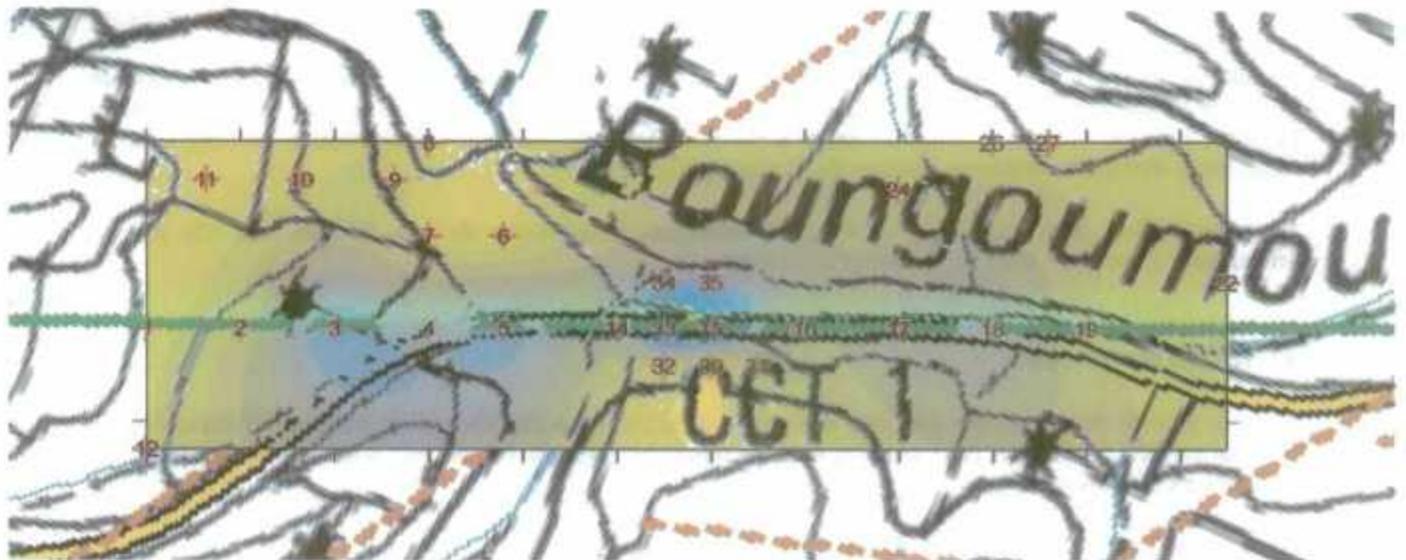
La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente trois zones anormales (autour de $600 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$) d'orientation SW-NE séparées par des valeurs plus faibles. La centrale des trois et l'anomalie, située à l'est de la zone prospectée (station 1, $605 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$), sont orientées WNW-ESE et reliées par un axe de valeurs toutes supérieures au seuil de bruit de fond.

La zone anormale identifiée au sud-ouest de la zone prospectée présente plusieurs points anormaux pouvant se raccorder, selon une direction WNW-ESE, à l'anomalie centrale.

Site de Mtsangamouji-Boungoumouhé

Figure A2.6

Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m³/100)



Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100

- ←→ Profil géophysique
- Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon



ANNEXE 2.6. : SITE DE MTSANGAMOUJI-BOUNGOUMOUHE

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection émanométrique s'est déroulée sur une période de deux jours, du 06 au 07 septembre 2001.

La zone prospectée d'une surface de 2,5 ha environ, se situe au nord-est du village de Mtsangamouji le long de la ravine Bougoumouhé près de la route nationale. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.6).

Les précipitations relevées au pluviographe de Mtsangamouji au cours de cette période sont très faibles avec 0,5 mm seulement le 07 septembre.

• Résultats obtenus

Un total de 36 prélèvements ont été effectués sur 35 stations différentes.

La station 15 a fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal émanométrique.

Il est à signaler que la stabilité du signal sur la station prélevée est relativement correcte.

	06-sept	07-sept	Moyenne	Ecart type
station 15	334	402	368	48

Pour l'interprétation, nous prendrons en compte la moyenne de la station 15.

Les stations 13, 20, 21, 23, 25 et 28 n'ont pas été retenues pour l'analyse en raison de leur faible activité inférieure à 50 (Bq/m³)/100.

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 22 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 7 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées à proximité des anomalies identifiées lors de la première campagne).

- Le seuil anomal est de l'ordre de 226 (Bq/m³)/100

- Le seuil de bruit de fond est de l'ordre de 122 (Bq/m³)/100

• Interprétation des résultats

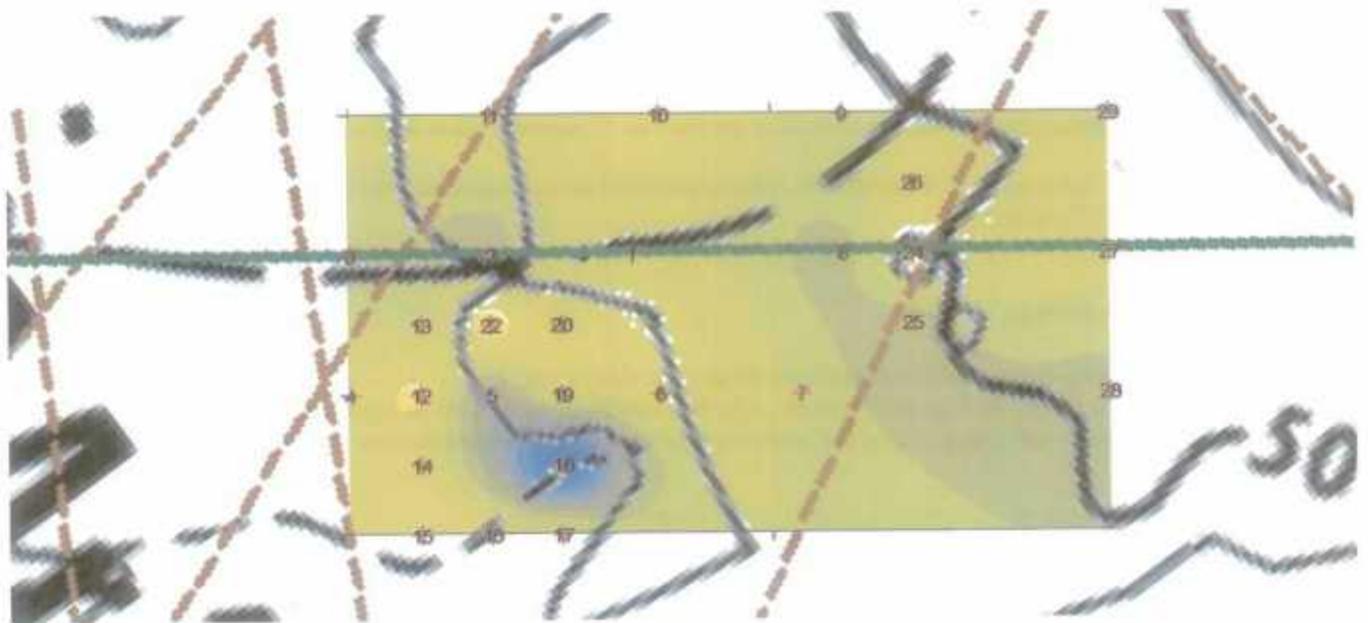
La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente trois zones anormales (entre 200 et 300 (Bq/m³)/100) d'orientation NNW-SSE (dans l'alignement du profil) séparées par des valeurs plus faibles.

La zone où l'activité radon est la plus élevée est située près de la route. Cela remettrait en cause les résultats obtenus en raison d'une possibilité d'émanation plus importante au niveau des remblais et couche de forme (près du fossé).

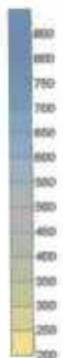
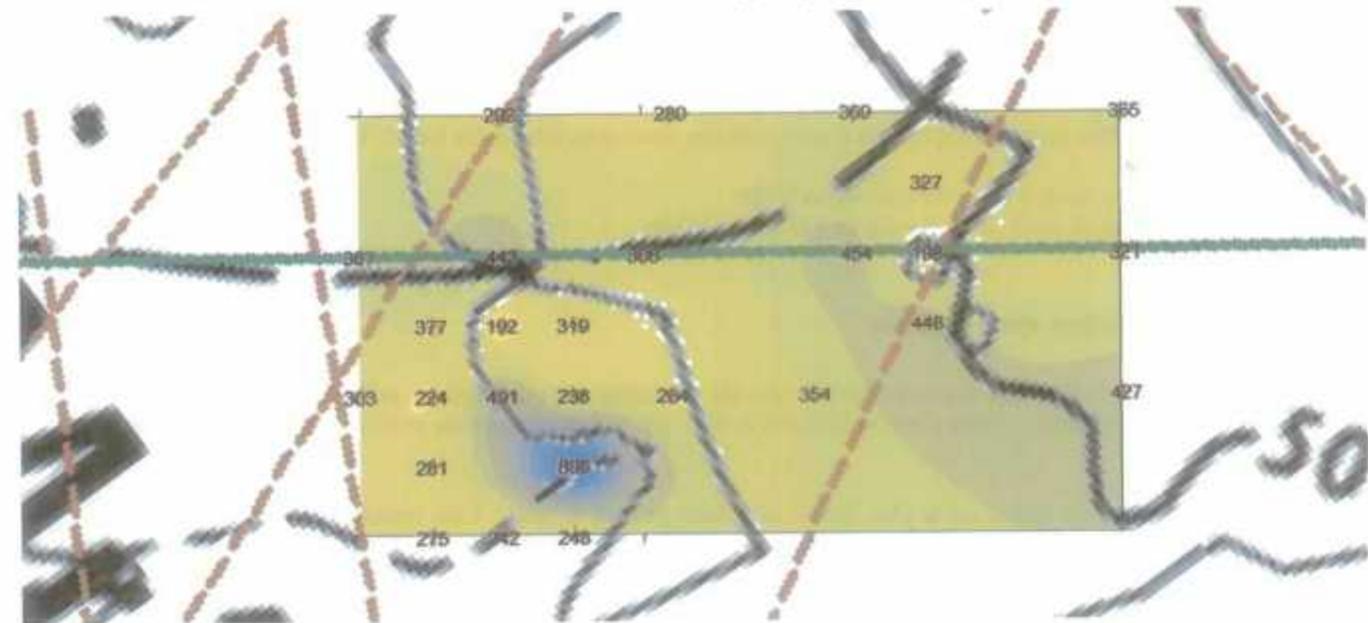
Site de Poroani-Saéva

Figure A2.7

Localisation des stations de prélèvement radon

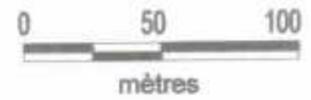


Activité radon (Bq/m³/100)



Valeurs arrondies au /Bqm³/100

- ↔ Profil géophysique
- Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon



ANNEXE 2.7. : SITE DE POROANI-SAEVA

• Déroulement de la mesure

La campagne de prospection émanométrique s'est déroulée sur une période de deux jours, du 08 au 09 octobre 2001.

La zone prospectée d'une surface de 2 ha environ, se situe au nord du village de Mréréni à 200m de la ravine Mroni Saeva. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.7).

Aucune précipitation n'a été relevée durant la période des prélèvements (de septembre à début octobre).

• Résultats obtenus

Un total de 29 prélèvements ont été effectués sur 27 stations différentes.

Les stations 5 et 8 ont fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal émanométrique.

Il est à signaler que la stabilité du signal sur les deux stations prélevées est relativement correcte.

	08-oct	09-oct	Moyenne	Ecart type
station 5	502	480	491	15
station 8	439	470	454	22

Pour l'interprétation, nous prendrons en compte la moyenne des stations 5 et 8.

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 14 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 13 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées à proximité des anomalies identifiées lors de la première campagne).

- Le seuil anomal est de l'ordre de $472 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$

- Le seuil de bruit de fond est de l'ordre de $349 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$

• Interprétation des résultats

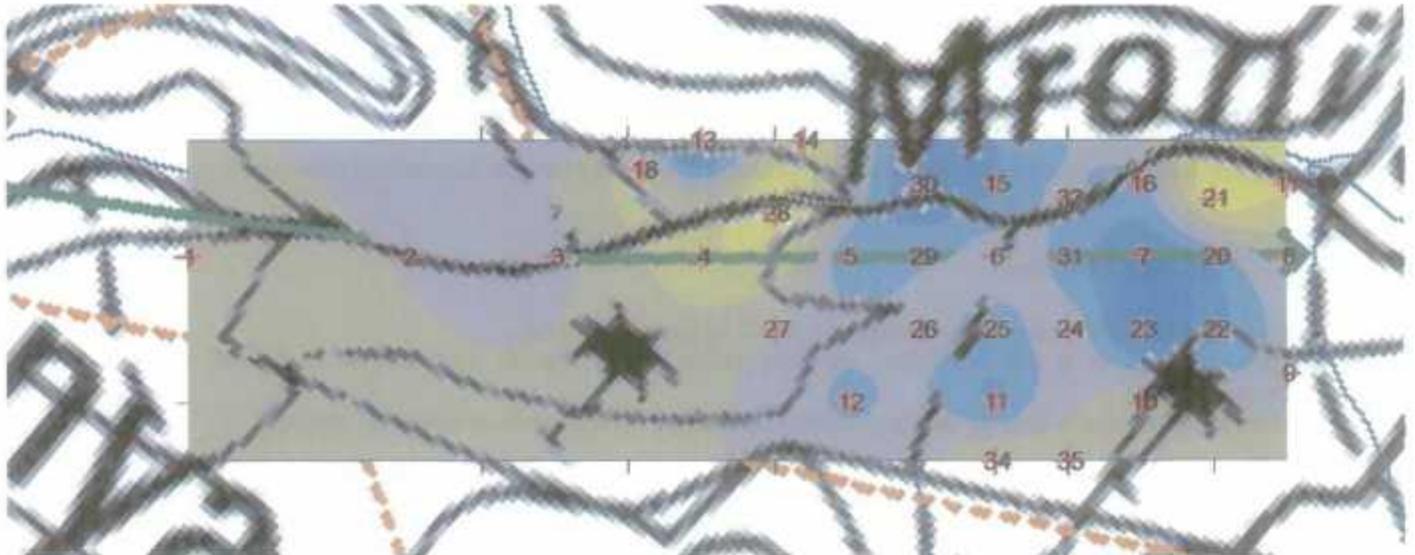
La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente une zone anormale bien distincte. Cette zone, située au sud-ouest de la zone prospectée (stations 18 et 5), est caractérisée par deux valeurs élevées en activité radon (491 et $898 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$) à l'échelle du secteur prospecté. Elle se dessine selon un axe préférentiel d'orientation NW-SE sans concordance avec les linéaments. L'écart entre la valeur en radon la plus élevée ($898 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$) et les autres est trop important. Seule une zone anormale sera représentée sur la carte d'isovaleurs, cachant ainsi d'autres zones anormales. De plus cette valeur élevée pourrait correspondre à un creux dans la topographie ou correspondre à un effet d'hydrothermalisation, dégageant dans des proportions inhabituelles des éléments radioactifs en plus grande quantité.

En enlevant cette valeur en radon trop distincte des autres, une autre zone anormale apparaît au sud-est de la zone prospectée, avec une orientation NW-SE. L'ensemble des valeurs constituant l'axe anomal sont toutes supérieures au seuil de bruit de fond, voisinant même le seuil anomal. Là encore, aucune corrélation entre la direction de cette zone anormale et les linéaments n'a été identifiée.

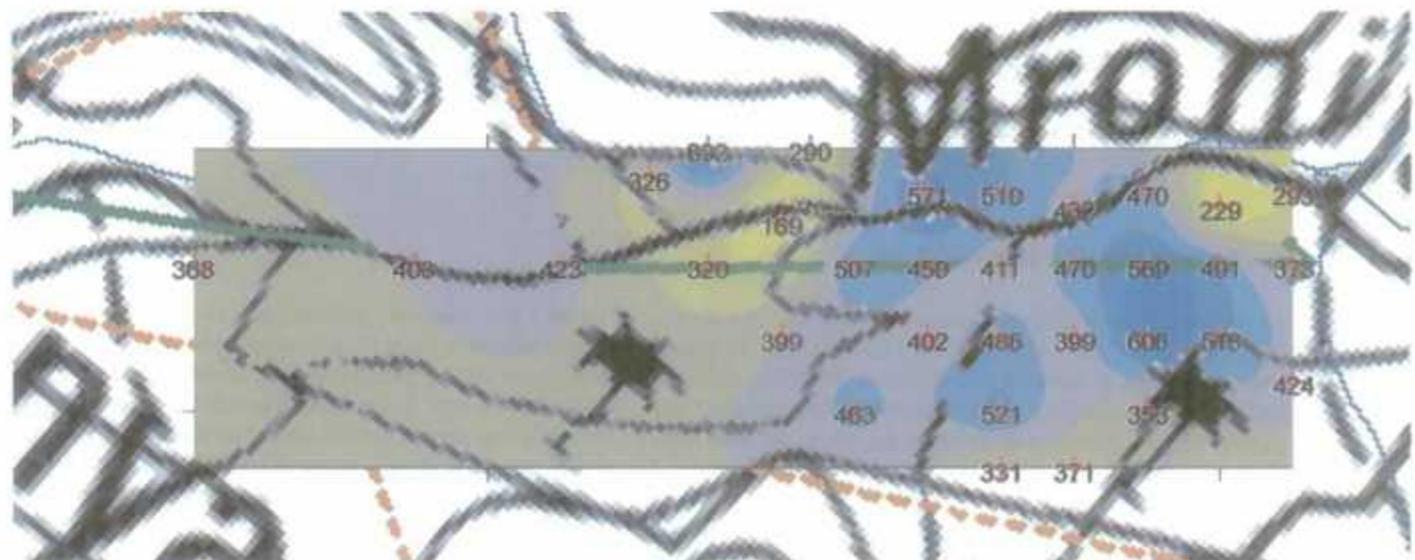
Site de Poroani-Manyassini

Figure A2.8

Localisation des stations de prélèvement radon

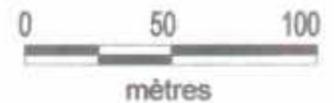


Activité radon (Bq/m³/100)



Valeurs exprimées en (Bq/m³/100)

- ← Profil géophysique
- - - Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon



ANNEXE 2.8. : SITE DE POROANI-MANYASSINI

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection émanométrique s'est déroulée sur une période de deux jours, du 08 au 09 octobre 2001.

La zone prospectée d'une surface de 2,5 ha environ, se situe au nord du village Manyassini de Poroani à proximité de la ravine Mroni Be. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base de référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.8).

Aucune précipitation n'a été relevée durant la période des prélèvements (de septembre à début octobre).

• Résultats obtenus

Un total de 35 prélèvements ont été effectués sur 33 stations différentes.

Les stations 7 et 11 ont fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal émanométrique.

Il est à signaler que la stabilité du signal sur les deux stations prélevées est relativement correcte.

	08-oct	09-oct	Moyenne	Ecart type
station 7	569	684	626,5	81
station 11	521	519	520	1

Pour l'interprétation, nous prendrons en compte la moyenne des stations 7 et 11.

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 20 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 13 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées à proximité des anomalies identifiées lors de la première campagne).

- Le seuil anomal est de l'ordre de 545 (Bq/m³)/100

- Le seuil de bruit de fond est de 407 (Bq/m³)/100

• Interprétation des résultats

La cartographie de l'activité (cf. figure) radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente un groupement de zones anormales à l'est de la zone prospectée. Ces ensembles anormaux correspondent plus à des zones ellipsoïdales, sans orientation préférentiellement distincte.

Les deux zones anormales les mieux définies avec des activités radons élevées (autour de 570 (Bq/m³)/100) sont situées autour des stations (7 ; 23) et (15 ; 30).

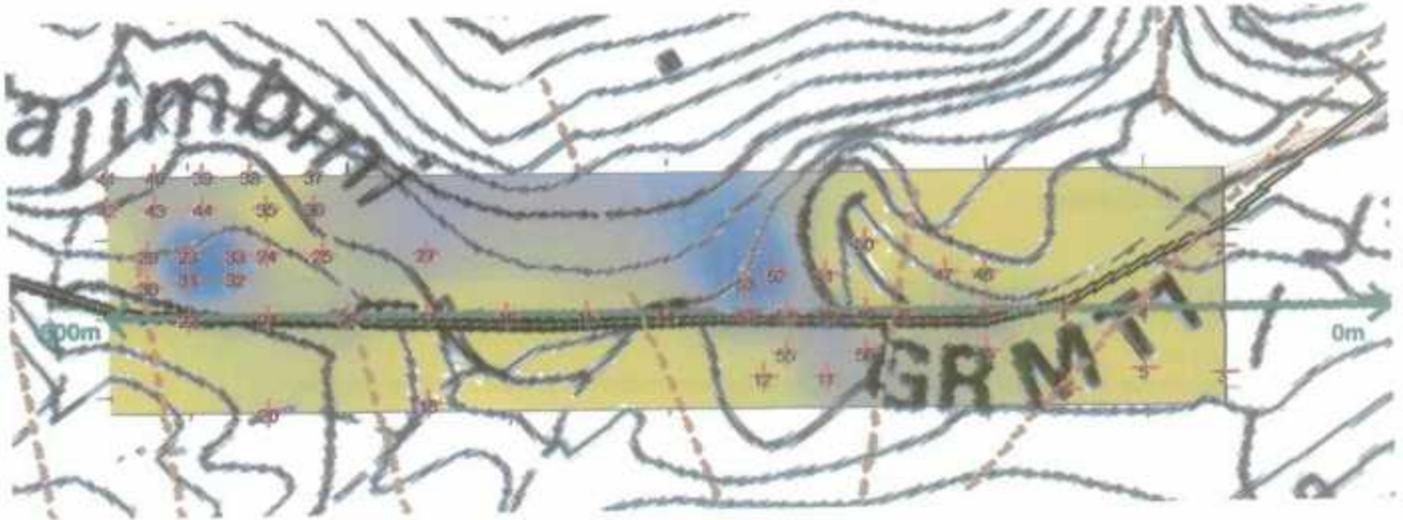
Des effets d'hydrothermalisation peuvent aussi jouer un rôle fluctuant sur les teneurs en radon dans le secteur en raison du contexte géologique relativement identique à celui des sites de Mréréni Be et Saeva.

Figure A2.9

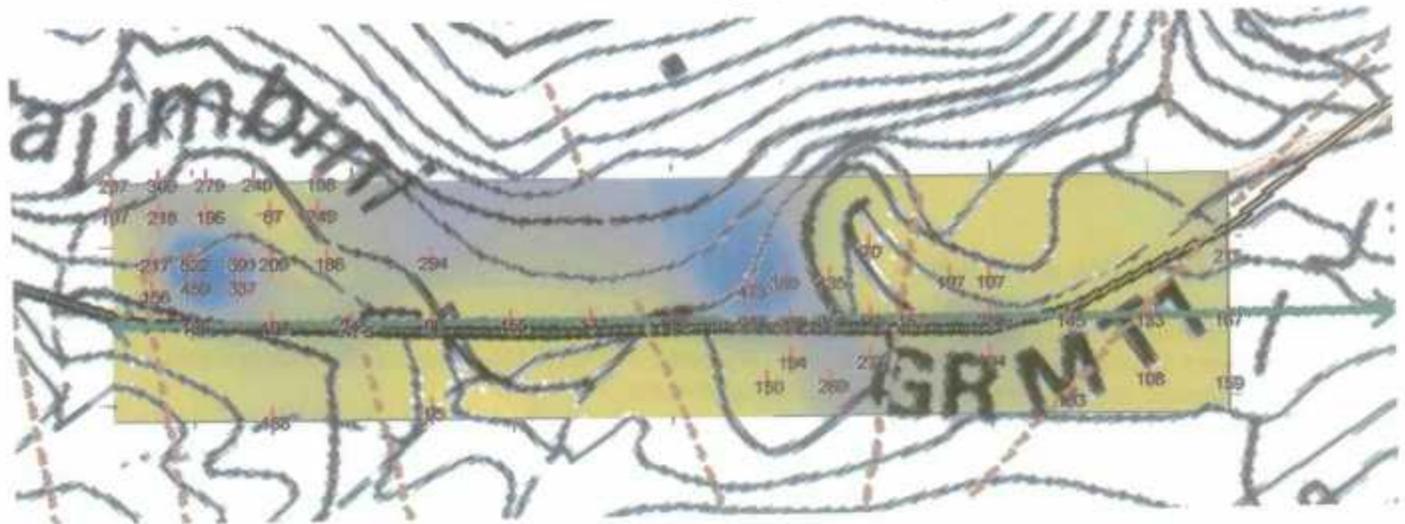
Site de Mtsapéré



Localisation des stations de prélèvement radon



Activité radon (Bq/m³/100)



Valeurs exprimées en (Bq/m³)/100

- ↔ Profil géophysique
- - - Linéaments
- + Station d'échantillonnage radon

ANNEXE 2.9. : SITE DE MTSAPERE-MAJIMBINI

• Déroulement des mesures

La campagne de prospection émanométrique s'est déroulée sur une période de deux jours, du 16 et 18 octobre 2001.

La zone prospectée d'une surface de 3 ha environ, se situe à l'ouest du village de Mtsapéré au niveau de la ravine Mro Oua Majimbini. Le profil « panneau électrique » déjà établi, a servi de base référence pour la première série de mesures. L'échantillonnage a été mené selon un maillage le plus régulier possible avec un espacement initial des stations de mesures de 50 mètres (Figure A2.9).

Les précipitations relevées au pluviographe de Mamoudzou au cours de cette période sont relativement faibles. Les seuls jours de pluie avant la journée du 16 octobre remonte au 5 et 12 octobre, avec respectivement 5 mm de pluie dans les deux cas. Ces faibles résultats n'inquiètent en rien les valeurs de radon obtenues sur ce secteur.

• Résultats obtenus

Un total de 56 prélèvements ont été effectués sur 53 stations différentes.

La station 9, 23 et 24 ont fait l'objet de deux prélèvements, afin de s'assurer de la stabilité du signal émanométrique.

Il est à signaler que la stabilité du signal sur les stations prélevées est relativement correcte.

	16-oct	18-oct	Moyenne	Ecart type
station 9	157	144	150,5	9
station 23	440	522	481	58
station 24	208	229	218,5	15

Pour l'interprétation, nous prendrons en compte les moyennes des stations 9, 23 et 24.

La station 19 n'a pas été retenue pour l'analyse en raison de sa trop faible valeur ($2 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$) (problème de contamination atmosphérique).

La sélection statistique de la composante anormale des activités radon a été réalisée sur les mesures des 26 stations jugées représentatives. Les mesures réalisées aux 27 autres stations n'ont pas été retenues afin de ne pas biaiser l'échantillon (stations implantées à proximité des anomalies identifiées lors de la première campagne).

- Le seuil anomal est de l'ordre de $300 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$

- Le seuil de bruit de fond est de $184 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$

• Interprétation des résultats

En comparaison avec les autres sites, les activités radons sont plus faibles sur l'ensemble de la zone prospectée en raison peut être de la nature lithologique du secteur.

La cartographie de l'activité radon au sein des gaz du sol, interpolée par krigeage, présente deux zones anormales bien distinctes.

La première zone anormale, située sur la partie centrale de la zone prospectée, présente un axe de direction préférentiel nord-sud. Les valeurs, dont les activités radon sont les plus élevées, se situent au droit des stations 52 et 53 (valeur moyenne autour de $400 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$).

La deuxième zone, est située au nord-ouest de la zone prospectée au niveau des stations 23, 31, 32 et 33 (activité radon autour de $450 \text{ (Bq/m}^3\text{)}/100$). Elle se caractérise par une ellipse sans direction apparente.

Annexe 3

**Rapport géophysique : méthodes et moyens,
panneau électrique d'étalonnage et conclusion**

**Programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte
Reconnaissance par panneaux électriques**

**Novembre 2001
JM MIEHE**

Recherche d'eaux souterraines par panneaux électriques à Mayotte

Synthèse

Dans le cadre du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte le BRGM a effectué, pour le compte de la Collectivité Territoriale de Mayotte, une reconnaissance géophysique par panneaux électriques..

L'objectif de la géophysique est de préciser la nature et la géométrie des formations géologiques en présence, de caractériser et d'évaluer la géométrie des aquifères potentiels pour implanter les forages de reconnaissance sur cinq sites définis par la DAF et préalablement reconnus par les hydrogéologues du BRGM.

Les sites sont les suivants, par ordre de priorité : Bandrélé, Poroani, Mtsangamouji, Bouyouni et Mtsapéré.

Les panneaux électriques de calibrage effectués sur les secteurs de Béja et Mréréni Bé amènent les observations suivantes :

- d'un site à l'autre le niveau de résistivité peut être très différent et les contrastes plus ou moins marqués,
- la résistivité des basaltes varie fortement en fonction du degré d'altération et/ou de fissuration : de 4 Ohm.m pour un basalte très altéré/fissuré (Mréréni Bé, forage 2) à 140 Ohm.m pour un basalte peu ou pas altéré/fissuré (Béja, forage 2),
- les zones productrices en eau sont situées dans les zones conductrices avec des résistivités inférieures à 50 Ohm.m, mais toutes les zones conductrices ne sont pas productrices en eau (forage 1 Mréréni Bé).

Par extrapolation, ces résultats ont permis d'identifier sur les différents secteurs explorés des zones similaires en termes de propriétés géoélectriques qui chacune constitue une cible hydrogéologique potentielle et qui pourront être l'objet d'un contrôle par forage.

Ces recommandations sont résumées dans le tableau 2 et s'appuient sur des arguments purement géophysiques. D'autres arguments ou contraintes (résultats de la campagne radon, contexte hydrogéologique, accessibilité) permettront de définir un ordre de priorité des différentes propositions et d'évaluer leur pertinence.

Sommaire

INTRODUCTION.....	7
1. METHODE ET MOYENS.....	9
1.1. PERSONNEL ET CALENDRIER	9
1.2. MATERIEL.....	9
1.3. METHODES - TRAVAUX EFFECTUES.....	9
1.4. INTERPRETATION – RESTITUTIONS GRAPHIQUES – ARCHIVAGE.....	10
2. PANNEAUX ELECTRIQUE D'ETALONNAGE.....	13
2.1. SITE DE MTSANGAMOUI, SECTEUR DE BEJA, PROFIL 1 (FIG. 1, 2, 3 ET 4)	13
2.2. SITE DE POROANI, SECTEUR DE MRERENI BE, PROFIL 12 (FIG. 5, 6 ET 7).....	15
2.3. CONCLUSION	19
3. RESULTATS.....	20
3.1. SITE DE BANDRELE (FIG. 8)	24
3.1.1. Secteur de Dagoni, profil 4 (fig. 9 et 10).....	24
3.1.2. Secteur de Mouhou, profil 5 (fig. 11 et 12)	24
3.2. SITE DE POROANI (FIG. 5)	26
3.2.1. Secteur de Saeva, profil 11 (fig. 13 et 14)	30
3.2.2. Secteur de Manyassini, profil 8 (fig. 15 et 16)	30
3.3. SITE DE MTSANGAMOUI (FIG. 1 ET 19).....	32
3.3.1. Secteur de Boungoumouhé, profil 9 (fig. 17 et 18)	36
3.3.2. Secteur de Massimoni, profils 2 et 3 (fig. 20, 21 et 22).....	36
3.4. SITE DE BOUYOUNI (FIG. 23)	39
3.4.1. Secteur de Bouyouni , profil 6 (fig. 24 et 25)	43
3.4.2. Secteur de Méresse, profil 7 (fig. 26 et 27)	43
3.5. SITE DE MTSAPERE, SECTEUR DE MAJINBINI, PROFIL 10 (FIG. 28 ET 29)	46
CONCLUSION.....	50

Liste des tableaux

Tabl. 1 – Statistiques relatives aux dispositifs dipôle-dipôle.

Tabl. 2 – Proposition de sondages de contrôle.

Liste des figures

- Fig. 1 – Site de Mtsangamouji Est (25 000^{ème})
Fig. 2 – Site de Mtsangamouji. Panneau électrique de Béja, profil 1 (10 000^{ème})
Fig. 3 – Mtsangamouji, Béja, profil 1. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 4 – Sondage électrique de Béja
Fig. 5 – Site de Poroani (25 000^{ème})
Fig. 6 – Site de Poroani. Panneau électrique de Mréréni Bé, profil 12
Fig. 7 – Poroani, Mréréni Bé, profil 12. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 8 – Site de Bandrélé (25 000^{ème})
Fig. 9 – Site de Bandrélé. Panneau électrique de Dagoni, profil 4 (10 000^{ème})
Fig. 10 – Bandrélé, Dagoni, profil 4. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 11 – Site de Bandrélé. Panneau électrique de Mouhou, profil 5 (10 000^{ème})
Fig. 12 – Bandrélé, Mouhou, profil 5. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 13 – Site de Poroani. Panneau électrique de Saeva, profil 11 (10 000^{ème})
Fig. 14 – Poroani, Saeva, profil 11. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 15 – Site de Poroani. Panneau électrique de Manyassini, profil 8 (10 000^{ème})
Fig. 16 – Poroani, Manyassini, profil 8. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 17 – Site de Mtsangamouji. Panneau électrique de Boungoumouhé, profil 9 (10 000^{ème})
Fig. 18 – Mtsangamouji, Boungoumouhé, profil 9. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 19 – Site de Mtsangamouji Ouest (25 000^{ème})
Fig. 20 – Site de Mtsangamouji. Panneaux électriques de Massimoni, profils 2 et 3 (10 000^{ème})
Fig. 21 – Mtsangamouji, Massimoni Est-Ouest, profil 2. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 22 – Mtsangamouji, Massimoni Nord-Sud, profil 3. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 23 – Site de Bouyouni (25 000^{ème})
Fig. 24 – Site de Bouyouni. Panneau électrique de Bouyouni, profil 6 (10 000^{ème})
Fig. 25 – Bouyouni, Bouyouni, profil 6. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 26 – Site de Bouyouni. Panneau électrique de Méresse, profil 7 (10 000^{ème})
Fig. 27 – Bouyouni, Méresse, profil 7. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée
Fig. 28 – Site de Mtsapéré (25 000^{ème}) et panneau électrique de Majinbini, profil 10 (10 000^{ème})
Fig. 29 – Mtsapéré, Majinbini, profil 10. Profil dipôle-dipôle D=25 et 50m. Coupe de résistivité inversée

Introduction

Cette étude géophysique s'inscrit dans le cadre du programme de recherche et d'exploitation des eaux souterraines à Mayotte et a été effectuée par le BRGM pour le compte de la Collectivité Territoriale de Mayotte.

La prestation géophysique fait suite à une reconnaissance géologique et hydrogéologique préliminaire effectuée en juillet 2001 par les hydrogéologues du BRGM sur les cinq sites définis par la DAF dans la perspective de la campagne de forages 2001. Il s'agit des sites de : Bandré, Poroani, Mtsangamouji, Bouyouni et Mtsapéré.

La reconnaissance préliminaire a permis, sur chaque site, de sélectionner et d'implanter les secteurs à prospecter par géophysique.

L'objectif de la géophysique est de préciser la nature et la géométrie des formations géologiques en présence, de caractériser et d'évaluer la géométrie des aquifères potentiels pour implanter les forages de reconnaissance.

La technique géophysique retenue est la méthode du panneau électrique en dispositif dipôle-dipôle. Deux panneaux électriques d'étalonnage ont été mesurés sur des secteurs reconnus par forage et par sondages électriques (campagne 1999). Dix panneaux électriques ont été réalisés sur les secteurs sélectionnés.

Ce rapport présente et analyse les résultats obtenus et précise l'implantation des forages de reconnaissance.

1. Méthode et moyens

1.1. Personnel et calendrier

L'étude géophysique a été réalisée par J.M. Miehé, géophysicien BRGM et s'est déroulée du 28 juillet au 25 août 2001. Les travaux de terrain ont été effectués avec l'aide de T. Jourdain, hydrogéologue au SGR Mayotte et de 3 manœuvres intérimaires recrutés localement.

1.2. Matériel

- 1 résistivimètre ELREC6 multi-canaux (Iris Instruments) ;
- 1 résistivimètre SYSCAL R2E (Iris Instruments) ;
- 1 émetteur de courant continu VIP4000 (Iris Instruments) ;
- 1 convertisseur 250W (Iris Instruments) alimenté par une batterie 12V ;
- 1 groupe électrogène 4.5KVA (Honda) ;
- matériel annexe pour la mise en œuvre des mesures électriques (câbles, électrodes en acier inoxydable...);
- 2 véhicules
- 1 ordinateur portable Toshiba 440 CDX et une imprimante HP Deskjet 340 ;
- logiciels RES2DINV et RESIXIP pour l'interprétation des pseudo-coupes et du sondage électrique, MAPINFO, SURFER, GRAPHER pour les restitutions graphiques

1.3 Méthodes - Travaux effectués.

Les difficultés rencontrées lors de l'interprétation 1D des sondages électriques (campagne 1999) nous ont amené à utiliser la méthode du panneau électrique, méthode plus appropriée pour rendre compte des hétérogénéités des formations géologiques et des effets de relief (effets 2D ou 3D). Le dispositif mis en œuvre est le dipôle-dipôle.

Les résultats de la campagne de sondages électriques (1999) et des forages de reconnaissance situent l'objectif à quelques dizaines de mètres de profondeur, sans excéder 100m.

Par conséquent la dimension des dispositifs dipôle-dipôle a été fixée à $D=50m$. Les investigations ont été complétées par des mesures avec un dispositif $D=25m$, pour assurer une meilleure résolution aux faibles profondeurs.

En tout 12 panneaux électriques ont été répartis sur les zones de Bandrélé, Poroani, Mtsangamouji, Bouyouni, et Mtsapéré. Parmi ces panneaux électriques, deux ont été implantés sur des profils reconnus par forages pour étalonnage (Mtsangamouji, Béja1 et Béja2, et Poroani, Mréréni1 et Mréréni2).

Un sondage électrique ($AB=400m$) a été mesuré à l'aplomb du forage Béja2 pour étalonnage et pour apprécier la résolution verticale des panneaux électriques.

L'implantation prévisionnelle des profils de mesure a parfois été modifiée pour des raisons d'accessibilité ou pour augmenter la longueur des profils afin de couvrir une plus grande zone ou pour augmenter la profondeur d'investigation.

Les caractéristiques des panneaux électriques mesurés sont résumées dans le tableau 1.

Zone	Lieu	n° profil	D=50m		D=25m		Longueur du profil (m)
			n	Nbre. de mesures	n	Nbre. de mesures	
<i>Bandrélé</i>	<i>Dagoni</i>	4	1 - 8	51	1 - 6	59	600
	<i>Mouhou</i>	5	1 - 10	83	1 - 6	59	800
<i>Poroani</i>	<i>Mroni Bé</i>	8	1 - 8	51	1 - 6	59	600
	<i>Saeva</i>	11	1 - 8	45	1 - 6	59	600
	<i>Mréréni</i>	12	1 - 10	83	1 - 6	59	800
<i>Mtsangamouji</i>	<i>Béja</i>	1	1 - 8	58	1 - 6	84	650
	<i>Massimoni est-ouest</i>	2	1 - 8	64	1 - 6	91	700
	<i>Massimoni nord-sud</i>	3	1 - 8	51	1 - 6	59	600
	<i>Boungoumouhé</i>	9	1 - 10	83	1 - 6	59	800
<i>Bouyouni</i>	<i>Bouyouni</i>	6	1 - 10	75	1 - 6	59	700
	<i>Méresse</i>	7	1 - 8	51	1 - 6	59	600
<i>Mtsapéré</i>	<i>Majinbini</i>	10	1 - 10	83	1 - 6	59	800
Nombre total de mesures : 1543 Longueur totale de profil : 8250m							

Tabl. 1 - Statistiques relatives aux dispositifs dipôle-dipôle.

1.4. Interprétation – Restitutions graphiques – Archivage

Toutes les pseudo-coupes de résistivité apparente ont été interprétées par inversion avec le logiciel RES2DINV. Ce logiciel, utilisé en configuration éléments finis, comporte des algorithmes de convergence très perfectionnés, prend en compte la topographie des profils et permet de corriger les effets de relief (anomalies parasites dues aux variations de relief importantes). Le logiciel s'affranchit également de tous les artefacts "classiques", liés au dispositif dipôle-dipôle (à-coups de prises dus aux structures superficielles) et au mode de représentation des pseudo-coupes ("chapeaux chinois", branches inclinées à 45°).

Les résultats de l'inversion sont présentés sous forme de coupe-profondeur de résistivité vraie. Cette interprétation par inversion fournit des informations quantitatives permettant de caractériser l'origine des différentes anomalies mises en évidence : caractéristiques électriques (résistivité vraie), géométrie et profondeur.

Même si la précision et la stabilité des inversions sont optimisées par des algorithmes de convergence très performants, les paramètres géométriques fournis par l'inversion des pseudo-coupes peuvent varier, en théorie, dans une fourchette comprise entre 10 et 20%.

Pour chaque profil l'interprétation est effectuée en inversant simultanément les mesures en dispositifs D=25m et D=50m et en tenant compte de la topographie. Les dénivelées ont été estimées sur les cartes IGN au 1/25000ème.

Le sondage électrique a été interprété avec le logiciel RESIXIP.

Les représentations graphiques ont été réalisées avec les logiciels MAPINFO, SURFER et GRAPHER.

Toutes les données sont consignées sur des bordereaux de mesures et stockées sur disquette 3''5 au format ASCII.

Recherche d'eaux souterraines par panneaux électriques à Mayotte

2. Panneaux électriques d'étalonnage

2.1. Site de Mtsangamouji, secteur de Béja, profil 1 (fig. 1, 2, 3 et 4)

La coupe de résistivité inversée (fig. 3) met en évidence un ensemble résistant (90 à 140 Ohm.m) entre les stations 150 et 475. Subaffleurant au SSW le résistant s'approfondit progressivement vers le NNE. Cet horizon est interrompu au niveau de la station 375 et regroupe en fait deux structures résistantes distinctes R1 entre 150 et 375m et R2 entre 375 et 475m.

Au niveau du forage 1, l'unité R1 un peu moins résistante s'étend de 0 à environ 32m de profondeur et regroupe sans distinction de résistivité un épisode volcanique (brèches, coulées, cendres de 0 à 17.5m) et une séquence de dépôts alluvionnaires (sables, galets et graviers de 17.5 à 33m).

Au niveau du forage 2, le résistant R2 correspond à une succession de coulées (entre 13.5 et 45m) avec intercalations de brèches explosives et est surmonté par un ensemble conducteur C1 constitué essentiellement de cendres et d'alluvions argileuses.

Entre 33 et environ 60m de profondeur apparaît une structure plus conductrice C2 (25 à 30 Ohm.m) qui regroupe un ensemble de basaltes et d'alluvions et de cendres. L'essentiel du potentiel aquifère reconnu par le forage est localisé dans ces formations basaltiques et alluvionnaires. Au niveau du forage 1 cet ensemble s'épaissit, peut être en raison d'un effet de bord du à l'inversion.

Entre 60 et environ 100m de profondeur la coupe de résistivité met en évidence une structure plus résistante R3 (50 à 70 Ohm.m) correspondant vraisemblablement aux sables plus ou moins argileux ou limoneux relevés dans le forage 1 et sans doute affectés par un effet de bord sur la coupe de résistivité inversée.

Le forage s'interrompt à 80m. Au-delà de 110m, la coupe de résistivité fait apparaître un substratum conducteur.

Les ensembles géoélectriques C2 et R3, s'estompent au niveau des stations 350-375, à l'interruption du résistant R1. Les formations alluvionnaires identifiées dans le forage 1 ne se retrouvent pas au niveau du forage 2, où à partir de 45m de profondeur apparaît un niveau de cendres.

Le substratum conducteur est situé vers 100m de profondeur à l'aplomb du forage 2.

D'après les essais de pompages réalisés dans les forages 1 et 2, l'ensemble résistant R1/R2 ne présente pas de ressources en eau suffisantes. L'essentiel du potentiel aquifère reconnu coïncide avec le conducteur C2 intercalé entre les résistants R1 et R3.

Un sondage électrique a été mesuré à l'aplomb du forage Béja 2 (fig. 4) pour comparaison des interprétations avec les inversions du panneau électrique.

Pour le modèle 1, les profondeurs ont été fixées (profondeurs relevées dans le forage Béja 2) et les résistivités vraies ont été ajustées. Dans cette situation, modèles lithologiques et géoélectriques coïncident. En l'absence d'information précise sur la lithologie (c'est généralement le cas en exploration), on interprète les sondages électriques avec un modèle

aussi simple que possible. Le modèle 2 est simplifié au maximum, il n'y a plus correspondance entre unité géoélectrique et lithologique, néanmoins la réponse du modèle géoélectrique (courbe verte) s'ajuste (compte tenu de la précision des mesures) tout aussi bien aux mesures que la réponse du modèle 1.

En fait le modèle 2 reprend les interfaces relevées sur la coupe de résistivité inversée au niveau du forage 2, sondage et panneau conduisent à la même interprétation, l'image fournit par le panneau électrique étant continue le long du profil.

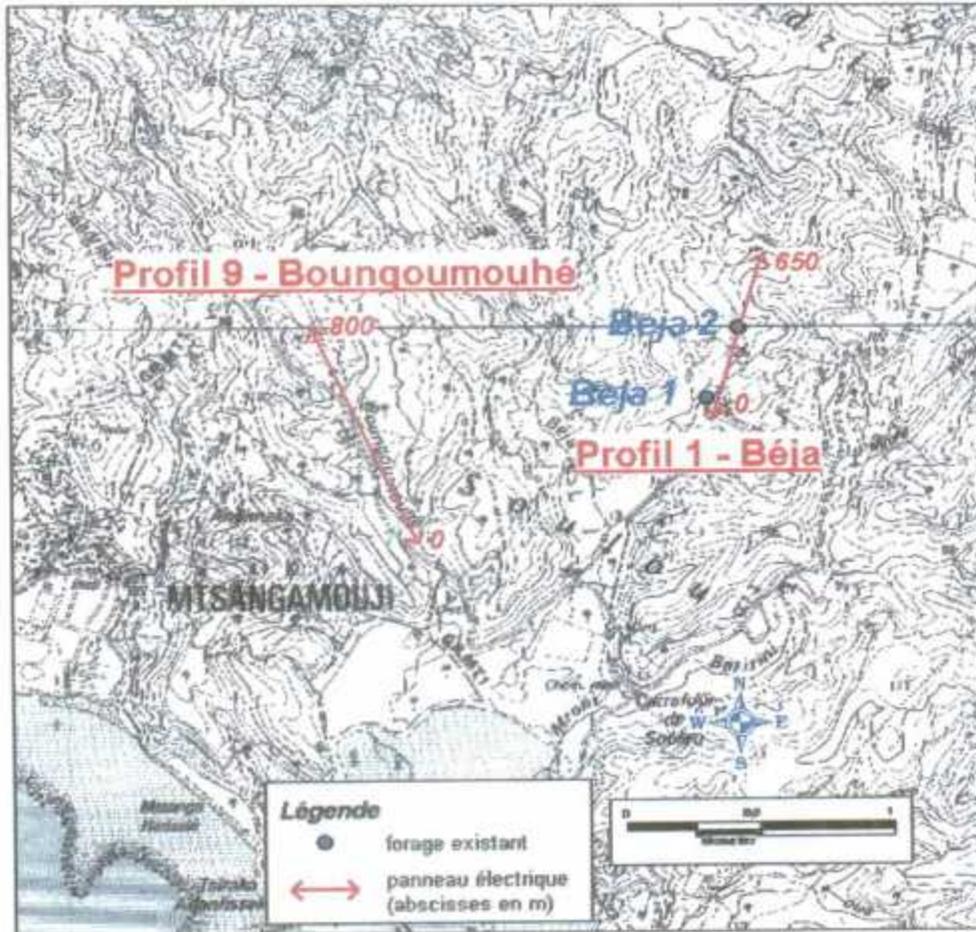


Fig. 1 - Site de Mtsangamouji (Est).

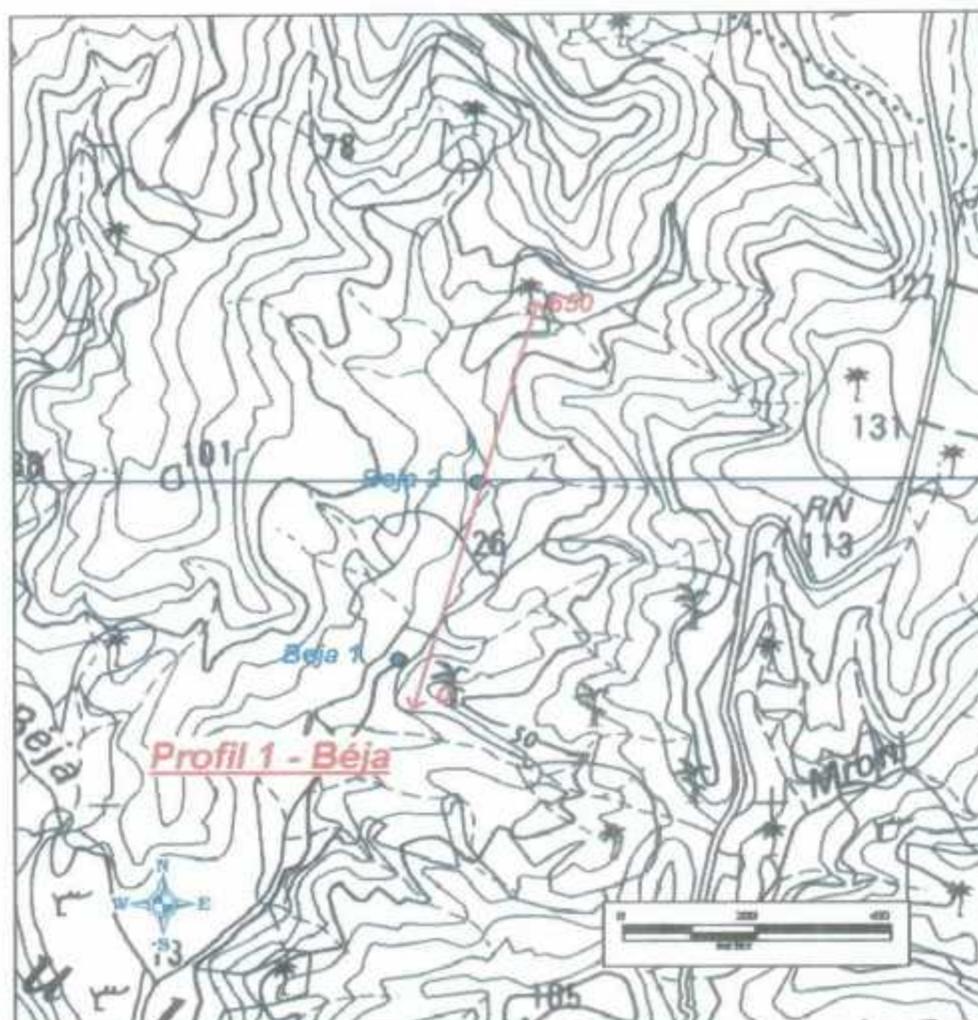


Fig. 2 - Site de Mtsangamouji. Panneau électrique de Béja, profil 1.

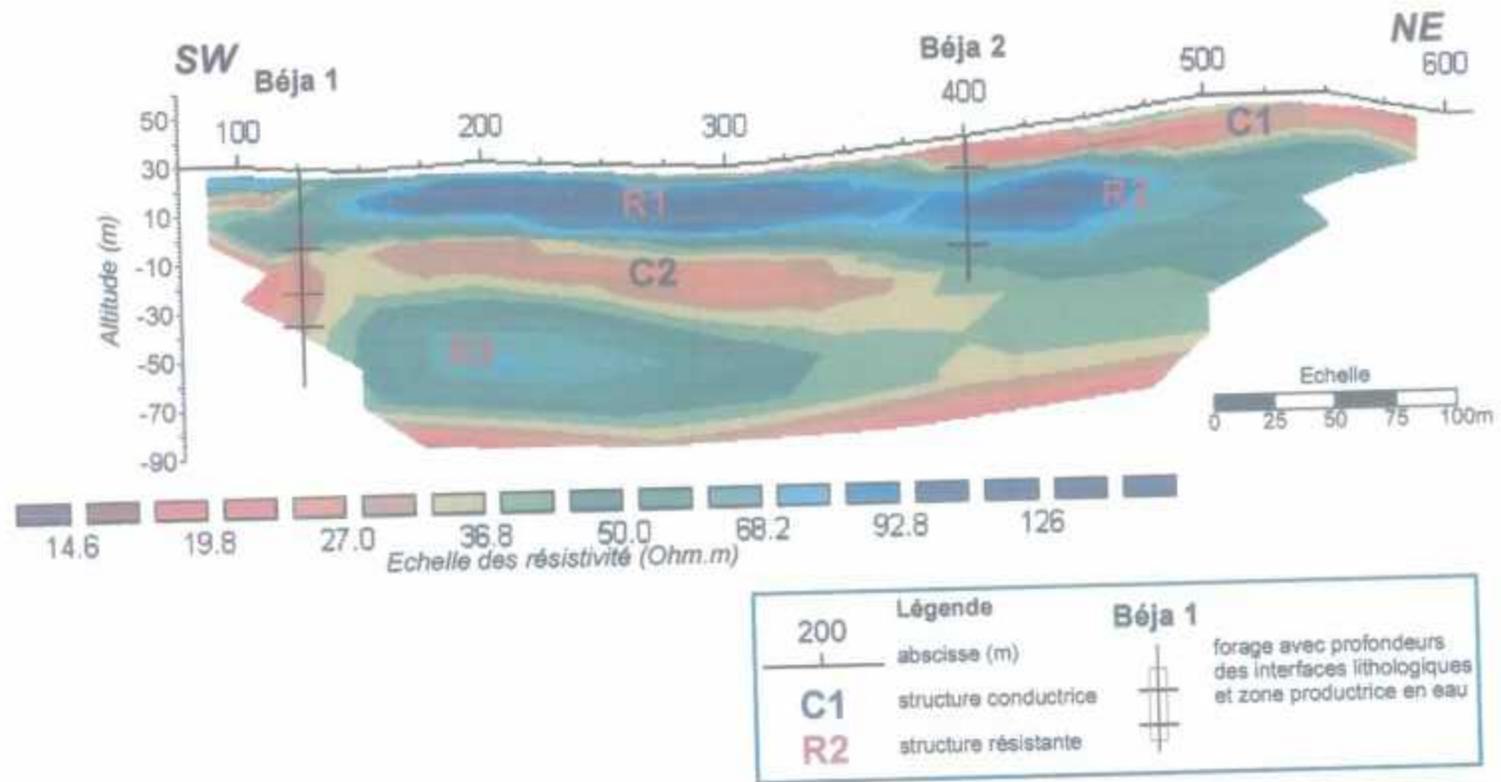
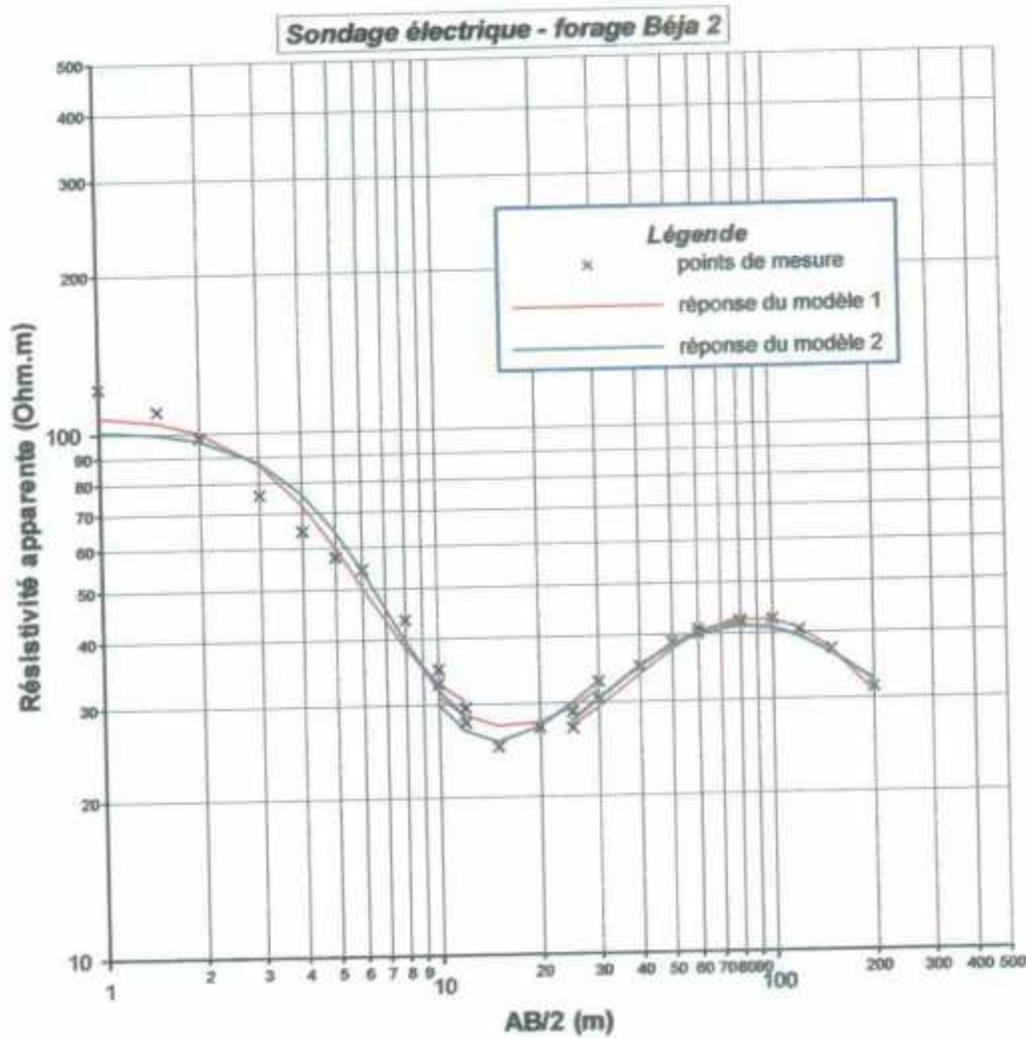


Fig. 3 - MTSANGAMOUI - Béja - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.



Modèle 1:profondeurs de Béja 2 **Modèle 2:**modèle simplifié

Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
94	2.2
23	11
9	13.5
52	27
281	28.5
306	33
100	37.5
36	45
16	

Résistivité (Ohm.m)	Profondeur (m)
∞	0
88	2.7
17	13.5
74	45
24	

Fig. 4 - Site de Mtsangamouji, secteur de Béja. Sondage électrique sur le forage Béja 2.

2.2. Site de Poroani, secteur de Mréréni Bé, profil 12 (fig. 5, 6 et 7)

En comparaison avec les résultats obtenus à Béja, le secteur de Mréréni Bé (fig. 7) se trouve dans un contexte géoélectrique beaucoup plus conducteur, puisque sur l'ensemble de la coupe de résistivité les valeurs ne dépassent pas 40 Ohm.m.

La coupe de résistivité montre une structure conductrice C1 (< 8 Ohm.m) sur tout le profil. Subaffleurante à l'est, elle s'approfondit et s'épaissit vers l'ouest (pendage apparent vers l'ouest). La partie la plus conductrice de cette structure (C'1 < 4 Ohm.m) est située entre les stations 275 et 475 et a été recoupée par les forages 1 et 2. C'1 s'étend de 11 à 30m et de 14 à 38m respectivement au niveau des forages 1 et 2 et correspond à la partie la plus altérée/fissurée des basaltes.

Sur le forage 1 les basaltes sont surmontés par un ensemble de colluvions argileuses, de cendres et de brèches. Cet ensemble est marqué par une structure résistante R1 (>30 Ohm.m) qui s'étend entre les stations 400 et 475.

Au niveau du forage 2, des alluvions argileuses (6m d'épaisseur) surmontent les cendres et brèches qui recouvrent les basaltes. Cette composante argileuse explique les résistivités plus faibles (7 à 11 Ohm.m) relevées au-dessus des basaltes.

Les forages 1 et 2 (longs de 70m) ont recoupé une succession de basaltes jusqu'à 70m de profondeur. La résistivité augmente progressivement avec la profondeur, sans que l'on puisse caractériser les différents basaltes recoupés.

Le substratum résistant (> 30 Ohm.m) apparaît vers 120m de profondeur à l'aplomb du forage 2, s'approfondit à la verticale du forage 1 et remonte vers l'est avec une pente très prononcée.

Le forage 2 est productif en eau à partir de 35m, profondeur qui correspond à la base du conducteur C'1. Le forage 1 n'a rencontré aucune ressource en eau, bien que recoupant la même structure géoélectrique.

2.3. Conclusion

L'examen des résultats obtenus à partir des deux panneaux électriques d'étalonnage amène les remarques suivantes :

- d'un site à l'autre le niveau de résistivité peut être très différent et les contrastes plus ou moins marqués,
- la résistivité des basaltes varie fortement en fonction du degré d'altération et/ou de fissuration : de 4 Ohm.m pour un basalte très altéré/fissuré (Mréréni Bé, forage 2) à 140 Ohm.m pour un basalte peu ou pas altéré/fissuré (Béja, forage 2),
- les zones productrices en eau sont situées dans les zones conductrices avec des résistivités inférieures à 50 Ohm.m, mais toutes les zones conductrices ne sont pas productrices en eau (forage 1 Mréréni Bé),
- par zone conductrice, on entend zone de plus faible résistivité pour une coupe donnée, indépendamment de la valeur absolue de la résistivité

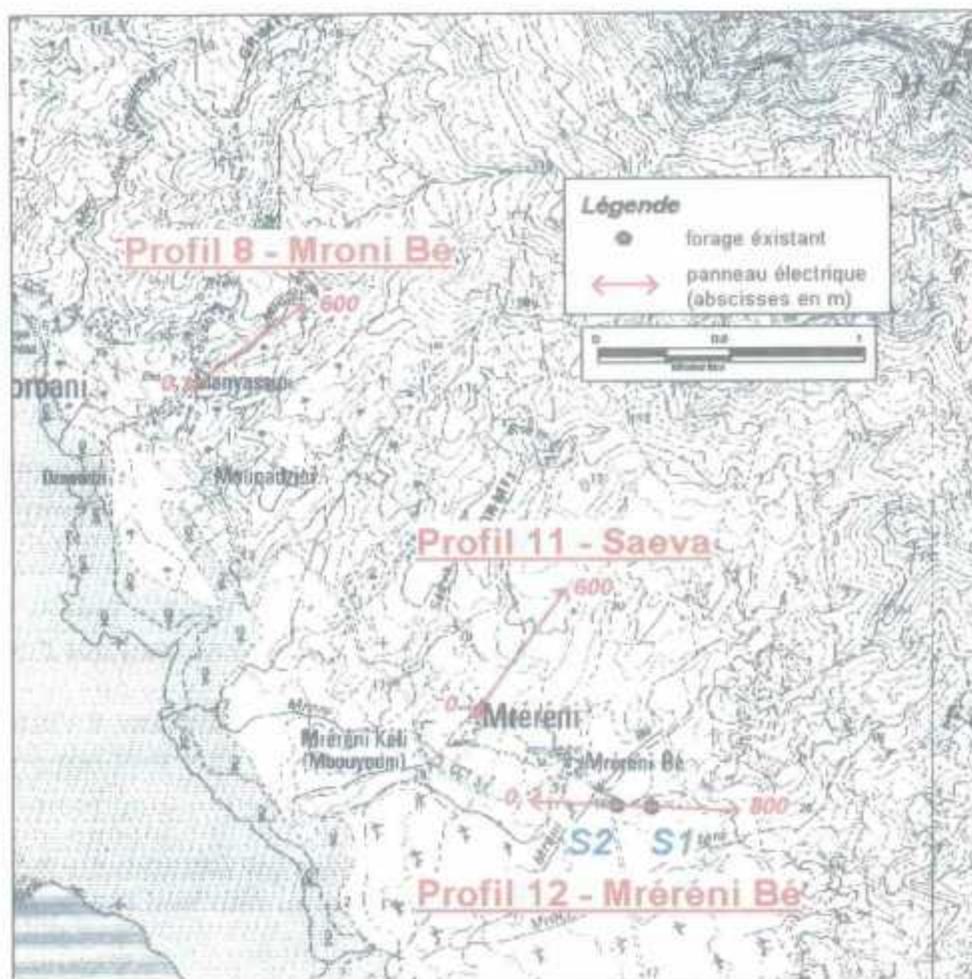


Fig. 5 - Site de Poroni.

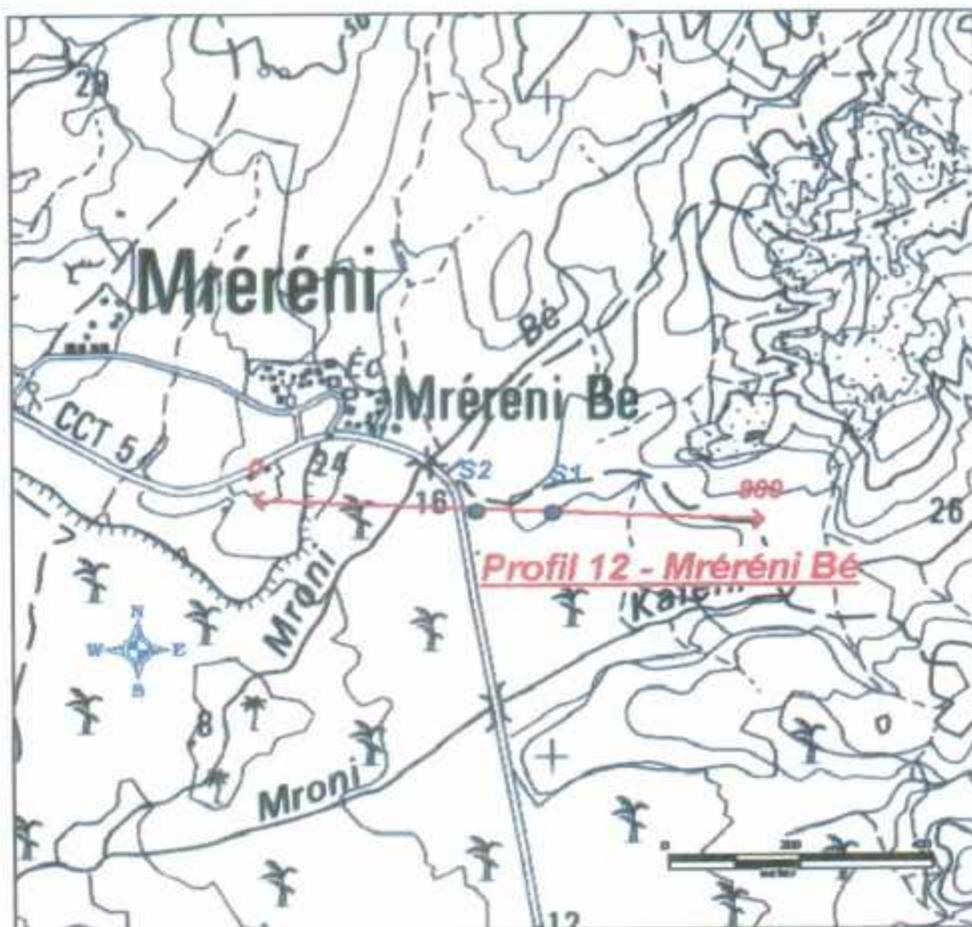


Fig. 6 - Site de Poroni. Panneau électrique de Mréréni Bé, profil 12.

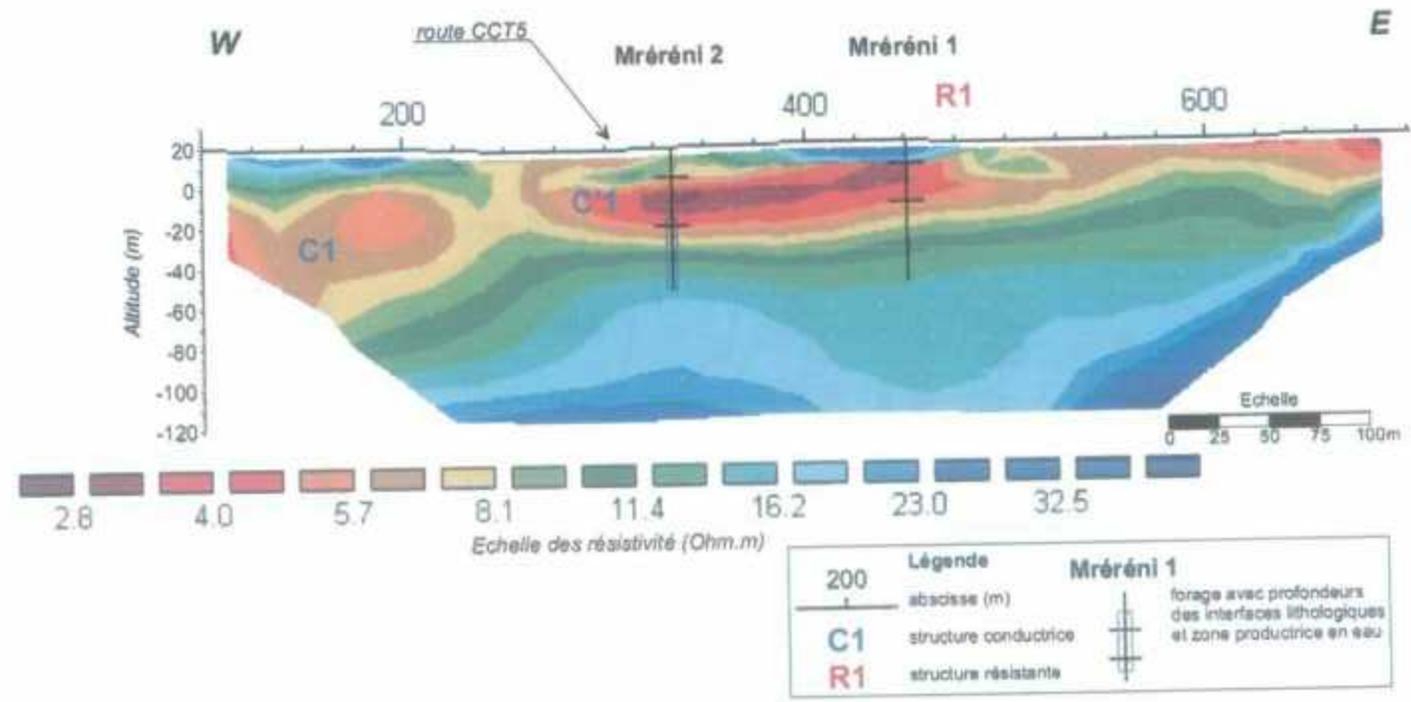


Fig. 7 - POROANI, Mréréni Bé, profil 12 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.

3. Résultats

L'échelle de couleurs et la légende de la coupe de résistivité interprétée du secteur de Dagoni sont communes à toutes les coupes interprétées.

3.1. Site de Bandrélé (fig. 8)

3.1.1. Secteur de Dagoni, profil 4 (fig. 9 et 10)

Sur la coupe de résistivité (fig. 10) apparaît l'horizon conducteur C1 (5 à 20 Ohm.m) d'une épaisseur d'environ 20m. Présent tout le long du profil cet horizon pourrait correspondre à une séquence de basaltes altérés/fissurés. Entre les stations 275 et 400, une structure comparativement plus résistante R1 (25 à 40 Ohm.m) surmonte le conducteur. Cette structure est visible à l'affleurement, il s'agit d'un basalte avec probablement une altération/fissuration moins développée que l'horizon C1.

Le niveau résistant R2 situé entre 25 et 75m de profondeur indiquerait par ses caractéristiques électriques (70 à 100 Ohm.m) la présence de basaltes plus sains. Dans cette hypothèse, le conducteur sous-jacent C2 (30 à 40 Ohm.m) s'inscrit dans un schéma identique à celui du secteur de Béja et constitue par conséquent un objectif à contrôler. Deux forages de 120 à 150m de long au voisinage des stations 200 et 400 permettront d'évaluer le potentiel aquifère de cet ensemble.

Un forage entre les stations 325 et 350, d'une profondeur de 60m (jusqu'au basaltes sains) permettrait d'estimer d'éventuelles ressources en eau au sein des basaltes de résistivité intermédiaire.

3.1.2. Secteur de Mouhou, profil 5 (fig. 11 et 12)

La coupe de résistivité (fig. 12) met en évidence un horizon à résistivité intermédiaire (20 à 50 Ohm.m) intégrant des unités résistantes (R1, R2, R3 et R4, 80 à 100 Ohm.m) et une structure conductrice (10 à 20 Ohm.m). Cet ensemble est épais d'environ 40m et s'amincit progressivement à partir de la station 525. L'absence d'affleurement ne permet pas d'identifier clairement cet ensemble, on peut néanmoins supposer que les structures résistantes correspondent à des basaltes peu altérés/fissurés.

Le conducteur sous-jacent C1 est relativement homogène en résistivité (10 à 20 Ohm.m) et en épaisseur (environ 80m) jusqu'à la station 525. Au-delà, la structure est plus conductrice (minimum à 5 Ohm.m) et plus épaisse (jusqu'à 110m).

On peut envisager la présence de zones productrices en eau de deux façons :

- I - sous-jacentes aux structures résistantes R1 à R4 dans l'hypothèse où celles-ci correspondent effectivement à des basaltes relativement préservés (cas Béja),
- II - au sein du conducteur C1, dont la résistivité est identique à celle de la zone productrice du forage S2, comme c'est le cas à Mréréni avec la zone de basaltes très altérés en moins.

Les forages suivants permettront de tester les différents cas de figures :

- un forage de 60m à la verticale de la station 475 (hypothèse I)
- un forage de 150m à l'aplomb de la station 650 (hypothèse II)
- un forage de 150m au niveau de la station 250 (hypothèses I et II).

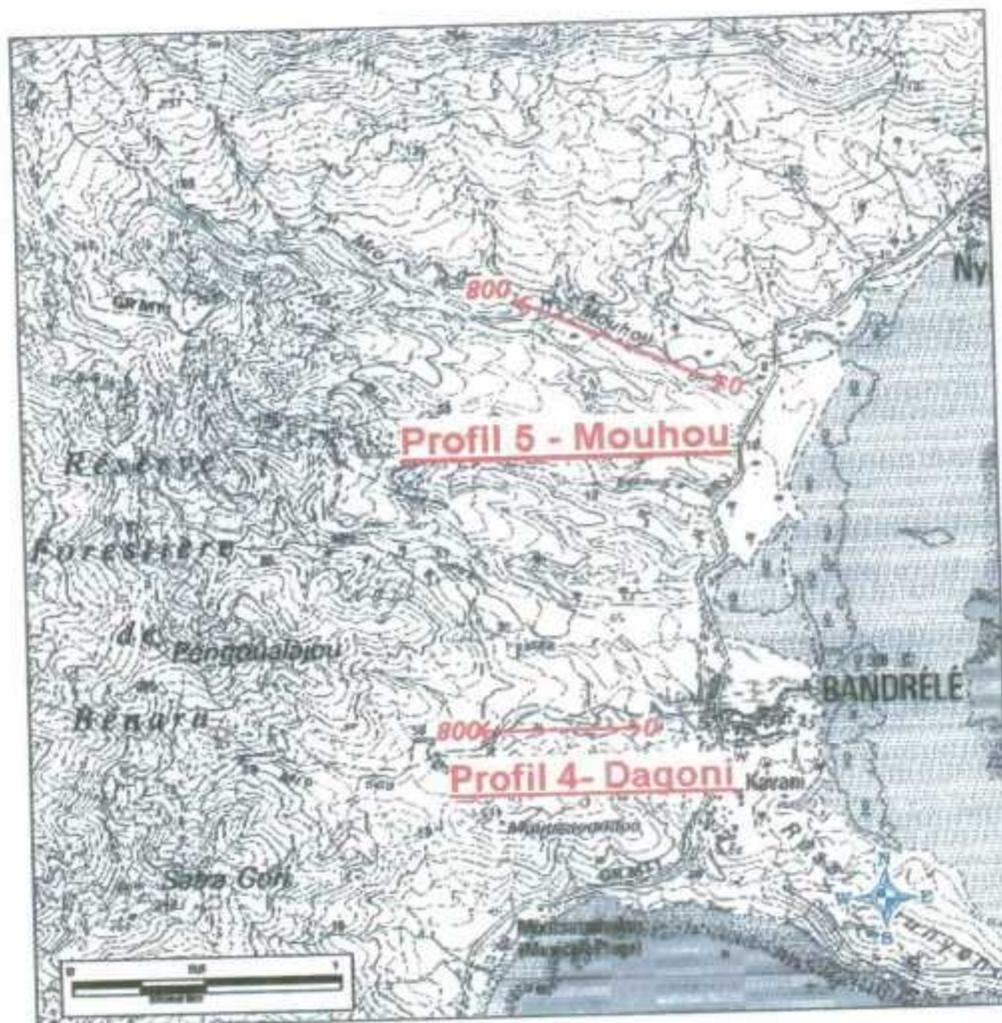


Fig. 2 - Site de Bandré.

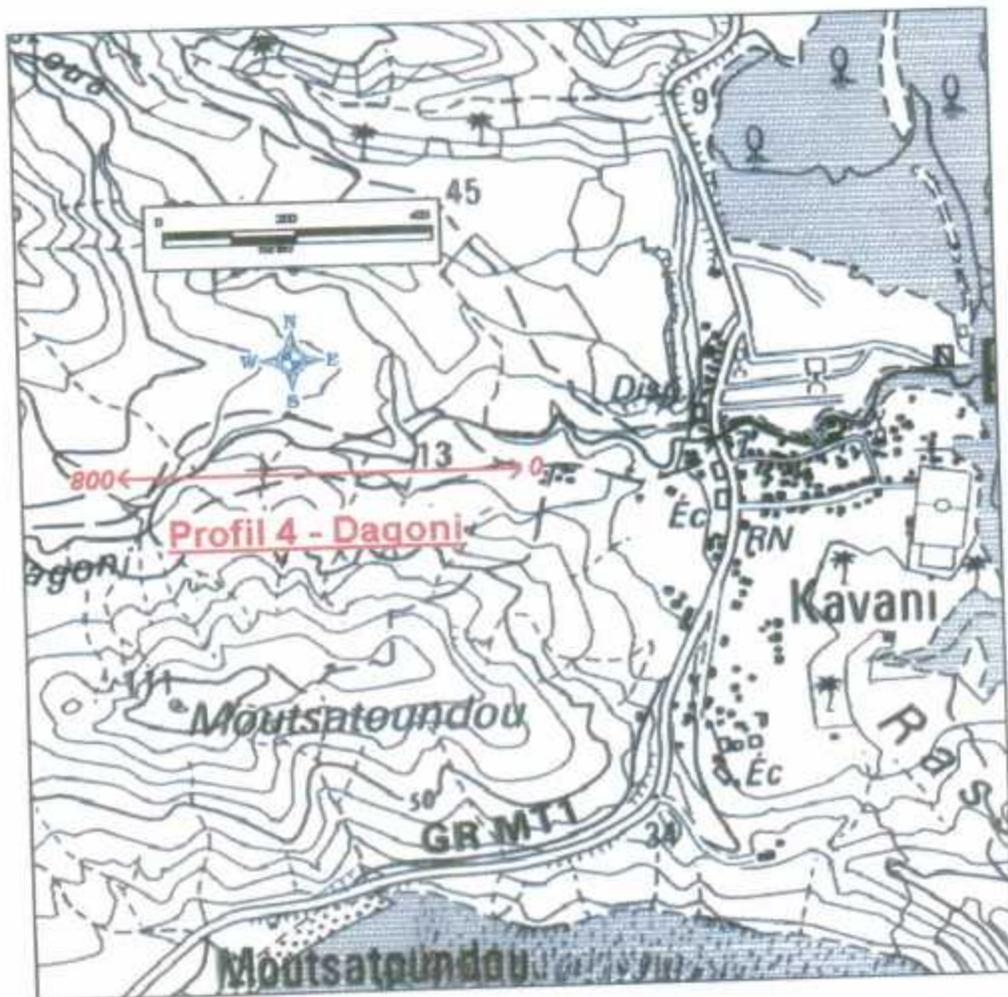


Fig. 9 - Site de Boudré. Panneau électrique de Dagoni, profil.

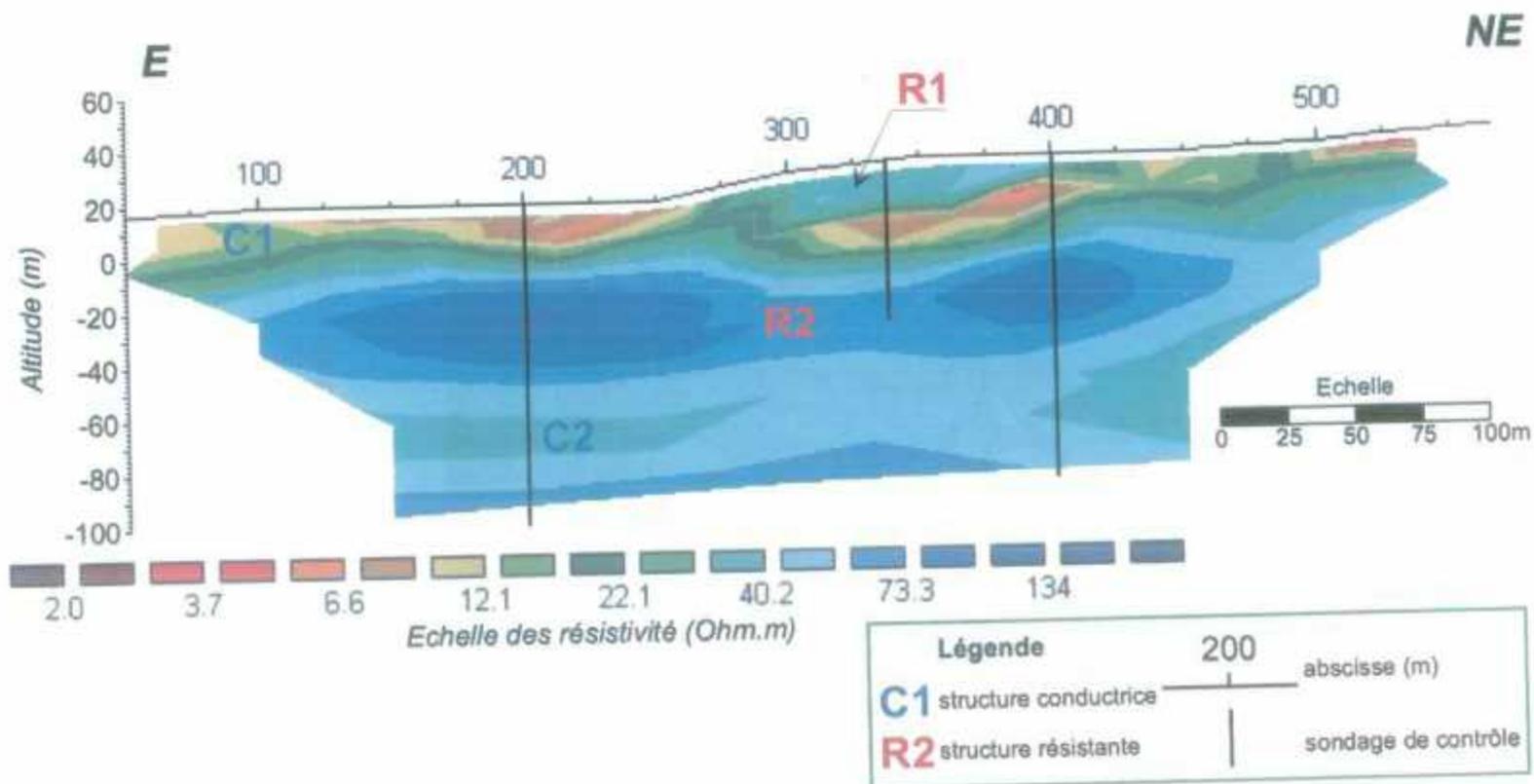


Fig. 10 - BANDRELE, Dagoni, profil 4 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.

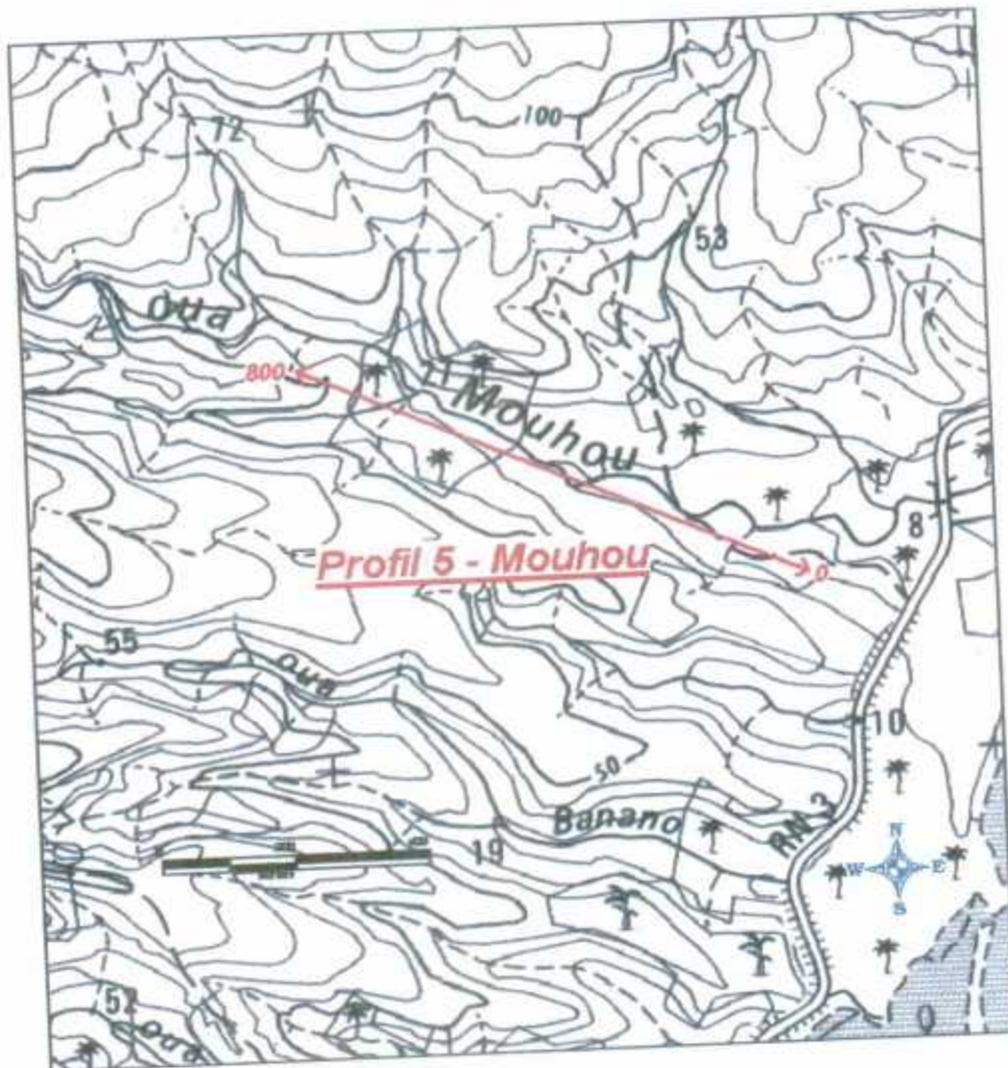


Fig. 11 - Site de Bandrélé. Panneau électrique de Mouhou, profil 5.

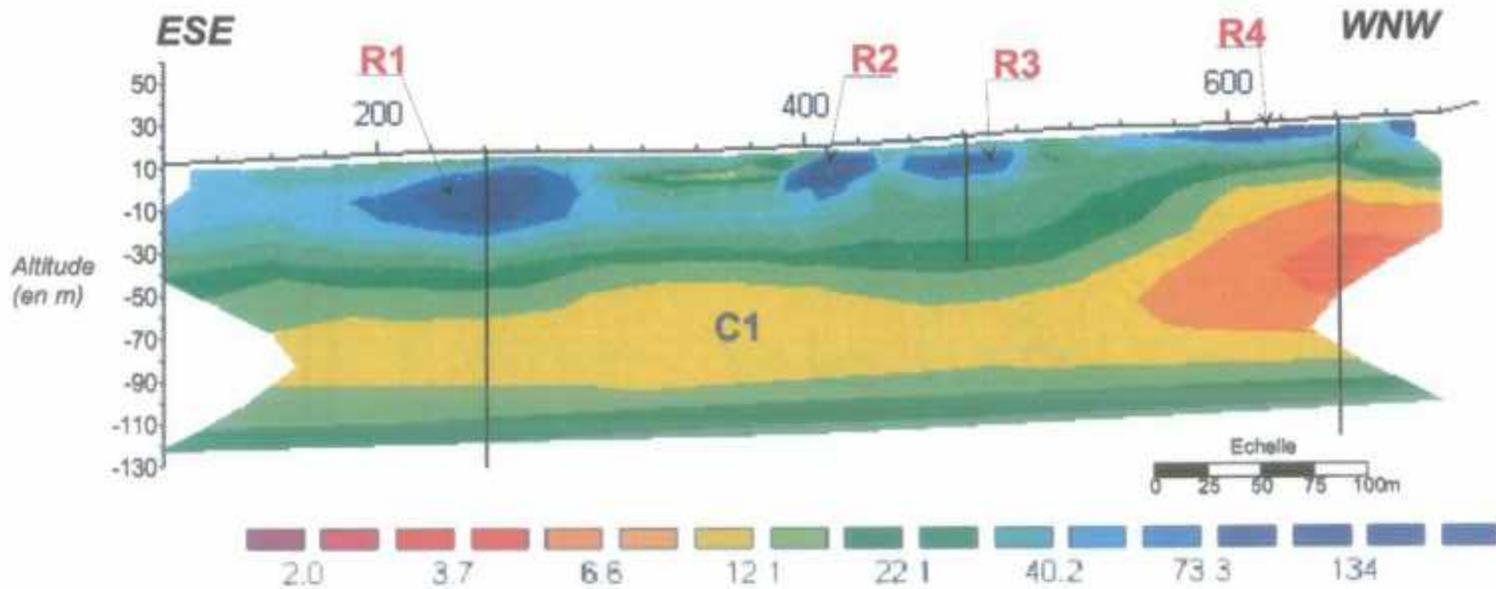


Figure 12: BاندRELE, Mouhou, profil 5 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.

Légende		200	abscisse (m)
C1	structure conductrice	—	
R2	structure résistante		sondage de contrôle

3.2. Site de Poroani (fig. 5)

3.2.1. Secteur de Saeva, profil 11 (fig. 13 et 14)

La coupe de résistivité (fig. 14) est semblable à celle de Mréréni Bé, avec tout le long du profil un horizon conducteur ($< 8 \text{ Ohm.m}$), sensiblement parallèle à la topographie, d'épaisseur environ 30m, remontant légèrement entre les stations 250 et 350. Ce conducteur pourrait correspondre à la partie la plus altérée des basaltes et sa base pourrait donc, par extrapolation des résultats obtenus sur Mréréni Bé, marquer le toit d'un éventuel aquifère.

Les structures résistantes superficielles situées entre les stations 200 et 325 (R1, 50 à 150 Ohm.m) d'une part et 375 et 500 (R2, 50 à 100 Ohm.m) d'autre part pourraient être des niveaux cendreaux indurés.

Le substratum apparaît vers 70m de profondeur et est marqué par des structures résistantes (R3 et R4 $> 80 \text{ Ohm.m}$) au SW et au NE qui bordent un passage plus conducteur (C4, 20 à 40 Ohm.m) et plus profond.

Trois forages de reconnaissance (70 à 80m de profondeur) sont préconisés pour tester les parties les plus conductrices de l'horizon conducteur, au niveau des stations 225 (C1), 275-300 (C2) et 400 (C3).

3.2.2. Secteur de Manyassini, profil 8 (fig. 15 et 16)

La coupe de résistivité (fig. 16) met en évidence un horizon résistant superficiel qui s'épaissit progressivement vers le NE et dans lequel s'individualisent trois structures résistantes : R1 (50-70 Ohm.m, stations 125-225) vers le SW, correspond à l'affleurement à des basaltes altérés en boules, R2 (50-70 Ohm.m, stations 325-350) et R3 (à partir de la station 400) avec des résistivités plus fortes (80-130 Ohm.m) qui coïncident en surface avec des basaltes plus sains.

L'image donnée par la coupe de résistivité inversée montre que cet horizon résistant repose sur un ensemble plus conducteur (C1, C2 et C3 $< 12 \text{ Ohm.m}$), peut-être des basaltes plus altérés, plus profond vers le NE, lui-même interrompu par une structure à résistivité intermédiaire (R4, 20 à 30 Ohm.m) entre les stations 225 et 300.

Cette unité géoélectrique pourrait correspondre à une zone de moindre altération dans les basaltes ou à une structure intrusive (dyke ?). L'amincissement du niveau conducteur (C2) entre les stations 225 et 300 milite en faveur de la deuxième hypothèse.

Si l'on se réfère au site de Mréréni Bé, le niveau de résistivité de l'ensemble conducteur C1/C2 /C3 est identique à celui de la zone productrice en eau dans le forage Mréréni2 (mais non productrice dans le forage Mréréni1).

Les cibles à contrôler sont donc, par ordre de priorité : C1 (station 150, 80 à 100m de profondeur), C2 (stations 250-275, 50m de profondeur) et C3 (stations 375-400, 100m de profondeur).



Fig. 13 - Site de Poroeni, panneau électrique de Saeva, profil 11.

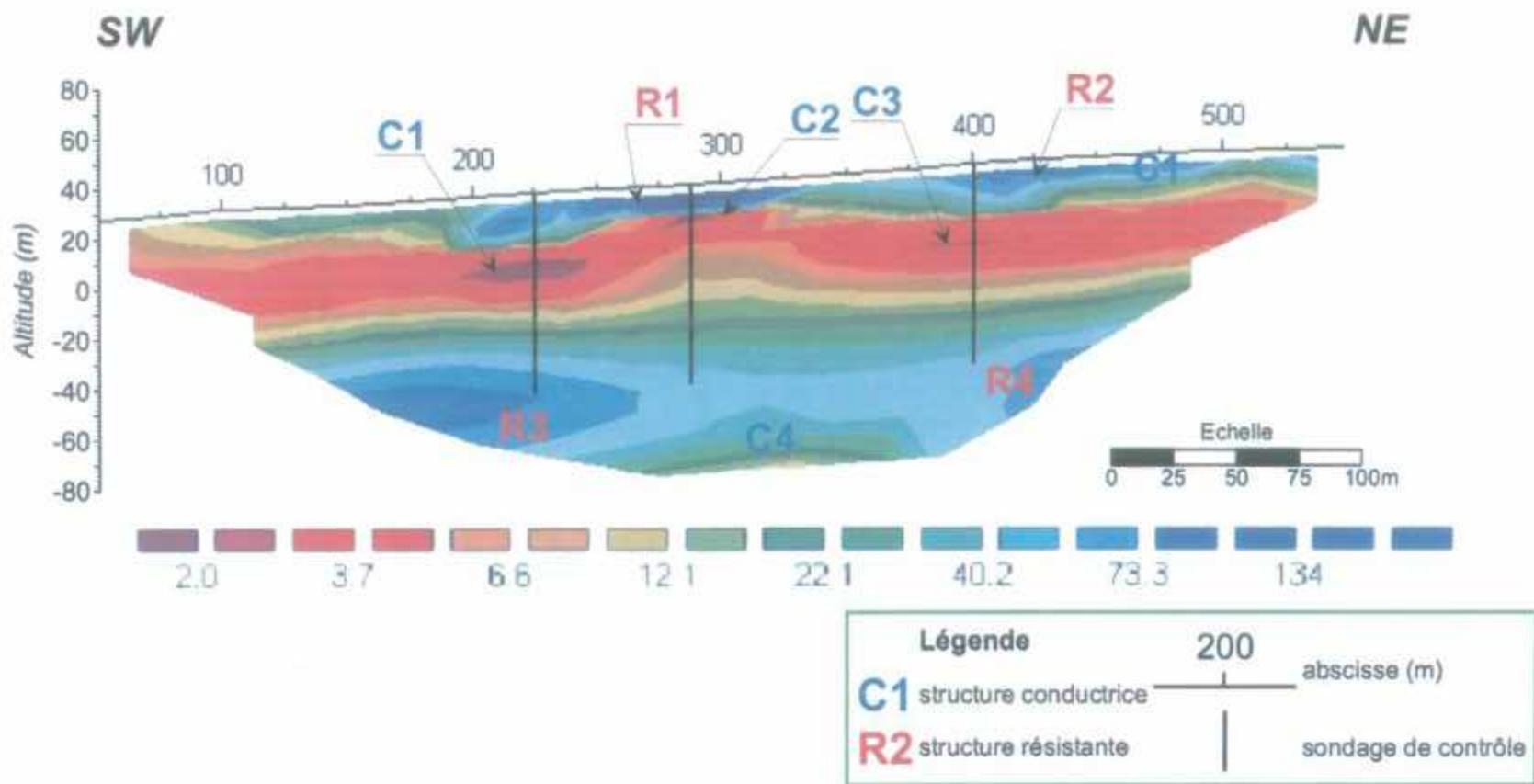


Fig. 14 - POROANI, Saeva, profil 11 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.

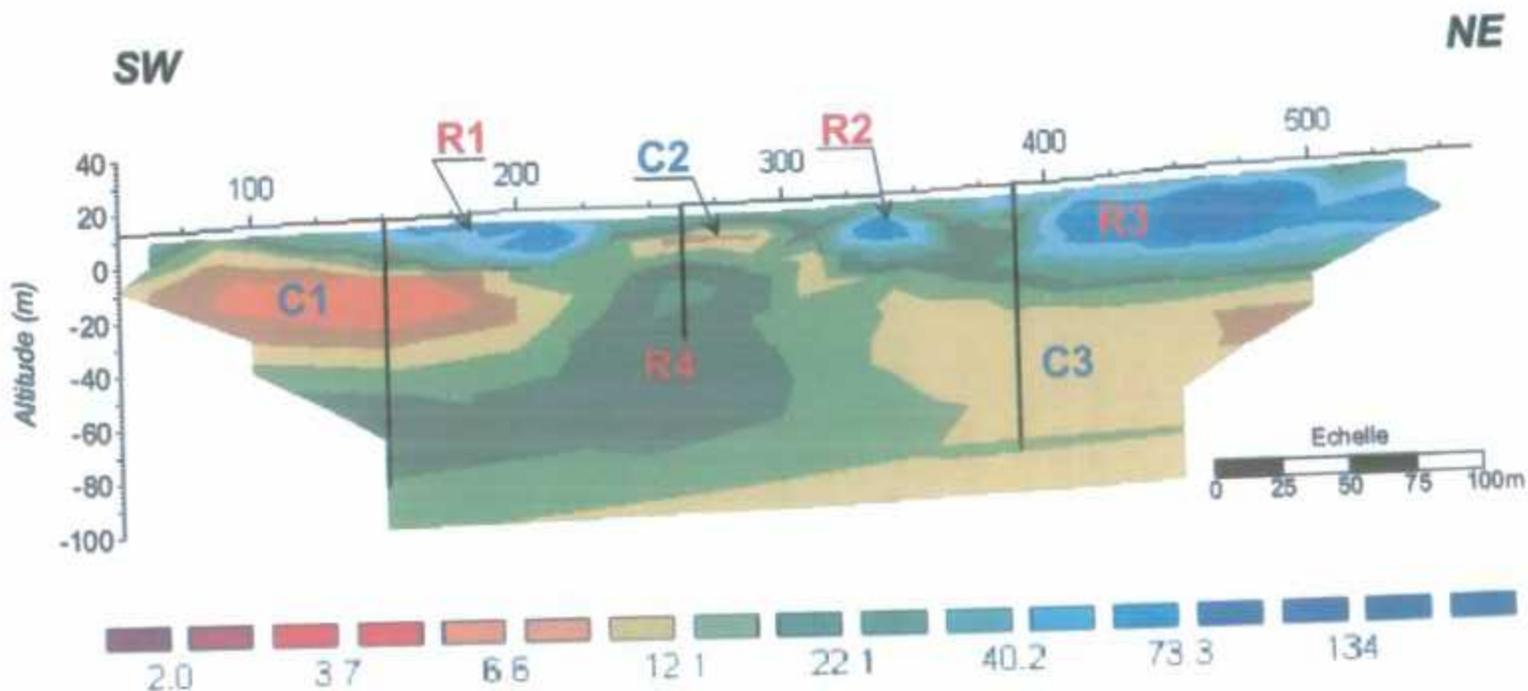
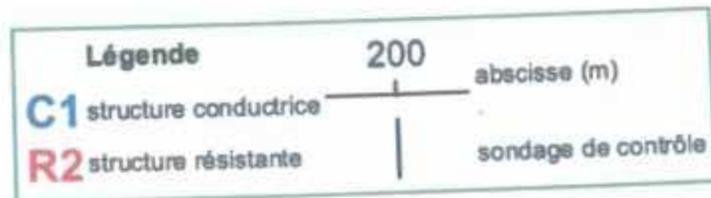


Fig. 16 - POROANI, Manyassini, profil 8 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.



3.3. Site de Mtsangamouji (fig. 1 et 19)

3.3.1. Secteur de Boungoumouhé, profil 9 (fig. 17 et 18)

La coupe de résistivité (fig. 18) est bordée au SE et au NW par des structures très résistantes R1 et R2 (> 150 Ohm.m), il s'agit de basaltes légèrement altérés en surface.

Au NW, les basaltes ont une épaisseur d'environ 45m, vers le SE l'épaisseur du résistant R1 est plus conséquente (> 100m).

Les deux résistants encadrent une zone à résistivité intermédiaire (C1, 20 à 40 Ohm.m). Au NW elle s'étend sous les basaltes et reproduit un schéma identique à celui de la zone productrice du secteur de Béja.

L'ensemble C1 intègre la structure conductrice C2 (10 à 20 Ohm.m) entre les stations 300 et 475. Avec un toit vers 10m de profondeur, cette structure a une épaisseur d'environ 30m et s'approfondit vers le NW. La nature exacte de cette structure reste indéterminée, mais ses propriétés électriques pourraient caractériser d'éventuelles ressources en eau.

Un forage à la verticale de la station 600 d'environ 120m de long permettra d'évaluer le potentiel aquifère de l'ensemble C1 (type Béja).

Un forage de contrôle de 150m au niveau de la station 400 permettra d'évaluer le potentiel aquifère des structures C1 et C2.

Au niveau de la station 200 un forage de 150 à 180m permettrait de vérifier l'extension de l'ensemble C1 vers le SE, dans le cas où l'un des premiers forages aurait démontré l'intérêt hydrogéologique de cette structure.

3.3.2. Secteur de Massimoni, profils 2 et 3 (fig. 20, 21 et 22)

Deux profils sensiblement perpendiculaires ont été mesurés sur le secteur de Massimoni. A quelques % près les résistivités inversées sont identiques à l'intersection des deux coupes.

La coupe de résistivité Est-Ouest (fig. 21) met en évidence un niveau résistant superficiel R1 (100 à 150 Ohm.m) reconnu à l'affleurement comme étant un basalte. L'extrémité ouest est marquée par une structure résistante R2 (> 150 Ohm.m), il pourrait s'agir d'un dôme de phonolite intrusif reconnu par ailleurs.

L'essentiel de la coupe de résistivité est marqué par l'ensemble conducteur C1 (15 à 40 Ohm.m) qui s'étend entre les stations 150 et 500 et dont l'approfondissement est maximal au niveau de la station 350. La morphologie de cette structure suggère qu'il pourrait s'agir d'un remplissage de fond de vallée.

La coupe SE-NW (fig. 22) montre que ce conducteur se prolonge d'au moins 100 et 450m de part et d'autre du profil Est-Ouest, avec une possible remontée vers le sud-ouest marquée par la structure conductrice subaffleurante C2 (10 à 20 Ohm.m) au niveau de la station 500. Cette hypothèse reste à vérifier, car il pourrait s'agir d'un effet de coalescence entre deux structures conductrices de nature différente.

Le potentiel aquifère de l'ensemble C1 pourra être évalué par les forages suivants :

Profil Est-Ouest : station 225, 80m de profondeur et station 350, au moins 100m de profondeur,

Profil SE-NW : entre les stations 300 et 325, 100m de profondeur.

Un forage de 50m sur la station 500 du profil NE-SO permettra d'identifier la structure C2 et d'estimer éventuellement un potentiel aquifère.

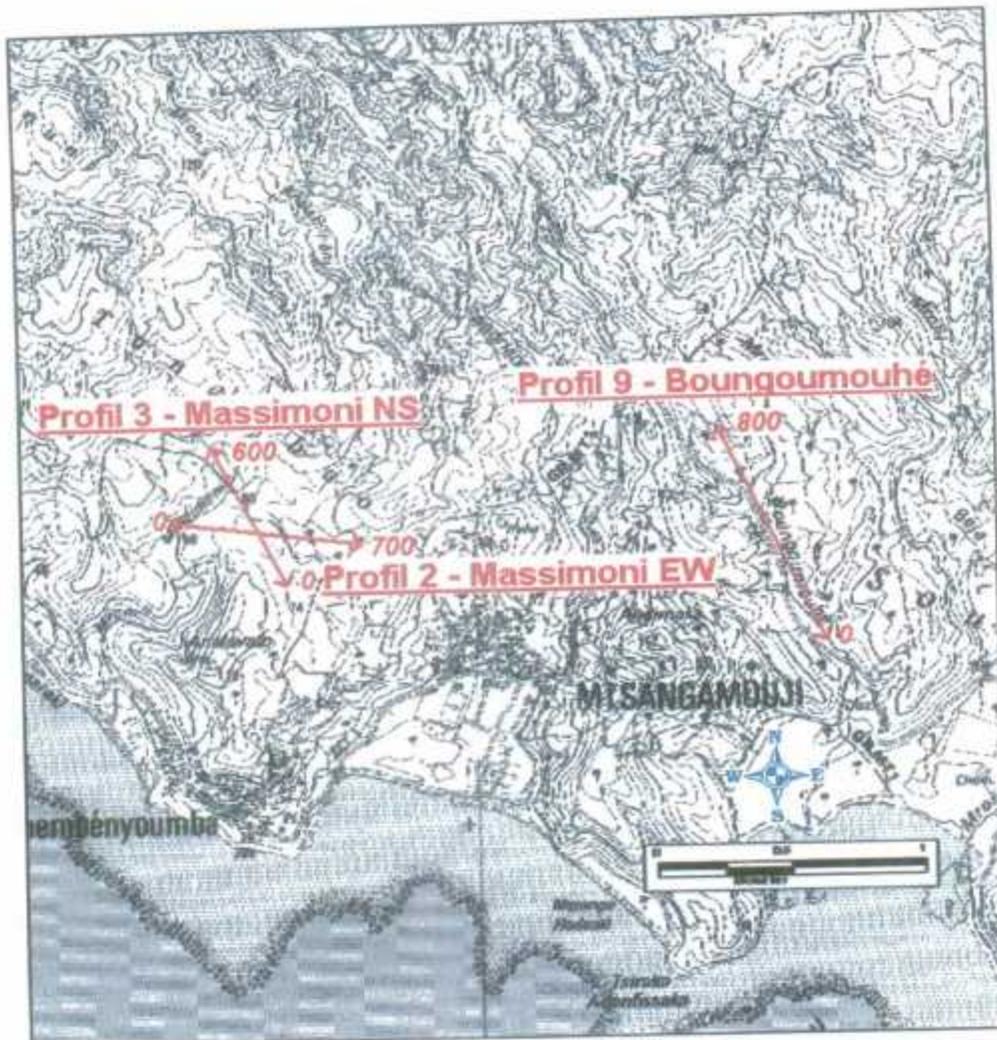


Fig. 19 - Site de Mitsangamouji (Ouest).

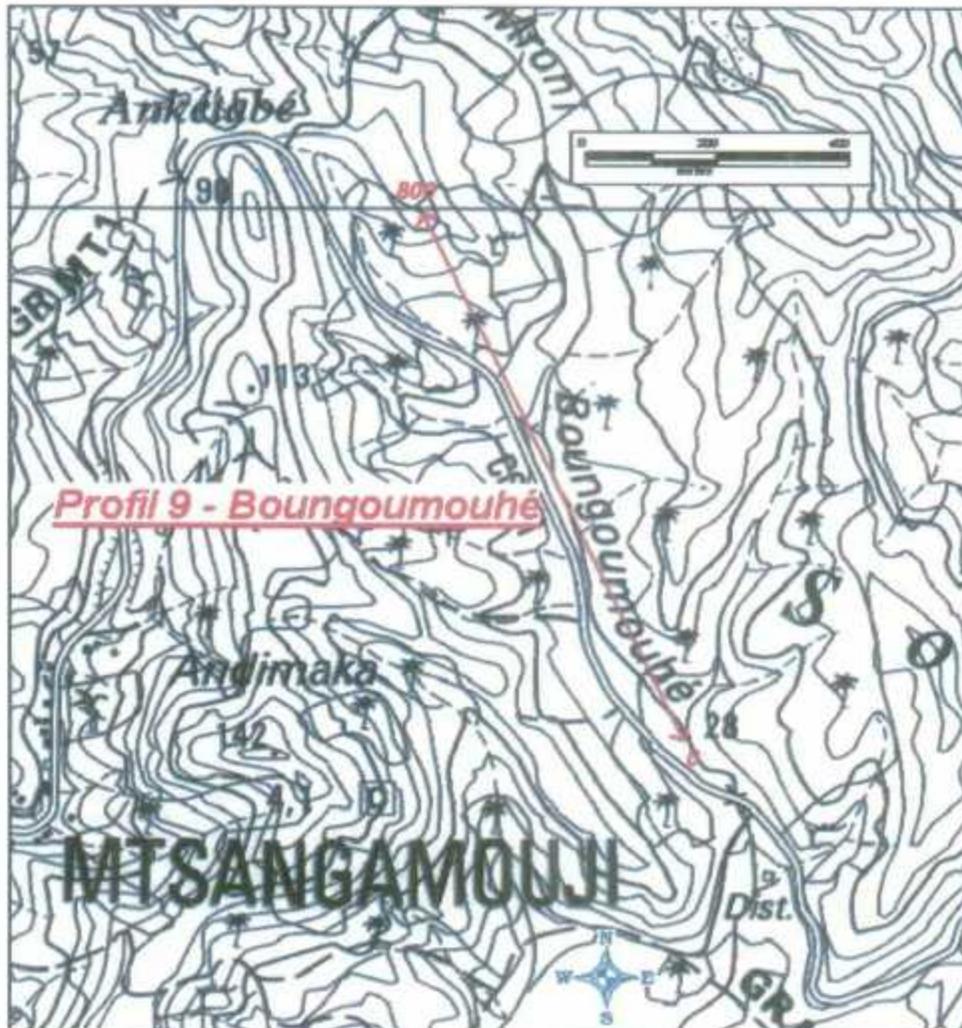


Fig. 11 - Site de Mtsangamouji. Panneau électrique de Boungoumouhé, profil 9.

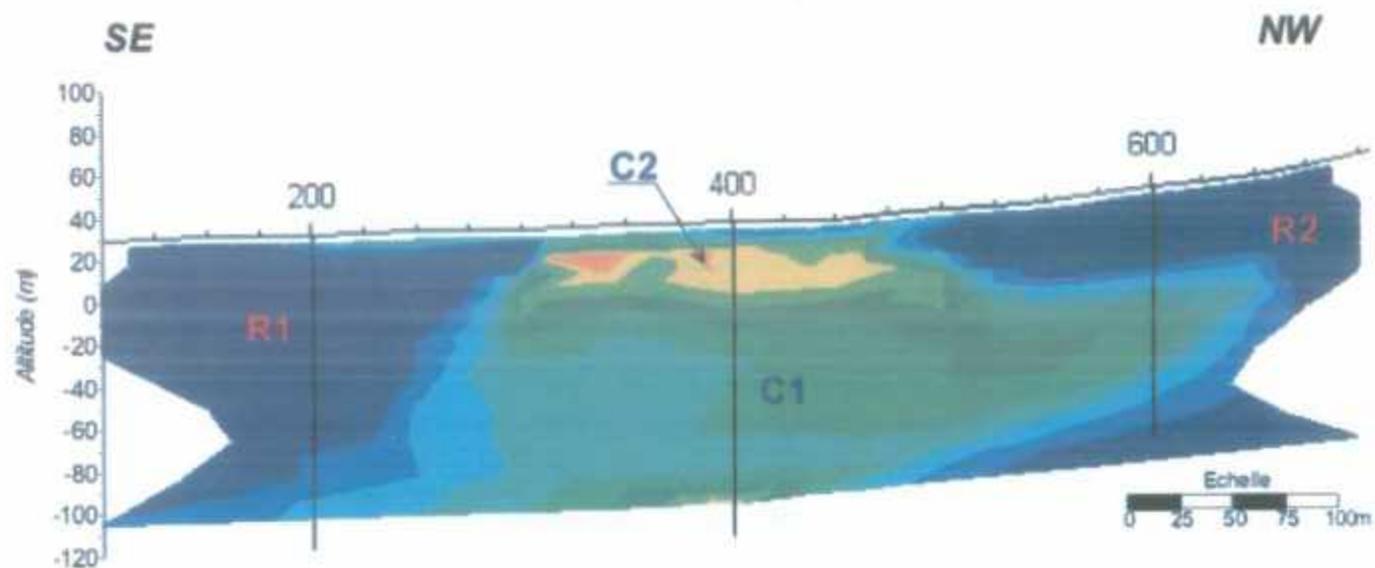
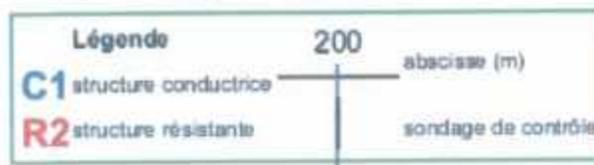


Figure 18 : MTSANGAMOUJI, Bougoumouhé, profil 9 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.



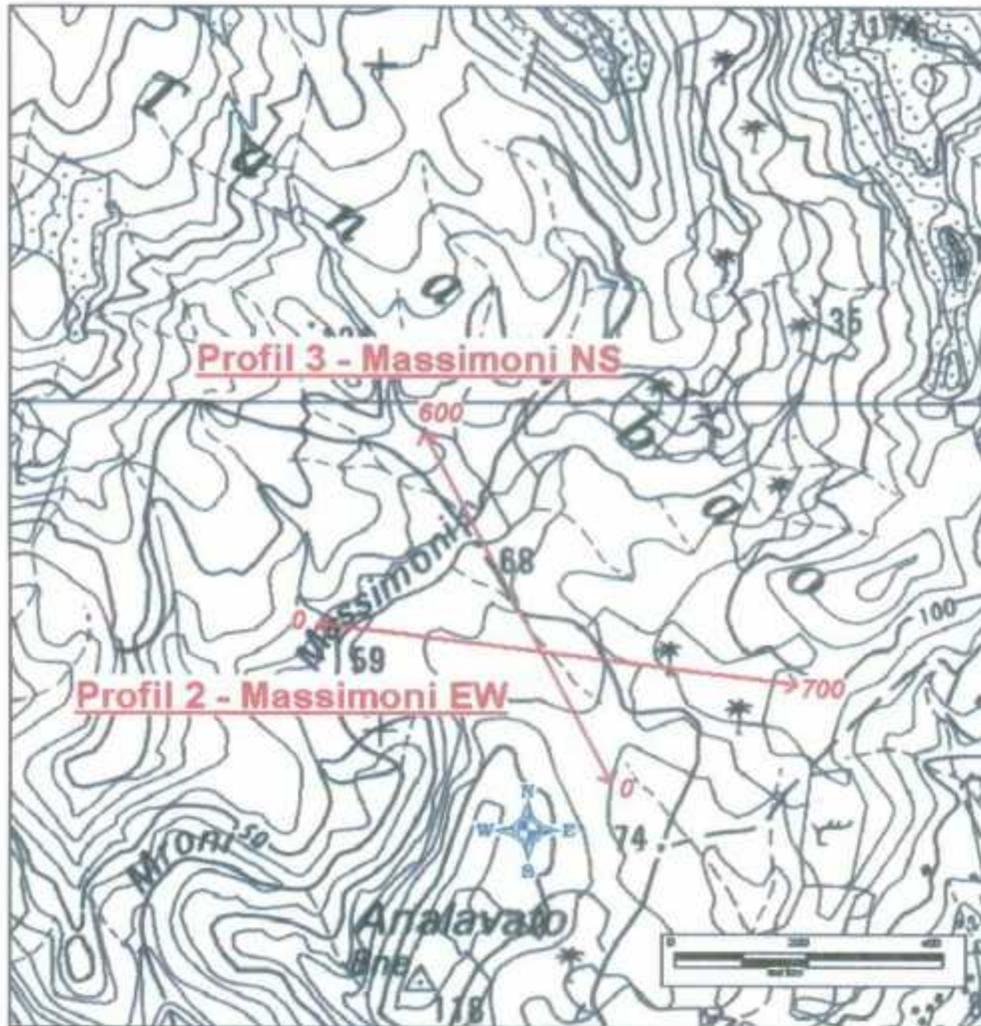


Fig. 20 - Site de Mtsangamouji. Panneaux électriques de Massimoni, profils 2 et 3.

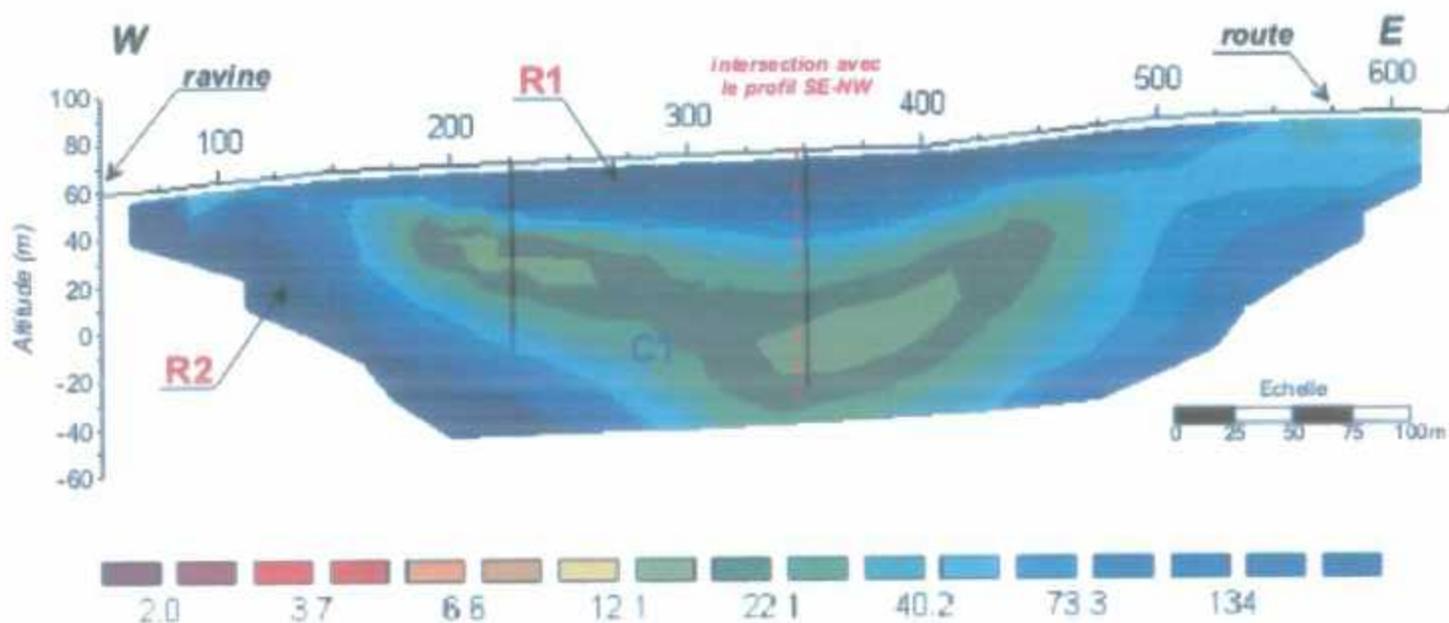
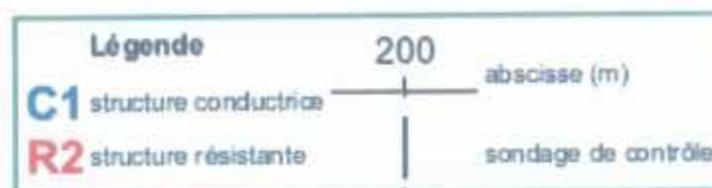


Fig. 21 - MTSANGAMOUJI, Massimoni Est-Ouest, profil 2 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.



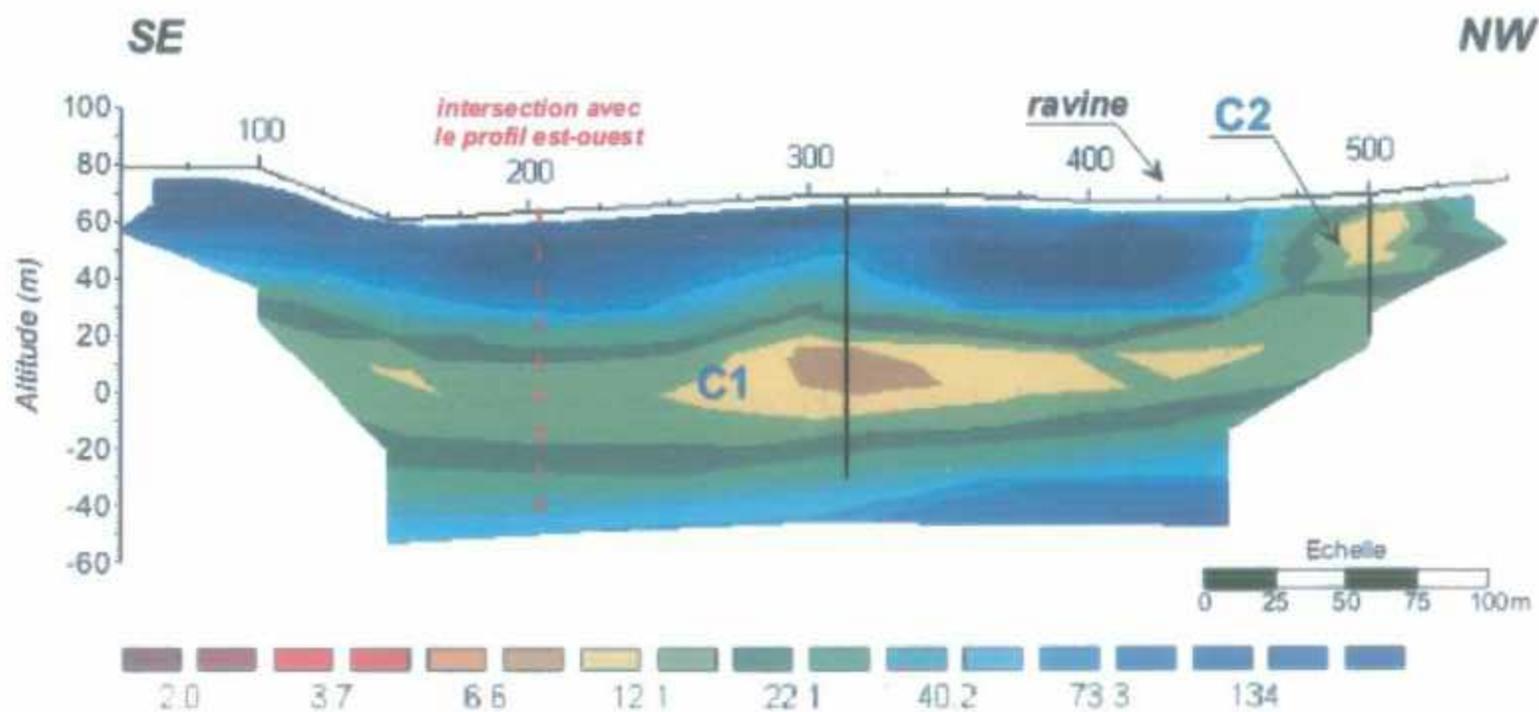
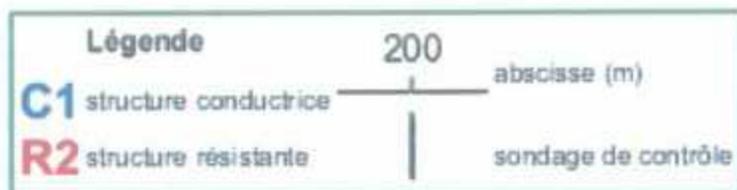


Fig. 22 - MTSANGAMOULI, Massimoni SE-NW, profil 3 - Profil dipôle-dipôle $D=25$ et $50m$
Coupe de résistivité inversée.



3.4. Site de Bouyouni (fig. 23)

3.4.1. Secteur de Bouyouni , profil 6 (fig. 24 et 25)

Un niveau conducteur C1 (6 à 20 Ohm.m) s'étend tout le long de la coupe de résistivité (fig. 25). Epais de 20 à 50m et subaffleurant sur l'extrémité sud du profil, cet horizon est surmonté par des ensembles plus résistants et superficiels (R1, R2 et R3, 40 à 150 Ohm.m). Aucune de ces structures n'a pu être identifiée faute d'affleurement.

Le conducteur C1 pourrait correspondre à des basaltes altérés/fissurés, à l'image du secteur de Mréréni. Dans cette hypothèse, on pourra contrôler la partie la plus conductrice de cet ensemble, entre les stations 200 et 225 par un forage long d'environ 100m.

Le résistants R4 (100 à 140 Ohm.m, toit à 50m de profondeur) pourrait correspondre à des basaltes plus sains. Dans cette hypothèse (cas Béja) il conviendra de tester le conducteur sous-jacent (30 à 40 Ohm.m) par un forage d'au moins 150m à l'aplomb de la station 475.

3.4.2. Secteur de Méresse, profil 7 (fig. 26 et 27)

L'horizon résistant (fig. 27) R1 (100 à plus de 150 Ohm.m, 35m d'épaisseur) correspond à des basaltes peu ou pas altérés vus à l'affleurement. Les résistants R2 et R3 présentent le même niveau de résistivité mais ne sont pas formellement identifiés.

Les basaltes reposent sur une unité conductrice C1 (10 à 40 Ohm.m) dont le toit à 40m sur la partie nord du profil s'approfondit à environ 100m sur la partie sud du profil. Ce schéma pourrait correspondre à un remplissage de fond de vallée par les basaltes. Cette structure conductrice constitue un objectif de type Béja. Un forage d'environ 80m de long entre les stations 400 et 500 permettra d'évaluer son potentiel aquifère.

Le conducteur C2 localisé sous le résistants R2 est de dimension plus réduite mais sa résistivité (15 à 30 Ohm.m) lui confère un intérêt non négligeable en termes de potentiel hydrogéologique. Il pourrait être contrôlé au même titre que C1, par un forage d'environ 60m à l'aplomb de la station 275.

Un forage au niveau des stations 150-175 permettra de reconnaître le substratum conducteur sous la structure résistante R2. Ce contrôle n'est cependant pas prioritaire car d'une part il est situé en bordure de la zone investiguée, d'autre part le forage devra être profond, au moins 120 à 150m.

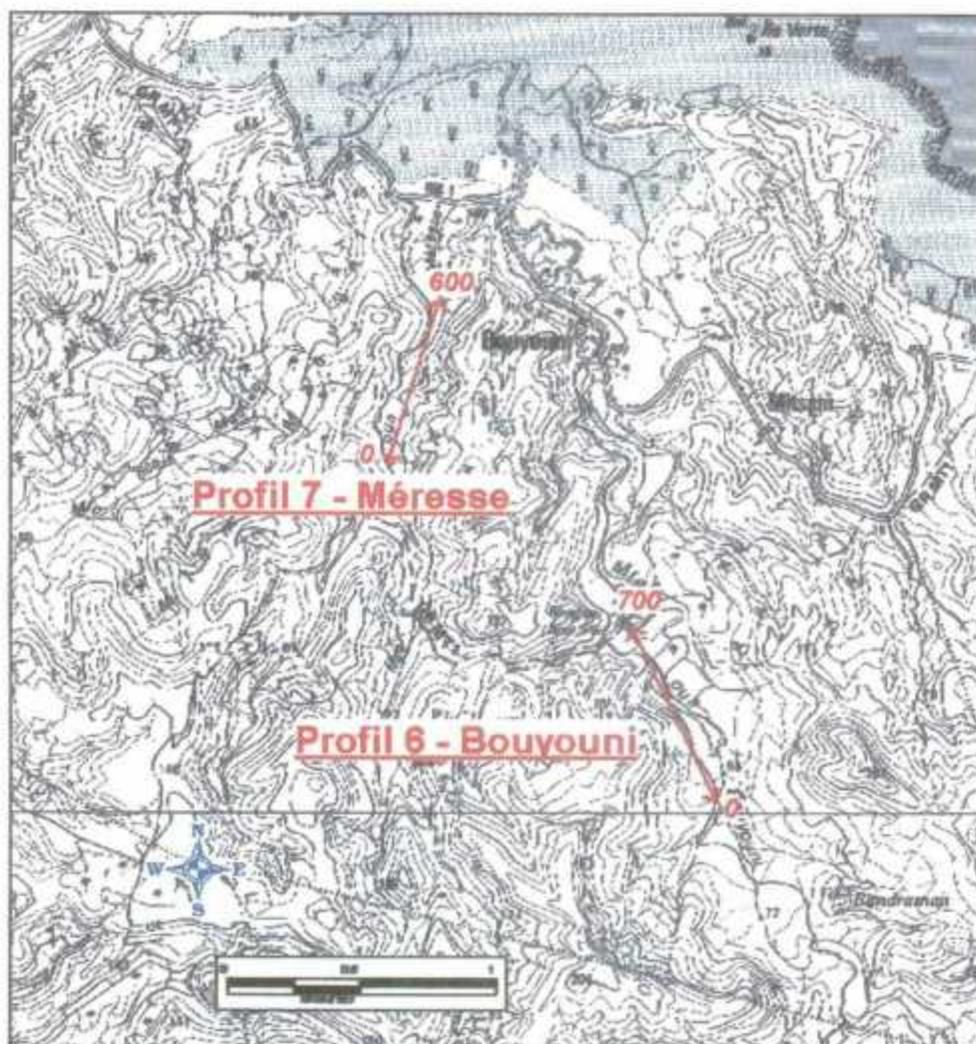


Fig. 23 - Site de Bouyouni.

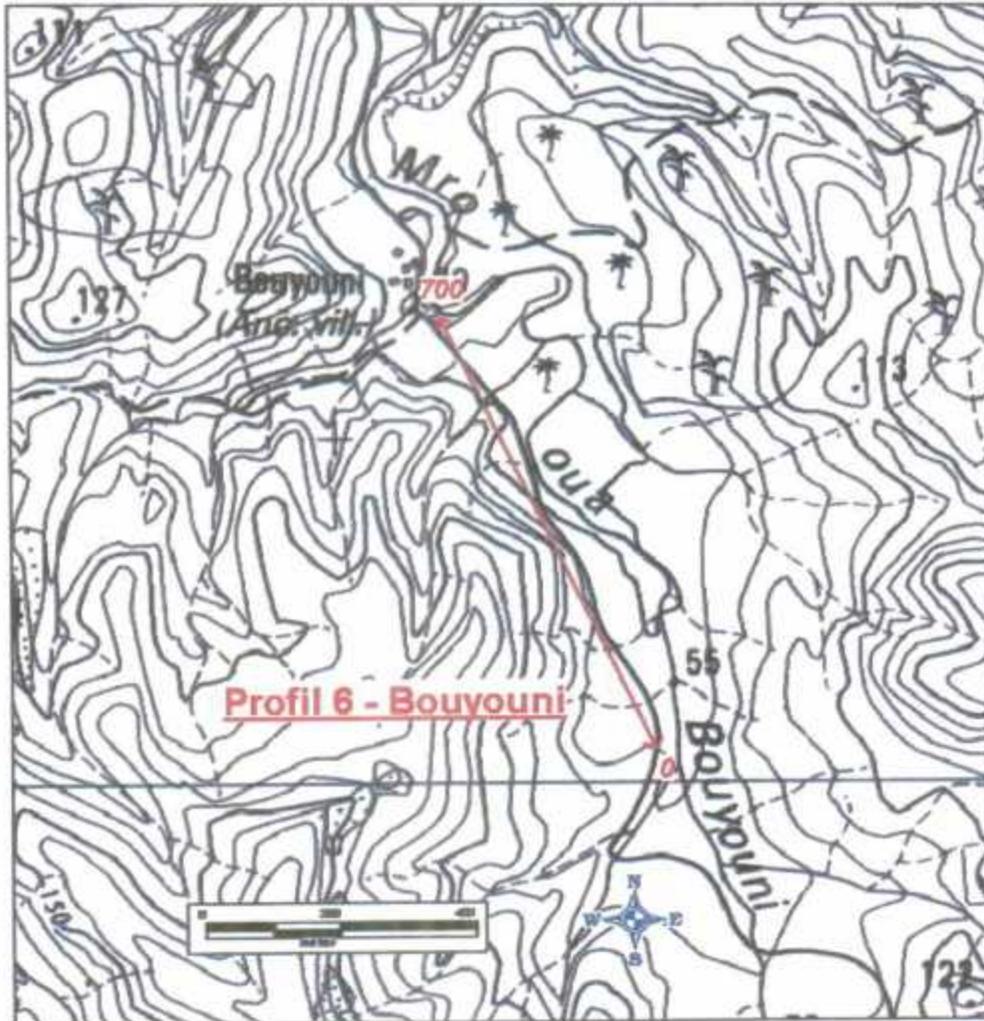


Fig. 26 - Site de Bouyouni. Panneau électrique de Bouyouni, profil 6.

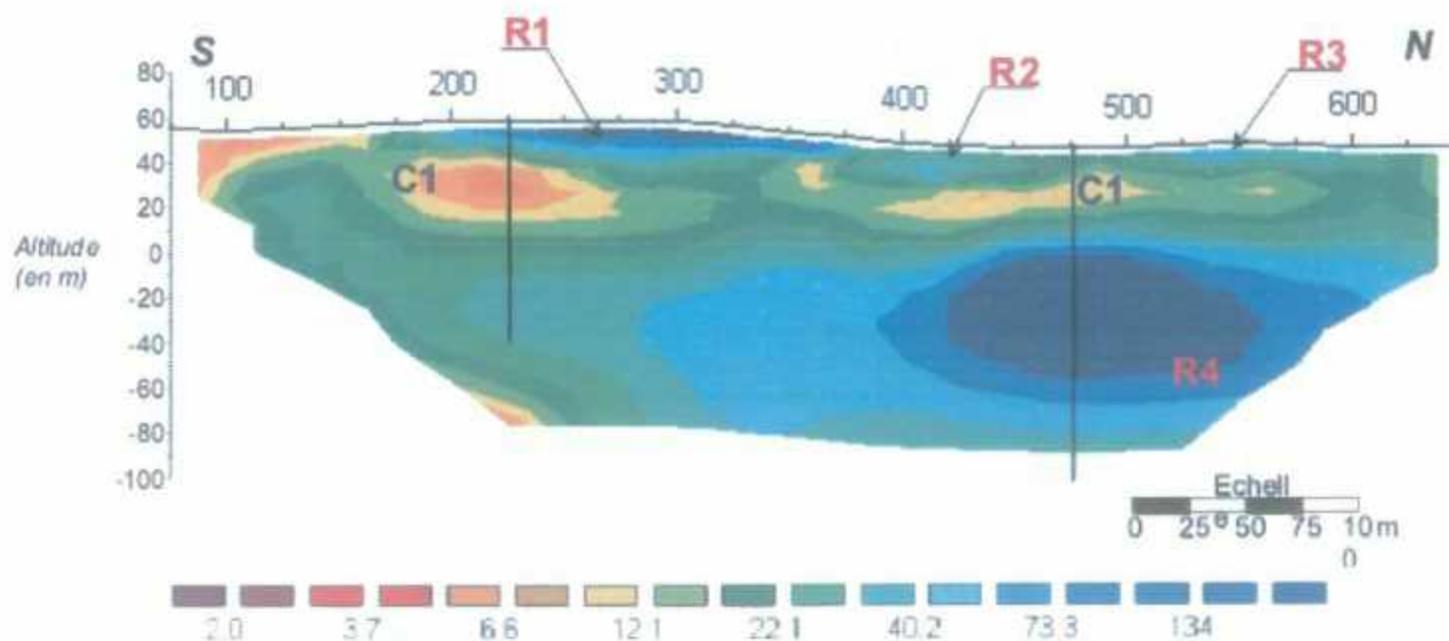
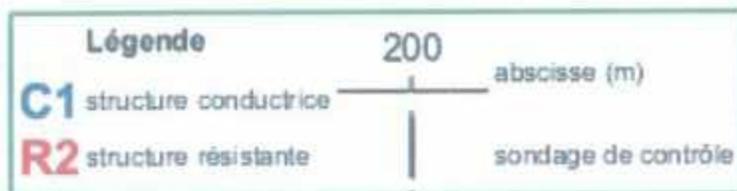


Figure 25 : BOUYOUNI, Bouyouni, profil 6 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.



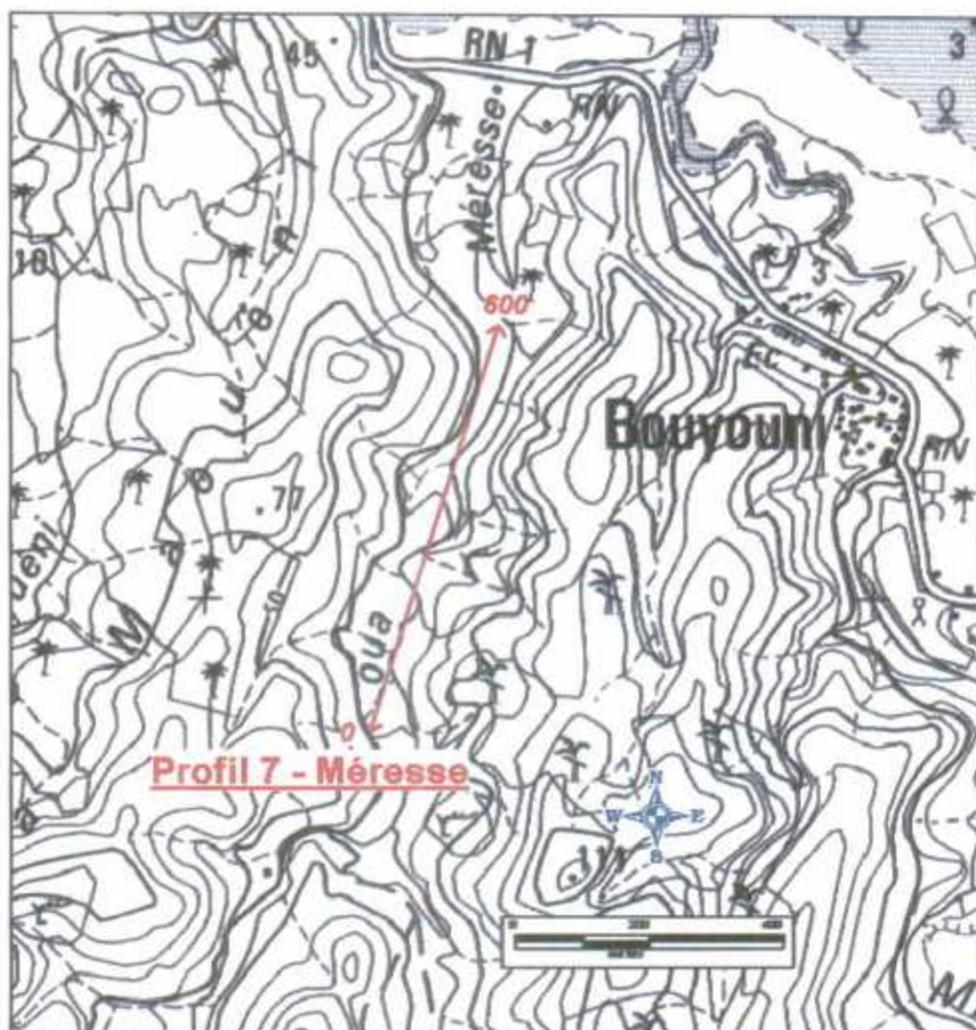


Fig. 26 - Site de Bouyouni. Panneau électrique de Méresse, profil 7.

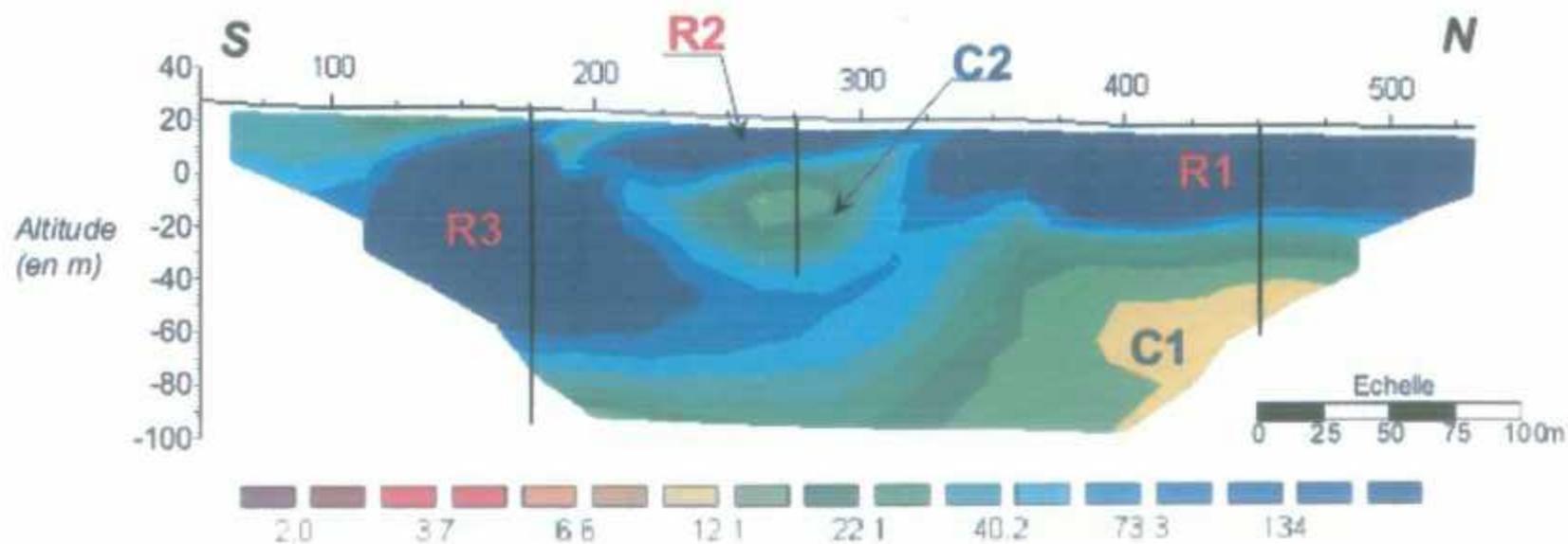
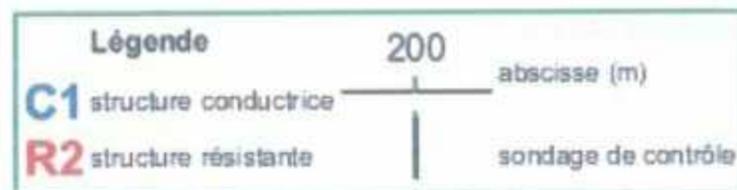


Figure 27 : BOUYOUNI, Méresse, profil 7 - Profil dipôle-dipôle $D= 25$ et $50m$
Coupe de résistivité inversée.



3.5. Site de Mtsapéré, secteur de Majlnbini, profil 10 (fig. 28 et 29)

La coupe de résistivité (fig. 28) met en évidence un niveau résistant (R1, 70-90 Ohm.m) présent tout le long du profil. Epais de 40 à 60m et plutôt homogène il est peu profond vers le SE (environ 20m) et s'approfondit vers le NW (jusqu'à 60m). Ce résistant pourrait correspondre à un basalte peu fissuré ou altéré.

Le niveau conducteur superficiel et affleurant C1 s'estompe progressivement vers le NE et disparaît au-delà de la station 200. Ce conducteur a été identifié au niveau de la station 400, il s'agit d'un basalte altéré en boules. Néanmoins le niveau de résistivité est de 20 à 40 Ohm.m correspondant aux résistivités des zones productrices reconnues par ailleurs. Dans l'hypothèse où cet horizon pourrait renfermer des ressources en eau, on peut envisager une reconnaissance par forage dans la partie la plus épaisse du conducteur, entre les stations 500 et 600 et d'une profondeur d'au moins 60m.

Le conducteur C2 est plus profond (tout vers 100m de profondeur) et présente des caractéristiques électriques (20 à 40 Ohm.m) et un positionnement géométrique (surmonté par un résistant plus épais) identiques à ceux de la zone productrice recoupée sur le secteur de Béja par le forage F1. De ce fait il constitue une cible majeure et devra être contrôlé par un forage (entre les stations 200 à 300) d'au moins 100 à 150m de profondeur.

Les propositions de forages de contrôle sont résumées dans le tableau 2.

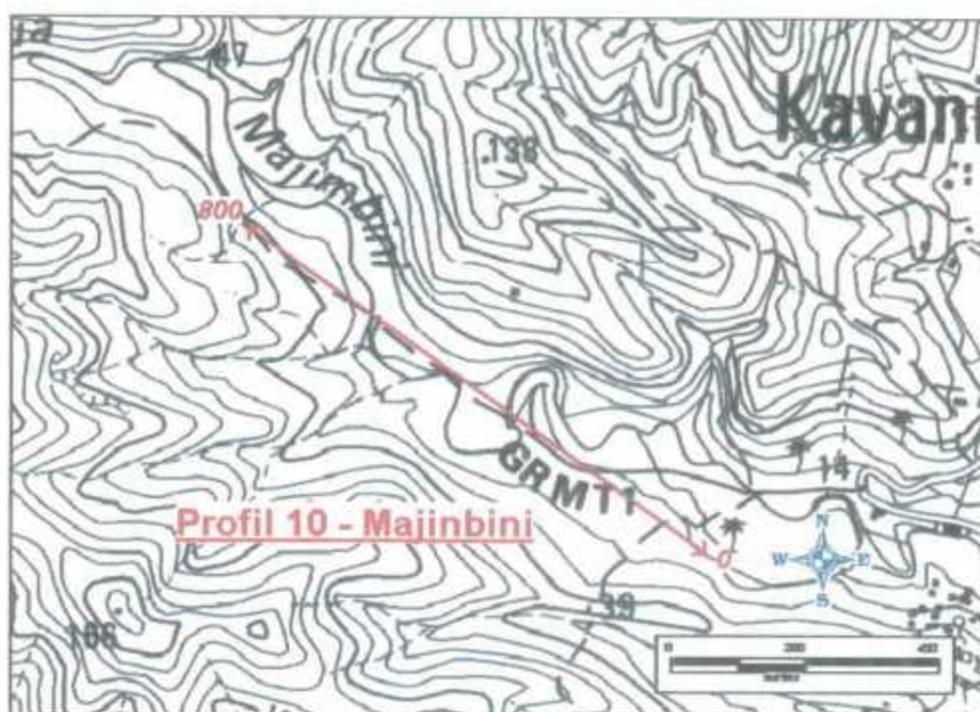


Fig. 28 - Site de Mitsapéré et panneau électrique de Majinbini, profil 10.

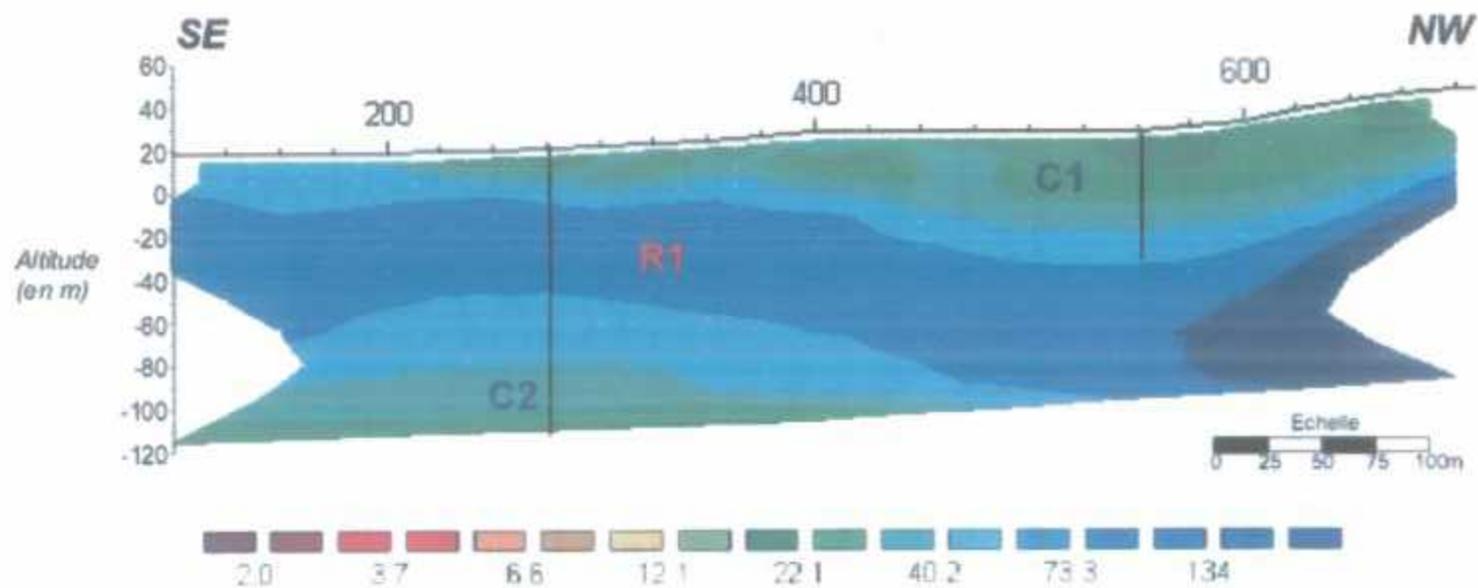
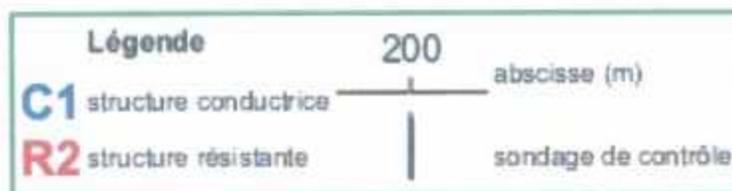


Figure 29 : MTSAPERE, Majinini, profil 10 - Profil dipôle-dipôle D= 25 et 50m
Coupe de résistivité inversée.



Conclusion

Les panneaux électriques de calibrage effectués sur les secteurs de Béja et Mréréni Bé amènent les observations suivantes :

- d'un site à l'autre le niveau de résistivité peut être très différent et les contrastes plus ou moins marqués,
- la résistivité des basaltes varie fortement en fonction du degré d'altération et/ou de fissuration : de 4 Ohm.m pour un basalte très altéré/fissuré (Mréréni Bé, forage 2) à 140 Ohm.m pour un basalte peu ou pas altéré/fissuré (Béja, forage 2),
- les zones productrices en eau sont situées dans les zones conductrices avec des résistivités inférieures à 50 Ohm.m, mais toutes les zones conductrices ne sont pas productrices en eau (forage 1 Mréréni Bé).

Par extrapolation, ces résultats ont permis d'identifier sur les différents secteurs explorés des zones similaires en termes de propriétés géoélectriques qui chacune constitue une cible hydrogéologique potentielle et qui pourront être l'objet d'un contrôle par forage.

Les propositions de forages de contrôle sont résumées dans le tableau 2.

Zone	Lieu	n° profil	station	Profondeur (m)
Bandrélé	<i>Dagoni</i>	4	200	120 à 150
			400	120 à 150
			325-350	60
	<i>Mouhou</i>	5	475	60
			650	150
250			150	
Poroani	<i>Saeva</i>	11	225	70 à 80
			275-300	70 à 80
			400	70 à 80
	<i>Mroni Bé</i>	8	150	80 à 100
			250-275	50
375-400			100	
Mtsangamouji	<i>Boungoumouhé</i>	9	600	120
			400	150
			200	150 à 180
	<i>Massimoni est-ouest</i>	2	225	80
			250	> 100
	<i>Massimoni nord- sud</i>	3	300-325	100
500			50	
Bouyouni	<i>Bouyouni</i>	6	200-225	100
			475	> 150
	<i>Méresse</i>	7	400-500	80
			275	60
			150-175	120 à 150
Mtsapéré	<i>Majinbini</i>	10	500-600	> 60
			200-300	100 à 150

Tabl. 2 – Propositions de forages de contrôle.

Ces recommandations s'appuient sur des arguments purement géophysiques. D'autres arguments ou contraintes (résultats de la campagne radon, contexte hydrogéologique, accessibilité) permettront de définir un ordre de priorité des différentes propositions et d'évaluer leur pertinence.

Annexe 4

Données antérieures

Figure A4.1. Site de Bouyouni - Coupe lithologique et technique du forage de Dzoumonyé (1230-2X-0017)

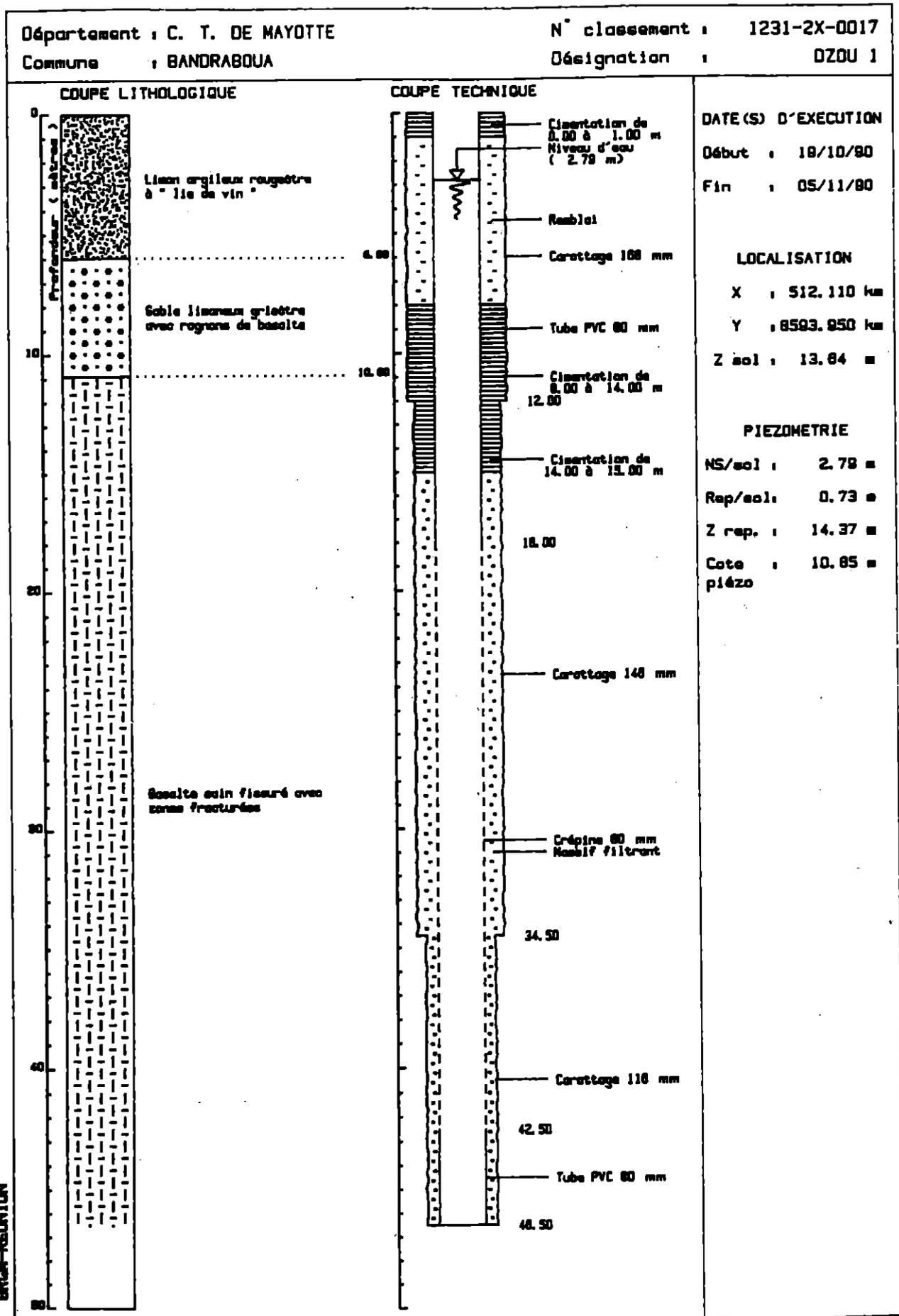


Figure A4.2. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mtsangamouji, a. (1230-6X-0011), b. (1230-6X-0016) et c. (1230-6X-0017)

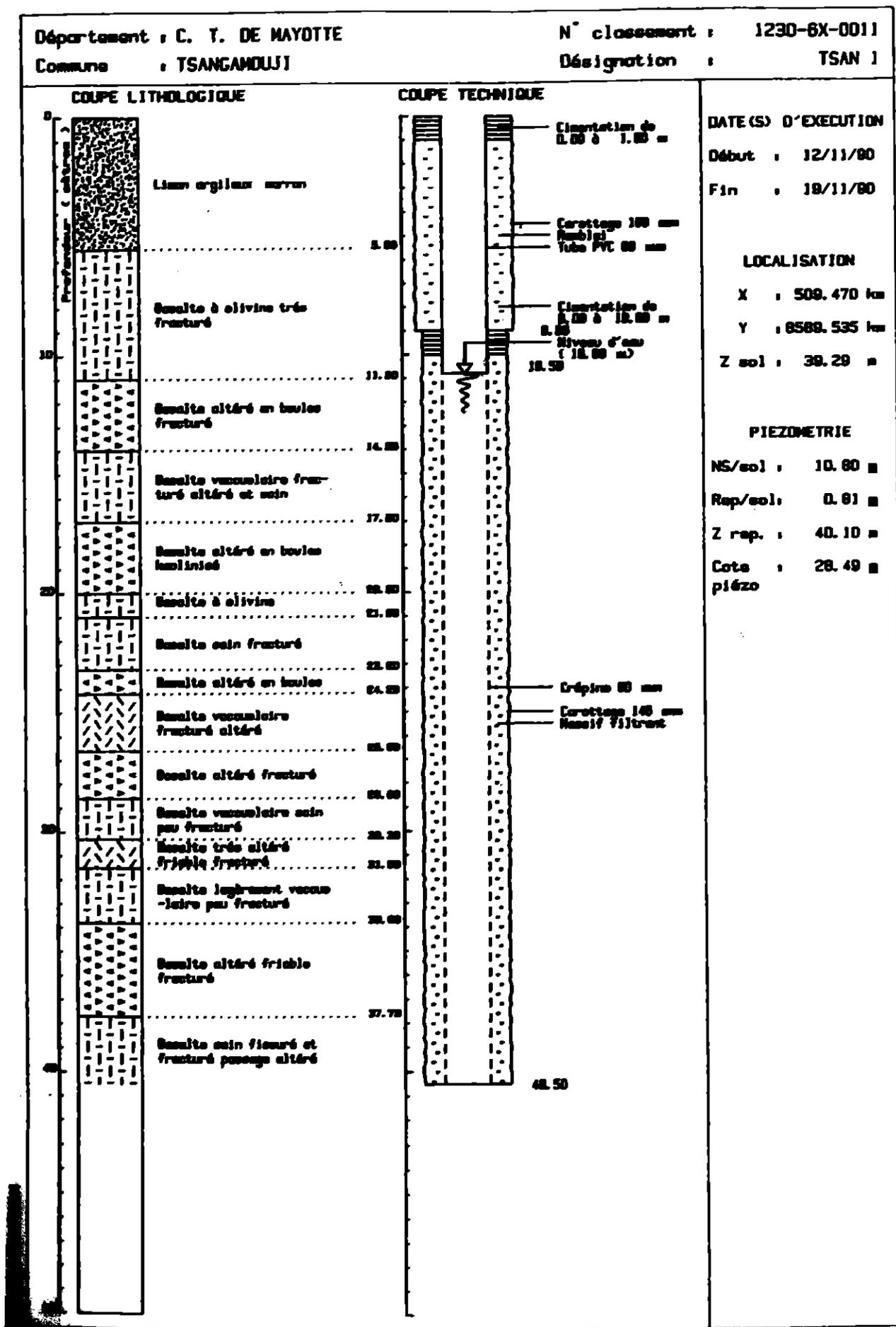


Figure A4.2. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mtsangamouji, a. (1230-6X-0011), b. (1230-6X-0016) et c. (1230-6X-0017)

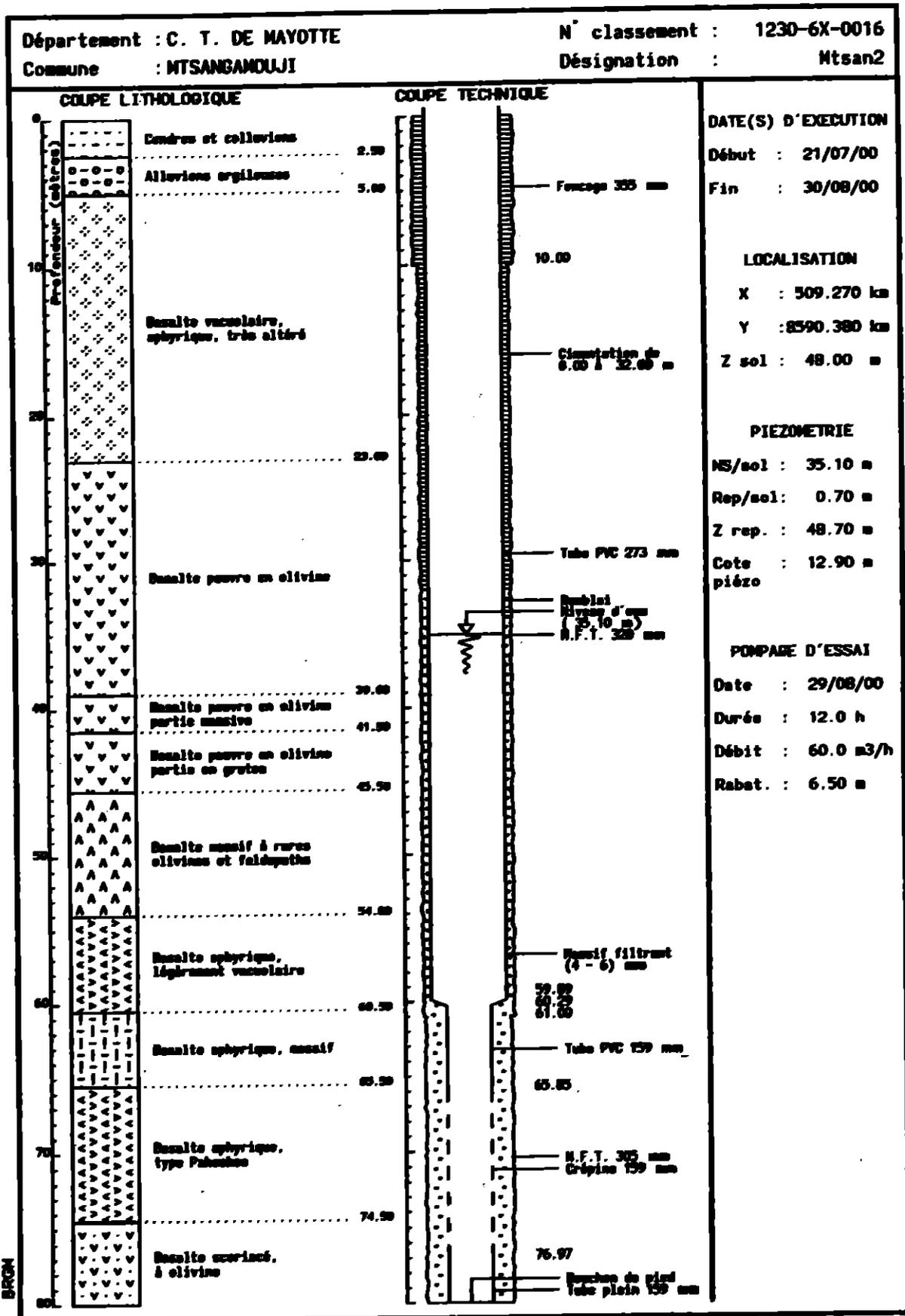


Figure A4.2. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mtsangamouji, a. (1230-6X-0011), b. (1230-6X-0016) et c. (1230-6X-0017)

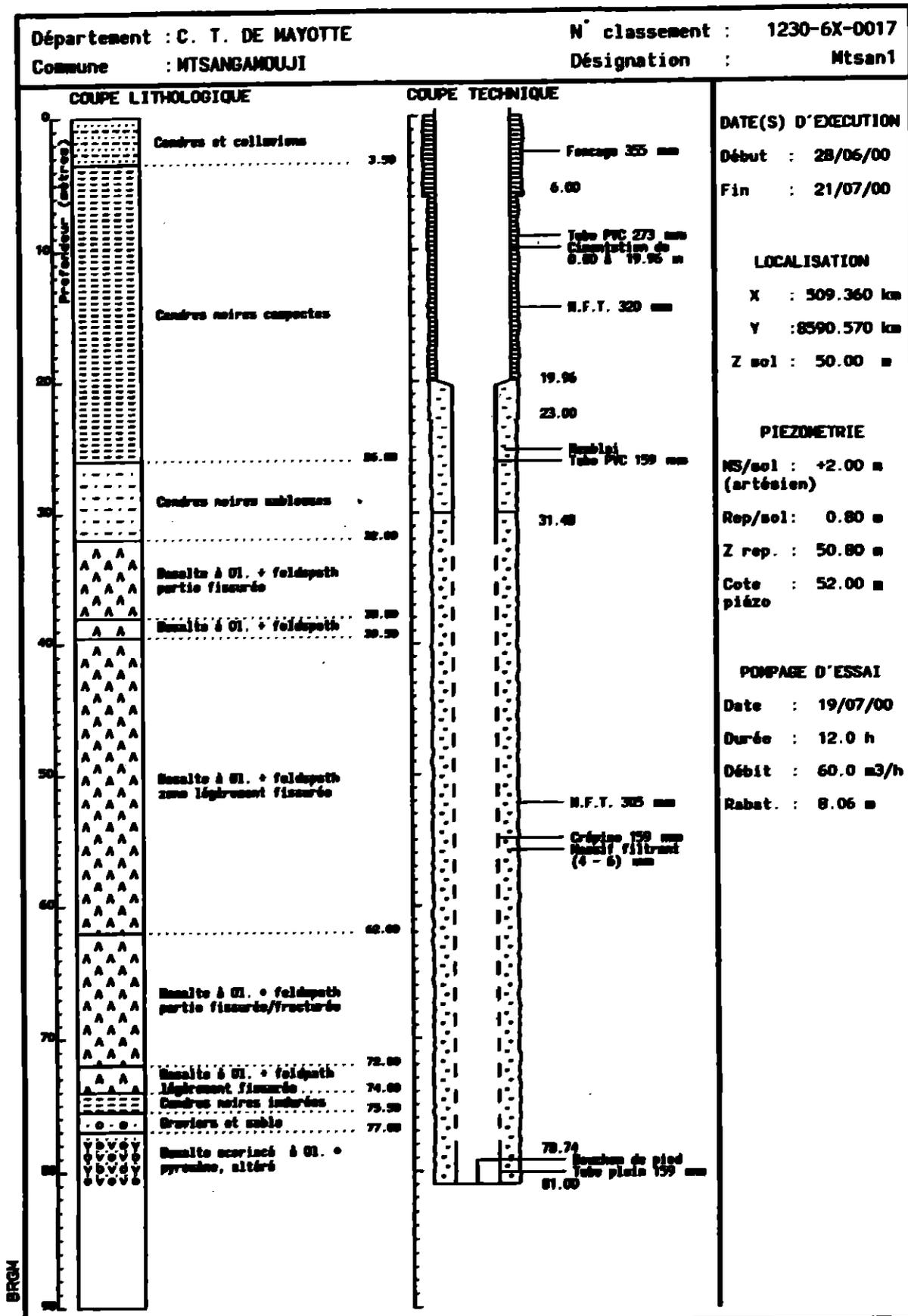


Figure A4.3. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Béja a. (1230-6X-0014) et b. (1230-6X-0015)

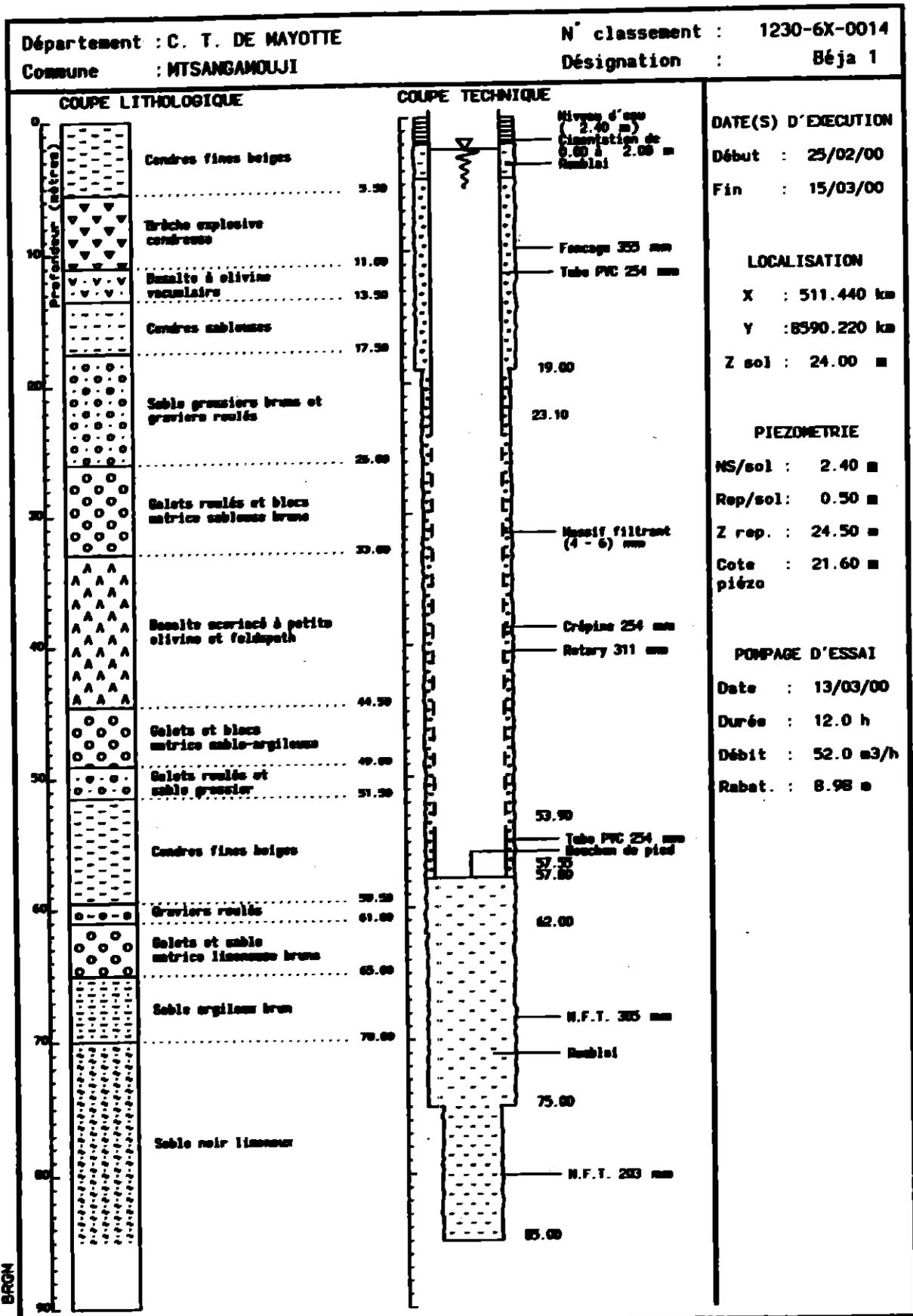


Figure A4.3. Site de Mtsangamouji - Coupes lithologiques et techniques des forages de Béja a. (1230-6X-0014) et b. (1230-6X-0015)

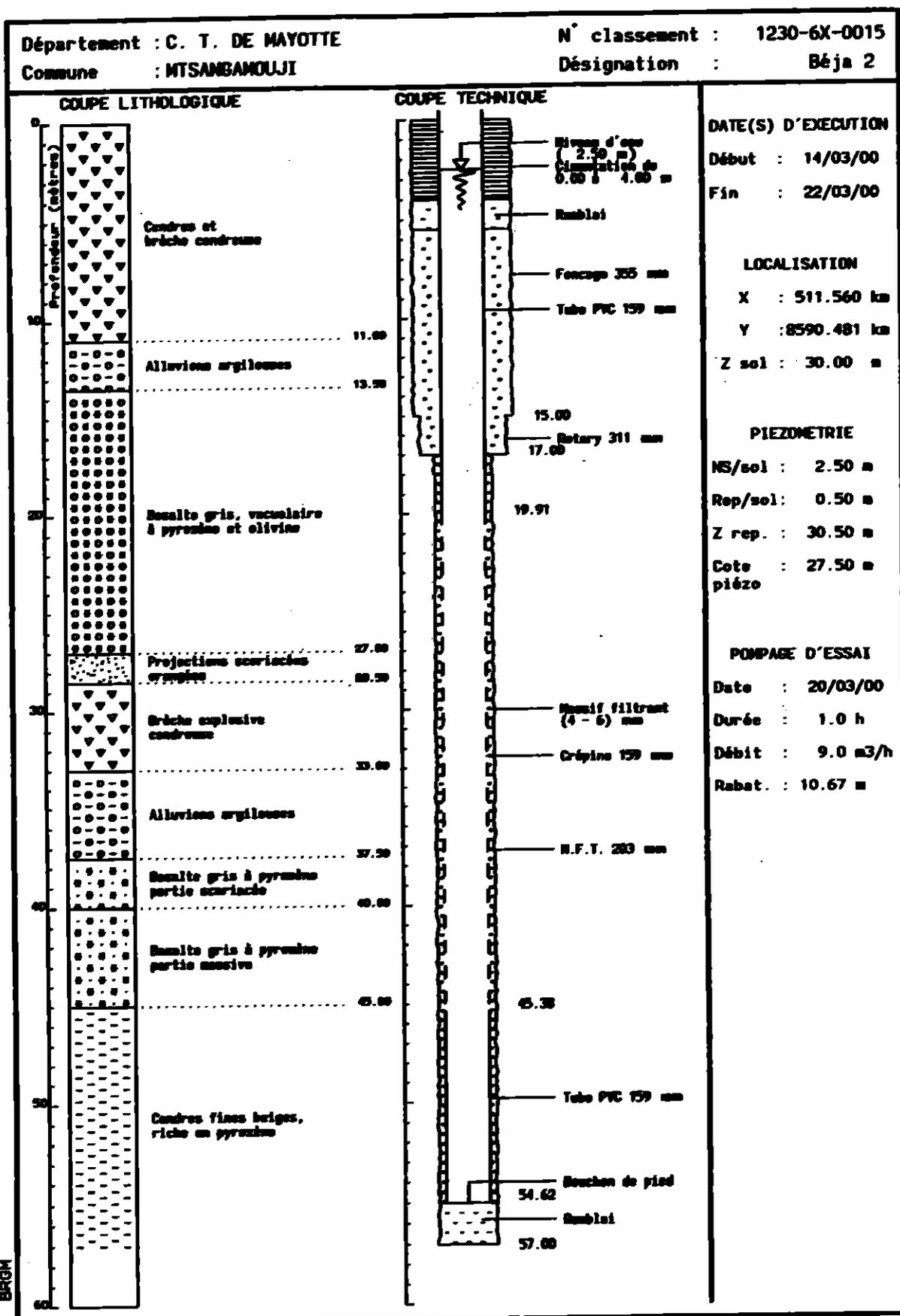


Figure A4.4. Site de Poroani - Coupes lithologique et technique du forage de Poroani (1231-2X-0032)

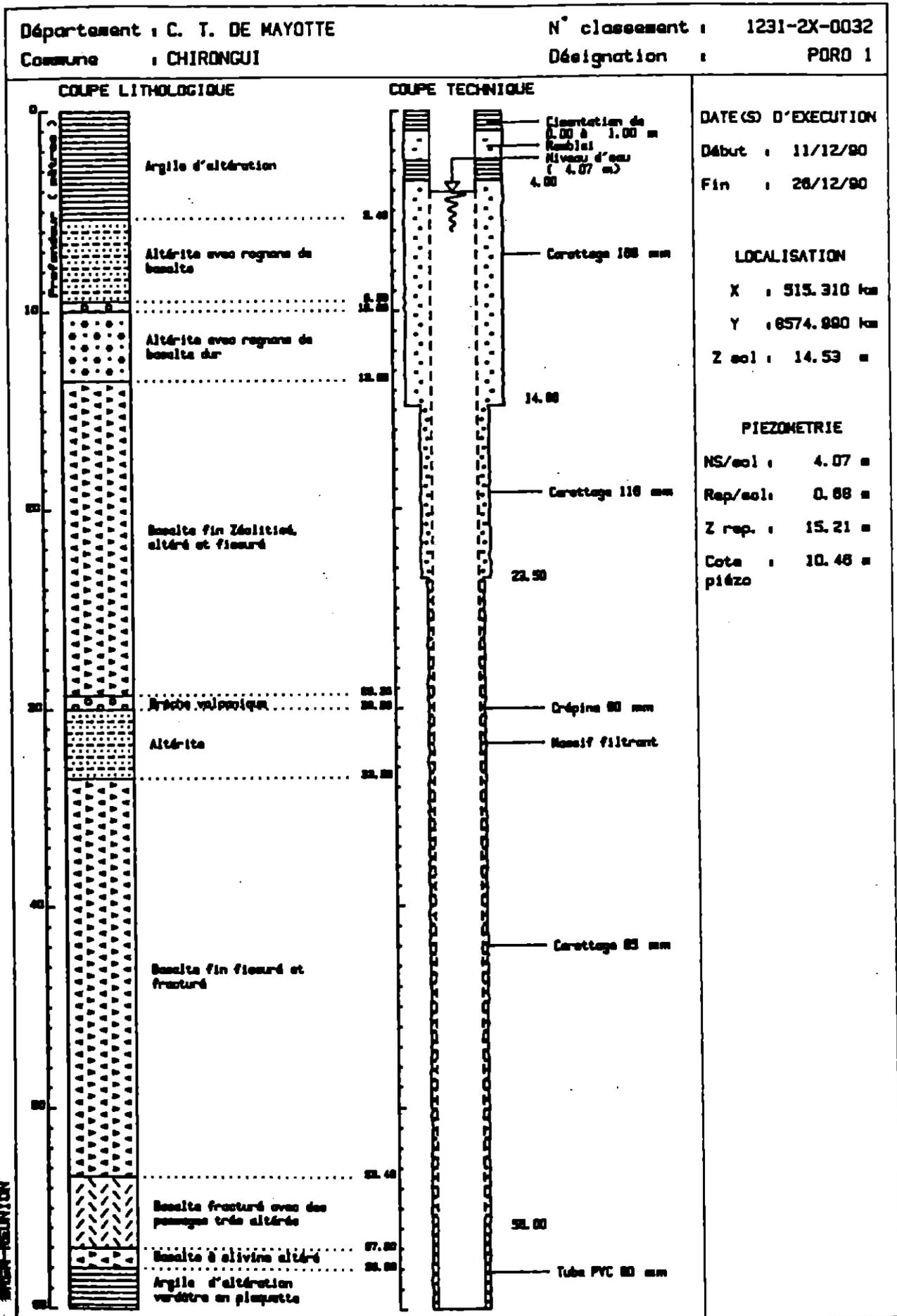


Figure A4.5. Site de Poroani - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mréréni a. (1231-2x-0033) et b. (1231-2X-0034) et c. (1231-2X-0035)

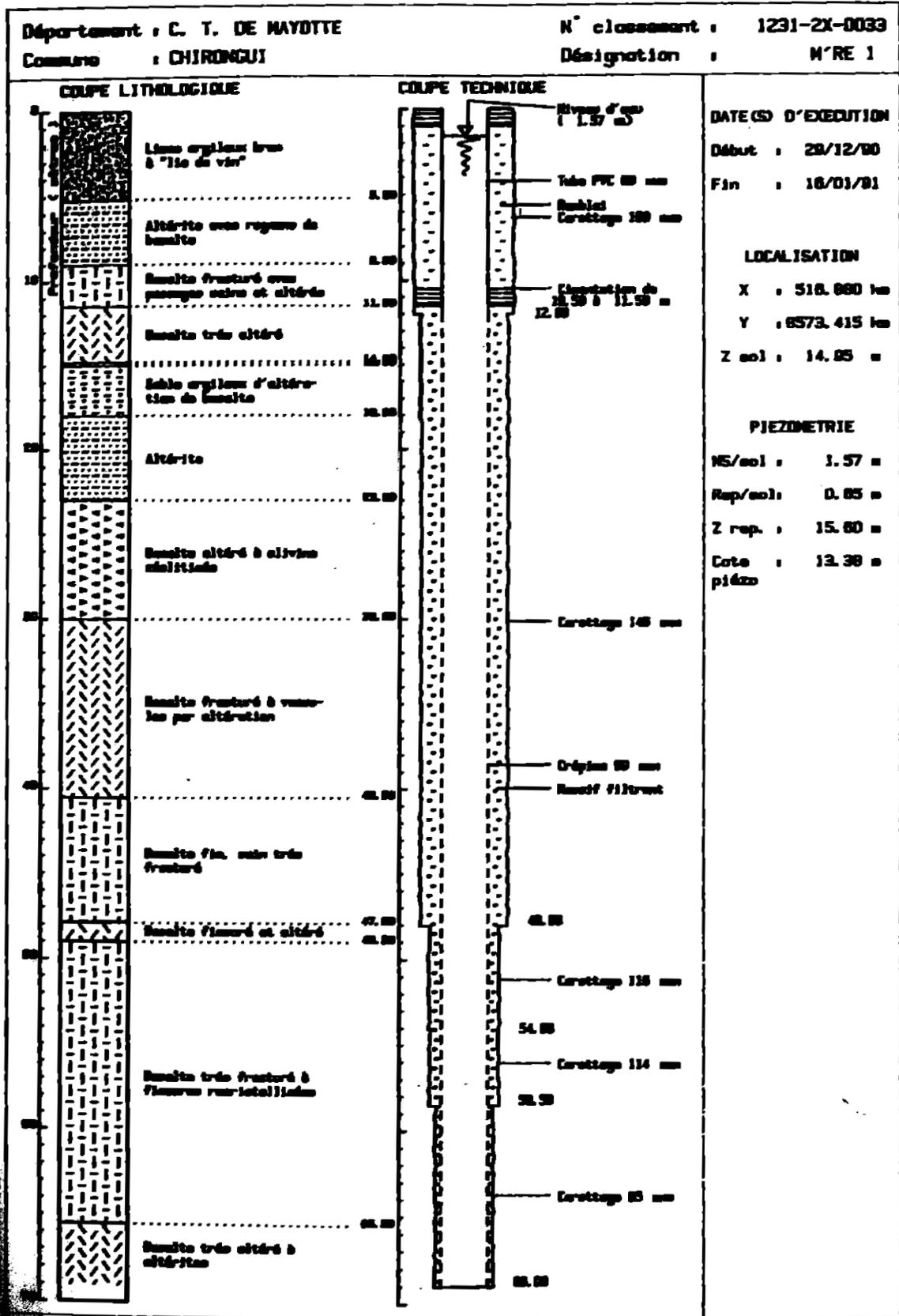


Figure A4.5. Site de Poroani - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mréréni a. (1231-2x-0033) et b. (1231-2X-0034) et c. (1231-2X-0035)

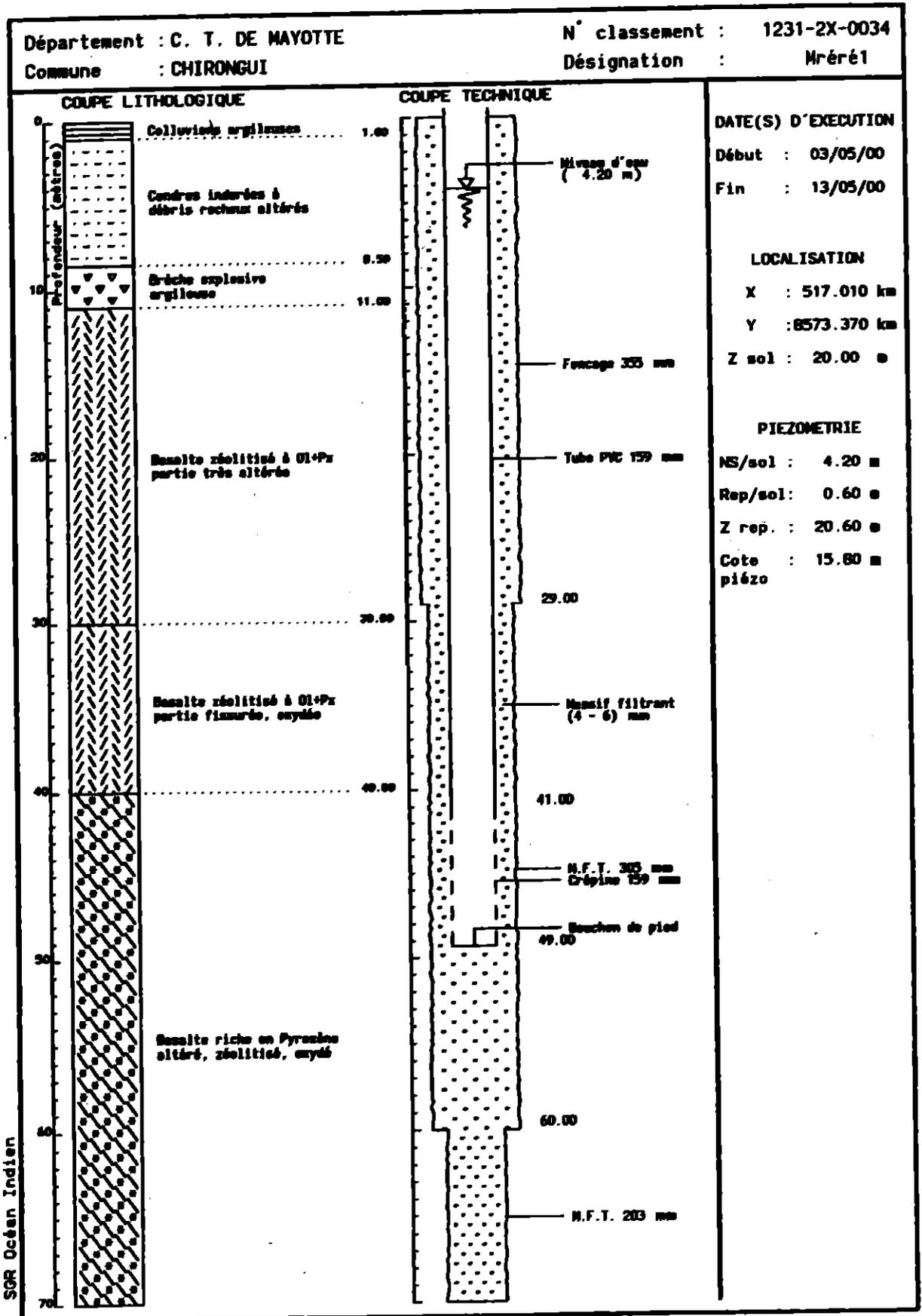
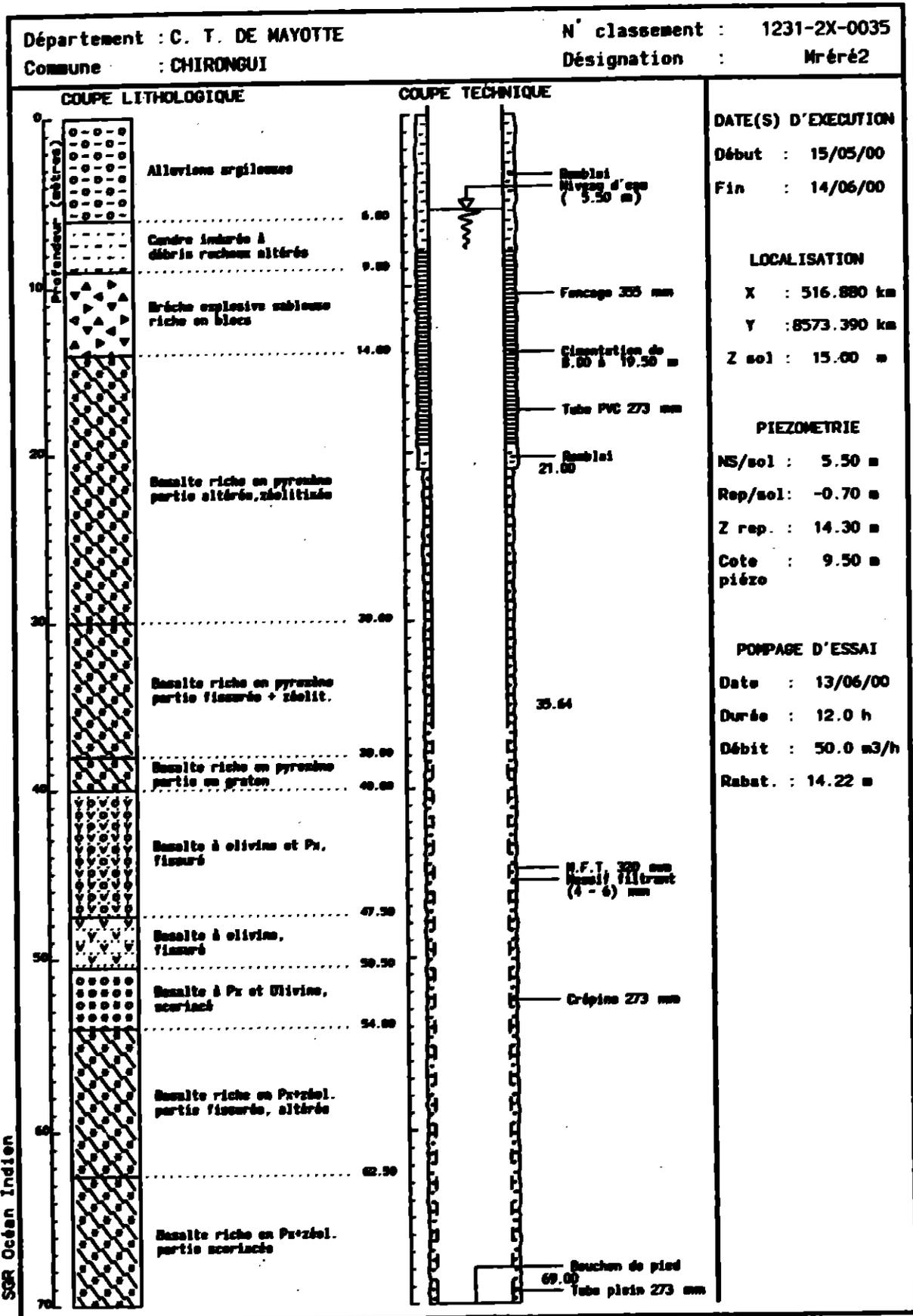


Figure A4.5. Site de Poroani - Coupes lithologiques et techniques des forages de Mréréni a. (1231-2x-0033) et b. (1231-2X-0034) et c. (1231-2X-0035)



SGR Océan Indien