



HAL
open science

ATP du CNRS Approches nouvelles en Archéologie par les méthodes de la Physique, de la Chimie, des Mathématiques et des Sciences de la terre. Projet Approche du peuplement préhistorique en zone volcanique active. Rapport final.

Jean-Paul Raynal, Martin Aitken, Thierry Bulle, Guy Camus, Jean-Pierre Daugas, Hassan Erramli, Jean Fain, Agnès Gauthier, Jean-Luc Guadelli, N.M. Le Coustumer, et al.

► **To cite this version:**

Jean-Paul Raynal, Martin Aitken, Thierry Bulle, Guy Camus, Jean-Pierre Daugas, et al.. ATP du CNRS Approches nouvelles en Archéologie par les méthodes de la Physique, de la Chimie, des Mathématiques et des Sciences de la terre. Projet Approche du peuplement préhistorique en zone volcanique active. Rapport final.. 1989. <halshs-00004375>

HAL Id: halshs-00004375

<https://shs.hal.science/halshs-00004375v1>

Submitted on 1 Aug 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

A.T.P. DU C.N.R.S. "APPROCHES NOUVELLES EN ARCHEOLOGIE PAR LES METHODES DE LA PHYSIQUE, DE LA CHIMIE, DES MATHEMATIQUES ET DES SCIENCES DE LA TERRE.

PROJET

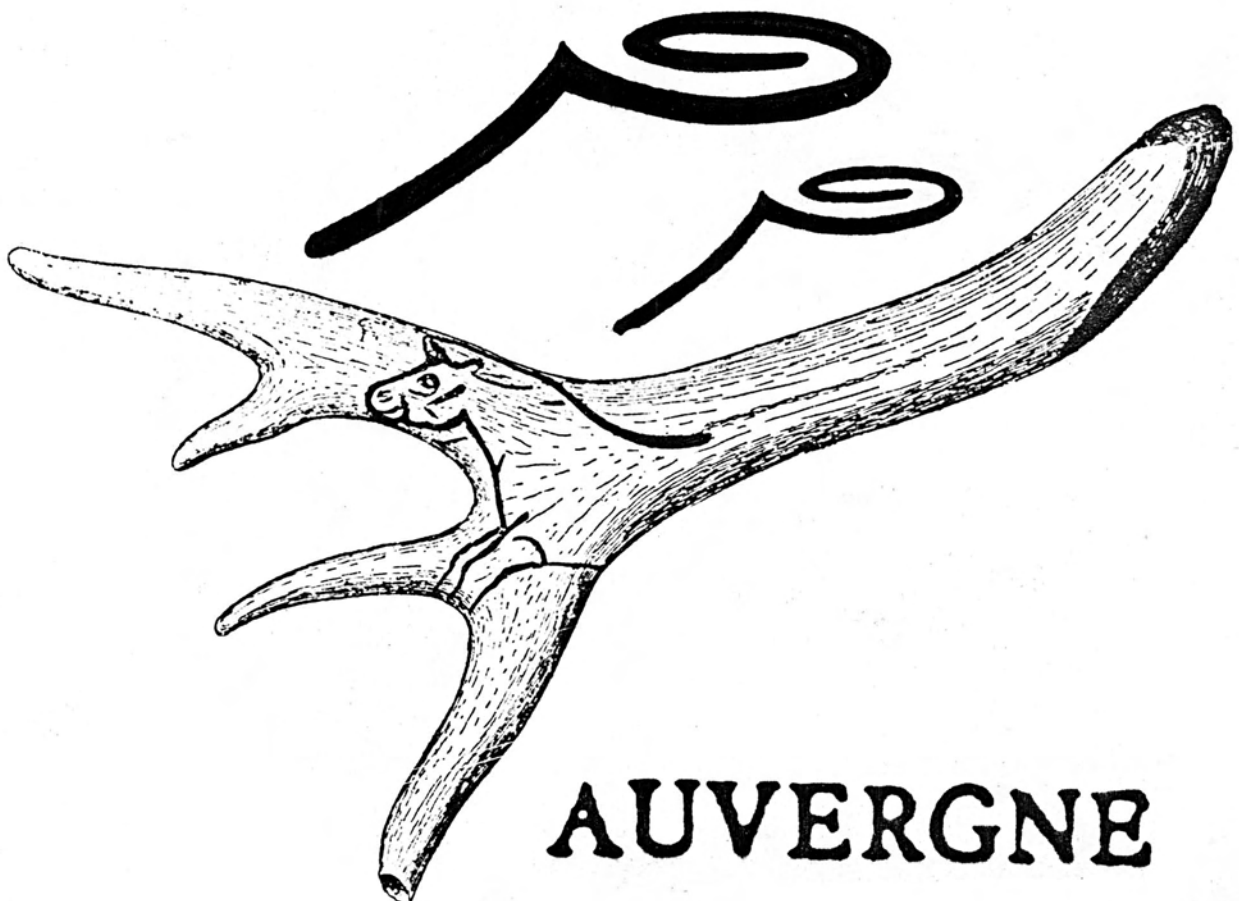
APPROCHE DU PEUPELEMENT PREHISTORIQUE EN ZONE VOLCANIQUE ACTIVE

RAPPORT FINAL - 31 DECEMBRE 1988

Jean-Paul RAYNAL

avec la collaboration de

Martin AITKEN, Thierry BULLE, Guy CAMUS, Jean-Pierre DAUGAS, Hassan ERRAMLI, Jean FAIN, Agnès GAUTHIER, Jean-Luc GUADELLI, M.N. LE COUSTOMER, Didier MIALLIER, Michèle MONTRET, Mohamed OUSMOI, Thierry PILLEYRE, Edward RHODES, Serge SANZELLE, Nicolas THOUVENY, Gérard VERNET.



A.T.P. DU C.N.R.S. "APPROCHES NOUVELLES EN ARCHEOLOGIE PAR LES
METHODES DE LA PHYSIQUE, DE LA CHIMIE, DES MATHEMATIQUES ET DES
SCIENCES DE LA TERRE.

PROJET

APPROCHE DU PEUPELEMENT PREHISTORIQUE EN ZONE VOLCANIQUE ACTIVE

RAPPORT FINAL - 31 DECEMBRE 1988

Jean-Paul RAYNAL (1)

avec la collaboration de

Martin AITKEN (2), Thierry BULLE (1), Guy CAMUS (3),
Jean-Pierre DAUGAS (1,4), Hassan ERRAMLI (5), Jean FAIN (5),
Agnès GAUTHIER (6), Jean-Luc GUADELLI (1), M.N. LE COUSTUMER (7),
Didier MIALLIER (5), Michèle MONTRET (5), Mohamed OUSMOI (5),
Thierry PILLEYRE (5), Edward RHODES (2), Serge SANZELLE (5),
Nicolas THOUVENY (8), Gérard VERNET (1,4).

- (1) Université de Bordeaux I, URA 133 CNRS, Institut du Quaternaire, Batiment de Géologie, Avenue des Facultés, 33405 Talence cedex.
- (2) Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Oxford University, 6 Keble Road, OXFORD Oxi 3QJ, Grande-Bretagne.
- (3) Centre de Volcanologie, URA 10 CNRS, Université de Clermont II, rue Kessler, 63000 Clermont-Ferrand.
- (4) Direction Régionale des Antiquités Préhistoriques d'Auvergne, Hôtel de Chazerat, 4 rue Pascal, 63000 Clermont-Ferrand.
- (5) Laboratoire de Physique Corpusculaire, UA 33 1N2P3, Université de Clermont II, 63177 Aubière cedex.
- (6) Laboratoire de Palynologie, Institut de Paléontologie Humaine, 3 rue René Panhard, 75013 Paris.
- (7) Centre de Géomorphologie du CNRS, LP 4501, Rue des Tilleuls, 14000 Caen.
- (8) Laboratoire de Géologie du Quaternaire, Centre universitaire de Marseille-Luminy, Case 907, 13299 Marseille cedex 9.

SOMMAIRE

I - ORGANISATION DES TRAVAUX (J.P. Raynal)	p.	1
1 - Les thèmes	p.	3
2 - Le partenariat	p.	5
3 - Les opérations de recherche	p.	6
II - LE FORAGE GEOCLER 1	p.	7
1 - Réalisation du forage (J.P. Raynal et T. Bulle)	p.	9
2 - Mesures physiques préalables à la datation par TL et OSL (S. Sanzelle <u>et al</u>)	p.	17
3 - Sédimentologie (T. Bulle)	p.	33
4 - Minéralogie des argiles (N. Le Coustumer)	p.	47
5 - Minéraux en grains (G. Vernet)	p.	55
6 - Palynologie (A. Gauthier)	p.	57
7 - Datation par thermoluminescence (J. Fain <u>et al</u>)	p.	62
8 - Datation par OSL (E. Rhodes et M. Aitken)	p.	65
9 - Paléomagnétisme (N. Thouveny)	p.	71
10 - Histoire du paléolac de Clermont (J.P. Raynal)	p.	74
III - LES AUTRES TRAVAUX	p.	77
1 - Datations d'édifices volcaniques (J. Fain <u>et al</u>) p.	79
2 - Caractérisation minéralogique des formations en Grande Limagne septentrionale (G. Vernet)	p.	84
3 - Approche préliminaire des faunes paléolithiques en Grande Limagne (J.L. Guadelli)	p.	88
4 Dynamique du peuplement préhistorique en zone volcanique active (J.P. Raynal et J.P. Daugas)	p.	95
IV- PREMIERES CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	p.	111
1 - Les avancées dans le domaine de la caractérisation des paléoenvironnements de l'Homme fossile : les enseignements de Géocler 1 (J.P. Raynal)	p.	113
2 - Les avancées de la datation par thermoluminescence panorama du savoir-faire (J.P. Raynal, S. Sanzelle)	p.	114
3 - L'Homme et les volcans : un thème porteur en plein développement (J.P. Raynal, J.P. Daugas)	p.	116
V - PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DE 1985 A 1988	p.	119

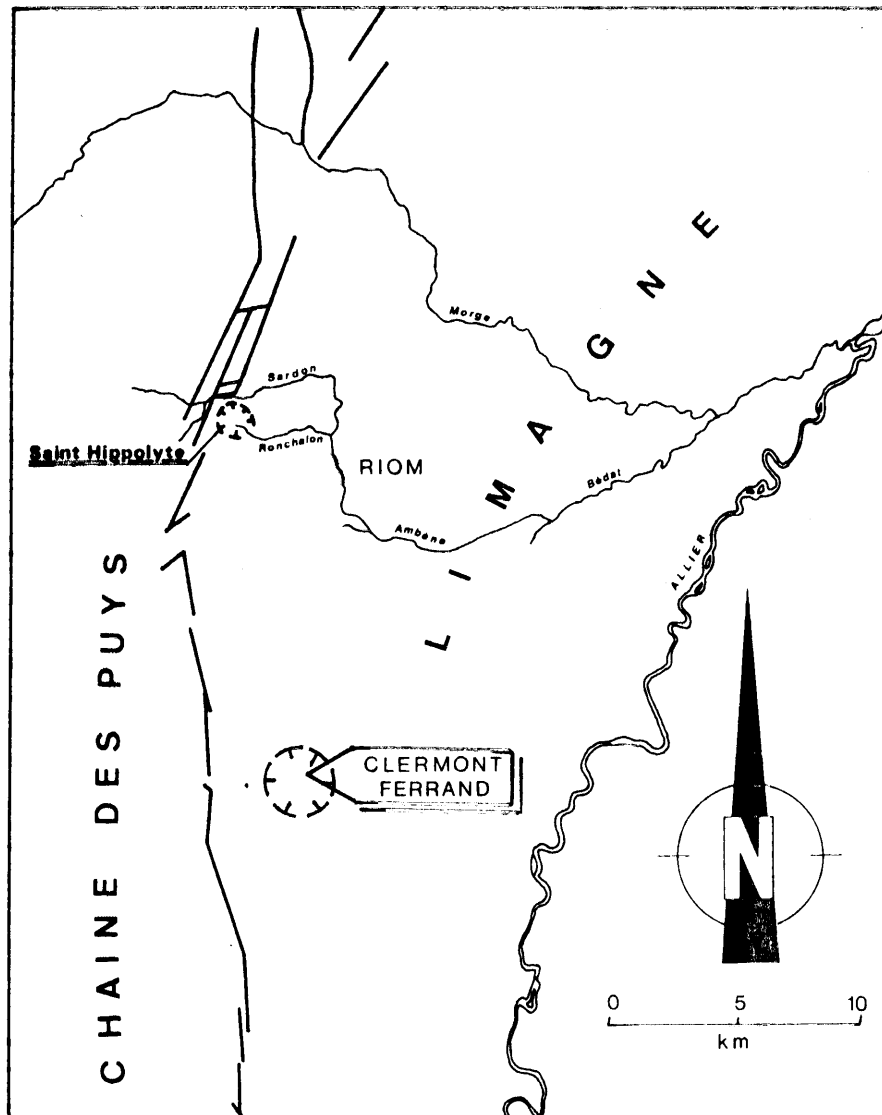
I - ORGANISATION DES TRAVAUX (J.P. Raynal)

! 1 - LES THEMES !

Ce projet avait pour objet l'étude des modalités du peuplement humain du Massif Central français au Pléistocène supérieur en fonction des mutations des paléoenvironnements dues à l'impact conjugué des paléoclimats et de l'activité volcanique.

CHAMP CHRONOLOGIQUE ET GEOGRAPHIQUE

Entre 0,4 M.A. B.P. et l'actuel, soient les stades glaciaires de Riss et de Würm, l'interglaciaire Riss-Würm et l'interglaciaire actuel (Holocène). Ceci à cause des limitations intrinsèques de la méthode de datation par TL/OSL et parce que la Basse-Auvergne, grâce à une intense activité volcanique au Pléistocène supérieur, conserve de nombreux dépôts continentaux particulièrement riches en faunes de mammifères fossiles, en pollens, en diatomées et en industries préhistoriques et protohistoriques. L'essentiel des activités concerne donc la Chaîne des Puys et la Grande Limagne dans sa bordure occidentale au pied du plateau des Dômes (carte ci-dessous).



POINT FORT

Le point fort du projet est l'étude intégrée d'un système paléo-lacustre complexe (maar de Jaude-Salins) : au pied du Plateau des Dômes, le paléo-lac de Clermont a fonctionné pendant plus de 150 millénaires comme un enregistreur privilégié des paléoclimats et des manifestations volcaniques de la Chaîne des Puys. Des compléments d'étude porteront sur d'autres systèmes paléo-lacustres (maar de Ladoux, maar de Saint-Hippolyte).

PERSPECTIVES ARCHEOLOGIQUE S

Restitution d'un cadre plus complet pour une meilleure approche des activités humaines , en particulier analyse du rôle du volcanisme et de ses corrélats dans la distribution du peuplement humain, aux différentes époques et en fonction des activités dominantes (appropriation des terroirs volcaniques pour l'agriculture par exemple). Tous ces considérants ont en effet joué un rôle non négligeable dans l'appréhension des paléo-milieus par l'homme fossile. Nous insisterons, pour une région prospectée depuis de nombreuses années et de façon homogène, sur les lacunes de peuplement qui paraissent en phase avec les périodes majeures d'activité volcanique. Le cas le plus significatif paraît bien être celui des grandes éruptions dômitiques à nuées ardentes dont il convient de souligner l'impact sur l'environnement physique et biotique entre 9 000 et 7 500 B.P. environ : on doit s'interroger sur les raisons de l'absence concomitante d'occupations mésolithiques en Basse-Auvergne...

Il est patent que le volcanisme a profondément transformé le paysage perçu par l'homme au cours du Pléistocène supérieur. D'importantes et brutales modifications du couvert végétal en ont été localement la conséquence directe. Certains effets du volcanisme ont été, à long terme, des facteurs favorables à l'installation humaine : développement d'abris sous coulées basaltiques, multiplication des points d'eau etc. L'impact immédiat des phénomènes sur le comportement humain reste toutefois délicat à apprécier et, dans cette perspective, les lacunes apparentes du peuplement en Basse-Auvergne constituent sans nul doute de futurs axes de recherche. Toutefois, le peuplement préhistorique semble avant tout conditionné par les rythmes climatiques. Dès l'Atlantique, l'homme adopte un comportement de bon voisinage avec les rares phénomènes volcaniques, comparable à celui des populations actuelles : une preuve pourrait en être la colonisation agro-pastorale néolithique extrêmement rapide des nouvelles unités paysagères aux sols fertiles, attestée par les découvertes archéologiques au sommet du Puy de Pariou et dans les environs immédiats du lac Pavin.

Ces thèmes ont trouvé un premier développement dans le cadre du projet.

2 - LE PARTENARIAT

Le projet a été conçu par des archéologues et des spécialistes des sciences exactes et naturelles appartenant à trois laboratoires universitaires associés au CNRS et à l'IN2P3

- U.A. 133 - Centre François BORDES, Institut du Quaternaire de l'Université de Bordeaux I (J.P. RAYNAL, J.P. DAUGAS, T. BULLE, J.L. GUADELLI, G. VERNET).
- U.A. 10 - Centre de Volcanologie de l'Université de Clermont II (G. CAMUS et coll.).
- U.A. 33 - Laboratoire de Physique corpusculaire de l'Université de Clermont II associé à l'IN2P3 (J. FAIN, D. MIALLIER, M. MONTRET, S. SANZELLE et coll.).

Il a été le complément logique d'un projet soutenu par l'A.T.P. "Transfert de Technologie" de l'IN2P3 dans le domaine de la Physique nucléaire et dans le créneau spécifique de la datation par thermoluminescence, associant les mêmes partenaires.

Un souci majeur a présidé à son élaboration : regrouper les chercheurs de différents organismes autour de thèmes porteurs liés aux spécificités régionales. C'est un premier pas vers la structuration d'un pôle local encore institutionnellement absent et autour duquel, dans l'avenir, pourrait s'organiser et se développer une équipe interdisciplinaire et multi-organismes selon un axe "Archéologie - Paléoenvironnements - Datations", encore très largement sous-exploité dans un contexte qui offre pourtant, de ce point de vue, des potentialités exceptionnelles en sites et en chercheurs.

Ainsi considéré, il correspond à un souci de rééquilibrage régional. Il présente les garanties d'une coopération inter-disciplinaire et inter-institutionnelle centrée sur une "micro-région" originale et s'inscrit dans une logique opérationnelle dont attestent les publications de l'équipe. Cette transversalité est un gage de dynamisme du tissu scientifique régional et une preuve de la réussite de l'expérience de collaboration engagée par les différents partenaires depuis plusieurs années.

Il a en outre associé les partenaires français et étrangers suivants

- Direction régionale des Antiquités préhistoriques d'Auvergne, Sous-Direction de l'Archéologie (J.P. DAUGAS, G. VERNET).
- Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Université d'Oxford (M. AITKEN, E. RHODES), dans le domaine de la TL et de l'OSL appliqués aux sédiments.

- Laboratoire de Géologie du Quaternaire, Marseille (N. THOUVENY), pour le paleomagnétisme de la carotte Géocler 1.
- Centre de Géomorphologie du CNRS (LP4SO1), Caen (N. LE COUSTOMER), pour l'étude des minéraux argileux de la carotte Géocler 1.
- Laboratoire de Palynologie de l'Institut de Paléontologie Humaine, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (A. GAUTHIER), pour l'étude palynologique de la carotte Géocler 1.
- Laboratoire de Géochimie organique de la société TOTAL, pour l'étude de la matière organique et des hydrocarbures de la carotte Géocler 1.

3 - LES OPERATIONS DE RECHERCHE

Elles ont concerné les différents thèmes pré-cités

- Réalisation du sondage carotté Géocler 1 et exploitation des données
 - dynamique sédimentaire d'un lac de maar,
 - définition des phases climatiques reconnues par les divers concours naturalistes et établissement d'une échelle chrono-climatique régionale,
 - téphrostratigraphie,
 - approche corrélative des relations climat-volcanisme,
 - approche corrélative des relations climat-paléomagnétisme, établissement d'une courbe-type des variations du champ entre 130 et 40 ka BP, établissement de la nature exacte l'évènement inverse de Laschamps.
- Etude du proche environnement du paléo-lac de Clermont (Limagne septentrionale), en particulier de la dispersion et de la conservation des tephra,
- Mise en oeuvre de la datation TL/OSL sur les sédiments et tephra de la carotte Géocler 1 et sur des édifices environnant le paléo-lac : premières datations directes d'édifice trachytique, de retombées trachy-andésitiques et basaltiques,
- Examen critique de la documentation archéologique et réflexion sur les relations Homme-volcans à différentes époques de la Préhistoire.

II- LE FORAGE GEOCLER 1



1 - REALISATION DU FORAGE (J.P. Raynal et T. Bulle)

Le forage implanté devant le 17 avenue Julien à Clermont-Ferrand a été réalisé du 17 novembre au 12 décembre 1986 dans des conditions urbaines difficiles par la société Géoexperts (1). Il était financé à parité par le C.N.R.S. et l'IN2P3 et a bénéficié d'aides matérielles et financières de la Ville de Clermont-Ferrand (autorisation de travailler sur le domaine de la voirie publique et exonération partielle des taxes de stationnement.) et de la Direction Régionale des Antiquités Préhistoriques (mise à disposition d'un abri de chantier mobile, prise en charge des frais d'affichage et mise à disposition de personnel) à qui nous adressons nos vifs remerciements. Le suivi scientifique a été assuré par l'Institut du Quaternaire de l'Université de Bordeaux I pour les aspects naturalistes et par le Laboratoire de Physique Corpusculaire de l'Université de Clermont II pour les aspects géochronologiques (2).

Une première reconnaissance du site a été effectuée par battage jusqu'à une profondeur de 4,50 m. Le forage proprement-dit a ensuite été implanté et démarré au carottier PQ de diamètre 120 mm. Les opérations de carottage ont commencé à 5,40 m de profondeur et se sont poursuivies jusqu'à 86 m avec un taux de récupération généralement bon (100%), sauf dans les zones comprises entre 7,50 m et 11,00 m, puis entre 18,50 m et 28,20 m. Ces difficultés étaient liées à la présence de remontées artésiennes puissantes ayant totalement transformé le sédiment silteux organique en boue liquide. Cette situation n'est pas propre au site étudié et concerne toute la partie méridionale de la dépression lacustre comme l'ont montré des carottages ultérieurs. La perte d'information concerne principalement les périodes du Würm récent et de l'Holocène. Au total, 58 tronçons de carotte de diamètre utile 90 mm ont été retirés sous gaine PVC bouchée caoutchouc et acheminés à Bordeaux par la Direction des Antiquités Préhistoriques d'Auvergne.

L'arrêt des opérations à 86 m a été motivé par le coût (crédits épuisés) et par les difficultés rencontrées avec la sondeuse. Les forages précédents laissaient en effet prévoir une profondeur d'environ 70 mètres. La programmation de l'opération prévoyait une marge de manoeuvre de 10 m. Poursuivre aurait demandé l'acheminement (onéreux) d'un autre type de matériel que ne pouvait engager l'entreprise de sondage (les pertes sur l'opération étant alors déjà de l'ordre de 35 FK...). L'examen des données sédimentologiques laisse cependant penser que le fond n'était pas très éloigné (vers 100 m ?).

Les logs suivants établissent l'avancée journalière des travaux et les différentes opérations techniques réalisées.

(1) Géoexperts, 60 rue de l'Oradou, 63000 CLERMONT-FERRAND, sous la direction de D. CHAILLOU, J.M. GUILLEMIN et J.M. ROUX sondeurs.

(2) Ont participé aux travaux : J. FAIN, D. MIALLIER, M. MONTRET, M. OUSMOI, S. SANZELLE pour le L.P.C., T. BULLE, J.P. DAUGAS, J.P. RAYNAL et G. VERNET pour l'I.Q.

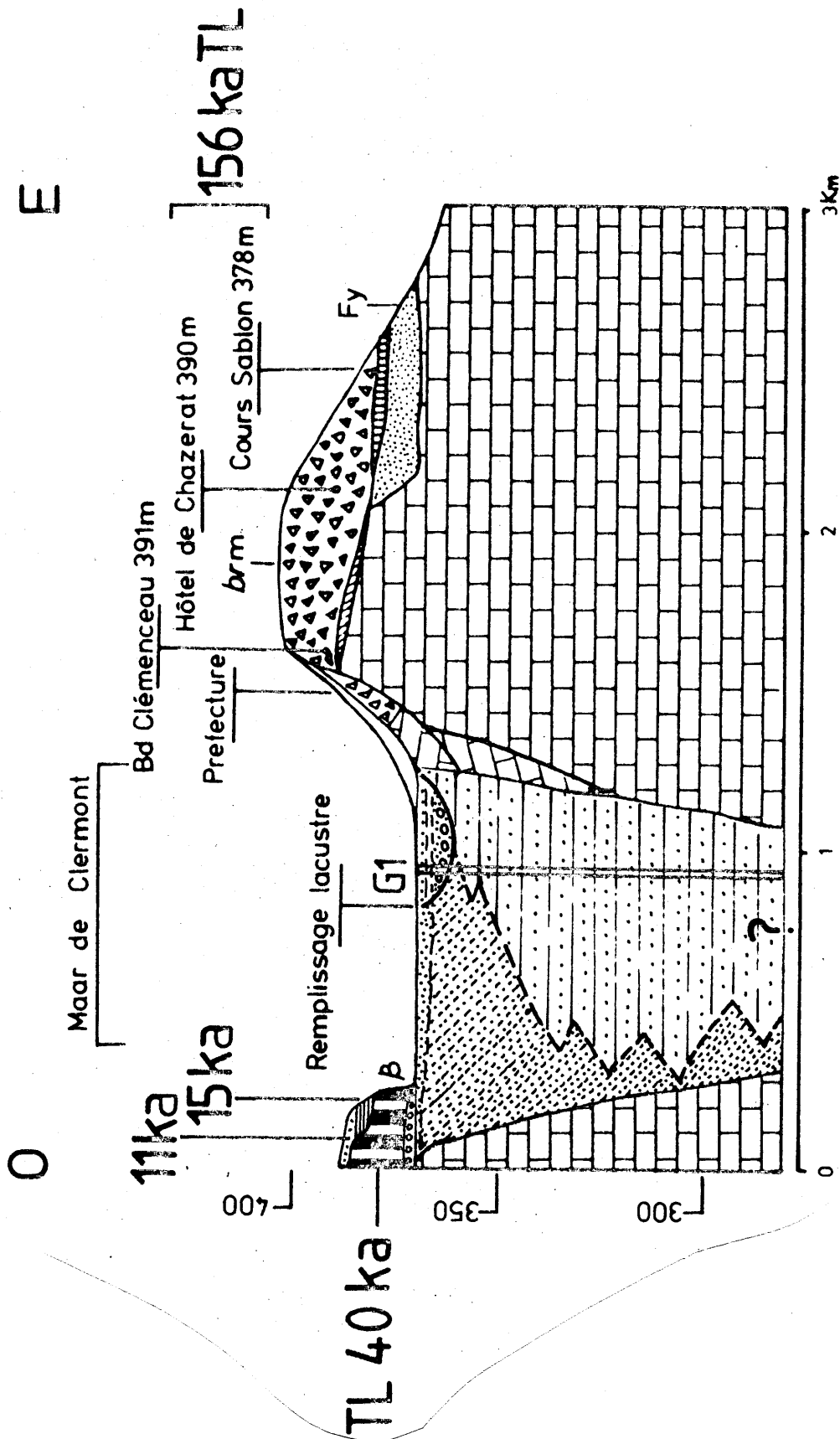
Le complexe lacustre de Clermont dans son environnement géologique immédiat. Le substrat est constitué de marno-calcaires oligocène.

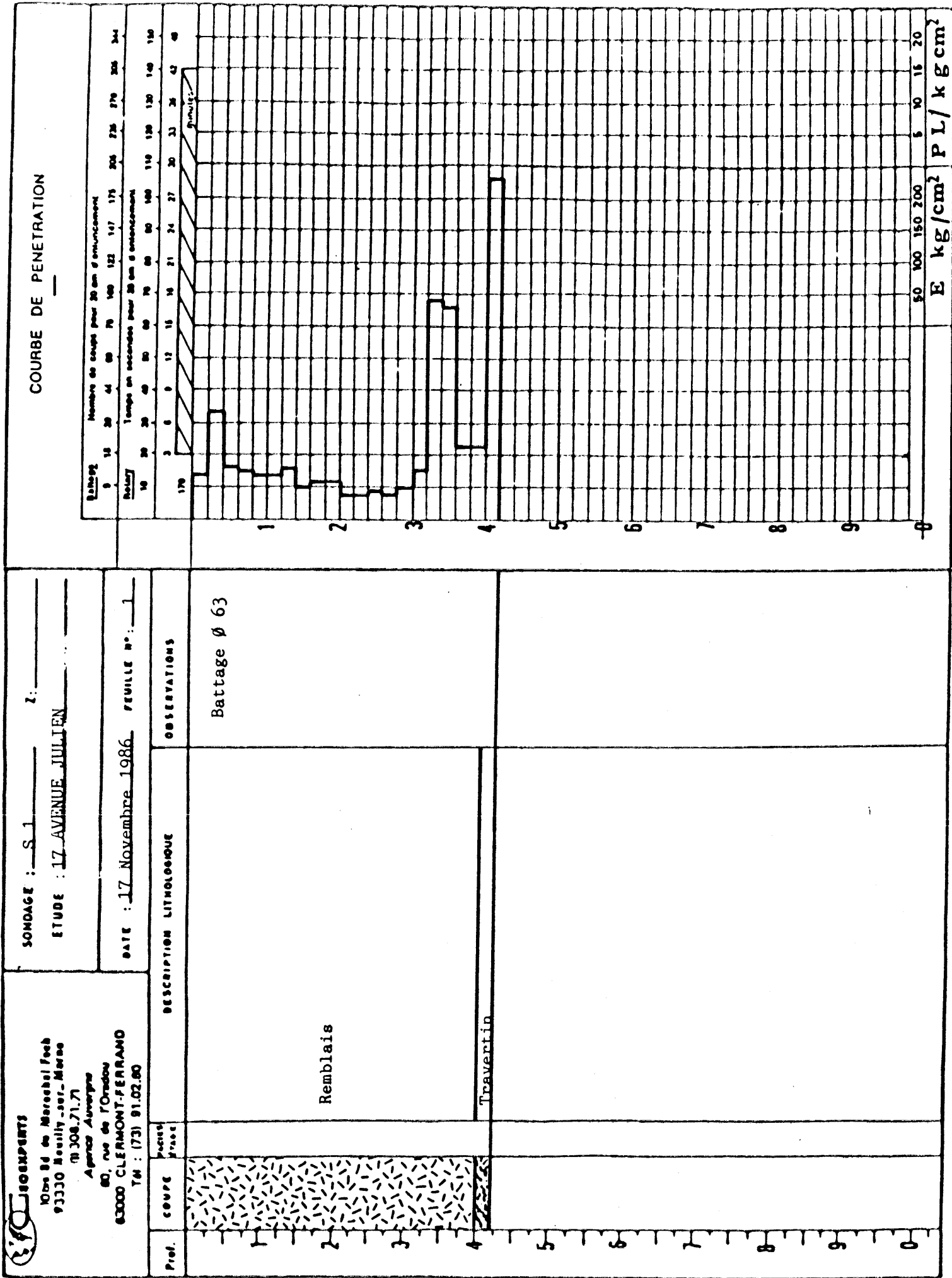
brm : pyroclastites du tuf-ring du maar de Jaude datées en deux points (156 ka BP).

Fy : alluvions anciennes de la Tiretaine (Riss).

G1 : sondage Géocler 1.

B : coulée de Royat (40 ka BP), surmontée de tourbes et diatomites (15 ka BP) et de colluvions portant un paléosol (11 ka BP).







10bis Bd du Marechal Foch
93330 Neuilly sur Marne

tel.(1)308.71.71

Agence Auvergne

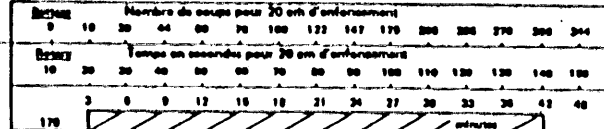
67, rue de l'Oratoire
63000 CLERMONT-FERRAND
Tél : (73) 91.02.60

SONDAGE : C 1 Z: _____

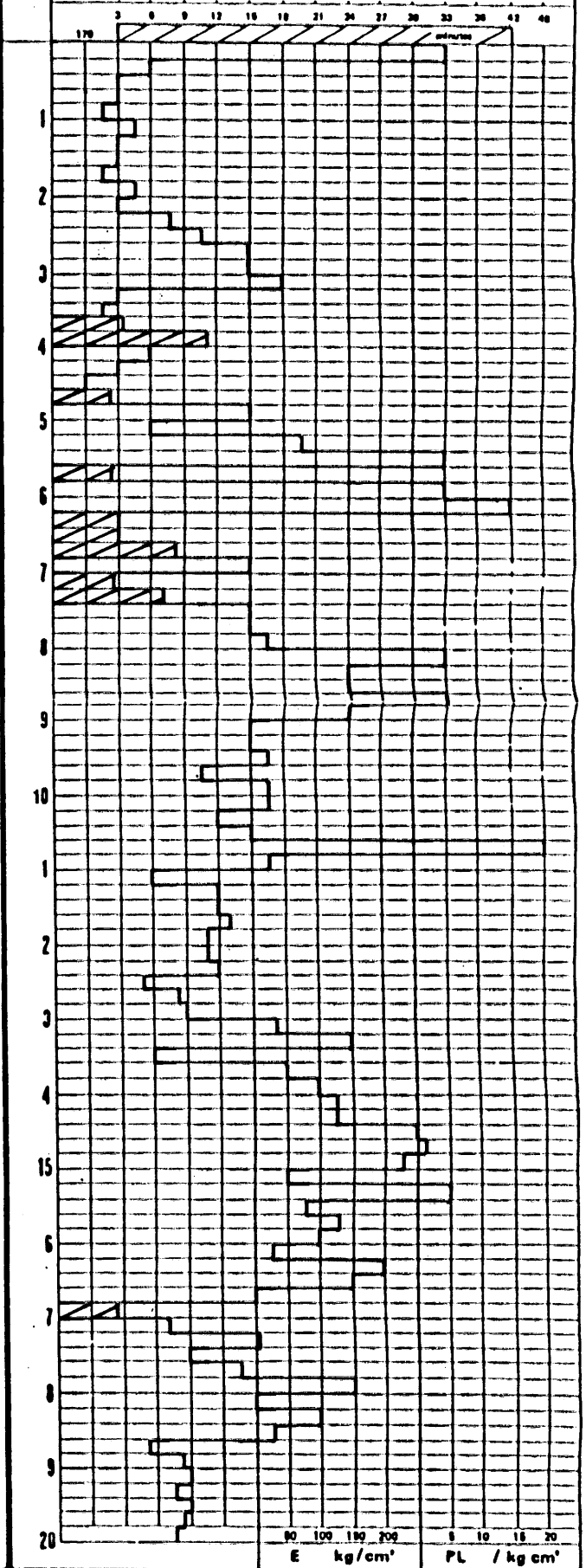
étude 17 AVENUE JULIEN - CLERMONT-FD

DATE: Novembre 1986 FEUILLE n° 1

COURBE DE PENETRATION



Date	N° carotte - % Récupération	OBSERVATIONS
17/11/86		Carottier PQ Ø 120 Alésage 8"1/2 de 0 à 5 m Tubage Ø 200 + cimentation de 0 à 4 m
18/11/86		
19/11/86	C 1 - 100 %	
	C 2 - 30 %	
	C 3 - 0 %	
20/11/86	C 4 - 0 %	
	C 5 - 0 %	
	C 6 - 0 %	
	C 7 - 0 %	
21/11/86	C 8 - 100 %	
	C 9 - 20 %	
	C 10 - 100 %	
	C 11 - 100 %	
24/11/86	C 12 - 100 %	
	C 13 - 20 %	
25/11/86	C 14 - 0 %	



90 100 110 120 5 10 15 20
 E kg/cm' PL / kg cm'



GEOEXPERTS

10bis Bd de Maréchal Foch
93330-Neuilly sur Marne

tel:(1)308.71.71

Agence Auvergne

61, rue de l'Ordre
63000 CLERMONT-FERRAND
T4 : (73) 91.02.60

BORÉAGE : C 1 Z1 _____

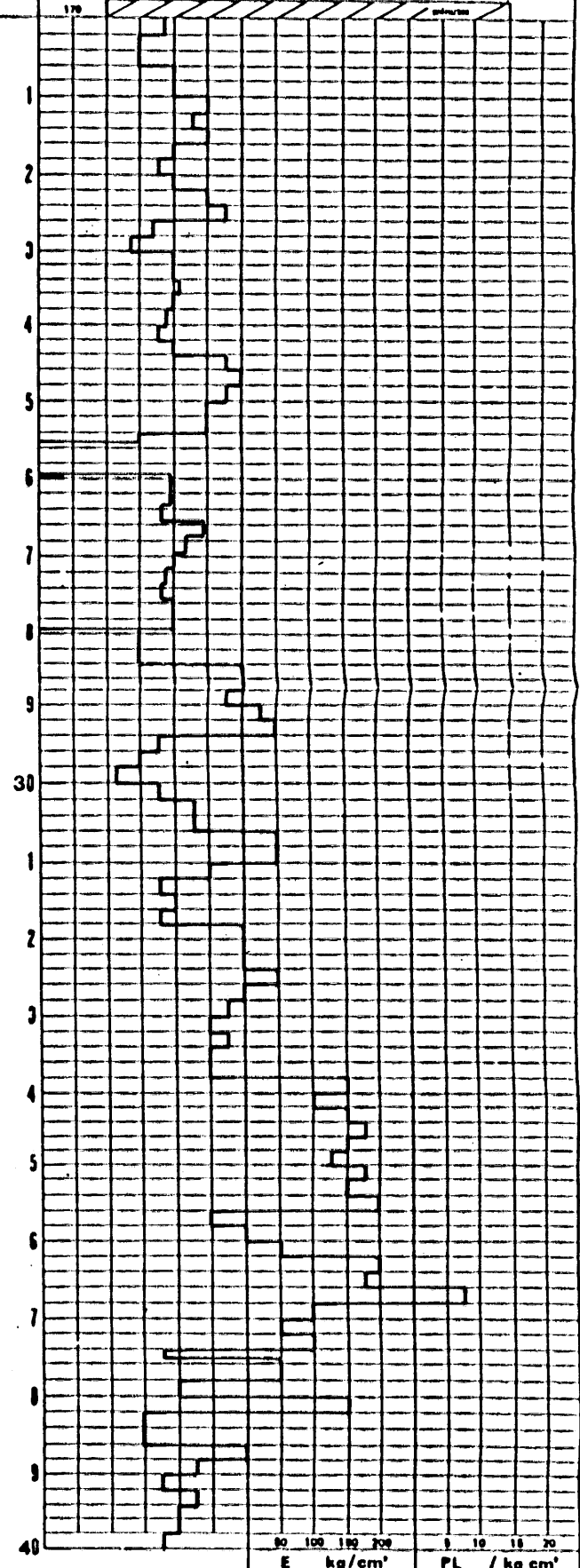
étude 17 AVENUE JULIEN - CLERMONT-FD

DATE: Novembre-Décembre 1986 FEUILLE N° 2

COURBE DE PÉNÉTRATION

Série	Nombre de coups pour 30 cm d'enfoncement														
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Essai	Temps en secondes pour 30 cm d'enfoncement														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150

Date	N° carotte - % Récupération	OBSERVATIONS
26/11/86	C 15 - 15 %	Carottier PQ Ø 120
	0 %	
	0 %	Carottier T 76
27/11/ 28/11/ 86		
1/12/86	0 %	Battage Ø 63
2/12/86	C 16 - 70 %	Carottier PQ Ø 120
30	C 17 - 50 %	
	C 18 - 100 %	
3/12/86	C 19 - 100 %	
	C 20 - 100 %	
	C 21 - 100 %	
	C 22 - 100 %	
	0 %	
	C 23 - 100 %	Très fort dégagement de CO ₂
41	C 24 - 100 %	



OSL = 40 ka



10bis Bd de Marechal Foch
93330 Neuilly sur Marne

tel(1)308.71.71

Agence Auvergne

67, rue de l'Oratoire
63000 CLERMONT-FERRAND
Tél : (73) 91.02.60

SONDAGE : C 1 Z: _____

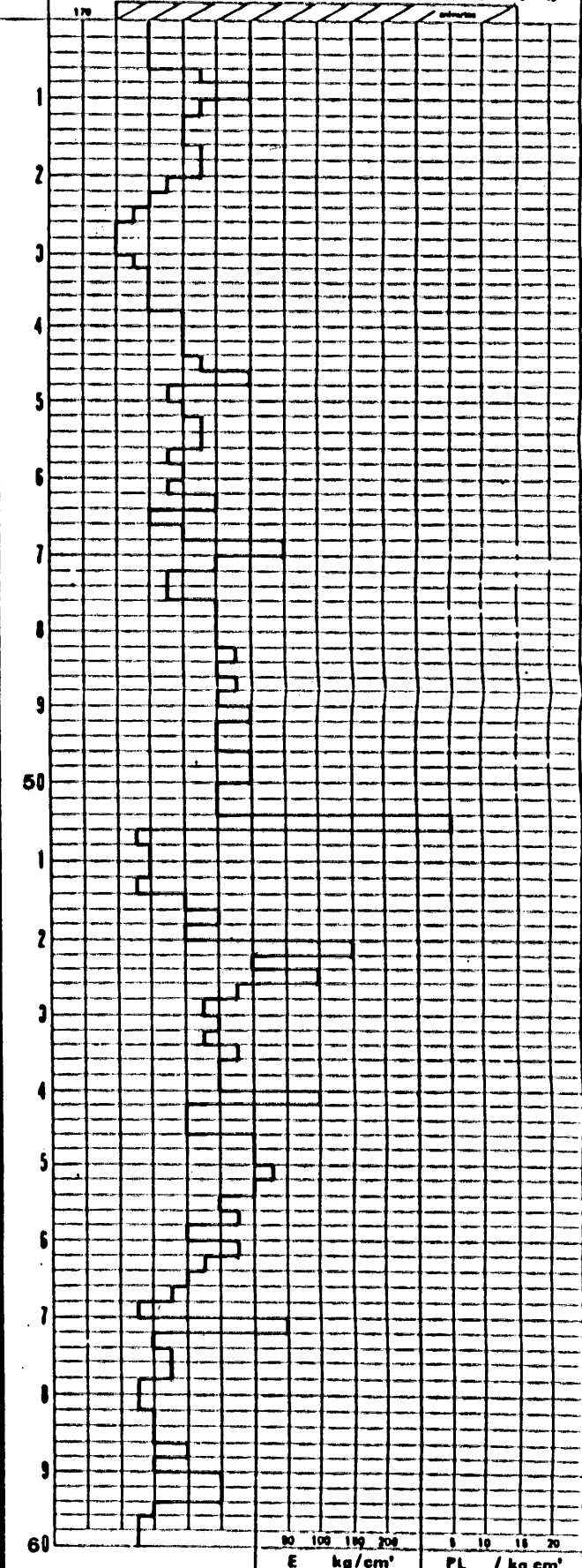
étude 17 AVENUE JULIEN - CLERMONT-ED

DATE: Décembre 1986 FEUILLE N° 3

COURBE DE PÉNÉTRATION

Profondeur (cm)	Nombre de coups pour 30 cm d'enfoncement												
	0	10	20	40	60	70	100	120	140	170	200	250	300
Profondeur (cm)	Temps en secondes pour 30 cm d'enfoncement												
	10	20	30	40	60	80	90	100	110	120	130	140	150

Date	N° carotte - % Récupération	OBSERVATIONS
4/12/86	C 25 - 100 %	↑
	C 26 - 100 %	↑ ↑ CO ₂
	C 27 - 100 %	○ Fort dégagement de CO ₂
	C 28 - 100 %	
	C 29 - 100 %	
	C 30 - 100 %	○ CO ₂
	C 31 - 100 %	↑
	C 32 - 100 %	○
5/12/86	C 33 - 100 %	↑
	C 34 - 100 %	○ } ↑
	C 35 - 100 %	○
	C 36 - 100 %	Très forte remontée d'eau + CO ₂
	C 37 - 100 %	○ CO ₂
	C 38 - 100 %	Remontée d'eau + CO ₂
		Remontée d'eau + CO ₂



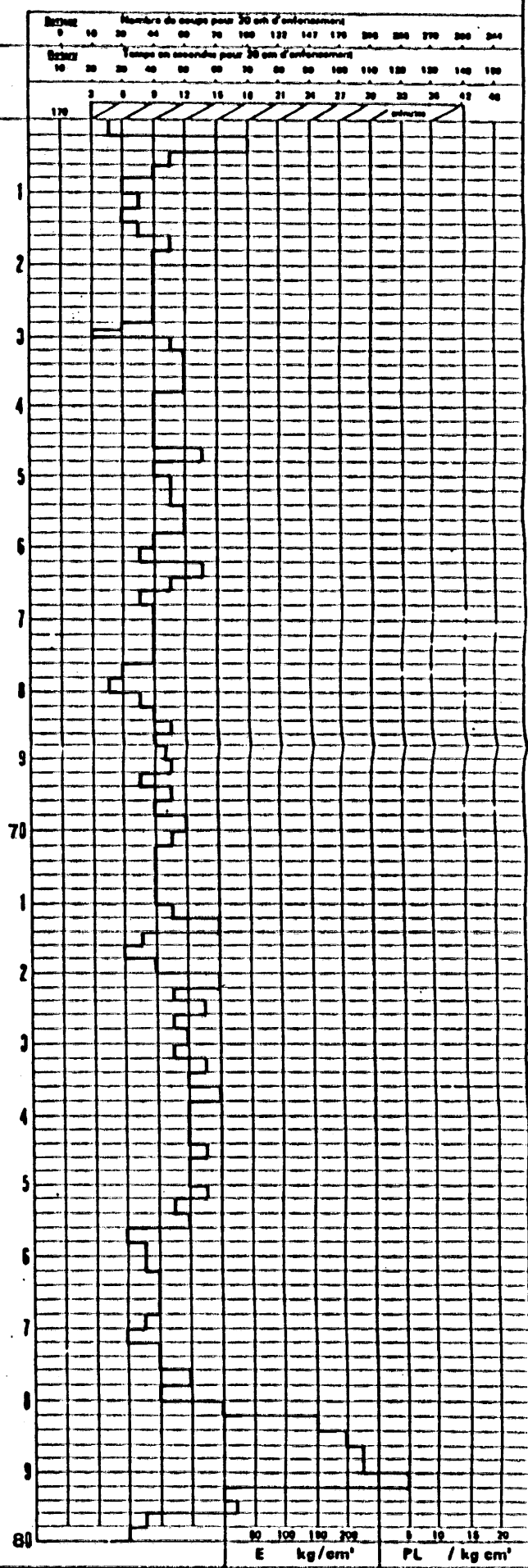
E kg/cm² PL / kg cm²

LES EXPERTS
 10bis Bd de Marschal Foch
 93330 Neully sur Marne
 tel(1)308.71.71
 Agence Auvergne
 60, rue de l'Oratoire
 63000 CLERMONT-FERRAND
 TM : (73) 91.02.60

BORNE : C 1 Z1
 étude 17 AVENUE JULIEN - CLERMONT-FD
 DATE: Décembre 1986 FEUILLE n° 4

COURBE DE PENETRATION

Date	N° carotte - % Récupération	OBSERVATIONS
6/12/86	C 39 - 100 %	○ †
	C 40 - 100 %	○
	C 41 - 100 %	†
	C 42 - 100 %	○
	C 43 - 100 %	† Fort dégagement eau + CO ₂
8/12/86	C 44 - 100 %	○
	C 45 - 100 %	†
	C 46 - 100 %	† □
	C 47 - 100 %	† □
	C 48 - 100 %	†
9/12/86	C 49 - 100 %	○
	C 50 - 100 %	○
	C 51 - 100 %	○ † (TL) 126 ka
	C 52 - 100 %	○
	C 53 - 100 %	○
	C 54 - 100 %	○



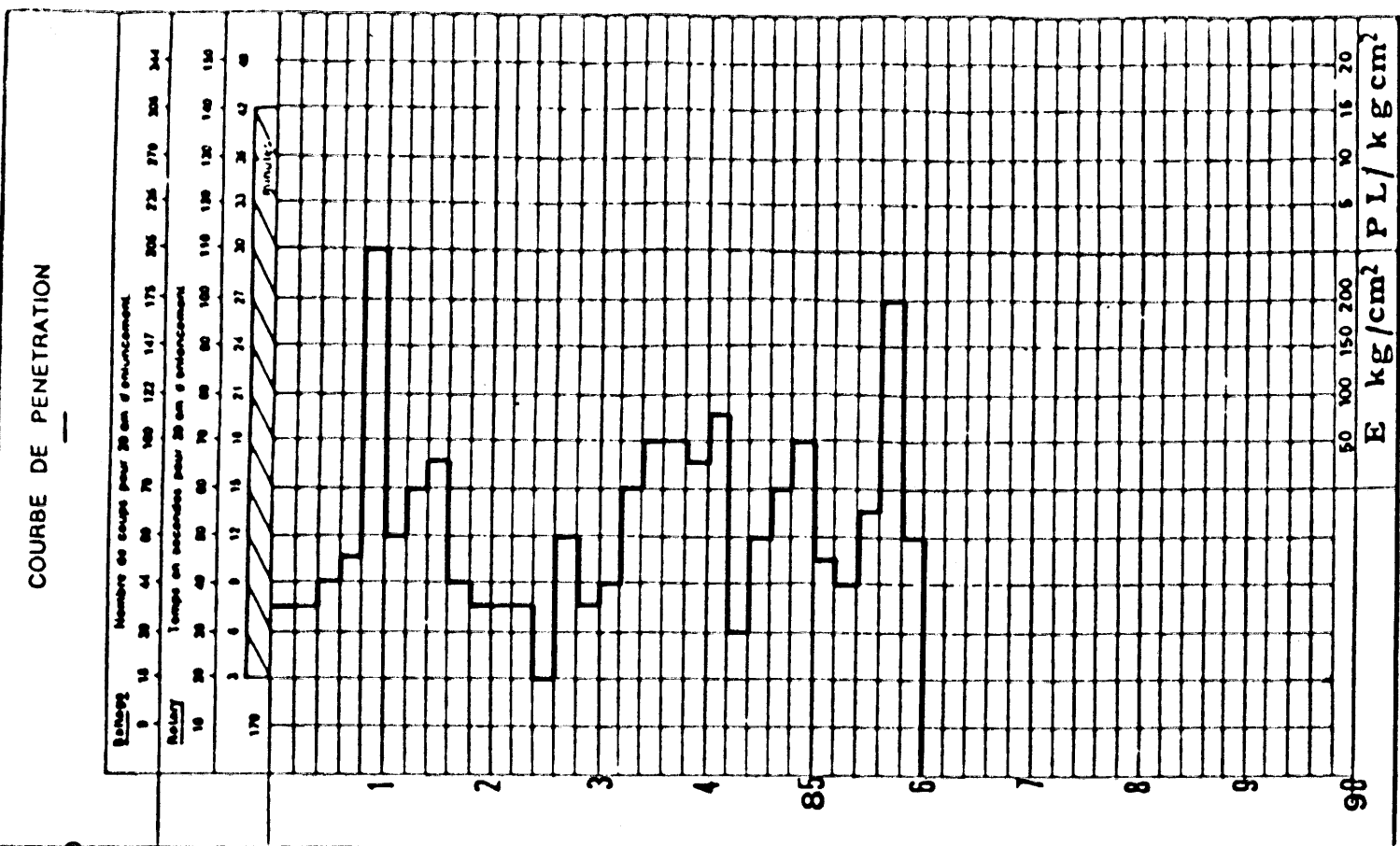
E kg/cm² PL / kg cm²

ESCOMPARTS
 10bis Bd de Marcelled Feoh
 93330 Nozilly -ser.-Marne
 (M) 308.71.71
 Agence Auvergne
 60, rue de l'Oratoire
 63000 CLERMONT-FERRAND
 Tél : (73) 91.02.80

SONDAGE : C.1 Z:
 ETUDE : 17 AVENUE JULIEN - CLERMONT-F.
 DATE : Décembre 1986 FEUILLE N° : 5

Prof.	Date	N° carotte - % Récupération	OBSERVATIONS
1			
2	10/12/86	C 55 - 100 %	
3		C 56 - 100 %	
4		C 57 - 100 %	
85		C 58 - 100 %	
6			
7			
8			
9			
90			

- TL en cours sur tephra
- OSL || sédim.
- | Paléomag.
- + Tephra
- TL** Date



2 - MESURES PHYSIQUES PREALABLES A LA DATATION PAR THERMOLUMINESCENCE

(S.Sanzelle, J. Fain, M. Montret, D. Miallier, M. Ousmof)

I. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet "Approches du peuplement préhistorique en zone volcanique active", soutenue par une A.T.P. du C.N.R.S., l'équipe de Thermoluminescence du LPC de Clermont-Ferrand a participé à l'opération GEOCLER I.

Ce projet qui a pour objectif l'étude d'un système paléolacustre complexe (maar de Clermont) a commencé par la réalisation du sondage GEOCLER I du 17/11/1986 au 12/12/1986 à hauteur du n°Ude l'avenue Julien à Clermont-Ferrand (Fig. 1 G1).

La "cuvette" de Clermont est constituée de plusieurs maars coalescents ; les projections du maar de Jaude-Salins constituent la butte de Clermont (Fig. 2) qui culmine à 410m NGF. Nous avons daté ce maar par thermoluminescence (TL) en 2 points (Hôtel de Chazerat, 390m, Fig. 1 et Fig. 2, CLER27 ; Cours-Sablon, 378m, Fig. 1 et Fig. 2, CLER28). Nous situons cette explosion de type phréatomagmatique à $156\ 000 \pm 22\ 000$ ans avant 1980. Dans cette dépression, s'est édifié un complexe lacustre dont les dépôts représentent un bilan d'accumulation des cent soixante derniers millénaires. Ce paléo-lac a fonctionné comme un enregistreur privilégié des paléoclimats et des manifestations volcaniques de la Chaîne des Puys. Il devrait permettre d'établir une chronologie absolue par différentes méthodes. Parmi celles-ci, nous nous proposons de réaliser la datation TL des téphra ; la connaissance des doses annuelles étant nécessaire, nous avons réalisé, lors du forage, des mesures tous les mètres permettant le calcul de la dose gamma.

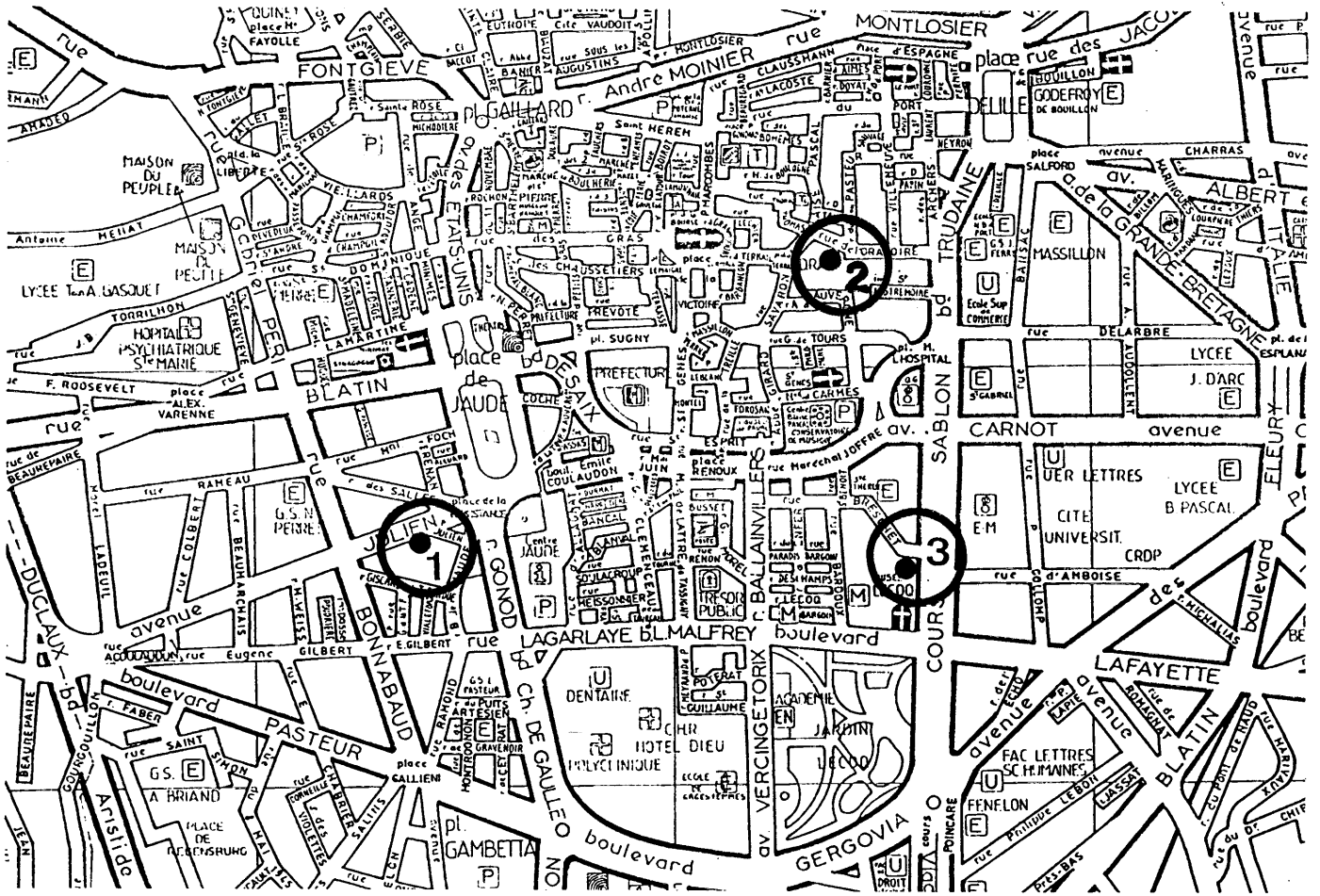


Fig:1
1. G1
2. Cler 27
3. Cler 23

2.II. EXPERIMENTATION

Le forage a été confié à la Société GEOEXPERTS et le suivi scientifique a été assuré par l'Institut du Quaternaire de l'Université de Bordeaux I et par le LPC de Clermont II. Ce forage a atteint une profondeur de 86m, et la nature des sédiments lors des 20 premiers mètres a nécessité un tubage en PVC. Presque toute la totalité de la carotte a été récupérée sur un \varnothing de 85mm. La Figure 3 montre l'ensemble expérimental en place à la fin du carottage ; le tube étant rempli d'eau.

Nous avons réalisé les mesures avec un gammamètre de terrain décrit et étalonné par H. ERRAMLI (1). Il est constitué d'une sonde et d'un spectromètre. La sonde devant être immergée, nous avons réalisé une enceinte étanche pouvant descendre à - 100m dans un milieu liquide avec un câble de raccordement au spectromètre (la longueur du câble étant compensée).

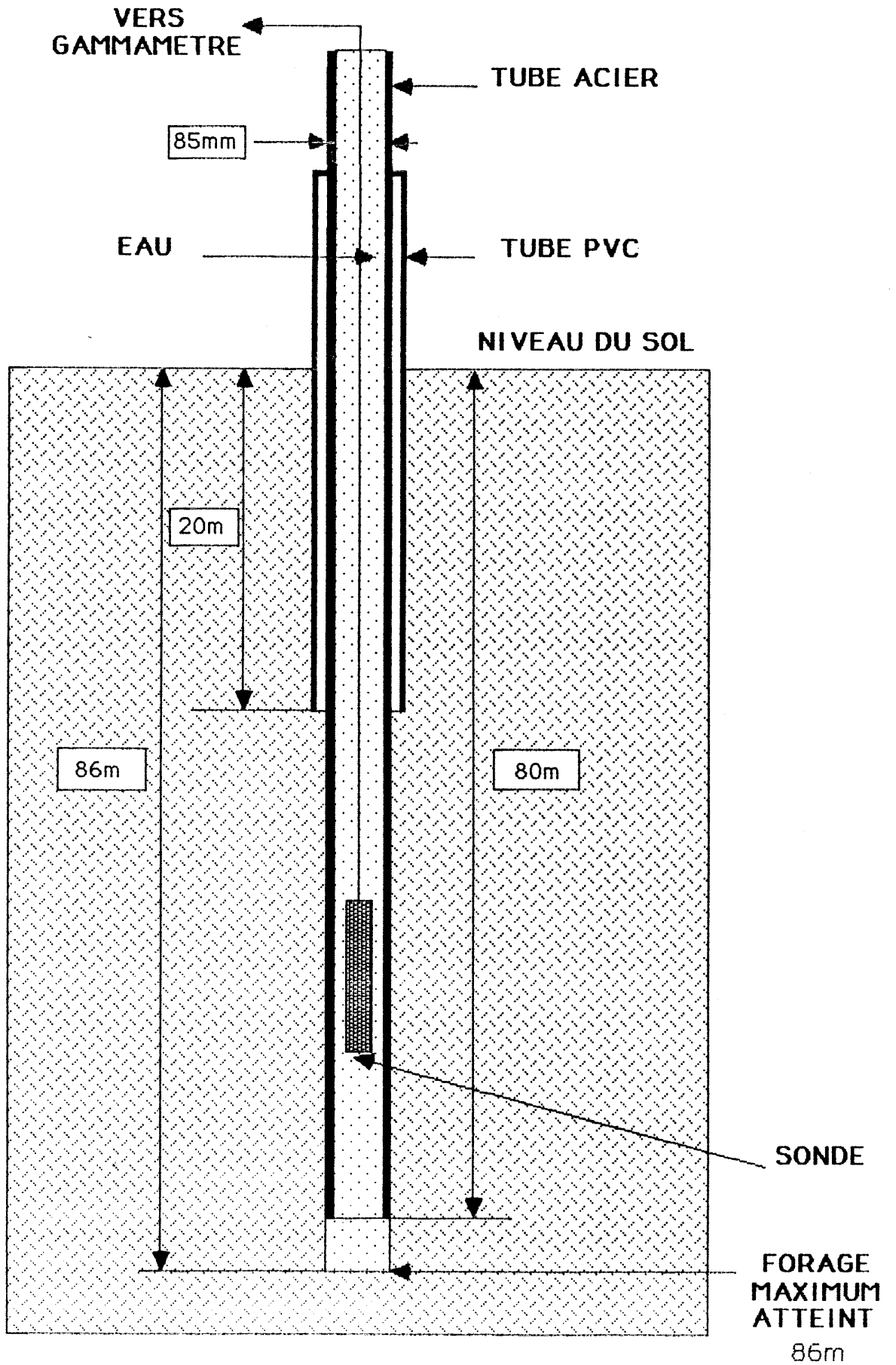


FIGURE: 3

Les mesures ont commencé par la profondeur la plus grande et ont été réalisées de façon normale tous les mètres. Pour préciser les variations rapides de comptage, nous avons réalisé par la suite de nouvelles mesures d'encadrement.

Le train de tube acier représente une masse importante difficile à maintenir lors des mesures et nous avons été obligés de procéder rapidement en commençant par le bas à - 80m de façon à alléger rapidement le train de tige de 20m. Avant chaque levée de tronçon de 20m, les mesures ont été arrêtées et ainsi de suite jusqu'au niveau du sol selon le plan de mesure de la Figure 4. La phase IV a été effectuée sans le tube acier.

Les mesures ont commencé le mercredi 11/12/1986 à 16H30 pour se terminer le 12/12/1986 à 8H. Les comptages sur les différents canaux du spectromètre représentent un comptage cumulé pendant 5mn ; la sonde étant immergée dans le trou de sondage rempli d'une eau à 17°5 qui s'écoulait au-dehors. Dans le tableau suivant, nous avons consigné les différents relevés de mesures.

III. ETALONNAGE

A partir des comptages obtenus dans les 3 canaux du spectromètre centrés sur le potassium (canal 1 : comptage n_1), l'uranium (canal 3 : comptage n_3) et le thorium (canal 2: comptage n_2), nous avons déterminé (2) les relations permettant de calculer les teneurs de chacun de ces éléments à l'emplacement de la mesure.

Les relations suivantes ont été utilisées :

$$[K_2O] = (1.623 n_1 - 2.915 n_2 + 0.07 n_3)10^{-2} (\%) \quad (1)$$

$$[U] = (15.63 n_2 - 17.19 n_3)10^{-2} \text{ ppm} \quad (2)$$

$$[Th] = (42.67 n_3 - 0.92 n_2)10^{-2} \text{ ppm} \quad (3)$$

d'où la dose gamma déposée :

$$D_\gamma = 0.334 n_1 + 1.167 n_2 + 0.234 n_3 \text{ mrad/an} \quad (4)$$

avec n_1 , n_2 , n_3 en coups/mn.

Ces calculs valables pour la sonde doivent faire l'objet d'une correction pour tenir compte de l'enceinte en aluminium contenant la sonde, du tube en acier ou en PVC à l'intérieur du forage et de la présence d'eau lors des mesures. Nous avons terminé par le calcul, d'une part, et de façon

DIFFERENTES PHASES DE MESURES

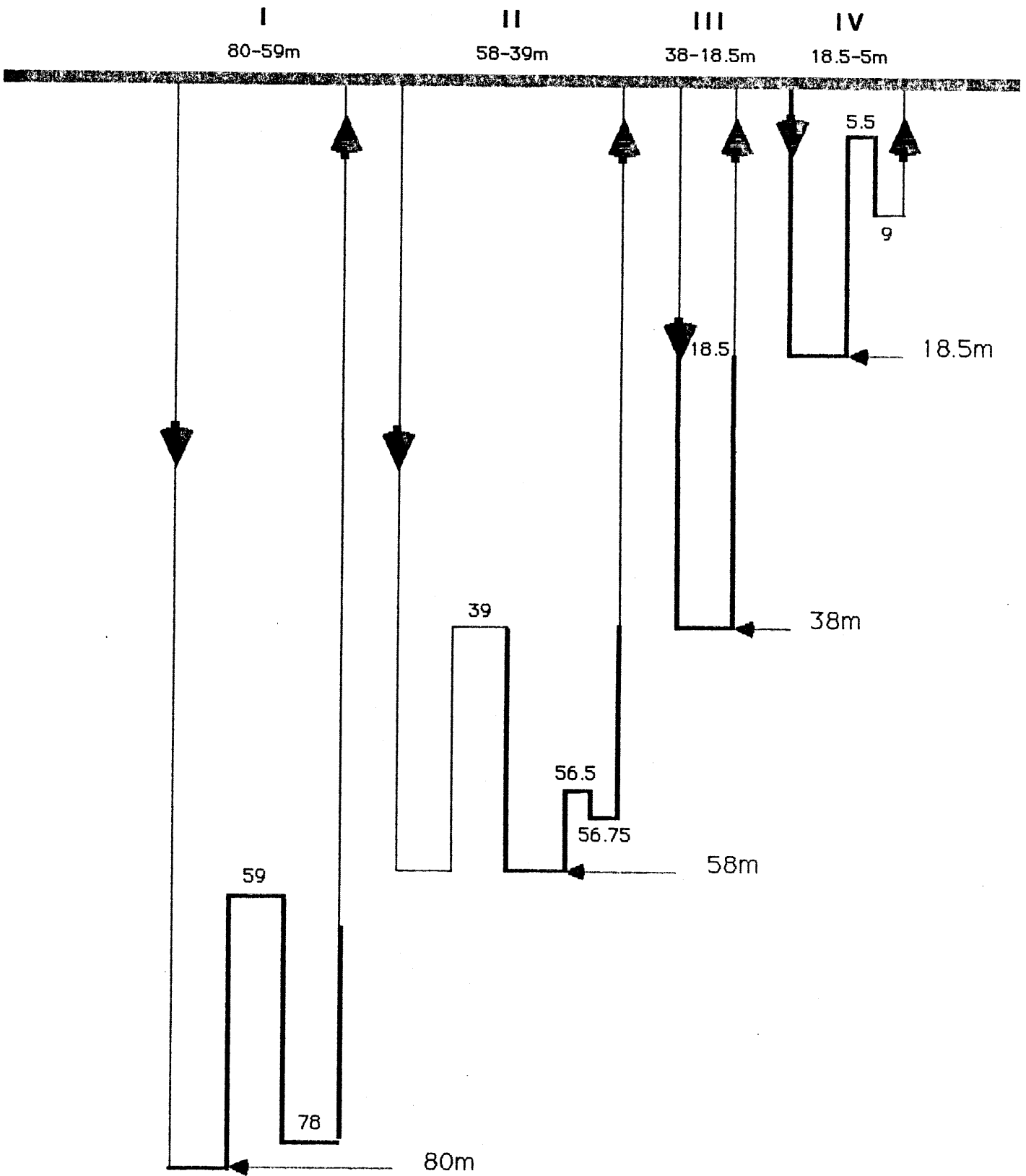


FIGURE:4

expérimentale, d'autre part, les coefficients de correction à apporter aux différentes relations pour les 2 situations rencontrées lors des mesures.

<u>Profondeur</u>	<u>Milieu</u>	<u>C = Coefficient</u>
0 → 18.5m	PVC + H ₂ O + Al	0.86 ± 3 %
18.5 → 80m	Acier + H ₂ O + Al	0.7 ± 5 %

Les relations (1), (2), (3), (4) ont été divisées par C et par 5 pour tenir compte du temps de comptage qui était de 5 mn.

Pour chacun de ces paramètres, nous avons déterminé l'erreur relative par les relations suivantes :

$$\delta [K_2O] = \frac{\sqrt{(1.623)^2 n_1 + (2.915)^2 n_2 + (0.07)^2 n_3}}{1.623 n_1 - 2.915 n_2 + 0.07 n_3} \quad (4)$$

$$\delta [U] = \frac{\sqrt{(15.63)^2 n_2 + (17.19)^2 n_3}}{15.63 n_2 - 17.19 n_3} \quad (5)$$

$$\delta [Th] = \frac{\sqrt{(42.67)^2 n_3 + (0.92)^2 n_2}}{42.67 n_3 - 0.92 n_2} \quad (6)$$

$$\delta_{D_Y} = \frac{\sqrt{(0.334)^2 n_1 + (1.167)^2 n_2 + (0.234)^2 n_3}}{0.334 n_1 + 1.167 n_2 + 0.234 n_3} \quad (7)$$

Remarque : Dans les corrections, nous n'avons pas tenu compte de la dérive à basse température de la sonde car la température de l'eau ambiante était à peu près constante et égale à 17°5. De plus, la variation du comptage avec la source de référence étant faible, nous l'avons considérée comme constante.

IV. RESULTATS

En utilisant les relations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, nous avons déterminé pour chaque point de mesure :

- le pourcentage en K_2O avec son erreur
- la teneur en U avec son erreur
- la teneur en Th avec son erreur
- la dose gamma déposée avec son erreur

Les résultats consignés dans le tableau mettent en évidence des anomalies jusqu'à - 20m. On constate de - 20 à - 80m, un niveau moyen relativement constant (1,5 % K_2O , 10 ppm Th) avec cependant des fluctuations significatives et une légère croissance moyenne de l'Uranium passant de 3 à 5 ppm).

De ce fait, la dose gamma passe en moyenne de 120 mrd/an à - 20m à 160 mrad/an à - 80m.

Les faibles teneurs en Thorium et en Uranium jusqu'à - 20m peuvent être s'expliquer par une sédimentation sableuse grossière décrite par J.P. RAYNAL (3) et une circulation d'eau importante provoquant un lessivage.

La Figure 5 montre des anomalies significatives qui resteront à interpréter avec les données de sédimentologie.

DEFINITIONS

Phréatomagmatisme

Le phréatomagmatisme découle de l'interaction d'un magma ascendant et d'eaux superficielles ou souterraines (nappe phréatique). Il se traduit par un accroissement de l'explosivité dû à la vaporisation de l'eau. Il est à l'origine des maars.

Maar

Un maar est un cratère d'explosion occupé par un lac ou colmaté, non situé au sommet d'un édifice éruptif mais entaillant à l'emporte pièce le substratum existant.

Téphra

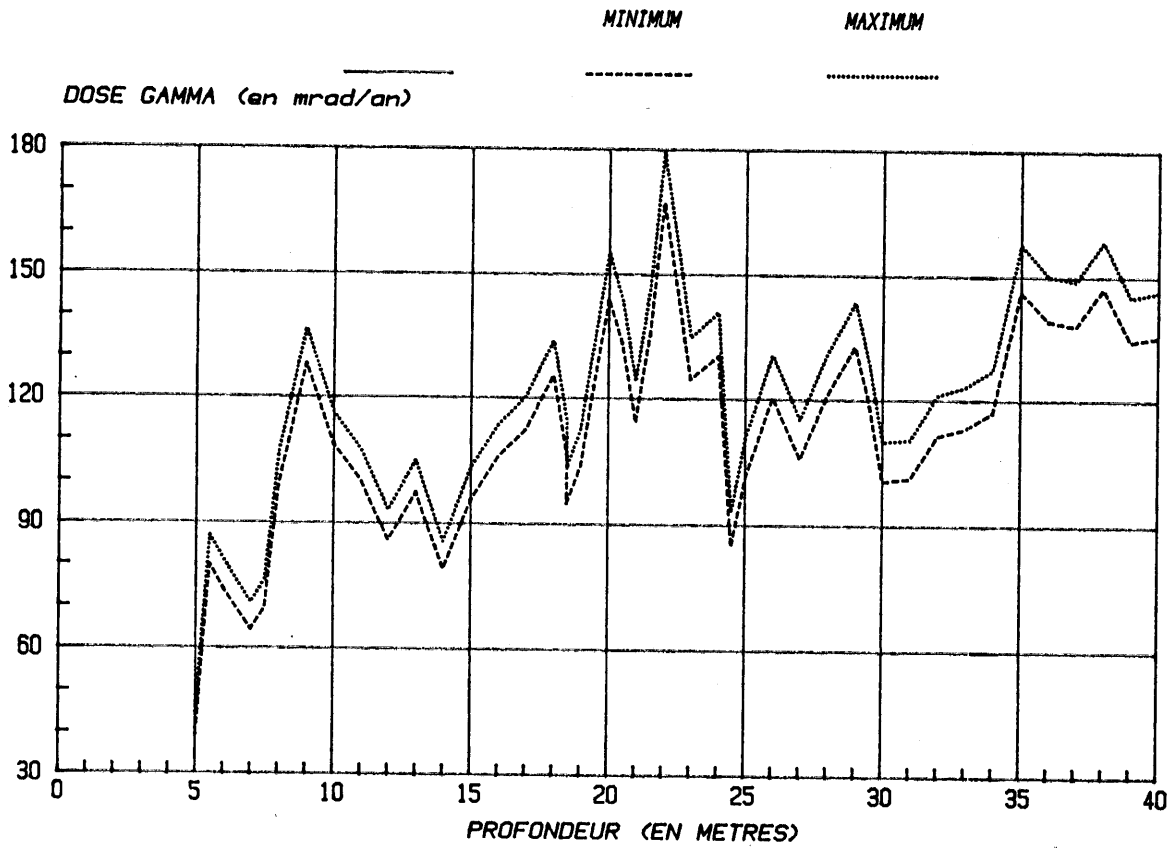
On appelle téphra les cendres et scories projetées dans l'atmosphère et qui retombent alors qu'elles sont déjà consolidées.

Profondeur (m)	MESURES GAMMAMETRE			CALCULS									
	C1 Cp/5mn	C2 Cp/5mn	C3 Cp/5mn	Dose Gamma		Teneur en K20		Teneur en U		Teneur en Th		Rapport Th/U	
				mrad/an	+-%	%	+-%	ppm	+-%	ppm	+-%		+-%
5	386	62	27	42.064	6	73907	11.4	1.1743	30.1	2.5466	20.2	2.1687	50.3
5.5	618	119	55	83.292	4.2	1.5348	7.7	2.1268	23.2	5.2032	14.1	2.4465	37.3
6	527	125	48	77.471	4.5	1.1495	10	2.6247	18.7	4.4957	15.3	1.7128	34
7	514	91	53	67.506	4.6	1.3318	8	1.1890	30	5.0646	14.2	4.2597	52.2
7.5	529	107	47	72.637	4.6	1.2798	8.7	2.0104	23.1	4.435	15.3	2.2060	38.4
8	845	124	57	102.39	3.7	2.3581	5.6	2.2286	22.6	5.3910	13.9	2.4190	36.5
9	1114	125	70	124.26	3.2	3.3687	4.3	1.7452	30.1	6.6788	12.4	3.8269	42.5
10	957	127	69	112.56	3.4	2.7624	5	1.8579	28.3	6.5753	12.5	3.5391	40.8
11	914	110	53	103.73	3.5	2.7127	4.9	1.8796	25.5	5.0240	14.3	2.6729	39.8
12	720	116	38	89.475	4	1.9374	6.4	2.6973	17.1	3.5227	17.3	1.3060	34.4
13	821	127	54	101.10	3.7	2.2466	5.8	2.4576	20.5	5.0868	14.3	2.0699	34.8
14	719	90	36	82.233	4	2.1096	5.6	1.8322	22.9	3.3798	17.6	1.8446	40.5
15	784	129	65	99.444	3.8	2.0952	6.2	2.0905	25	6.1741	12.9	2.9534	37.9
16	952	119	65	109.78	3.4	2.7971	4.9	1.7270	29.5	6.1955	12.9	3.5874	42.4
17	1033	122	56	116.40	3.3	3.0810	4.6	2.1959	22.8	5.296	14	2.4118	36.8
18	1102	152	53	129.73	3.2	3.1376	4.8	3.4063	15.6	4.9341	14.6	1.4465	30.2
18.5	841	152	74	110.60	3.6	2.1559	6.3	2.5667	22	7.018	12.1	2.7342	34.1
18.5	654	100	51	99.163	4.1	2.2100	6.5	1.9609	28.9	5.9540	14.6	3.0368	43.5
19	659	125	53	108.11	4.1	2.0254	7.4	2.9791	20.6	6.1329	14.4	2.0586	35
19.5	727	162	86	129.14	3.8	2.0392	8	3.0106	24.1	10.059	11.2	3.3411	35.3
20	778	206	102	149.75	3.6	1.9124	9.2	4.1897	19.3	11.894	10.3	2.0388	29.6
20.5	718	190	104	138.82	3.8	1.7678	9.5	3.3770	23.4	12.180	10.2	3.6067	33.6
21	637	160	76	119.22	4.1	1.6365	9.6	3.4125	20.7	8.8449	12	2.5919	32.7
21.5	654	216	100	141.12	3.9	1.2537	13.5	4.7345	17.3	11.624	10.4	2.4551	27.7
22	828	264	97	173.53	3.5	1.6602	11.4	7.0254	12.4	11.132	10.7	1.5845	23.1
23	691	174	87	129.77	3.9	1.7725	9.2	3.4974	21.3	10.149	11.2	2.9019	32.5
24	665	198	94	135.76	3.9	1.4534	11.5	4.2254	18.6	10.939	10.8	2.5890	29.4
24.5	581	110	68	89.033	4.6	1.4207	9.5	1.5725	39.3	8.0010	12.5	5.0880	51.8
25	587	156	81	105.81	4.4	1.0680	13.8	2.9883	23.8	9.465	11.5	3.1674	35.3
26	597	185	105	125.68	4	1.2486	12.8	3.1046	25.4	12.315	10.1	3.9666	35.5
27	588	148	75	110.47	4.2	1.5090	10	2.9257	23.5	8.7545	12	2.9923	35.5
28	673	172	70	126.25	4	1.7023	9.5	4.2430	16.8	8.0819	12.6	1.9047	29.4
29	713	194	84	138.34	3.8	1.7073	9.9	4.5379	16.9	9.7309	11.4	2.1444	28.3
29.5	658	167	89	124.42	4	1.6782	9.5	3.0866	23.9	10.411	11	3.3731	34.9
30	513	155	69	105.25	4.4	1.1017	13.3	3.5330	19.5	8.0047	12.6	2.2657	32.1
31	549	144	81	105.82	4.3	1.3627	10.8	2.4524	20.3	9.4965	11.5	3.8724	39.8
32	614	159	71	116.36	4.1	1.5372	10.1	3.6134	19.3	8.2380	12.4	2.2799	31.7
33	603	168	69	118.17	4.1	1.4108	11.1	4.1135	17.2	7.9705	12.7	1.9376	29.9
34	603	176	90	122.24	4.1	1.3484	11.7	3.4394	21.9	10.510	11	3.0557	32.9
35	736	228	88	152.14	3.7	1.5316	11.6	5.8598	13.9	10.129	11.2	1.7286	25.1
36	793	190	86	144.78	3.7	2.1120	8.2	4.2610	17.9	9.9852	11.3	2.3434	29.2
37	712	207	98	143.52	3.8	1.5972	10.7	4.4308	10.1	11.403	10.5	2.5737	28.6
38	772	218	98	152.91	3.6	1.7838	9.9	4.9221	16.6	11.375	10.6	2.3109	27.2
39	768	182	87	139.79	3.7	2.0629	8.2	3.8547	19.6	10.128	11.2	2.6275	30.8
40	703	206	78	140.99	3.8	1.5598	10.9	5.3685	14.4	8.9678	12	1.6705	26.4

Profondeur (m)	MESURES GAMMAMETRE			CALCULS									
	C1 Cp/5mn	C2 Cp/5mn	C3 Cp/5mn	Dose Gamma		Teneur en K20		Teneur en U		Teneur en Th		Rapport Th/U	
				mrad/an	+-%	%	+-%	ppm	+-%	ppm	+-%		+-%
40	703	206	78	140.99	3.8	1.5598	10.9	5.3685	14.4	8.9678	12	1.6705	26.4
41	676	222	78	143.75	3.8	1.3014	13.2	6.0030	13	8.9258	12	1.4673	25
41.5	623	190	82	128.29	4	1.3229	12.3	4.4575	17	9.4975	11.6	2.1307	20.6
42	519	161	65	107.56	4.4	1.0798	13.8	3.9974	17.2	7.5012	13.1	1.8765	30.3
43	540	187	85	119.57	4.2	.96361	16.2	4.1762	18.2	9.8712	11.3	2.3637	29.5
43.5	716	180	107	135.50	3.8	1.8425	9	2.7831	28.2	12.572	10	4.5172	30.2
44	709	214	91	145.10	3.8	1.5236	11.3	5.0072	15.8	10.532	11	2.0702	26.8
44.5	548	162	79	111.59	4.3	1.2077	12.5	3.3544	21.3	9.2054	11.7	2.7443	33
45	588	173	56	117.54	4.2	1.2970	12.1	4.9753	13.9	6.3725	14.3	1.2808	28.2
45.5	552	161	73	111.24	4.3	1.2334	12.3	3.6845	19.5	8.4765	12.2	2.3517	31.7
46	591	165	79	116.70	4.2	1.3821	11.2	3.4884	20.6	9.1975	11.7	2.6366	32.3
46.5	683	190	90	134.55	3.9	1.6027	10.4	4.0646	18.9	10.473	11	2.5766	29.9
47	693	205	107	141.64	3.8	1.5276	11.1	3.8995	20.9	12.506	10	3.2071	30.9
48	680	187	101	134.00	3.9	1.6160	10.2	3.3903	23.1	11.022	10.3	3.4069	33.4
49	704	216	85	144.89	3.8	1.4826	11.7	5.4712	14.5	9.7949	11.4	1.7903	25.9
50	688	195	84	136.29	3.9	1.5831	10.6	4.5825	16.7	9.7282	11.4	2.1229	28.1
51	683	172	76	127.61	3.9	1.7499	9.3	3.9483	18.3	8.8134	12	2.2322	30.3
52	673	169	76	125.65	3.9	1.7285	9.3	3.8144	18.9	8.8213	12	2.3126	30.9
53	587	187	81	123.78	4.1	1.1000	13.5	4.3726	17.2	9.3835	11.6	2.1460	28.0
53.5	710	214	86	144.86	3.8	1.5273	11.3	5.3328	14.9	9.9221	11.4	1.8606	26.3
54	696	231	86	149.19	3.8	1.3200	13.3	6.0920	13.4	9.8774	11.4	1.6214	24.8
55	679	183	67	130.29	3.9	1.6379	10	4.8816	14.8	7.6872	12.9	1.5747	27.7
56	677	186	86	132.37	3.9	1.6074	10.3	4.0824	18.6	9.9957	11.3	2.4485	29.9
56.5	679	195	103	136.70	3.8	1.5451	10.8	3.6494	21.0	12.045	10.2	3.3005	32
56.75	590	153	79	113.36	4.2	1.5145	10.1	2.9525	23.8	9.2291	11.7	3.1258	35.5
57	617	144	57	110.70	4.2	1.6732	9.1	3.6311	17.9	6.5706	14	1.8095	31.9
58	628	171	83	122.49	4	1.5045	10.5	3.5599	20.6	9.6694	11.4	2.7162	32
59	661	167	101	125.51	3.9	1.6945	9.4	2.4972	30.4	11.874	10.3	4.7551	40.7
60	613	169	89	120.80	4.1	1.4528	10.8	3.1759	23.3	10.406	11	3.2766	34.3
61	576	155	81	112.06	4.2	1.3963	10.8	2.9436	24.1	9.4676	11.5	3.2163	35.6
61.5	581	159	84	114.00	4.2	1.3867	11	2.9749	24.2	9.8229	11.3	3.3019	35.5
62	732	179	90	135.55	3.8	1.9216	8.7	3.5733	21.2	10.502	11	2.9389	32.2
63	691	165	92	127.11	3.9	1.8485	8.7	2.8499	26	10.782	10.8	3.7834	36.8
64	661	177	81	127.51	4	1.6072	10.1	3.9261	18.8	9.4098	11.6	2.3968	30.4
65	751	217	116	151.78	3.6	1.6984	10.4	3.9933	21.1	13.572	9.6	3.3986	30.7
66	688	185	68	131.89	3.9	1.6632	9.9	4.9218	14.0	7.8039	12.8	1.5856	27.6
67	787	228	108	158.34	3.6	1.7721	10.2	4.8775	17.3	12.567	10	2.5766	27.3
68	715	219	89	147.20	3.7	1.5894	11.5	5.4087	14.9	10.275	11.2	1.8996	26.1
69	698	227	72	147.11	3.8	1.3605	12.8	6.6009	11.9	8.1811	12.6	1.2394	24.5
70	802	198	103	149.44	3.6	2.0905	8.4	3.7833	21.2	12.037	10.2	3.1815	31.4
70.5	717	218	100	147.80	3.7	1.5292	11.4	4.8238	17	11.618	10.4	2.4085	27.4
71	523	120	51	93.330	4.5	1.4360	9.7	2.8540	21	5.9022	14.7	2.0600	35.7
71.5	626	138	55	109.43	4.2	1.7645	8.6	3.4614	18.4	6.3425	14.2	1.8324	32.6
72	742	192	88	140.71	3.7	1.8593	9.2	4.2521	18.1	10.224	11.1	2.4044	29.2
73	769	200	74	145.02	3.7	1.9150	9.1	5.2970	14.3	8.4959	12.3	1.6039	26.6
74	728	220	98	152.05	3.7	1.4965	11.8	5.3686	15.4	11.348	10.6	2.1130	26
75	720	215	100	147.00	3.7	1.5681	11.1	4.6899	17.4	11.626	10.4	2.4790	27.8
76	750	211	58	145.00	3.7	1.7321	10.1	6.5740	11.3	6.5164	14.2	.99123	25.5
77	761	236	95	157.66	3.6	1.5823	11.4	5.8732	14.2	10.962	10.8	1.8664	25
78	739	236	103	156.10	3.7	1.4819	12.1	5.4803	15.4	11.937	10.3	2.1781	25.7
79	799	227	105	159.96	3.6	1.8355	9.8	4.9802	16.8	12.204	10.2	2.4506	27
80	755	251	117	163.56	3.6	1.4340	12.7	5.4626	16.1	13.604	9.6	2.4904	25.7

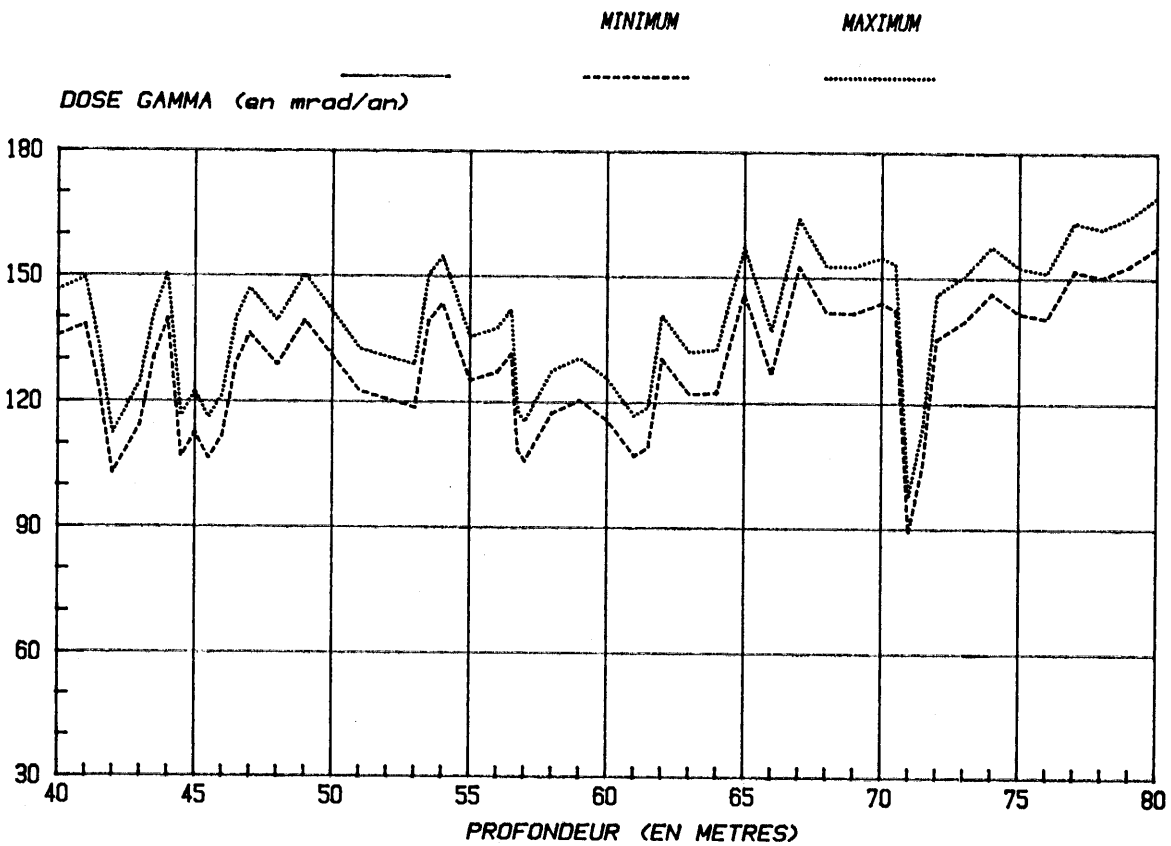
GEOCLER I (10-11 DECEMBRE 1986)

DOSE GAMMA DU MAAR DE CLERMONT



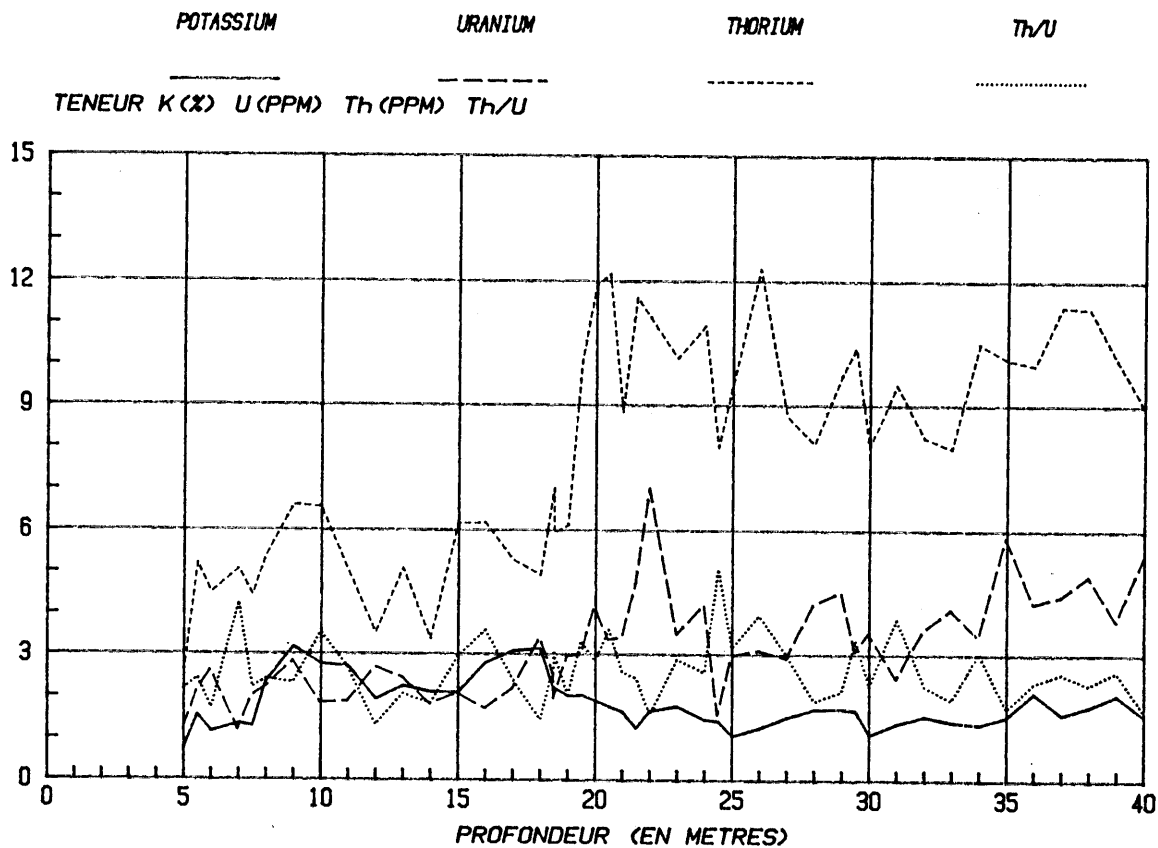
GEOCLER I (10-11 DECEMBRE 1986)

DOSE GAMMA DU MAAR DE CLERMONT



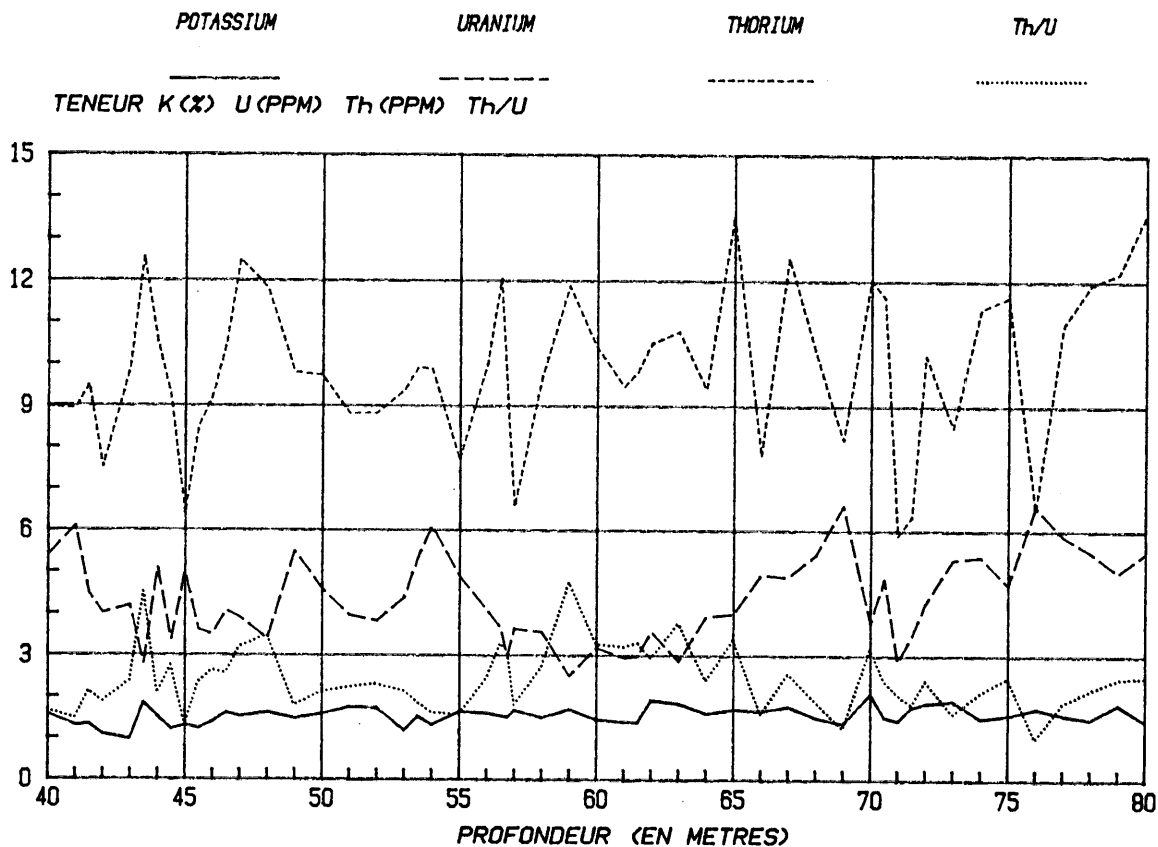
GEOCLER I (10-11 DECEMBRE 1986)

DOSIMETRIE DU MAIR DE CLERMONT



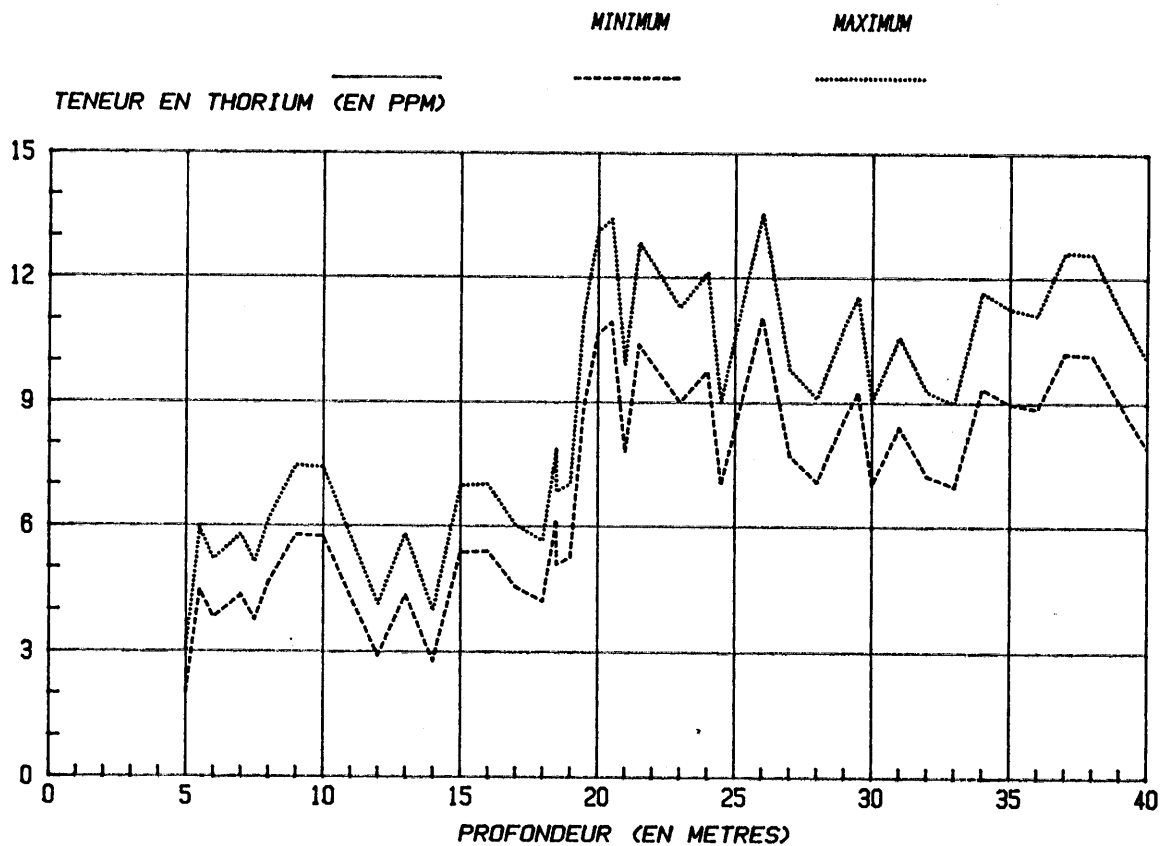
GEOCLER I (10-11 DECEMBRE 1986)

DOSIMETRIE DU MAIR DE CLERMONT



GEOCLER I (10-11 DECEMBRE 1986)

THORIUM DU MAAR DE CLERMONT



GEOCLER I (10-11 DECEMBRE 1986)

THORIUM DU MAAR DE CLERMONT

