



**BRGM SERVICE PUBLIC
CONSEIL REGIONAL DE LA MARTINIQUE**

**CONVENTION DE RECHERCHE
BRGM - REGION MARTINIQUE 1989-1993**

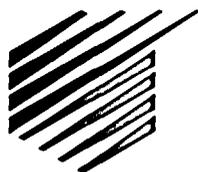
évaluation des ressources en eau souterraine du nord-atlantique de la Martinique

**mise en oeuvre expérimentale de la méthode de prospection
par émanométrie du radon au sein des gaz du sol dans
le cas de formations volcaniques altérées
analyse des potentialités hydrogéologiques dans les secteurs
du Gros Morne - Vert Pré et du Lorrain**

P. Lachassagne et D. Pierlot

Contrôle qualité C. Bouchet

**décembre 1993
R 37846 ANT 4S 93**



Ministère de l'Industrie,
des Postes et Télécommunications
et du Commerce extérieur

Étude réalisée dans le cadre des
actions de Service public du BRGM

Unité :

Responsable :

N° du rapport :

QUESTIONNAIRE CLIENT

Merci de répondre à ce questionnaire destiné à améliorer la qualité de nos prestations et de le retourner à l'adresse suivante :

BRGM
Délégation à la qualité - BP 6009
45060 - ORLEANS CEDEX 02

<i>VOTRE AVIS</i>					
	<i>4 - Excellent</i>	<i>3 - bon</i>	<i>2 - moyen</i>		
	<i>1 - insuffisant</i>	<i>0 - sans objet</i>			
	4	3	2	1	0
Présentation générale du rapport					
Mise en évidence des informations essentielles					
Démarche conduisant aux conclusions					
Présentation des résultats chiffrés (mesures, essais, analyses...)					
Autres critères					
-					
-					
-					

ORIGINE DE LA REPONSE

Organisme :

Nom :

Evaluation des ressources en eau souterraine du nord-atlantique de la Martinique

Mise en oeuvre expérimentale de la méthode de prospection par émanométrie du radon au sein des gaz du sol dans le cas de formations volcaniques altérées - Analyse des potentialités hydrogéologiques dans les secteurs du Gros Morne - Vert Pré et du Lorrain

R 37846 ANT 4S 93

DECEMBRE 1993

RESUME

Des travaux d'évaluation des ressources en eau souterraine du nord-atlantique de la Martinique ont été mis en oeuvre dans le cadre de la convention de recherche BRGM - Région Martinique 1989 - 1993 par l'Agence régionale des Antilles du BRGM.

La deuxième phase de ce volet d'investigations avait pour objectif de tester les possibilités d'extension du domaine d'utilisation de la méthode de prospection par émanométrie du radon au sein des gaz du sol à ce secteur de la Région. Cette méthodologie a en effet déjà été employée avec succès ailleurs en Martinique pour la localisation des zones fracturées au sein desquelles peuvent être implantés des forages d'exploitation. Elle n'avait cependant pas été validée dans le contexte climatique et géologique très particulier de la côte au vent, caractérisé entre autres par l'importance de l'altération des formations en place.

Deux campagnes de prospection hydrogéologique par émanométrie du radon au sein des gaz du sol ont donc été mises en oeuvre à titre expérimental dans deux secteurs du nord-atlantique de la Martinique. Les deux sites étudiés sont situés respectivement dans les vallées de la rivière Petite Lézarde (secteur Gros Morne - Vert Pré) et de la rivière Grande Anse (quartier Macédoine - commune du Lorrain). Ils ont été retenus d'une part sur des critères d'ordre hydrogéologique et d'intérêt de l'expérimentation et d'autre part, en fonction des besoins pour l'alimentation en eau potable exprimés par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt pour les années à venir.

L'interprétation des données acquises permet d'ores et déjà de considérer de manière très favorable, malgré l'absence de sondage de validation, la faisabilité d'étendre le domaine de validité d'emploi de cette méthode de prospection au contexte géologique et climatique de la côte au vent de la Martinique. Par ailleurs, les informations d'ordre hydrogéologique acquises à grande échelle à l'occasion de ces expérimentations confirment et renforcent les conclusions des travaux de première phase, menés à plus petite échelle, qui militent en faveur de l'existence de ressources en eau souterraine d'importance dans le nord-atlantique de la Région.

**par P. Lachassagne et D. Pierlot
Contrôle qualité C. Bouchet**

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION

- 1.1. Présentation générale des travaux de recherche menés dans le cadre de la convention
- 1.2. Localisation et critères de sélection des sites retenus pour les études méthodologiques à grande échelle

2. PRESENTATION DE LA METHODE DE PROSPECTION PAR EMANOMETRIE DU RADON AU SEIN DES GAZ DU SOL

- 2.1. Intégration de la méthode de prospection radon dans le déroulement d'une campagne de recherche d'eau souterraine
- 2.2. Le radon au sein des sols
- 2.3. Méthodologie de la prospection
 - 2.3.1. Technique de prélèvement des gaz
 - 2.3.2. Schéma d'échantillonnage
 - 2.3.3. Méthode de mesure

2.4. Dépouillement et traitement des mesures

3. ETUDE DU SITE DE LA VALLEE DE LA RIVIERE PETITE LEZARDE DANS LE SECTEUR GROS MORNE - VERT PRE

- 3.1. Rappel des objectifs - Choix du site de la vallée de la rivière Petite Lézarde
- 3.2. Cadre morphologique, géologique et hydrogéologique
- 3.3. Prospection radon
 - 3.3.1. Déroulement de la prospection
 - 3.3.2. Résultats obtenus
 - 3.3.3. Interprétation des résultats
- 3.4. Intérêt du site de la vallée de la rivière Petite Lézarde pour la recherche d'eau souterraine

4. ETUDE DU SITE DU QUARTIER MACEDOINE (COMMUNE DU LORRAIN)

- 4.1. Rappel des objectifs - Choix du site du quartier Macédoine
- 4.2. Cadre morphologique, géologique et hydrogéologique
- 4.3. Prospection radon
 - 4.3.1. Déroulement de la prospection
 - 4.3.2. Résultats obtenus
 - 4.3.3. Interprétation des résultats
- 4.4. Intérêt du site du quartier Macédoine pour la recherche d'eau souterraine

5. CONCLUSION

FIGURES DANS LE TEXTE

Figure 1 - Méthodologie de prospection d'eau souterraine en milieu fracturé et échelles de travail

Figure 2 - Principe de la méthode de prélèvement des gaz du sol

Figure 3 - Secteur Gros Morne - Vert Pré. Délimitation de la zone d'étude potentielle compte tenu des contraintes exprimées par la DAF : zone d'altitude supérieure à 140 m NGM. Echelle 1/25.000

Figure 4 - Secteur Gros Morne - Vert Pré. Extrait de la carte géologique à 1/50.000. Echelle 1/50.000

Figure 5 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Report des linéaments mis en évidence par photo-interprétation. Echelle 1/25.000

Figure 6 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Localisation des limites du secteur ayant fait l'objet de la prospection (cf Figure 8). Echelle 1/25.000

Figure 7 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Histogrammes des activités radon aux points de base (Histogramme n° 1) et sur l'ensemble des mesures (Histogramme n° 2)

Figure 8 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Cartographie de l'activité en gaz radon, exprimée en pCi/l, obtenue par interpolation (méthode du krigeage, isovaleurs tous les 100 pCi/l) : cartographie générale du secteur et détail des zones ayant fait l'objet de mesures complémentaires (seuil de bruit de fond 310 pCi/l, seuil anomal 530 pCi/l)

Figure 9 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Confrontation des données émanométriques à la nature du sous-sol (d'après la carte géologique) et aux indices de fracturation

Figure 10 - Secteur Lorrain - Marigot. Localisation des points d'eau caractérisés et report cartographique des linéaments mis en évidence par photo-interprétation. Echelle 1/25.000

Figure 11 - Secteur Lorrain - Marigot. Diagrammes conductivité et température de l'eau des sources recensées en fonction de l'altitude

Figure 12 - Vallée de la rivière Grande Anse. Extrait de la carte géologique à 1/50.000. Localisation de l'amorce des coupes géologiques de la Figure 13. Echelle 1/50.000, voir légende dans le texte

Figure 13 - Vallée de la rivière Grande Anse. Coupes géologiques parallèle et perpendiculaires au cours d'eau, du quartier Fond Brûlé au quartier Macédoine

Figure 14 - Site du quartier Macédoine. Histogrammes des activités radon sur l'ensemble des mesures

Figure 15 - Site du quartier Macédoine. Cartographie de l'activité en gaz radon, exprimée en pCi/l, obtenue par interpolation (méthode du krigeage). Carte 1 : isovaleurs tous les 100 pCi/l. Carte 2 : délimitation du seuil anomal (700 pCi/l) et du seuil de bruit de fond (365 pCi/l) et structures tectoniques sous-jacentes supposées

TABLEAUX DANS LE TEXTE

Tableau 1 - Secteur Lorrain - Marigot. Caractéristiques physico-chimiques et contexte d'émergence des sources et points d'eau

ANNEXES AU RAPPORT

Annexe 1 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Résultat des mesures des teneurs en radon au sein des gaz du sol et localisation des stations de mesure

4S.ANT.7219

Annexe 2 - Site du quartier Macédoine. Résultat des mesures des teneurs en radon au sein des gaz du sol et localisation des stations de mesure

4S.ANT.7220

1. INTRODUCTION

1.1. PRESENTATION GENERALE DES TRAVAUX DE RECHERCHE MENES DANS LE CADRE DE LA CONVENTION

Le Conseil Régional de la Martinique a conclu le 27 décembre 1990, dans le cadre du contrat de plan Etat/Région 1989-1993 approuvé par l'assemblée plénière du 29 décembre 1989 et signé le 7 juillet 1990, une convention de recherche dans le domaine de l'eau avec le BRGM et l'ORSTOM.

Les travaux confiés au BRGM sont cofinancés à parts égales par la Région et par des crédits de Service Public du BRGM mis à disposition par le Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur.

Ils comportent plusieurs aspects :

- d'une part, des travaux de recherche à l'échelle de l'ensemble de la Martinique permettant de dégager des résultats généraux ou de mettre au point des outils ou des méthodes qui pourront être utilisés dans le cadre d'études appliquées plus ponctuelles. Dans cette optique, une étude des états de contraintes tectoniques actuels et récents a été menée à l'échelle de l'ensemble de la Martinique¹ afin de disposer de guides pour la prospection hydrogéologique des milieux fissurés, de loin les plus représentés en Martinique. La mise en place d'une banque de données piézométriques avec suivi d'ouvrages implantés au sein de différents aquifères répartis sur le territoire martiniquais² permet l'acquisition des données nécessaires à une meilleure connaissance de leur modalités de fonctionnement (alimentation par les précipitations, lois de vidange...) indispensable pour prévoir leurs exploitation et gestion futures. L'édition en 1991, à l'issue d'un projet de recherche propre au BRGM, de la carte géologique de la Martinique³ constitue également un apport primordial pour la prospection des eaux souterraines en Martinique.

- d'autre part, l'évaluation des ressources en eau souterraine et la mise au point de méthodologies appliquées à un secteur particulier du territoire

1 DUTARTRE Ph., GROS Y. (1992).- Télédétection et hydrogéologie en milieu volcanique. Etats de contraintes actuels et récents sur l'île de la Martinique. Application à la prospection hydrogéologique des milieux fissurés volcaniques.- Rapport BRGM R 35109, juin 1992.

2 LACHASSAGNE P., BRUISSON J., PIERLOT D. (1992).- Mise en place d'une banque de données piézométrique de la région Martinique, rapport d'avancement au mois de mai 1992.- Région Martinique.- Rapport BRGM R35111 ANT 4S 92.

LACHASSAGNE P., BRUISSON J., PIERLOT D. (1993).- Banque de données piézométriques de la Région Martinique. Présentation des mesures acquises dans le cadre de la convention.- Région Martinique.- Rapport BRGM R37776 ANT 4S 93.

3 WESTERCAMP D., PELLETIER B., THIBAUT P.M., TRAINÉAU H. (1990).- Carte géol. France (1/50 000), feuille MARTINIQUE.- Orléans : Bureau de Recherches Géologiques et Minières. Notice explicative par WESTERCAMP D., ANDREIEFF P., BOUYASSE P., COTTEZ S., BATTISTINI R. (1989), 246 p.

régional, le nord-atlantique de la Martinique. Cette région a été retenue dès la conception de la convention, d'une part car ses ressources en eau souterraines sont mal connues et d'autre part en raison de ses particularités hydrogéologiques (fortes précipitations, altération des terrains souvent importante, etc). Les travaux ont été menés en deux phases : dans un premier temps, un premier travail, global, d'évaluation des ressources en eau souterraine à l'échelle de l'ensemble de la région⁴ et dans un second temps, des études concernant, à titre méthodologique, des secteurs d'intérêt plus restreint en terme de superficie.

1.2. LOCALISATION ET CRITERES DE SELECTION DES SITES RETENUS POUR LES ETUDES METHODOLOGIQUES A GRANDE ECHELLE

Les sites retenus pour la réalisation d'études à plus grande échelle ont été sélectionnés en fonction de critères d'ordre méthodologique et pratique. Il s'agissait d'allier à l'intérêt scientifique de la mise en oeuvre d'une recherche dans le secteur, l'intérêt pratique de disposer de données de détail sur des zones dont le développement hydrogéologique est très probable à court ou moyen terme.

Le site de la commune de Grand'Rivière a été retenu dans un premier temps car :

- d'un point de vue méthodologique : les caractéristiques géologiques et de ce fait hydrogéologiques du secteur du Mont Conil sont parmi les moins bien connues de Martinique ; la région de Grand'Rivière et les formations géologiques qui composent le triangle Grand'Rivière - Montagne Pelée - Prêcheur n'ont en particulier jamais fait l'objet de prospection hydrogéologique,

- pour des raisons pratiques : l'eau distribuée actuellement à Grand Rivière est captée au moyen d'une prise d'eau de surface sur le cours d'eau éponyme. Elle est soumise de manière chronique à des problèmes de turbidité rendant son traitement souvent difficile. La conduite d'adduction est par ailleurs vulnérable en cas de crue de la rivière. Il semblait donc intéressant d'envisager la faisabilité de substituer à cette prise d'eau un forage dont les eaux ne nécessitent classiquement pas d'autre traitement qu'une simple chloration.

La commune de Grand'Rivière a donc fait l'objet d'investigations plus détaillées présentées au sein d'un rapport distinct⁵.

Le nord-atlantique de la Martinique est constitué pour l'essentiel de terrains présentant, lorsqu'elle a pu se développer, une perméabilité de fractures.

4 LACHASSAGNE P., PIERLOT D. (1993).- Evaluation des ressources en eau souterraine du nord-atlantique de la Martinique. Analyse des potentialités du point de vue hydrogéologique des différentes formations géologiques. Guide méthodologique de prospection.- Région Martinique.- Rapport BRGM R36069 ANT 4S 93.

5 LACHASSAGNE P., PIERLOT D. (1992).- Recensement des ressources en eau souterraine du nord de la Martinique, recherche d'eau souterraine sur la commune de Grand'Rivière.- Région Martinique.- Rapport BRGM R 36070 ANT 4S 92.

Les forages d'exploitation des eaux souterraines doivent donc être implantés, pour être efficaces, sur des sites où ils recoupent des zones hydrauliquement actives de ces secteurs fracturés. Une méthodologie nouvelle et particulièrement efficace de localisation de ces zones, la **prospection par émanométrie du radon au sein des gaz du sol**, a déjà été appliquée avec succès en milieu volcanique aux petites Antilles, mais seulement dans des contextes climatiques relativement secs (Saint Martin, côte sous le vent de la Martinique à Schoelcher, etc) et avec des terrains de ce fait peu altérés. Il est donc apparu très intéressant de tester cette méthode de prospection dans le nord-atlantique de la Martinique.

Par ailleurs, d'un point de vue pratique, une réunion de concertation avec le responsable du service de l'Aménagement Foncier et Rural de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt, M. Nicoli, a permis d'identifier des sites du nord-atlantique de la Martinique au sein desquels la mise en évidence de ressources en eau souterraine pourrait être intéressante à court terme pour l'Alimentation en Eau Potable des collectivités concernées. Il s'agit des secteurs de :

- Gros Morne - Vert Pré,
- Le Lorrain - Trinité,
- Macouba - Basse Pointe.

Dans la région du **Gros Morne - Vert Pré**, les besoins sont estimés à 50 m³/h environ par la DAF qui suggère en outre que si la solution eau souterraine devait être retenue, il faudrait, pour des raisons techniques et économiques, que le captage soit assuré par deux forages maximum, implantés à une altitude supérieure ou égale à 140 m NGM (refoulement vers le réservoir du Vert Pré, situé à une altitude de 320 m NGM, avec une hauteur manométrique maximale de 200 m ; un rabattement de 20 m a été pris en compte pour la détermination de cette altitude).

Des ressources en eau souterraine mises en évidence à proximité de la RNI dans la zone **Lorrain - Trinité** pourraient le cas échéant être raccordées pour un coût limité à la conduite d'adduction provenant de la station de traitement de la Capot.

Dans le secteur **Macouba - Basse Pointe**, un appoint par forages serait destiné à renforcer quantitativement l'AEP de ces communes, assurée à l'heure actuelle essentiellement par le captage de sources et améliorer la qualité de l'eau distribuée (les captages sont souvent mal conçus, vétustes ou mal entretenus).

Compte tenu des objectifs de recherche fixés (test de la méthodologie de prospection par émanométrie du radon au sein des gaz du sol), les secteurs de **Gros Morne - Vert Pré** et **Le Lorrain - Trinité** ont été retenus pour mettre en oeuvre cette opération. Les formations géologiques potentiellement aquifères de la région Macouba - Basse Pointe ne présentent en effet pas une perméabilité de fractures mais plutôt une perméabilité d'interstices. Dans cette dernière zone, la prospection hydrogéologique des formations potentiellement aquifères reposera principalement sur la localisation et la

*Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées*

caractérisation de la géométrie des paléovallées à remplissage de nuées
ardentes.

2. PRESENTATION DE LA METHODE DE PROSPECTION PAR EMANOMETRIE DU RADON AU SEIN DES GAZ DU SOL

2.1. INTEGRATION DE LA METHODE DE PROSPECTION RADON DANS LE DEROULEMENT D'UNE CAMPAGNE DE RECHERCHE D'EAU SOUTERRAINE

La mise en oeuvre d'une campagne d'émanométrie du radon au sein des gaz du sol 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 capacitif, ainsi, à l'opposé, que les 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 (Figure 1).

La structure géologique du secteur étudié est donc analysée tout d'abord à partir des informations déduites de la carte géologique au 1/50.000, 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.

L'identification, la caractérisation et la localisation des secteurs fracturés est menée 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) sont réalisées. Elles 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.

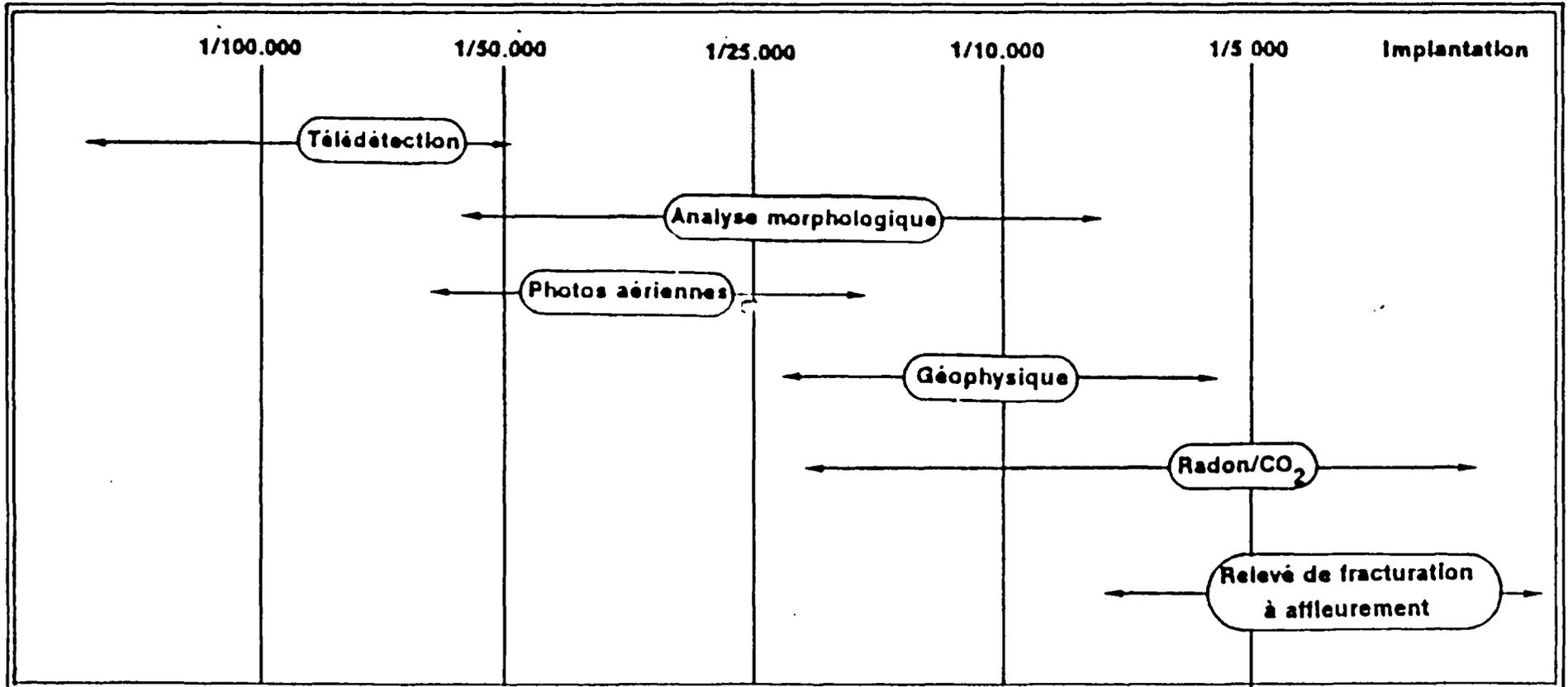


Figure 1 - Méthodologie de prospection d'eau souterraine en milieu fracturé et échelles de travail

La synthèse des investigations d'ordre géologique, hydrogéologique, géophysique et d'analyse de la fracturation permet de sélectionner des secteurs favorables conjugant 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 radon 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.

2.2. 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. Chaque atome d'uranium ou de thorium engendre une chaîne de désintégration radioactive qui produit, outre différents rayonnements, des éléments fils parmi lesquels un gaz particulier, le radon.

Le radon est un émetteur très énergétique de rayonnement Alpha. Le principe de sa détection et de son dosage repose sur le fait qu'il s'agit du seul gaz naturel émetteur d'un tel rayonnement. Ses propriétés de radioactivité conduisent à des méthodes d'analyse très sensibles qui permettent donc 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 (3,82j), 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 jamais s'accumuler, ce qui permet de ne le détecter qu'à proximité de l'émergence de fractures conductrices.

La prospection du radon pour la recherche d'eau souterraine froide est une méthodologie qui n'est guère âgée de plus d'une dizaine d'années. Son utilisation en domaine volcanique est pour sa part très récente (quelques années seulement). La proportion des minéraux radioactifs est en général très faible au sein des roches volcaniques. Néanmoins, il s'agit paradoxalement d'un atout pour la prospection radon dans la mesure où d'une part, à de faibles teneurs est associé un bruit de fond proportionnellement réduit, et, d'autre part et surtout, rares sont, dans ce contexte, les concentrations en minéraux uranifères qui peuvent générer des artefacts.

2.3. METHODOLOGIE DE LA PROSPECTION

2.3.1. Technique de prélèvement 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 (Figure 2) :

- 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 ce type de mesures et d'une pompe à vide manuelle qui, actionnée, aspire plusieurs fois le volume de la fiole et des tuyaux et piège les gaz du sol contenant le radon au sein du récipient.

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

2.3.2. Schéma d'échantillonnage

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 des conditions d'accès, au centre de mailles carrées de taille constante. 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 afin d'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.

2.3.3. Méthode 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.

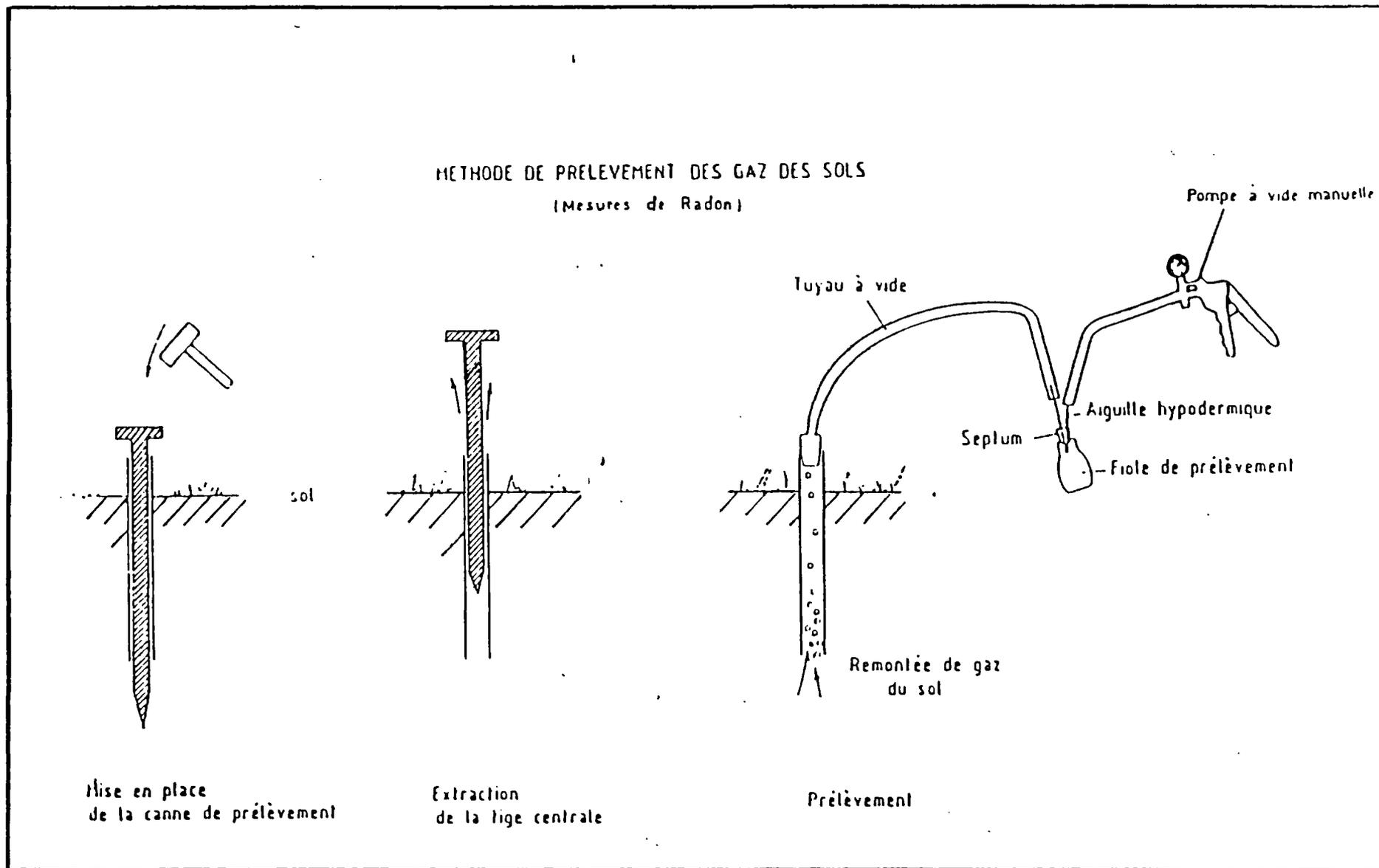


Figure 2 - Principe de la méthode de prélèvement des gaz du sol

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.

Les activités radon sont exprimées en picocuries par litre ($1 \text{ pCi/l} = 10^{-12} \text{ Ci/l} = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ bequerel par litre}$).

2.4. DEPOUILLEMENT ET INTERPRETATION 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 anomal**, 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 anomal.

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 anomal : la **zone indéterminée** ou zone de fluctuation,
- les stations d'activité supérieure au seuil anomal : 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.

3. ETUDE DU SITE DE LA VALLEE DE LA RIVIERE PETITE LEZARDE DANS LE SECTEUR GROS MORNE - VERT PRE

3.1. RAPPEL DES OBJECTIF - CHOIX DU SITE DE LA VALLEE DE LA RIVIERE PETITE LEZARDE

Les besoins exprimés par la DAF dans la région du Gros Morne - Vert Pré sont estimés à 50 m³/h minimum (1000 m³/j). La hauteur maximale de refoulement acceptable (200 m) constitue également l'une des contraintes du problème dans la mesure où l'objectif serait d'alimenter le réservoir du Vert Pré situé à une cote de 320 m NGM. Le site d'implantation d'éventuels forages ne devrait donc pas se situer lui-même à une altitude inférieure à 140 m NGM (en considérant que le niveau de la nappe rabattue se situe 20 m sous la surface topographique). Cette contrainte permet donc de délimiter le périmètre de la zone d'étude potentielle (Figure 3).

Ce périmètre d'altitude supérieure à 140 m NGM comprend deux grands ensembles morphologiques :

- à l'est, la crête du Vert Pré, qui domine de toute part des zones déprimées relativement profondes (bassins de la rivière du Galion au nord, bassin de la rivière Lézarde et de ses affluents au sud),
- à l'ouest, l'amorce des reliefs centraux de la Martinique, constituée par les crêtes de Deux Terres, du Gros Morne, de Bassignac et Bois Lézard.

Une rapide analyse morphologique a conduit à sélectionner dans un premier temps le secteur occidental dans la mesure où son contexte topographique paraît plus favorable que celui du Vert Pré (présence de vallées relativement peu pentues à des altitudes supérieures à 140 m NGM). La morphologie en dôme du secteur du Vert Pré n'est en effet pas particulièrement favorable globalement à une concentration des eaux souterraines. Il est néanmoins possible d'y mettre en valeur des ressources en eau souterraine d'intérêt local non négligeable (exemple du forage de la laiterie Littée exploitable à un débit d'une dizaine de mètres cubes par heure⁶).

Dans le secteur occidental sélectionné, plusieurs vallées présentent, du fait de leur morphologie, des critères favorables à la recherche d'eau souterraine. Les plus proches du Vert Pré sont celles de la rivière Petite Lézarde et de la rivière La Tracée qui prend le nom de ravine Dumaine dans son cours amont.

Ces deux vallées sont caractérisées par un contexte géologique similaire (Figure 4). Le site de la rivière Petite Lézarde, recoupé, d'après la carte géologique, par une faille supposée, a finalement été retenu pour la prospection radon expérimentale.

⁶ PAULIN Ch. (1983).- Forage d'eau Laiterie Littée à Vert-Pré, Le Robert. Compte rendu des travaux et interprétation des essais.- Rapport BRGM 83 ANT 003.

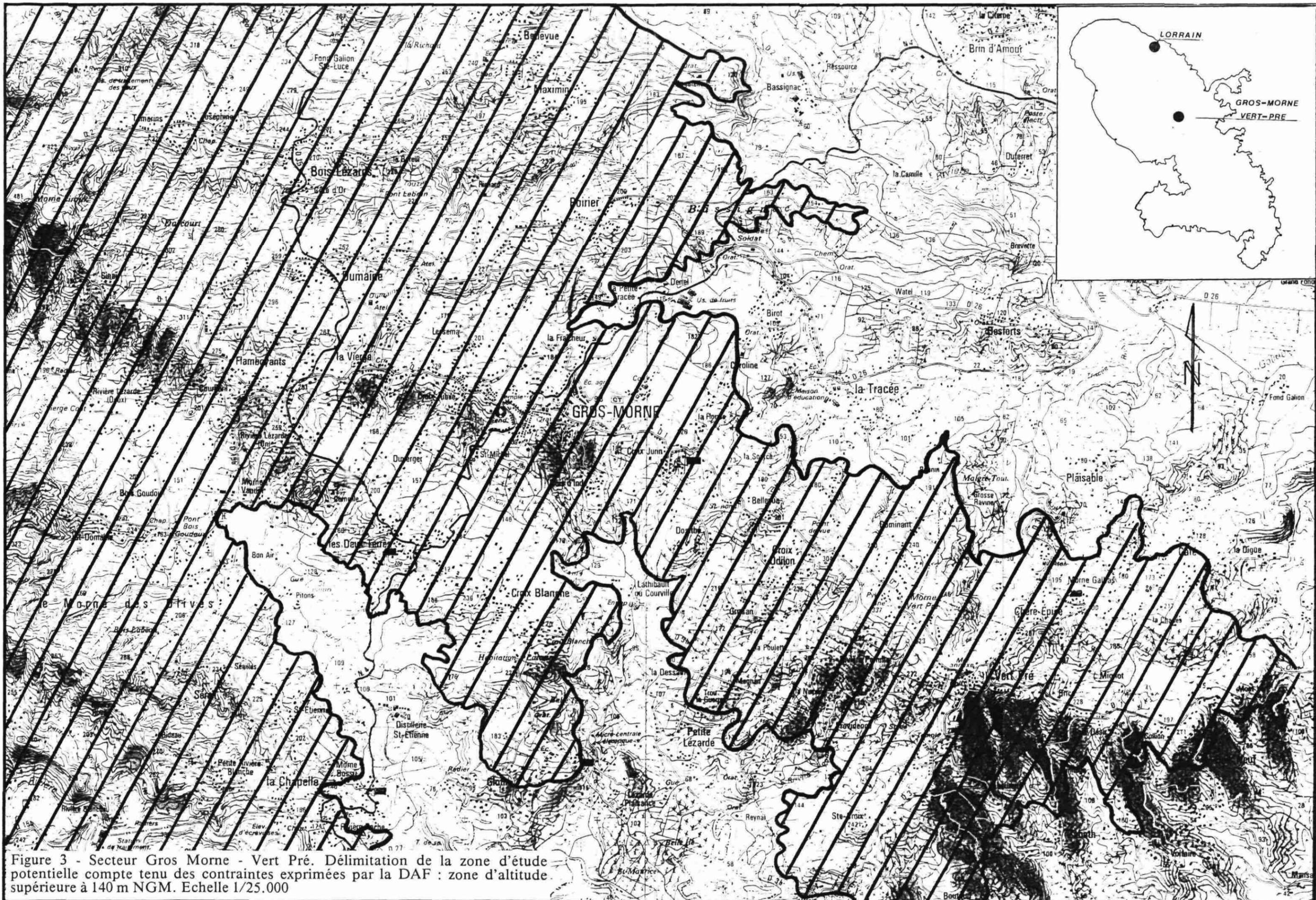
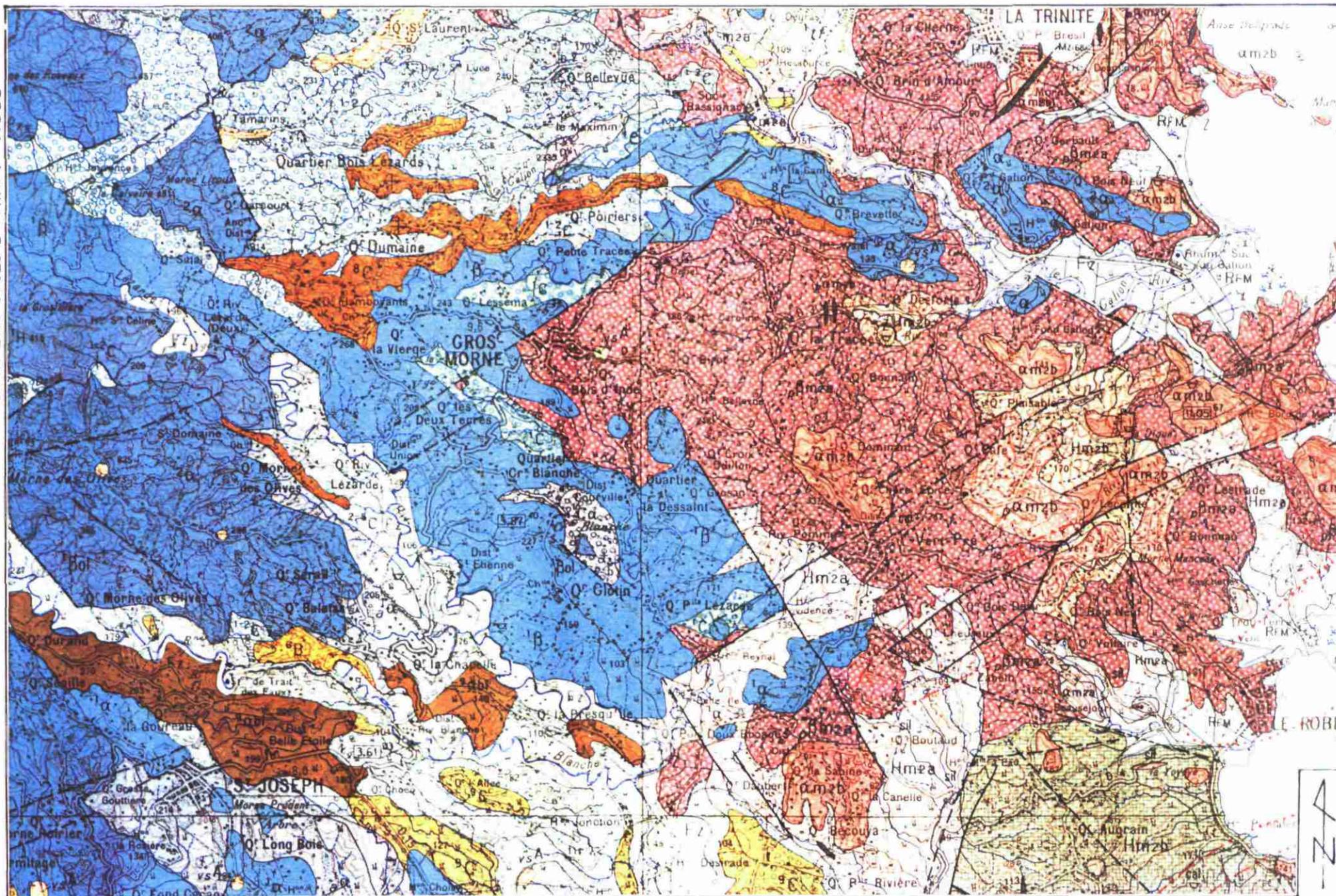


Figure 3 - Secteur Gros Morne - Vert Pré. Délimitation de la zone d'étude potentielle compte tenu des contraintes exprimées par la DAF : zone d'altitude supérieure à 140 m NGM. Echelle 1/25.000



Mise en oeuvre expérimentale de la méthode " radon " pour la recherche d'eau souterraine dans le cas de formations volcaniques altérées

Figure 4 - Secteur Gros Morne - Vert Pré. Extrait de la carte géologique à 1/50.000. Echelle 1/50.000

3.2. CADRE MORPHOLOGIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le cours amont de la rivière Petite Lézarde à la cote 140 m NGM draine un bassin versant d'une superficie de 2,1 km² environ. Le cours d'eau, de direction générale ouest-nord-ouest - est-sud-est présente une pente relativement faible, voisine de 1 à 2 %, entre les cotes 140 et 160 m NGM. Les flancs des mornes sont pour leur part beaucoup plus abrupts, avec des déclivités moyennes de l'ordre de 20 à 30 %.

Malgré le faible développement de son bassin versant et son altitude relativement élevée, la rivière Petite Lézarde présente, même en étiage exceptionnel⁷ (mesures réalisées au cours du carême 1970), un débit bien soutenu, voisin de 5 l/s à la cote 160 m NGM environ et de 10 l/s à la cote 145 m NGM environ.

L'analyse de la carte géologique à 1/50.000 (Figure 4) suggère que la rivière Petite Lézarde s'écoule au sein de conglomérats polygéniques (notés ¹C sur la carte géologique et datés à 5,5 millions d'années - M.A. - environ). Ceux-ci se sont mis en place sur la formation des basaltes du Vert Pré (^βm2a), datée à 15 M.A. environ, qui arme le relief reliant le Gros Morne^p au Vert Pré. La ligne de crête en rive gauche de la rivière Petite Lézarde est constituée par des coulées massives de basalte peu porphyrique (¹β) mises en place ultérieurement (datées à 4 M.A. environ).

Les investigations de terrain ont permis de confirmer la profonde altération du substratum géologique. En outre, du fait de l'omniprésence de la couverture que constituent les retombées aériennes ponceuses de la Montagne Pelée, les formations mentionnées sur la carte géologique sont rarement visibles à l'affleurement. Les conglomérats ont néanmoins été clairement identifiés en rive droite du cours d'eau, à l'amont du quartier Duverger. Le basalte, à l'état de ferrisol compact, affleure localement dans les bananeraies.

Une source, au débit voisin de 0,1 l/s au mois de mai 1993, a été mise en évidence à l'amont du quartier Duverger (à proximité du point coté 168 m NGM). Elle émerge apparemment au contact basalte (¹β) sur les conglomérats sous-jacents.

L'examen des photographies aériennes de l'IGN suggère l'existence de deux familles de linéaments sur ou à proximité du site étudié (Figure 5). La direction la mieux représentée, Est-Sud-Est - Ouest-Nord-ouest, présente une orientation similaire à celle de la faille supposée mentionnée sur la carte géologique qui est également identifiable sur photographies aériennes. Un autre linéament, de direction Nord-Est - Sud-Ouest est souligné par la ravine prenant naissance sous le bourg du Gros Morne (quartier Bois d'Inde).

La famille de linéaments la mieux représentée présente une direction qui appartient au même intervalle (N45E à N135E) que les fractures qui, à

⁷ COTTEZ S., DENEUFBOURG G. (1970).- Etude hydrogéologique préliminaire du bassin de la Plaine du Lamentin (Martinique).- DDE.- Rapport BRGM 70 ANT 19.

Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées

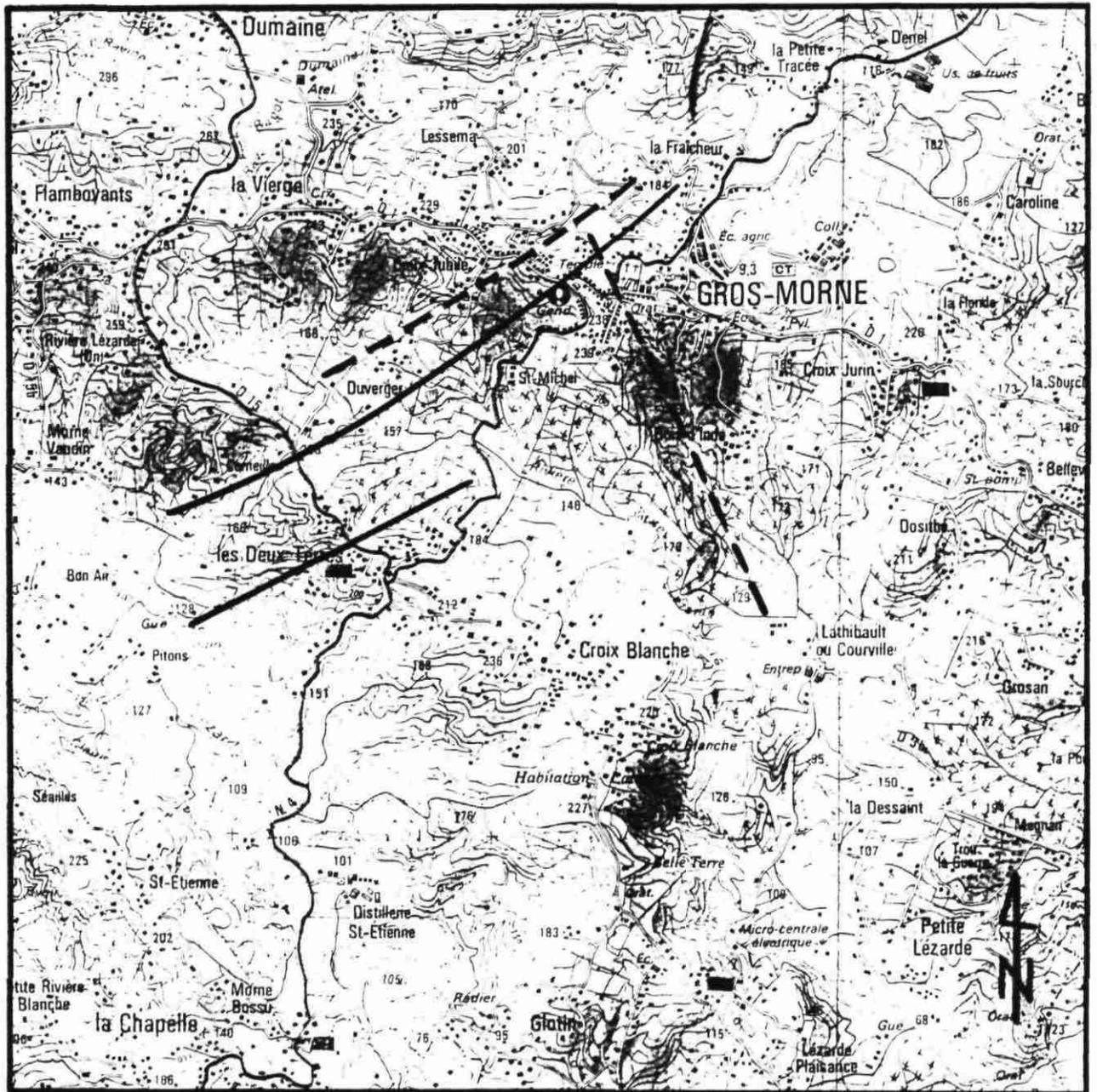


Figure 5 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Report des linéaments mis en évidence par photo-interprétation. Echelle 1/25.000

l'échelle de l'ensemble de la Martinique et du fait du champ de contraintes tectoniques actuel¹, présentent d'une part une géométrie propre à l'ouverture et d'autre part sont susceptibles d'être réactivés le plus souvent, limitant ainsi les risques de cristallisation et de dépôts le long de leurs épontes.

3.3. PROSPECTION RADON

3.3.1. Déroulement de la prospection

La campagne de prospection émanométrique a été menée du 11 au 14 mai 1993. Les prélèvements ont été effectués par beau temps les premier et troisième jours, par temps pluvieux au cours de la deuxième journée.

La zone prospectée s'étend le long de la vallée de la rivière Petite Lézarde, des cotes 145 m à 200 m NGM environ (Figures 6 et 8). Elle couvre l'une ou l'autre, voire localement les deux rives du cours d'eau.

La prospection a été menée dans un premier temps et dans la mesure du possible selon une maille carrée de 40 m de côté (deux premiers jours de prospection) constituant le réseau de mesures de base de la prospection. Les prélèvements ont ensuite été densifiés le troisième jour sur les sites ayant révélé des anomalies positives. Un total de 123 prélèvements et mesures ont été effectués sur 118 stations différentes (cinq mesures supplémentaires ont été réalisées sur quatre points de base).

Le sol à allophanes qui se développe au détriment des retombées aériennes de la Montagne Pelée, perméable et relativement épais (épaisseur supérieure à longueur du dispositif de prélèvement) a permis de bonnes conditions techniques de prélèvement : remplissage aisé des fioles, enfoncement de la canne de prélèvement à une profondeur constante. Seules des zones humides (stagnation d'eaux de ruissellement, émergence d'eaux souterraines ?), dans le quartier Duverger et dans le secteur le plus aval prospecté n'ont pas permis de réaliser certains prélèvements.

3.3.2. Résultats obtenus

L'ensemble des mesures effectuées est présenté en Annexe 1.

La sélection de la composante anormale est réalisée sur l'échantillon qui constitue les mesures de base des deux premiers jours de prélèvement :

- le **seuil anormal** est de l'ordre de **530 pCi/l**,
- le **seuil de bruit de fond** est voisin de **310 pCi/l**.

La forme des histogrammes des activités radon (Figure 7) confirme l'ordre de grandeur du seuil anormal (net infléchissement de la courbe matérialisée par les activités radon dès le seuil anormal franchi).

Les points de base ayant fait l'objet de mesure répétées montrent la relative stabilité du signal radon (mesures comprises entre 241 et 319, moyenne 270 pCi/l au point 5 ; 484 et 404 au point 70 ; 200 et 115 au point 55). Seul le

Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées

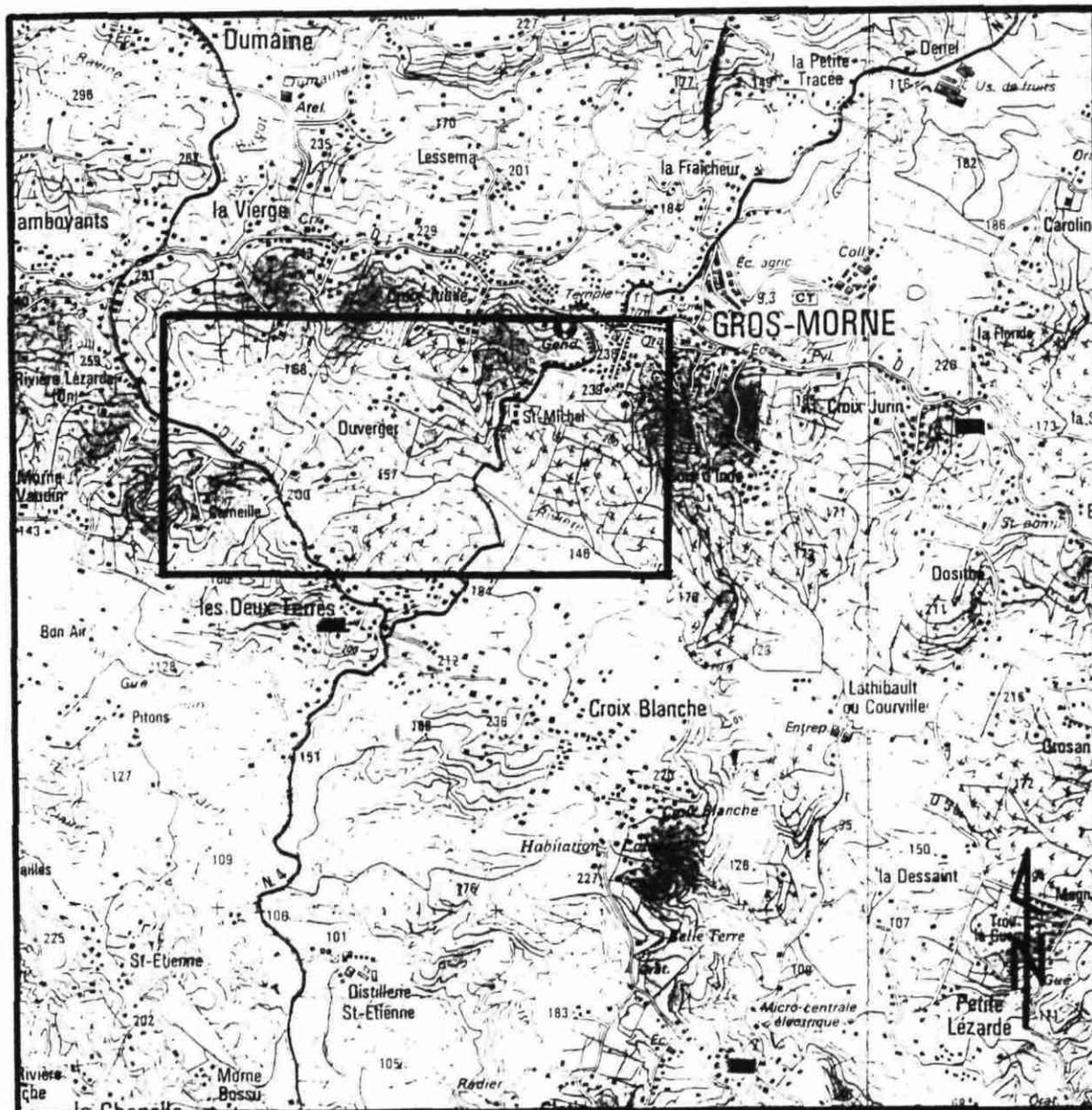


Figure 6 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Localisation des limites du secteur ayant fait l'objet de la prospection (cf Figure 8). Echelle 1/25.000

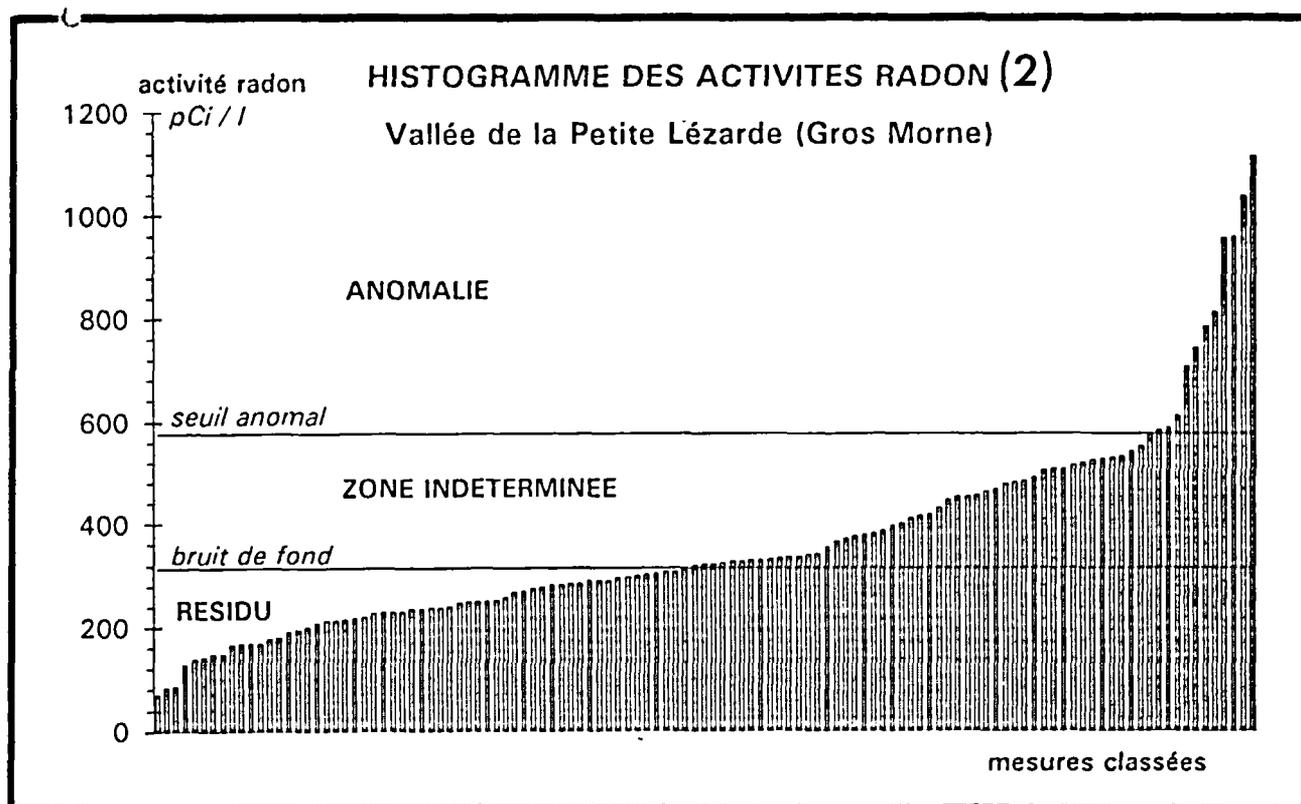
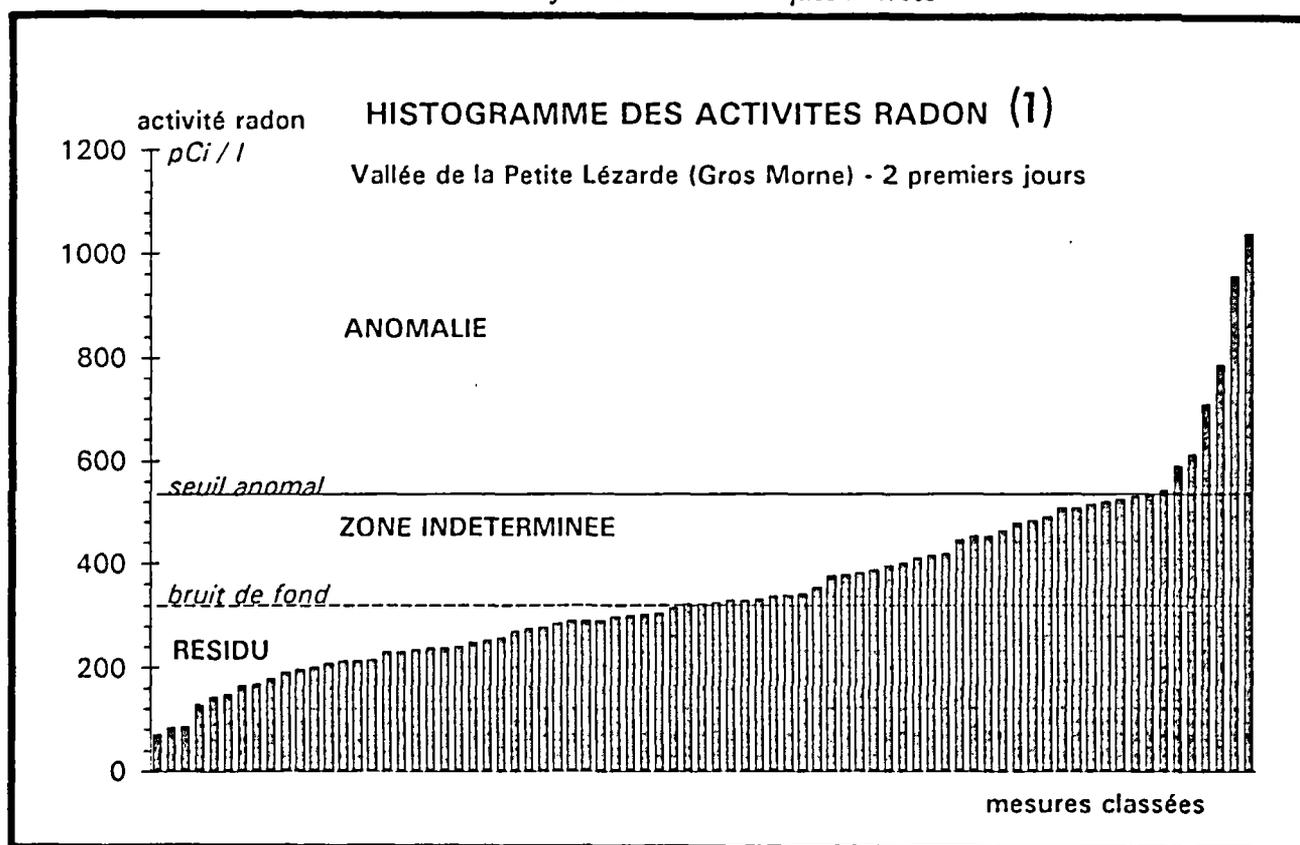


Figure 7 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Histogrammes des activités radon aux points de base (Histogramme n° 1) et sur l'ensemble des mesures (Histogramme n° 2)

point 53 montre une variation relativement importante de son activité (784 et 377 pCi/l).

3.3.3. Interprétation des résultats

Le report cartographique des mesures, avec interpolation par krigeage, des teneurs en radon au sein des gaz du sol (Figure 8) montre, même si la prospection ne concerne qu'un secteur relativement linéaire, une bonne cohérence : opposition entre zones de fortes activité radon, bien individualisées et confirmées en règle générale par les mesures supplémentaires réalisées le troisième jour, et secteurs sans signal significatif.

La prise en compte des critères de sélection des anomalies définis plus haut permet de distinguer, de l'Ouest vers l'Est, quatre secteurs de teneurs anormales en radon (Figure 8) :

- **anomalie n° 1** : trois points à l'extrême amont du profil prospecté (955, 611 et 525 pCi/l). Les mesures n'ont pas été densifiées dans ce secteur,

- **anomalie n°2** : composée en fait de deux anomalies coalescentes mais néanmoins disjointes, en limite nord du quartier Duverger. Les deux points anormaux de base (1038 et 707 pCi/l) ont été confirmés par les prélèvements ultérieurs, principalement dans la partie sud-ouest de l'anomalie (742, 957, 1114 pCi/l) et dans une moindre mesure dans sa zone nord-est (584 pCi/l). Il s'agit de l'anomalie la plus forte et la mieux structurée du secteur prospecté. Au sud-ouest, deux autres points (anomalie n° 2bis) présentent des valeurs proches du seuil anomal (508 et 543 pCi/l),

- **anomalie n° 3** : constituée d'un seul point anomal (700 pCi/l). Dans son prolongement sud-ouest coexistent cependant plusieurs points dont l'activité atteint (533 pCi/l) ou se rapproche (504, 508; 519 pCi/l) du seuil anomal,

- **anomalie n° 4** : le seul point anomal de base (784 pCi/l) a été confirmé par les prélèvements ultérieurs implantés au sud (813 pCi/l) ou à l'ouest (552, 527 pCi/l) de l'anomalie.

La confrontation des résultats de la campagne émanométrique et des données géologiques et de fracturation (Figure 9) montre :

- l'absence de corrélation apparente entre nature lithologique du sous-sol et signal radon. Les anomalies émanométriques semblent "traverser", sans modification significative du signal, les contours figurés sur la carte géologique. La nature géologique du sous-sol ne semble donc pas influencer, au vu du nombre de mesures disponible et à l'échelle du secteur étudié, sur le signal radon. Le pas des mesures retenu (maillage de 40 m resserré à 20 m) et l'extension des anomalies mises en évidence permet par ailleurs d'exclure que le signal mis en évidence soit conditionné par la structure pédologique du sol,

- la bonne concordance de direction d'allongement entre les anomalies radon, ou groupes d'anomalies radon et l'une des familles d'accidents tectoniques supposés (sud-ouest - nord-est). La géométrie des anomalies n°

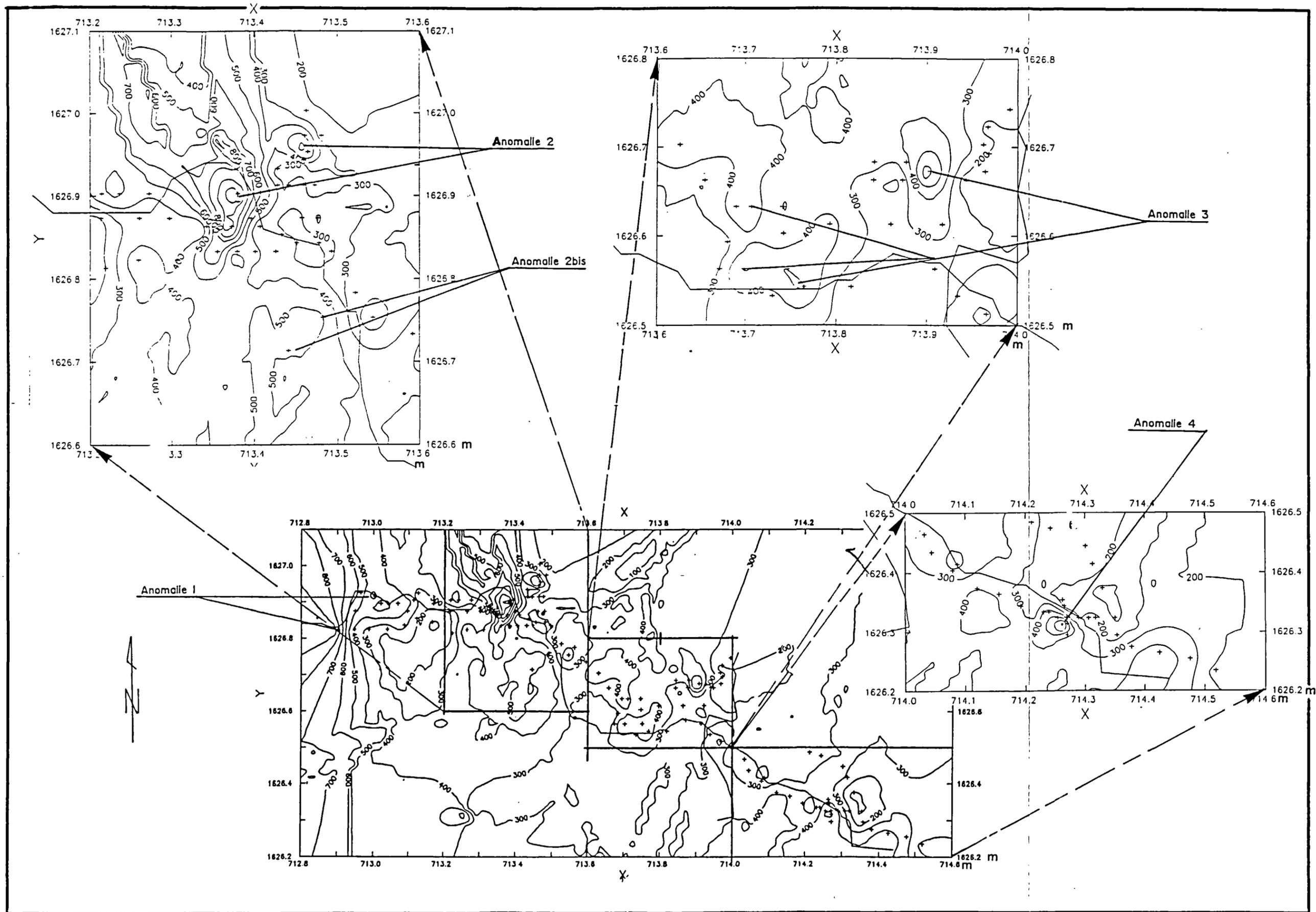
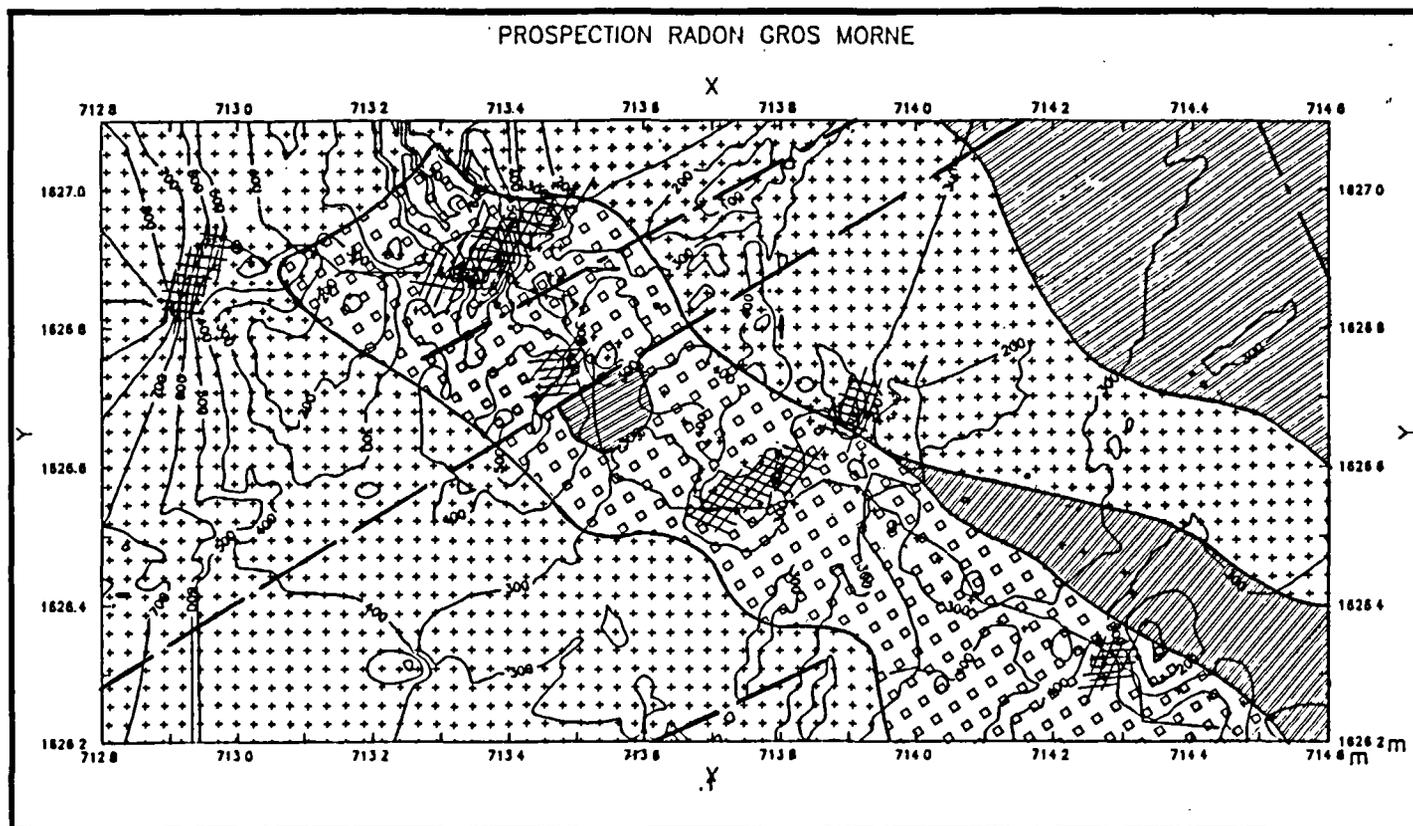


Figure 8 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Cartographie de l'activité en gaz radon, exprimée en pCi/l, obtenue par interpolation (méthode du krigeage, isovaleurs tous les 100 pCi/l) : cartographie générale du secteur et détail des zones ayant fait l'objet de mesures complémentaires (seuil de bruit de fond 310 pCi/l, seuil anomal 530 pCi/l)

Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées



LEGENDE

⊠ Anomalie radon

● GEOLOGIE

⊠ 1β Lave peu porphyrique

⊠ 1C Conglomérat polygénique

⊠ pβm₂a Basalte porphyrique de Vert Pré

● Linéament ou fracturation :

— Mis en évidence par photointerprétation et confirmé par la carte géologique.

-·-·- Mis en évidence par photointerprétation

Figure 9 - Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde. Confrontation des données émanométriques à la nature du sous-sol (d'après la carte géologique) et aux indices de fracturation

2 et 3 est à cet égard très significative. La famille du linéament de direction nord-nord-ouest - sud-sud-est ne semble pour sa part pas se traduire par des anomalies radon,

- que, par contre, les anomalies radon et les linéaments ou failles supposées ne se superposent pas précisément. Les anomalies n° 1, 3 et 4 se situent à cet égard dans des secteurs où aucun linéament n'a été mis en évidence. Il convient néanmoins de conserver en mémoire la différence d'échelle de travail existant entre l'analyse des photographies aériennes de l'IGN à 1/50.000 et les travaux de prospection radon sur le terrain,

- que les anomalies radon paraissent discontinues. Cette observation n'est pas en contradiction avec les connaissances disponibles sur les modalités d'écoulement de l'eau qui chemine dans certains secteurs préférentiels du plan de faille (phénomène de "channelling").

3.4. INTERET DU SITE DE LA VALLEE DE LA RIVIERE PETITE LEZARDE POUR LA RECHERCHE D'EAU SOUTERRAINE

Le site de la vallée de la rivière Petite Lézarde montre donc, compte-tenu du cahier des charges proposé par la DAF et des résultats des investigations mises en oeuvre, des potentialités laissant envisager sous un jour très favorable la possibilité d'alimenter le réservoir du Vert Pré à partir des eaux souterraines. Plusieurs sites dignes d'intérêt situés à une altitude supérieure à 150 m NGM sont identifiés. De plus, la direction de la fracturation mise en évidence, globalement perpendiculaire au sens d'écoulement de la ravine favorise, le drainage des eaux infiltrées sur le flanc de la vallée plutôt que leur évacuation vers l'aval. Il s'agit donc d'un élément favorable à une rétention des eaux souterraines au droit du site étudié.

A une telle altitude, la profondeur du niveau de la nappe par rapport au sol reste cependant un paramètre difficile à estimer avec précision. Le débit relativement soutenu du cours d'eau en période de carême laisse supposer l'existence de relations nappe-rivière qui suggèreraient cependant que le niveau piézométrique est proche de la surface du sol. Il conviendrait néanmoins, avant tout investissement important sur cette zone, de déterminer, au moyen d'un sondage de reconnaissance ou d'investigations géologiques et hydrogéologiques de détail par exemple, la profondeur de la surface piézométrique de la nappe ainsi que la transmissivité des formations recoupées.

Par ailleurs, si un forage devait être implanté dans ce secteur, il conviendrait de rechercher un site combinant bonne transmissivité potentielle (secteur fracturé localisé par prospection radon) et forte capacité des roches qui composent son sous-sol (identification précise de la lithologie par analyse géologique de détail et prospection géophysique par exemple) : les laves, si elles ne sont pas argilisées, présentent à cet égard de plus fortes potentialités que les conglomerats.

La vallée de la ravine Dumaine, caractérisée par des contextes topographiques et géologiques similaires, montre vraisemblablement elle aussi des potentialités hydrogéologiques favorables.

4. ETUDE DU SITE DU QUARTIER MACEDOINE (COMMUNE DU LORRAIN)

4.1. RAPPEL DES OBJECTIFS - CHOIX DU SITE DU QUARTIER MACEDOINE

La Direction de l'Agriculture et de la Forêt accorde de l'intérêt au secteur Lorrain - Trinité dans la mesure où cette zone est traversée par les conduites d'alimentation du sud de la Martinique, provenant de l'usine de production de la Capot, qui suivent grossièrement la RN1. Le raccordement de ressources en eau souterraine mises en évidence dans ce secteur ne nécessiterait donc pas d'investissements importants. Il permettrait par ailleurs de fournir un appoint aux eaux de surface en période de carême ou en cas de difficultés de traitement à l'usine (en cas de forte turbidité en saison cyclonique par exemple).

Dans cette zone, la recherche d'un site pour tester la faisabilité de la méthode de prospection par émanométrie du radon au sein des gaz du sol a été orientée dans un premier temps vers les communes du Lorrain et du Marigot. Les résultats des investigations menées à l'échelle du nord-atlantique de la Martinique⁴ ont en effet montré que ce secteur, de la rivière Grande Anse à Fonds Saint Jacques, présente les potentialités les plus évidentes : dans les parties topographiquement basses, les laves (basaltes à olivine ${}^1\beta_{01}$, en particulier) prédominent, au détriment des conglomérats ou des hyaloclastites (Figure 12).

Dans ce périmètre, un recensement et une caractérisation de terrain des points d'eau (recherche et détermination du contexte d'émergence des sources, mesures de la température et de la conductivité électrique de l'eau, etc) ainsi qu'une analyse des linéaments sur photographies aériennes (Figure 10 et Tableau 1) ont été mis en oeuvre.

Les sources sont relativement nombreuses. Elles présentent cependant des débits unitaires faibles, atteignant très rarement le litre par seconde. Les émergences sont en général situées dans l'axe de petites ravines qu'elles contribuent ainsi à alimenter et, plus localement, à flanc de morne. Les émergences sont principalement dues à des contrastes de perméabilité entre les formations du substratum, voire entre les formations superficielles (retombées aériennes de la Montagne Pelée, colluvions localement) et les terrains sous-jacents altérés. La fracturation joue sans doute également un rôle, mais ses indices sont masqués dans la majorité des cas soit par les formations superficielles, soit du fait de l'altération de la roche. L'analyse des valeurs de conductivité électrique des eaux et, dans une moindre mesure, de leur température (Figure 11) met en évidence un gradient lié à l'altitude relativement bien marqué, dont peu d'émergences s'écartent significativement. Les eaux sont globalement peu minéralisées et aucun indice de thermalisme n'a été détecté.

Les investigations de recherche d'un site d'expérimentation de la méthode de prospection radon ont été focalisées sur la vallée de la rivière Grande Anse (commune du Lorrain). L'analyse de la carte géologique à 1/50.000 (Figure 12) montre en effet que ce cours d'eau s'écoule, sur tout son cours amont, au sein de coulées de basalte (${}^1\beta_{01}$). Il semble même (Figure 13) que

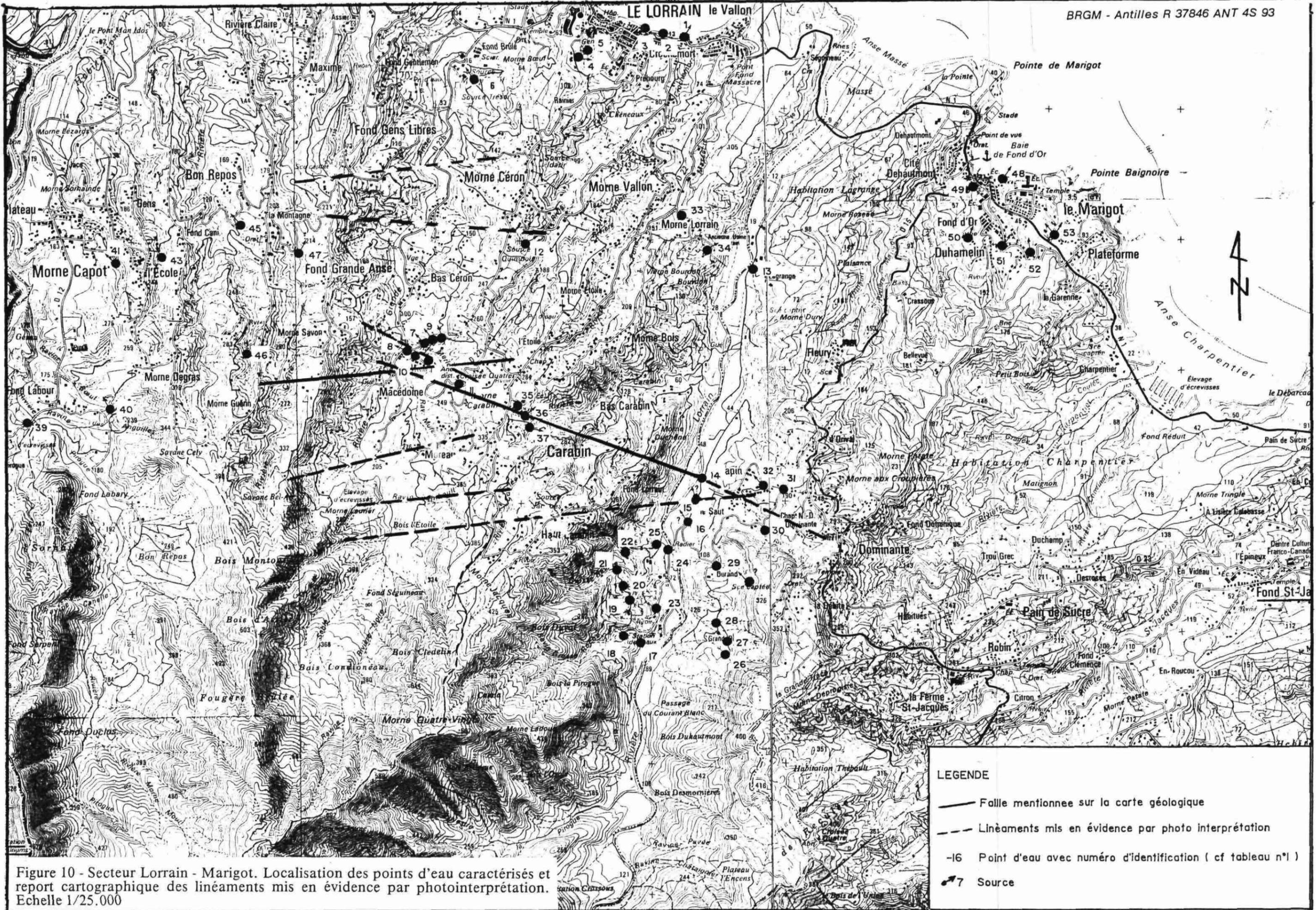


Figure 10 - Secteur Lorrain - Marigot. Localisation des points d'eau caractérisés et report cartographique des linéaments mis en évidence par photointerprétation. Echelle 1/25.000

Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées

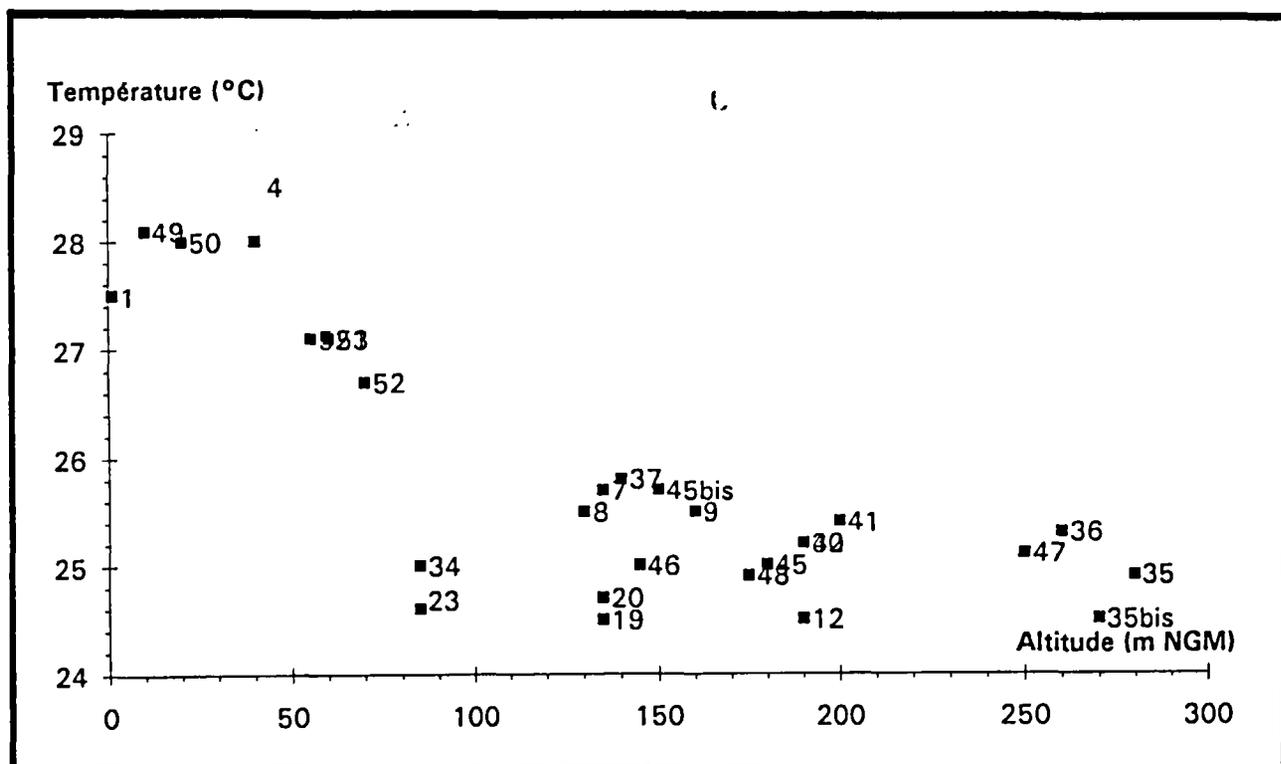
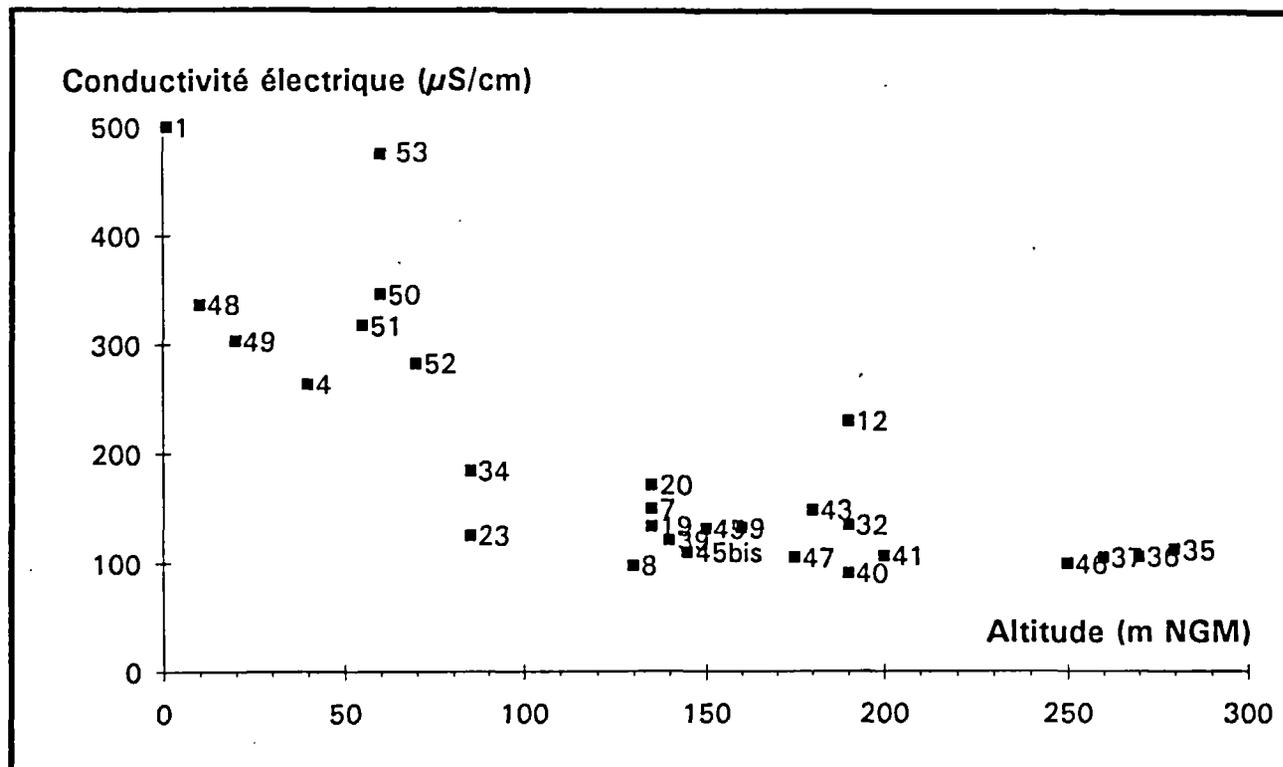


Figure 11 - Secteur Lorrain - Marigot. Diagrammes conductivité et température de l'eau des sources recensées en fonction de l'altitude

Tableau 1 - Secteur Lorrain - Marigot. Caractéristiques physico-chimiques et contexte d'émergence des sources et points d'eau

N°	date de mesure	altitude (m)	température (°C)	conductivité (µS/cm)	débit (l/s)	lieu	observations
Le Lorrain - Le bourg							
1	24.03.93	1	27.5	500	< 0,01	Le Lorrain - plage	suintements à la base du mur de soutènement
2	24.03.93	1			10 environ	<i>idem</i>	<i>rivière Lesade à son embouchure</i>
3	24.03.93	45	24.2	264	0.25	Le Lorrain - gendarmerie	<i>mesures faites dans un cours d'eau ; pas d'écoulement visible une cinquantaine de mètres à l'amont ; pliniens sur andésite aphyrique</i>
4	24.03.93	40	28.0	263	0,1 à 0,2	Le Lorrain - source Catin	captage sommaire ; alimente épisodiquement la gendarmerie, le presbytère et quelques particuliers ; sol très spongieux à proximité immédiate ; pliniens sur basalte à olivine
5	24.03.93	60	24.8	266	0.13	<i>idem</i>	<i>écoulements à proximité de la source Catin</i>
6	24.03.93	15	25.6	255	0.05	Lorrain, source M-Boeuf	<i>mesures faites 50 mètres sous l'émergence ; pliniens sur conglomérat</i>
Le Lorrain - Quartier Macédoine							
7	24.03.93	135	25.7	149	0.60	Quartier Macédoine	source "captée" (tuyau PVC à la base d'un bouquet de bambous) ; contact de l'andésite aphyrique sur le basalte à olivine, masqué par les dépôts pliniens
8	24.03.93	130	25.5	97.2	0.08	<i>idem</i>	émergence dans les colluvions (argile, gros blocs) , talus du chemin
9	24.03.93	160	25.5	131.8	0.25	<i>idem</i>	source "captée" (tuyau PVC) , émerge des dépôts ponceux ; contact de l'andésite aphyrique sur le basalte à olivine
10	24.03.93	130	24.1	116.4	20 environ	<i>idem</i>	<i>mesures dans le torrent de la ravine Merle</i>
11	24.03.93	200	24.4	118	3'environ	<i>idem</i>	<i>mesures dans le torrent descendant du Mne Carabin, à l'amont de 10</i>
12	24.03.93	190	24.5	229	2.00	source Quimbois	mesures 20 mètres à l'aval de l'émergence ; argiles rouges / conglomérat

Le Lorrain - Marigot - Rivière du Lorrain

13	30.03.93	20	24.8	220	5.00	Habitation Lagrange	écoulements provenant du Quartier Papin (canal)
14	30.03.93	55	24.7	113	5.00	Quartier Papin	Ravine du Saut, à sa confluence avec la rivière du Lorrain
15	30.03.93	60	25.0	211	0.40	idem	écoulements sur le chemin, à proximité de la rivière
16	30.03.93	70	25.1	133	6.00	idem	idem, émergence estimée 30 mètres plus haut (chemin sec à l'amont), au sein du basalte à olivine (conglomérat supposé à faible profondeur)
17	30.03.93	89	23.3	84	28.00	ravine Grosse Ravine	Torrent drainant le versant Nord-Est du Morne Quatre-Vingts
18	30.03.93	125	23.7	84	?	idem	mesures réalisées à l'amont de 17
19	30.03.93	135	24.5	133	0.40	sous Haut Carabin	à l'aval d'un pré marécageux, dépôts pliniens épais (>2m)
20	30.03.93	135	24.7	171	0.02	idem	idem, argile rouge (lave altérée) affleurant à proximité, sous les ponces
21	30.03.93	135	23.3	99	11.00	Grosse ravine	torrent drainant le versant est du Morne Jacques
22	30.03.93	140	23.7	138	0.80	ravine sous Ht-Carabin	à proximité : cascade difficile d'accès, débit évalué à 2 l/s
23	30.03.93	85	24.6	125	2.00	près station des eaux	rigole drainant le sol (dépôts pliniens) de la bananeraie; une grande part du débit provient certainement du basalte à olivine sous-jacent, reposant sur le conglomérat peu profond
24	30.03.93	60	25.5	106	12.00	près du radier	exutoire à l'aval des mesures 19, 20, 21 et 23 : eau superf.
25	30.03.93	70	24.9	113	2.50	près du radier	Ravine : mesures à l'aval de 29
26	30.03.93	165	25.0	110	1.00	Grand Dégras	rigole dans la bananeraie, provient de l'abrupt 20 m à l'amont
27	30.03.93	150	24.6	119.1	1.30	idem	idem
28	30.03.93	140	24.6	118.4	0.50	idem	idem
29	30.03.93	120	23.4	115	0.15	Habitation Durand	idem (source à l'amont ?) 1B?
30	30.03.93	150	23.5	98.5	15.00	Ravine du Saut	mesures dans le torrent
31	30.03.93	160	23.8	138.5	1.00	idem	idem, tuyau PVC
32	30.03.93	190	25.2	134.2	0.70	Papin	source "captée" (tuyau PVC en bordure de la route) dépôts ponces masquant le contact basalte à olivine sur hyaloclastite ou ponces/basalte

Le Lorrain - Quartier Carabin

33	01.04.93	115	25.5	132	17.62	Morne Lorrain	mesure faite dans la Rivière Fond Massacre
34	01.04.93	85	25.0	183.8	0.56	idem	drainage des dépôts pliniens au contact sur le basalte altéré en boules
35	01.04.93	280	24.9	111	0.12	Carabin, chemin ss école	contact de l'andésite sur le conglomérat, masqué par les dépôts pliniens
5 bis	01.04.93	260	25.0	102	1.11	idem	mesure faite sur le chemin, 20 mètres sous 35
36	01.04.93	270	24.5	105	1.00	idem	semblable à 35 ; drainage continu le long du cours d'eau
37	01.04.93	260	25.3	104.2	0.31	idem	émergence ponctuelle, dans le talus creusé par la rivière Carabin ; même géologie que 35 localisation au contact des dépôts ponceux sur le conglomérat compact
38	01.04.93	260	24.3	98.6	5 à 10	idem	rivière Carabin près 37 ; bassin versant à l'amont constitué d'andésite

Le Lorrain - Quartier Morne Capot

39	01.04.93	140	25.8	120.6	0.50	Fond Labour	émergence dans le talus de la rivière Pirogue (NSV), à hauteur du pont
40	01.04.93	190	25.2	90.2	1.00	Ducros	émergence au pied d'un arbre à pain - andésite sur conglomérat ; contact masqué par les dépôts pliniens
	14.08.92		25.2	91	0.90		
41	01.04.93	200	25.4	106	0.10	Morne Capot	source captée - dépôts pliniens à l'amont
	14.08.92		25.6	109.2	0.10		
42	01.04.93	200	24.7	117	1 environ	idem	mesures faites dans la ravine à la hauteur de 41
43	01.04.93	180	25.0	148	0.07	Fond Pelière (sous l'Ecole)	source dans la ravine de Fond Pelière ;
44	01.04.93	180	23.9	98	5 environ	idem	mesure dans le cours d'eau, qui suit contact dépôts ponceux/conglomérat la source 43 est située à ce contact ; le cours d'eau draine les dépôts ± altérés ; l'andésite coiffant les sommets du bassin versant participe vraisemblablement à ces écoulements

Le Lorrain - Quartier Bon-Repos

45	01.04.93	150	25.7	130.8	0.10	Bon Repos	source captée , dépôts ponceux plus ou moins altérés
45 bi	01.04.93	145	25.0	109.8	0.50	idem	écoulements non captés apparaissant à l'aval du captage (45)
46	01.04.93	250	25.1	98.8	0.20	Morne Guérin	émergence dans un champ de bananes - contact andésite 2 alpha / conglomérat masqué par les dépôts pliniens
47	01.04.93	175	24.9	104.6	0.25	la Montagne	émergence au contact dépôts plinien / conglomérat

Le Marigot - le bourg

48	02.04.93	10	28.1	337	0.13	Fond d'Or	source , conglomérat affleurant sous l'émergence
49	02.04.93	20	28.0	303	0.50	idem	source anciennement captée pour le bourg, au pied d'une butte de basalte à débit en plaquettes centimétriques - contact sur le conglomérat
50	02.04.93	60	27.1	346	0.25	Duhamelin	source anciennement captée pour le bourg, au contact du basalte à débit en plaquettes sur une lave porphyrique très altérée
51	02.04.93	55	27.1	317	0.13	idem - rte de Sénéchal	émergence ponctuelle au sein du basalte très altéré
52	02.04.93	70	26.7	282	0.30	idem	source captée, au contact dépôts pliniens/basalte à débit en plaquettes
53	02.04.93	60	27.1	475	0.10	sous Plateforme	idem

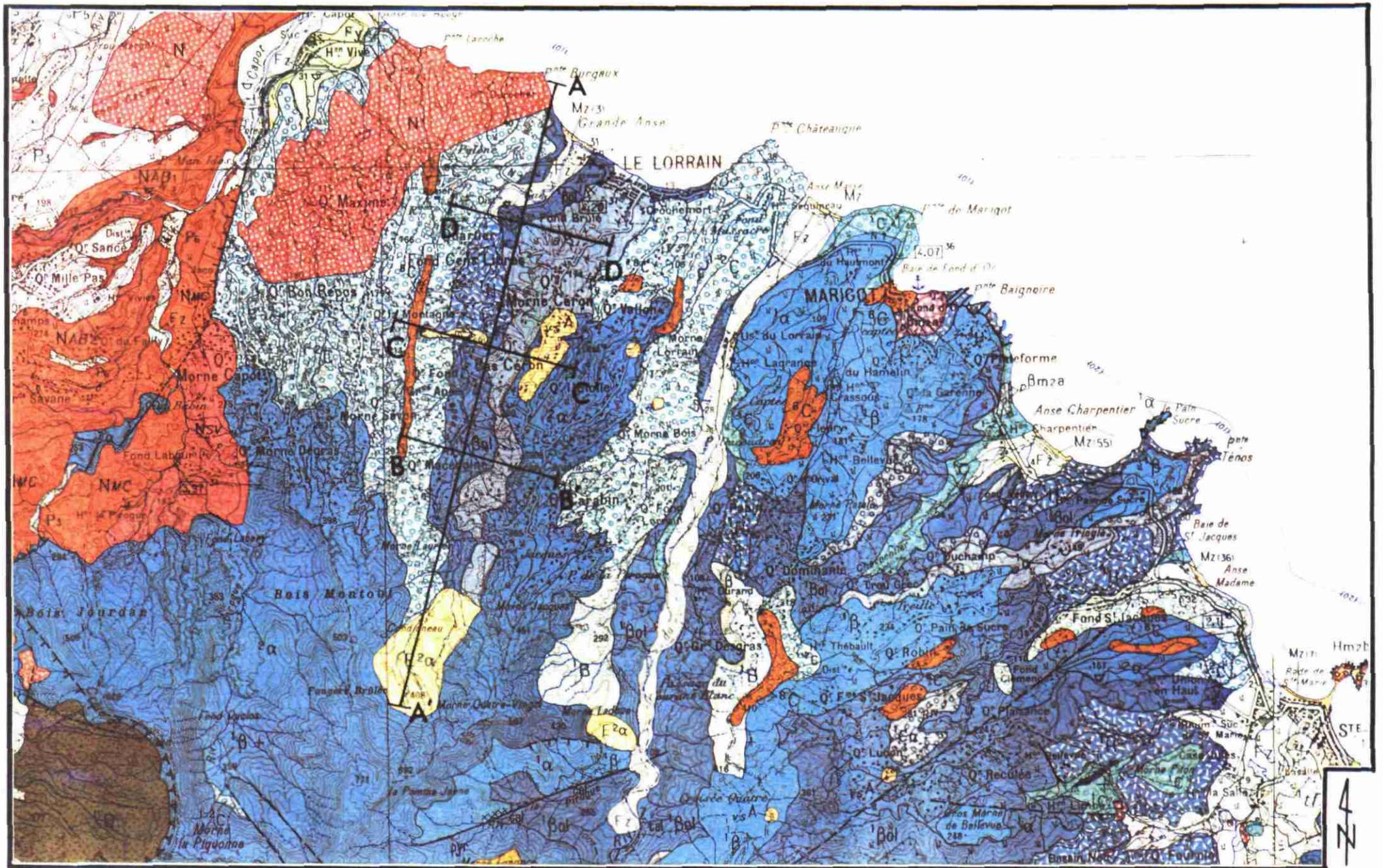


Figure 12 - Vallée de la rivière Grande Anse. Extrait de la carte géologique à 1/50.000. Localisation de l'amorce des coupes géologiques de la Figure 13. Echelle 1/50.000, voir légende dans le texte

Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées

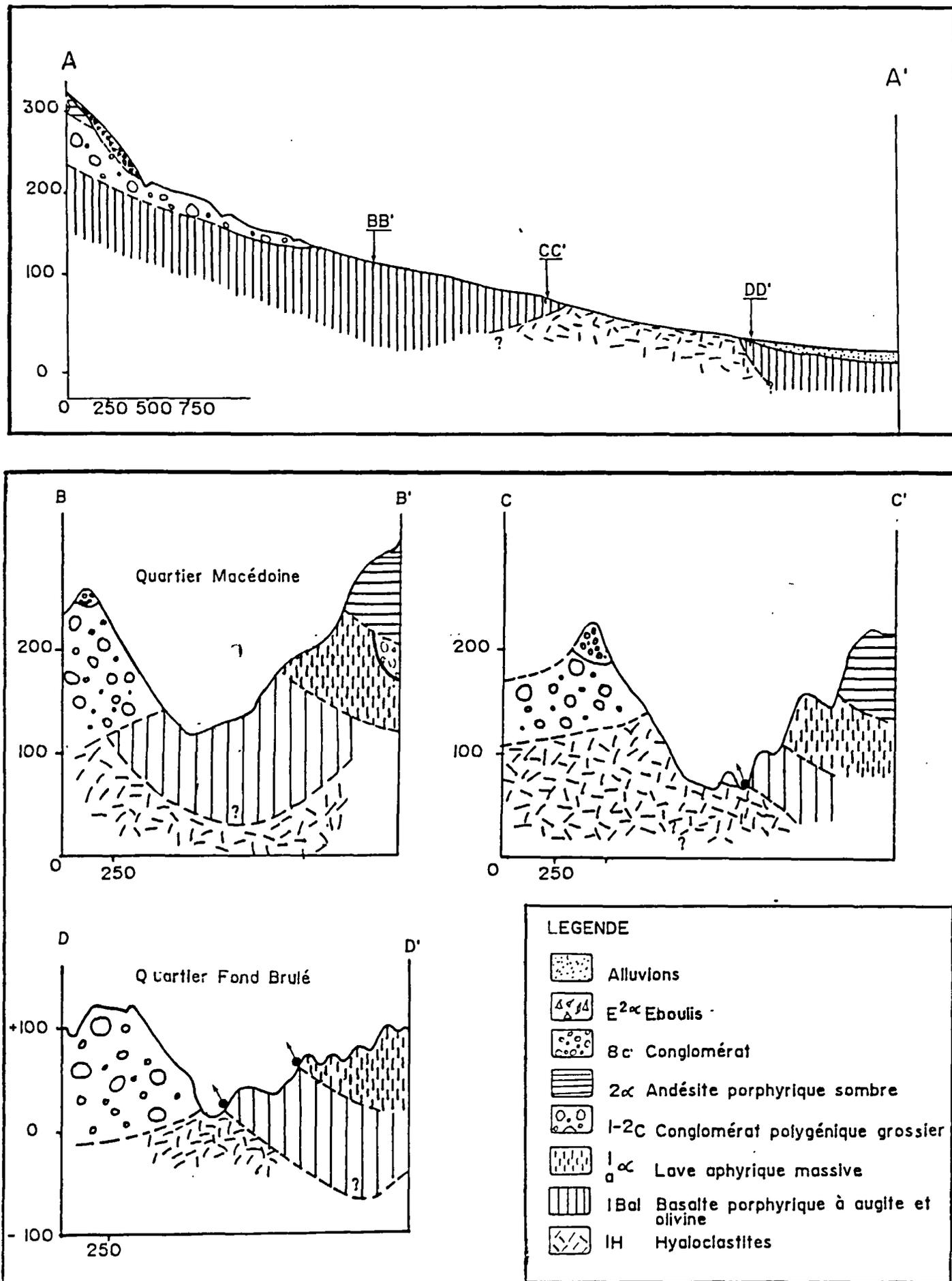


Figure 13 - Vallée de la rivière Grande Anse. Coupes géologiques parallèle et perpendiculaires au cours d'eau, du quartier Fond Brulé au quartier Macédoine

la partie amont de la vallée, à partir du quartier Macédoine, soit implantée à l'aplomb de l'axe de la paléovallée au sein de laquelle le basalte s'est mis en place.

La carte géologique de la Martinique à 1/50.000 ne mentionne aucun accident **tectonique** dans ce secteur, caractérisé, il est vrai, par de mauvaises conditions d'affleurement. La photo-interprétation des photographies aériennes de l'IGN met par contre en évidence un nombre relativement élevé de linéaments, de direction globalement est-ouest, principalement dans la vallée de la rivière Grande Anse (Figure 10).

Au sein de cette vallée, une partie du quartier Macédoine (Figure 10) a donc finalement été retenue afin de comparer, par une prospection aux mailles relativement resserrées (20 m), le signal radon aux linéaments repérés par photo-interprétation. Ce secteur présente l'intérêt, outre ses caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et de fracturation, de se situer en dehors et à l'amont des quartiers les plus fortement urbanisés.

4.2. CADRE MORPHOLOGIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le cours amont de la rivière Grande Anse (au dessus de l'altitude 150 m NGG environ) draine, au droit du site étudié, un bassin versant d'une superficie de 3,75 km² environ, pour l'essentiel forestier, très peu urbanisé et occupé pour une faible part par des cultures. Dans le secteur d'étude, le cours d'eau présente une pente régulière voisine de 5 %.

Les investigations de terrain confirment la présence du basalte à olivine (¹B_{ol}). La roche saine, fissurée et fracturée, affleure ainsi localement dans le lit du cours d'eau, en particulier à l'ouest du point coté 205 m NGM. Sur cet affleurement, trois familles de plans de fracturation découpent la roche en blocs métriques. leurs directions respectives sont : N15E à N30E et N75E avec un pendage subvertical et N135E à N155E avec un pendage vers l'ouest. La forme du méandre du cours d'eau semble conditionnée par la géométrie de la fracturation. Les formations superficielles sont constituées de retombées aériennes, localement bien développées, et d'alluvions récentes du cours d'eau qui semblent peu puissantes.

Les émergences recensées dans le secteur du quartier Macédoine apparaissent soit :

- issues des dépôts pliniens (faibles débits, suintements),
- localisées à l'interface coulées andésitiques ¹α sur basalte à olivine (¹B_{ol}). Les dépôts pliniens masquent vraisemblablement souvent le lieu d'émergence, certaines sources visibles plus bas que le contact géologique cartographié ont probablement une origine similaire.

Dans ces deux cas, le basalte joue un rôle d'imperméable relatif. Il doit néanmoins présenter des propriétés aquifères "dans sa masse" dans la mesure où, plus à l'aval, les sources émergent du basalte, au contact avec les hyaloclastites sous-jacentes.

L'examen des photographies aériennes de l'IGN suggère l'existence de deux linéaments, de direction voisine (N75 à N80) sur le site étudié (Figure 10).

4.3. PROSPECTION RADON

4.3.1. Déroulement de la prospection

La campagne de prospection émanométrique a été menée du 4 au 6 mai 1993. Les prélèvements ont été effectués par temps sec le premier jour, pluvieux durant les deux nuits précédant les mesures des deux jours suivants ainsi que durant l'après-midi du 6 mai.

Les prélèvements ont été menés selon un maillage carré de 20 m de côté, le plus régulier possible. La zone prospectée couvre un secteur de 400 m de long sur 100 m environ de large (figure 10), le long de la vallée de la rivière Grande Anse, des cotes 175 à 145 m NGM environ, débordant plus largement en rive gauche du cours d'eau que sur sa rive droite (Figure 15). Le total de 76 prélèvements et mesures a été réalisé sur 72 stations différentes (quatre mesures supplémentaires ont été réalisées sur 3 points).

Le sol à allophanes développé aux dépens des retombées aériennes, perméable, relativement épais sur la majeure partie du secteur, a permis de bonnes conditions techniques de prélèvement. Seuls les zones humides ou à trop forte pente ainsi que le lit majeur du cours d'eau, encombré de blocs, n'ont pas pu faire l'objet de prélèvements.

4.3.2. Résultats obtenus

L'ensemble des mesures effectuées est présenté en Annexe 2.

La sélection de la composante anormale est réalisée sur l'ensemble de l'échantillon dans la mesure où la densité des mesures est relativement constante sur la zone prospectée :

- le seuil anomal est de l'ordre de 700 pCi/l,
- le seuil de bruit de fond est voisin de 365 pCi/l.

La forme de l'histogramme des activités radon (Figure 14) confirme de manière qualitative l'ordre de grandeur du seuil anomal.

Les points de base ayant fait l'objet de mesures répétées (stations n° 1, 6 et 18) montrent la relative stabilité du signal radon.

4.3.3. Interprétation des résultats

Le report cartographique des mesures, avec interpolation par krigeage, (Figure 15) montre, comme sur le site de la rivière Petite Lézarde, une relativement bonne cohérence qui se traduit par l'opposition entre zones de forte activité radon, assez restreintes en superficie, et secteurs sans signal significatif. Les secteurs anomaux apparaissent cependant comme très dispersés en première analyse.

La prise en compte des critères de sélection des anomalies permet de distinguer (Figure 15, Carte 2) 5 points ou groupes de points qui dépassent le seuil anomal. On observe ainsi, du Nord vers le Sud :

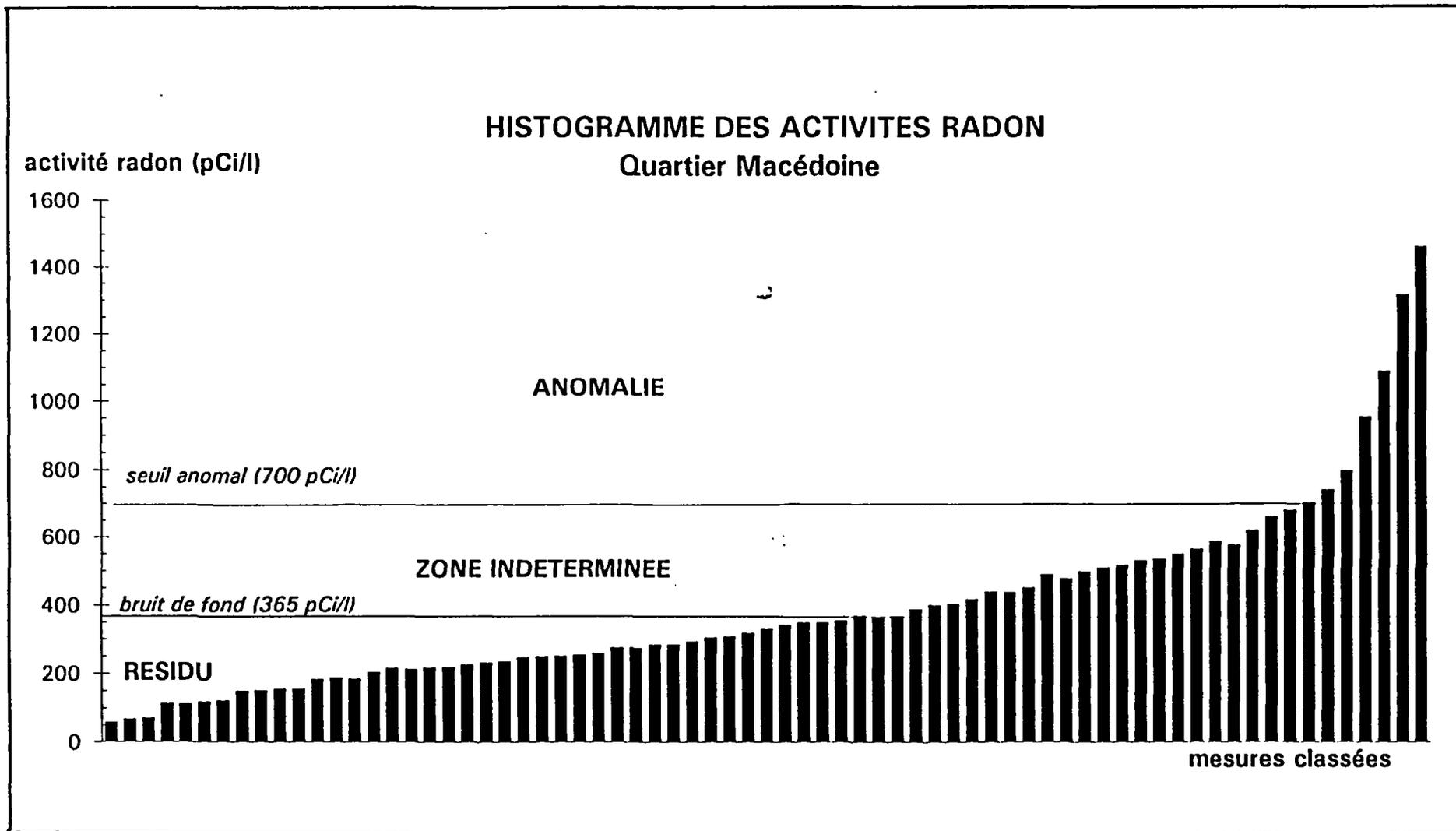


Figure 14 - Site du quartier Macédoine. Histogrammes des activités radon sur l'ensemble des mesures

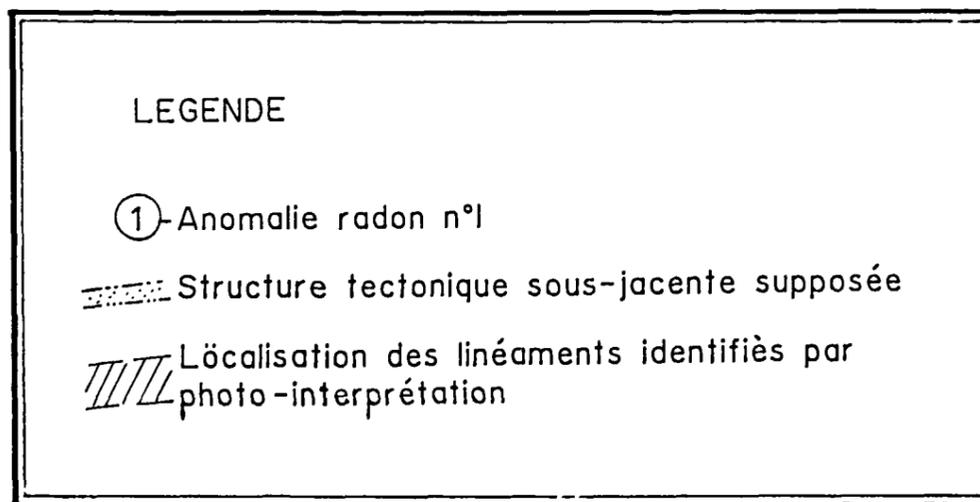
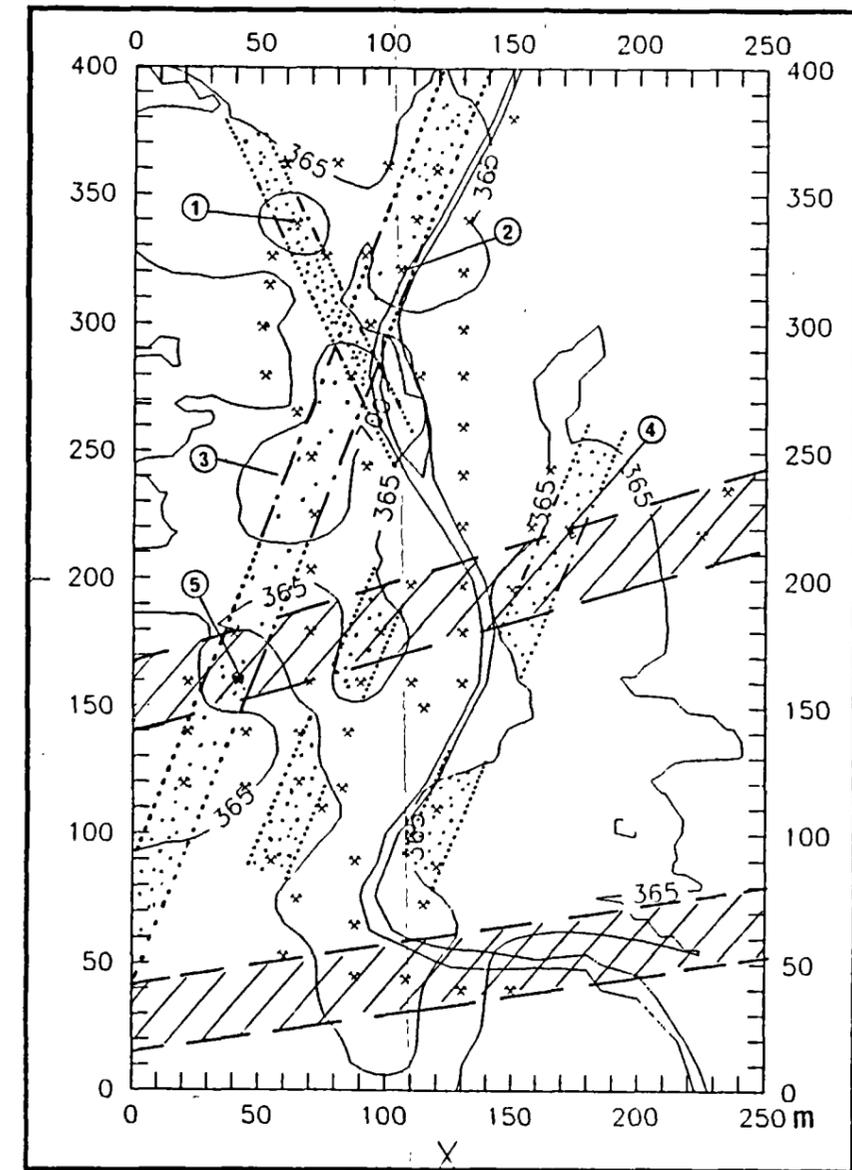
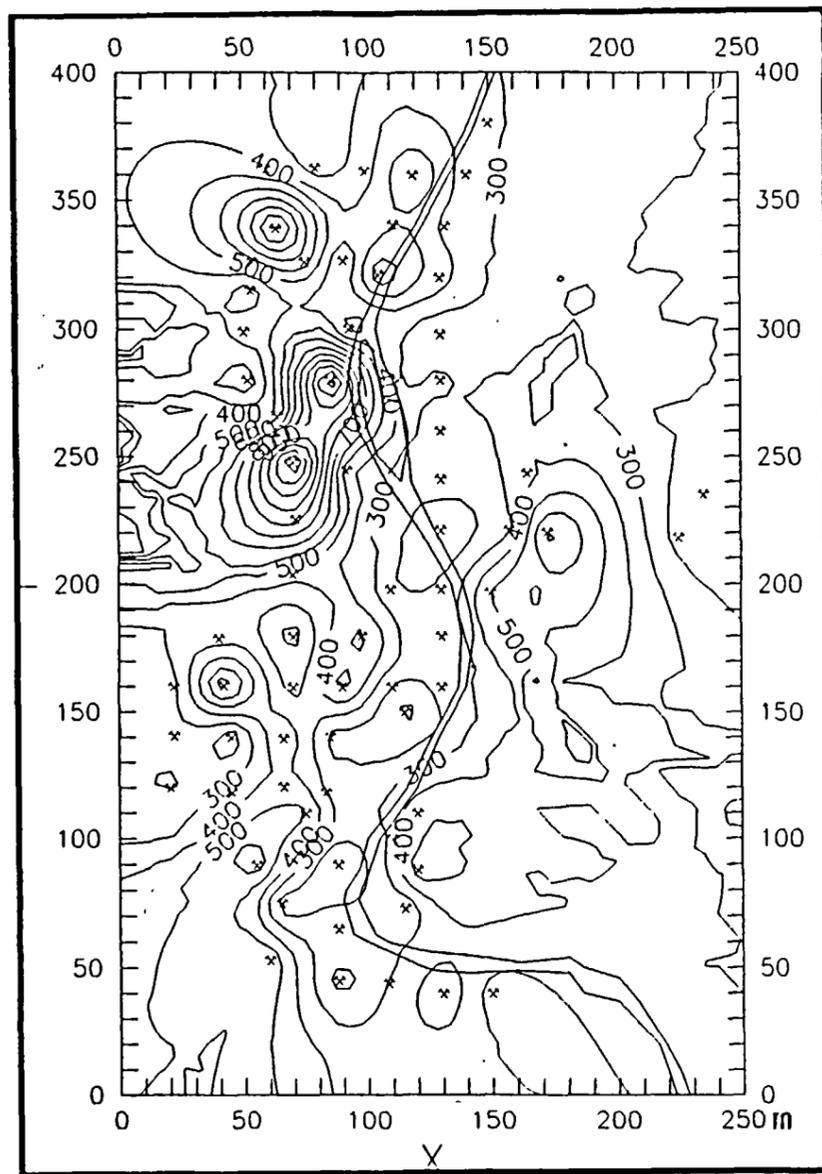


Figure 15 - Site du quartier Macédoine. Cartographie de l'activité en gaz radon, exprimée en pCi/l, obtenue par interpolation (méthode du krigeage). Carte 1 : isovaleurs tous les 100 pCi/l. Carte 2 : délimitation du seuil anormal (700 pCi/l) et du seuil de bruit de fond (365 pCi/l) et structures tectoniques sous-jacentes supposées

- **secteur n° 1** : une seule station (1089 pCi/l), bordée au sud et au nord de trois points de teneurs relativement élevées (respectivement 660 et 565 pCi/l au sud et 400 pCi/l au nord),
- **secteur n° 2** : composé d'un seul point anomal (704 pCi/l), de faible intensité. Deux points d'activité supérieure au bruit de fond (621 et 499 pCi/l) prolongent cette anomalie vers le nord-est,
- **secteur n° 3** : constitué de trois points anomaux (1318, 1462 et 955 pCi/l) alignés selon une direction sud-ouest - nord-est ; c'est le principal secteur anomal mis en évidence, tant par le nombre de stations concernées que par l'intensité des activités radon,
- **secteur n° 4** : un point anomal de faible intensité (742 pCi/l) avec, dans son prolongement sud-ouest immédiat, une station nettement supérieure au bruit de fond (518 pCi/l). Deux autres points d'activité nettement supérieure au bruit de fond (478 et 577 pCi/l) se situent, à plus grande distance, dans le prolongement sud-ouest de ce secteur, en rive droite de la ravine,
- **secteur n° 5** : composé d'un seul point anomal de relativement faible intensité (798 pCi/l).

L'analyse de la répartition de ces secteurs anomaux suggère une très nette prédominance de structures de direction nord-nord-est - sud-sud-ouest :

- la plus évidente comprenant les secteurs anomaux n° 2, 3 et 5,
- une autre, moins bien marquée, étant constituée de l'anomalie n° 4 et du prolongement vers le sud que constituent les deux stations implantées en rive droite de la ravine.

Par ailleurs, les stations d'activité supérieure au bruit de fond situées à l'est (551, 535 pCi/l) et au sud (511, 439, 531, 682 pCi/l) de l'anomalie n° 5 pourraient elles-aussi être regroupées, du fait de l'alignement qu'elles constituent, au sein d'une structure de direction similaire aux précédentes, située à mi-distance entre-elles.

L'anomalie n° 1 se s'insère pas, au vu des données disponibles (elle se situe cependant en bordure de zone prospectée), au sein de ce schéma structural. Elle pourrait alors appartenir à une direction conjuguée de la précédente.

La direction générale nord-nord-est - sud-sud-ouest des principales structures que la prospection radon semble mettre en évidence ne coïncide pas avec l'orientation de la fracturation supposée tant à l'échelle de l'ensemble de la commune du lorrain, linéaments orientés globalement est-ouest, que du secteur prospecté. Au sein de ce dernier, les deux linéaments est-nord-est - ouest-sud-ouest identifiés (Figure 10) ne correspondent pas clairement avec des anomalies radon ; tout au plus pourrait on noter une relative coïncidence entre l'un d'entre-eux et l'alignement que formeraient, de l'ouest vers l'est, l'anomalie n° 5, les deux points à 551 et 535 pCi/l et l'anomalie n° 4.

Par contre, la direction des principales structures que la prospection radon semble mettre en évidence est tout à fait conforme, à l'échelle du site étudié, avec l'orientation des deux tronçons, linéaires et parallèles l'un à l'autre, que suit le lit du cours d'eau. À l'échelle de la commune, cette direction est similaire à l'orientation de la vallée de la rivière du Lorrain sur la majeure partie de son tracé à l'aval du Passage du Courant Blanc mais aussi, à celle d'autres cours d'eau, dont, pour certains de ses secteurs, la rivière Grande Anse (figure 10). Notons également que l'anomalie n° 1 se situe exactement dans l'axe du bras du cours d'eau orienté nord-ouest - sud-est. La réalisation de stations complémentaires de mesures radon à l'amont et à l'aval du site étudié mais également sur les flancs de la vallée permettraient de vérifier ces hypothèses.

Par ailleurs, il convient de noter que la direction de ces structures (N20E) se situe en limite inférieure de la fourchette des orientations jugées favorables, du fait du champ de contraintes tectoniques actuel, à la prospection hydrogéologique.

En résumé, même si en première approche les anomalies radon mises en évidence ne semblent pas pouvoir s'intégrer au sein du schéma structural défini par photo-interprétation, il semble très probable que ces structures reflètent bien l'existence d'une fracturation d'origine tectonique, soulignée par la morphologie du lit des cours d'eau. Par ailleurs, la nature pédologique ou géologique (présence ou non d'alluvions) du sol et du sous-sol ne semble pas avoir une incidence notable sur le signal émanométrique. Les plages inférieures au seuil de bruit de fond ainsi que les anomalies sont observées aussi bien dans l'axe du cours d'eau, dans des secteurs où la présence d'alluvions est possible, que sur les flancs de la vallée. La présence du sol à allophanes constitue sur ce secteur également un élément favorable à la mise en oeuvre des campagnes émanométriques.

4.4. INTERET DU SITE DU QUARTIER MACEDOINE POUR LA RECHERCHE D'EAU SOUTERRAINE

Le site du quartier Macédoine, bien que concernant un secteur très réduit de la vallée de la rivière Grande Anse, présente des caractéristiques permettant d'envisager avec de bonnes probabilités de succès la possibilité d'y exploiter des eaux souterraines. La géométrie des anomalies radon mises en évidence y apparaît en effet comme fortement structurée par la fracturation d'origine tectonique. Ce secteur montre en outre d'autres caractéristiques favorables : il se situe dans l'axe supposé de la paléovallée au sein de laquelle s'est mis en place le basalte à olivine, à l'aval d'un bassin versant peu urbanisé et peu cultivé, à une altitude relativement importante, plus de 150 m NGM, qui limiterait les coûts de refoulement. Par ailleurs, l'extension des travaux de recherche d'eau souterraine, en fonction de la localisation des besoins, dans la vallée de la rivière Grande Anse ou dans d'autres secteurs de cette région paraît aussi tout à fait envisageable.

Par contre, l'altitude relative ainsi que la pente du profil en long du cours d'eau dans le secteur ne permettent pas d'assurer avec certitude que le niveau piézométrique de la nappe coïncide avec celui de la ravine. Il conviendrait donc de caractériser ce paramètre avant de passer à l'exécution d'un forage d'exploitation, en réalisant par exemple dans un premier temps un sondage de reconnaissance. Le suivi géologique de cette

*Mise en oeuvre expérimentale de la méthode "radon" pour la recherche d'eau souterraine
dans le cas de formations volcaniques altérées*

foration ainsi que des investigations géologiques de détail sur le terrain devront également permettre de s'assurer de l'épaisseur et de l'extension de la formation du basalte à olivine.

5. CONCLUSION

Deux campagnes de prospection hydrogéologique par émanométrie du radon au sein des gaz du sol ont été mises en oeuvre à titre expérimental dans la vallée de la rivière Petite Lézarde (secteur Gros Morne - Vert Pré) et dans celle de la rivière Grande Anse (quartier Macédoine - commune du Lorrain). Ces deux sites ont été sélectionnés d'une part sur des critères d'ordre hydrogéologique et d'intérêt de l'expérimentation et d'autre part, en fonction des besoins pour l'alimentation en eau potable exprimés par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt pour les années à venir.

Les résultats obtenus :

- bonne cohérence du signal radon - opposition entre zones de forte activité, bien individualisées, et secteurs sans signal significatif - dont l'amplitude est de taille décamétrique à hectométrique,
- existence d'une corrélation forte entre signal radon et structures tectoniques sous-jacentes,
- absence d'incidence notable de la nature géologique ou pédologique du sol et du sous-sol sur le signal émanométrique. Au contraire, la présence de sols à allophanes relativement épais, très répandus dans cette région de Martinique, constitue, du fait de leur relativement bonne perméabilité, un élément favorable à la mise oeuvre d'une campagne de prospection radon, etc.

montrent que cette méthodologie fournit des résultats similaires, en terme de possibilité de mise en oeuvre et de nature et qualité du signal recueilli, qu'au sein des autres régions de la Martinique, où elle a été utilisée avec succès pour la localisation de zones fracturées aquifères.

La conclusion favorable de cette première analyse de faisabilité devrait cependant être suivie en toute logique dans un deuxième temps par la réalisation de sondages de reconnaissance qui permettront de valider sans ambiguïté la faisabilité de mise en oeuvre de cette méthodologie, en complément des outils classiques dont dispose l'hydrogéologue, dans le contexte climatique et géologique de la côte au vent.

Par ailleurs, les informations d'ordre hydrogéologique acquises à grande échelle à l'occasion de ces expérimentations confirment et renforcent les conclusions des travaux de première phase, menés à plus petite échelle, qui militent en faveur de l'existence de ressources en eau souterraine d'importance dans le nord-atlantique de la Martinique.

ANNEXE 1

**Site de la vallée de la rivière Petite Lézarde.
Résultat des mesures des teneurs en radon au sein
des gaz du sol et localisation des stations de mesure**

Gros-Morne Campagne du 11/05 au 14/05/1993

N° station	prélèvement		analyse		comptage	résultat en pCi / l
	heure	minute	heure	minute		
1	9	50	16	40	322	178
2	9	57	16	44	680	376
3	10	04	16	50	837	462
4	10	12	16	34	644	355
5	8	12	17	32	427	241
6	8	25	17	28	538	302
7	8	36	17	41	296	166
8	8	44	17	45	806	453
9	8	51	17	50	367	206
10	9	11	17	50	1262	707
11	9	18	18	58	407	230
12	9	25	18	02	424	238
13	9	45	18	07	590	330
14	9	52	18	15	562	314
15	10	12	18	19	1859	1038
16	10	18	18	24	482	269
17	10	27	18	28	679	379
18	10	40	18	37	589	328
19	12	18	18	37	258	142
20	12	31	18	41	151	83
21	12	37	18	45	427	235
22	12	53	18	50	614	337
23	13	00	18	54	346	190
24	13	08	18	58	516	283
25	13	13	19	03	702	385
26	13	18	19	08	1741	955
27	13	35	19	15	959	525
28	13	39	19	20	1114	611
29	13	46	19	25	589	323
30	13	49	19	30	1073	588
31	13	56	19	35	893	489
32	14	06	19	40	734	402
33	14	15	19	45	764	418
34	14	20	18	11	467	252
35	14	27	19	50	395	216
36	14	35	19	58	828	453
37	14	52	20	05	970	530
38	14	58	20	10	724	395
39	15	15	20	15	699	381
40	15	23	20	20	876	477
41	15	33	20	30	309	168
<i>moyenne</i>						376

1er jour

42	8	31	16	40	520	290
43	8	36	16	45	798	446
44	8	40	16	50	425	237
45	8	48	16	54	545	304
46	8	58	17	06	461	257
47	9	03	17	10	264	147
48	9	13	17	16	519	290
49	9	20	17	20	743	414
50	9	26	17	35	737	411
51	9	42	17	40	575	321
52	9	49	17	45	442	246
53	9	55	17	50	1407	784
54	10	04	17	55	534	297
55	10	11	18	00	360	200
56	10	20	18	20	156	87
57	10	30	18	24	126	70
58	10	35	18	30	538	300
59	10	45	18	35	614	342
60	10	54	18	38	498	277
61	11	00	18	42	594	331
62	11	35	18	47	416	231
63	11	45	18	53	385	213
64	11	52	18	58	383	212
65	12	00	19	02	938	519
66	12	10	19	10	587	325
67	12	30	19	14	920	508
68	12	40	19	20	965	533
69	12	47	19	26	498	275
70	12	57	19	35	876	484
71	13	30	19	40	528	290
72	13	35	19	45	934	514
73	13	38	19	50	618	340
74	13	47	19	55	355	195
75	13	53	20	00	233	128
76	14	22	20	05	455	249
77	14	30	20	10	991	543
78	14	50	20	15	928	508
<i>moyenne</i>						328

= point N° 5

2ème jour

79	10	00	18	03	572	319	
80	10	10	18	08	604	337	
81	10	15	18	12	528	294	
82	10	20	18	16	860	479	
83	10	25	18	21	584	326	
84	10	47	18	25	575	320	
85	10	52	18	30	1335	742	
86	11	10	18	34	774	430	
87	11	19	18	38	448	249	
88	11	27	18	42	843	467	
89	11	36	18	46	481	267	
90	12	00	18	51	1057	584	
91	12	08	18	55	509	281	
92	12	15	18	59	418	231	
93	12	35	19	03	1736	957	
94	12	40	19	08	2020	1114	
95	12	45	19	12	1045	576	
96	13	44	19	16	455	249	
97	13	49	19	21	305	167	
98	13	58	19	27	562	308	
99	14	02	19	31	329	180	
100	14	10	19	36	251	137	
101	14	15	19	41	269	147	
102	14	19	19	45	1280	700	
103	14	25	19	49	559	306	
104	14	30	19	53	671	367	
105	14	34	19	58	402	220	
106	14	39	20	02	308	168	
107	14	43	20	06	520	284	
108	14	48	20	11	922	504	
109	15	03	20	15	740	404	
110	15	00	20	24	428	234	
111	15	10	20	29	595	325	
112	15	18	20	33	832	454	
113	15	26	20	39	514	281	
114	15	30	20	43	613	335	
115	15	55	20	47	211	115	
116	16	00	22	12	686	377	
116	16	15	20	56	1014	552	
117	16	20	21	00	969	527	
118	16	25	21	04	1495	813	
119	16	29	21	08	681	370	
120	16	39	21	13	282	153	
121	16	40	21	17	460	250	
122	16	50	21	21	418	227	
123	17	00	21	29	401	218	
					<i>moyenne</i>	377	
					<i>moyenne globale</i>	364	
<i>seuil anomal (10 %)</i>					576	<i>bruit de fond</i>	315

= point N°5

= point N°70

= point N°55

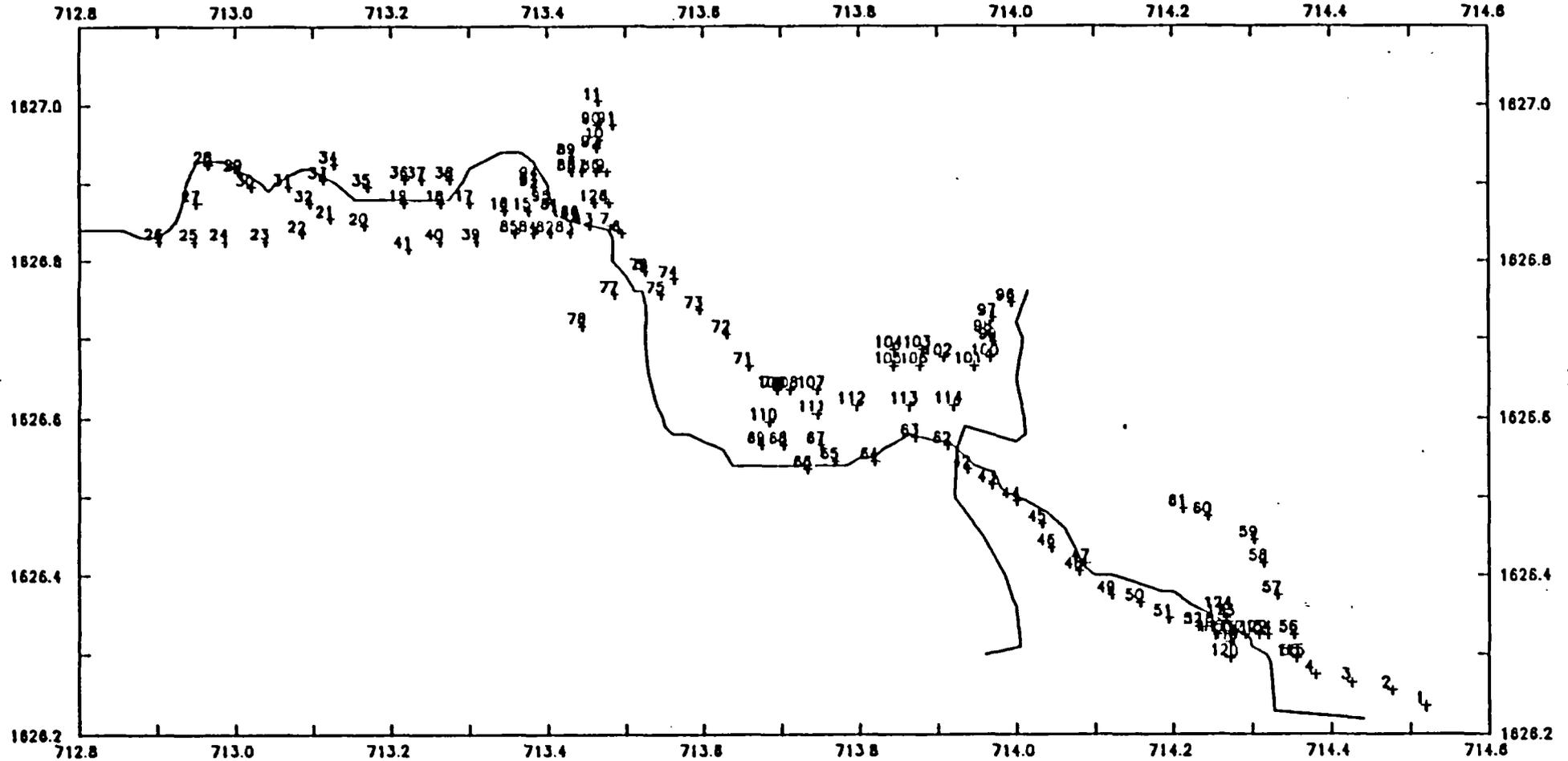
= point N°53

= point N° 5

3ème jour

PROSPECTION RADON GROS MORNE

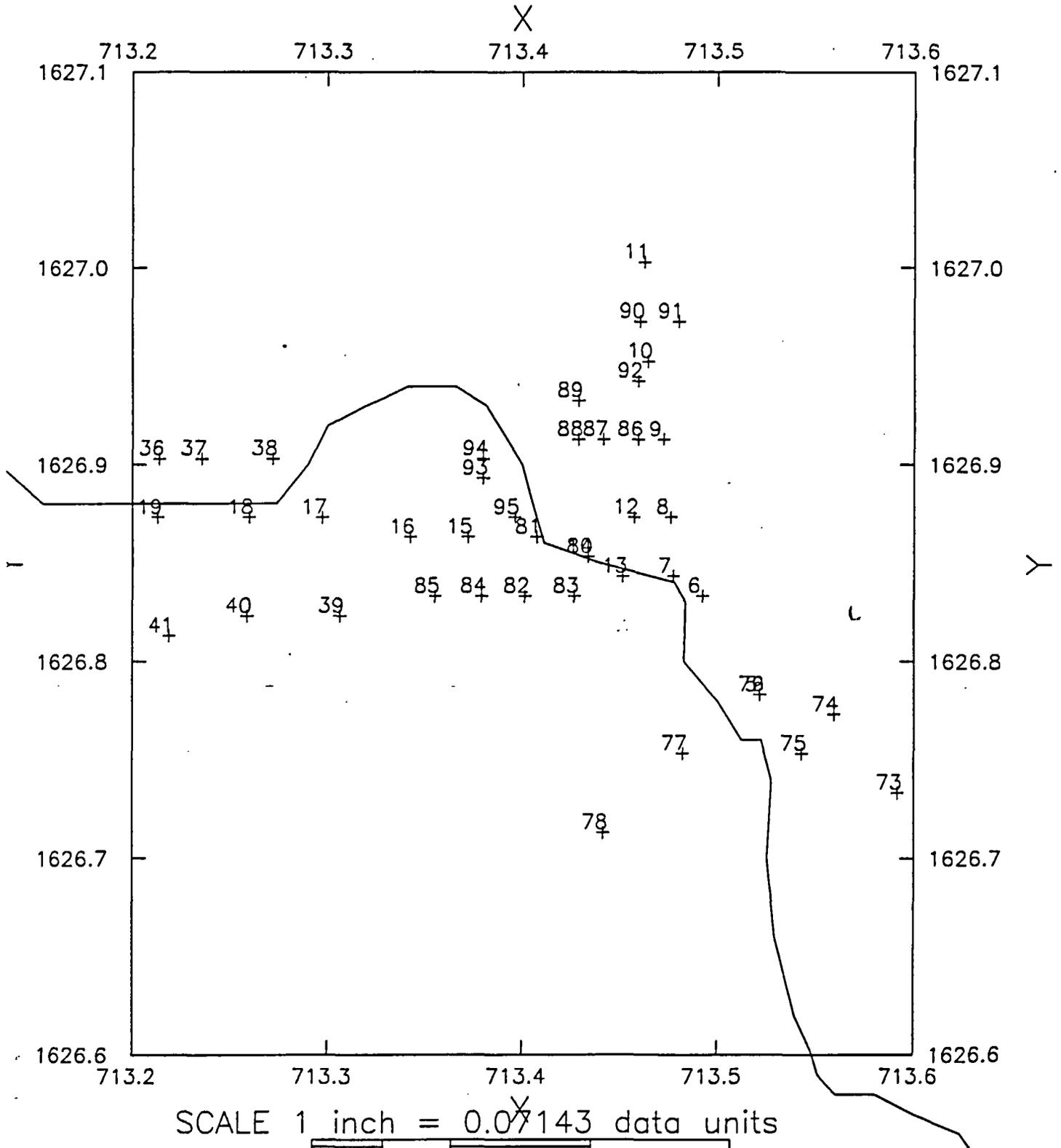
X



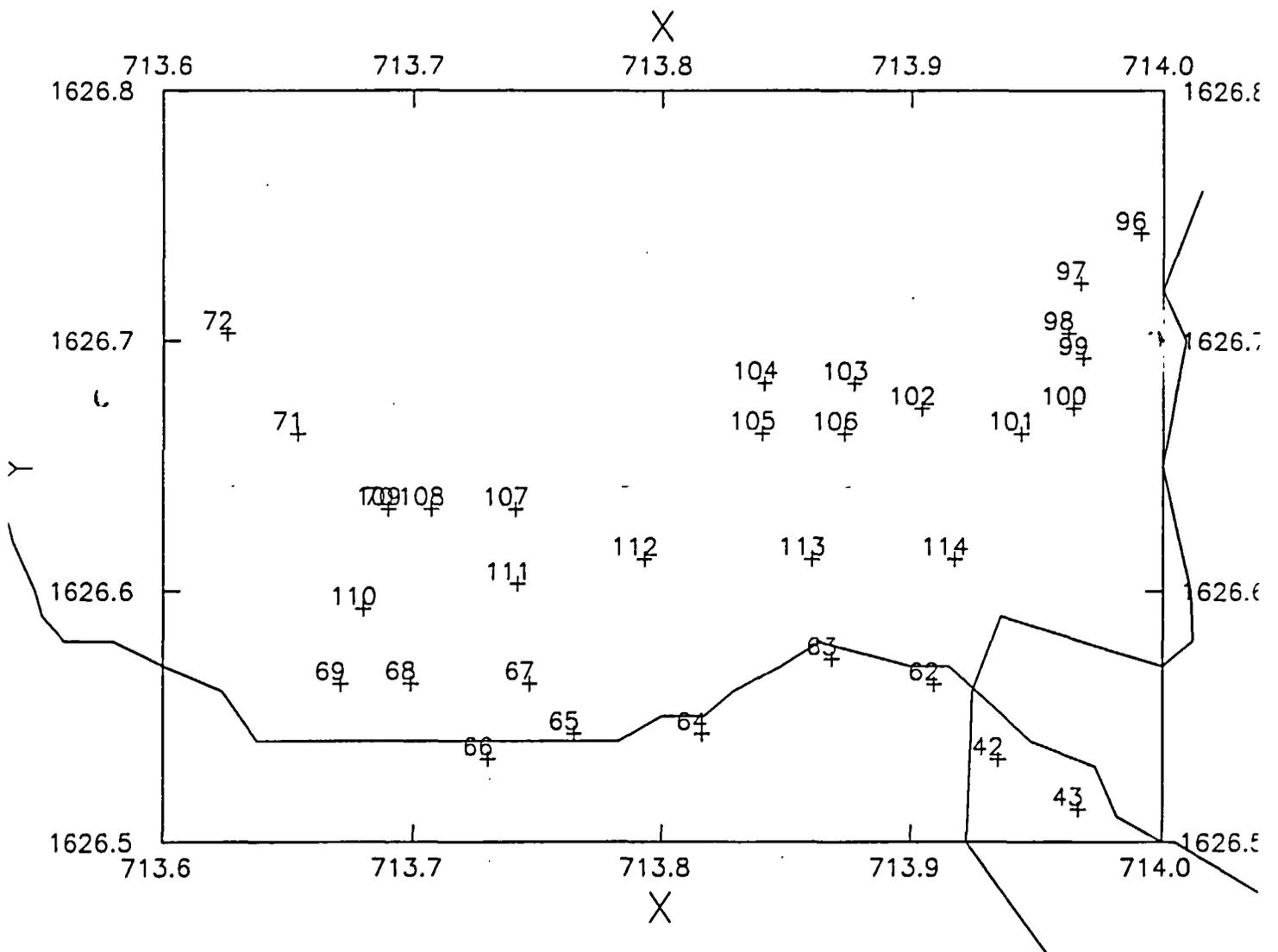
SCALE 1 cm. = 0.1286 data units

Numéro des stations de mesure

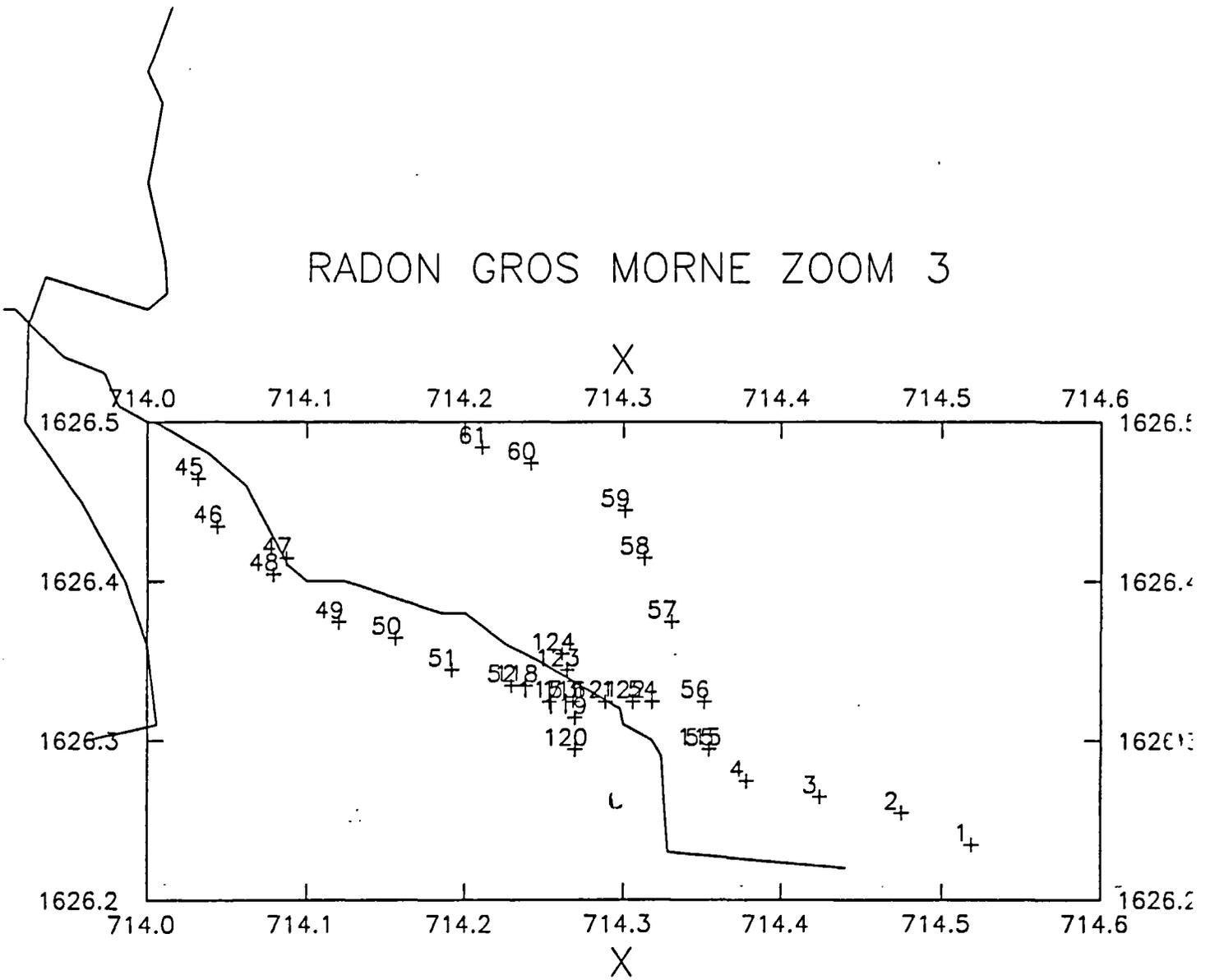
RADON GROS MORNE ZOOM 1



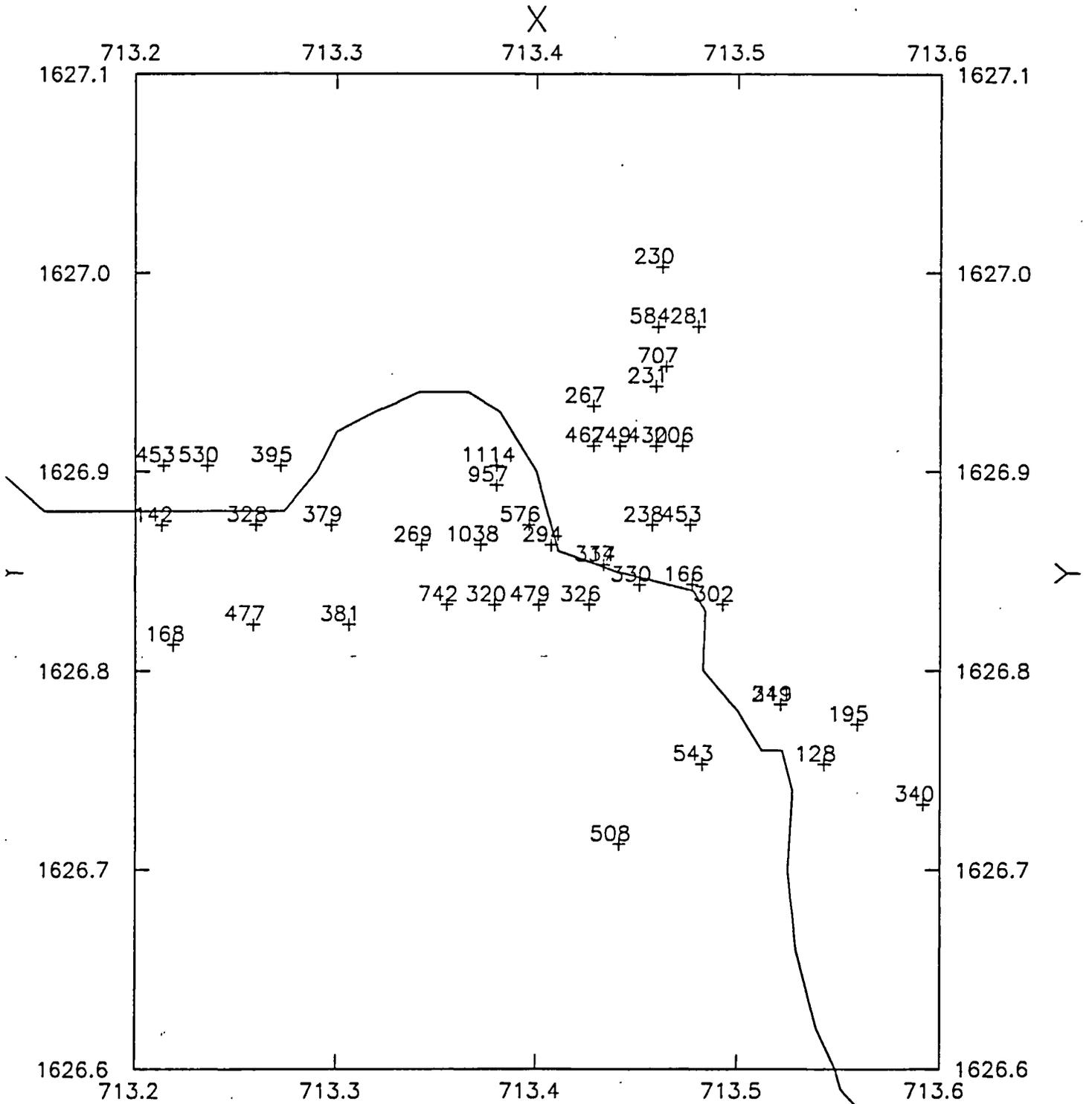
RADON GROS MORNE ZOOM 2



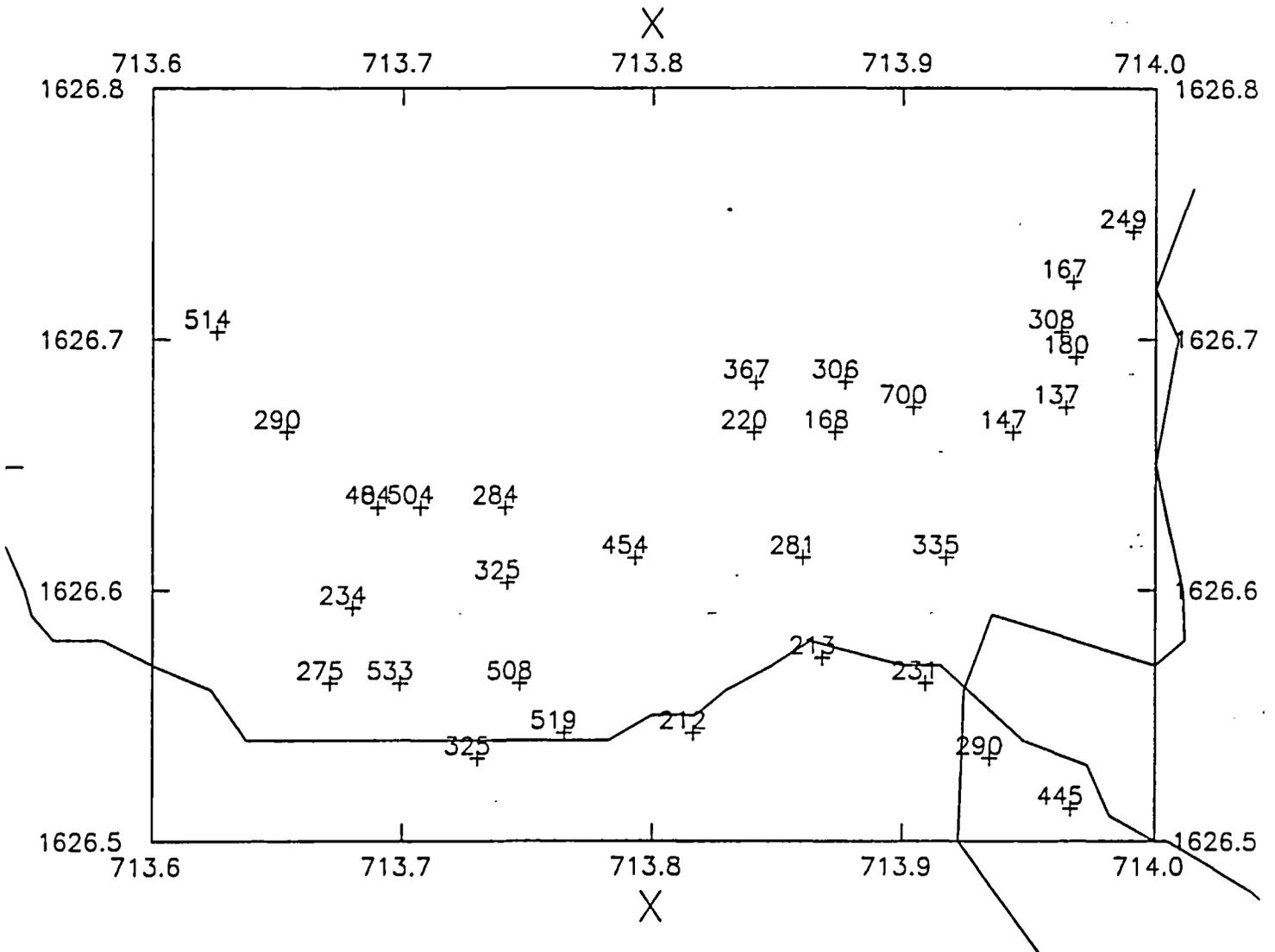
RADON GROS MORNE ZOOM 3



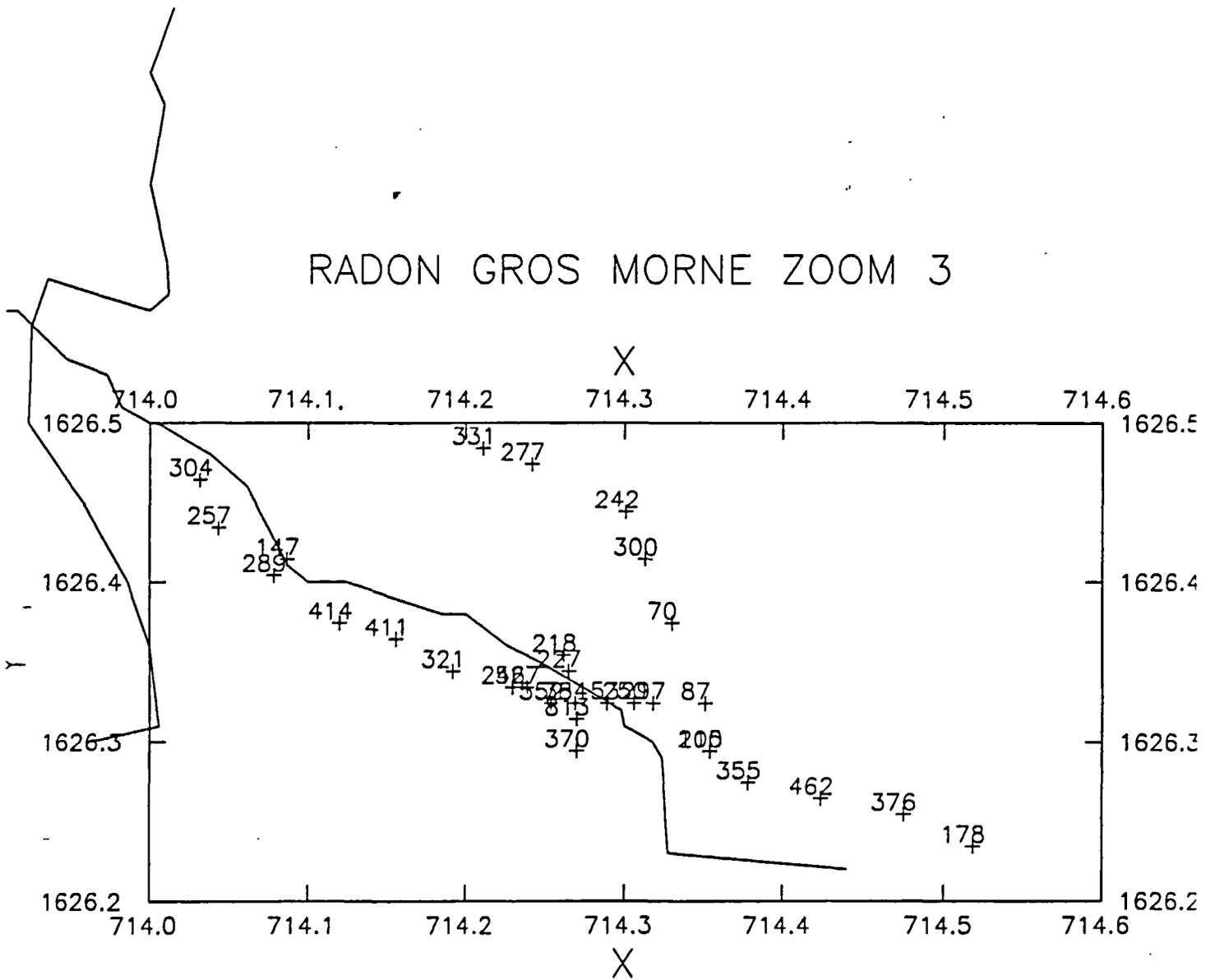
RADON GROS MORNE ZOOM 1



RADON GROS MORNE ZOOM 2



RADON GROS MORNE ZOOM 3



ANNEXE N°2

**Site du quartier Macédoine. Résultat des mesures des
teneurs en radon au sein des gaz du sol et localisation
des stations de mesure**

N° station	prélèvement		analyse		comptage	résultat en pCi / l
	heure	minute	heure	minute		
1	10	5	17	2	126	70
2	10	20	17	12	514	284
3	10	25	17	17	397	220
4	10	33	17	21	619	342
5	10	39	17	26	335	185
6	10	44	17	31	730	403
7	10	50	17	35	661	365
8	11	7	17	42	632	349
9	11	15	17	46	559	308
10	11	42	17	52	396	218
11	11	47	17	56	373	205
12	11	55	0	0	0	0
13	12	15	18	0	105	58
14	12	45	18	5	875	478
15	13	0	18	9	1058	577
16	13	25	18	12	584	318
17	13	37	18	17	392	213
18	13	48	18	22	831	452
19	14	43	18	27	207	112
20	14	50	18	34	288	156
20 bis	14	58	18	47	405	219
					<i>moyenne</i>	<i>266</i>
21	9	15	18	8	91	51
22	9	22	18	18	447	251
23	9	35	18	23	271	152
24	9	43	18	28	543	305
25	9	50	18	32	873	489
26	9	56	18	36	441	247
27	10	15	18	41	329	184
28	10	22	18	50	984	551
29	10	35	18	56	280	157
30	10	40	19	0	510	285
31	10	46	19	5	949	531
32	10	57	19	23	1218	682
33	11	6	19	31	219	123
34	11	18	19	38	366	205
35	11	31	19	43	121	68
36	11	41	19	50	1053	588
37	11	57	19	55	453	253
38	12	5	20	0	269	150
					<i>moyenne</i>	<i>330</i>

Fiole ouverte

1er jour

point 1

point 18

2ème jour

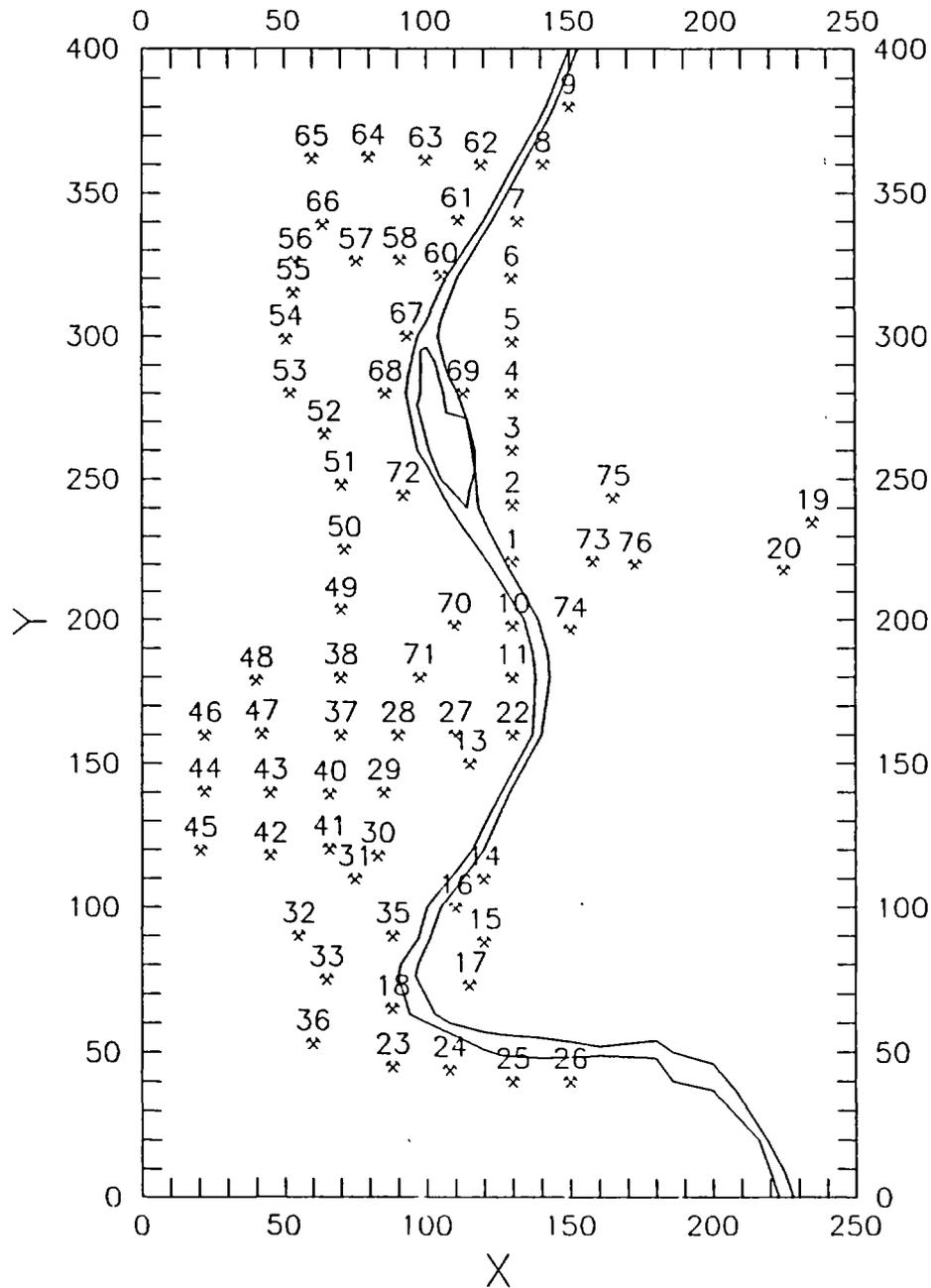
39	9	12	19	24	189	107
40	9	27	19	28	902	511
41	9	35	19	32	776	439
42	9	45	19	37	585	331
43	9	52	19	41	211	119
44	10	0	19	45	487	275
45	10	8	19	50	333	188
46	10	20	19	54	453	256
47	10	25	19	59	1414	798
48	10	37	20	3	620	350
49	10	48	20	7	778	438
50	10	55	20	12	1696	955
51	11	3	20	16	2598	1462
52	11	15	20	21	689	387
53	11	20	20	25	201	113
54	11	31	20	30	656	369
55	11	39	20	35	404	227
56	11	46	20	40	1006	565
57	11	55	20	44	1177	660
58	12	0	20	48	490	275
59	13	5	20	52	897	499
60	13	13	20	58	1265	704
61	13	20	21	5	897	499
62	13	25	21	9	1116	621
63	13	30	21	15	637	355
64	13	41	21	20	418	233
65	13	48	21	25	719	400
66	13	55	21	35	1958	1089
67	14	11	21	41	425	236
68	14	17	21	55	2369	1318
69	14	37	22	0	528	293
70	14	55	22	7	391	217
71	15	0	22	10	965	535
72	15	28	22	18	754	417
73	15	35	22	20	470	260
74	15	44	22	25	938	518
75	15	53	22	30	666	368
76	16	0	22	35	1345	742
					<i>moyenne</i>	487
					<i>moyenne</i>	390

point 1

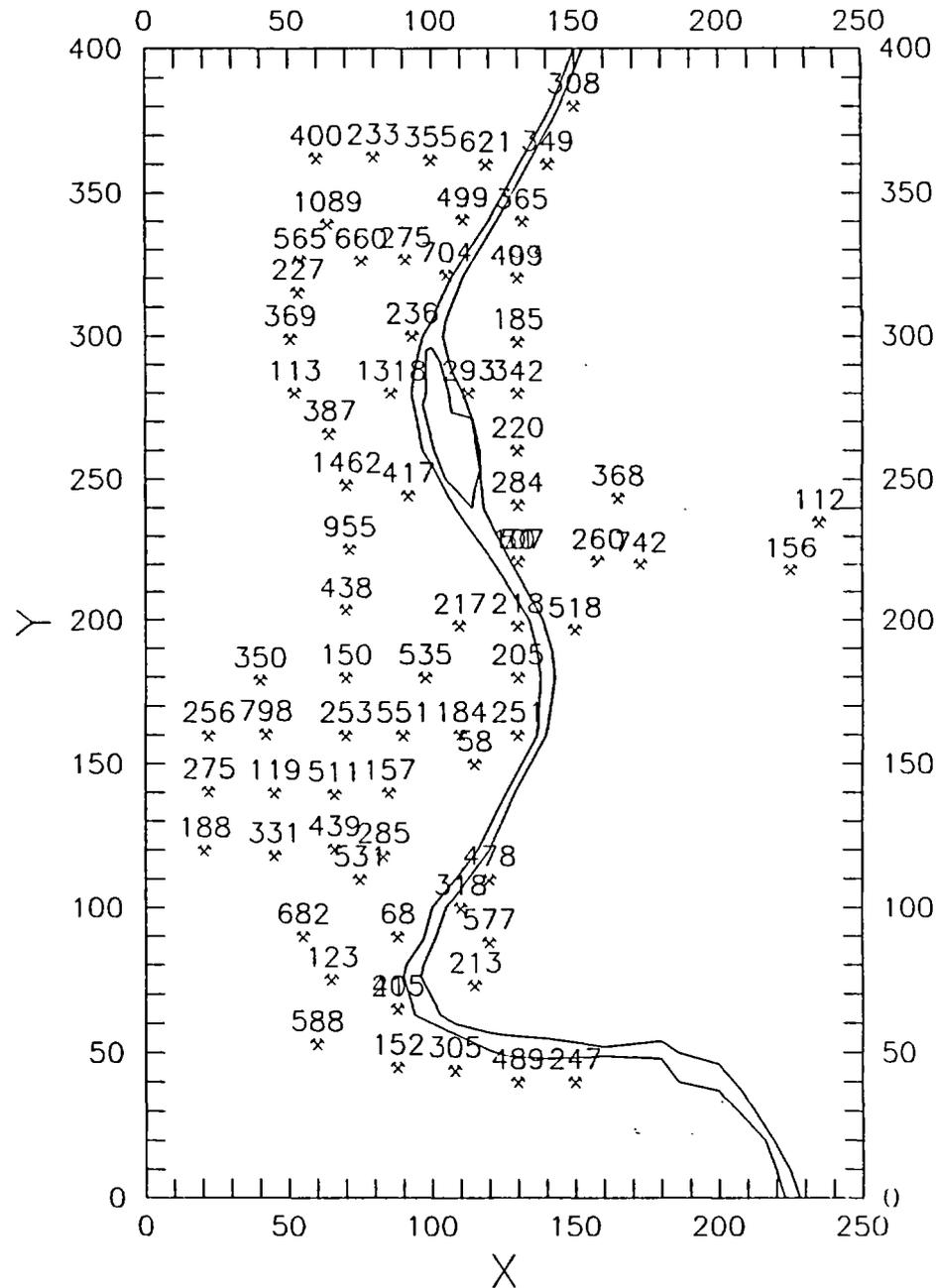
point 6

3ème jour
totalité

PROSPECTION RADON QUARTIER MACEDOINE



Numéro des stations de mesure



Activités radon (pCi/l)