



HAL
open science

Etude géologique des formations tertiaires et quaternaires de la région d'Annemasse (Hte Savoie)

Gabriel Karnay

► **To cite this version:**

Gabriel Karnay. Etude géologique des formations tertiaires et quaternaires de la région d'Annemasse (Hte Savoie). Stratigraphie. Université d'Orléans, 1980. Français. NNT: . tel-00849860

HAL Id: tel-00849860

<https://theses.hal.science/tel-00849860>

Submitted on 1 Aug 2013

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.

UNIVERSITE D'ORLEANS

18 JUIN 1981

THESE

PRESENTEE A

U.E.R. DE SCIENCES FONDAMENTALES ET APPLIQUEES

PAR

Gabriel KARNAY

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR DE 3^e CYCLE
SPECIALITE. GEOLOGIE

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL (76) 87.48.43

2

ETUDE GEOLOGIQUE DES FORMATIONS TERTIAIRES ET QUATERNAIRES DE LA REGION D'ANNEMASSE (Hte Savoie)

SOUTENUE LE 21 MAI 1980 DEVANT LA COMMISSION

J.P. CADET

PRESIDENT

M. GIGOUT

J.J. CHATEAUNEUF

J.P. RAMPNOUX

R. BATTISTINI

EXAMINATEURS

10 269 014

ERRATA

Pages	Lignes		
1	27	: Mademoiselles RIHS	lire: Mademoiselle RIHS
5	1	: préalpine	lire: périalpine
12	27	: emprunte	lire: entraîne
13	dernière ligne: ensseyant		lire: esseyant
20	16	: matière	lire: matrice
27	9	: Textulzridés	lire: Textularidés
29	1	: coservation	lire: observation
36	5	: racémisation	lire: carbonisation
65	36	: au Nord du Mornex	lire: au Nord de Mornex
67	3	: l'érosion	lire: l'Eocène
71	14	: C'est aussi à l'Oligocène inférieur	lire: C'est à l'Oligocène supérieur
82	Légende : verrou glaciaire		lire: bourrelet morainique
92	5&8	: Mounetier-Mornex	lire: Monnetier-Mornex
61		: Panponey	lire: Panfoney
63	1	: Panloney	lire: Panfoney
112		: Versant Est	lire: Versant Ouest
132	7	: autochtone et l'avant-pays	lire: autocitone de l'avant-pays
137	13	: hydrogéologique	lire: hydrogéologie
143	1	: rui-seau du Moulin	lire: ruisseau du Moulin
143	7	: trame mince	lire: lame mince
147	1	: termination ondulée	lire: stratification ondulée

136 Les formations quaternaires:

Les conclusions exposées ont une valeur uniquement locale, qu'il serait imprudent de généraliser à l'échelle de la chaîne alpine. Ceci explique ma position relativement catégorique, et n'exclue aucunement l'existence de fluctuations climatiques pendant la période wurmienne. Toutefois, il n'existe aucune preuve sur le terrain permettant de subdiviser les dépôts en plusieurs époques wurmiennes.

AVANT-PROPOS

Avant d'entamer l'exposé de cette étude, il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

J'adresserai tout d'abord l'expression de ma gratitude à Monsieur le Professeur M. GIGOUT qui m'a témoigné tout au long de cette étude une bienveillante sollicitude. Son esprit critique et sa grande prudence sur le terrain m'ont beaucoup impressionné et enrichi dans mes méthodes de travail, et par ses conseils, il a su tantôt freiner, tantôt stimuler mon enthousiasme. Je le remercie vivement de m'avoir en quelque sorte "initié" à l'étude des formations quaternaires glaciaires.

Je remercie également Monsieur J.P. CADET d'avoir pris le relai de la direction de cette thèse lors du départ en retraite de Monsieur le Professeur GIGOUT. Il m'a aidé de ses nombreux conseils pour l'étude des formations tertiaires et pour la rédaction et la forme de cet ouvrage.

J'exprime aussi ma reconnaissance à Monsieur J.J. CHATEAUNEUF du Laboratoire de palynologie du B.R.G.M. (Orléans) qui a aimablement effectué les analyses palynologiques de certains échantillons et qui, par ses discussions, m'a révélé les aléas et les limites de cette méthode dans le type de dépôt étudié.

Je tiens à remercier Monsieur J.P. RAMPNOUX de l'Université de Chambéry pour les conseils qu'il m'a prodigués lors de mes premières sorties sur le terrain, et d'avoir bien voulu siéger dans mon jury.

Je remercie vivement Monsieur R. BATTISTINI qui m'a enseigné la géomorphologie et qui a aimablement accepté de juger mon travail.

A Monsieur DOUDOUX de l'Université de Chambéry, qui m'a fait profiter de sa connaissance du secteur étudié et de ses conseils relatifs à la bibliographie lors de mes premières sorties sur le terrain, j'adresse mes sincères remerciements.

Je remercie également Mademoiselles RIHS, bibliothécaire de la faculté des Sciences de la Terre de Genève, qui a toujours donné suite à mes demandes bibliographiques avec une grande amabilité.

Je remercie vivement Messieurs CHAROLLAIS (Faculté des Sciences de Genève), LOMBARD (Faculté des Sciences de Genève) et GIOT (B.R.G.M. Orléans) pour les précieux conseils qu'ils m'ont donnés.

Je n'omettrai pas de citer Monsieur TALLET, technicien à la Faculté des Sciences d'Orléans, qui m'a beaucoup aidé pour la confection des lames minces et des planches photographiques.

Je remercie également Madame CALVET, secrétaire à la Faculté des Sciences d'Orléans qui a bien voulu se charger de la dactylographie de cet ouvrage. Je tiens aussi à remercier le service imprimerie de l'U.E.R. des Sciences d'Orléans qui s'est donné beaucoup de mal pour le tirage de ce mémoire.

Il serait injuste de ne pas mentionner l'aide apportée par ma femme : sur le terrain comme à Orléans, elle a toujours su m'encourager dans les moments de déception, aussi c'est à ma femme et à mon fils que je dédie cette étude.

Chapitre A

INTRODUCTION

I - GENERALITES

A l'occasion d'un stage de prospection géochimique effectué à *Cluff* (*Saskatchewan*) grâce à Monsieur TRICHET professeur à l'Université d'*Orléans* et à Monsieur TABOURET (Société IMETAL), j'ai pu constater la grande difficulté qu'avaient les géologues à prospector l'uranium dans une région recouverte par des dépôts glaciaires et associés. Je me suis donc lancé dans cette étude pour essayer de cerner d'un peu plus près les faciès, les structures et les modes de mise en place de ces formations.

Dans le cadre du relevé géologique de la France au 1/50 000 par le B.R.G.M., la région d'*Annemasse* m'offrait un terrain propice à l'étude de ce type de dépôts.

Outre les formations glaciaires, la feuille d'*Annemasse* m'offrait d'autres horizons, tels les problèmes du Tertiaire concernant les relations flyschs-molasse des Préalpes.

Ainsi donc cette étude a pour objet la présentation des données recueillies sur le terrain concernant le Quaternaire et, pour le Tertiaire, une compilation d'informations bibliographiques étayées par quelques observations personnelles.

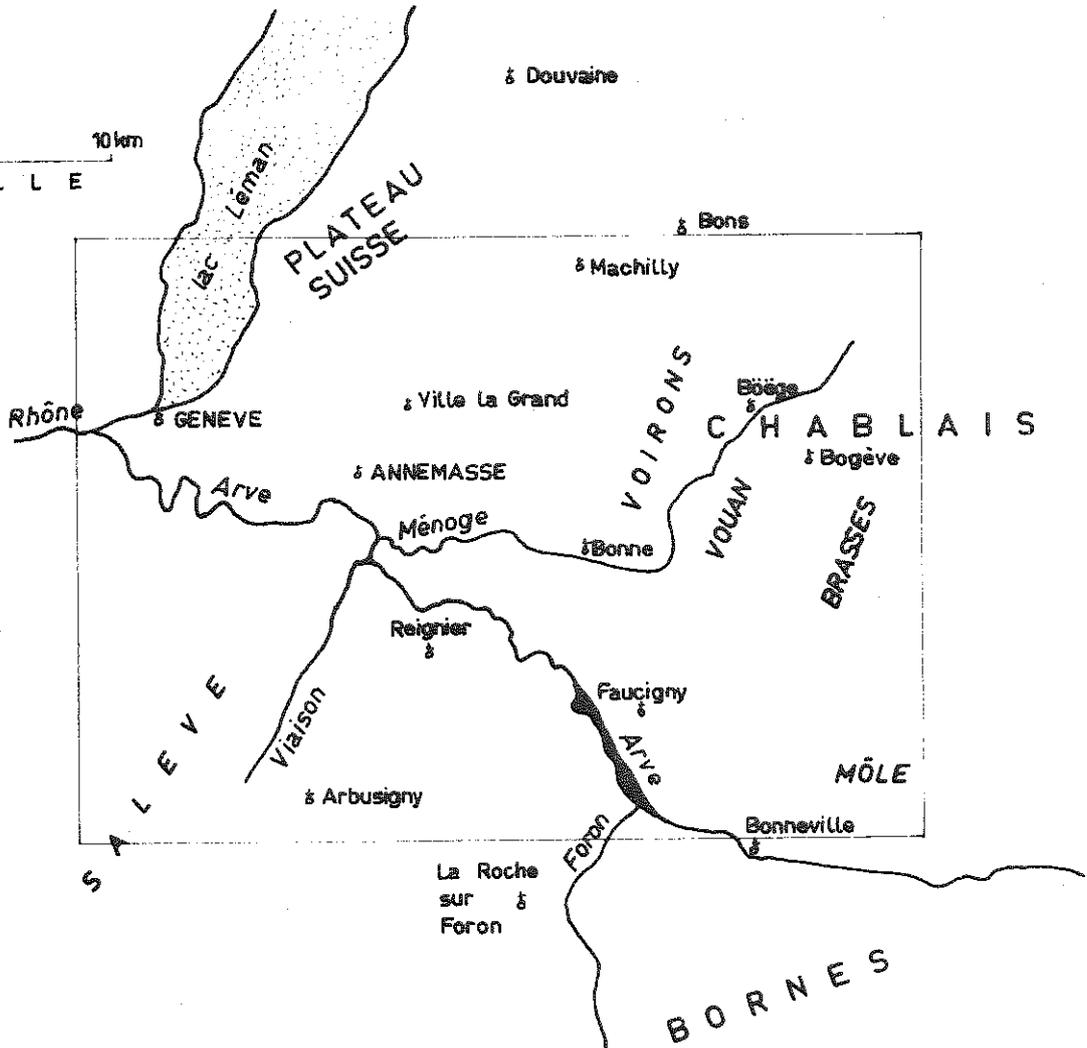
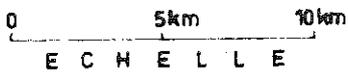
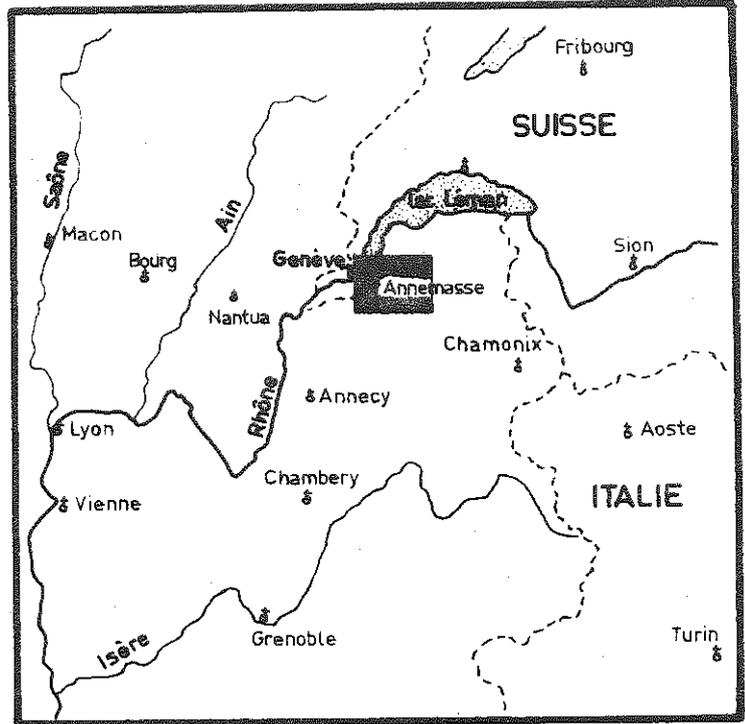
II - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le secteur étudié se situe dans les Alpes françaises du Nord et forme le point de juxtaposition de quatre domaines bien distincts dans la morphologie :

- Au Nord-Ouest, le bassin genevois qui appartient à la vaste dépres-

Fig. 1

SITUATION
GEOGRAPHIQUE



sion préalpine, à relief très doux, empâté par les atterrissements glaciaires et généralement mis en valeur par les cultures céréalières.

- Le chaînon calcaire du *Salève*, qui par son flanc nord-ouest très escarpé forme une véritable "falaise" dominant la plaine genevoise. Sa crête est recouverte de prairies et ses flancs d'une épaisse forêt de sapins.

- *Le Chablais*, zone montagneuse, est tantôt recouvert par une abondante forêt de résineux, ou bien constitue de vastes surfaces d'alpages favorables à l'élevage bovin intensif et à une industrie de produits laitiers (lait, fromage, crème...)

- La vallée de *l'Arve*, élargie par les glaciers, traverse le secteur étudié du SE vers le NW, et forme ainsi une étendue propice aux cultures céréalières et aux vergers.

Les conditions naturelles (relief, climat) n'apparaissent guère favorables à l'homme ; pourtant, le peuplement est ancien et relativement dense, comme en témoignent les nombreux sites préhistoriques découverts dans la région.

Ancienne province des états sardes, *La Savoie* fut soumise par les romains et fit ensuite partie du royaume des Burgondes, de l'empire de Charlemagne, du royaume de Bourgogne-Provence (Bosson, 338), de l'Empire d'Occident (Conrad II, 1032). Au 12ème siècle, *La Savoie* fut intégrée aux Etats de la maison de Savoie. Annexée par la France de 1792 à 1813, elle devint définitivement française en 1860.

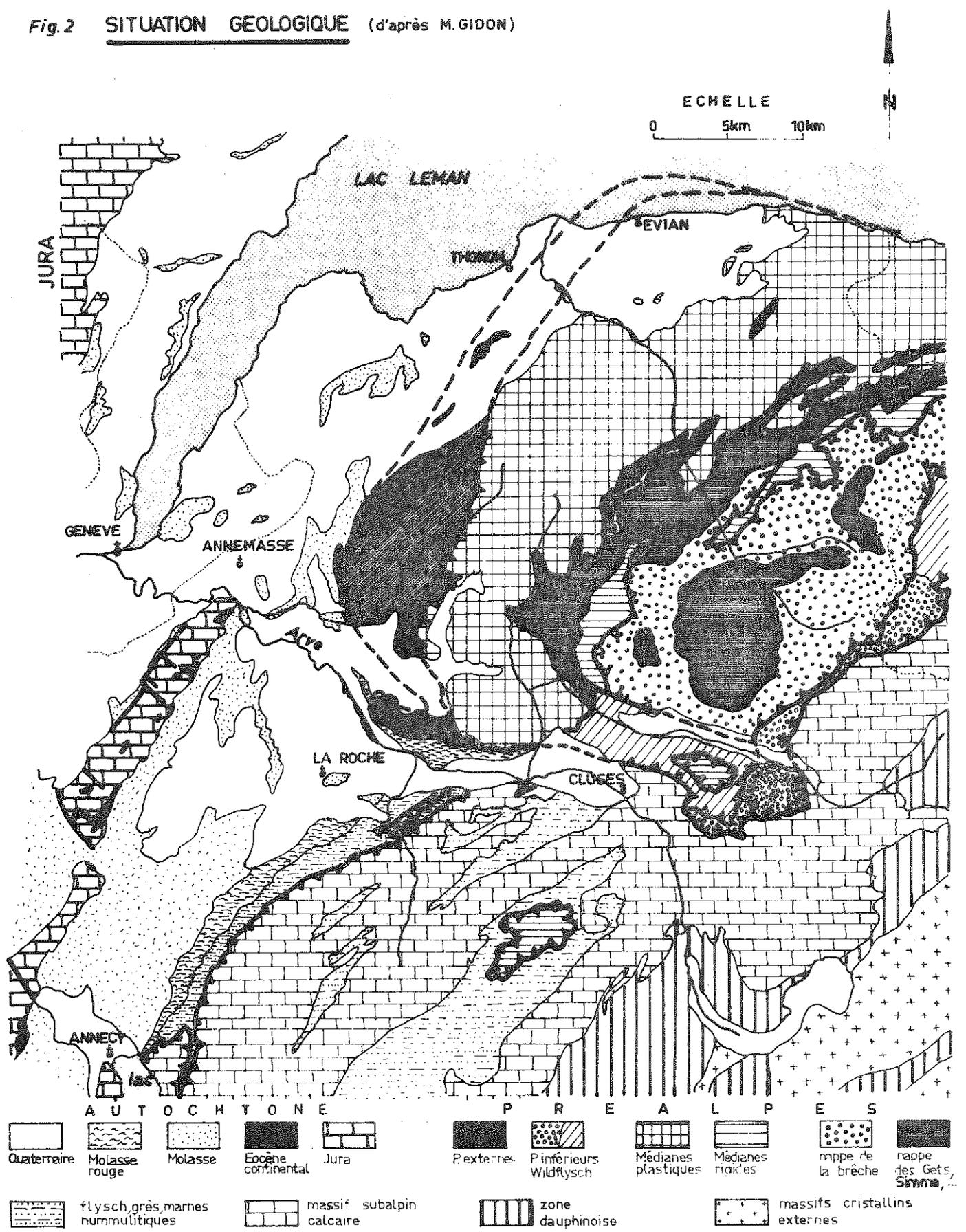
L'économie, initialement fondée sur une polyculture vivrière, l'élevage transhumant, l'exploitation de la forêt et parfois du sous-sol a été rénové par l'amélioration des communications donc des échanges, et par le tourisme. Aux industries traditionnelles (horlogerie, travail du bois, produits alimentaires) se sont ajoutées des activités modernes (roulements à billes, décolletage...)

Le tourisme tient une place importante dans l'économie locale car la région rallie les plaisirs du ski alpin en hiver, à ceux de la plage (Léman), de la voile, du delta plane, de l'alpinisme (Salève) et de la randonnée pédestre pendant la belle saison, le tout agrémenté par quelques spécialités gastronomiques locales.

III - SITUATION GEOLOGIQUE

La région étudiée se compose de trois domaines bien distincts :

Fig.2 SITUATION GEOLOGIQUE (d'après M. GIDON)



- La majeure partie du paysage est représentée par le prolongement vers le Sud-Ouest du synclinorium molassique suisse qui forme un plateau d'altitude 450 m environ. Cette molasse est représentée dans le secteur par une épaisse série détritique, assez grossière, de couleur vert olive à grise, tantôt rougeâtre, massive le plus souvent, à stratification entrecroisée quelquefois et, très rarement, sous forme de grès calcaires intercalés de minéraux argilo-marneux diversicolors.
- Ce plateau est percé dans sa partie occidentale par un chaînon jurassien d'orientation NE-SW : l'anticlinal du *Petit et du Grand Salève*.
Les couches sommitales de cet anticlinal (Urgonien) sont recouvertes sporadiquement par des sables continentaux éocènes.
- Dans la partie orientale du secteur étudié, le synclinorium molassique est chevauché par les nappes des Préalpes externes (Voiron, Vouan, Collines de Faucigny), et par les Préalpes médianes plastiques (Brasses, Môle).

Cette structure géologique est confirmée par les résultats de la géophysique. En dressant la carte des anomalies résiduelles gravimétriques de la région lémanique, E. POLDINI (1963) constate une correspondance des anomalies lourdes avec les zones chevauchées, ainsi que des anomalies négatives avec les sillons comblés de dépôts quaternaires.

IV - HISTORIQUE DES RECHERCHES SUR LES PREALPES

Le dix-neuvième siècle symbolise le siècle du grand défrichage stratigraphique. Dans ce contexte, les Préalpes seront soumises aux investigations des naturalistes et des géologues tels BRUNNER (1857), COLOMD (1850), A. FAVRE (1859-67), E. FAVRE (1870-75), DE LORIOI & SCHARDT (1883), DE MORTILLET (1858), PICTET et al. (1858), QUENSTEDT (1838), RENEVIER (1858), STUDER (1834, 1853) et bien d'autres.

De ce fait, en 1890 tous les terrains importants des Préalpes étaient datés à la satisfaction générale de l'époque, en niveaux, souvent en étages, sauf trois domaines :

- les dolomies et gypses du Trias
- les brèches du Chablais

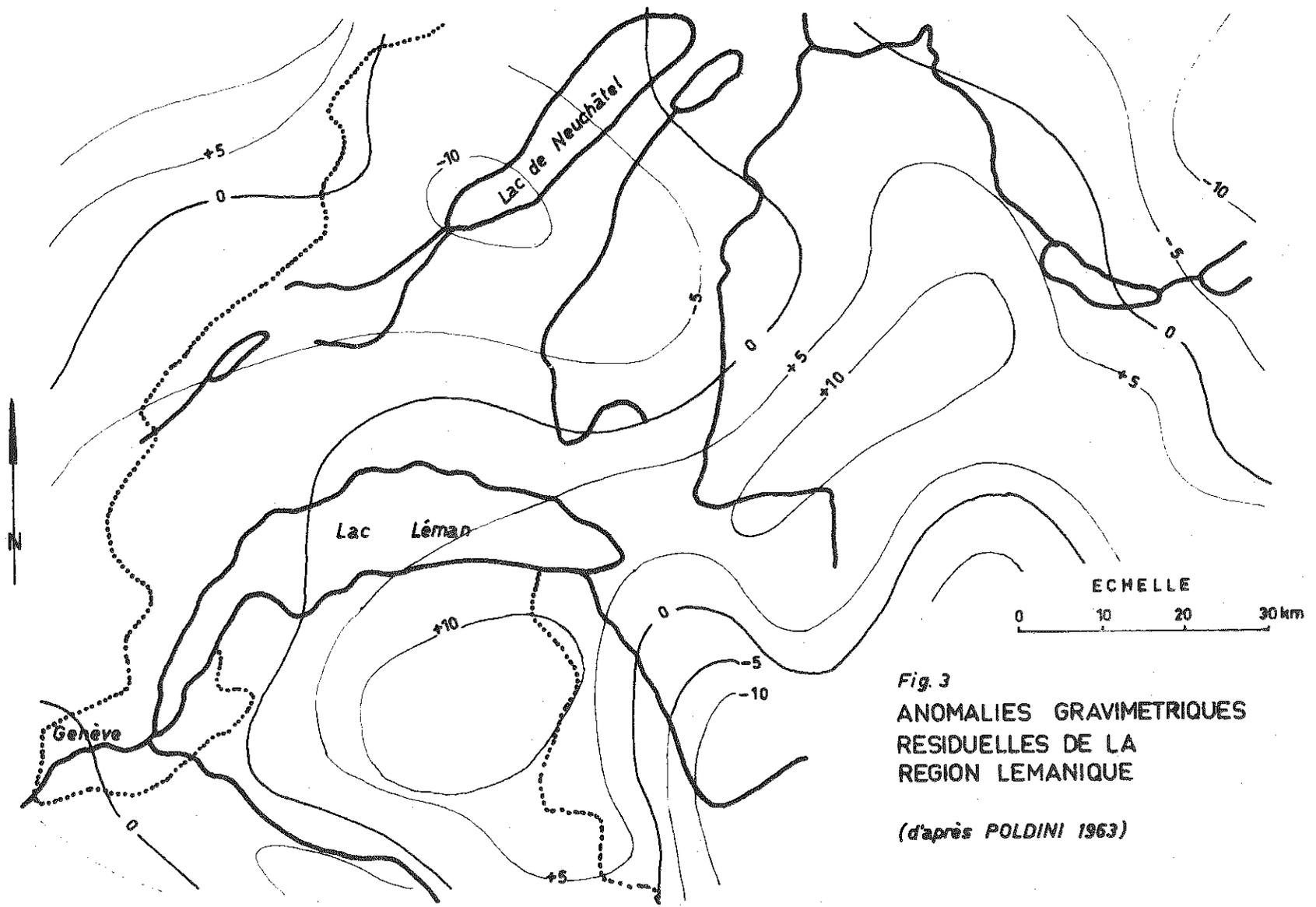


Fig. 3
 ANOMALIES GRAVIMETRIQUES
 RESIDUELLES DE LA
 REGION LEMANIQUE
 (d'après POLDINI 1963)

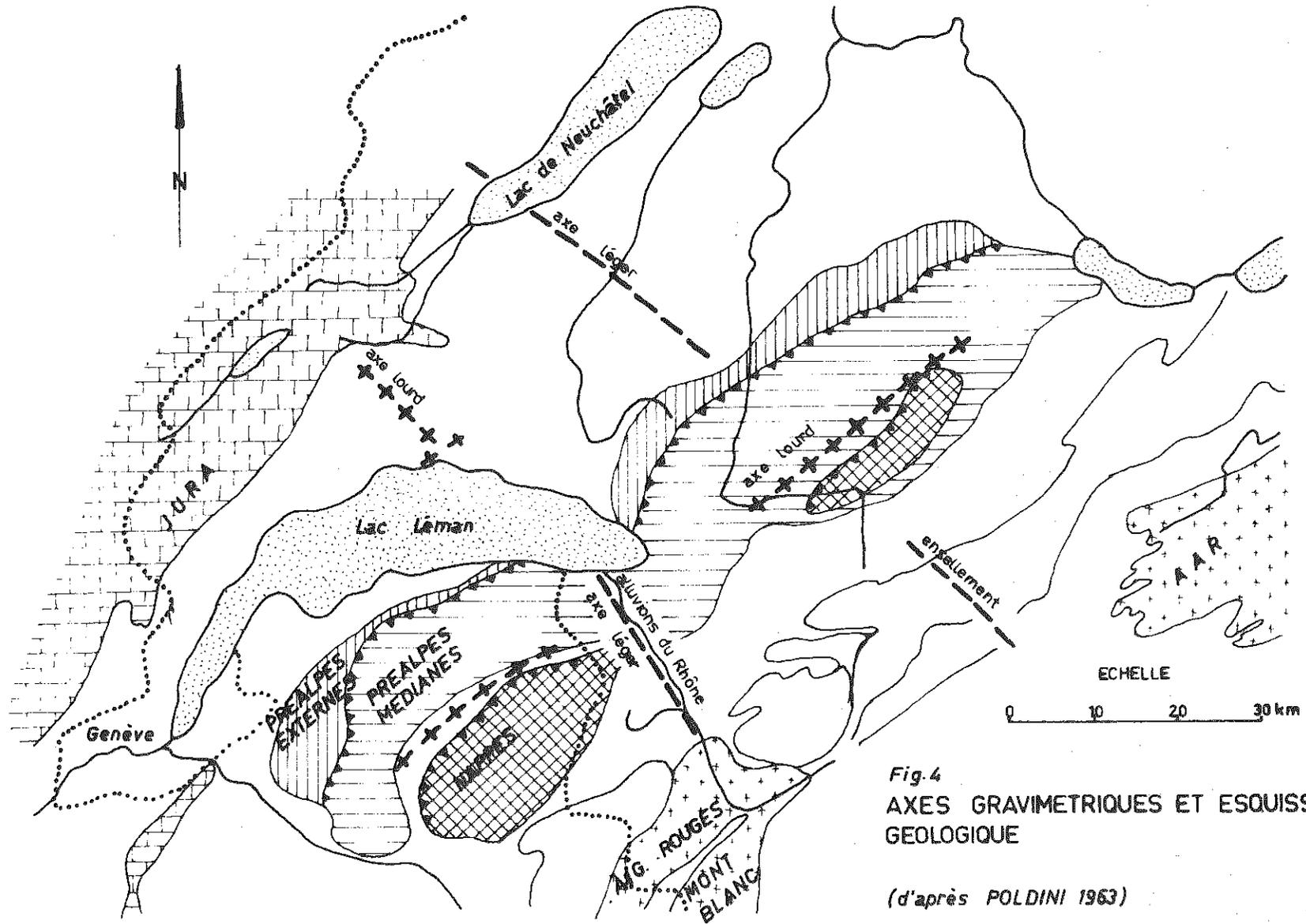


Fig.4
 AXES GRAVIMÉTRIQUES ET ESQUISSE
 GÉOLOGIQUE

(d'après POLDINI 1963)

- les flyschs dont la datation devrait attendre le développement de la micropaléontologie.

Ces stratigraphes avaient non seulement daté les terrains mais aussi proposé les conditions paléogéographiques de leur formation ; or les Préalpes mettaient en évidence plusieurs problèmes déroutants tels que la juxtaposition brutale et parfois l'interpénétration de roches de même âge mais de faciès fondamentalement différents, ainsi que la présence de blocs énigmatiques qui semblaient totalement étrangers à leur entourage, auxquels BACHMANN (1863) donna le nom de "blocs exotiques".

Pour répondre à cette dernière question, ce n'est qu'en 1893 que SCHARDT imagina un processus de "charriage tectonique" amenant massivement des roches de la bordure sud des Alpes sur le versant nord.

Il a fallu près d'un siècle d'étude tectonique, de DE SAUSSURE (1779) à HEIM (1878) pour voir naître un concept essentiel : celui des grandes translations.

Il faut rendre hommage à Marcel BERTRAND (1884) qui fut le premier à proposer un chevauchement unique vers le Nord, d'une amplitude de 40 km pour les Alpes du Glarus, se basant uniquement sur les figures et les descriptions d'A. HEIM. C'est ainsi que naquit la première "nappe" des Alpes suisses.

A la même époque, TORNEBOHN (1888) met en évidence les énormes chevauchements d'au moins 100 km des Calédonides de Scandinavie.

Après quelques années d'oubli, cette théorie des nappes renaquit en 1893 avec SCHARDT et son élève LUGEON grâce à la comparaison de leurs études structurales avec celles stratigraphiques de RENEVIER, qui au premier abord débouchaient sur un paradoxe quant à la formation des Préalpes. "La zone du Chablais paraît comme encadrée dans la bordure nord des Alpes à faciès helvétique... Elle forme une pièce indépendante, étrangère à tout ce qui renferme la bordure calcaire du versant nord des Alpes". Ensuite SCHARDT (1893) conclut : "qu'il est encore bien plus simple de considérer toute la région du Chablais et Stockhorn, de la vallée de l'Arve jusqu'à celle de l'Aar, comme une nappe de recouvrement venue du Sud, par dessus la zone des Dents du Midi et du Mont Blanc-Finsteraarhorn".

L'allochtonie des Préalpes étant démontrée, SCHARDT les subdivise en trois nappes :

- Les "Préalpes médianes" formant le gros des Préalpes.
- La nappe de La Brèche d'âge jurassique, superposée à la nappe principale.
- Une zone discontinue de flysch située entre le plan de charriage des des Préalpes Médianes et le Tertiaire autochtone (Molasse),

F. 38041
 04 76 83 54 27
 Mail: p.picard@univ-grenoble.fr
 Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES SCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 GRENOBLE CEDEX
 38041

18 AOÛT 2003

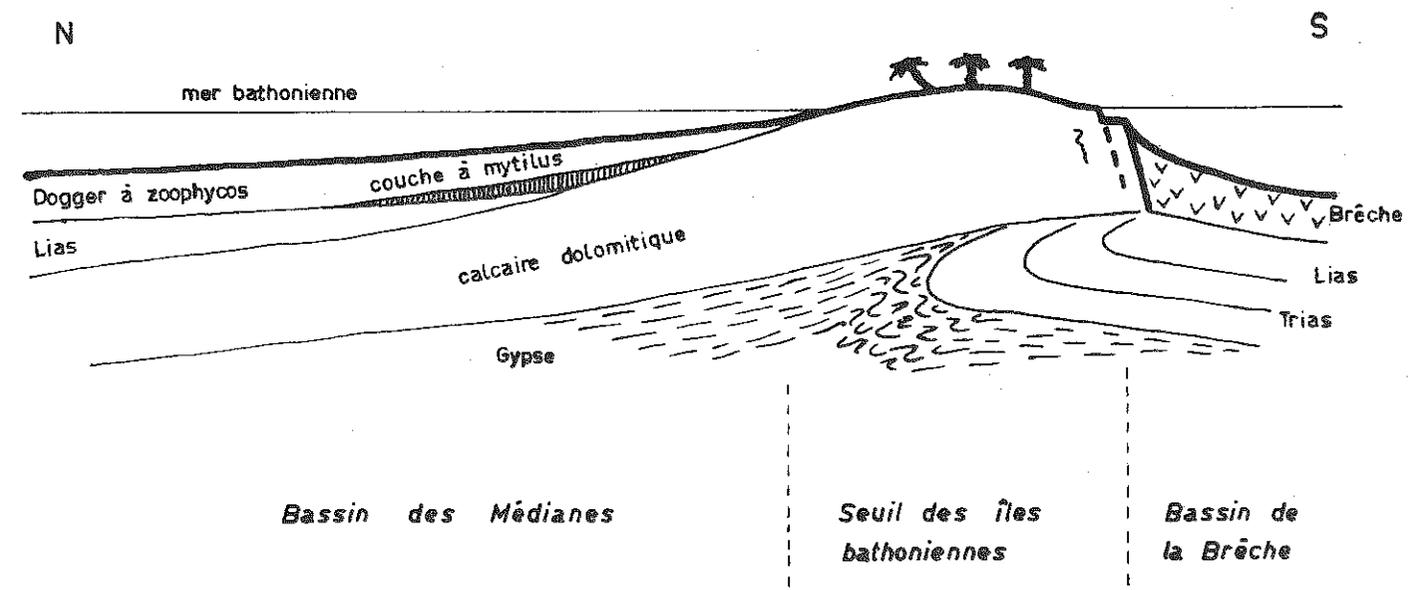


Fig. 5 RECONSTITUTION PALINSPASTIQUE DES POSITIONS ORIGINELLES DES NAPPES DES
 PREALPES MEdIANES ET DE LA BRECHE AU DOGGER (d'après SCHARDT 1898)

emballant de grandes lames de terrains mésozoïques, qui affleure de part et d'autre des médianes et qui est appelée ultrahelvétique par A. HEIM (1920).

En outre, SCHARDT (1898) esquisse l'évolution paléogéographique des Préalpes.

Il situe la place originelle des "lambeaux mésozoïques" (Préalpes externes et zone des cols) au Sud des Alpes de faciès helvétique (d'où le nom de ultrahelvétique).

Il place plus au sud le bassin des Préalpes médianes, puis le seuil émergé des *Iles Bathoniennes* (assimilé au géantoclinal briançonnais), et enfin, le bassin de la Brèche.

D'après cette disposition, les brèches sous-marines proviendraient de l'éroulement de falaises continuellement rafraîchies par l'activité tectonique de la marge sud du seuil briançonnais.

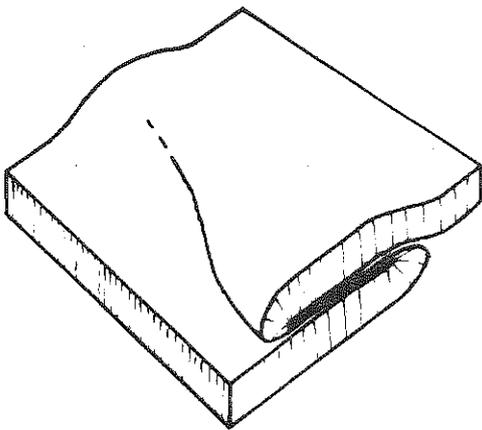
SCHARDT (1898) explique également : "L'érosion qui a caractérisé la période Miocène eut pour effet de démanteler complètement cette nappe dans la partie comprise entre le lac de Thoun et le Rhin, en ne laissant subsister que des lambeaux, les grandes Klippes. Dans la Suisse occidentale et le Chablais, où l'érosion fluviale a été bien moins intense, ainsi que l'atteste le faible développement des amas de poudingues miocènes, la nappe reste continue. De cette manière s'explique le caractère austroalpin des matériaux des poudingues miocènes en face des chaînes offrant aujourd'hui le faciès helvétique."

LUGEON présente à Paris le 17 février 1902 sa synthèse sur "*les grandes nappes de recouvrement*". Dès lors c'est l'essor des théories tectoniques au détriment des théories de plissement.

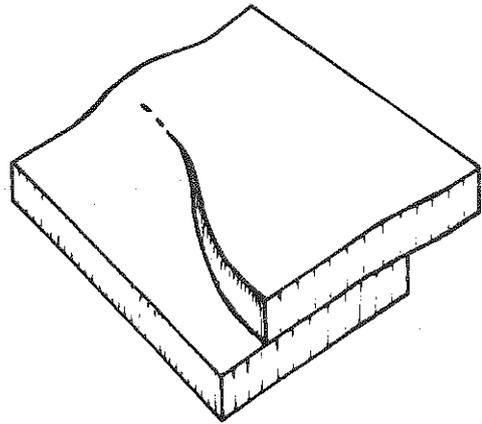
La vision tectonique proposée par LUGEON emprunte chez beaucoup de géologues alpins, une obsession pour la recherche de charnières frontales ou radicales et de lambeaux de flancs renversés pour l'explication des chevauchements. En bref, on considérait systématiquement les grands chevauchements comme dérivant de plis-failles couchés où l'élément faille l'emportait progressivement sur l'élément pli, à mesure que le front de la nappe s'éloignait de sa racine.

La théorie ultraductile considérait par contre les grands chevauchements comme des plis dont le flanc renversé, soumis à un étirement extrême, s'était réduit à une épaisseur nulle.

On peut résumer ces deux concepts par les schémas suivants :



Théorie ultraductile



Théorie tectonique

De 1902 à 1940 tous les géologues ont consacré leurs recherches à accumuler une masse de données tectoniques et stratigraphiques (JEANNET, 1912-18 ; PETERHANS, 1926 ; HAUG, 1925) qui permirent aux ténors suisses des corrélations alpines (LUGEON, ARGAND et STAUB) d'avancer des hypothèses quant à l'origine des diverses nappes.

Elève de LUGEON, ARGAND explique en 1916 le "déferlement" des nappes par un "rapprochement des môles anciens de l'Eurasie et de l'Indo-Afrique".

Au même moment WEGENER (1915) publie sa théorie de la dérive des continents.

ARGAND, se basant sur la théorie de la dérive des continents, fait apparaître les Alpes et d'autres chaînes de montagnes comme le résultat de la collision de plaques continentales et océaniques et les océans comme le résultat plus ou moins poussé d'un étirement ayant lieu entre deux parties d'un domaine continental initialement continu.

Au moment où éclata la deuxième guerre mondiale, le concept de *glissement par gravité* s'impose aux géologues français et suisses (SCHEEGANS, 1938 ; GIGNOUX, 1942 et 48 ; LUGEON & SCHEEGANS, 1940 et LUGEON et GAGNEBIN, 1941) comme moteur tectonique.

Cette théorie revient à dire que les Préalpes ont avancé, coupées de leurs racines, avec comme moteur essentiel la masse des sédiments soumise à un plan incliné (le substratum).

Pour expliquer la structure de l'Ultrahelvétique, LUGEON et BADOUX (1943) proposent le principe de diverticulation.

Comme pendant la période 1902-1940, la période actuelle est caractérisée dans les Préalpes par une recherche active d'informations, ensesyant

ainsi de perfectionner ce concept de tectonique de gravité.

C'est à CARON (1976) que l'on doit la dernière née des nappes préalpines : la nappe de Gurnigel. Cette dernière nous intéresse directement car le flysch des Voirons est un équivalent latéral de ces flyschs du Gurnigel.

Chapitre B

LES FORMATIONS TERTIAIRES

I - GENERALITES

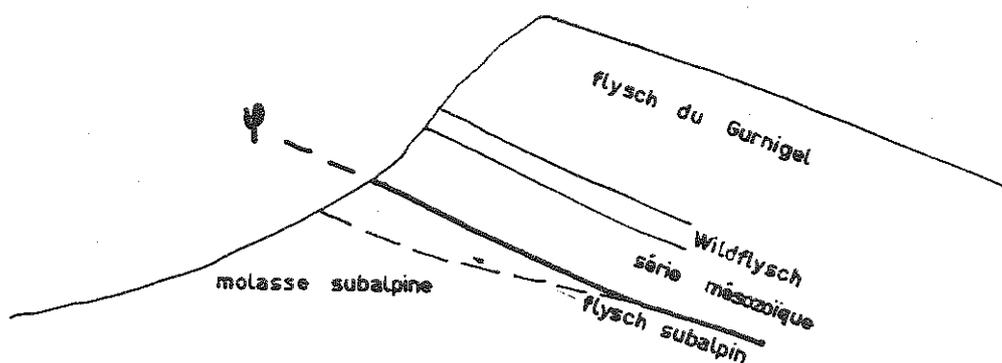
L'étude des formations tertiaires de la région d'Annemasse est délicate. Confronté au problème des Préalpes, je me suis vite rendu compte que seule une récapitulation synthétique des connaissances de ces dernières années étayée par quelques observations personnelles était envisageable. La description des différentes formations se fera suivant les unités géologiques et non la chronologie qui aurait pu avoir pour conséquence un obscurcissement superflu de cet exposé.

Nous allons décrire tour à tour l'ensemble des Voirons et du Vouan, l'ensemble basal du Môle et enfin la molasse parautochtone de la base des Voirons et le synclinorium molassique avec les formations éocènes du Salève.

II - LES VOIRONS ET LE VOUAN

La chaîne des Voirons appartient à la nappe des Préalpes externes qui constitue la zone bordière des Préalpes franco-suissees. Dans la région, ces Préalpes externes séparent la Molasse à l'Ouest des Préalpes médianes plastiques à l'Est. Structuralement elles semblent rattachées aux Préalpes internes (zone des cols) avec lesquelles elles sont censées constituer les Préalpes inférieures, soit la base de l'édifice préalpin.

C. CARON (1976) présente dans son article concernant la nappe du Gurnigel (équivalent latéral des Voirons) la structure généralement observée dans les Préalpes.



De ces diverses formations le flysch du Gurnigel est de loin la plus importante, le wildflysch assez souvent mal représenté occupe diverses positions et sépare généralement les autres termes, la série mésozoïque présente à Faucigny est très mal représentée dans les Voironnais, le flysch subalpin est discontinu. De plus, en tenant compte de la molasse, ces trois unités sont souvent en apparente continuité stratigraphique. La série mésozoïque primitivement continue depuis l'Aalénien jusqu'au Santonien n'est représentée dans les Voironnais que par quelques écaillés très locales de calcaire argovien, sequanien, kimmeridgien, valanginien et barrémien.

La carte schématique des Voironnais et les deux coupes transversales nous montrent que dans la partie septentrionale les blocs exotiques sont apparemment absents, et d'autre part, que le wildflysch est inexistant dans les Voironnais.

Nous obtenons donc la succession suivante de bas en haut :

- . la molasse parautochtone
- . le flysch basal à écaillés de calcaires secondaires
- . le flysch des Voironnais, épaisse série grésopélique
- . le flysch du Vouan, épaisse série détritique à faciès souvent conglomératique.

Les contacts entre molasse-flysch basal et flysch basal-flysch des Voironnais sont de nature tectonique, tandis que le contact flysch des Voironnais-flysch du Vouan est un contact stratigraphique assynchrone (Ilerdien à Lutétien).

Nous allons tour à tour décrire les diverses formations en réservant la molasse parautochtone pour un chapitre ultérieur : nous ne tiendrons compte que des Préalpes externes dans ce paragraphe.

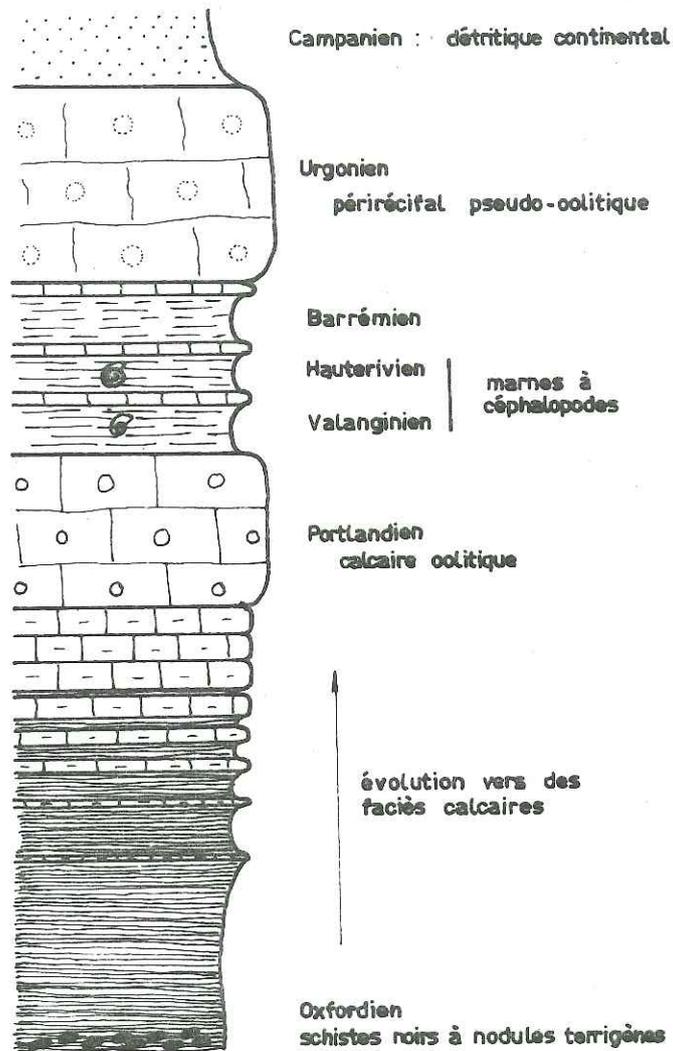


Fig. 6 EXEMPLE DE LAMBEAUX MESOZOÏQUE

Montsalvens

(d'après une description de C. CARON 1976)

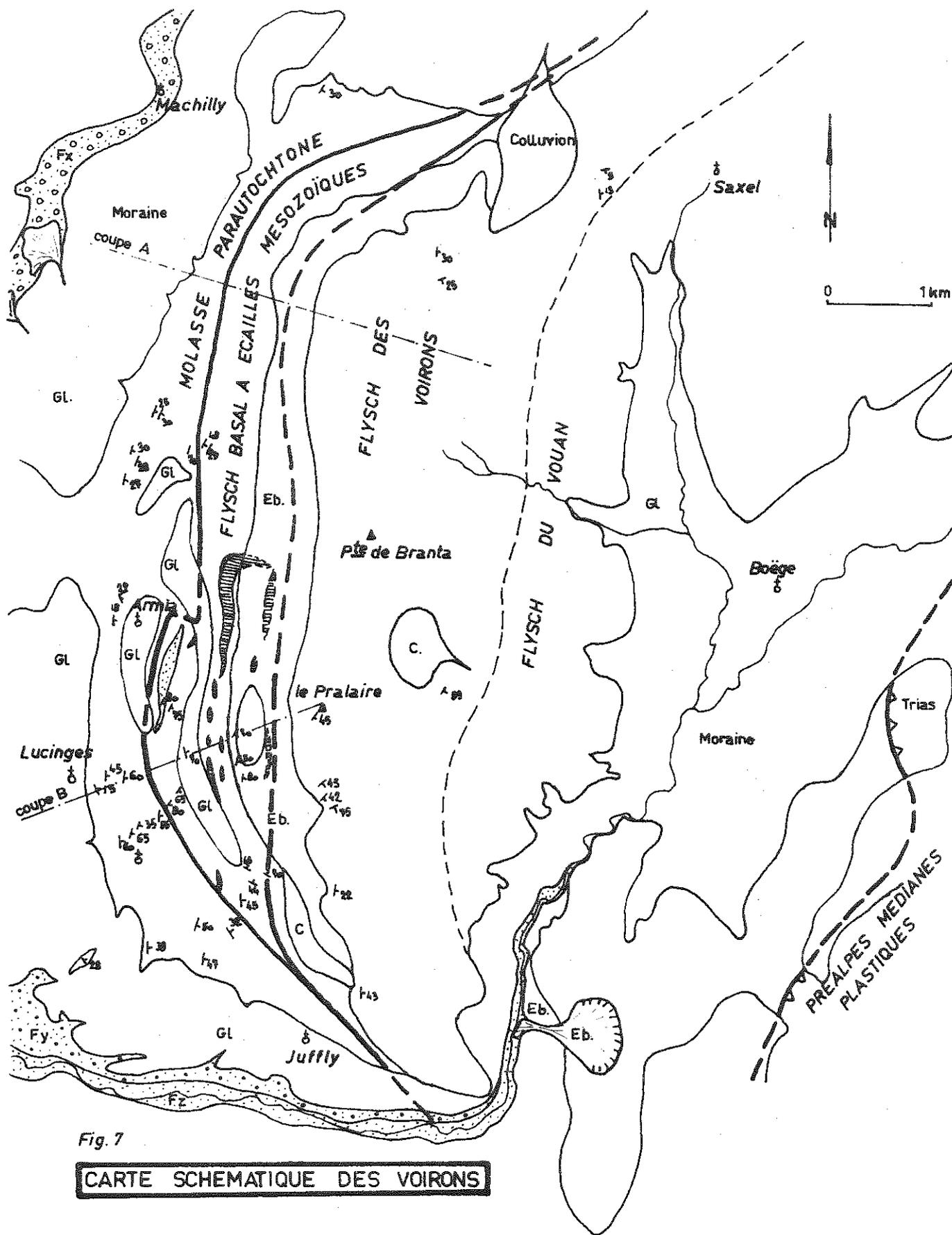
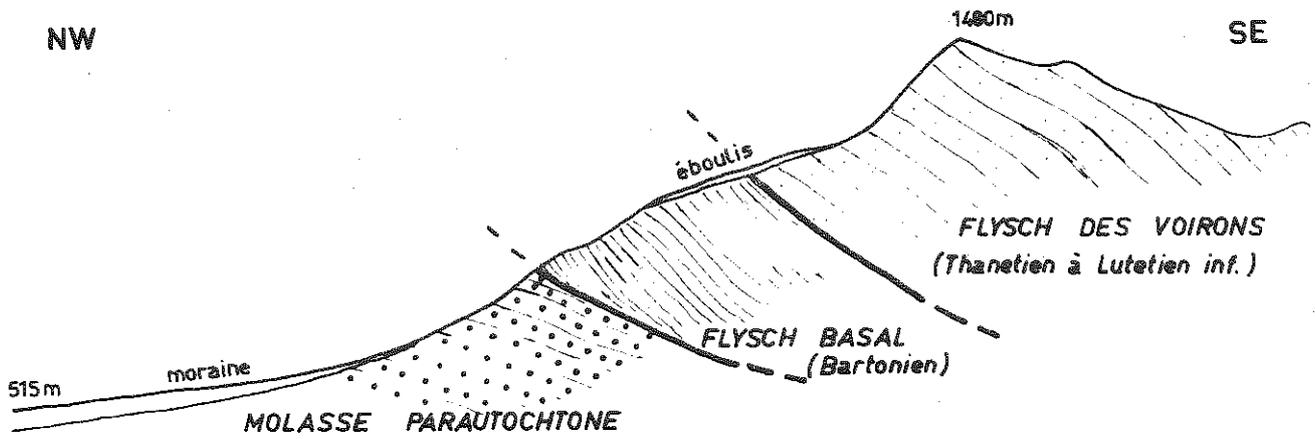
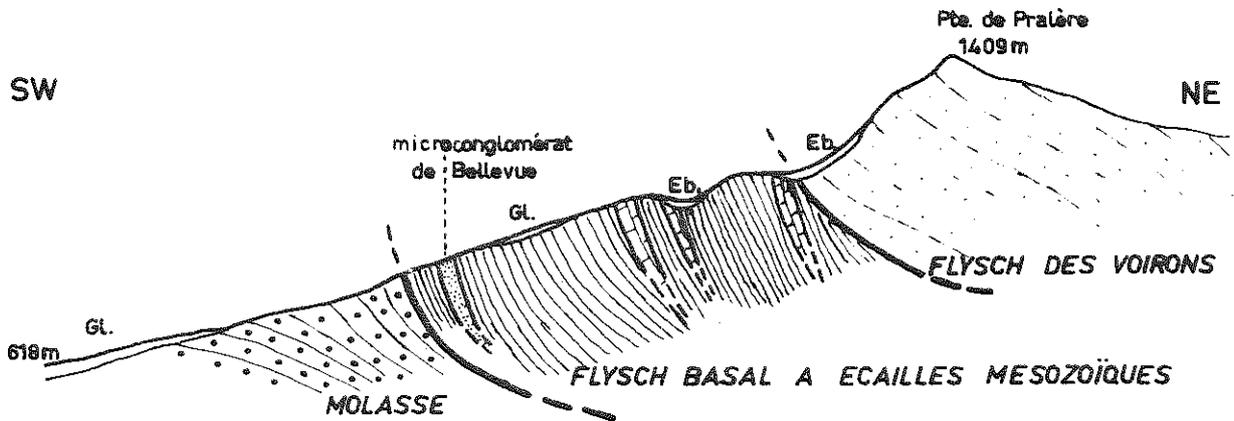
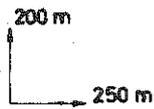


Fig. 7

CARTE SCHEMATIQUE DES VOIRONS



COUPE A



COUPE B

Fig. 8

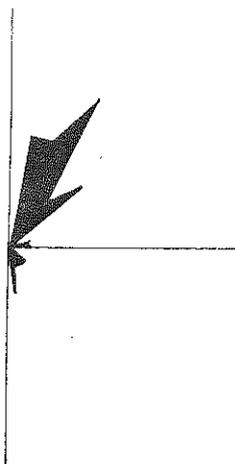
COUPES TRANSVERSALES SCHEMATIQUES DES VOIRONS

1°) Flysch basal des Voirons à écailles mésozoïques

Cette série est difficilement observable sur le terrain car les éboulis, moraines, sols de flysch et surtout l'abondante végétation masquent le substratum. Néanmoins à la faveur de ruisseaux, torrents et talus de routes, on peut effectuer quelques observations.

La partie nord de ce flysch forme en apparence une série monotone à strates de grès beige à gris bleuté à ciment calcaire, grain fin à moyen, assez dur, intercalés de niveaux marneux généralement fins. Ces strates sont en position normale au vu des figures de courants situés à la base des bancs (flute-casts, groove-casts, etc...)

Dans la partie sud, depuis Armia jusqu'au Nord de Juffly, le flysch est beaucoup plus tourmenté. En effet, on y constate la présence de nombreuses écailles de calcaires secondaires, ainsi que la présence à la base du flysch, d'un niveau microconglomératique. Ce microconglomérat est en général très dur, vacuolaire par moment, et contient des éléments divers noyés dans une matière brunâtre : il s'agit du grès de Bellevue-Taveyanne décrit par A. LOMBARD (1938) dans sa monographie des Voirons.



La direction générale des couches est NE-SW avec une dominante à N 30. Les figures de courants sont en général perpendiculaires à cette direction.

R. JAN du CHENE, G. GORIN et J. Van STUIJVENBERG (1975) ont daté un équivalent latéral de ce flysch basal dans la vallée de la Dranse. Ils définissent une association de dinophycées à *Areosphaeridium diktyoplokus* qu'ils placent au sommet de l'Eocène, dans le Ludien : NP 18 à 20 des nannoplanctons calcaires (MARTINI, 1971). J.J. CHATEAUNEUF (BRGM Orléans) a analysé cinq de mes échantillons qu'il place plutôt dans le Bartonien supérieur-extrême base du Ludien.

Ces résultats bien que relativement précis sont à regarder avec une extrême prudence car souvent les échantillons présentent un taux élevé en formes remaniées du Crétacé ainsi qu'une relative abondance en matière organique évoluée et débris divers.

Tab. 1

DIAGNOSE PALYNOLOGIQUE

Flysch basal des Voirons à blocs
exotiques mésozoïques

DINOPHYCEES		15	19	23	219	233
Areosphaeridium	diktyoplokus	x	.	.	x	x
Areosphaeridium	arcuatum	.	.	.	x	.
Arecipites	sp.	x	.	.	.	.
Areoligeraceae		.	.	.	x	.
Areoligera	cf senonensis	.	.	x	.	.
Acostomocystis*	granulatus n sp.	.	.	.	x	.
Cordosphaeridium	floripes	x	x	.	x	.
Cordosphaeridium	funiculatum	.	x	.	.	.
Distatodinium	tenerum	x	.	.	.	.
Distatodinium	paradoxum	x	x	x	.	.
Wetzeliiella	articulata	.	.	.	x	.
Deflandrea	phosphoritica	x	.	.	.	.
Deflandrea	leptodermata	x	.	.	.	.
Achomosphaera	alcicornu	x	x	.	.	.
Achomosphaera	ramulifera	x	.	.	.	.
Cyclonephelium	compactum	x	.	.	.	.
Cyclonephelium	ordinatum	.	.	.	x	.
Cyclonephelium	sp.	x	.	.	x	.
Cyclonephelium	reductum (crétacé)	x	.	.	.	.
Homotryblium	pallidum	.	.	.	x	x
Hystericodinium	rigandaue	.	.	.	x	.
Hystericodinium	sp.	.	.	.	.	x
Impletosphaeridium	sp.	.	.	x	.	.
Paralecaniella	indentata	x	.	.	.	.
Plithanoperidinium	sp.	.	.	x	.	.
Spiriferites	hyperacanthus	.	.	x	x	x
Spiriferites	membranaceus	.	x	.	x	.
Spiriferites	ramosus	.	.	x	.	x
Spiriferites	cf tertiarius	x	.	.	.	.
Thalassiphora	sp.	.	.	x	.	.
Lanternosphaeridium	sp. (crétacé sup.)	x	.	.	.	.
Chiropteridinium	aspinatum	.	.	.	x	.
Lejeunia	sp.	.	.	.	.	x

(*: sous presse, CHATEAUNEUF)

Tab. 1 bis

DIAGNOSE PALYNOLOGIQUE

Flysch basal des Voirons à blocs
exotiques mésozoïques (suite)

POLLENS	15	19	23	219	233
Echiperiporopollenites sp. (Ludien) ou Sannoisien	.	.	.	X	.
Cupressaceae	.	.	.	X	X
Cupressacites sp.	.	.	.	X	.
Cupressacites hiatus	X	X	.	.	.
Ephedripites sp.	.	.	.	X	X
Inaperturopollenites hiatus	.	.	X	.	.
Juglandaceae	X	.	.	.	.
Pinus diploxyton	X	X	.	X	.
Pinus haploxyton	X	X	.	X	X
Sequoia	.	X	.	.	.
Carya	.	X	.	.	.
Ulmaceae à 4 spores	.	X	.	.	.
SPORES					
Cicatricosisporites sp.	X	.	.	.	.
Spore d'Hépatique	.	.	.	.	X
Monoleiotriletes sp.	X	.	.	.	.
Polypodiaceoisporites potonieii	X	.	.	.	.
Sphagnaceae	.	.	.	X	.
FORMES REMANIEES					
Ephedripites (crétacé)	X	.	.	.	.
Cyclonephelium reductum (crétacé)	X	.	.	.	.
Lanternosphaeridium sp. (crétacé sup.)	X	.	.	.	.
Classopollis sp. (crétacé)	X	X	.	.	.
Spiriferites microceras	X	.	.	.	.
Spore verruqueuse (mésozoïque)	X	.	.	.	.

Etude effectuée par J.J. CHATEAUNEUF (BRGM Orléans)

Le milieu de dépôt étant marin, la recherche des microforaminifères devrait donner une argumentation supplémentaire pour définir l'âge exact de cette formation.

2°) Flysch des Voirons et flysch du Vouan

Le flysch des Voirons proprement dit ou grès des Voirons est localisé dans le paysage à la partie sommitale de la chaîne des Voirons ainsi qu'à une partie du versant Est. Il se prolonge également au pied du Vouan où on l'aperçoit dans la carrière de Fillinges (Carrière Achard).

Ce flysch est limité à la base par un contact tectonique qui le sépare des flyschs de base à écailles. Ce contact est visible sur le terrain au Nord de Juffly à 1 km environ en amont sur la route du Planet : il sépare une zone de blocs disloqués de grès grossiers emballés dans une matrice sablo-marneuse, d'un calcaire blanc mésozoïque. La direction estimée de ce contact est de N 165.

Cette épaisse série est constituée par une alternance de conglomérats, grès et marnes. Elle est limitée à l'Est par les conglomérats du Vouan suivant un contact stratigraphique assynchrone qui débute à Ilerdien et qui se termine au début du Lutétien. Les conglomérats sont à leur tour chevauchés par la nappe des Préalpes médianes plastiques constituée de cargneules triassiques et de calcaires noirs (Lias).

La base de la série est déjà connue par les descriptions de A. LOMBARD (1940) et de JAN du CHENE, GORIN et Van STUIJVENBERG (1975). La carrière Achard, au pied du Vouan, est ouverte dans une série paléocène polygénique. Les marques et pistes sont fréquentes. Quelques-unes sont très belles et ont été attribuées à l'époque (1940) déjà à des contournements et à de la fluxion de sédiments mous. Le grès est homogène par sa composition et varie peu en granulométrie. Il consiste en minéraux variés dérivant de granites à feldspaths gris et roses, de rares chloritoschistes et de grès qui sont aussi connus dans les conglomérats du Vouan situé un peu plus haut dans la série. Les organismes sont des fragments calibrés de Numulites, Discocyclines, Lithothamnium et quelques Foraminifères planctoniques. Le ciment est microsparitique. Les bancs minces et quelques interstrates schisteuses présentent des fragments charbonneux et flottés de végétaux.

La stratification est bien marquée et consiste, pour la partie visible, en deux multistrates formées chacune d'une épaisse turbidite suivie de laminites. La multistrate inférieure fait l'objet de l'étude stratonomique ci-après. La base de la multistrate supérieure est dirigée N 15, 37 E. Le litage est monotone. La partie inférieure des strates est homogène et rarement granoclassée, alors que le reste est zoné en laminites planes parallèles. Le sommet a des

laminites fines obliques ou ondulées.

Etude stratonomique du flysch paléocène (carrière Achard)

L'épaisseur totale des strates est de 17,87 m et celle des interstrates de 4,96 m, pour un relevé de 22,83 m. Le nombre total de couches est égal à 128, ce qui nous donne une épaisseur moyenne de 18 cm par couche.

Clastic ratio = 3,6 donc le flysch est à classer dans le groupe A. Le nombre de strates est 67, d'où une moyenne de 26 cm avec les extrêmes suivants : 5,81 et 0,01.

On en tire donc la formule élémentaire suivante :

$$A = 26 \begin{matrix} / 5,81 \\ \backslash 0,01 \end{matrix}$$

En ce qui concerne la lithologie, on peut définir quatre groupes de couches : les grès grossiers, les grès moyens, les grès fins et les schistes.

	Epaisseur	Nombre	Epaisseur moyenne
Grès grossiers :	120 (5 %)	2 (1 %)	60 cm
Grès moyens	1155 (51 %)	14 (11 %)	82 cm
Grès fins	512 (22 %)	51 (40 %)	10 cm
Schistes	496 (22 %)	61 (48 %)	8 cm

L'analyse palynologique de l'échantillon 76-66 montre une association à *Cyclonephelium ordinatum* et *Wetzeliella homomorpha* ce qui nous place dans la zone NP 9 des nannofossiles calcaires (MARTINI 1971).

On retrouve le Paléocène en amont de Juffly en prenant la route qui aboutit au Planet. Les affleurements épisodiques laissent apparaître une alternance de grès bleuté à gris et niveaux argilomarneux. La phase détritique est largement plus abondante.

Latéralement, en suivant le versant ouest des Voirons, le sentier reliant les Granges de Boège à la crête (altitude 1302,6 m) montre, à l'altitude 1160 m, des bancs métriques de grès grossiers et fins, gris bleus à patine rousse.

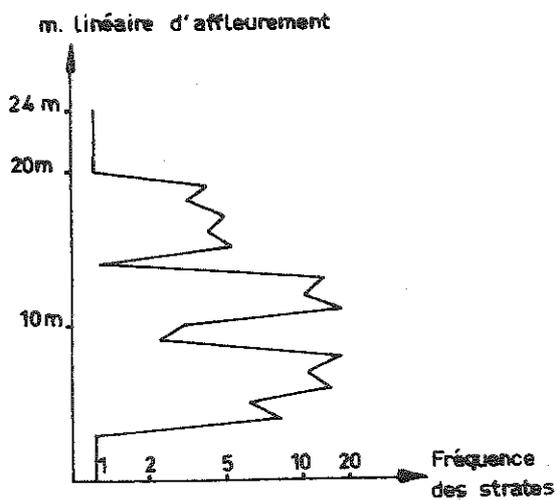
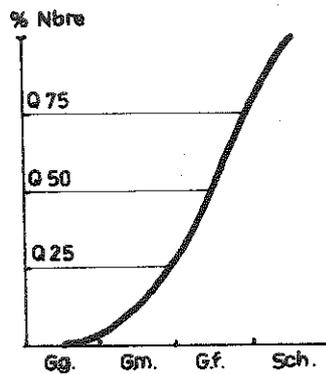
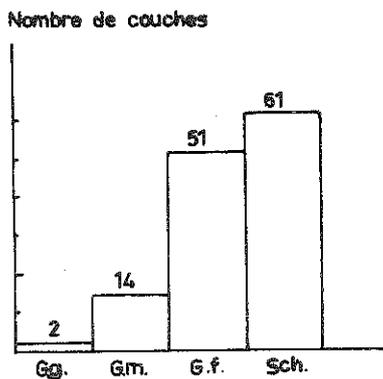
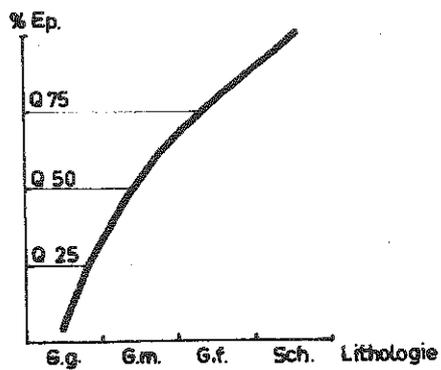
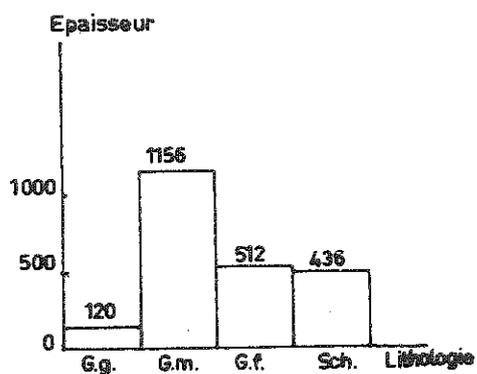
A la pointe de Pralère, un abrupt d'une quinzaine de mètres laisse apparaître des grès massifs plus ou moins grossiers, à passées conglomératiques variant entre 30 et 50 cm d'épaisseur. Ces niveaux contiennent des galets bien roulés de nature diverse.

Dans la partie nord on retrouve les grès paléocènes en empruntant le chemin forestier reliant La Moutonnière à Le Fieu. Ils sont constitués de gros bancs métriques de grès moyens intercalés de marnes peu épaisses et d'argiles.

Fig. 9

FLYSCH DES VOIRONS

Carrière de Fillinges



Tab. 2

DIAGNOSE PALYNOLOGIQUE

Grès des Voirons

		76-66	217	218
DINOPHYCEES				
Cyclonephelium	ordinatum	x	.	.
Wetzeliella	homomorpha	x	.	.
Areoligeraceae		x	x	x
Achomosphaera	alcicornu	x	.	.
Achomosphaera	sp.	.	x	.
Cordosphaeridium	microtriaina	x	.	x
Cordosphaeridium	sp.	.	x	.
Spiriferites	ramosus	x	x	.
Spiriferites	cornutus	.	.	x
Lanternosphaeridium	sp. (crétacé sup.)	x	.	.
Cyclonephelium	cf. pastielsi	.	x	.
Paralecaniella	indentata	.	x	x
Spiriferites	hyperacanthus	.	.	x
POLLENS				
Carya		x	.	x
Subtriporopollenites	anulatus	.	.	x
FORMES REMANIEES				
Callialasporites	sp. (mésozoïque)	.	x	.
Classopollis	(mésozoïque)	.	.	x
Trudopollis	(crétacé)	.	.	x

Etude effectuée par J.J.CHATEAUNEUF (BRGM Orléans)

La présence simultanée de *Cyclonephelium ordinatum* (marqueur du Thanétien) et de *Wetzeliella homomorpha* (marqueur de l'Eocène inf.) nous permet de placer l'échantillon 76-66 vers la zone NP 9 des nannofossiles calcaires de MARTINI (1971).

Sur ces affleurements ont été prélevés les échantillons n° 217 et 218 analysés par J.J. CHATEAUNEUF.

On retrouve les grès paléocènes sur la crête des Voirons depuis La Chappelle (alt. 1375,5 m) jusqu'au Signal des Voirons (1480,3 m) sous forme de grès assez grossiers avec niveaux conglomératiques. L'observation en lame mince d'un échantillon révèle la présence de nombreux débris de microfossiles remaniés du Crétacé.

Au Signal des Voirons, les grès conglomératiques renferment des débris variés : tests de Lamellibranches, Echinodermes, Operculines et Textulzridés.-

En suivant la route qui descend de l'Hôtel des Voirons vers Saxel, les talus montrent des grès de même type, grossiers, conglomératiques. Au carrefour avec le chemin forestier précité, on trouve un grès moyen microconglomératique renfermant également de nombreux débris : Lithothamnium, Discocyclines, Ortho-phragmines, Gasteropodes, Globotruncana.

On retrouve sur la route de Bons deux affleurements en carrière, interprétés comme paléocènes par R. JAN du CHENE, G. GORIN et J. Van STUIJVENBERG (1975). La première carrière située en amont de Marclay (alt. 820 m) est entièrement constituée de bancs gréseux assez massifs, intercalés de temps en temps par des niveaux argilo-marneux. L'analyse palynologique place cet horizon dans la zone NP 7 de MARTINI avec une association à *Deflandrea speciosa*. Elle caractérise le début du Paléocène moyen et s'arrête à la fin du Thanétien ; elle renferme les dinophycées suivants : *Deflandrea speciosa*, *Deflandrea striata*, *Deflandrea oebisfeldensis* et *Areoligera coronata*. Certains échantillons prélevés en amont de Saxel ont été datés du Maestrichien, mais ces derniers, après vérification, ont été rangés dans l'étage Danien (communication orale JAN du CHENE, novembre 1978).

Il faut donc considérer que les grès des Voirons débutent au plus tôt au Danien.

La série se poursuit à l'Eocène jusqu'au début du Lutétien avec des faciès semblables mais à tendance plus grossière à mesure que l'on remonte la série.

Au planet on observe des grès conglomératiques massifs à éléments pouvant atteindre 4 à 5 mm, érodés en boules, alternant avec des niveaux gréseux fins, bleutés et des marnes plus ou moins sableuses et plus rarement, avec des niveaux argileux. Peu avant la zone empâtée par les produits d'altération du flysch, le talus de la route montre des bancs de grès beigess grossier, à traces charbonneuses et à galets mous en alternance avec des grès beiges plus fins et des marnes noires.

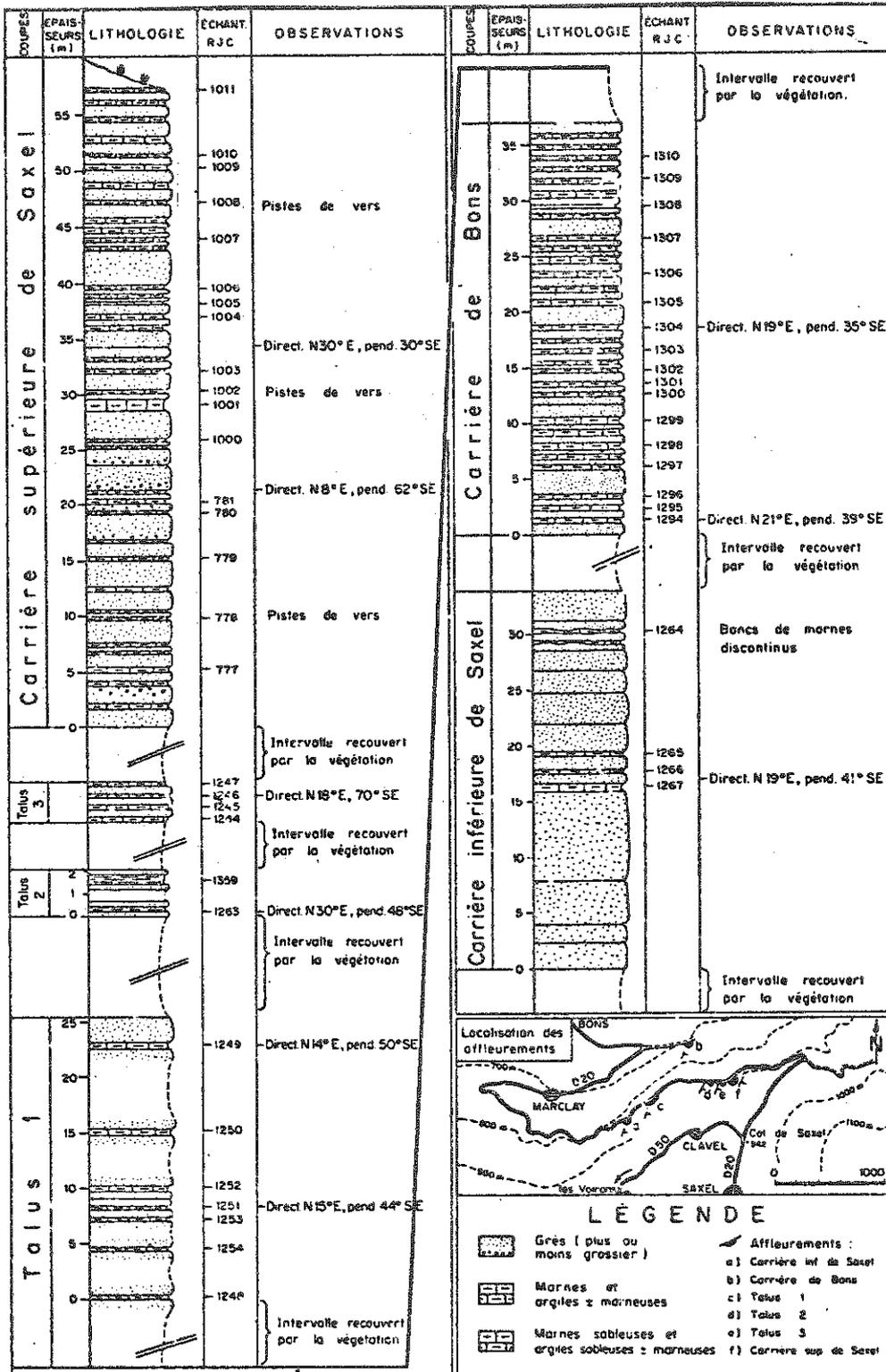


Fig. 2. — Coupe de la route Bons-Saxel.

Fig. 10 COUPE DE LA ROUTE BONS-SAXEL

d'après R. Jan du Chêne, G. Gorin, J. Van Stuijvenberg (1975)

Plus au nord, le ruisseau des Gras permet une conservation quasi continue de la série éocène qui se poursuit dans les conglomérats du Vouan.

L'analyse palynologique effectuée par R. JAN du CHENE, G. GORIN et J. Van STUIJVEMBERG fait apparaître 3 associations de Dinophycées.

La plus ancienne, celle à *Wetzeliella homomorpha* contient les zones NP 9-NP 10 et une partie de la zone NP 11 des nannofossiles calcaires de MARTINI (1971) et correspond stratifiquement à l'Ilerdien - début de l'Ypresien. Ensuite, l'association à *Wetzeliella coleothrypta* contient la zone NP 11 et le passage des zones NP 11 et NP 12 de la zonation de MARTINI, et indique donc un âge Ypresien. L'association à *Wetzeliella articulata* incluant la zone NP 15 des nannofossiles calcaires est considérée comme lutétienne par les auteurs : elle caractérise les derniers bancs des grès des Voirons dans la coupe du ruisseau des Gras, juste en amont de La Pena vers l'altitude 880 m.

On retrouve ces associations dans les carrières de la route de Bons à Saxel qui nous montrent des grès grossiers, microconglomératiques, assez friables, des grès fins intercalés de marnes, etc... Ces affleurements ont été décrits par R. JAN du CHENE, G. GORIN et J. Van STUIJVEMBERG (1975).

Le passage au conglomérat du Vouan est donc d'âge lutétien inférieur à La Pena.

Ce conglomérat se présente sous la forme de grès généralement massifs, toujours plus ou moins grossiers, à passées microconglomératiques assez fréquentes et conglomératiques dont les éléments peuvent atteindre 60 cm de diamètre. Ces éléments sont toujours bien roulés, et sont de nature très variée. On trouve également dans le flysch du Vouan des niveaux de grès fins assez riches en nodules pyriteux de 2 à 5 mm (Ex. : chez Rollin, au Sud de Saxel).

La microflore indique que ce conglomérat appartient aux zones NP 15 et NP 16 des nannofossiles calcaires (MARTINI, 1971) avec une association de Dynophycées à *Wetzeliella articulata*, ce qui permet de rattacher la base de cette formation au Lutétien dans la région de La Pena.

Ce conglomérat du Vouan forme la base du versant Est des Voirons, les hauteurs situées à l'Est de Saxel (Grand Communs, Tête du Char) et la montagne du Vouan. Il est limité à l'Est par le contact tectonique des médianes plastiques représenté par les cargneules triassiques et les calcaires noirs liassiques.

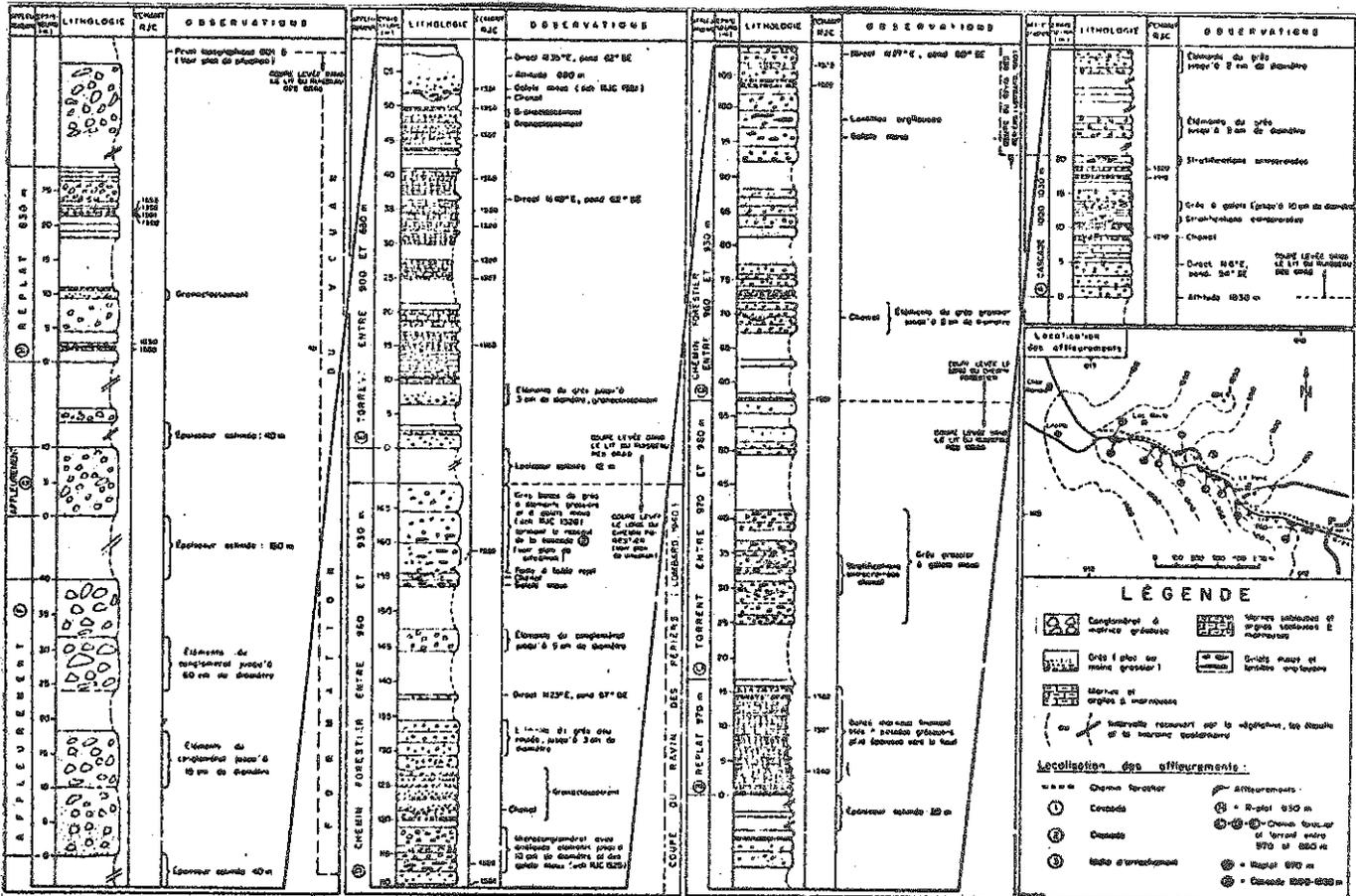
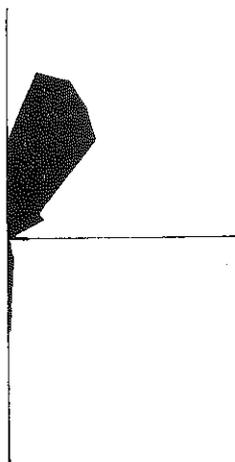


Fig. 4. — Coupe du ruisseau des Cras.

Fig. 11

COUPE DU RUISSEAU DES GRAS

d'après Jan du Chêne, Gorin, Van Stuijvenberg (1975)



La direction des couches semble se concentrer suivant une direction N 20 - N 30 correspondant à la direction du contact tectonique avec le flysch basal.

Ces grès des Voirons et ces conglomérats du Vouan sont malheureusement recouverts d'une abondante végétation de résineux ou masqués par des colluvions ou une altération relativement importante. On peut en voir un exemple au bassin versant du ruisseau de Curseille (au Nord-Ouest du Pralère) où le ruissellement a accumulé sur plusieurs mètres d'épaisseur les résidus d'altération du flysch des Voirons, formant ainsi une épaisse couche sablo-marneuse qui tente de s'écouler par le lit du ruisseau.

III - SECTEUR DE FAUCIGNY-BONNEVILLE

Situé au Sud-Est des Voirons, le secteur de Faucigny-Bonneville est constitué de molasse rouge, de grès et de schistes. Il convient de présenter un schéma du secteur afin de clarifier la description qui va suivre.

La terminologie des grès de Bonneville a subie de longues vicissitudes, mais grâce à l'article de J. CHAROLLAIS, R. JAN du CHENE, A. LOMBARD et J. Van STUIJVENBERG (1975), les confusions tendent à disparaître. Il s'agit là de travaux essentiels pour la compréhension de la géologie du secteur.

A l'Ouest, entre Contamine sur Arve et Faucigny, décapée de sa couverture morainique, affleure une série schisto-gréseuse formée de grès micacés bruns-rougeâtres, assez durs, veinés de calcite, en bancs de 1 à 10 cm, alternant avec des niveaux plus schisteux. La structure de l'ensemble est assez tourmentée. Les couches dirigées NNE-SSW pendent en général d'environ 45° vers l'Est.

Si l'on se dirige vers le Sud-Est, en amont de la Côte d'Hyot, on retrouve cette série masquée par les éboulis de calcaires secondaires provenant des terrains chevauchants. En effet, depuis Faucigny jusque vers le col des Corbières, les lambeaux mésozoïques de la nappe des Préalpes externes chevauchent le substratum molassique. Les terrains rencontrés sont les suivants :

- calcaires marneux et gruneleux du Malm inférieur (probablement oxfordien)

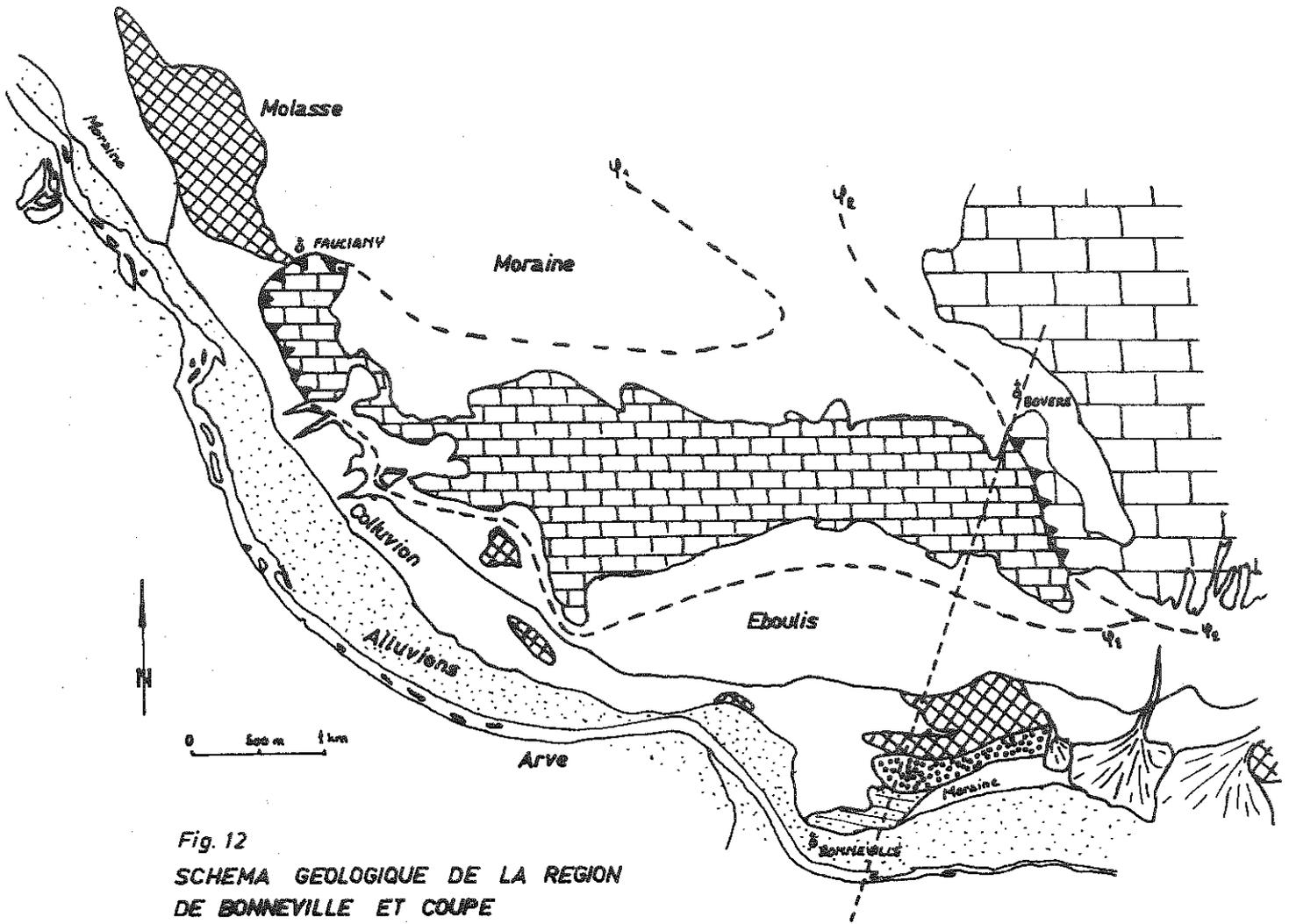
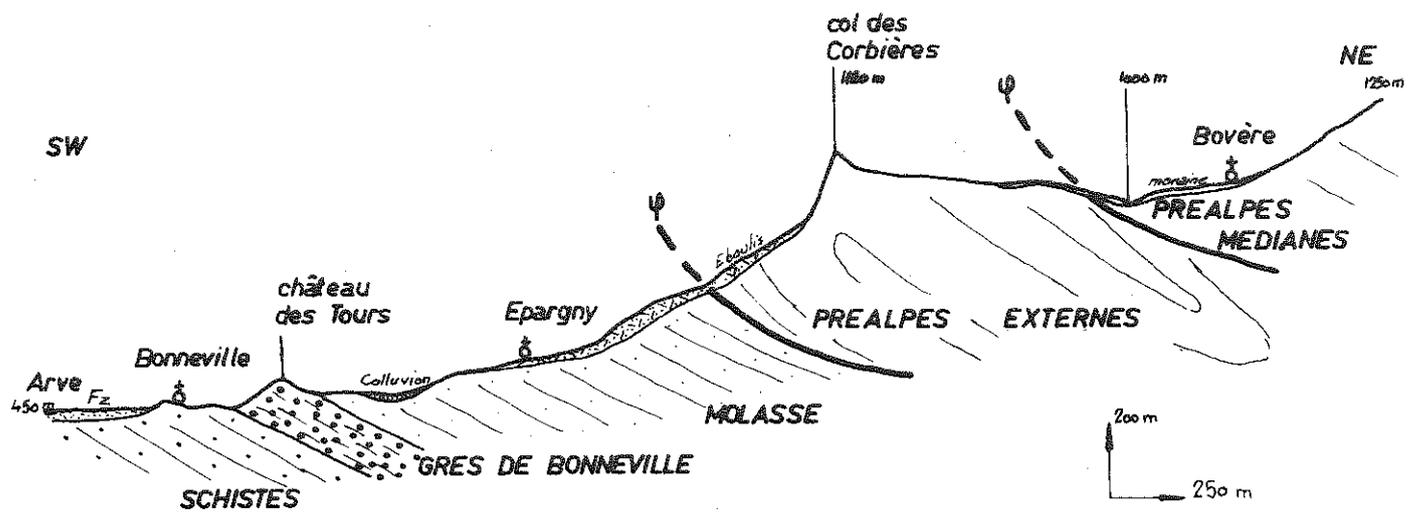


Fig. 12
SCHEMA GEOLOGIQUE DE LA REGION
DE BONNEVILLE ET COUPE



- calcaires en petits bancs, gruneleux à la base, avec *Phylloceras loryi* et *Perisphinctes lucingensis* du Malm moyen
- calcaires compacts à *Phylloceras ptycoicum* du Malm supérieur
- calcaires et schistes gris alternés du Barrémien, Hauterivien et Valanginien
- marnes à orbitolines du Barremo-aptien.

La structure de l'ensemble est très tourmentée (plissements, failles...)

Plus à l'Est, chevauchant les Préalpes externes, la nappe des Préalpes médianes plastiques forme les hauteurs du Môle. La base de cette nappe est constituée de bas en haut par les terrains suivants :

- calcaires dolomitiques du Trias
- calcaires gris bleutés ou bruns, finement spathiques, à rognon de silex noirs (Lias inférieur et moyen)
- le Dogger, épaisse série de calcaires gris-noirs à *cancellophycus* et silex, alternant avec des marnes schisteuses (probablement aaléniennes).

Donc sous ces unités chevauchantes, plus ou moins masquées par les éboulis et par les dépôts quaternaires, on trouve les formations suivantes :

- A la base, le flysch autochtone.

C'est une série marno-calcaire, schisteuse, par endroit micacée, alternant avec des bancs de grès fins, micacés de couleur gris bleuté. Cette série appelée schistes marno-micacés, forme le soubassement de la vallée de l'Arve et de la ville de Bonneville. On retrouve ce flysch dans le massif des Bornes.

- Ensuite, bien repérable dans la morphologie, de gros bancs de grès moyen, dur, gris clair : ce sont les *grès des Carrières* ou encore *grès de Bonneville*. On y trouve également un niveau microconglomératique.
- Au dessus, la molasse rouge continentale, sous forme de schistes micacés et de grès marno-calcaires de couleur rougeâtre, avec de nombreuses traces de végétaux (Ex : Rogenet), chevauchée à son sommet par les Préalpes médianes à l'Est et externes à l'Ouest, et cachée en partie par leurs éboulis.

La coupe du ravin de Chez les Folliets effectuée par J. CHAROLLAIS, R. JAN du CHENE, A. LOMBARD et J. Van STUIJVENBERG montre les schistes marno-micacés et les grès de Bonneville. Les analyses palynologiques indiquent pour

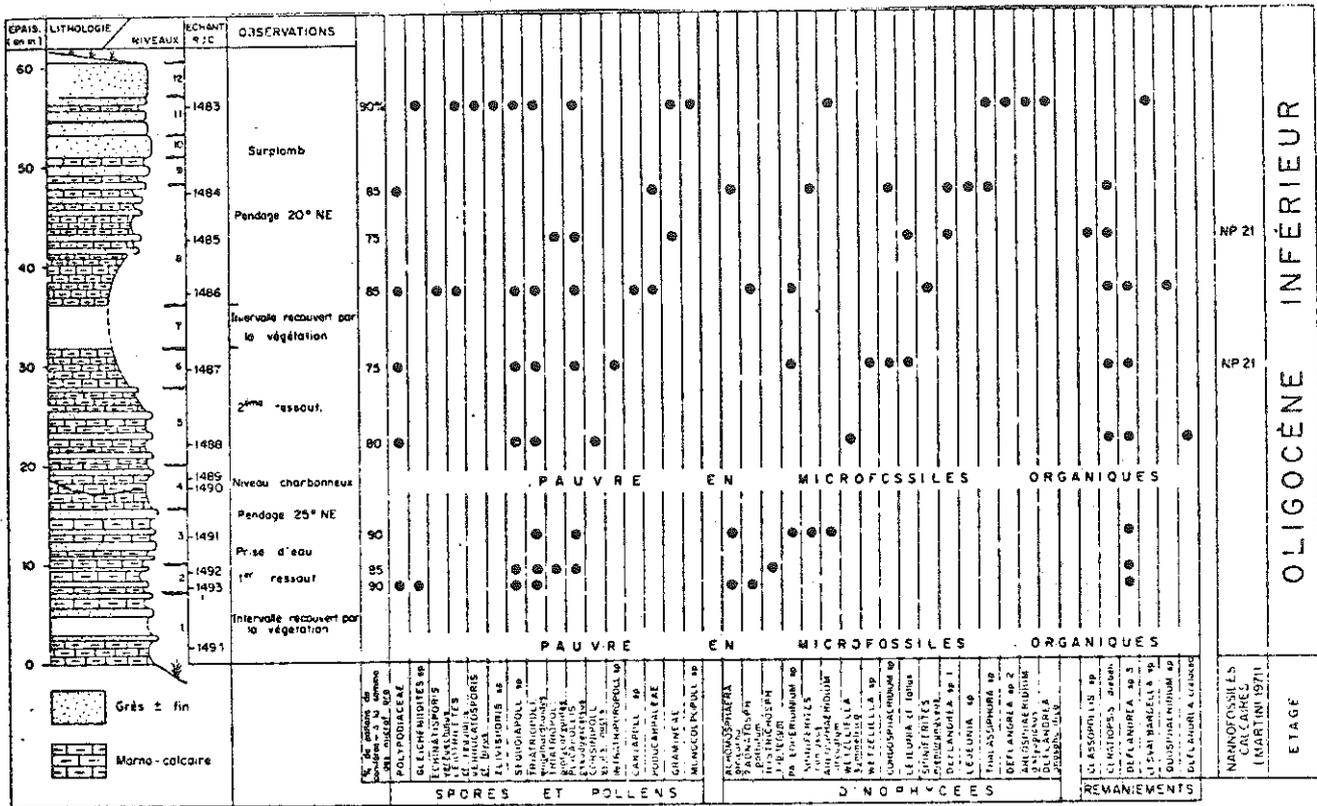


Fig. 2. — Coupe du ravin de Chez les Folliets.

Fig. 13

COUPE DU RAVIN DE CHEZ LES FOLLIETS

d'après J.Charollais, R. Jan du Chêne, A. Lombard, et J. Van Stuijvenberg (1975)

ces dépôts un âge oligocène inférieur :

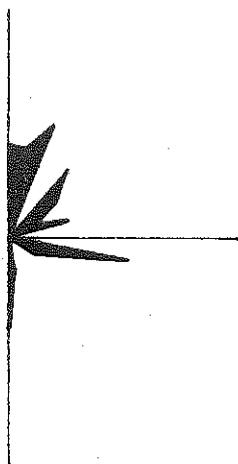
- . plus exactement, les schistes marno-micacés et schistes à Meletta (écailles de *Clupea* sp.) au Sannoisien inférieur,
- . les grès de Bonneville au Sannoisien supérieur,
- . la molasse à la base du Chattien.

Description lithologique de la coupe du Ravin de Chez les Folliets

(J. CHAROLLAIS, R. JAN du CHENE, A. LOMBARD, J. Van STUIJVENBERG, 1975).

De bas en haut : (fig. 13)

- 1 - Marno-calcaires schisteux, par endroits micacés, gris-olive, à patine rouille, avec quelques petits bancs de grès micacés fins, olive à bleutés (visibles sur 9 m).
- 2 - Argiles marneuses et marno-calcaires schisteux alternant avec des bancs de 5 à 15 cm de grès fins micacés gris bleuté à débris charbonneux. Empreintes de plantes dans les argiles. Flute-casts et groove-casts, à la base des bancs de grès (3 m).
- 3 - Marno-calcaires schisteux prédominants, passant latéralement à des bancs de grès atteignant 50 cm, avec stratifications obliques ; à la base, figures de dessous de bancs ; peu de débris végétaux (6,10 m).
- 4 - Marno-calcaires schisteux gris foncé avec quelques petits bancs de grès fin, gris bleuté à olive. A la base et au milieu, filonnets lenticulaires de charbon (4,50 m).
- 5 - Marno-calcaires schisteux olive avec rares petits bancs de grès (\approx 8 m)
- 6 - Marno-calcaires schisteux très indurés (5 m)
- 7 - Lacune d'observation due à la couverture végétale (5 m)
- 8 - Marno-calcaires schisteux avec quelques bancs gréseux ; débris végétaux ; pistes de vers (9,50 m)
- 9 - Marno-calcaires schisteux olive à gris avec bancs gréseux fins, s'épaississant vers le haut, rares débris végétaux (2,70 m)
- 10 - Gros banc de grès moyen micacé gris clair, faisant paroi et bien repérable dans la morphologie ; pistes de vers (2,50 m)
- 11 - Complexe gréseux et marno-calcaire schisteux à débris végétaux, olive à gris-vert foncé (4 m)
- 12 - Gros bancs de grès moyen micacé de l'ordre du mètre (visibles sur 3 m)



La direction dominante des couches est
N 10° malgré les perturbations probablement
dûes aux Préalpes susjacentes (N 45 et N 110)

Les échantillons recueillis sur le terrain n'ont pas donné de résultats à cause de la racémisation de la matière organique recueillie. Cette transformation est probablement due à la surcharge des Préalpes externes et médianes.

Les traces de plantes flottées sont pourtant abondantes ; exemples Chez Chardon, Rogenet, vers Châble, les Guerzets.

Seul l'échantillon n° 193 analysé par J.J. CHATEAUNEUF (BRGM Orléans) a donné la flore suivante :

- Dinophycées : *Achomosphaera alcicornu*
 Areoligeraceae
 Cordosphaeridium microtriaina
 Deflandrea denticulata
 Dinogymnium sp.
 Lanternosphaeridium lappaceum
 Spiriferites membranaceus
 Spiriferites microceras
 Thalassiphora succincta
- Pollens : *Cupressaceae*
 Pinus diploxylon
 Plicapollis pseudoexcelsius
- Formes remaniées : *Cyathidites*
 Deflandrea diebeli
 Classopollis

MARTINI (1968) range les grès de Bonneville dans la catégorie des grès des Déserts et des grès des Aillons, et fait correspondre ces dépôts aux signes précurseurs de la molasse rouge. On ne connaît pas l'équivalent de ces grès de Bonneville dans le synclinal de Dessy (Bornes), ni dans la région bordière du Salève.

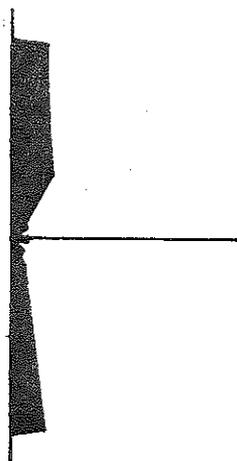
En résumé, cette formation gréseuse de Bonneville correspond au début de la sédimentation détritique de l'Oligocène et du Miocène et il faut surtout

noter qu'elle annonce la phase d'érosion de l'édifice alpin qui donnera les immenses accumulations de molasses périalpines.

IV - MOLASSE PARAUTOCHTONE - DOMAINE BASAL DES VOIRONS

Depuis Langin au Nord jusqu'à Bonnes au Sud, la base du flanc ouest des Voirons est constituée par la molasse parautochtone. On désigne sous ce vocable une formation à dominante gréseuse avec alternance de marnes plus ou moins schisteuses, sableuses ou argileuses, qui à l'échelle de la couche a un aspect de molasse (couleur, composition, ...), mais qui, à l'échelle de l'affleurement, ferait plutôt penser à un flysch. C'est la "molasse à faciès flysch" ou "flysch molassique" de certains auteurs, ou encore molasse subalpine ou bien molasse charriée.

Les strates sont caractérisées par une assez forte proportion de quartz, feldspath, micas plus ou moins abondants suivant les niveaux, et systématiquement, un ciment calcaire à calcaro-marneux. On rencontre également de nombreux niveaux de grès riches en traces charbonneuses de végétaux : ces niveaux sont malheureusement à tendance anthracitique, et les déterminations sont plus qu'aléatoires.



La direction générale des couches est Nord-Sud.

Les strates montrent un éventail assez diversifié de faciès et de structures :

- bancs gréseux granoclassés d'une épaisseur d'au moins 30 cm, avec à la base des grains de quartz pouvant atteindre 5 à 8 mm, et au sommet de la strate, pouvant se réduire à une telle taille quasi-invisible à l'oeil nu.
- bancs de grès moyens à fins, à laminations parallèles ou entrecroisées:

ces figures restent assez peu abondantes.

- bancs de grès moyens, massifs, comprenant à leur base des flute-casts, groove-casts et autres figures de courant.
- bancs de grès à convolutes et même parfois des structures en "flames".
- on trouve aussi entre deux bancs de grès, de fins niveaux marno-gréseux (2 à 5 mm) formant une interstrate ondulée.
- on rencontre également dans les parties marneuses des niveaux gréseux qui s'interrompent en lentilles puis disparaissent.

Dans l'ensemble, les grès sont assez durs, mais peuvent parfois être marneux et assez tendres.

Les interstrates sont constituées de marnes plus ou moins, soit schisteuses, soit gréseuses ou bien encore argileuses. Elles renferment de temps en temps de la matière organique. Cette matière organique est tantôt diffuse, et là elle se prête favorablement à l'analyse palynologique, tantôt concentrée en niveaux à tendance anthracitique.

Tab. 3

DIAGNOSE PALYNOLOGIQUE

Molasse parautochtone des Voirons et
molasse rouge de Bonneville (ech.193)
et de Bonne (ech.76-6)

		PI	P2	P3	P4	P5	P6	5I2	5I4	5I5	5I6	5I8	I93	76-6
DINOPHYCEES														
Distatodinium	cf craterum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Distatodinium	paradoxum	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.
Achomosphaera	alcicornu	.	.	.	.	.	x	x	.	.	.	.	.	.
Achomosphaera	ranulifera	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Areoligeraceae														
Acostomocystis*	granulatus n sp.	.	.	x	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.
Cleistosphaeridium	tiara	x	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cordosphaeridium	divergens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cordosphaeridium	floripes	.	.	.	.	.	.	x	x	.	.	.	.	.
Cordosphaeridium	funiculatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.
Cordosphaeridium	microtriaina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cyclonephelium	exhuberens	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
Deflandrea	denticulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Deflandrea	granulosa	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.
Deflandrea	heterophycta	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.
Distatodinium	sp.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.
Homotryblium	floripes	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.
Homotryblium	pallidum	.	.	x	.	.	x	x	x	.	.	.	.	.
Homotryblium	sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.
Hystrichokolpoma	eisenacki	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hystrichokolpoma	rigandaue	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
Kisselevia	clathrata	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
Lanternosphaeridium	lappaceum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.
Parallecaniella	indentata	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
Spiriferites	cornutus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.
Spiriferites	membranaceus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.
Spiriferites	ramosus	.	.	x	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.
Thalassiphora	succincta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.
Thalassiphora	cf velata	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.
Wetzeliella	articulata	x	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Wetzeliella	clathrata	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.
POLLENS ET SPORE														
Bohlensipollis	hohli (stampien)	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.
Cupressaceae		.	.	x	.	.	x	x	x	x	x	x	x	.
Ephedripites		.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.
Myriaceae		.	.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.
Pinus	diploxyton	.	x	x	.	x	x	x	x	x	x	x	x	.
Pinus	haploxyton	.	x	x	.	x	x	.	.	x	x	x	.	.
Plicapollis	pseudoexcelsius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.
Taxodiaceae		.	.	.	.	.	x	.	.	.	.	.	.	.
Gleicheniaceae		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	x	.	.
Phycopeltis (algue)		.	.	.	x	x	.	.	.	.	.	.	.	.

(*: sous presse, CHATEAUNEUF)

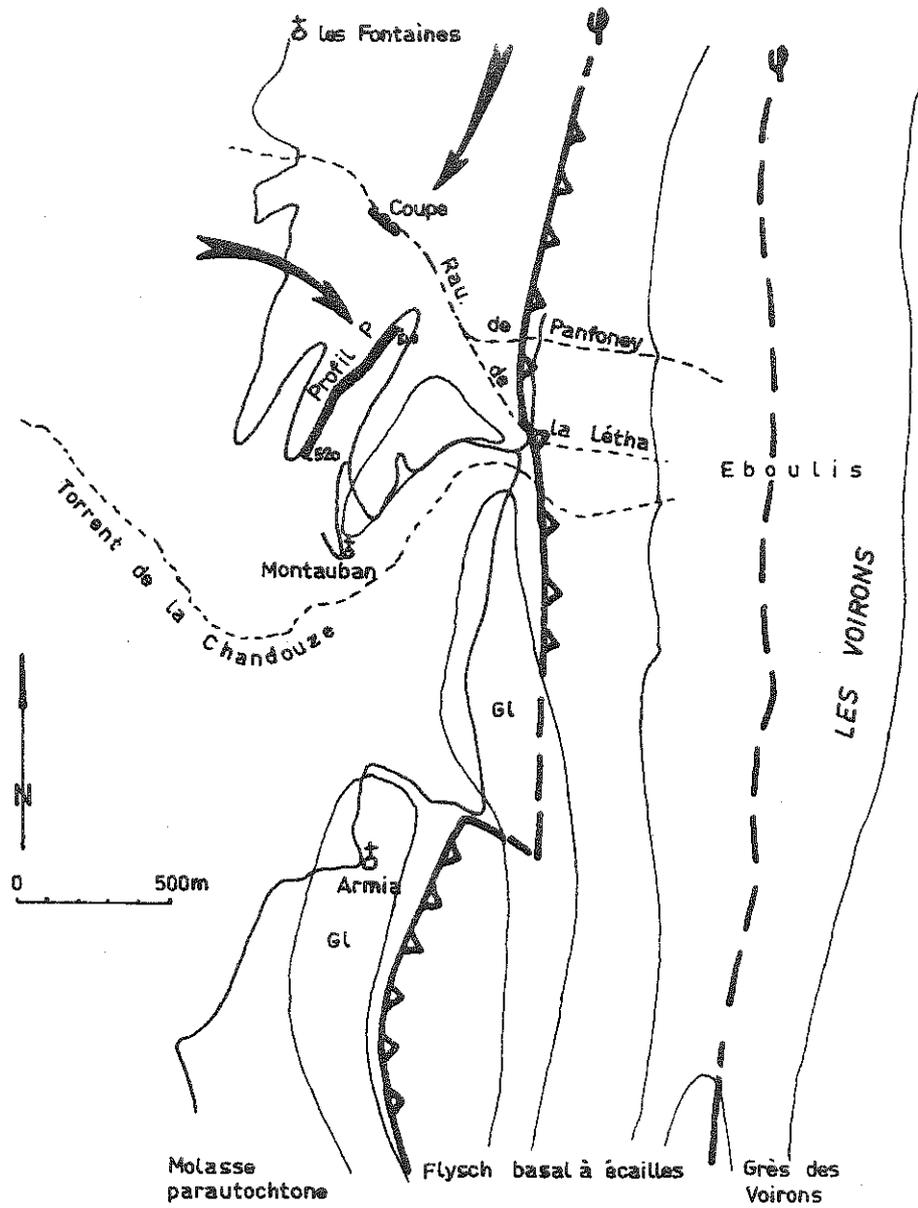


Fig. 14

SCHEMA DE SITUATION

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

18 AOUT 2003

1°) Profil P

N 22,27E grès fin

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE GIGNOUX
F 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (76) 87.46.43

schistes à niveaux charbonneux

— 4m

— 2m

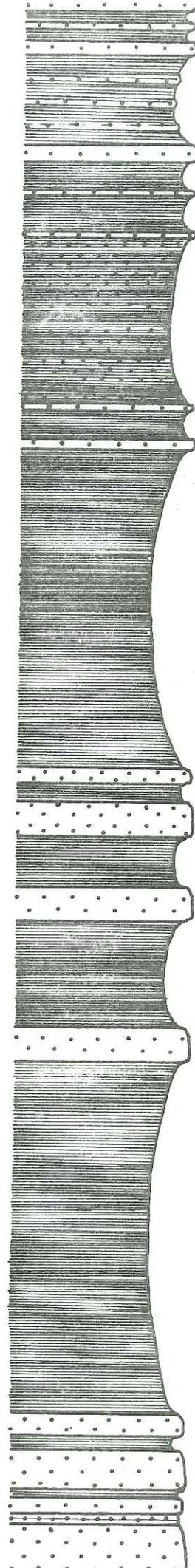
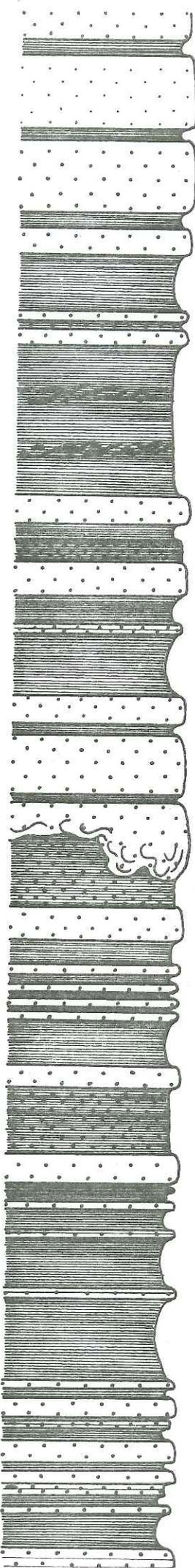
— 3m

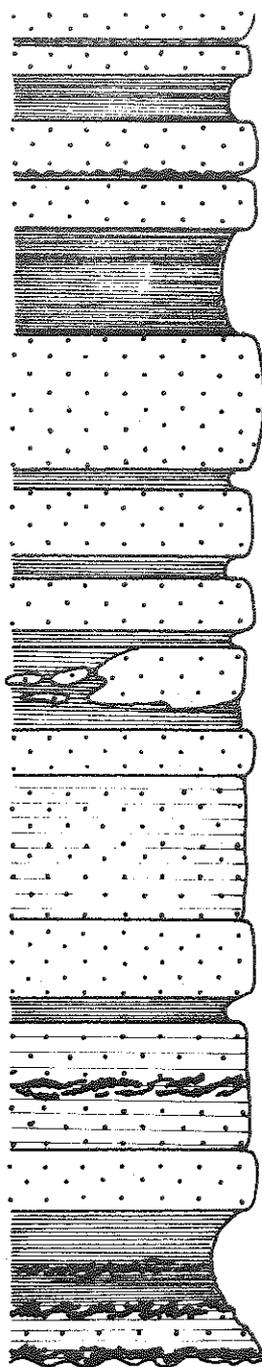
N 20,28E

— 4m

N 12,30E

— 5m





flute caeste

6m

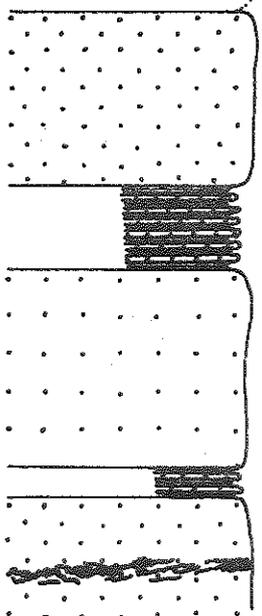
N25,31E

7m
niveau charbonneux

niveaux charbonneux
Echantillon KG P₄

flute caeste

50 cm d'affleurement cachés par
des éboulis du sommet du talus.

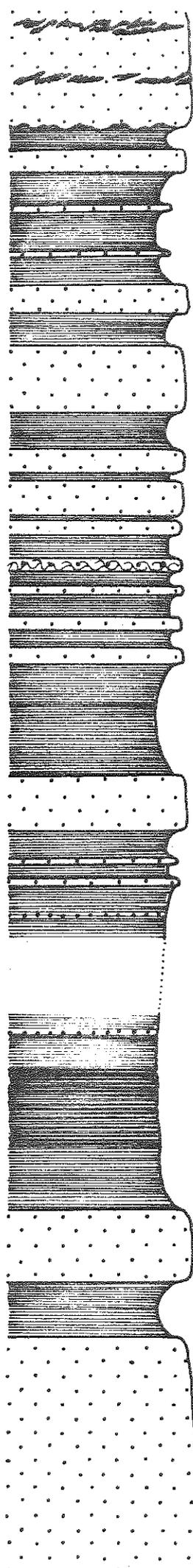


grès et schistes marneux en niveaux
de 0,5 cm.

8m

grès et schistes en niveaux de 0,5 cm.

niveaux charbonneux.



3 niveaux charbonneux
N11,29E

flute caeste

9m

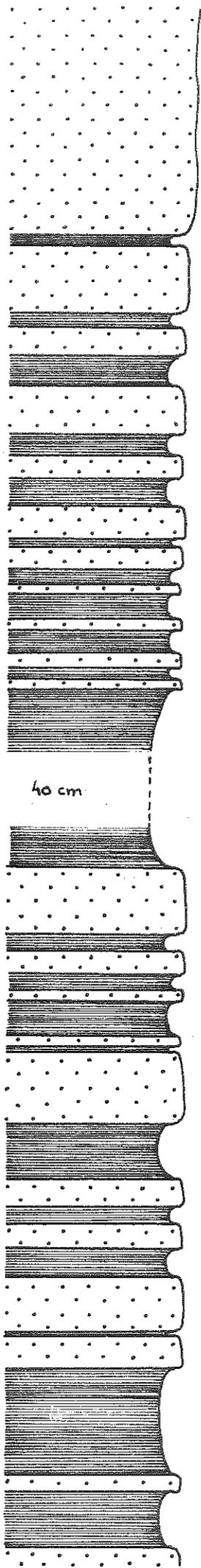
convolutes

N16,29E

10m

5m de schistes avec 33 niveaux
gréseux de 1 à 6 cm [20%]
ép. moy. grès 3cm
ép. moy. schistes 12,cm

15m



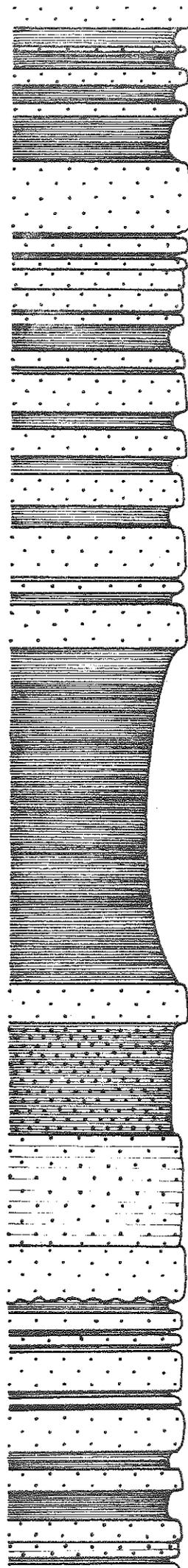
16m

17m

Echantillon KG P2
schieles

18m

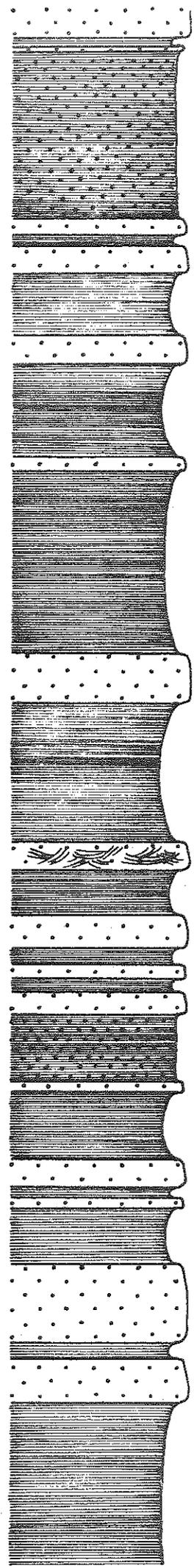
40 cm



19m

20m

21m
flute cast

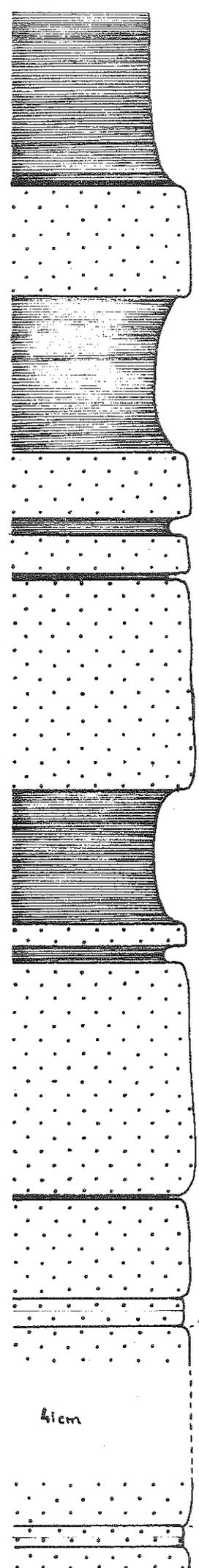


22m

23m

stratification entrecroisée

24m



25m

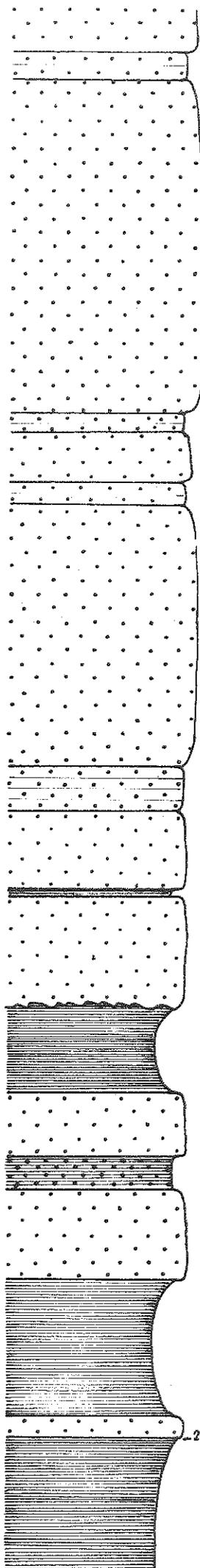
26m

26,91

41cm

grès

25,12

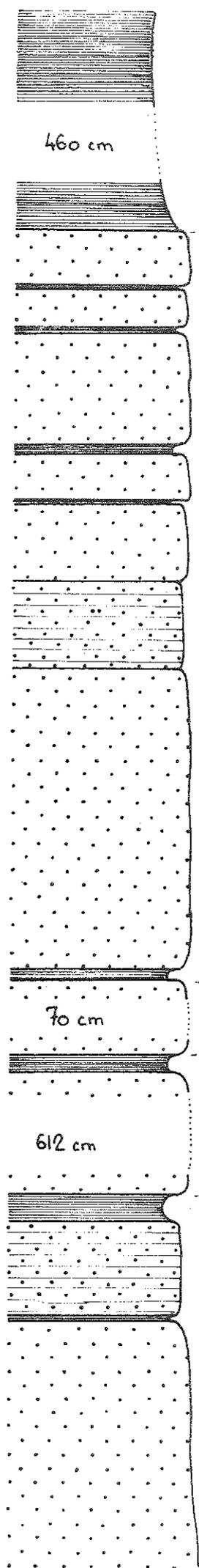


28m

NS, 21E

29m

29,765



30m

460 cm

schistes avec 5 niveaux de grès de 2 à 4 cm [3%]

34,365

35m

35,815

70 cm

grès moyen

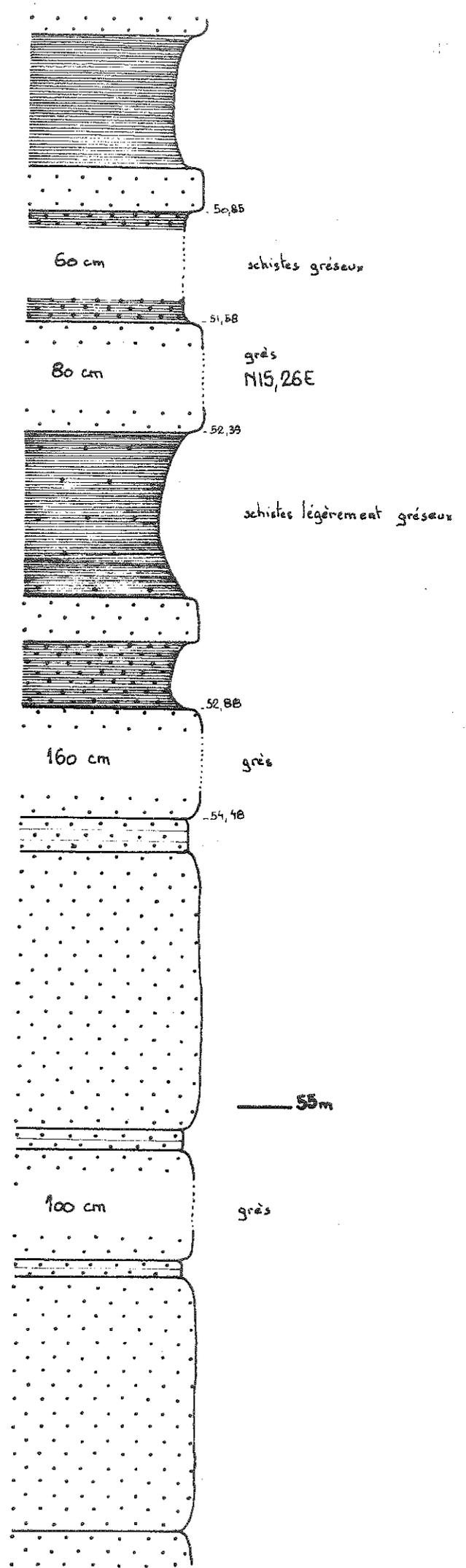
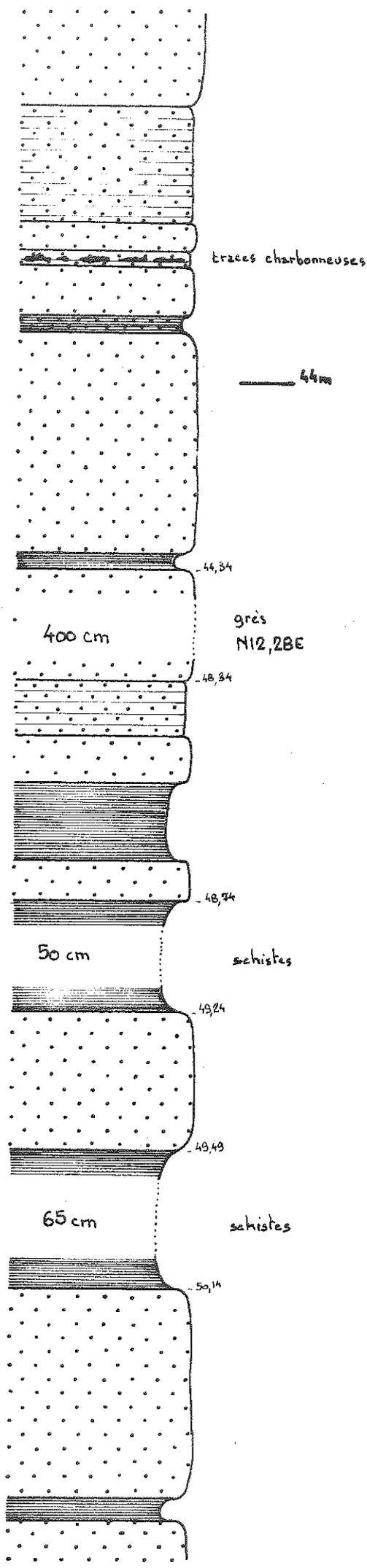
36,51

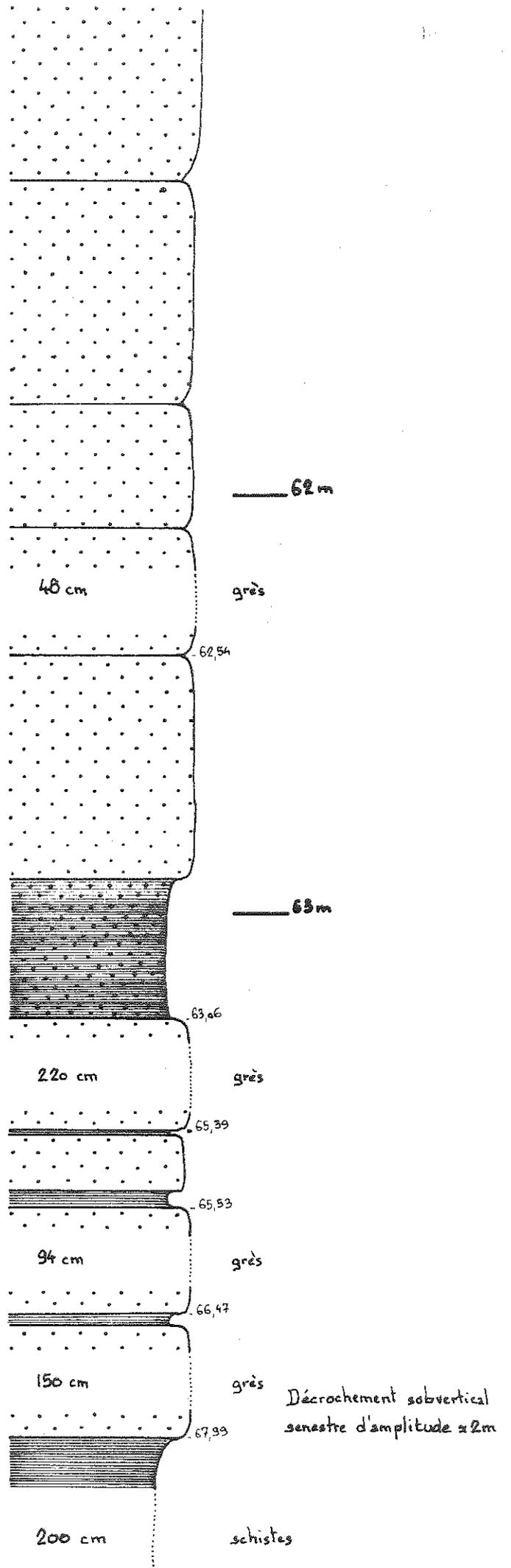
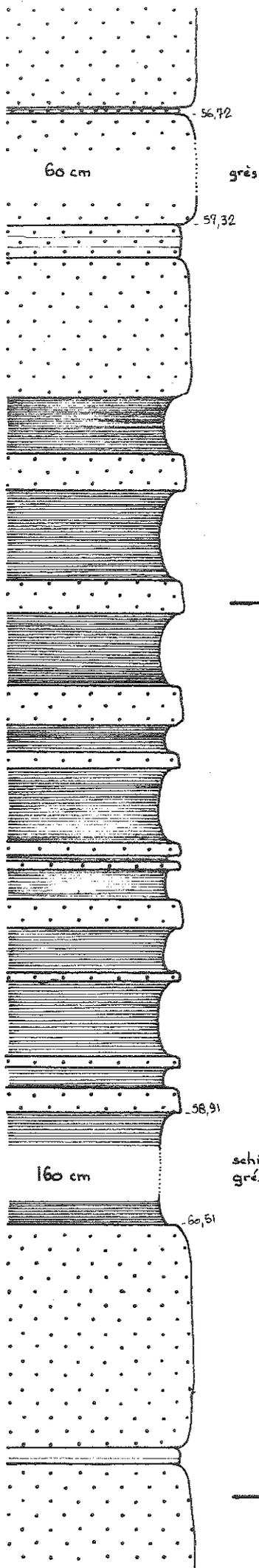
612 cm

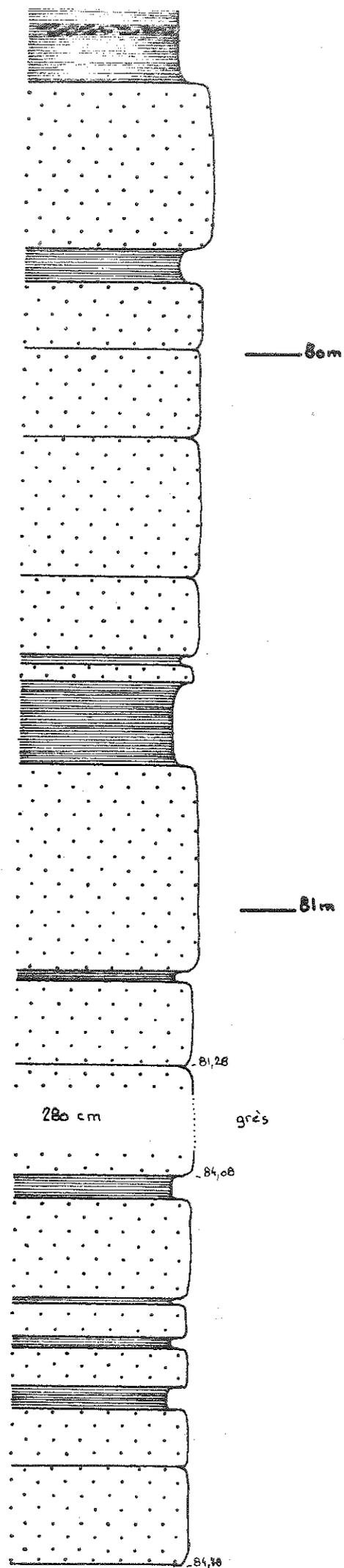
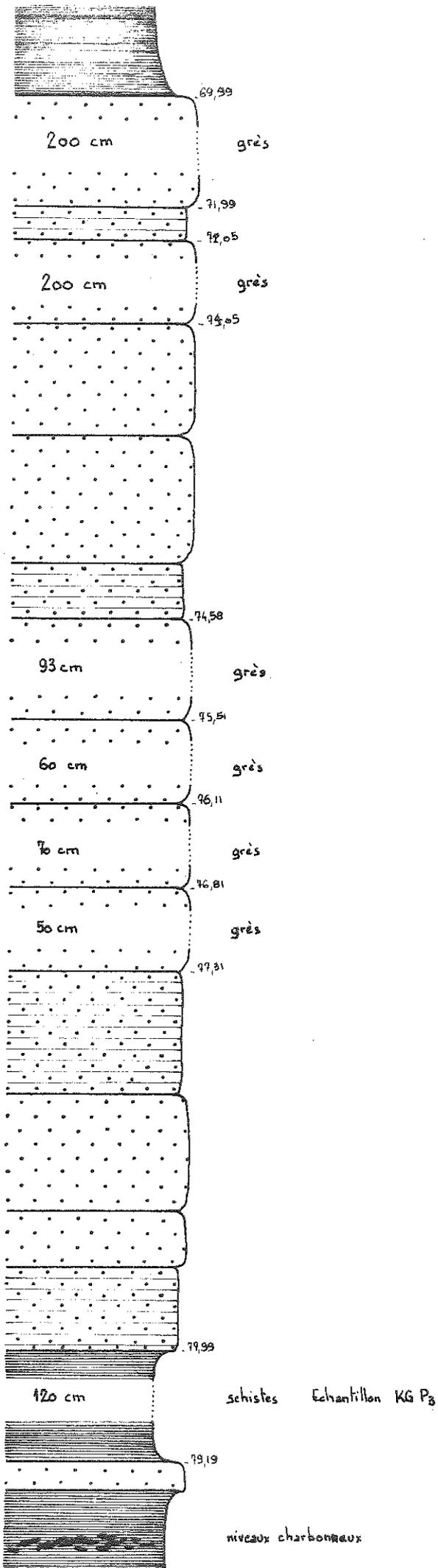
grès

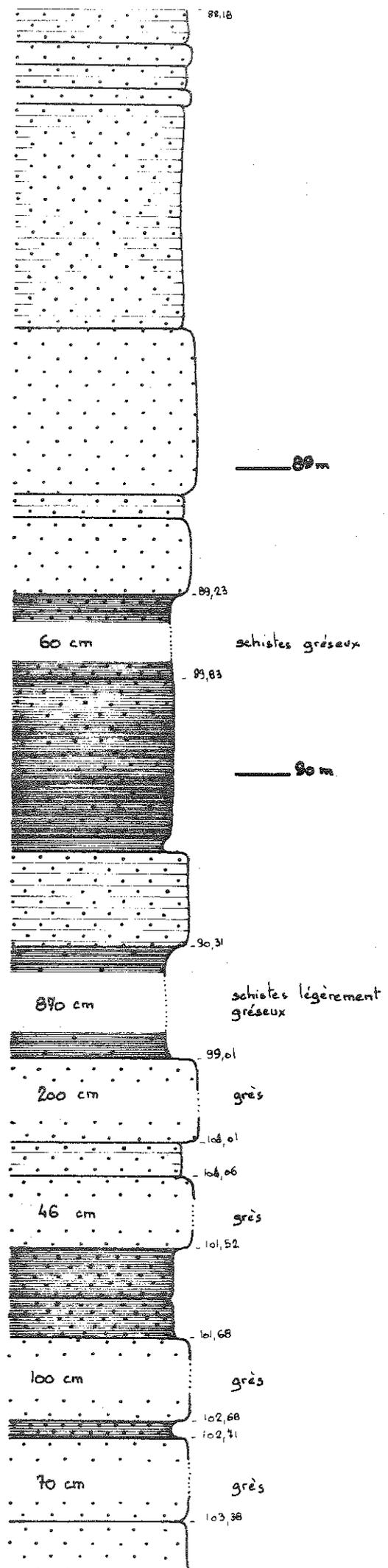
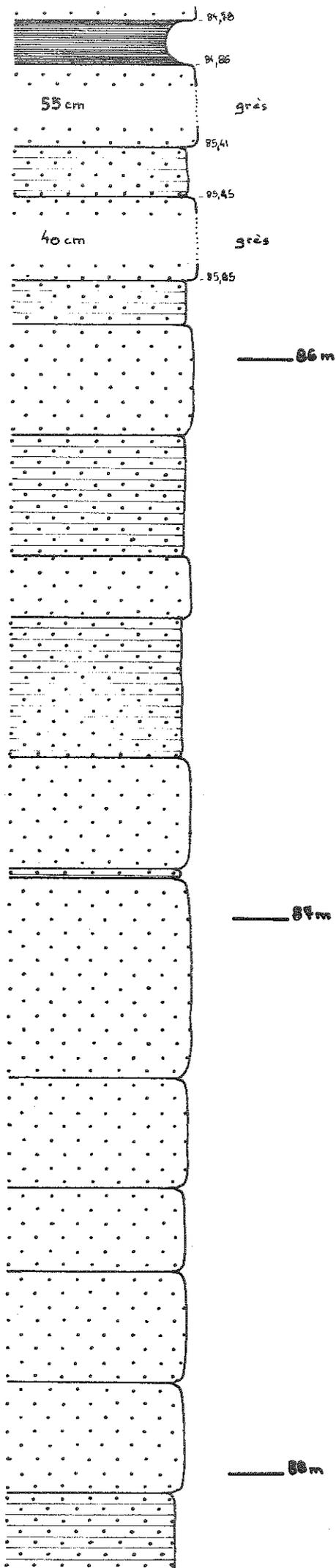
42,66

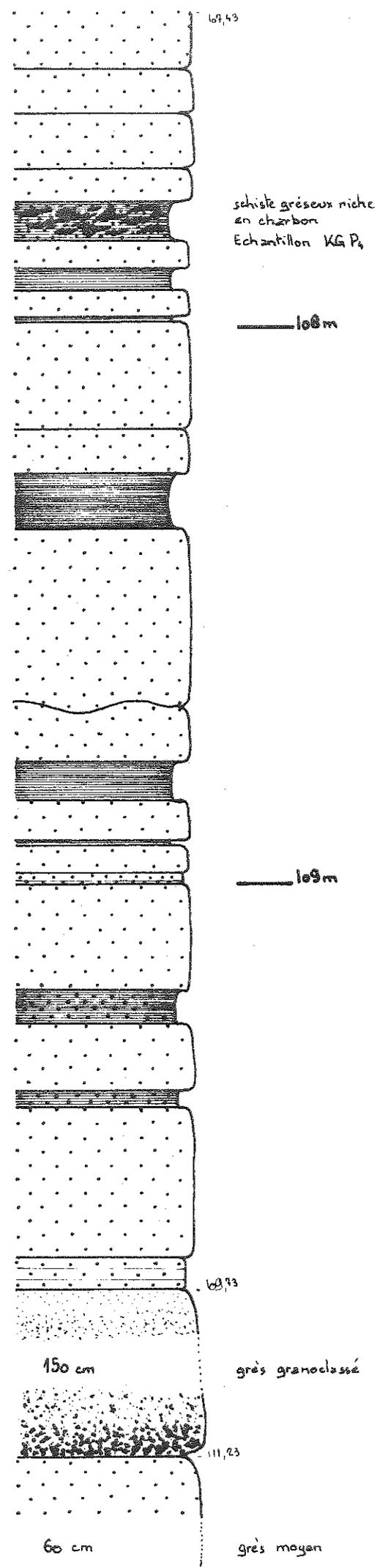
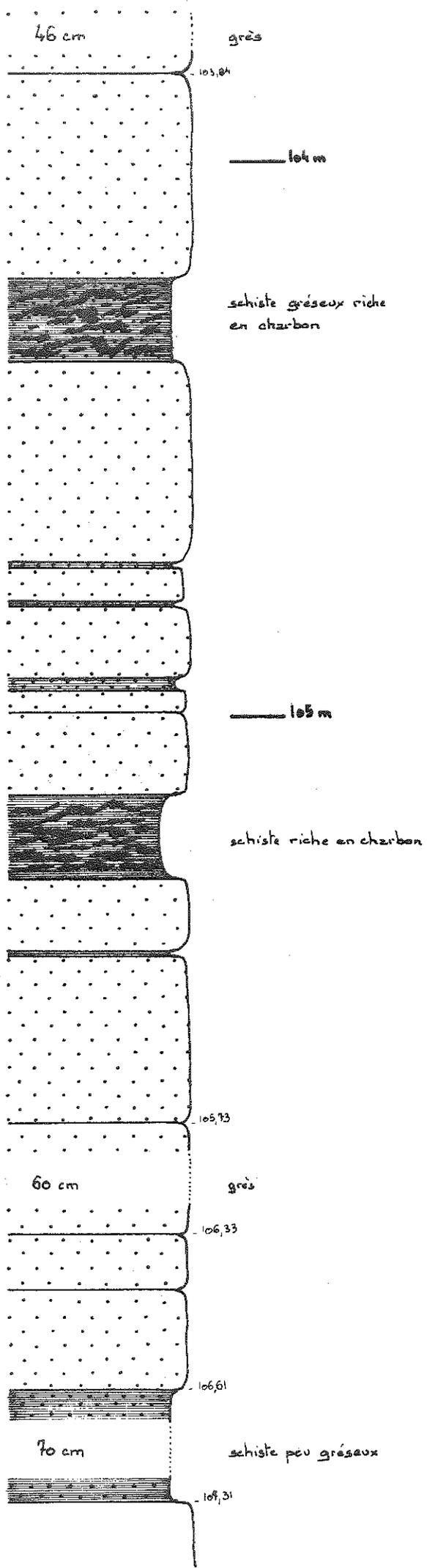
49m

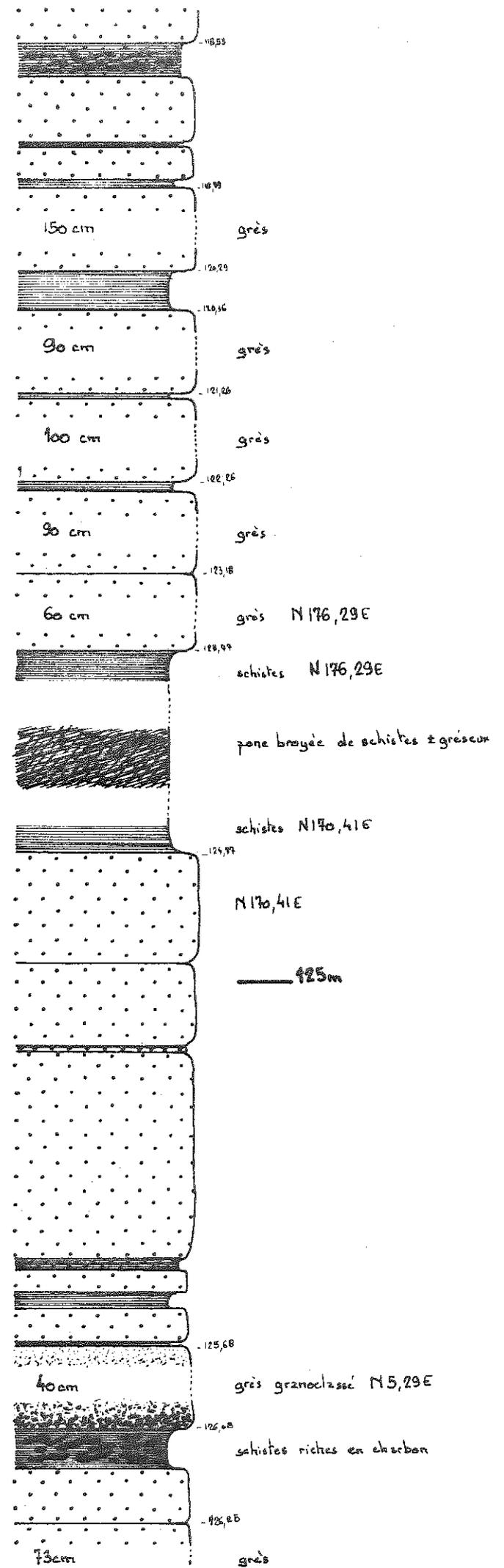
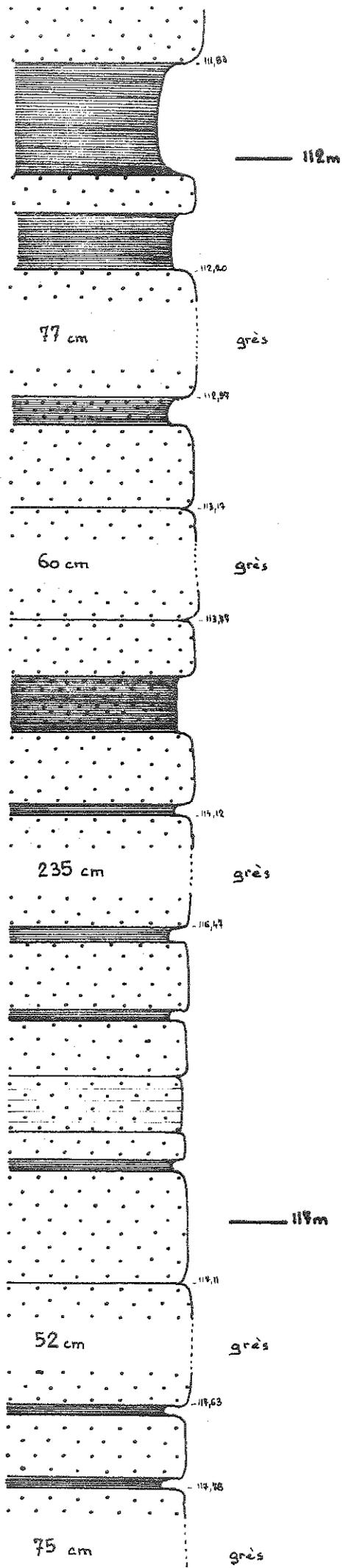


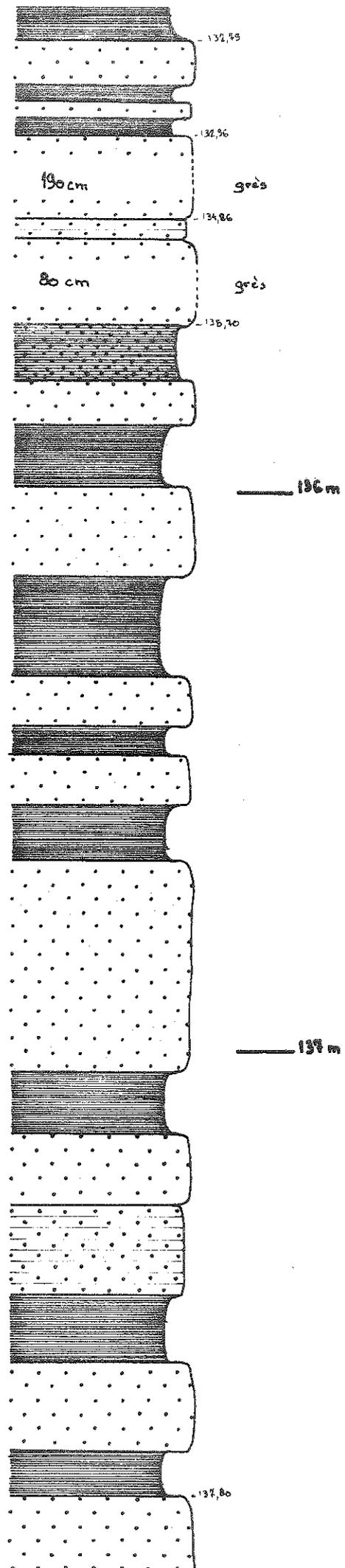
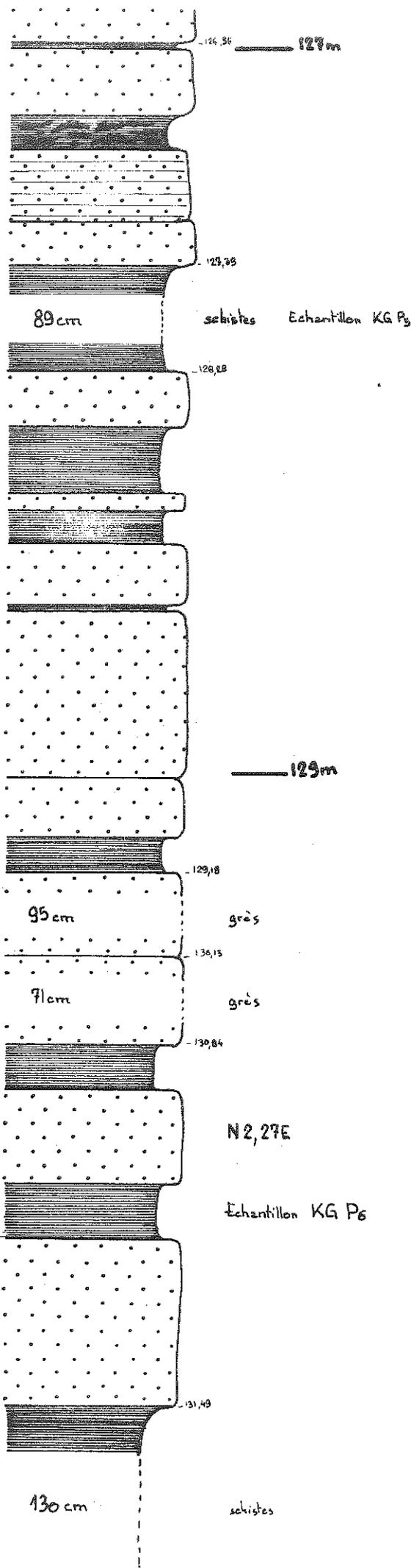


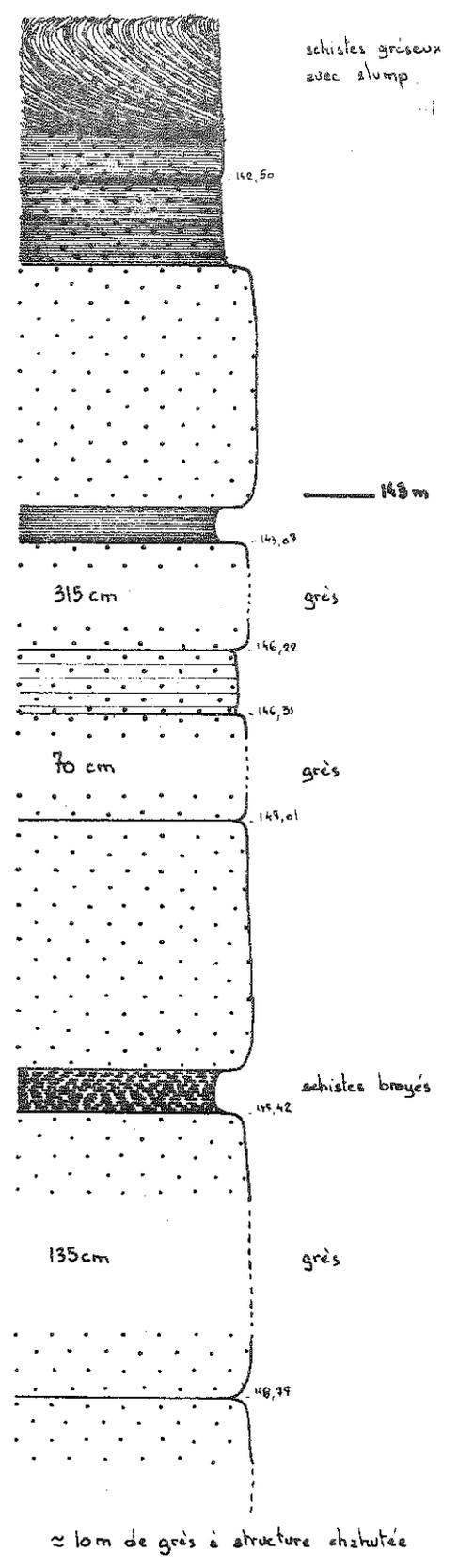
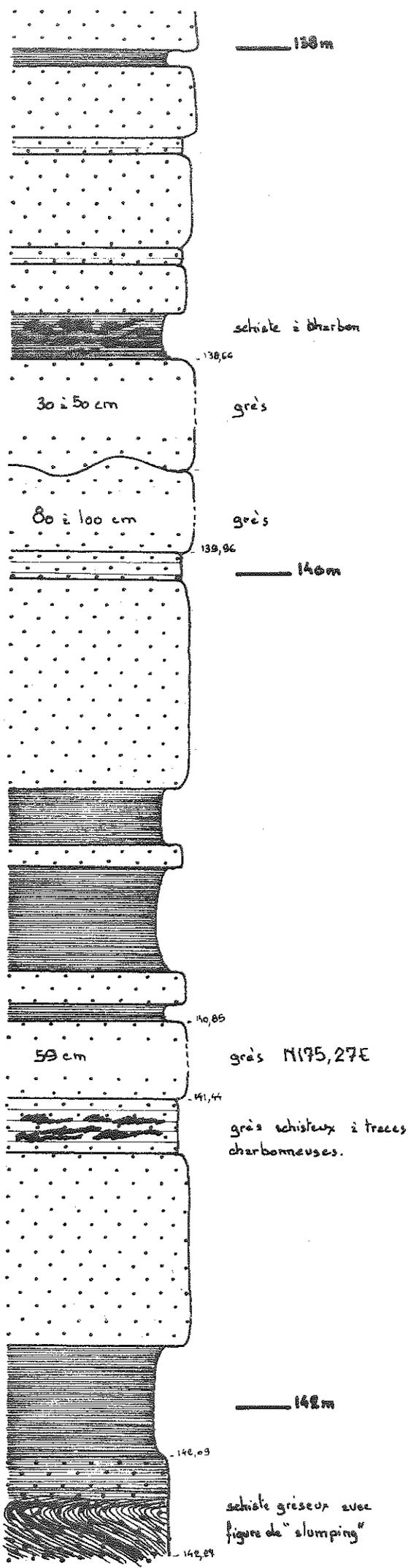








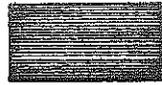




LEGENDE



Grès grossier
à moyen



Schiste ± micacé
± marneux ou argileux



Grès pétiloux



Schiste gréseux



Niveaux charbonneux

Echelle des épaisseurs 1/10

Profil PEtude stratonomique :

Epaisseur totale = 14877 cm, nombre de couches = 771, épaisseur moyenne = 19,3 cm

Epaisseur totale des strates = 10140 cm

Epaisseur totale des interstrates = 4737 cm

Clastic ratio = 2,14 \implies Groupe A

Nombre de strates = 459 \implies épaisseur moyenne = 22,1 cm avec les extrêmes suivants : 400 cm et 0,5 cm d'où la formule élémentaire :

$$A = 22,1 \begin{cases} < 400 \\ > 0,5 \end{cases}$$

Lithologie :

	Epaisseur (cm)	Nombre	Epaisseur moyenne (cm)
Grès	9659 (65 %)	407 (53 %)	23,7
Grès marneux	481 (3 %)	52 (7 %)	9,3
Marnes gréseuses	529 (3,5 %)	37 (5 %)	14,3
Marnes	4208 (28,5 %)	275 (35 %)	15,3

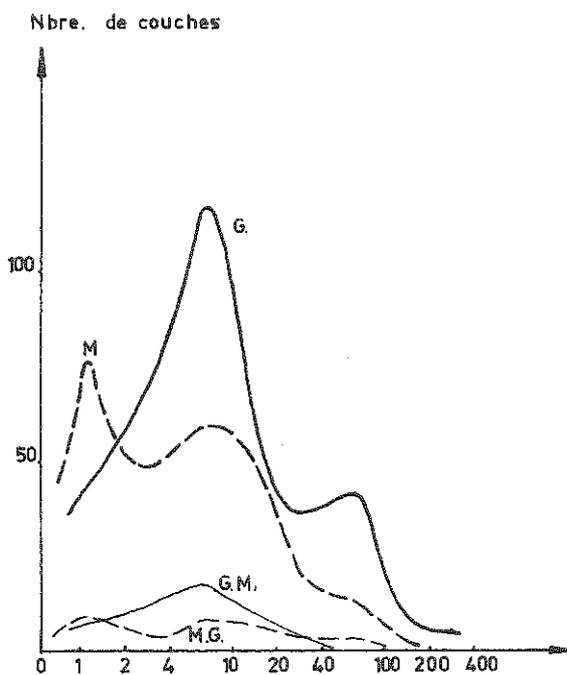
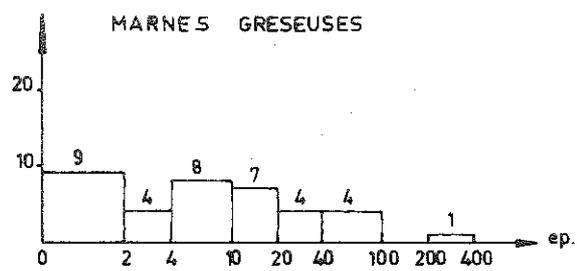
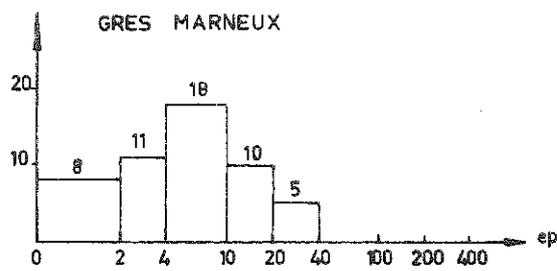
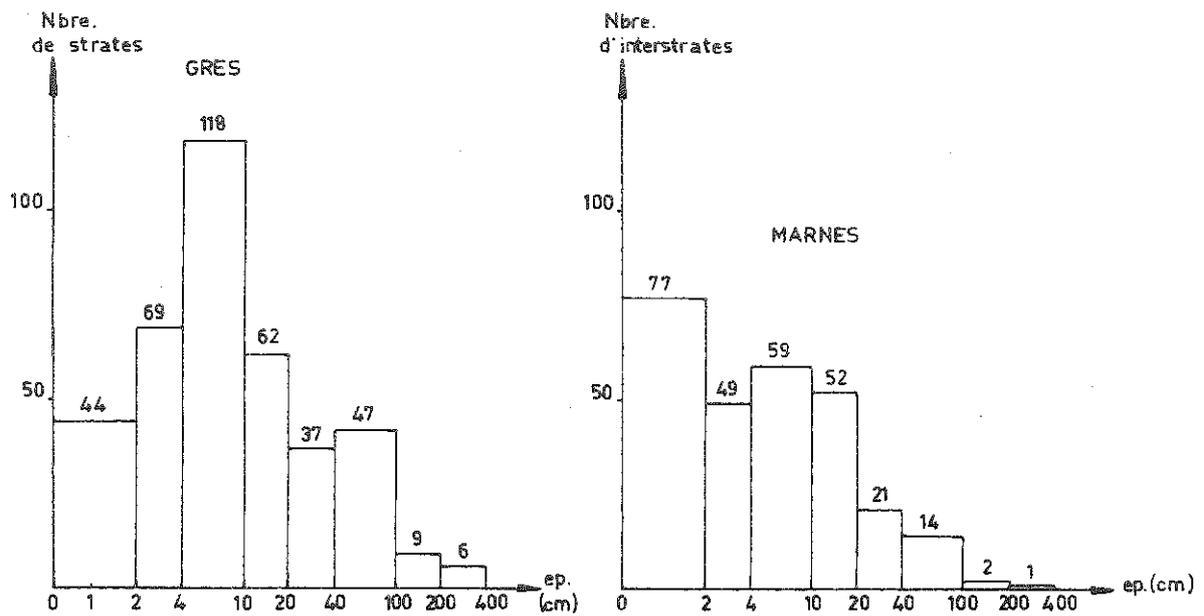
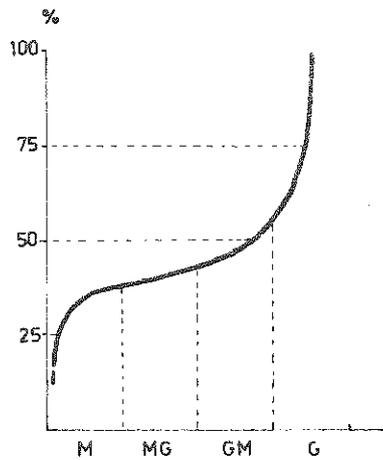
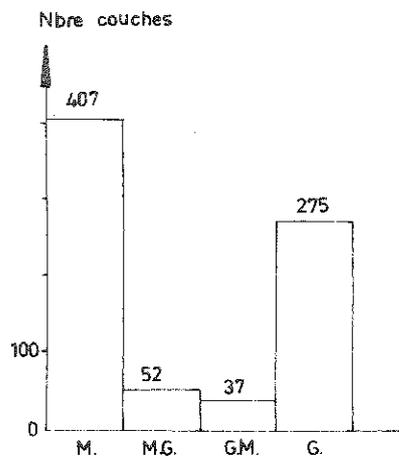
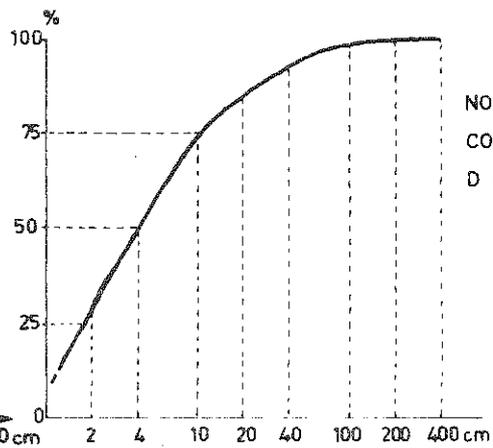
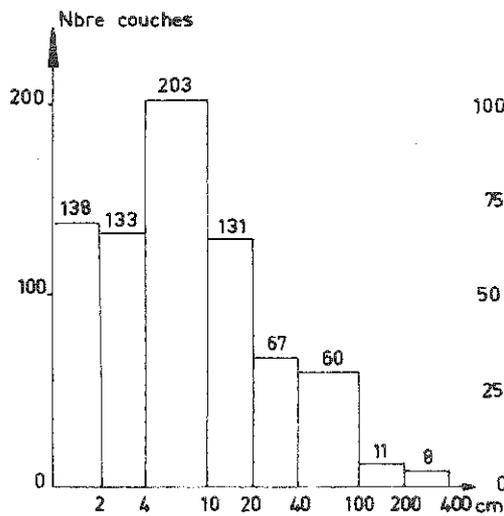


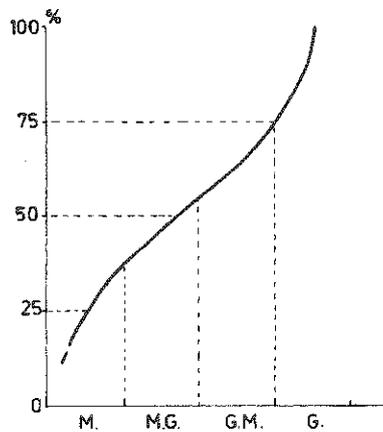
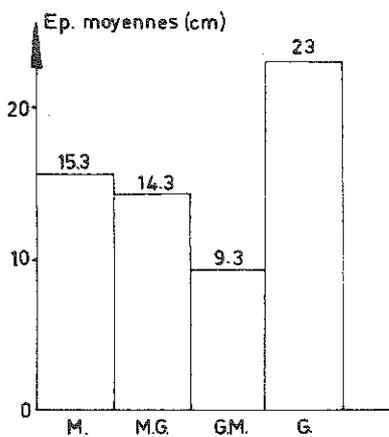
Fig. 16
DISTRIBUTION PAR CLASSES
D'ÉPAISSEUR DES LITHOTYPES
DE LA MOLASSE PARAUTOCHTONE



NOMBRE ET % DE COUCHES PAR CLASSES LITHOLOGIQUES



NOMBRE ET % DE COUCHES PAR CLASSES D'ÉPAISSEURS



ÉPAISSEURS MOYENNES ET % PAR CLASSES LITHOLOGIQUES

Fig. 17

Fig. 18

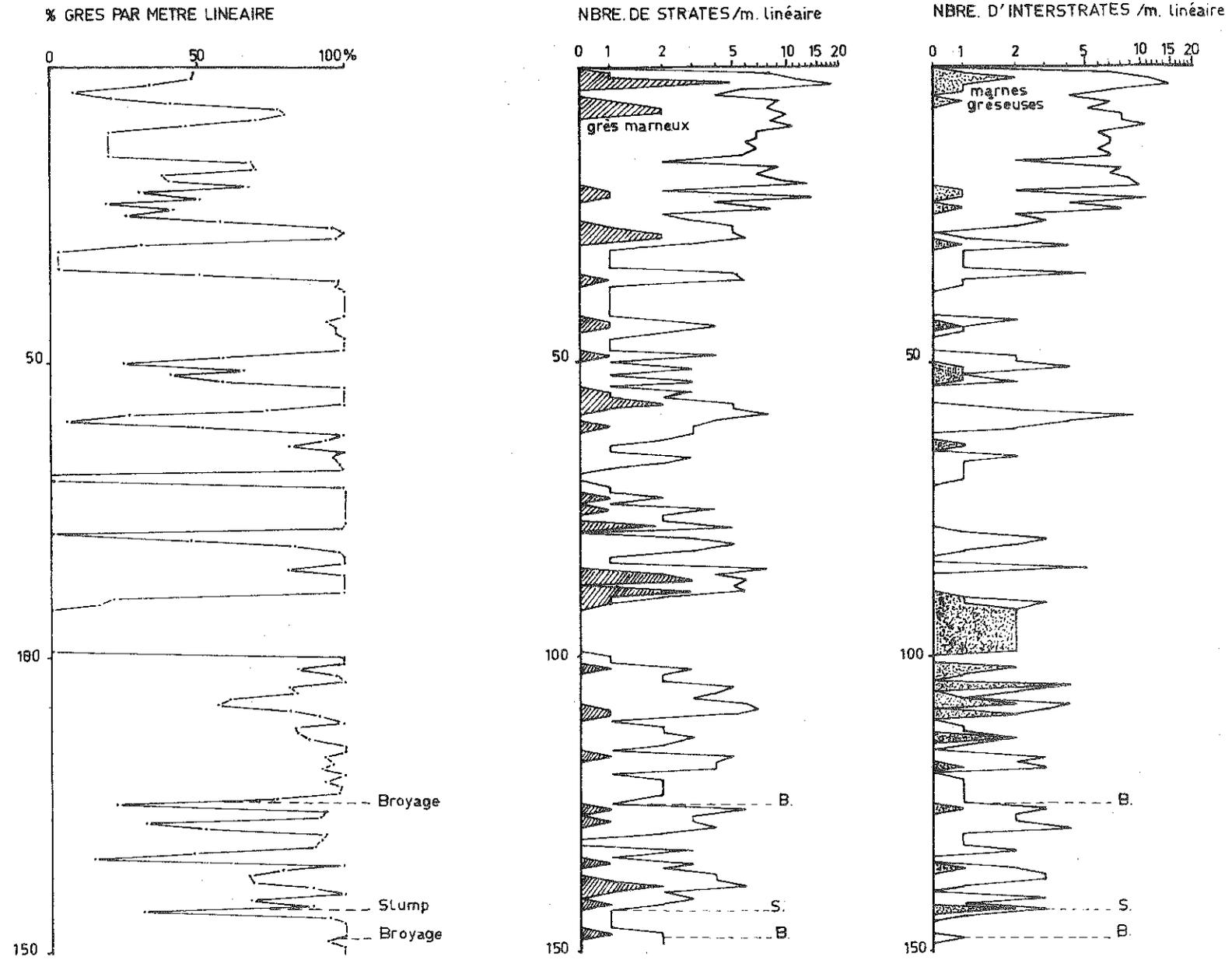
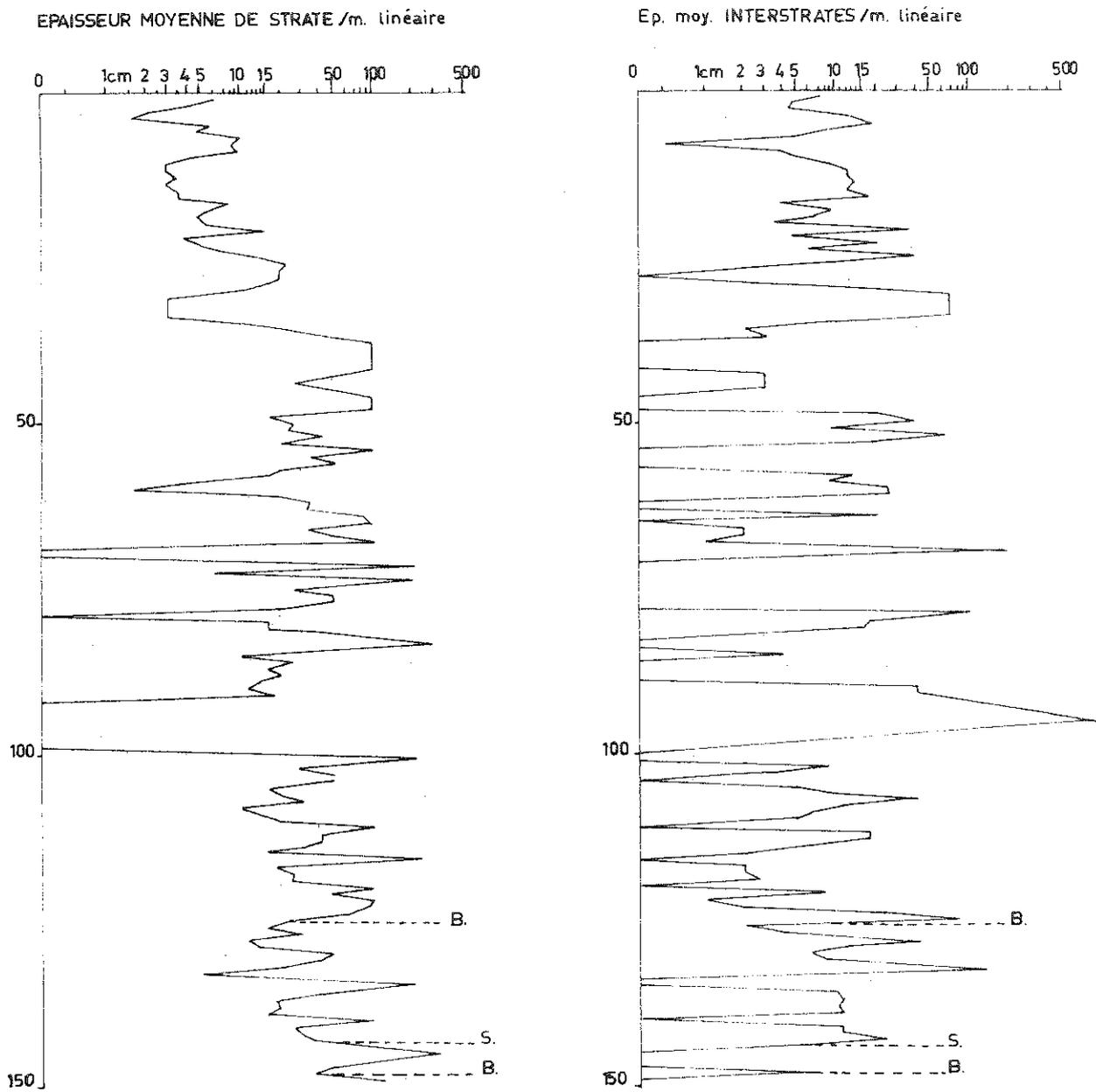
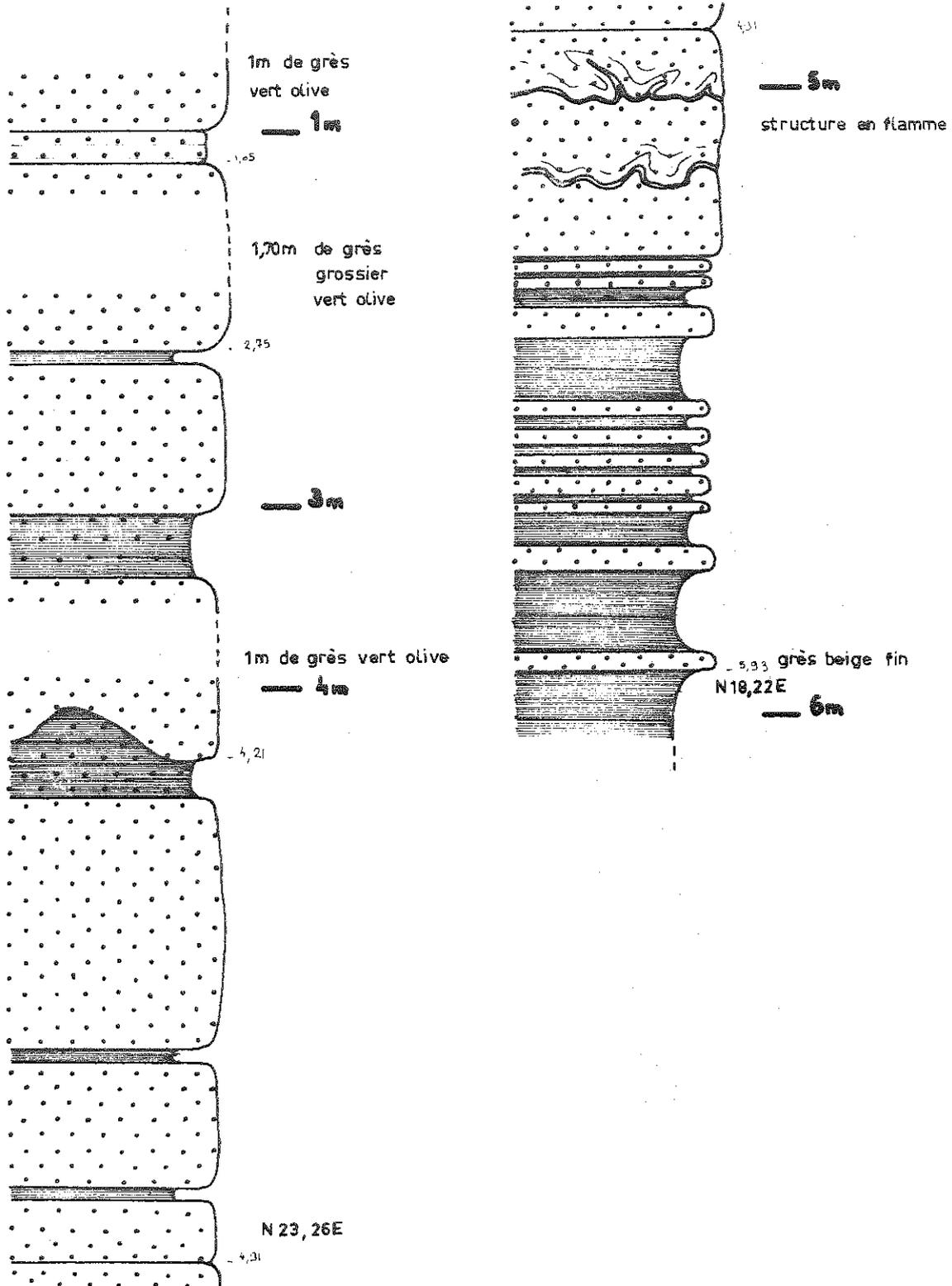


Fig. 19



2°) Ruisseau de Panponey



Coupe du ruisseau de Panloney

Etude stratonomique

Epaisseur totale = 666 cm, nombre de couches = 36, épaisseur moyenne = 18,5 cm

Epaisseur totale des strates = 533,7 cm

Epaisseur totale des interstrates = 132,8 cm

Clastic ratio = 4,018 \implies Groupe A

Nombre de strates = 20 avec les extrêmes suivants : 2 cm et 170 cm d'où
la formule élémentaire :

$$A = 26,7 \begin{matrix} / 170 \\ \backslash 2 \end{matrix}$$

Lithologie

	Epaisseur (cm)	Nombre	Epaisseur moyenne (cm)
Grès	528 (79,4 %)	19 (52,7 %)	27,8
Grès marneux	5 (0,8 %)	1 (2,8 %)	5
Marnes gréseuses	25 (3,6 %)	2 (5,5 %)	12,5
Marnes	107,8 (16,2 %)	14 (39 %)	7,7

Si l'on compare cette molasse avec le flysch des Voirons, on s'aperçoit que les critères stratonomiques ne sont guère différents :

	Molasse parautochtone	Flysch paléocène
Epaisseur moyenne des couches	18,5 cm	18 cm
Clastic ratio	4,018	4,018
Epaisseur moyenne des strates	26,7 cm	26 cm
formule élémentaire	$A = 26,7 \begin{matrix} / 170 \\ \backslash 1 \end{matrix}$	$A = 26 \begin{matrix} / 581 \\ \backslash 1 \end{matrix}$

La molasse autochtone est cependant différente car elle se présente souvent sous forme de dépôts gréseux massifs ou à stratification entrecroisée.

KISSLING D. (1974) dans sa thèse "L'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse. Stratigraphie et aperçu sédimentologique" conclut de façon suivante en ce qui concerne la stratonomie de la molasse oligocène :

"J'ai également tenté de déterminer si ces formations pouvaient être plus finement subdivisées grâce à des méthodes purement sédimentologiques. A cette fin, j'ai étudié les répartitions des épaisseurs de bancs, soit globales, soit par lithofaciès, les répartitions des couleurs et j'ai utilisé la méthode des matrices des transitions. Or, il s'est avéré qu'à l'intérieur d'une même série, les variations sont parfois plus importantes horizontalement que verticalement par rapport au reste de la formation. En effet, le facteur essentiel de différenciation n'est pas l'âge mais la position paléogéographique. Il est donc impossible de subdiviser les formations principales au moyen de critères uniquement sédimentologiques."

V - BORDURE DU SALEVE ET MOLASSE AUTOCHTONE

Contrairement aux Voirons, où la sédimentation s'effectue en milieu marin, la région du Salève est marquée à l'Eocène par une émerision.

En effet les sables sidérolitiques éocènes sont directement en contact avec les calcaires récifaux barrémiens. Ces sables se présentent sous forme de placages irréguliers, sporadiques, localisés surtout dans les dépressions karstiques du soubassement calcaire.

Cette morphologie d'érosion aérienne du substratum se caractérise par des zones lapiazées sur la crête du Grand Salève, près du Grand et du Petit Piton. Ces rainures devaient être plus ou moins comblées par les apports

éocènes, car on y retrouve encore quelques traces d'argiles rouges mêlées de sables. On trouve plus au Sud un autre témoin de l'érosion karstique : la Grotte du Diable.

En ce qui concerne la nature des dépôts, on peut noter un passage progressif de faciès entre le Petit Salève au NE et le Grand Salève au SW. Au petit Salève, on trouve essentiellement des grès durs constitués uniquement de grains de quartz reliés par un ciment plus ou moins riche en oxyde de fer, tandis qu'au Sud les dépôts ont tendance à être formés de sables légèrement argileux nettement moins consolidés.

L'analyse morphoscopique des grains de quartz montre une teneur non négligeable (environ 30 %) de grains ronds mats, le reste étant constitué de grains émoussés.

Ces dépôts péliculaires se présentent sous forme plus ou moins altérée et les parties gréseuses sont souvent affectées par une érosion en boule (Ex : rochers de Faverge...). La datation de ces dépôts est très imparfaite du fait du manque de fossiles (macro ou micro).

Le Salève correspond donc à cette époque à une zone émergée soumise à un régime d'érosion karstique, contrairement à la région des Bornes située à l'Est où les dépôts éocènes sont marins, bien développés au Lutétien et très étendus pendant le Priabonien : une sédimentation flysch s'étend sur les Bornes, mais n'atteint pas le domaine du Salève. Ce contraste de sédimentation restera très marqué à l'Oligocène entre ces deux régions.

En effet, contrairement à la bordure du massif des Bornes où l'on assiste à une sédimentation détritique schisteuse, au Salève, le début de l'Oligocène est peu représenté. Conséquemment à un affaissement relatif du sol, les dépressions karstiques de l'Eocène sont fossilisées par un remplissage d'alluvions provenant des reliefs calcaires. Ces dépôts sont connus dans la région sous le nom de Poudingue de Mornex. C'est un conglomérat à éléments bien roulés de calcaires urgoniens et de silex, cimentés par une matière calcaire assez grossière et parfois colorée. A. LOMBARD et E. PAREJAS (1965) en font l'inventaire paléontologique suivant : des huitres, Natices, Cerithes et pinces de Calianassa vers le sommet. D'après la faune, le milieu de dépôt est soit marin littoral, soit un milieu lagunaire mais avant tout caractérisé^{par} une faible tranche d'eau de mer ou saumâtre.

On rencontre ce Poudingue de Mornex sur le flanc sud-est du Petit Salève au Nord du Mornex, depuis la gare désaffectée jusque vers l'altitude 650 m en empruntant le chemin qui mène au centre de vacances. Cette formation se retrouve aussi vers le sommet du Petit Salève sous forme de petits placages sporadiques, mais on le trouve abondamment en suivant le chemin reliant le

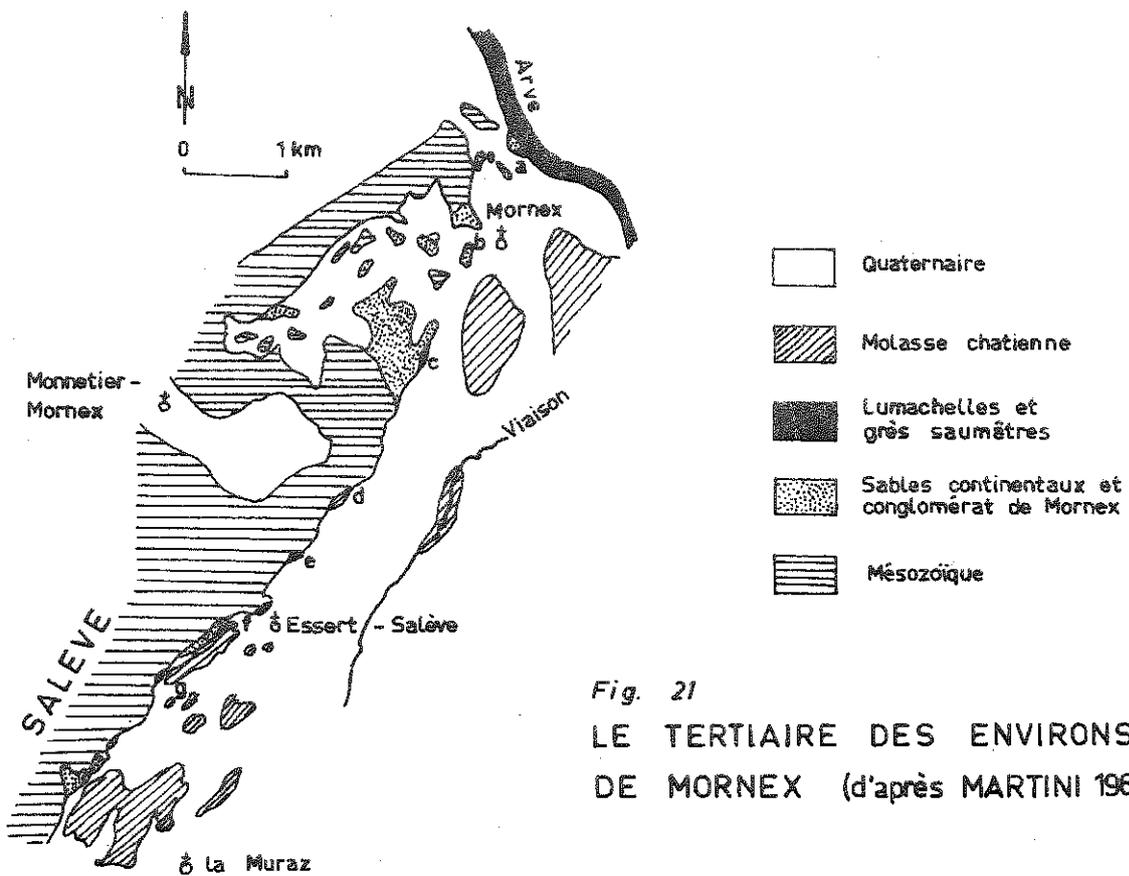
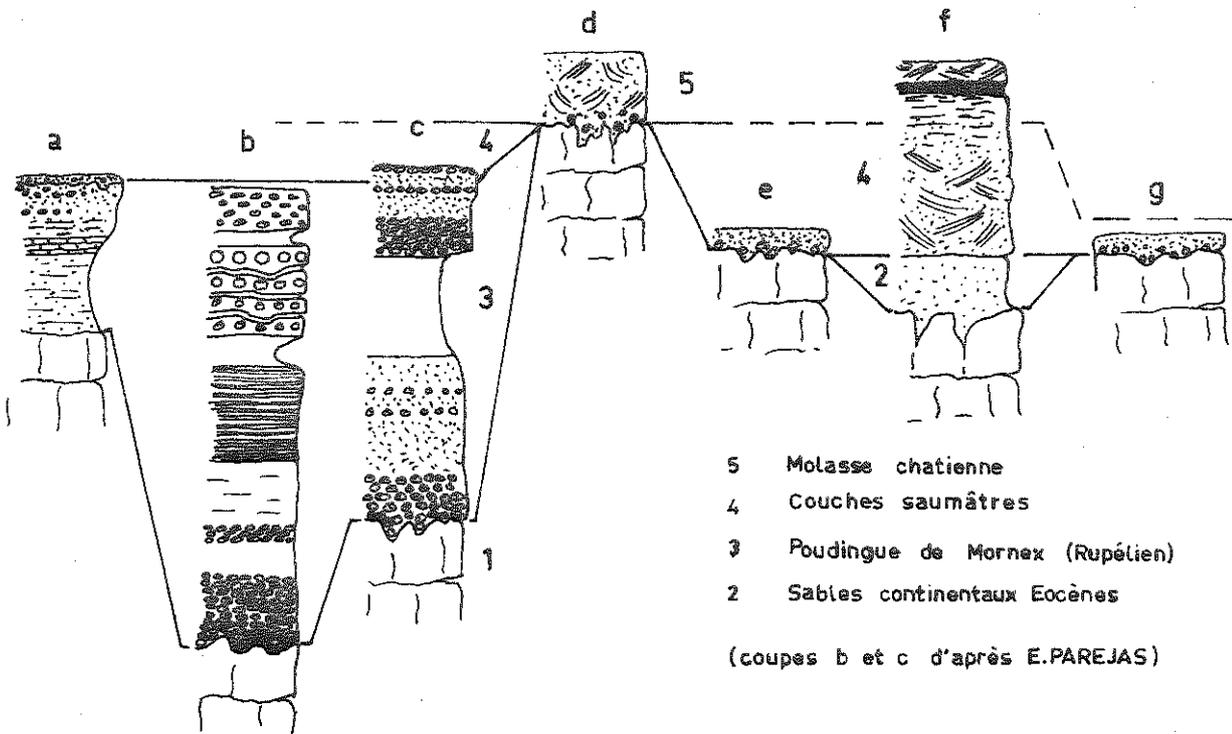


Fig. 21
LE TERTIAIRE DES ENVIRONS
DE MORNEX (d'après MARTINI 1963)



Mont Gosse au Château d'Etrembière près de l'ancien pont de chemin de fer. A cet affleurement on retrouve également les marnes gréseuses rougeâtres de l'érosion.

J. MARTINI (1963) décrit, dans sa note sur le Tertiaire des environs de Mornex, un affleurement situé au Nord de Mornex près du lit de l'Arve (coupe a) : "... tout d'abord des marnes gréseuses rouges, puis des calcaires gréseux et des grès calcaires avec passées conglomératiques assez peu importantes. Le ciment et de nombreux galets intraformationnels sont formés de croutes de cyanophycées. Dans les derniers centimètres visibles, on observe un calcaire détritique lumachellique à patine rousse, gris bleuté en profondeur : c'est la couche saumâtre. Ce calcaire qui contient des galettes (conglomérats de base) est transgressif et ravine la formation sous-jacente."

On ne peut évidemment parler de véritable transgression mais plutôt d'une pulsation très éphémère à cet endroit car ce calcaire saumâtre est épisodique : au-dessus on retrouve les dépôts continentaux du Chattien.

J. MARTINI rattache ces couches saumâtres à la molasse chatienne à cause de l'origine alpine des matériaux. Ces couches correspondent au *faciès de transgression* défini par l'auteur (1968).

Si on s'intéresse à la paléogéographie du début de l'Oligocène, on s'aperçoit que le secteur considéré est situé dans la zone bordière du bassin molassique en cours de formation. Les couches saumâtres représentent les derniers bancs du Rupélien et leur passage à la molasse continentale est très progressif au pied du Salève. En effet on ne distingue pas de limite visible entre les deux formations, ainsi on se retrouve bientôt dans une épaisse série détritique à grains moyens ou fins, micacés, gris à verdâtres, avec des niveaux sablo-argileux et marneux de colorations diverses par endroit. On trouve également d'épais bancs de grès grossiers, marneux, assez friables, de teinte verdâtre, renfermant par endroits des blocs plus durs (30 à 40 cm de diamètre) de même nature (Ex : vallée du Viaison à 1 km au Sud de La Muraz).

Malgré la diversité des sédiments dans le détail, la molasse d'eau douce inférieure reste monotone dans une approche plus globale.

Cette diversité de faciès explique un peu la confusion qu'a subi le terme "molasse" dans l'esprit des auteurs. Issu du langage populaire du Savoie et du Dauphinois, ce terme de molasse utilisé principalement par les carriers, désignait des bancs de grès, souvent micacés, à ciment calcaire ou marneux. Cette définition ne tarda pas à s'étendre géographiquement pour désigner une entité géologique de types lithologiques très différents (Ex : pierre de Fontvieille, pierre des Baux).

La définition du terme molasse proposée par D. KISSLING (1974) est

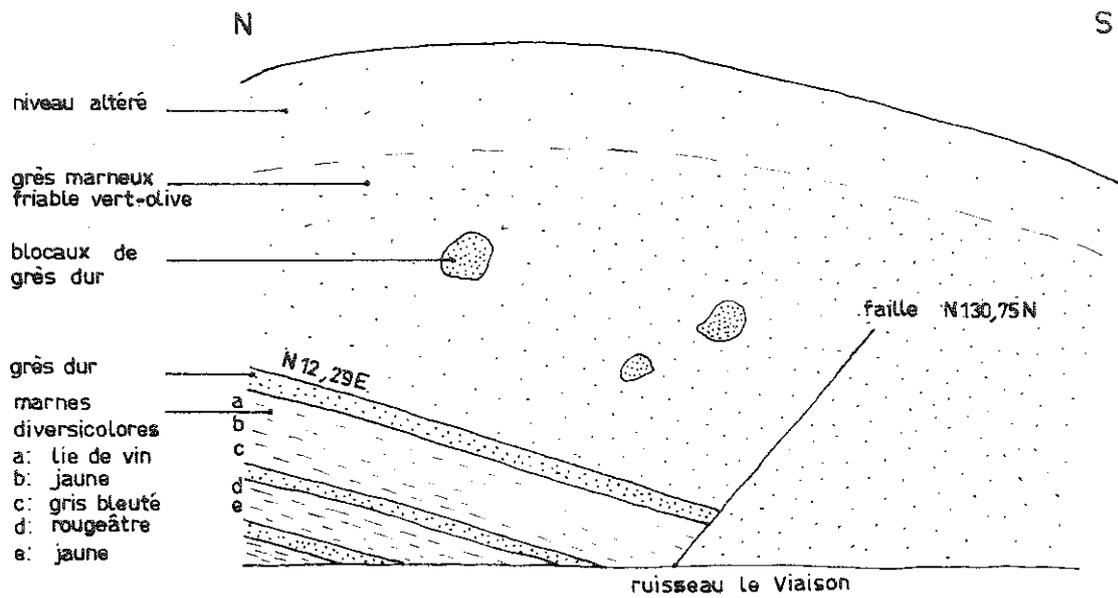
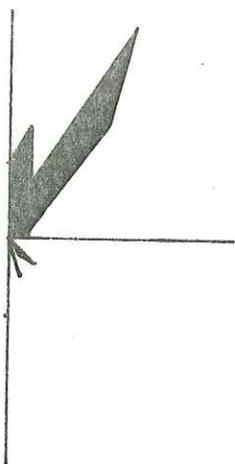


Fig. 22 AFFLEUREMENT DE LA VALLEE DU VIAISON
(près de la Muraz)

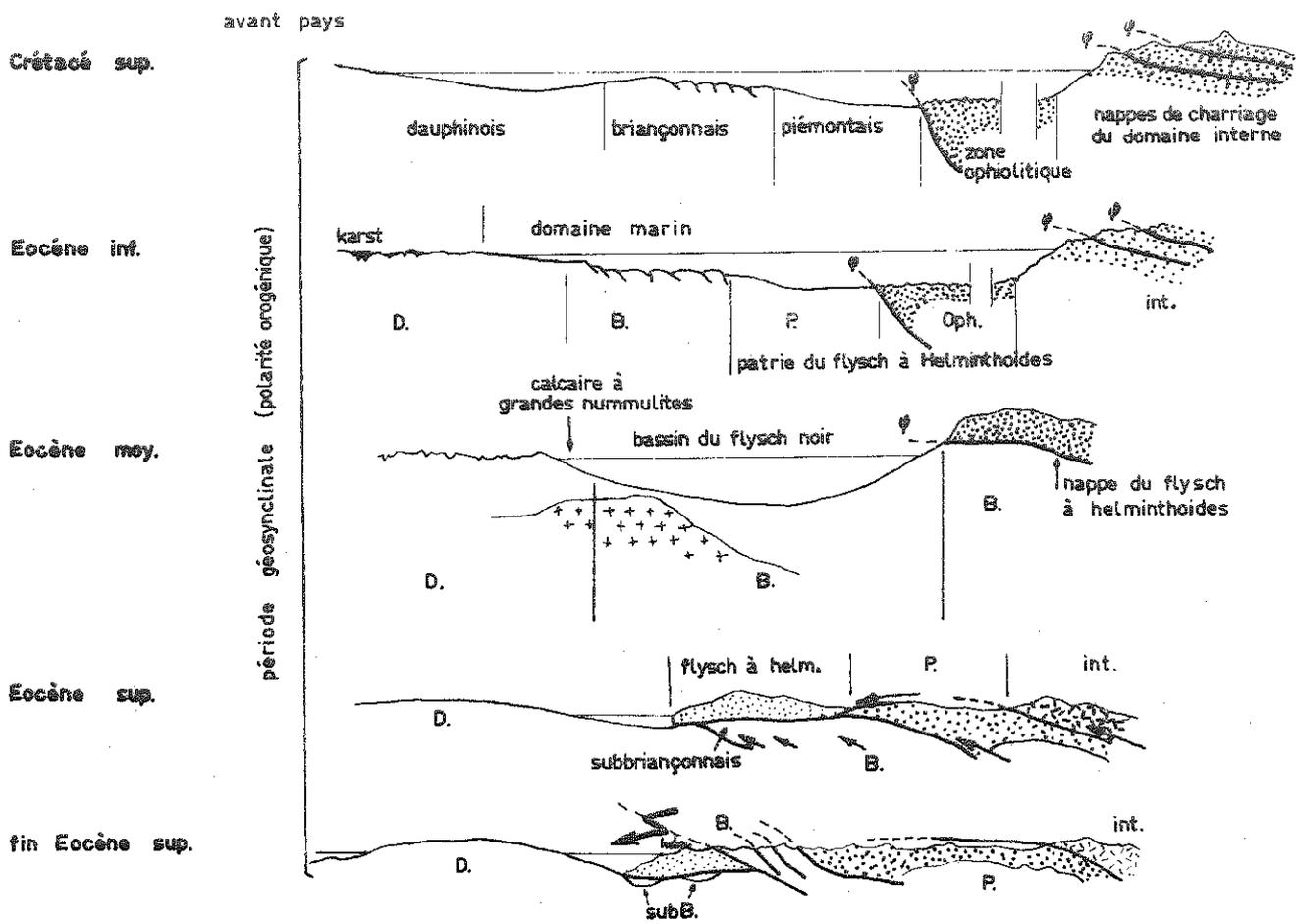
assez satisfaisante : "série de sédiments presque exclusivement détritiques d'origine en partie fluvio-lacustre et continentale, en partie marine intercontinentale, déposés dans une phase post-paroxysmale à tardiorogénique dans un bassin subsident en position exogéosynclinale".



Le relevé des directions mesurables nous montre une direction préférentielle à N 30°.

VI - ESSAI DE RECONSTITUTION HISTORIQUE DU TERTIAIRE DE LA REGION

Dans les Alpes occidentales, la paléogéographie du Crétacé supérieur est la continuation de celle du Jurassique : on a toujours d'Est en Ouest, le "sillon" piémontais, la "ride" briançonnaise, le "sillon" dauphinois. Malgré les mouvements avant coureurs du Turonien (Dévoluy) les plis de la phase pré-gossau, les mouvements coniaciens (Salzkammergut), le Crétacé supérieur, bien qu'il annonce l'ère orogénique du Tertiaire, est relativement calme tectoniquement, et correspond à la phase de dépôt des flyschs. A partir du début du Tertiaire, la chaîne alpine est à la fin de la phase flysch de la période géosynclinale avec une orogénèse caractérisée par les plis antemaestrichiens de la zone sud-helvétique, puis viennent les mouvements de l'Eocène supérieur. C'est à cette époque que se déposent les différents flyschs qui nous intéressent (flysch des Voirons, flysch basal des Voirons à écailles mésozoïques, flysch du Vouan). Le domaine du Salève est émergé pendant l'Eocène et il s'y dépose des sables sidérolitiques. Simultanément, dans les Bornes, la sédimentation est marine, bien développée au Lutétien et très étendue pendant le Priabonien. Cette sédimentation de type flysch s'étend sur les Bornes, mais n'atteint pas le domaine émergé du Salève qui constitue l'avant pays de la chaîne.



Oligocène inf. mise en place des Préalpes, passage flysch-molasse, formation des fosses périalpines (période tardigéosynclinale)

Miocène sup. Pliocène inf. serrage final, tectonique verticale sans polarité orogénique (période postgéosynclinale)

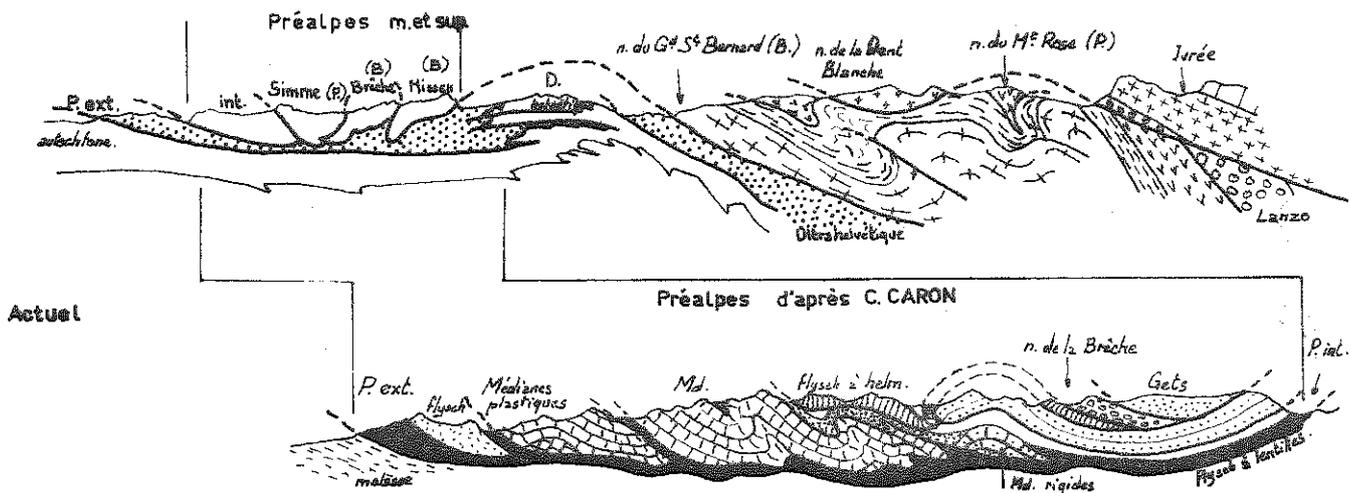


fig. 23

COUPES SCHEMATIQUES DE L'EVOLUTION DE LA CHAÎNE DEPUIS LE CRÉTACE SUPERIEUR

L'Oligocène inférieur est à peine représenté par les conglomérats locaux du Petit Salève (poudingue de Mornex) tandis qu'au même moment, la sédimentation détritique est intense sur la bordure du massif des Bornes.

C'est aussi à L'Oligocène inférieur que l'on peut rattacher la mise en place des Voirons (Préalpes externes) et de la base du Môle. Ces dépôts chevauchent la molasse parautochtone des Voirons (Oligocène inférieur), les grès de Bonneville et la molasse rouge (Chattien inférieur) dans la région de Faucigny-Bonneville : c'est la phase de tectonique tangentielle de l'orogénèse avec mise en place des nappes de couverture. On passe ainsi dans la période tardigéosynclinale de la chaîne qui s'étendra jusqu'à la fin du Miocène, et qui est caractérisée par le dépôt des molasses dans les fosses allongées et parallèles à la chaîne qui vient de surgir.

On assistera également aux ondulations à grand rayon de courbure (plis de fond) qui déterminent souvent les parties culminantes de la chaîne (Mont Blanc). A la fin de l'Oligocène, le secteur étudié semble définitivement émergé et la sédimentation de la molasse se localise sur le plateau suisse depuis l'Aquitainien. Les dépôts burdigaliens sont également absents dans le secteur étudié.

Au Miocène supérieur, la chaîne entre dans la période postgéosynclinale caractérisée par de puissants jeux de failles qui provoquent des mouvements verticaux disposés à l'emporte-pièce dans la chaîne : la polarité interne-externe n'est plus respectée, l'orogénèse de la chaîne s'achève.

Ainsi, on assiste au serrage final du Miocène supérieur et du Pliocène inférieur provoquant probablement le soulèvement du Salève. C'est à la faveur de cette période émergée de la fin du Tertiaire que s'est installé un réseau hydrographique déterminant une topographie de vallons et collines dont on retrouve encore actuellement les traces (collines de Monthoux, sillons de l'Arve, de la Ménoge et du Viaison) dans la morphologie, malgré la forte empreinte des phases froides du Quaternaire. Nous détaillerons cet aspect dans le paragraphe concernant le Quaternaire de la région étudiée.

En résumé, l'histoire du Tertiaire de la région se décompose en 3 périodes :

- la période géosynclinale avec dépôts de flyschs et émergence à l'Eocène du domaine du Salève puis la phase de tectonique tangentielle affectant la couverture.
- la période tardigéosynclinale qui débute à l'Oligocène inférieur après la mise en place des Préalpes externes caractérisée par le dépôt des molasses dans les fosses d'effondrement parallèles à la chaîne et par les vastes plis de fond.
- la période postgéosynclinale (Pliocène) avec sa tectonique verticale à l'emporte-pièce dans la chaîne.

Chapitre C

LES FORMATIONS QUATERNAIRES

I - GENERALITES

La morphologie actuelle de la région étudiée porte encore fortement l'empreinte des dernières périodes climatiques froides du Quaternaire.

Malgré l'érosion post-glaciaire, nous pouvons reconnaître des formes ou modelés typiques tels les vallées en auges, les verroux glaciaires, les drumlins, ainsi que des moraines et plaines fluvioglaciaires associées aux divers stades de retrait.

Mis à part les blocs ératiques du sommet du Salève probablement Riss et les dépôts conservés à la faveur de sillons creusés dans la molasse, les seuls témoins visibles sont Würmiens et Catawürmiens car les dépôts antérieurs ont été balayés pendant la période d'extension maxima de la dernière glaciation, la région envisagée étant proche des zones d'alimentation.

En conséquence, les sillons surcreusés pendant les diverses phases glaciaires sont présumés comblés par un matériau graveleux fluvio-glaciaire et glacio-lacustre datant de l'interglaciaire Riss-Würm.

Au paroxysme glaciaire du Würm, les glaces envahissent abondamment la région : les cimes des Voirons, du Salève, du Môle et des Brasses devaient pointer en *nunatacks* au dessus du niveau des glaces.

On peut à ce stade définir trois domaines bien distincts dans les dépôts glaciaires. Ces trois domaines ayant chacun leurs caractéristiques sont définissables comme les périmètres d'érosion et de dépôt des glaciers respectifs du Rhône, de l'Arve et de celui que l'on appellera par commodité le glacier des Préalpes. Ces trois glaciers, outre leurs lieux d'origine, sont différents du point de vue de leur puissance. En effet, nous connaissons l'extension du glacier du Rhône par ses dépôts tapissant le sillon molassique suisse, dans lesquels les roches cristallines et métamorphiques constituent une portion dominante des galets. Le glacier de l'Arve, plus modeste, nous intéresse dans sa partie distale depuis Bonneville jusqu'aux environs d'Annemasse. C'est un

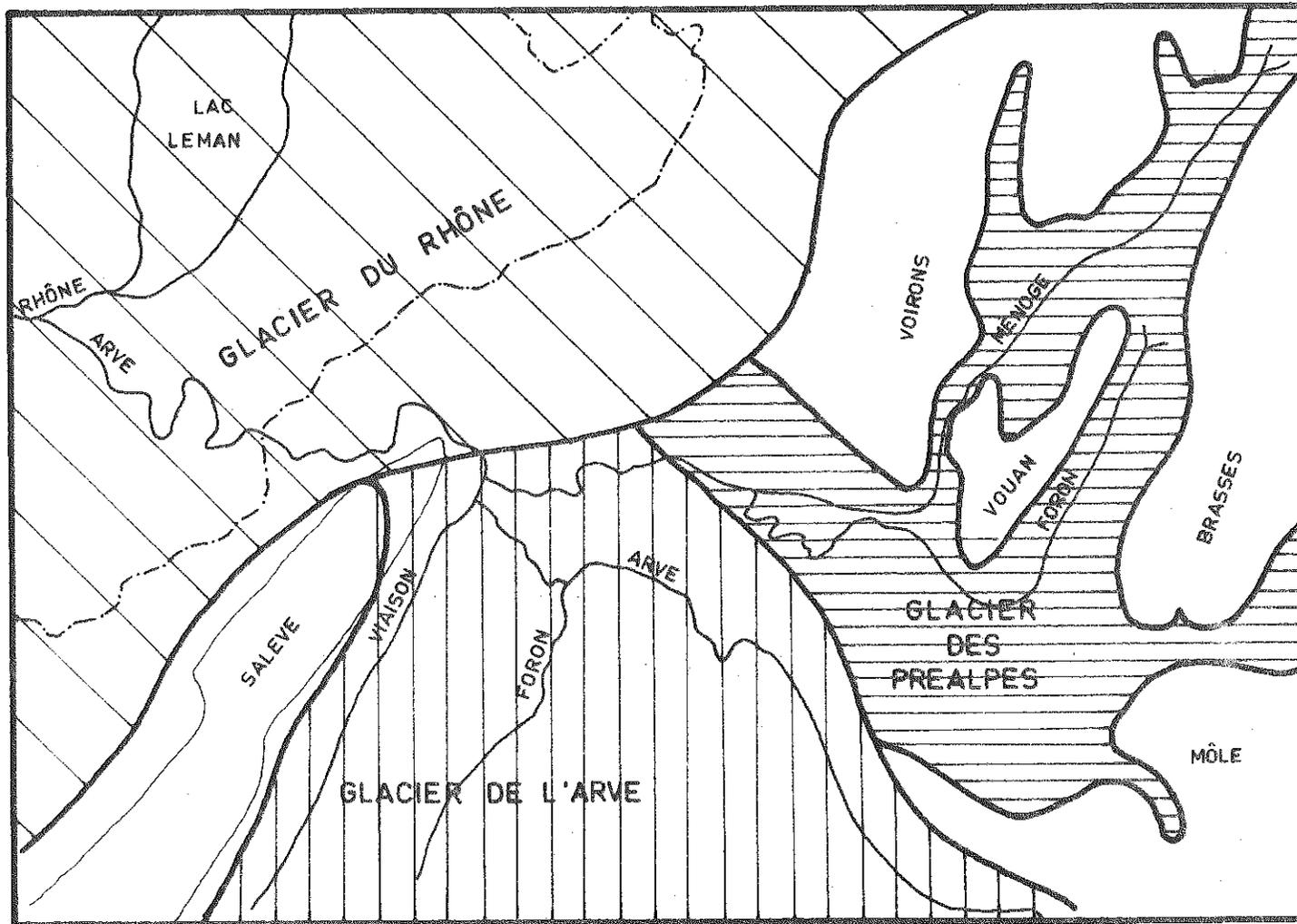


Fig. 24

SCHEMA DE SITUATION DES DOMAINES GLACIAIRES AU MAXIMUM DU WÜRME

glacier caractérisé par ses blocs de protogine du Mont Blanc et dont les dépôts contiennent des galets de roches cristallines et métamorphiques dans une proportion non négligeable, coexistant avec les matériaux locaux : grès, molasse et surtout calcaires. L'un des stades de son retrait se différencie par une abondance de très gros blocs de calcaires urgoniens connus dans la région sous le nom de *Rocailles*. Le glacier des Préalpes est d'extension beaucoup plus réduite et se localise, dans la région qui nous intéresse, dans les vallées des Voirons, des Brasses, du Vouan et du Môle, et se caractérise par des moraines à galets essentiellement gréseux et calcaires : grès des Voirons et du Vouan, calcaires noirs lardés de calcite (Lias) du Môle et des Brasses, éléments molassiques, et de très rares galets cristallins et métamorphiques. Ce glacier préalpin est en fait constitué par la réunion de plusieurs glaciers locaux.

Avant de décrire successivement ces trois domaines glaciaires nous allons présenter l'état des connaissances concernant les événements antérieurs au Würm.

II - LES DEPOTS QUATERNAIRES ANCIENS

A la fin du Tertiaire, la molasse constituant les dépressions qui séparent les reliefs des Préalpes et des chaînons jurassiens est érodée par les eaux courantes et, au début du Quaternaire, une topographie de vallons et collines s'est installée, influençant encore la morphologie actuelle.

Les dépôts quaternaires les plus anciens sont constitués par les blocs erratiques qui parsèment toute la crête du Salève. Ils sont constitués d'énormes blocs de granite, de gneiss, isolés sur le socle de calcaire barrémien du Salève. Ce calcaire est d'ailleurs fortement altéré en surface et se trouve recouvert d'un sol à éléments anguleux de calcaire d'origine cryoclastique. On ne trouve aucun témoin de la moraine originelle qui a dû être déblayée par le ruissellement des eaux de pluie etc...

Contrairement à JAYET (1968) qui date ces dépôts du Würm II, il apparaît que ces blocs erratiques seraient plutôt à classer dans les dépôts datant du Riss car non seulement il est pratiquement impossible de subdiviser la glaciation würm en plusieurs périodes d'après les dépôts de la région, mais l'état de ces "moraines" de la crête du Salève fait penser aux dépôts riss connus aux environs du seuil de Bellegarde (cf. GIGOUT communication orale 1979).

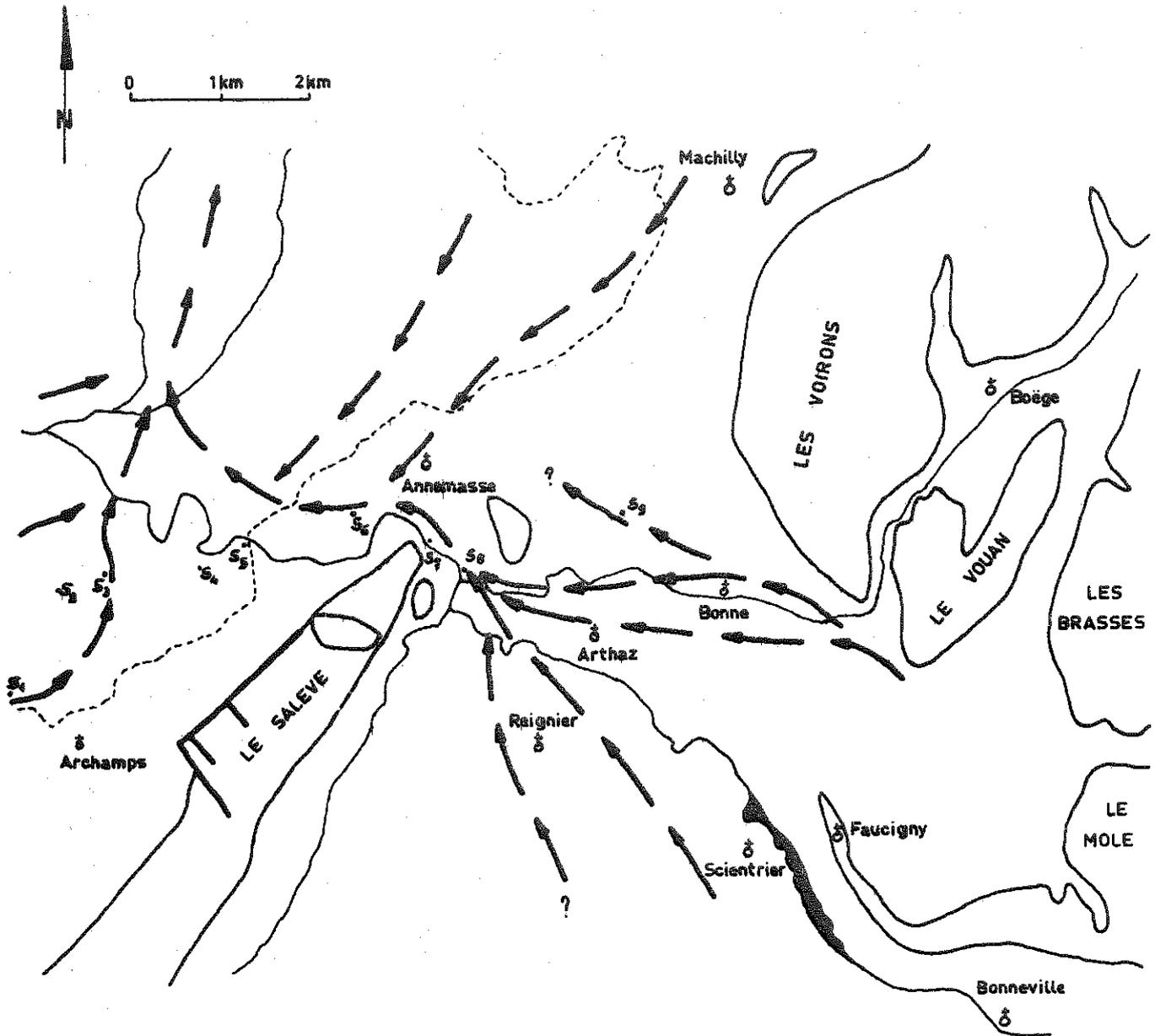
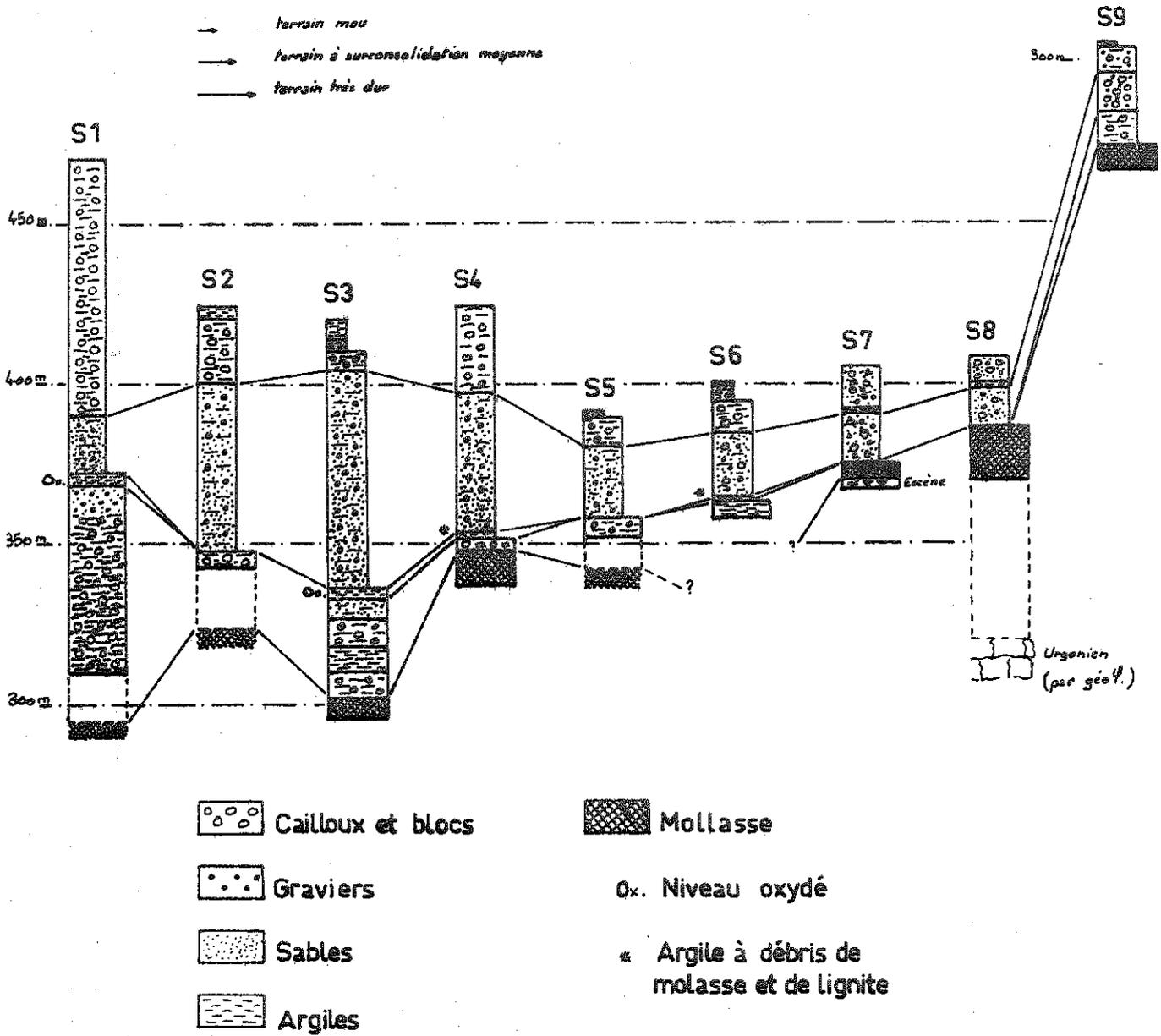


Fig. 25

LOCALISATION DES "SILLONS" D'EROSION
AFFECTANT LE SUBSTRATUM MOLASSIQUE

(d'après G. AMBERGER 1978, C. ARMAND & J.C. FOURNEAUX 1978)



S1 à 5 d'après G. AMBERGER (1978)

Fig. 26

SONDAGES EFFECTUES DANS LES SILLONS

bedition?

Les anciens vallons, appelés sillons selon la terminologie adoptée par POLDINI (1957), approfondis pendant les périodes de surcreusement glaciaire, sont presque totalement comblés par les atterrissements interglaciaires Riss-Würm avec une grande variété de faciès et de caractéristiques géotechniques d'un sillon à l'autre.

Les résultats des sondages effectués dans les sillons entre Arve et Rhône et dans la vallée de l'Arve font apparaître la séquence suivante : (1)

- à la base du remplissage, au contact de la molasse, on rencontre une formation argileuse très compacte, à graviers et galets, dont l'épaisseur peut dépasser 20 m.
- au dessus, un ensemble gravelo-sableux à blocs, d'une puissance d'environ 10 m, généralement aquifère à paramètres hydrodynamiques intéressants.
- au sommet, des argiles bleuâtres à graviers et rares niveaux sableux d'une épaisseur d'au moins 10 m.

Malgré les incertitudes de datation et l'absence de critères définitifs, on est fortement tenté d'interpréter les dépôts gravelo-sableux du niveau intermédiaire comme appartenant à une phase interglaciaire, la plus probable étant la période interglaciaire Riss-Würm.

Dans la vallée de la Ménoge en contrebas de la Forge, dans le coude situé juste en amont de la terrasse holocène des Grandes Iles qui surplombe la rivière de 2 m (cf. figure n°27), on aperçoit un affleurement sur une hauteur d'environ 10 m (figure n°28).

Au sommet, sur une épaisseur d'environ 1 m, on trouve une moraine à gros blocs avec matrice argilo-limoneuse. Dessous, on a un niveau de sable à graviers avec peu de galets et blocs, de couleur gris-beige à gris-bleuté à la base. Ensuite, sur 1 m à 1,5 m, on trouve des sables, des graviers et des niveaux de cailloutis intercalés à stratification apparemment horizontale mais en fait plus ou moins entrecroisée dans le détail.

Dessous, facilement repérable sur l'affleurement, un niveau argileux d'épaisseur 20 à 30 cm. Ces argiles beiges contiennent des niveaux sablo-argileux assez fins (cf. détail figure n°29). A la base de l'affleurement on retrouve un niveau sablo-graveleux assez grossier, pratiquement caillouteux. On aperçoit, sous le niveau de la Ménoge, d'autres bancs argileux de même type.

(1) (cf. AMBERGER 1978 et communication orale DOUDOUX 1976)

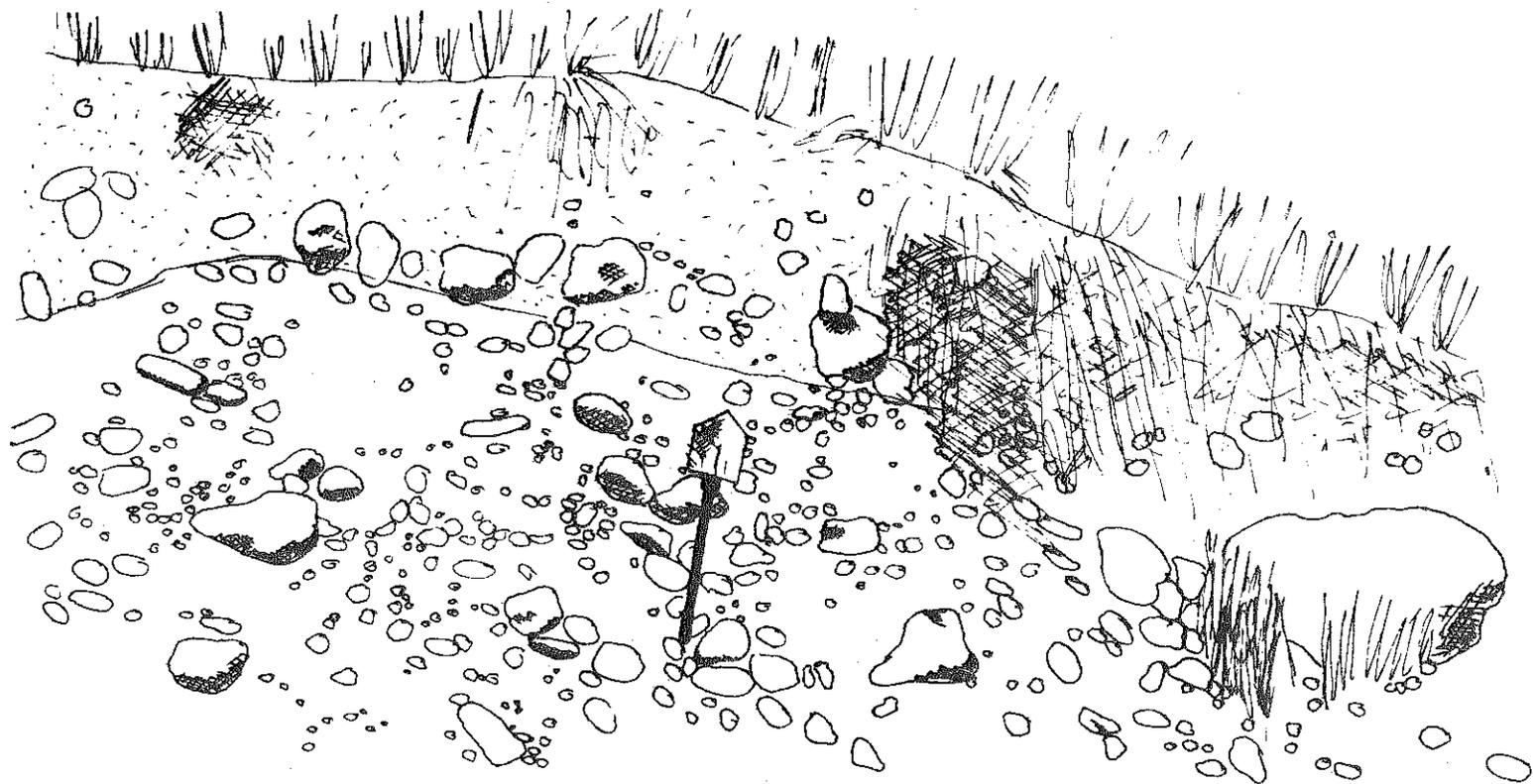


Fig. 27

TERRASSE HOLOCENE DES GRANDES ILES (vallée de la Ménoge)

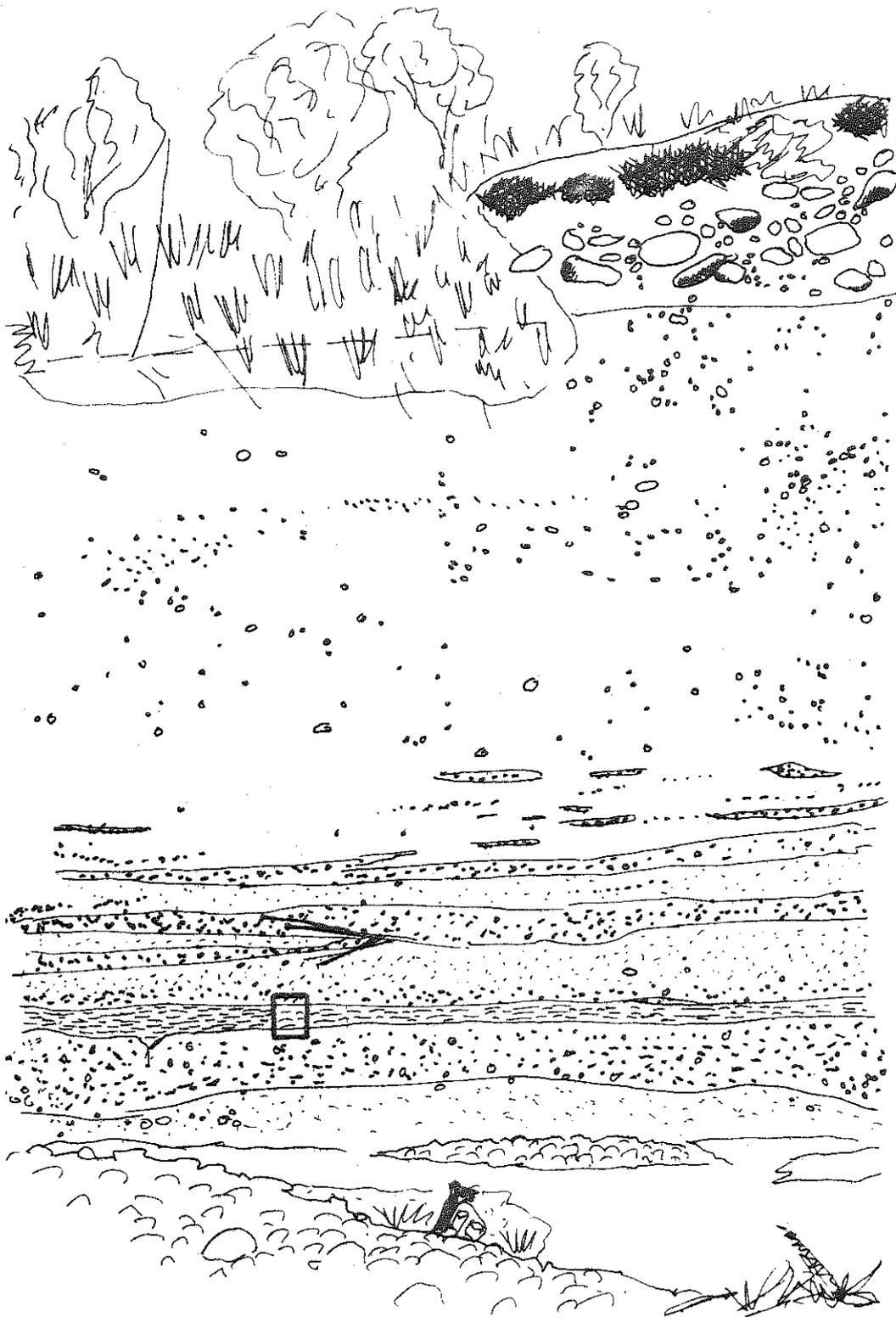


Fig. 28

AFFLEUREMENT DE LA FORGE (vallée de la Ménoge)

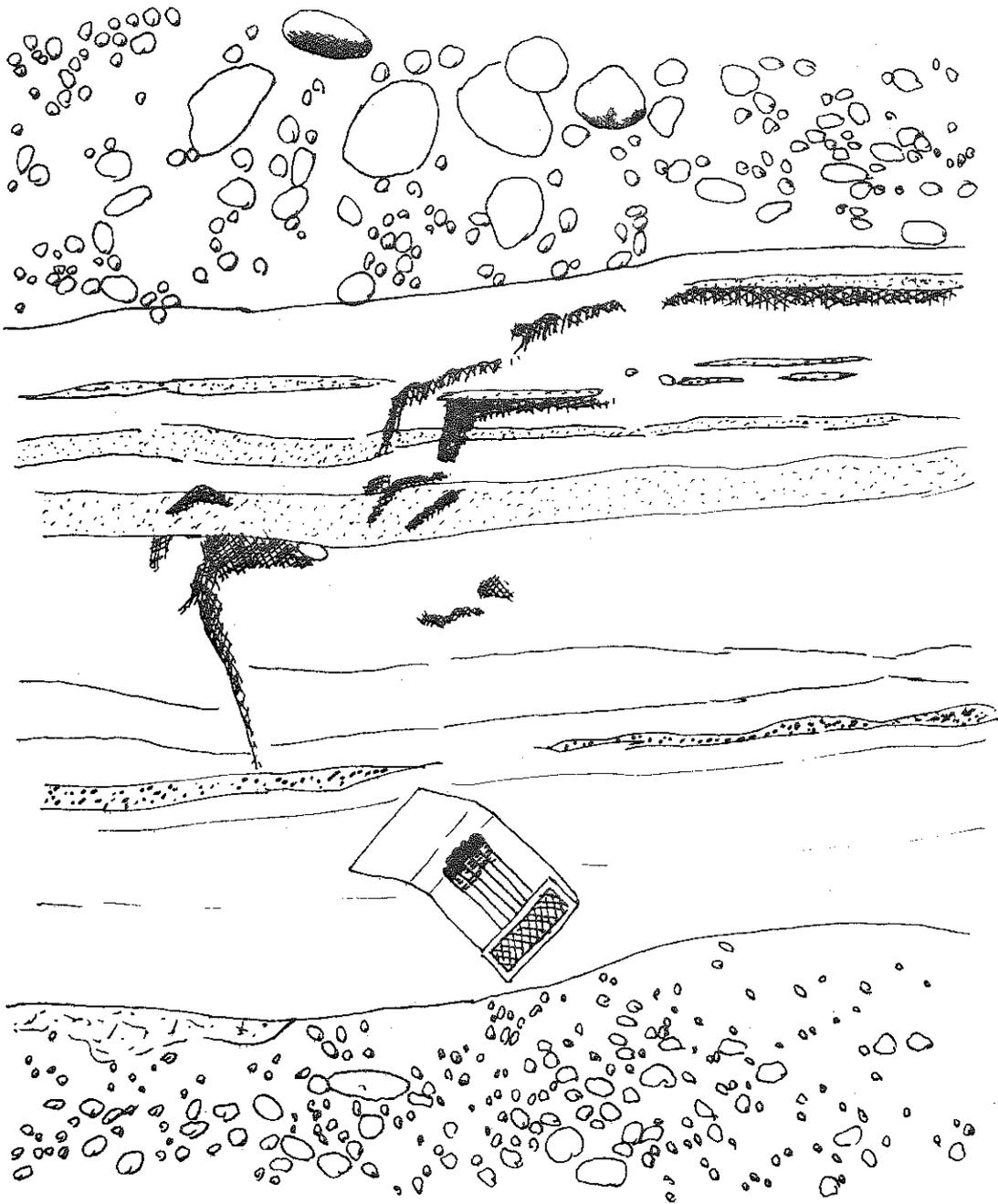


Fig. 29
AFFLEUREMENT DE LA FORGE
DETAIL

III - LE DOMAINE GLACIAIRE DES PREALPES

1°) Secteur de Saxel-Boège

En empruntant la route de Saxel vers Boège on aperçoit, à l'Ouest, un talweg aux formes douces, tapissé d'argile renfermant des galets polygéniques avec dominante de grès, séparant les hauteurs des Voirons de celles des Grands Communs. La vallée descend en pente plus ou moins régulière depuis Chez Layat jusqu'à Chez Ragoti puis s'étend jusqu'aux Bioles en formant un léger replat à pente plus douce.

Ensuite, depuis Les Champeys jusqu'aux Grands Communs, transversalement à la vallée, on constate la présence d'un bourrelet de dépôts morainiques qui doit correspondre aux moraines latérales du glacier de la vallée de la Ménoge. C'est ainsi que l'on obtient l'individualisation d'une zone dépressive depuis Chez Ragoti jusqu'aux Bioles, dépression où se sont accumulés des produits de ruissellement postglaciaires à actuels, formant une poche de graviers, sables et argiles d'extension faible et d'épaisseur réduite, donc de peu d'intérêt pour les hydrologues. De toute façon, la nappe phréatique ainsi emmagasinée est systématiquement polluée par les alpages avoisinants.

2°) Vallées hautes de la Ménoge et du Foron (de Bogève)

Dans ce secteur, les dépôts quaternaires glaciaires sont constitués par des moraines argileuses à galets et blocs assez bien roulés, à traces de stries, tapissant les versants et le fond de ces vallées, adoucissant ainsi les reliefs négatifs. Les moraines de versant passent progressivement aux produits de ruissellement et d'altération du substratum.

De plus, il est pratiquement impossible de discerner les dépôts latéraux des moraines de fond car ces secteurs sont trop proches des zones d'alimentation des petits glaciers résiduels de la fin du Würm. Nous avons le même cas pour le talweg de Saxel-Boège décrit précédemment.

On peut noter dans la vallée du Foron, au lieu dit Chez Pallud à 1 km environ au sud de Bogève, l'existence d'un magnifique cirque d'effondrement avec son couloir d'éboulis et son cône de dispersion. Ces éboulis stabilisés par une végétation abondante avec graminées, mousses et résineux sont constitués de blocs métriques de cagnieules triassiques qui correspondent à la *couche-savon* du chevauchement de la nappe des Préalpes médianes plastiques. On a un autre exemple d'éboulis stabilisés dans la vallée de la Ménoge. Depuis Chez Calendrier jusqu'au point côté 659,0, des éboulis constitués de flysch gréseux grossiers (flysch du Vouan) s'entassent en rive gauche de la Ménoge

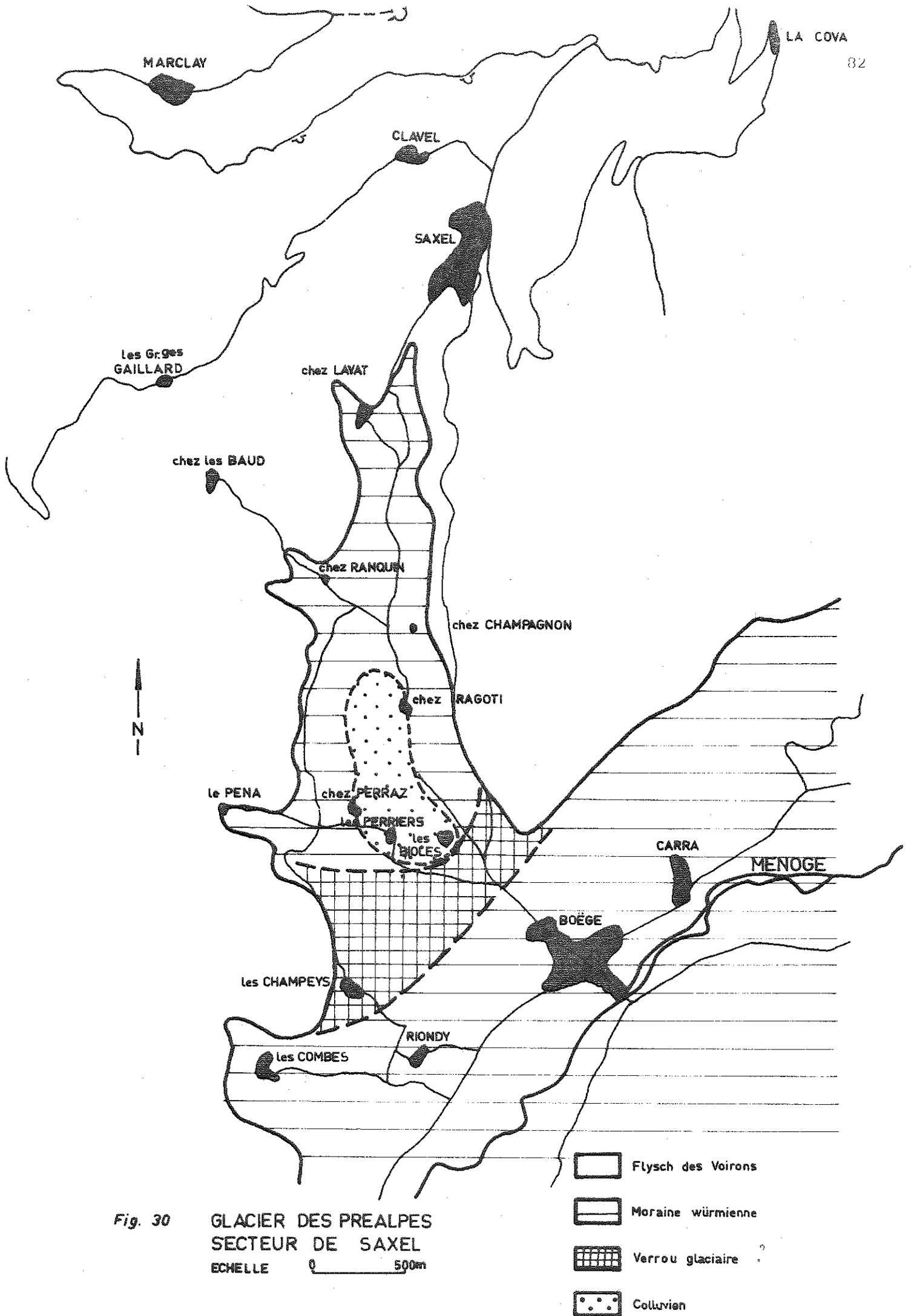


Fig. 30

GLACIER DES PREALPES
SECTEUR DE SAXEL

ECHELLE 0 500m

- Flysch des Voirons
- Moraine würmienne
- Verrou glaciaire
- Colluvien

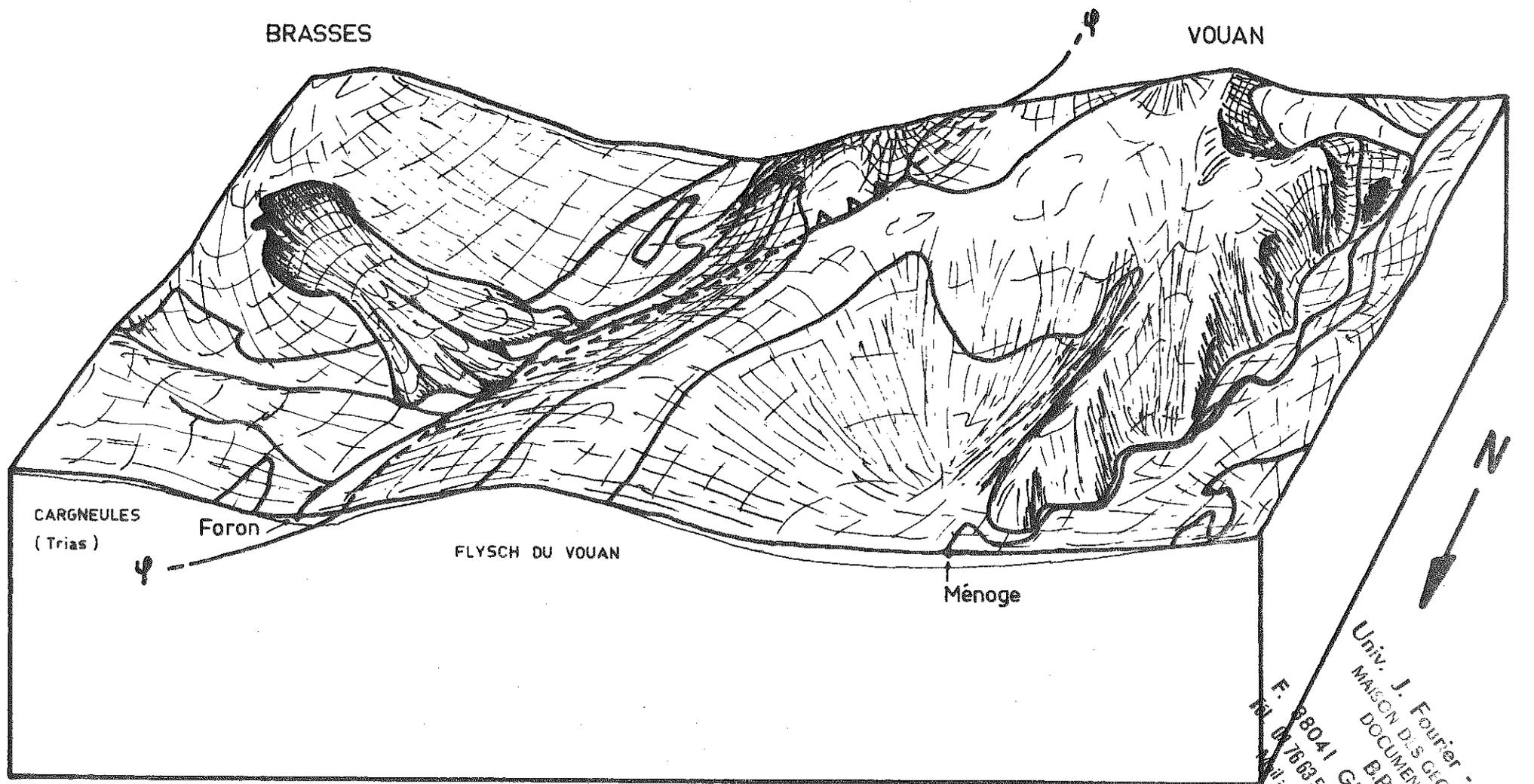


Fig. 31

VALLEES HAUTES DE LA MENOGE ET DU FORON

18 AOÛT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES SCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 38041 GRENOBLE CEDEX
 F. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 E-mail: p.labor@univ-grenoble.fr

au piéd des falaises du Vouan. Plus au Sud, un cirque probablement glaciaire à l'origine, déverse ses produits d'arrachement dans le ruisseau de la Ménoge.

3°) Secteur de St Jeoire-Pouilly

Dans la vallée du Risse, depuis le lieu-dit Le Semonais, on peut suivre en rive droite, jusqu'aux Evaux, une surface plus ou moins plane constituée par un apport d'argiles contenant des blocs et galets striés ainsi que des blocs de grès et calcaires et de rares galets de roches cristallines. On perçoit, en rive gauche, des témoins de cette surface que l'on devine aussi à l'Ouest des collines secondaires de St Jeoire sous un glacis d'épendage cryoclastique post-glaciaire à actuel remaniant des calcaires blancs secondaires. Cette surface n'est pas strictement plane et semble avoir été érodée par un réseau hydrographique diffus, pendant une période limitée dans le temps, ce qui expliquerait la grossièreté de l'aplanissement.

4°) Complexe frontal de La Tour

Il s'agit d'un dispositif terminal correspondant à une période de stagnation ou de récurance glaciaire, d'une langue du glacier des Préalpes.

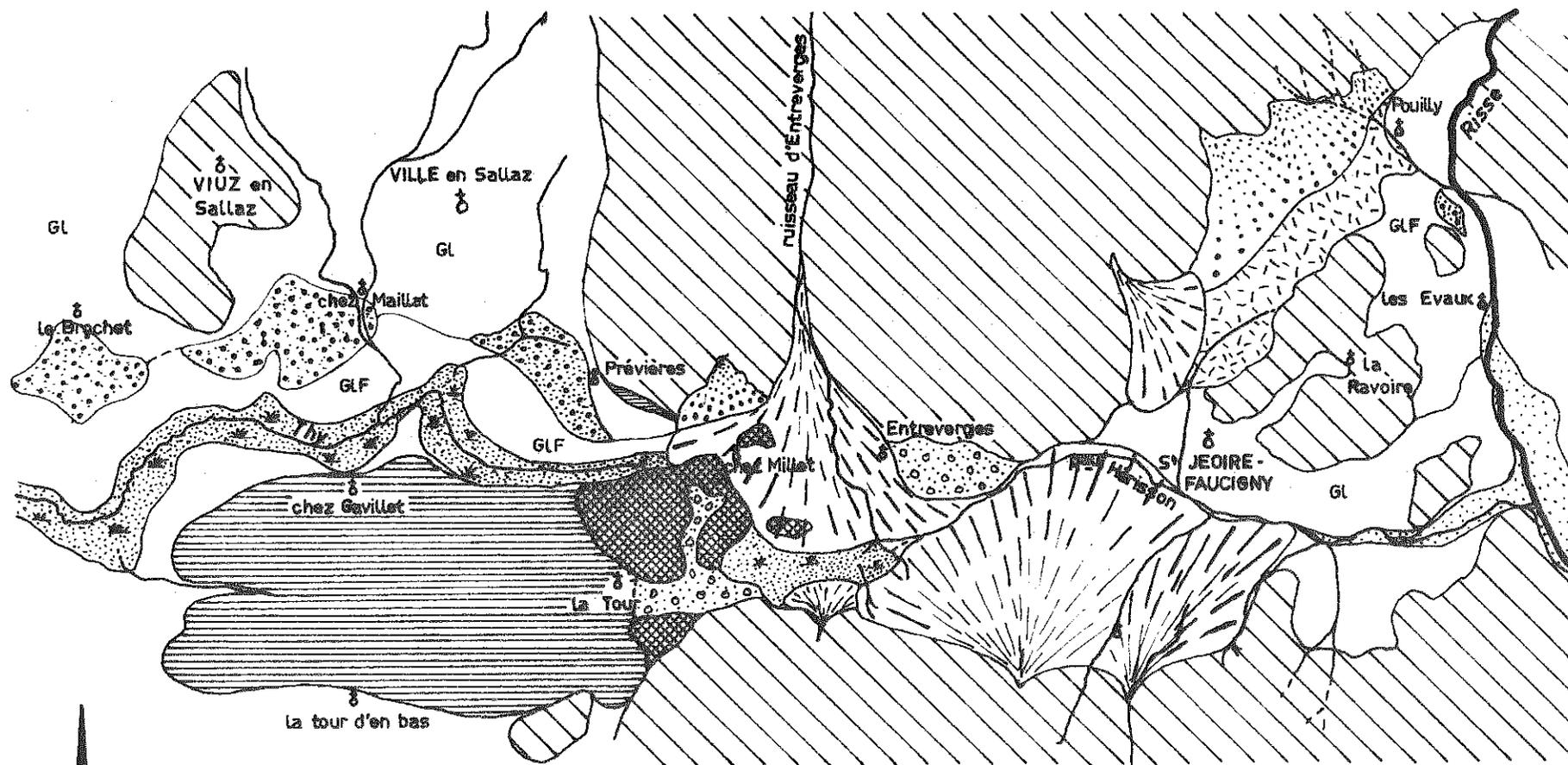
En effet les différents dépôts sont composés par des matériaux préalpins typiques à dominante calcaire et gréseuse et à faible proportion en roches cristallines.

Tout d'abord on distingue nettement dans le paysage les restes d'un bourrelet morainique frontal, depuis Chez Millet jusqu'à la chapelle de La Tour.

Ces buttes morainiques sont constituées de niveaux sablo-graveleux et de galets léssivés en argiles, dont certains sont plus ou moins indurés. Ces dépôts contiennent également des lentilles d'argile à blocs. On retrouve deux témoins de cet appareil frontal au lieu-dit Chez Millet et on peut constater au Sud, la présence d'un chenal traversant perpendiculairement la moraine frontale. Un autre chenal, latéral celui-là, devait longer la langue glaciaire au niveau de la route de Prévrière-St Jeoire-Faucigny, au Nord des buttes de La Tour, car on retrouve un vestige de ce chenal à l'Est d'Entreverges. Ces chenaux qui entaillent le bourrelet frontal de La Tour sont donc pénécotemporains à ces dépôts. (Cf. coupe)

Ce bourrelet frontal de La Tour correspond probablement à une ultime pulsation d'une langue glaciaire des Préalpes à la fin du retrait du Würm, d'après l'impression de fraîcheur laissée par ces dépôts.

En aval du bourrelet de La Tour on voit nettement se dessiner dans le paysage une surface plane d'altitude 610 à 630 m, inclinée vers l'Ouest, suivant une pente de 1 %.



ECHELLE

0 500m 1km

Fig. 32

GLACIER DES PREALPES

Complexe terminal de la Tour

- | | | | | | |
|--|------------------------------|--|--|--|--|
| | cône de déjection torrentiel | | Fz alluvions modernes | | FG fluvioglaciaire de retrait |
| | éboulis de gravité | | Fy alluvions holocènes | | Gl moraine frontale de retrait (fini-Würm) |
| | glacis d'éboulis | | Fx chenal fini-Würm | | Gl moraine würmienne |
| | | | GLF glacis d'érosion fluvial de la moraine | | substratum secondaire |

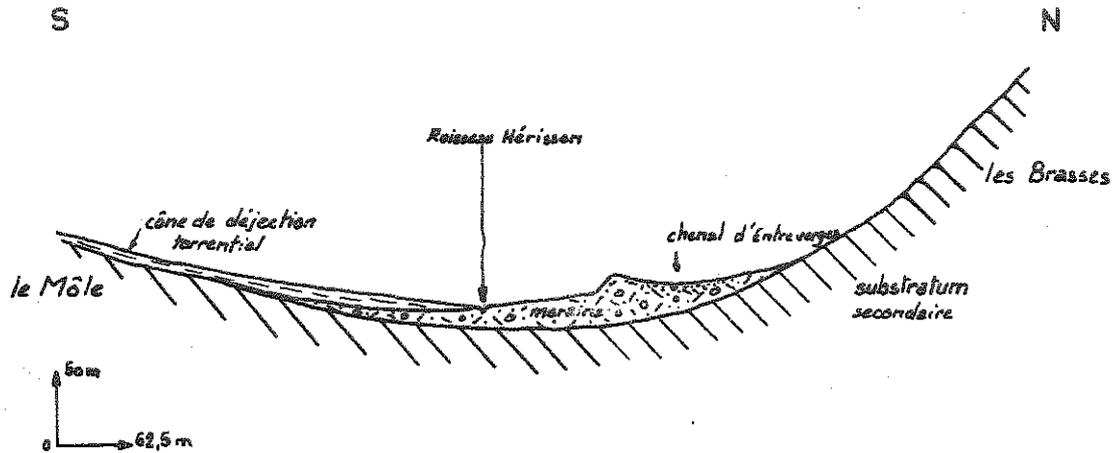


Fig. 33 COUPE TRANSVERSALE DE LA VALLEE D'ENTREVERGES

Cette surface est constituée par une accumulation de galets bien roulés de type alluvial, sur une épaisseur d'au moins 30 m au lieu-dit Chez Gavillet, recouvrant le placage morainique du substratum secondaire et molassique.

On remarquera la brèche creusée transversalement dans les moraines frontales par les eaux de fonte du glacier aboutissant au niveau du sandur, au carrefour de La Tour.

Cette surface, plus récente que la moraine frontale de La Tour qu'elle traverse par les chenaux de La Tour et de Prévières, correspond au cône de transition frontal du glacier à un stade immédiatement postérieur à la récurrence glaciaire de La Tour. Cet édifice a été ensuite grignoté par les eaux post-glaciaires et holocènes dans sa partie nord.

C'est en empruntant le chenal marginal nord entre Prévières et Les Maures que le ruisseau Thy a creusé sa vallée dans la moraine et le sandur. Cette érosion s'est produite pendant le post-glaciaire et l'Holocène, formant ainsi une zone marécageuse : le marais des Tattes.

En amont du bourrelet frontal de La Tour, le marais d'Entreverges constitue le seul témoin de cette vallée holocène ; en effet, les cônes de déjection torrentiels récents du ruisseau d'Entreverges au Nord, et des torrents du versant septentrional du Môle, ont comblé la vallée holocène d'un torrent qui s'écoulait d'Est en Ouest pour se jeter probablement dans le Foron de Bogève.

5°) Plateau de Fillinges-Arigny

Les dépôts de cette zone se rattachent par leur nature au domaine des glaciers préalpins : blocaux, cailloutis et graviers à dominante de calcaire et grès ; les dépôts semblent dépourvus de gros blocs.

Dans la partie amont, au NE d'Arigny, une carrière servant au

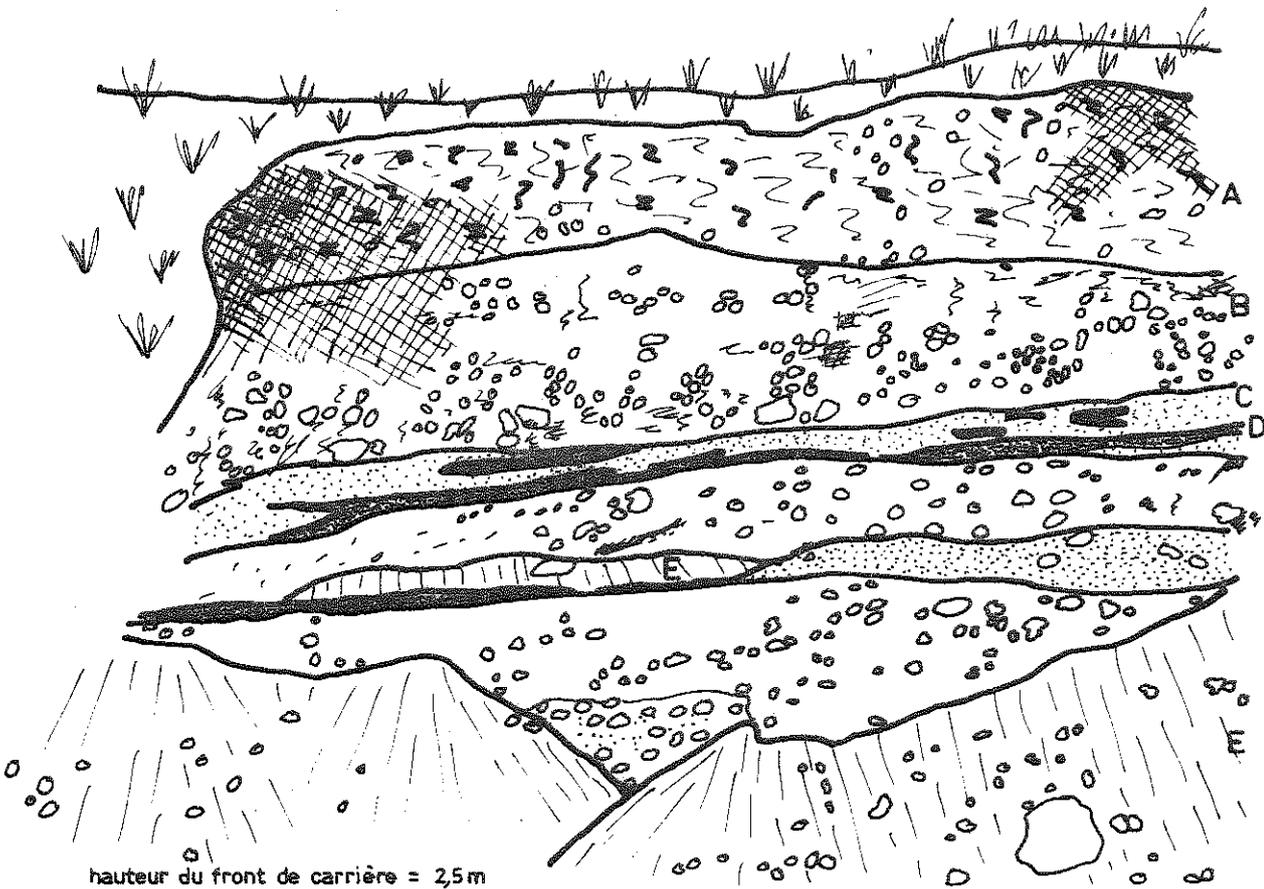
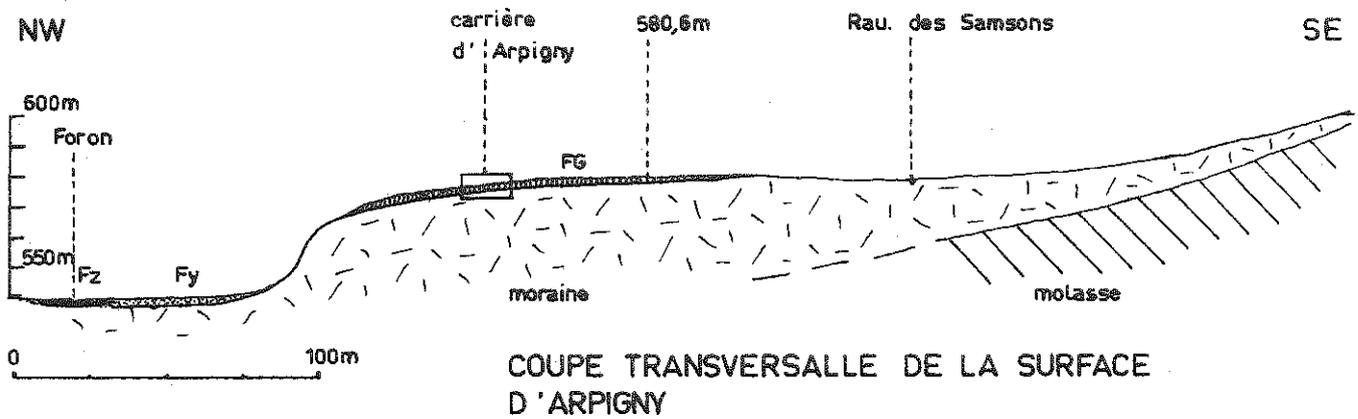


Fig. 34
DEPOTS FLUVIOGLACIAIRES DE LA
SURFACE D'ARPIGNY
(Carrière d'Arpigny, vue vers le Nord)

- A niveau attéré
- B niveau sablo-argileux à cailloutis et blocs
- C niveau sablo-graveleux
- D niveau sablo-limoneux
- E éboulis de front de carrière masquant la moraine sous-jacente

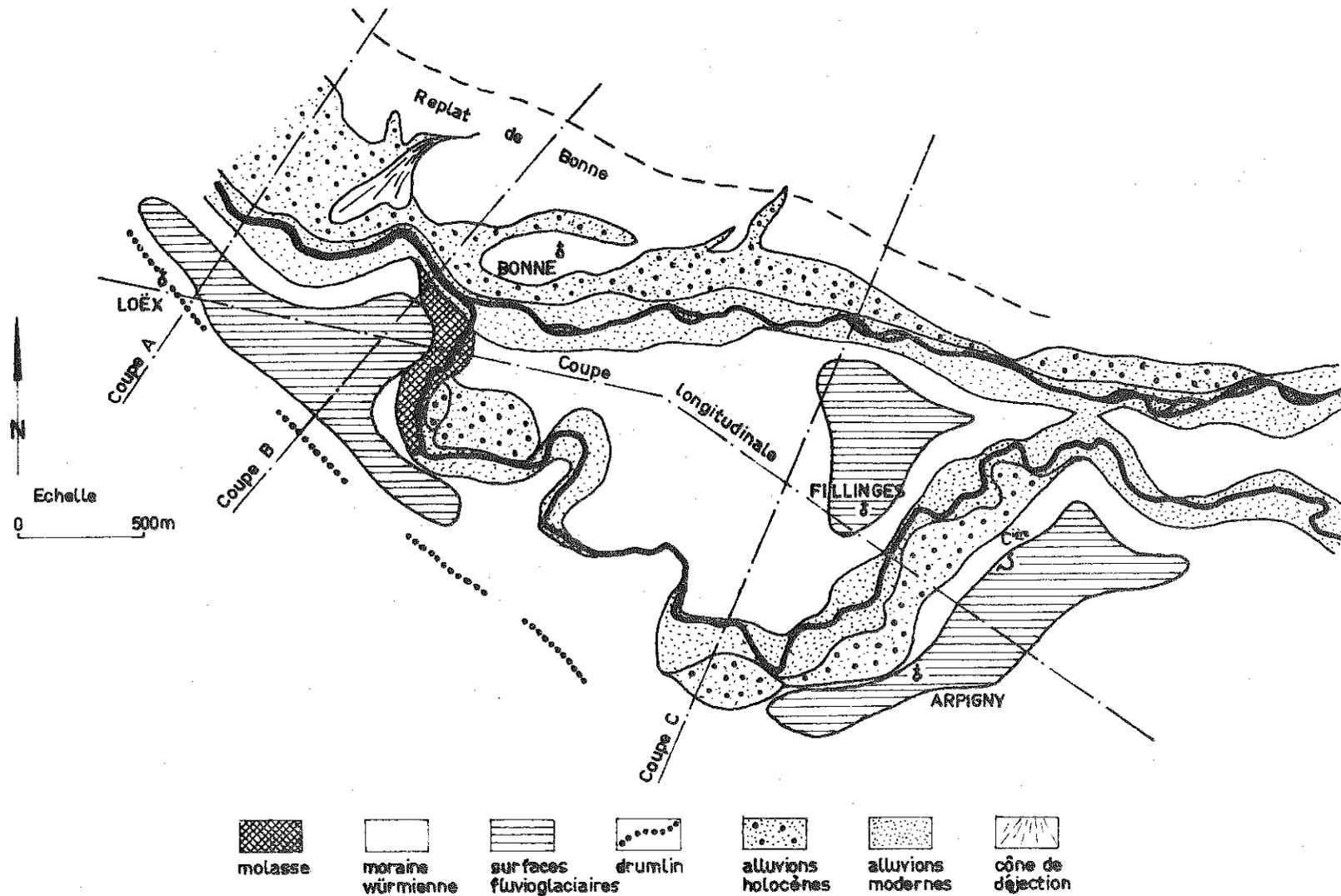


Fig. 35 SCHEMA DE SITUATION DES SURFACES DE LOËX FILLINGES ET ARPIGNY

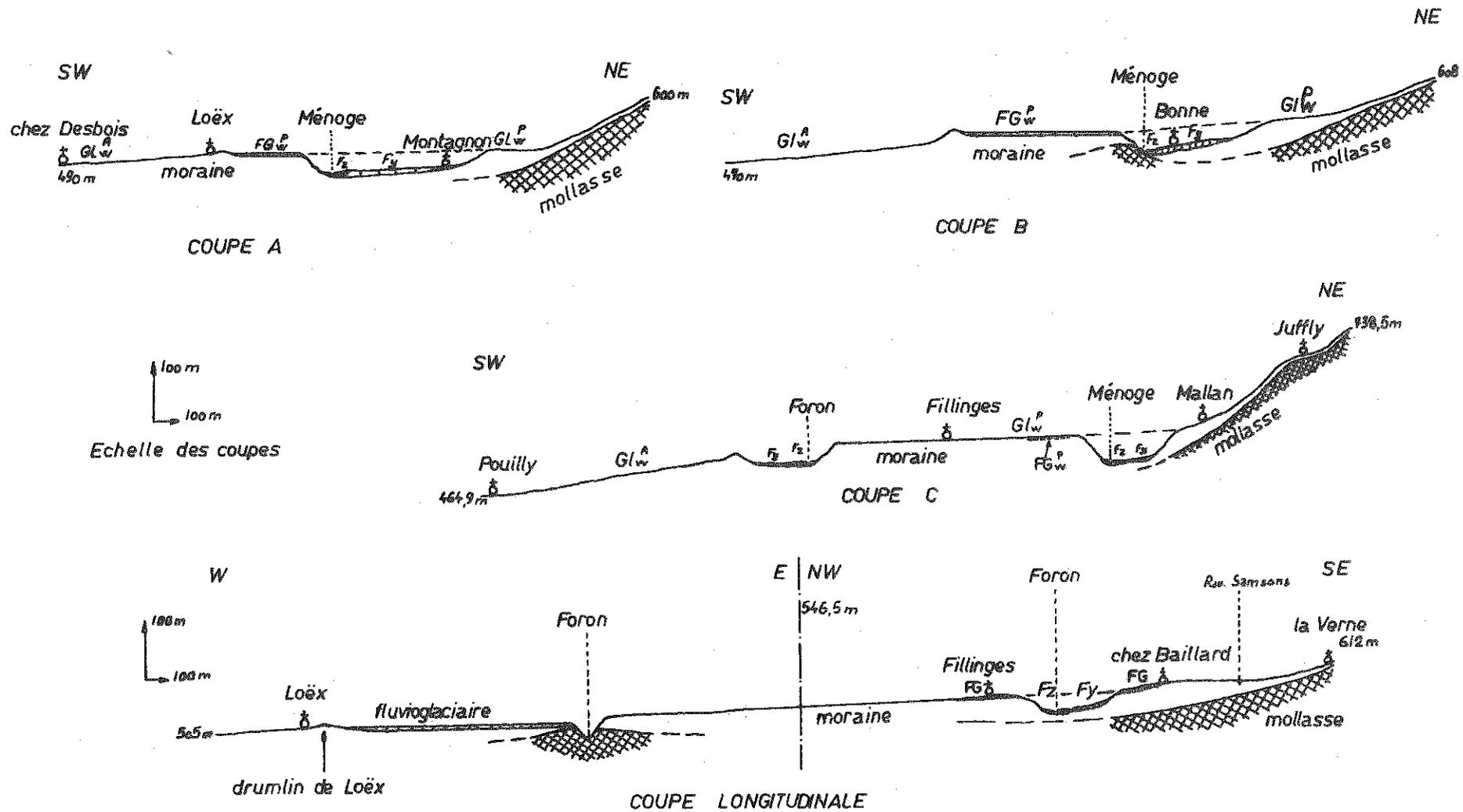


Fig. 36 COUPES DE LA REGION DE LOËX - FILLINGS - ARPIGNY

stockage des ordures nous montre la structure de la partie superficielle du plateau d'Arpigny : nous avons là une pellicule d'environ 2,5 m à 3 m de dépôts fluvioglaciaires, que l'on retrouve au Nord de Fillinges, et qui surmonte les argiles à blocs de la moraine sous-jacente.

Cette surface initiale de Fillinges-Arpigny a été entaillée par le Foron depuis au moins l'Holocène, laissant ainsi un système de terrasses d'abrasion.

6°) Le plateau de Loëx

Située plus à l'Ouest, cette surface plane est semblable à celle de Fillinges-Arpigny ; en effet ce plateau est constitué sur une épaisseur d'au moins 2 m par une accumulation de galets et blocs de type préalpes, mais de forme bien arrondie, avec une matrice peu importante constituée de sables et graviers léssivés en argile, donc un matériau à mode de transport fluvioglaciaire. Cette surface est limitée au Sud-Ouest par la présence d'un drumlin d'accumulation de direction SE-NW, et à l'Ouest par l'édifice morainique de l'Arve au-dessus de laquelle elle se trouve suspendue.

Au nord, malgré l'entaille de la vallée de la Ménoge, on retrouve les témoins d'une surface analogue depuis Bonne jusqu'à La Bergue, sous la forme d'un replat constitué de matériaux morainiques argileux à blocs et blocs, avec quelques passées plus fines et léssivées en argile, culminant aux altitudes de 490 à 530 m et se raccordant progressivement aux pentes des Voirons. Il faut voir là un équivalent du soubassement du plateau de Loëx, à une époque où le glacier des Préalpes envahissait tout le secteur, depuis Loëx jusqu'aux Voirons. On distingue nettement dans les coupes les relations entre les différentes surfaces précitées.

IV LE GLACIER DE L'ARVE

La vallée de l'Arve, depuis Bonneville jusqu'à Annemasse, présente maints témoins de l'histoire quaternaire de la région, surtout dans sa partie axiale.

On peut distinguer plusieurs "domaines" dans les dépôts de la vallée de l'Arve :

- une zone assez homogène située sur les flancs de la vallée et débordant largement à l'Ouest jusqu'au Salève.
- la zone axiale, très diversifiée, que l'on séparera par commodité en secteur amont et secteur aval par rapport au dépôt des *Rocailles*.

1°) Les flancs de la vallée de l'Arve

Les flancs de la vallée sont généralement recouverts par une moraine à éléments cristallins de taille et de nature très variables, associés à de nombreux galets striés de calcaire noir et à des blocs de grès compact arrondis, le tout noyé dans une matrice argileuse de couleur beige à gris-bleuté, sauf sur le Salève dont les pentes très accentuées n'ont pu retenir les dépôts glaciaires.

Le flanc situé en rive droite de la vallée, depuis le lieu-dit Le Feu jusqu'à Faucigny, est de nature assez homogène. Dominant la vallée, les car-
gneules triassiques des Préalpes médianes plastiques jusque vers Chez Bérour, puis les calcaires du Malm des Préalpes externes jusqu'à Faucigny, forment une falaise quasi-continue. A leurs bases, masqué par les éboulis, on peut deviner le plan de chevauchement sur la molasse rouge Oligocène qui se trouve souligné par les sources des petits ruisseaux du versant. Cette molasse n'affleure vraiment qu'entre Contamine et Faucigny, à la Côte d'Hyot, au Nord-Est de Bonneville et à l'Est d'Ayze, car la plupart du temps elle est masquée par une altération de surface à laquelle se mêlent les matériaux éboulés, formant ainsi une pellicule atteignant parfois plusieurs mètres de colluvion à stabilité incertaine. On peut d'ailleurs par endroits la confondre à une moraine locale, mais la totale absence d'éléments étrangers dans une vallée glaciaire dont la zone d'alimentation se situe dans le massif cristallin du Mont Blanc nous en dissuade.

Cette pellicule que l'on baptisera sur les schémas : colluvion remaniant des éléments molassiques et du substratum secondaire (C^{ms}), remplace sur la carte au 1/80 000 la notation molasse, à cause de l'épaisseur qu'elle peut atteindre, mais le substrat à cet endroit est formé de molasse oligocène.

Plus au Nord, depuis Contamine sur Arve, le placage morainique est bien conservé.

Le versant de rive gauche de la vallée de l'Arve est bien étalé ; il est entièrement creusé dans la molasse et porte donc fortement l'empreinte du creusement glaciaire avec sa morphologie en auge. En effet, dans sa partie inférieure les courbes de niveau sont parallèles à l'axe de la vallée et la pente assez forte s'adoucit rapidement vers 850-900 m pour culminer à 948 m à 1 km à l'Est de La Chapelle-Rambaud, formant ainsi les collines molassiques. La zone pentue laisse découvrir le substratum molassique, tandis que le reste de la surface est recouvert par un placage de matériaux glaciaires probablement würm où les ruisseaux ont entaillé leurs vallées en gorges parfois profondes de 50 à 80 m (Ex : le Foron) qui laissent ainsi apparaître la molasse.

On distingue toutefois dans ces dépôts relativement homogènes quelques secteurs particuliers tel celui de Monnetier-Mornex - Essert-Salève.

2°) Secteur de Monnetier-Mornex et Essert-Salève

En regardant le panorama on constate que le secteur regroupe deux types de modelé glaciaire : d'une part l'entaille de la vallée perchée de Monnetier-Mornex, d'autre part, perpendiculairement à la première, le comblement morainique de la vallée du Viaison.

Le creusement de la vallée de Monnetier-Mornex s'est amorcé à une époque où le glacier de L'Arve débordait le Salève ; probablement au Riss comme en témoignent les dépôts du sommet du Salève. Cette érosion s'est poursuivie ensuite par l'action abrasive d'une langue du glacier arvien qui recoupait transversalement le barrage formé par l'anticlinal du Salève, individualisant ainsi le Petit Salève du Grand Salève.

Ce creusement s'est prolongé jusque vers la fin du Riss et s'est probablement poursuivi durant la phase glaciaire du Würm, jusqu'à atteindre les altitudes actuelles : 640 à 680 m.

Sur une coupe transversale de cette vallée perchée on distinguerait très nettement le modelé glaciaire en auge, les moraines tapissant le fond de la vallée et l'empâtement du bas des versants par les produits d'altération des calcaires secondaires du substratum.

Sur la coupe longitudinale, donc transversale à l'anticlinal du Salève, on aperçoit la moraine tapissant le fond de la vallée, avec à son extrémité NW un léger bourrelet qui doit correspondre à une stagnation éphémère de la langue glaciaire de l'Arve pendant le Würm. La surface de cette péllicule morainique est pentée de 3 % vers le SE.

Situé 80 m en contrebas, séparé par une portion du flanc Sud-Est du Salève (pente 50 %), on remarque bien dans la morphologie, le replat d'Essert-Salève. S'étendant en rive gauche du Viaison au Sud de Mornex depuis le point côté 552,5 jusque Chez Drevoux, d'une largeur de 200 à 400 m, ce replat situé aux altitudes de 550 à 580 m est constitué de moraine argileuse à galets et blocs de type arviens. On retrouve un témoin de ce replat en rive droite du Viaison, au Sud-Ouest de Césarge. Ces atterrissements glaciaires se sont déposés pendant la glaciation würm dans une dépression longiligne axée sur la vallée actuelle du Viaison. L'origine de cette dépression est encore discutable, mais semble pourtant se rattacher aux sillons d'érosion dus au surcreusement riss des vallons de la fin du Tertiaire-début du Quaternaire.

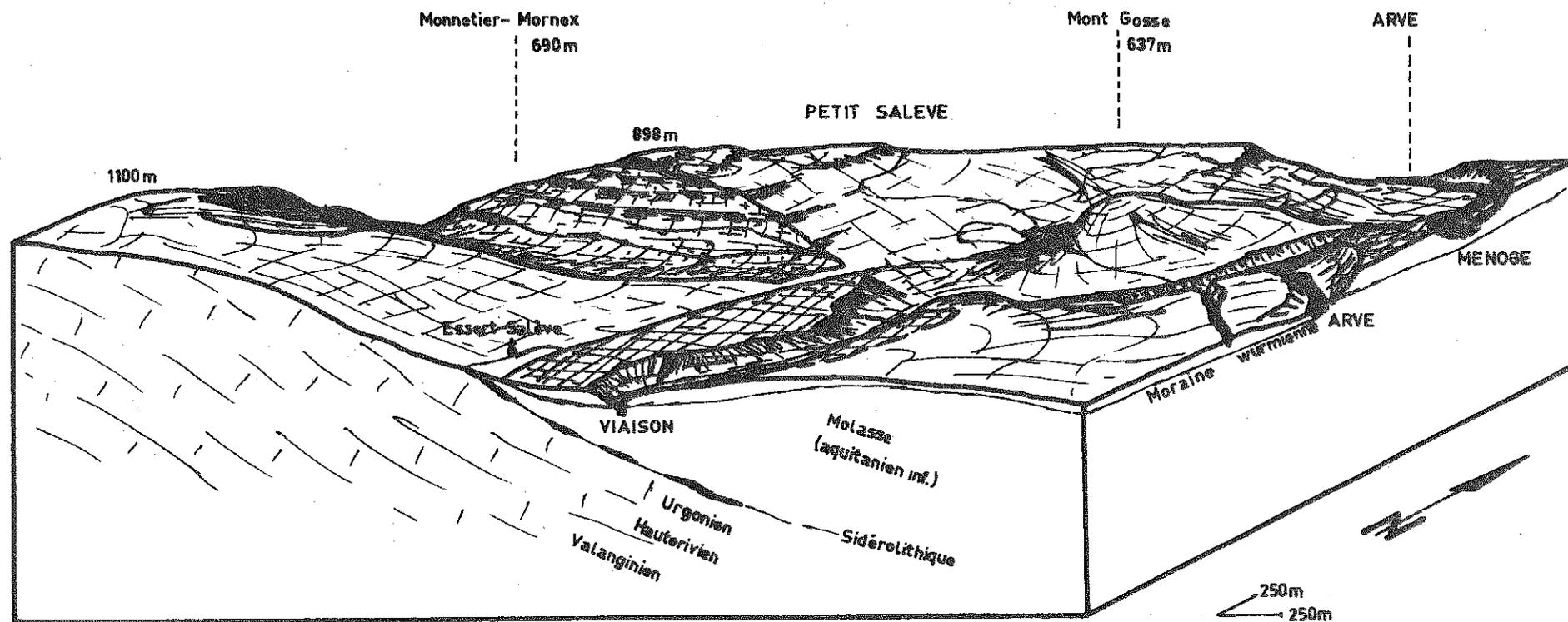


Fig. 37

PANORAMA DES SECTEURS DE MONNETIER-MORNEX ET ESSERT-SALEVE

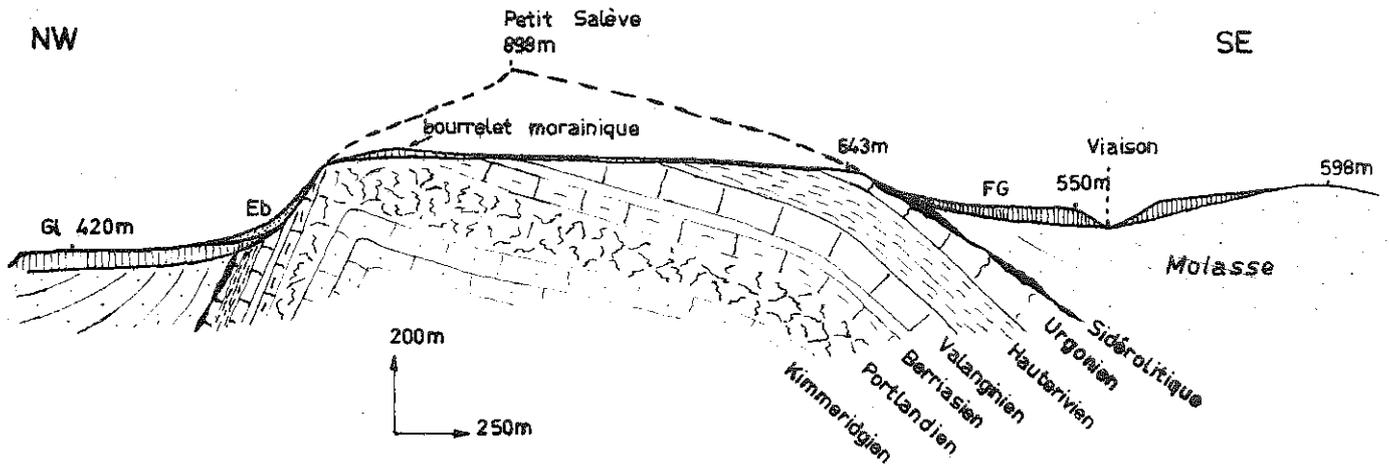
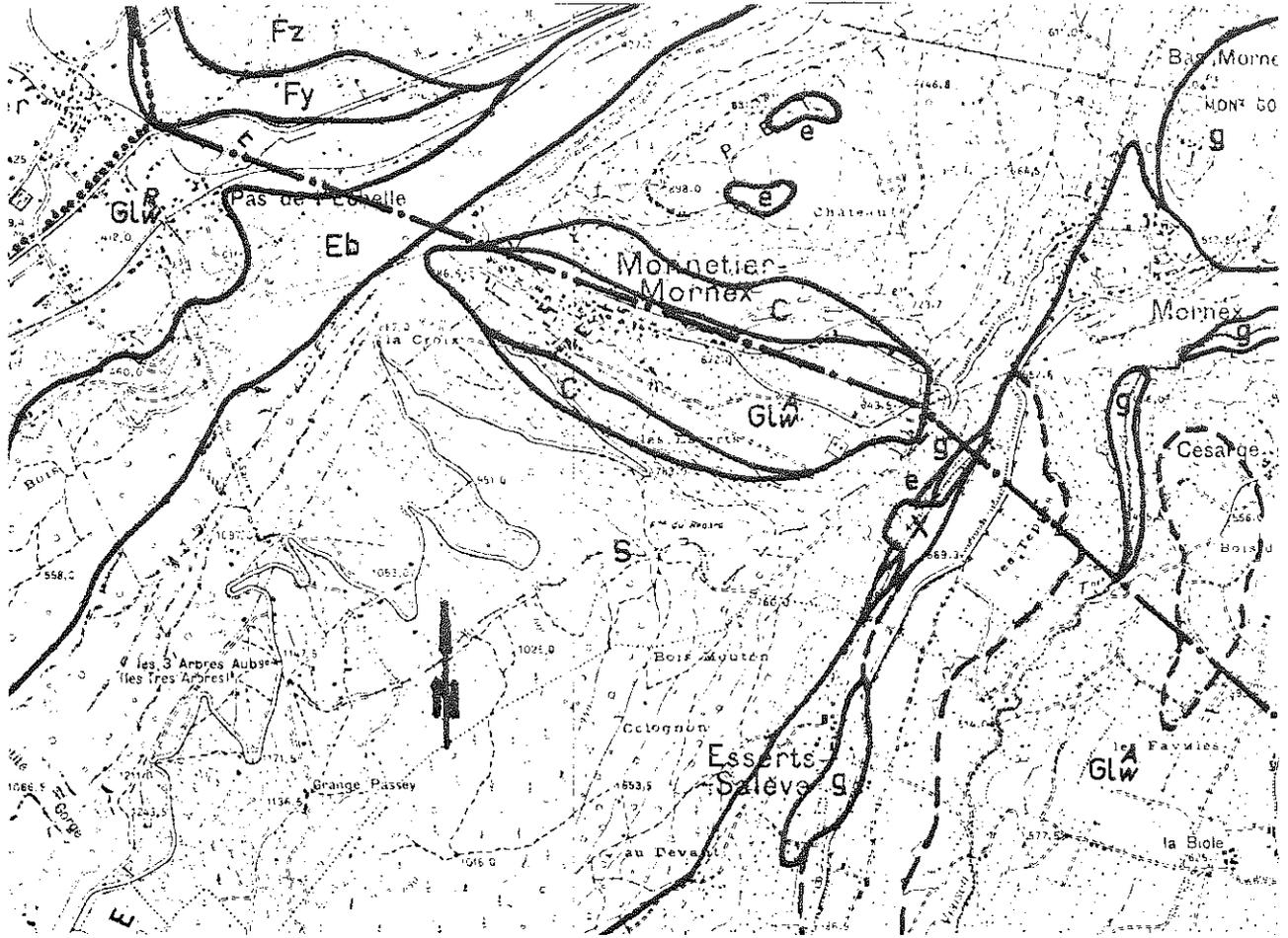


Fig. 38

COUPE LONGITUDINALE DE LA VALLEE DE
MONNETIER - MORNEX

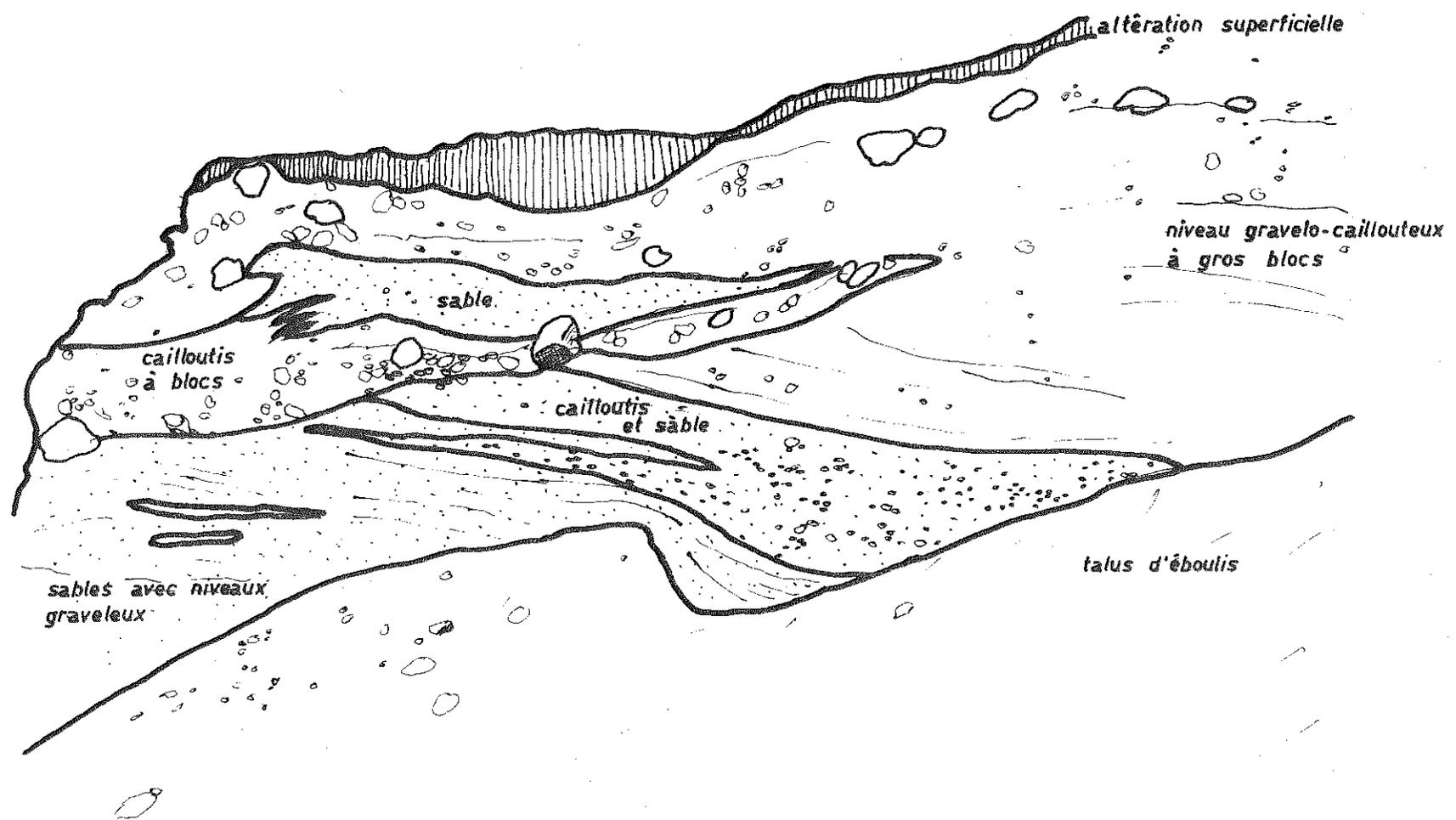


Fig. 39 CARRIÈRE DE BAS - MORNEX (hauteur \leq 5 m)

JAYET A. (1966) décrit près du confluent de l'Arve et du Viaison l'affleurement suivant, de bas en haut :

- moraine argilo-sableuse et caillouteuse du Riss.
- sables et limons stratifiés à lignite et mollusques de l'interglaciaire riss-würm.
- moraine caillouteuse profonde du Würm
- moraine argileuse à galets striés et blocaux
- moraine caillouteuse du retrait würm.

Cet affleurement est masqué actuellement par des moraines argileuses à blocs et blocaux provenant des niveaux sus-jacents et qui ont massivement glissé au bas de la pente.

D'autre part, ARMAND & FOURNEAUX (1977) assimilent ce replat d'Essert-Salève à une terrasse dont l'édification correspond à une période de stagnation du glacier de l'Arve, dont les moraines se sont accumulées jusqu'à la côte 580 m, puis se sont écoulées par le chenal de direction Sud-Nord situé entre le Petit Salève et le Mont Gosse (altitude du chenal : 570-560 m).

En effet, on retrouve au débouché de ce chenal une zone de cailloutis non striés, bien roulés, à matrice sableuse léssivée en argile vers le sommet, mais la base de ces dépôts est constituée par une moraine argileuse à galets striés.

Cette disposition est visible en carrière au Nord de Bas-Mornex à l'altitude 470 m. Malgré la présence de dépôts à tendance fluviale au Nord de Bas-Mornex que l'on peut pourtant expliquer comme appartenant à un ancien chenal latéral du glacier de l'Arve lors du début du retrait du Würm, il ne fait pas de doute que la nature des matériaux comblant la vallée du Viaison est celle d'une moraine de fond ; le glacier de l'Arve lors de son paroxysme devait déborder sur le Salève par la vallée de Monnetier-Mornex et simultanément combler par ses apports la vallée du Viaison. Les eaux de fonte devaient contourner le Petit Salève en suivant le glacier comme en témoigne la carrière de Bas-Mornex.

3°) Zone axiale de la vallée de l'Arve

Nous allons décrire les différents constituants de cette zone en y distinguant deux secteurs : le secteur amont qui s'étend depuis Bonneville jusqu'à Boringes, puis le secteur d'Arthaz qui lui s'étale depuis Boringes jusqu'à la butte de Monthoux.

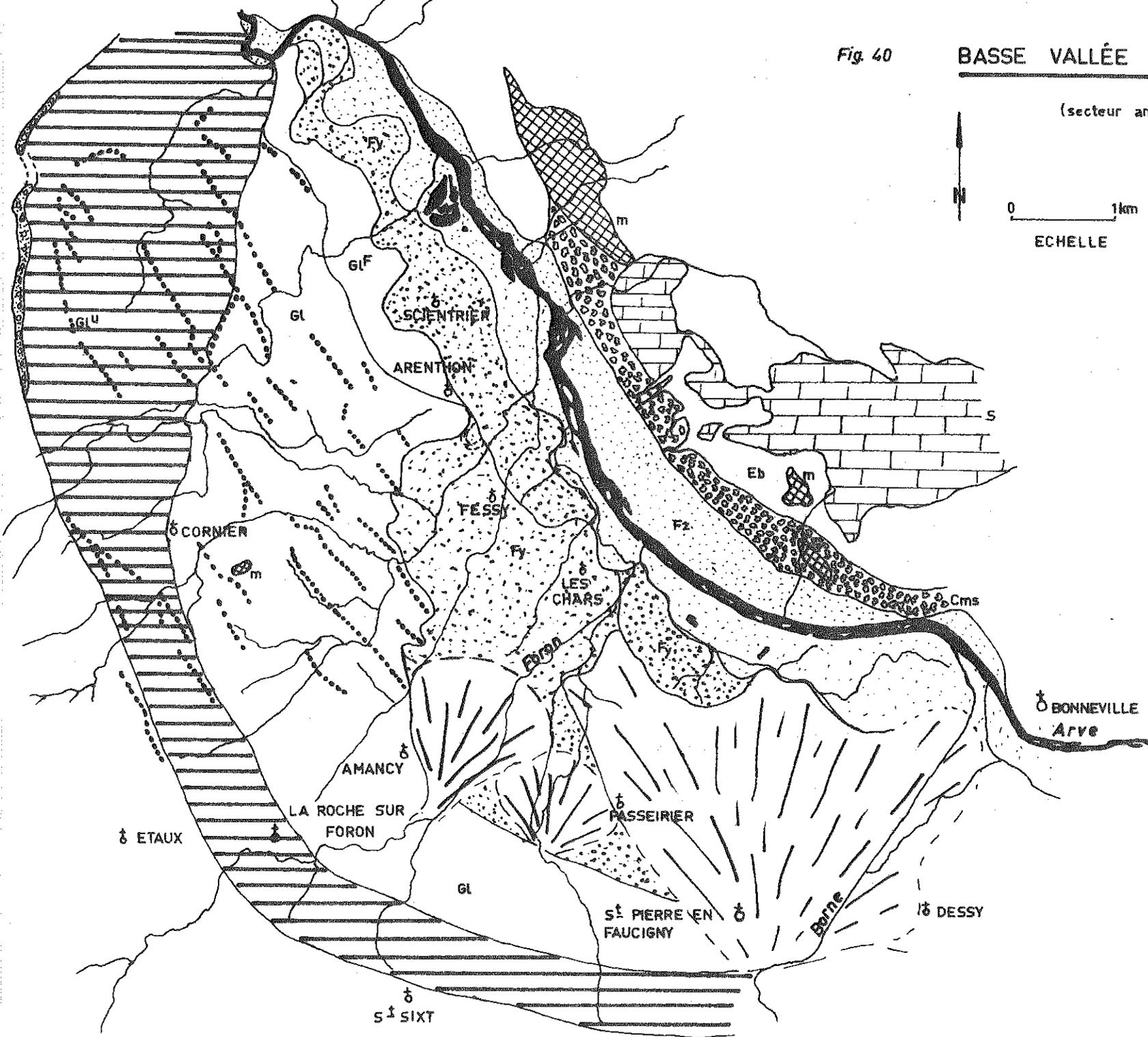
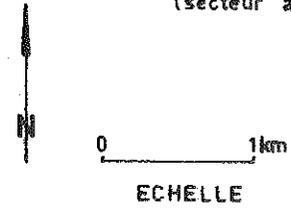
a) Secteur amont :

En rive gauche de l'Arve, immédiatement à la sortie de Bonneville en empruntant la route de la Roche-sur-Foron, on distingue très nettement dans

Fig. 40

BASSE VALLÉE DE L'ARVE

(secteur amont)



-  Fz Alluvions modernes
-  Fy Alluvions holocenes
-  Cône de déjection
-  Eb Eboulis
-  Cms Colluvion alimenté par la molasse et le substratum
-  Fx Chenaux glaciares
-  GlF Glacis d'érosion fluviale affectant la moraine
-  Gl Moraine würmienne
-  Gl^u Moraine à blocs de calcaire urgonien
-  m Molasse
-  S Substratum secondaire
-  Drumlin

la morphologie une vaste surface très régulière et légèrement bombée : il s'agit du cône de déjection torrentiel du Borne.

Deux autres cônes de déjection, ceux du Foron et du ruisseau de Sonnex, situés plus à l'Ouest, sont moins perceptibles, mais se détectent aisément en photographie aérienne. Durant le post-glaciaire jusqu'au début de l'Holocène, ces trois cours d'eau ont légèrement creusé la moraine pour ensuite y déposer une pellicule alluvionnaire. Cette terrasse penté vers le Nord de 0,75 % se trouve recoupée transversalement par la terrasse holocène de l'Arve située 2 m au minimum en contrebas. Ce léger talus s'observe très nettement dans le paysage depuis Chez Coutard au Sud-Est d'Arenthon jusqu'aux environs de Les Chars. Cette terrasse holocène de l'Arve située aux altitudes de 435 à 430 m, se continue jusque vers Boringes et est inexistante en rive droite de l'Arve. En s'éloignant de l'axe de la vallée on trouve, en rive gauche, une moraine sablo-argileuse à blocs cristallins de type Arve, dans laquelle on note la présence de nombreux drumlins d'accumulation sensiblement parallèles à l'axe de la vallée. Cette moraine à surface bosselée typiquement glaciaire située aux altitudes 450 à 500 m est d'épaisseur variable ; on aperçoit la molasse sous-jacente à Lamoille au Sud-Est de Cornier. Cette moraine s'étend depuis St Pierre en Faucigny jusqu'au pont de Bellecombe, et elle est limitée à l'Est par les cônes du Borne, du ruisseau de Sonnex et du Foron, puis par la terrasse de Fessy (début holocène), et enfin par un glacis d'érosion fluvial à 450-435 m suivant des gradins que l'on peut observer depuis Arenthon jusqu'au pont de Bellecombe. En rive droite, cette moraine doit correspondre à la zone située entre Contamine-sur-Arve, Pouilly, Findrol et Boringes. En effet, on peut voir dans le drumlin de Findrol une limite Nord-Est à ce dépôt glaciaire.

La limite ouest s'individualise très nettement dans le paysage car elle est constituée par la moraine à blocs calcaires urgoniens des *Rocailles*. Formant une bande étroite Sud-Est - Nord-Ouest depuis St Pierre en Faucigny jusqu'à Cornier, elle s'élargit ensuite pour prendre une direction Nord-Sud pour aboutir au Sud de Nangy. Ce dépôt formant un vaste croissant qui s'appuie sur la molasse au Sud, est constitué par d'énormes blocs de calcaires urgoniens (cf. le rocher des Rocailles, la Roche sur Foron, la base de la tour de Bellecombe, le passage à niveau de Chevrier, etc...) emballés dans une matrice argileuse à blocs et cailloutis anguleux du calcaire urgonien et de galets arrondis de Cristallin. Cette association d'éléments anguleux (calcaire urgonien) et arrondis (blocs de la moraine) est due à un apport massif de blocs de calcaire urgonien par le glacier de l'Arve. Les blocs se sont gelifractés et se sont donc mélangés aux blocs arrondis de la moraine du glacier. Seuls quelques blocs énormes ont en partie résisté à la fracturation par le gel.

La partie étroite de St Pierre en Faucigny - Cornier forme pratiquement une zone d'éboulis, tandis que la partie élargie de Cornier - Nangy est constituée par un niveau de base (altitude 460 m) argileux, très humide, parfois même marécageux, d'où pointent des amas disloqués de calcaire urgonien de plus en plus disséminés au fur et à mesure que l'on se dirige vers le Nord.

La plupart des auteurs s'accordent à admettre qu'il s'agit là d'un énorme écroulement des falaises de calcaire urgonien du massif des Bornes, transporté par le glacier de l'Arve, puis abandonné sous forme de moraine fronto-latérale. La dissymétrie du dépôt serait due à la courbure du glacier, ce qui expliquerait la forme en croissant, l'étalement de la partie nord (zone frontale), ainsi que l'absence de dépôts dans la région de Pouilly (rive droite du glacier). Cette zone bien différenciée, à morphologie chaotique, laisse apparaître cependant les prolongements des drumlins observés dans la zone décrite précédemment.

Ce dépôt des Rocailles est bordé à l'Ouest par des chenaux marginaux (torrents de fonte), et à l'Est par des témoins de chenaux. Comme nous le verrons dans la description du secteur aval, la bordure NW des *Rocailles* formée par le plateau de Reignier, correspond au sandur du stade Rocailles du glacier arvien. Cette zone des Rocailles constituerait le témoin de la limite fronto-latérale du glacier de l'Arve, lors d'une ultime avancée du glacier à la fin du retrait würm. Dans ce sens elle s'apparente au complexe frontal de la Tour du glacier préalpin.

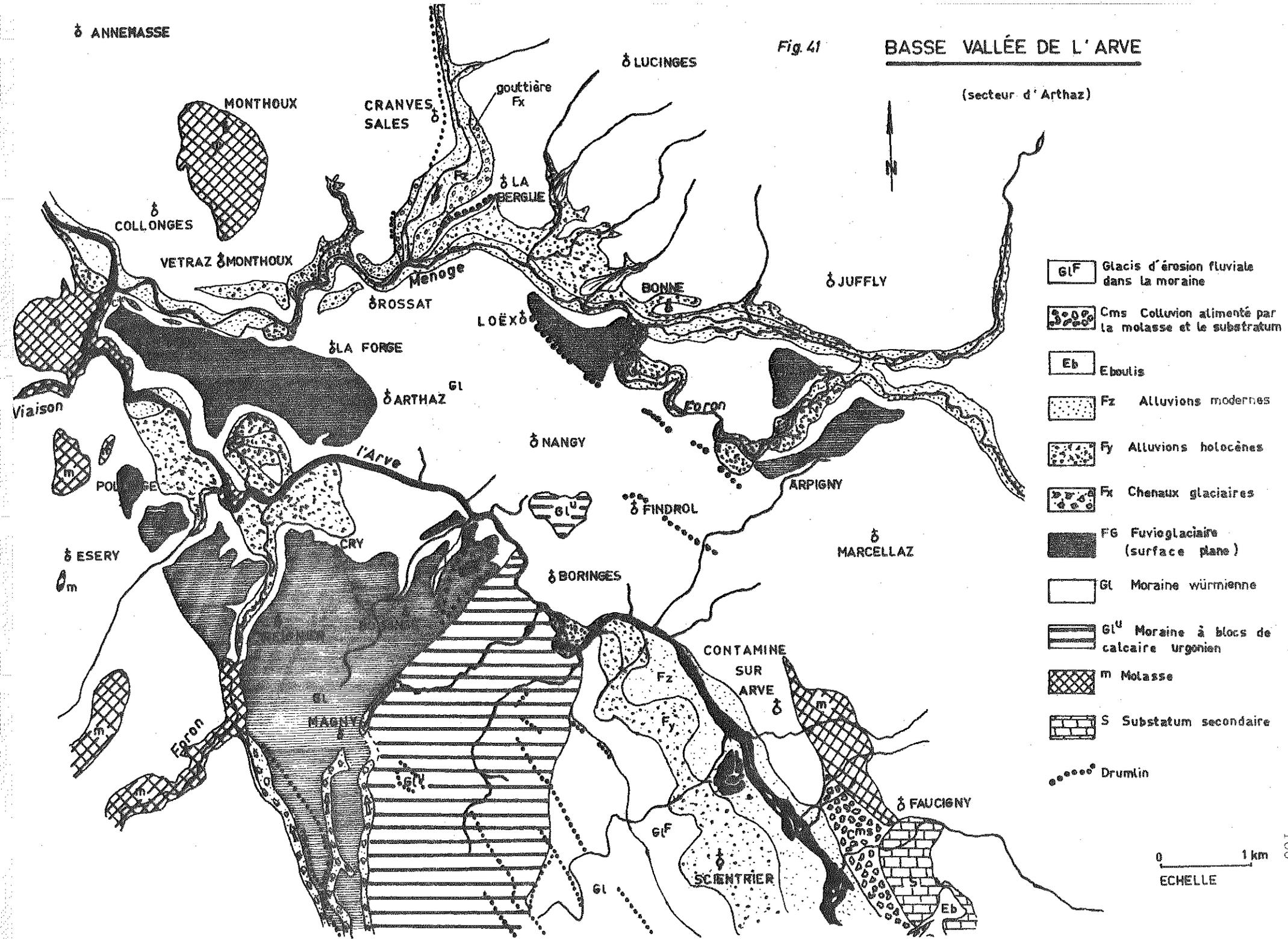
b) Secteur d'Arthaz (ou secteur aval)

En aval du dépôt des Rocailles s'étend une vaste zone constituée en profondeur par une moraine argileuse de couleur beige à grise contenant des galets et blocs striés de grès, calcaires noirs, roches cristallines, ainsi que des blocs épars de protogine du Mont Blanc. Dans la partie axiale, depuis Arthaz jusqu'au confluent Arve-Ménoge, cette moraine est recouverte par une pellicule de dépôts à tendance fluviale, léssivés en argile, constitués de cailloutis bien roulés, atteignant une épaisseur d'environ 3 à 4 m, avec à son sommet une zone d'altération d'environ 1 m.

Les surfaces de Pollinges, Sur la Campagne, Champs du Bois, Reignier, représentent les témoins du vaste cône de déjection frontal du glacier arvien lors du stade des Rocailles. On retrouve d'ailleurs à Sur la Campagne un cailloutis semblable à celui d'Arthaz.

Pour montrer la diversité des dépôts nous allons décrire tour à tour des affleurements caractéristiques de ce secteur situé en aval de la zone de dépôt des Rocailles.

(secteur d'Arthaz)



- G1^F Glacis d'érosion fluviale dans la moraine
- Cms Colluvion alimentée par la molasse et le substratum
- Eb Eboulis
- Fz Alluvions modernes
- Fy Alluvions holocènes
- Fx Chenaux glaciaires
- FG Fuviglaciaire (surface plane)
- G1 Moraine würmienne
- G1^u Moraine à blocs de calcaire urgonien
- m Molasse
- S Substratum secondaire
- Drumlin

0 1 km
 ECHELLE

100

+ Carrière de Boringe : cette carrière se situe à 1 km au NE de Boringe, près de la limite des moraines à blocs d'Urgonien. On atteint cette carrière exploitée pour ses sables et graviers par la route de Boringe vers l'Ecule, en tournant à gauche dans le chemin qui aboutit à l'Arve.

Dans sa partie Nord-Ouest, la structure des dépôts est assez calme (cf. figures). Sous un sol limoneux d'environ 20 à 50 cm, absent dans la figure n° 42 car décapé par les exploitants, on trouve une cinquantaine de centimètres à 1 mètre de graviers à galets, assez homogènes, léssivés en argile, à stratification apparemment horizontale, surmontant un niveau sableux supérieur très homogène à lits nettement inclinés vers le NW. Ce niveau est également dépourvu d'argile.

Ensuite, sous un léger dépôt d'éboulis, on devine 80 cm de cailloutis du type sommital, puis vient enfin un niveau sableux inférieur à stratification plus ou moins plane, masquée à la base par le talus d'éboulis sur lequel est juché un homme qui nous donne par sa taille l'échelle de l'affleurement.

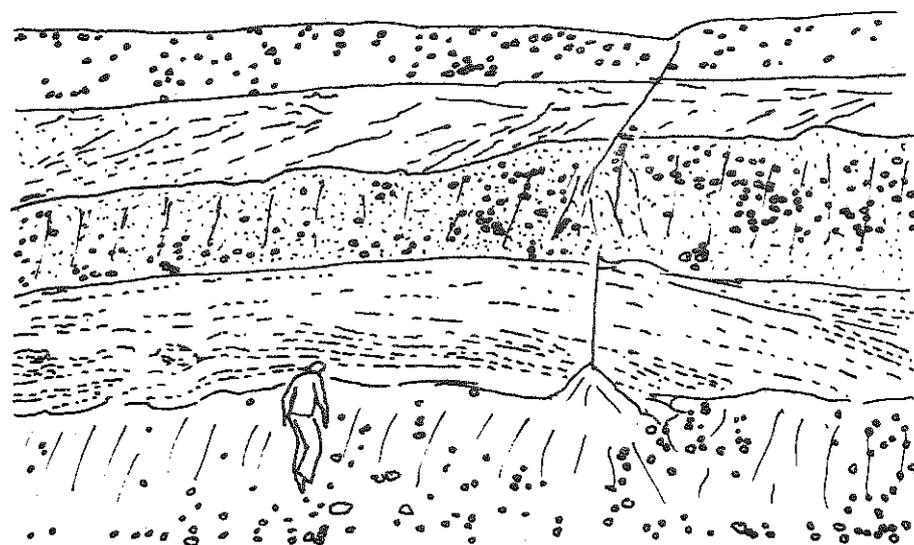
La figure de détail située légèrement au Sud-Est de la vue précédente, concerne la limite entre le niveau graveleux intermédiaire et le niveau sableux inférieur. Nous apercevons à la hauteur du marteau qui nous indique l'échelle, un niveau de sable plus ou moins argileux, qui ressort du front de carrière. Au-dessous de ce niveau-repère, un sable mêlé de gravier et de quelques cailloutis, présente une stratification apparemment horizontale.

Au-dessus du niveau-repère on trouve sur 40 à 50 centimètres des sables très fins à stratification entrecroisée. Au sommet, des graviers et des sables grossiers plus ou moins emboîtés, avec dans le détail, une tendance au granoclassement.

En résumé, la partie Nord-Ouest de la sablière de Boringe connaît une structure relativement calme, rappelant par ses trois termes inférieurs un dépôt deltaïque.

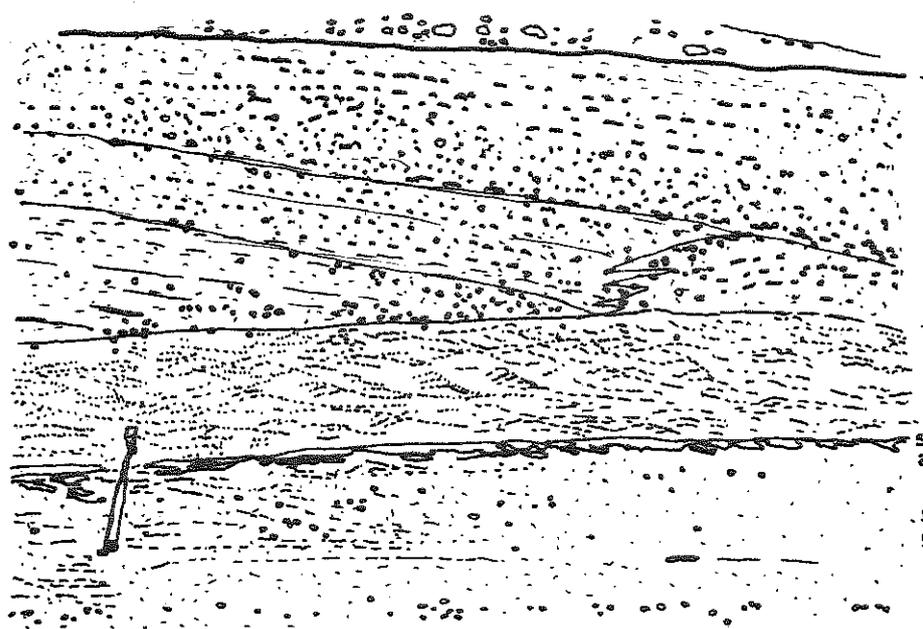
Dans sa partie sud-est, du côté des moraines à blocs d'Urgonien, la sablière montre une structure plus tourmentée, comme on peut le voir sur la figure n° 43. Sous 20 à 50 cm d'altération, on retrouve le niveau supérieur relativement régulier de cailloutis et graviers à éléments bien arrondis, polygéniques. On notera que ces cailloutis ne présentent pas une abondance particulière en calcaire urgonien.

Vient ensuite tout un ensemble chaotique de graviers, sables grossiers, sables fins, cailloutis et quelques niveaux argileux. A la base, la structure est plus régulière et les couches sont pentées vers le NW. On notera un passage de faciès entre cailloutis et graviers, puis, dessous, un niveau de sable fin, puis, à la base, en partie cachée par le talus d'éboulis, un niveau graveleux, faciès assez fréquent dans cette carrière.



graves, galets hémisphériques
 Sable, lit incliné vers le NW
 Cailloux hémisphériques
 Sable fin, lit ± plan

hauteur = 4 m



graviers ±
 grahoclassés

sable fin
 (40cm)

sables fin
 argileux

sable et
 gravier

Fig. 42

Carrière de Boringe: vue et détail de la partie Nord-Ouest

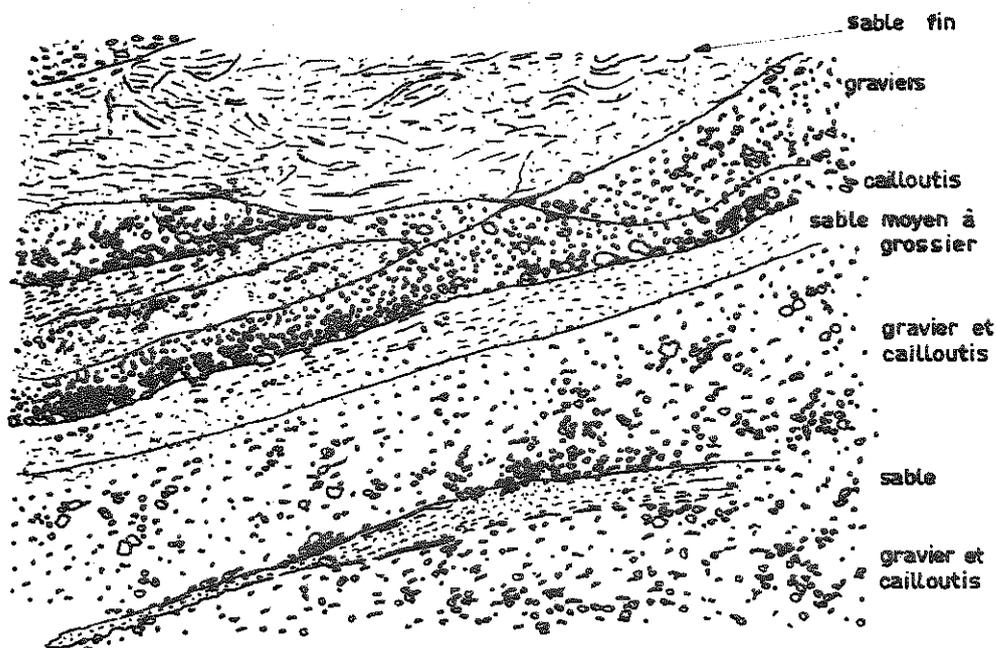
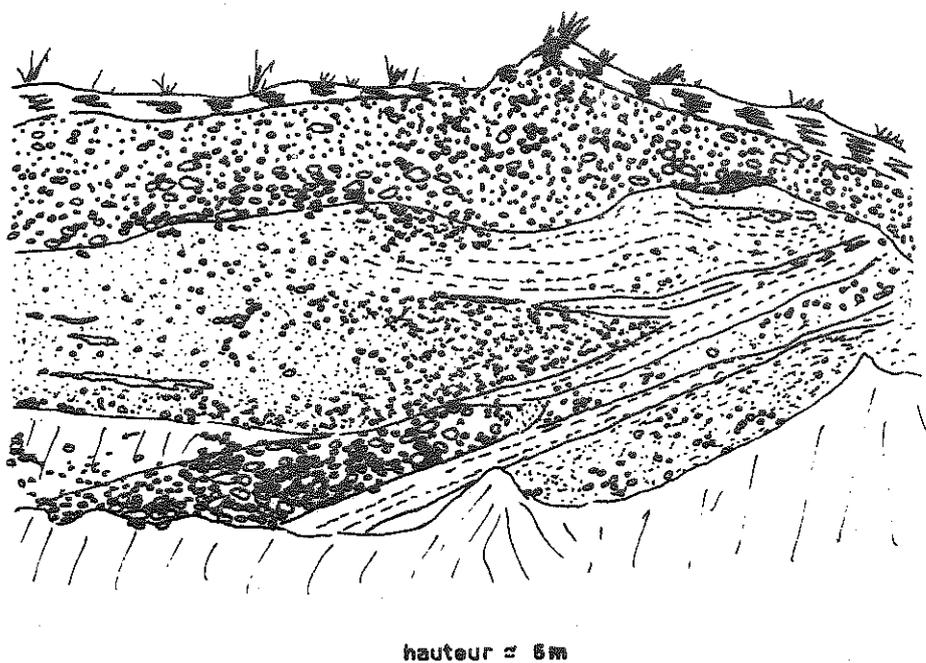


Fig. 43 Carrière de Boringe: vue et détail de la partie Sud-Est

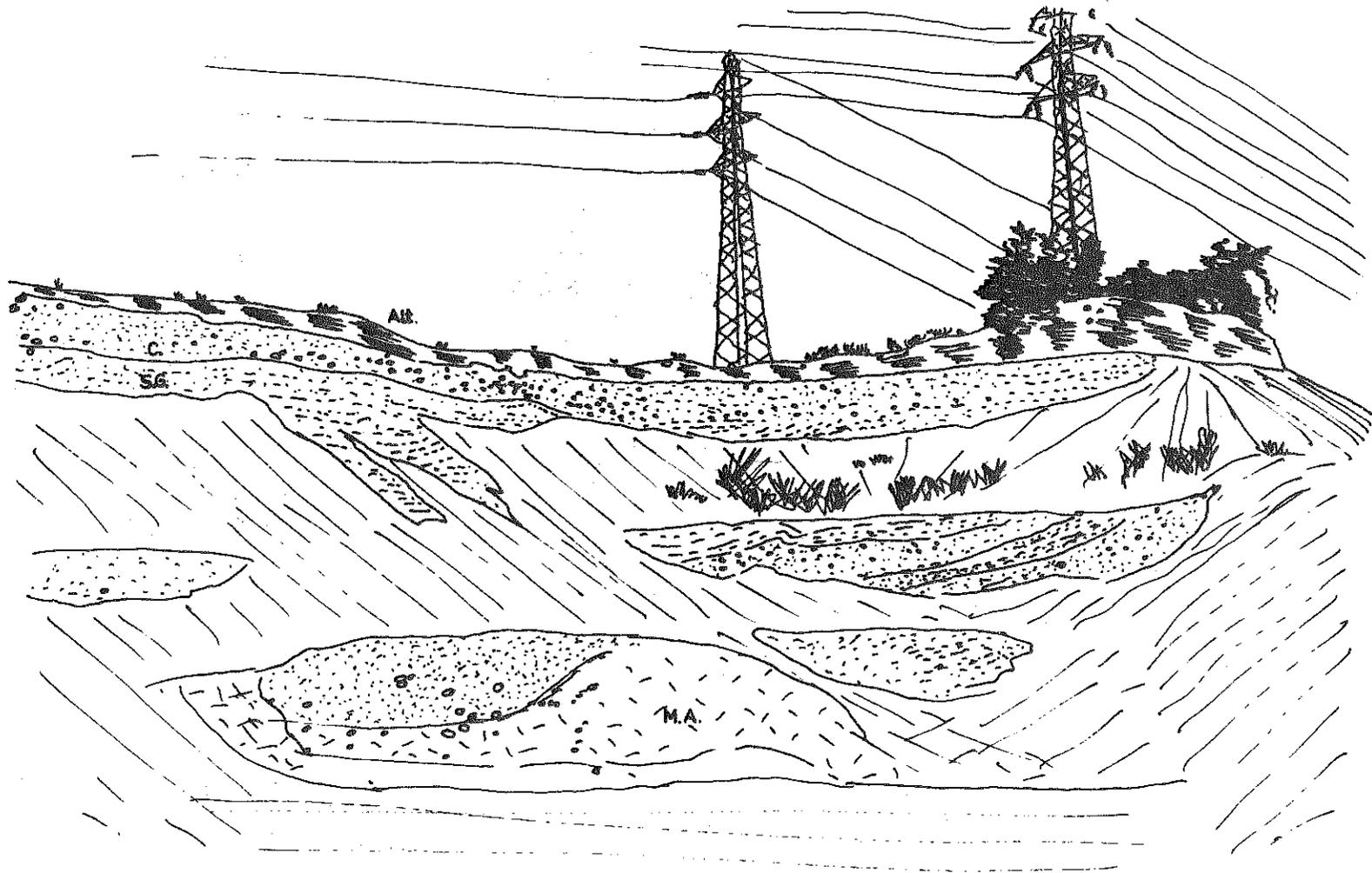


Fig. 44

CARRIÈRE DE LE PONT

La vue de détail nous indique l'agencement des différents faciès dans cette zone tourmentée.

En résumé, la carrière de Boringe nous met en évidence la variation de style dans la structure du dépôt de la surface de Reignier, avec en aval un milieu relativement calme et, en amont, près du dépôt des *Rocailles*, une structure bouleversée d'origine très probablement glaciaire (fonte tardive de glace morte).

+ Carrière de Le Pont : située sur la surface d'Arthaz, à l'aplomb du confluent Arve-Ménoge, les carrières de l'autoroute (fig. n° 44) encore exploitées, nous montrent sur une épaisseur d'environ 30 m la succession suivante :

Au sommet, sur une épaisseur de 2 à 3 m, un niveau de cailloutis (c) de type alluvial, à galets bien roulés, polygéniques, dont la partie supérieure est rubéfiée sur 50 cm à 1m par altération superficielle (Alt.)

Dessous, un ensemble sablo-graveleux à intercalations argileuses contenant de gros blocs, dont un bloc erratique de protogine du Mont Blanc d'environ 4 à 5 m³, constitue la partie exploitée de la carrière. Sous ces sables et graviers, on devine une moraine argileuse beige, à blocs et galets plus ou moins striés. D'après les sondages (cf. AMBERGER, 1978) l'épaisseur des dépôts quaternaires à cet endroit atteint 100 à 150 m. On retrouve cette disposition cailloutis - ensemble sablo-graveleux dans une petite carrière au NE de Le Pont. En continuant ce chemin vers La Forge, on trouve sur notre gauche un chemin qui descend dans la vallée de la Ménoge. Là, les cailloutis supérieurs, toujours présents sur 1,5 m à 2 m, passent tout de suite à une moraine argileuse beige à nombreux blocs de 20 à 50 cm et à galets striés. On y trouve également quelques lentilles sableuses très réduites.

Donc la coupe suivante : 482 m à 480 m : cailloutis fluvio-glaciaires, puis de 480 m à 420 m : moraine argileuse à galets. On observe donc entre ces différents affleurements, un passage de faciès assez rapide entre ensemble sablo-graveleux et moraine argileuse à blocs striés.

+ Carrière de Turnier : En contrebas de la surface de Sur-la-Campagne, sur la gauche de la route reliant Reignier à Annemasse, on trouve un emplacement utilisé par lessabliers pour déposer les alluvions récentes de l'Arve. On trouve là un affleurement relativement réduit qui nous fait apparaître la succession suivante :

A la base, un niveau gravelo-caillouteux assez grossier dont les éléments présentent quelques rares traces de stries. La nature des galets est de type arvien. ?

Ce niveau est surmonté par 30 à 40 cm de moraine argileuse, puis par

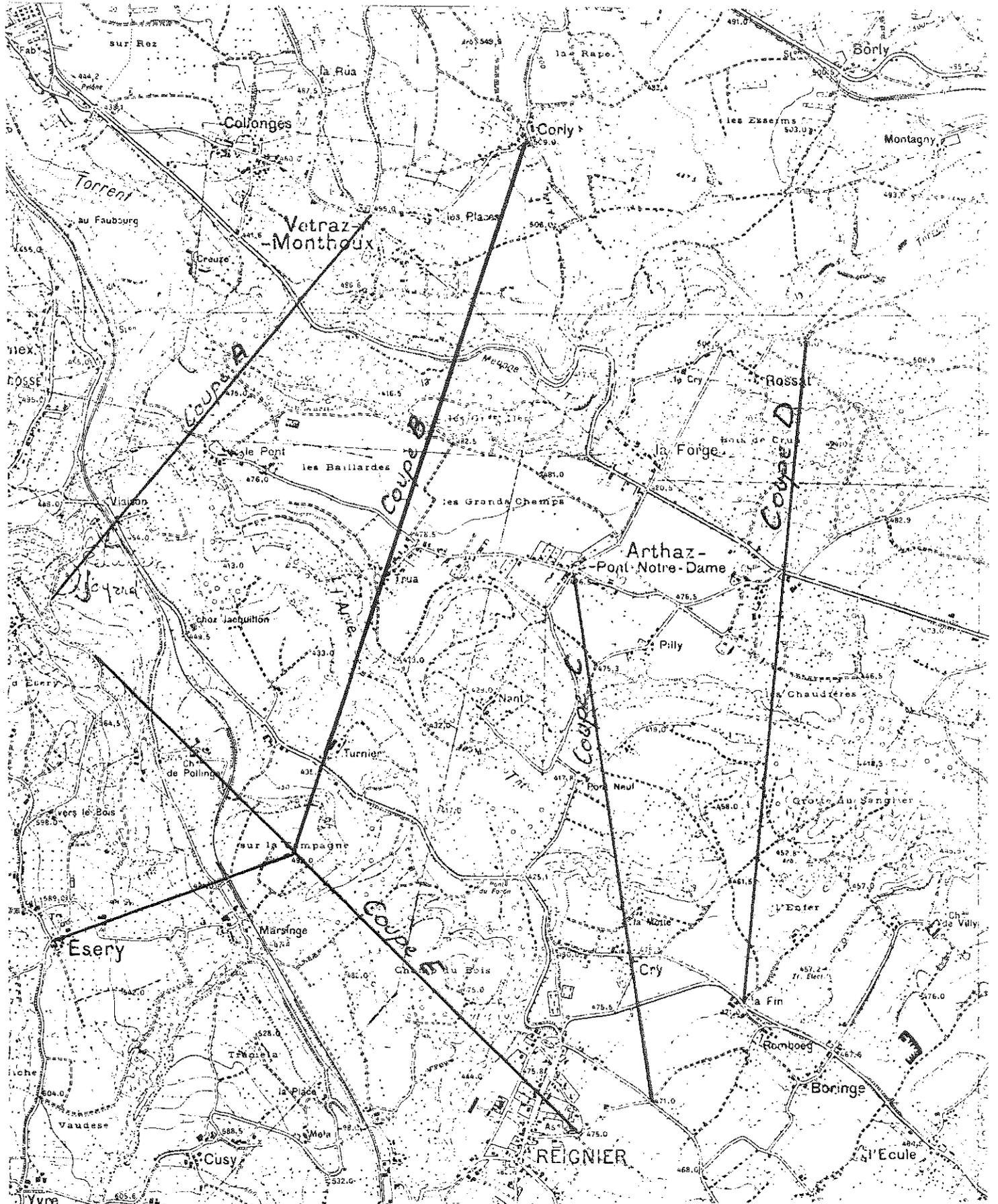


Fig. 45 SITUATION DES COUPES DU SECTEUR D'ARTHAZ

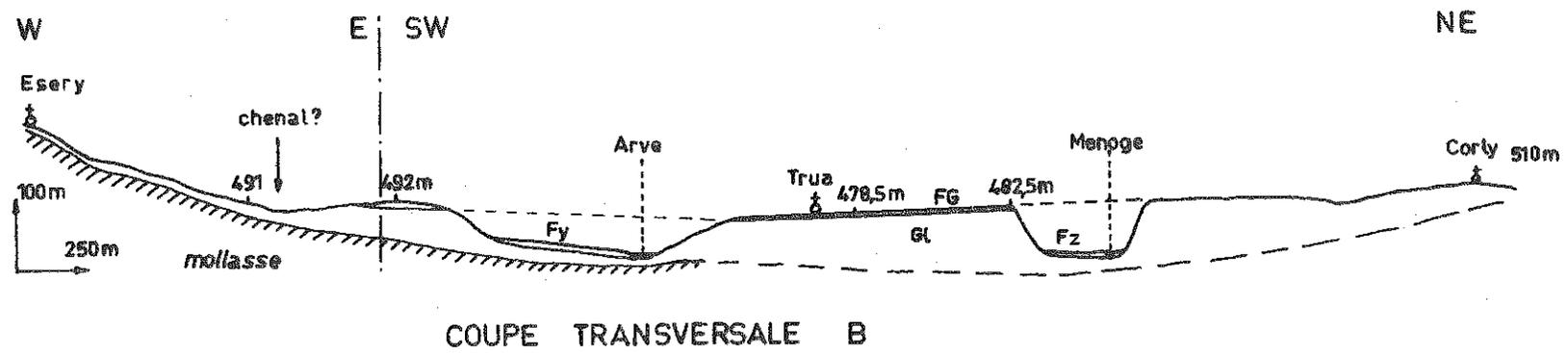
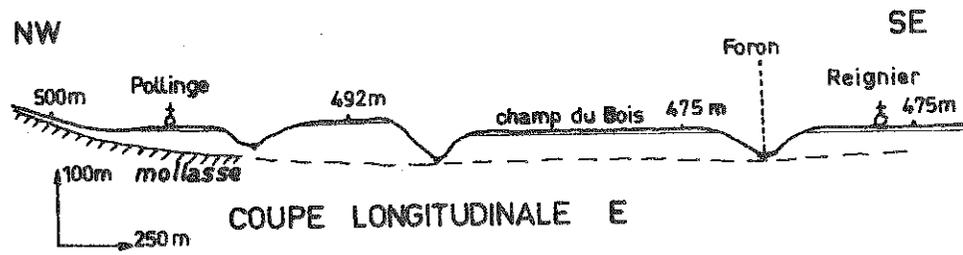
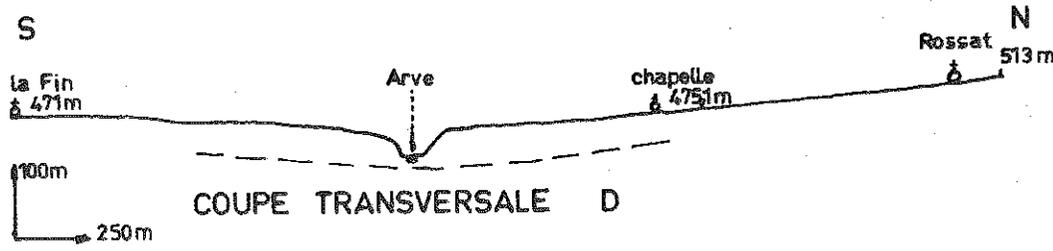
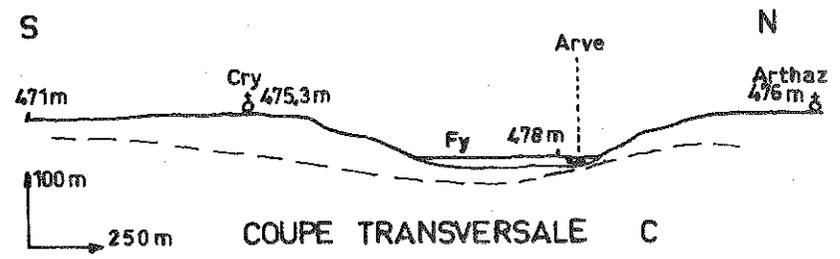
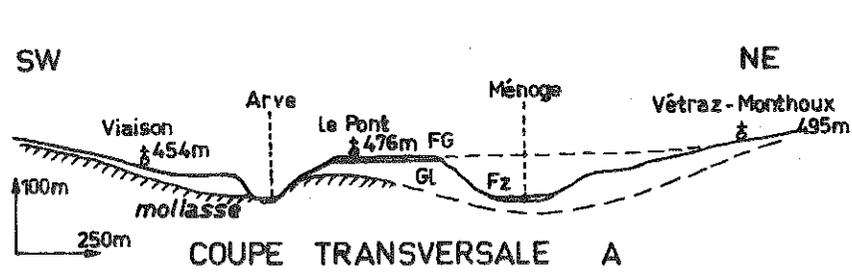


Fig. 46

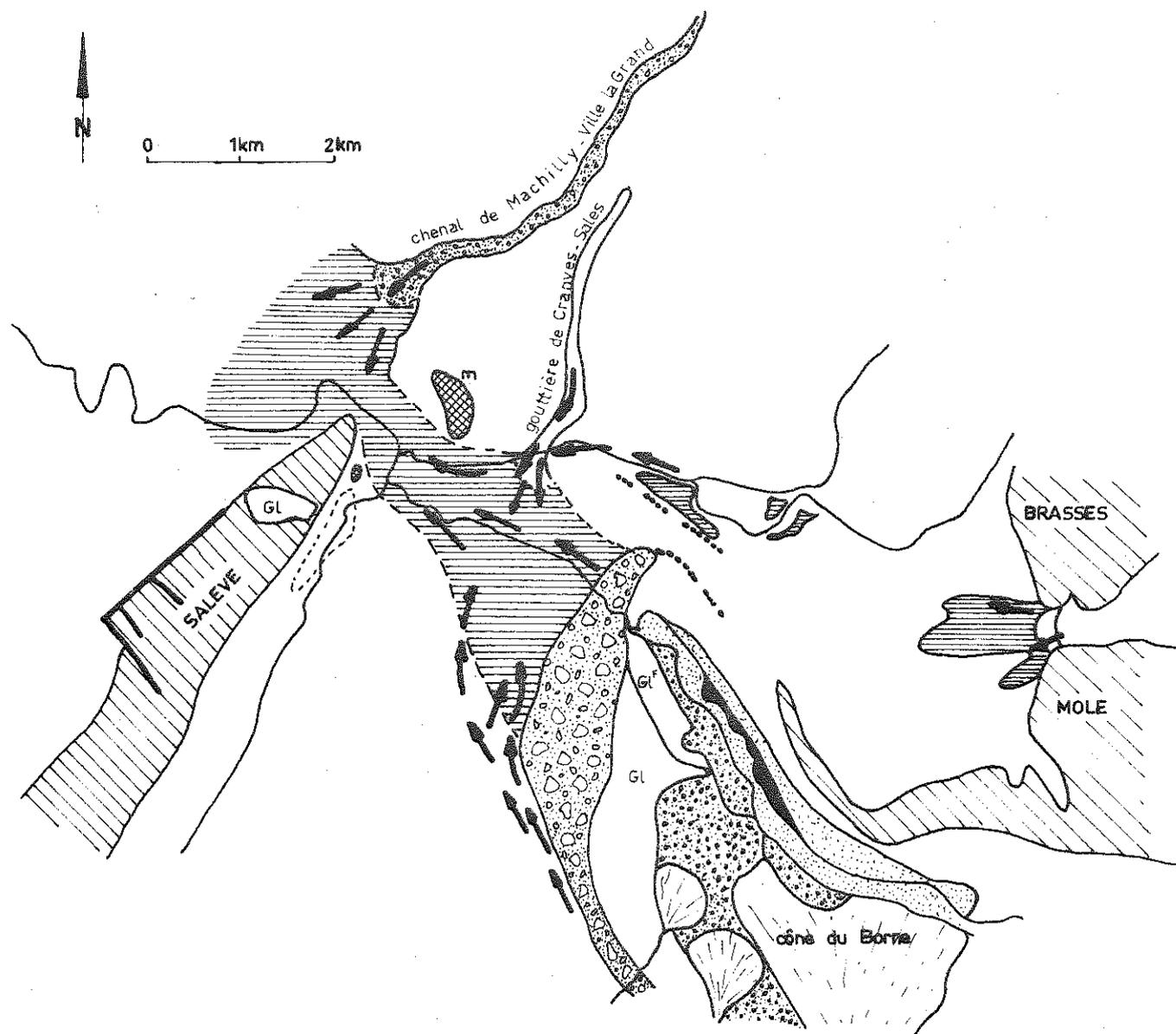


Fig. 47
 SCHEMA RECAPITULATIF
 DES DEPOTS QUATERNAIRES
 DE LA VALLEE DE L'ARVE

- | | | | |
|--|------------------------------|--|---|
| | cône de déjection torrentiel | | Gl moraine (würm) |
| | Fz alluvions modernes | | Gl ^{Ur} dépôt des Rocailles |
| | Fy alluvions holocenes | | Gl ^f glacis d'érosion fluvial affectant la moraine |
| | Fx chenal finiwürm | | m molasse |
| | FG fluvioglaciaire (würm) | | S substratum |
| | drumlins | | |

20 à 30 cm de sable à petits galets. La limite entre ces deux niveaux inférieurs est franche et sensiblement horizontale ; à l'inverse, la limite séparant les deux niveaux supérieurs est assez irrégulière.

En résumé, la diversité des faciès rencontrés dans la partie aval de la vallée de l'Arve a tendance à obscurcir, à prime abord, l'analyse de ce secteur, toutefois l'observation des coupes permet de corrélérer ces différents dépôts.

Les coupes transversales A, B, C et D, et la coupe longitudinale E nous montrent que les surfaces de Pollinge, Sur-la-Campagne, Champ du bois et Reignier sont en étroite relation avec la surface d'Arthaz et forment un même ensemble au front du glacier de l'Arve.

La pente, apparemment surprenante de la surface d'Arthaz (0,5 % vers le SW) s'explique par un apport simultané provenant du NE, que l'on définira plus précisément dans le chapitre concernant le glacier rhodanien.

Le schéma général des dépôts de la vallée de l'Arve nous montre nettement que la phase de récurrence glaciaire des *Rocailles* détermine la morphologie actuelle de la vallée.

L'Holocène et la période actuelle sont caractérisés par le creusement des vallées de l'Arve, du Viaison, de la Ménoge, du Foron, par l'abrasion du glaciaire de Scientier, par la formation des terrasses récentes et modernes, par la formation des cônes de déjection post-glaciaires à actuels.

En fait, cet épisode des *Rocailles* constitue soit une période de récurrence glaciaire, soit un stade suffisamment prolongé lors du retrait du Würm. La différence est insondable par l'étude des dépôts et de la morphologie.

L'essentiel est que cet épisode *Rocailles* du glacier arvien existe, et que l'on peut probablement le corrélérer à l'épisode du complexe frontal de la Tour du glacier préalpin et aussi sans doute à l'édification du cône de transition d'Annemasse du glacier rhodanien.

V - LE GLACIER DU RHONE

De taille incomparable avec les dépôts des glaciers de l'Arve et des Préalpes, le glacier du Rhône a abandonné des dépôts caractérisés en surface par des argiles grises à beiges contenant des blocs erratiques épars, blocs et blocaux assez arrondis à traces de stries éventuellement, de nature diverse : roches cristallines et métamorphiques, grès provenant des flyschs et de la molasse et calcaires divers.

Cette moraine recouvre presque entièrement la zone à morphologie douce située en contrebas du front des Voirons et de l'anticlinal du Salève, avec

toutefois des pointements épars de molasse.

Ces dépôts du glacier rhodanien font apparaître même en surface, une grande diversité de faciès : outre les zones franchement argileuses on trouve des cailloutis, des graviers, des sables, etc... Ces dépôts sont rarement indurés. (cf. sondages dans les sillons).

La puissance de ces atterrissements peut atteindre 160 m (Cf. AMBERGER 1978) avec une moyenne d'environ 30 m dans la zone étudiée.

Par commodité nous allons distinguer deux secteurs dans ces moraines :

- le secteur amont à l'Est d'Annemasse,
- le secteur aval au pied du Salève.

Le secteur amont est limité vers le SW par la vallée actuelle de l'Arve qui s'élargit à Etrembière pour former une terrasse d'une largeur de 1 km jusqu'à Veyrier (altitude de la terrasse : 400 m)

1°) Secteur amont

Ce secteur, limité par le pied des Voirons et les dépôts glaciaires de l'Arve et des Préalpes, correspond à un dispositif moraine-chenal marginal du glacier du Rhône.

Sur la coupe transversale A, reliant le Foron au sommet des Voirons, on distingue nettement d'Ouest en Est :

- le chenal latéral (niveau 495 m) emprunté par le Foron qui entaille le niveau des moraines de 15 m, avec dans le fond de ce chenal, des zones marécageuses avec accumulations locales de dépôts holocènes sous forme de tourbière, comme par exemple aux Champs Maigret.

- puis, séparée par un replat d'environ 300 m, une gouttière glaciaire, celle de Cranves-Sales (530 m), pénécotemporaine au chenal précédent et qui prend naissance à l'Est de Le Bourgeau à l'aval du replat de St Cergues.

- puis une succession de *gouttières* aux niveaux 550, 600, 630 et 700 m.

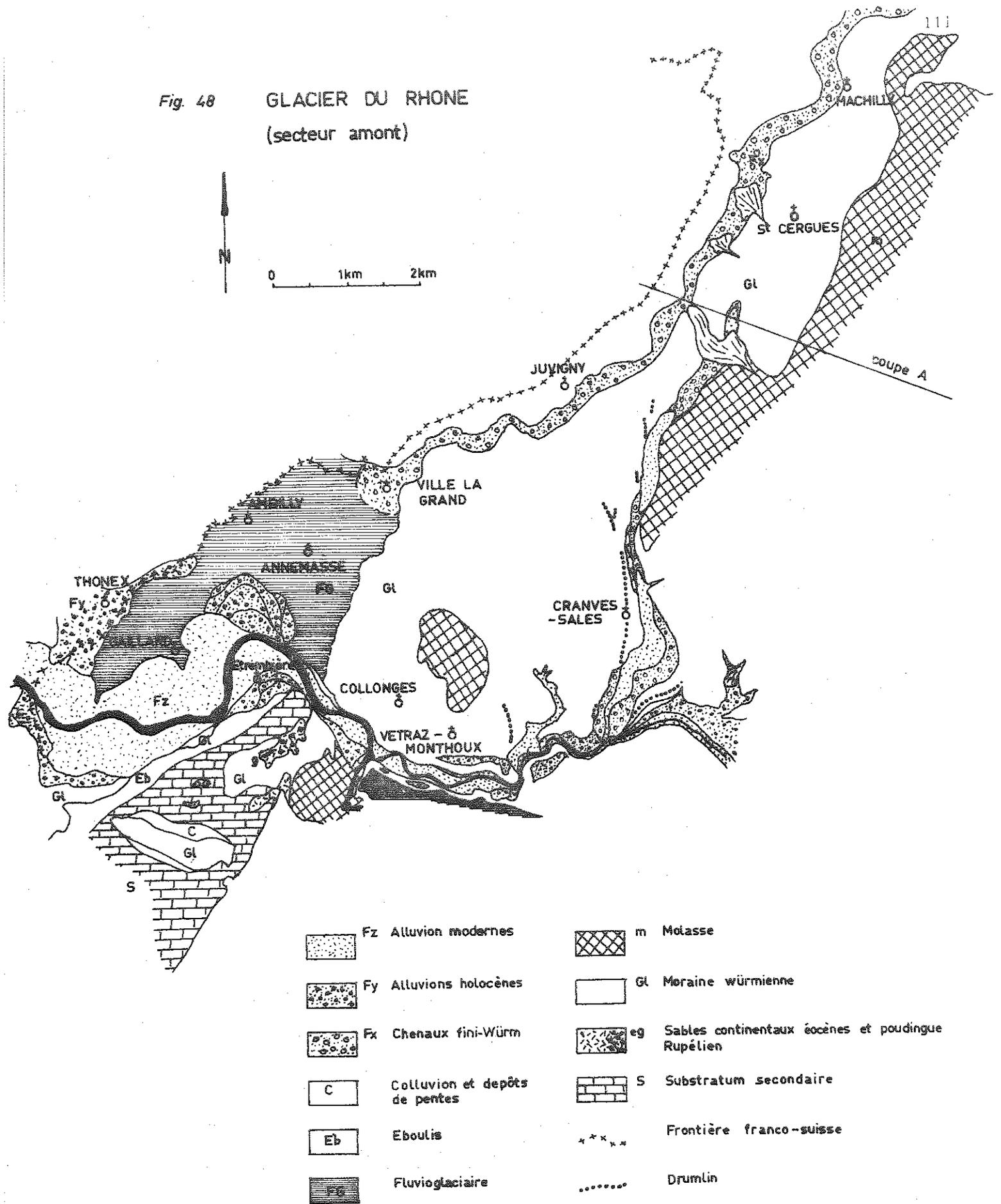
- et enfin, le replat de Montauban (930-950 m) recouvert par une pellicule de moraine qui correspond à l'empreinte la plus élevée sur le flanc ouest des Voirons d'une présence glaciaire, avec le replat de Chemenoud-Armia (930-980 m).

Le restant du versant étant recouvert soit par les produits d'altération des flyschs, soit par les éboulis où encore par une abondante végétation de résineux, il nous est impossible de déterminer une empreinte éventuelle du passage du glacier du Rhône.

Toutefois, plus au Sud, au-dessus de Lossy et Lucinges, on remarque dans la morphologie des chenaux de creusement de type gouttière aux altitudes suivantes : 830 m, 1 000 m, 1 060 m et enfin à 1 100 m.

Fig. 48

GLACIER DU RHONE
(secteur amont)



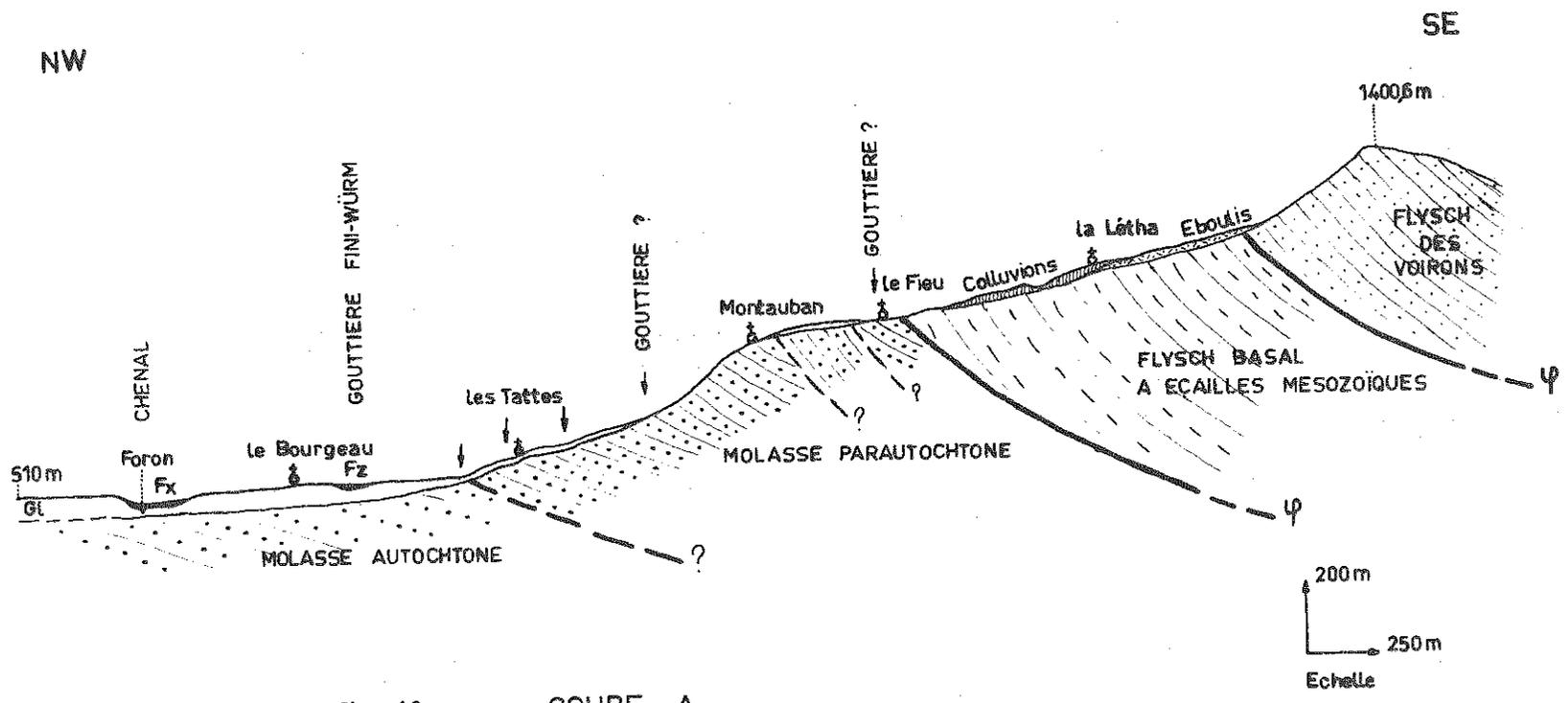


Fig. 49

COUPE A

VERSANT EST DE LA CHAINE DES VOIRONS

En longeant le chenal interne de Machilly-Ville la Grand, on s'aperçoit que la vallée encaissée de 15 à 20 m par rapport au niveau des moraines, débouche en continuité sur la *terrasse* d'Annemasse d'altitude 444 à 420 m. Nous avons là un dispositif de chenal latéral aboutissant au cône de déjection frontal caractérisant l'un des derniers stades de retrait du glacier rhodanien. On peut noter au niveau de St Cergues la présence de deux cônes de déjection torrentiels récents qui viennent obstruer en partie ce chenal interne au point côté 504,5 m, au Nord de Bourjaillet, et au Sud-Ouest du château de Neydens.

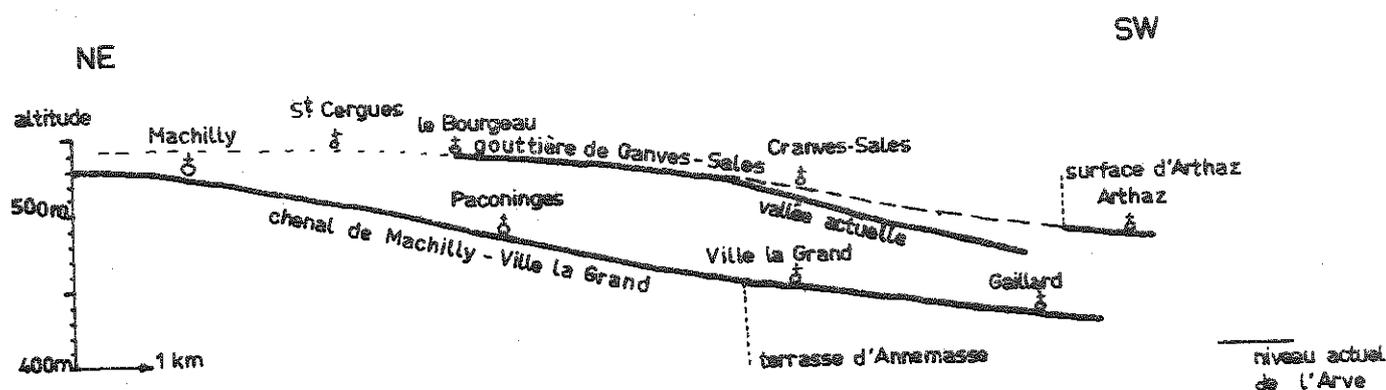


Fig. 50 PROFIL LONGITUDINAL DES CHENAUX DE CRANVES-SALES ET DE MACHILLY-VILLE LA GRAND

Prenant naissance sur le replat de St Cergues, la gouttière de Cranves-Sales de direction NE-SW, s'infléchit vers le sud en longeant le pied des Voirons pour atteindre la vallée de la Ménoge aux environs de Rossat. Oblitérée en amont par le cône de déjection récent du torrent de la Chandouze et par les apports modernes à l'Est de Le Bourgeau, la gouttière de Cranves-Sales creusée dans la moraine (alt. 493 m au SW de Montagny) est entaillée à son tour par la terrasse actuelle d'altitude 480 m au SW de Montagny.

En traçant le profil des altitudes du chenal de Machilly-Ville la Grand et de son passage au dispositif terminal d'Annemasse, on constate une rupture de pente au débouché du chenal, reliant progressivement la courbe amont pentée de 1 % au cône de déjection (pente 0,7 %).

La gouttière de Cranves-Sales creusée dans la moraine reproduit un profil similaire si l'on tient compte de son prolongement avec la surface d'Arthaz :

- pente du chenal = 0,9 %
- pente de la surface d'Arthaz = 0,5 %.

Les replats de Vétraz-Monthoux (450 m) et de Le Pont (440 m) sont probablement les témoins d'un chenal holocène localisé sur la vallée actuelle de la Ménoge et qui recevait les eaux provenant des Préalpes.

La gouttière de Cranves-Sales laisse supposer la présence temporaire d'une apophyse du glacier rhodanien ayant contribué concurremment avec les apports préalpins de la Ménoge et des apports arviens, à l'édification de la surface alluviale de Arthaz. Cette hypothèse expliquerait la pente anormale de cette surface par rapport au glacier arvien.

En résumé, le secteur amont du glacier du Rhône est caractérisé par une immense *plaine* morainique recoupée par deux chenaux cataglaciaires qui se déversent dans leur cône de déjection respectif.

La plaine morainique, péliculaire à l'Est (molasse affleurante au Sud de Les Rosses) s'épaissit vers l'Ouest pour atteindre une puissance d'au moins 7 m (observation d'une tranchée) au Sud du carrefour de Malbrande. Les atterrissements sont constitués d'argiles beiges à blocs et blocaux.

Les sondages profonds de la région genevoise indiquent à cet endroit une épaisseur d'environ 50 m de dépôts quaternaires (cf. AMBERGER, 1978). Au centre de cette surface, la butte molassique de Monthoux laisse apparaître à son sommet des marnes couleur lie de vin.

2°) Secteur aval

Les dépôts quaternaires de ce secteur sont de deux types :

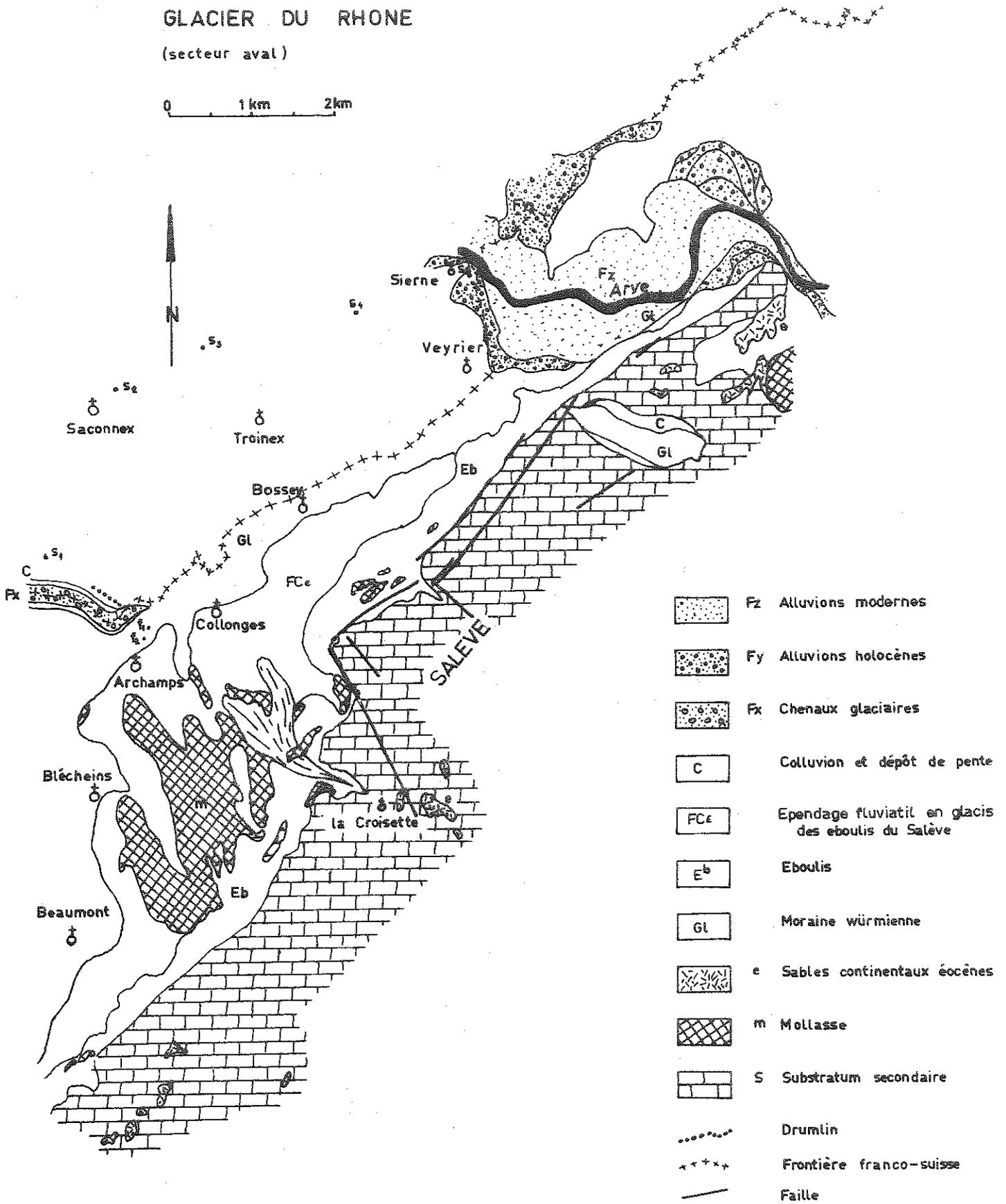
- les dépôts glaciaires (moraines, fluvio-glaciaires...)
- les dépôts cataglaciaires à actuels (éboulis, groize...)

La moraine est en général argileuse à galets et blocs polygéniques striés, de couleur grise à beige. Ce comblement glaciaire de la plaine genevoise, péliculaire près du Salève, s'épaissit au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'anticlinal. Pour la partie qui nous intéresse, l'épaisseur moyenne de la moraine est d'environ 50 m, mais elle peut atteindre 150 m comme par exemple au Nord-Ouest d'Archamp. A la sortie nord d'Archamp, les résidus des deux forages exécutés en 1977 nous montrent la nature des matériaux : tout d'abord, sur une épaisseur de 1 m, des argiles compactes beiges contenant des cailloux et blocs striés, puis sur une épaisseur d'au moins 5 m, des argiles compactes grises à cailloux et blocs striés ; c'est le faciès général dans la région de la moraine würmienne.

Dans la partie nord du secteur, à 200 m au NE du passage à niveau situé près de Bois d'Arve, on peut noter la présence en carrière de sables et cailloutis léssivés, probablement de nature fluvio-glaciaire. On retrouve ces dépôts à tendance fluviale jusque vers le téléphérique reliant le Pas de

Fig. 51
GLACIER DU RHONE
(secteur aval)

0 1 km 2 km



- Fz Alluvions modernes
- Fy Alluvions holocènes
- Fx Chenaux glaciaires
- C Colluvion et dépôt de pente
- Fce Ependage fluvial en glaci des eboutis du Salève
- E^b Eboutis
- Gl Moraine würmienne
- e Sables continentaux éocènes
- m Mollasse
- S Substratum secondaire
- Drumlin
- +++++ Frontière franco-suisse
- Faille

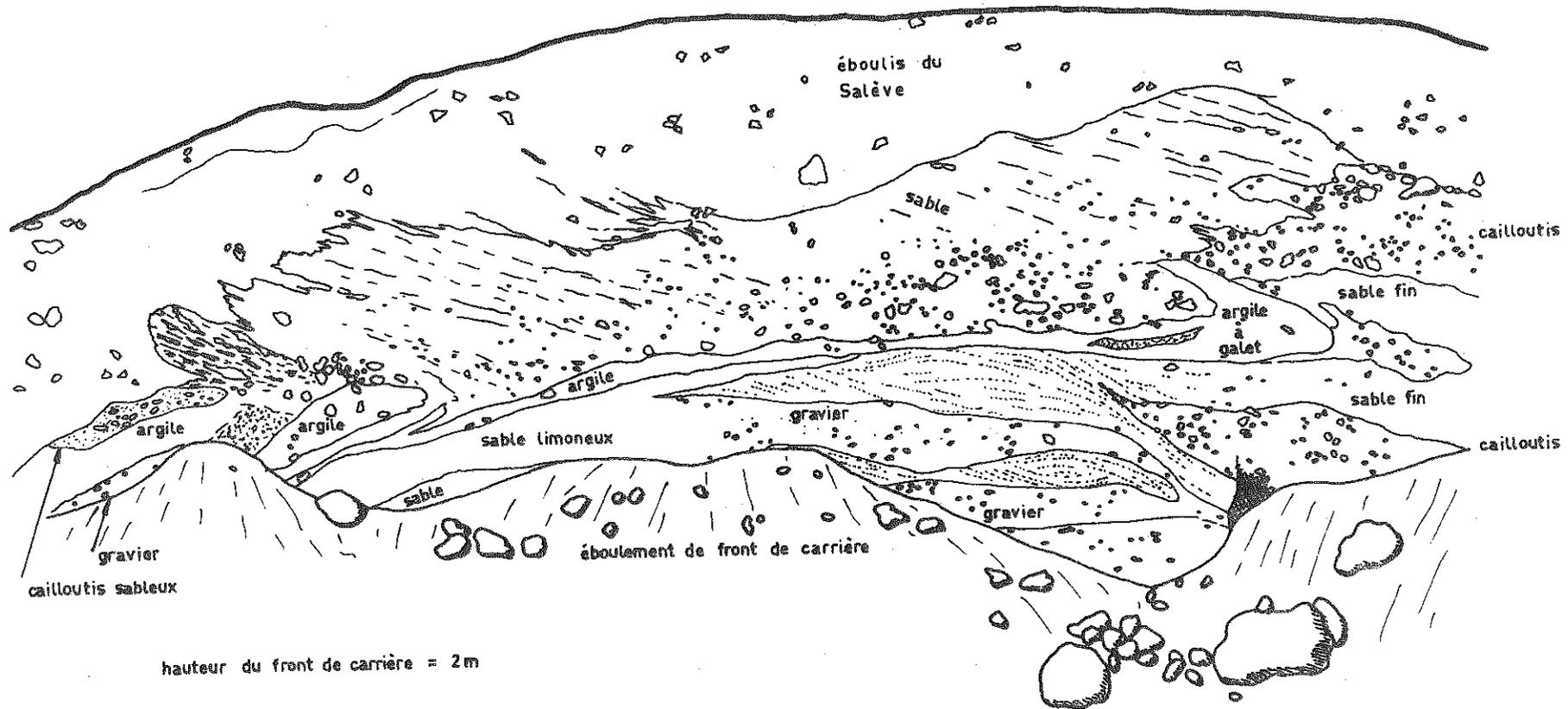


Fig. 52 CARRIÈRE DU PAS DE L'ÉCHELLE

l'Echelle au Grand Salève, au bas de la pente dans les fonds de carrière. Le type de dépôt dominant est un cailloutis sablo-graveleux ; leur origine est discutable.

La carrière du Pas de L'Echelle nous montre la diversité de nature de ces dépôts ; sous une couverture d'éboulis calcaires on trouve un imbroglio de sables, graviers, cailloutis, argiles à galets... Cette structure tourmentée provient probablement d'un glissement de ces matériaux sur les pentes relativement accentuées du pied du Salève.

On retrouvera d'ailleurs des indices de déplacement des matériaux près de Beaumont sous forme de loupes de glissement affectant la moraine.

Ces atterrissements particuliers ont été définis par les auteurs sous différentes appellations : les *groizes* de JOUKOVSKY et FABRE (1913) sont définis comme un matériau glaciaire local. Sur la carte au 1/80 000^e (Annecy) on parle de *moraine d'éboulis*. Sur la carte de Genève (1/25 000^e) les auteurs définissent ces matériaux comme des *moraines à éléments locaux dominants*.

Ces appellations sont floues et ne rendent pas compte de la genèse de ces atterrissements ; il s'agit en fait d'une moraine rhodanienne avec apports de matériaux préalpins et arviens, donc une moraine mixte à laquelle se sont ajoutés quelques éléments soit éboulés, soit arrachés du Salève. A cette moraine mixte enrichie (mais en très petite quantité) en calcaire local, s'est ajoutée une pellicule superficielle formée par un apport d'éléments cryoclastiques. Ces éléments se sont déposés de différentes manières :

- par gravité sous forme d'éboulis,
- par ruissellement étalé entraînant les particules cryoclastiques,
- par gravité suivie de désagrégation par le gel ; des gros blocs se sont détachés de la *falaise* du Salève, ont déboulé la pente, et ont roulé jusque vers Veyrier puis, une fois immobilisés, se sont désagrégés sur place sous l'effet répété du gel et du dégel.

Nous avons donc une moraine mixte recouverte plus ou moins par un dépôt essentiellement clastique ; à la faveur des pentes du pied du Salève, ces dépôts se sont plus ou moins mélangés par solifluxion etc...

Ainsi donc actuellement les dépôts au pied du Salève, dans la partie nord du secteur, sont constitués à la base par une moraine mixte, une zone de mélange de ces moraines avec les éboulis, colluvions provenant du Salève et, au sommet, par des éboulis de calcaires urgoniens du Salève.

Plus au Sud on retrouve un matériau analogue, depuis le château Crévin à l'Est de Bossey jusqu'à Les Creux au Sud de Beaumont, formant un vaste glacis au pied du Salève.

Ce glacis, noté FC^{ms} sur la carte, est constitué par une matrice argilo-limoneuse à argilo-sableuse contenant des éléments de calcaire urgonien, quel-

ques rares galets de roches cristallines ; ce dépôt est recouvert par une mince pellicule de limon riche en éléments anguleux. On retrouve par endroit les blocs de calcaire éboulés puis désagrégés sur place comme au Pas de l'Echelle.

Les produits situés à la base sont constitués par un mélange de moraine, de produits d'altération de la molasse chattienne (argiles sableuses) qui affleure largement au Sud-Est d'Archamp, et d'éléments cryoclastiques provenant du Salève ; on a une espèce de colluvion remaniant la molasse, les éboulis et les placages morainiques qui devaient tapisser la base du flanc nord-ouest du Salève.

Ce colluvion est recouverte à son tour par une fine pellicule de limon riche en éléments anguleux de calcaire du Salève : c'est un épandage fluviatile du cailloutis cryoclastique calcaire par ruissellement étalé.

La limite de cette formation avec les éboulis calcaires est assez floue car le passage de faciès est progressif et ne se distingue pas en surface (champs etc...) à cause de la nature similaire des matériaux.

On trouve donc tout le long du pied du Salève un éboulis cryoclastique de calcaire secondaire et un glacis d'épandage fluviatile recouvrant soit la moraine würmienne, soit la molasse chattienne. On trouve également en aval de La Croisette un cône de déjection qui vient se relier progressivement au glacis d'épandage fluviatile.

Notons aussi dans ce secteur aval du glacier rhodanien l'existence du chenal glaciaire de l'Arande qui prend naissance au carrefour de La Mure, et qui longe la frontière franco-suisse jusque vers St Julien en Genevois ; on le distingue très nettement dans la morphologie malgré l'empâtement de ses flancs.

VI - ESSAI DE RECONSTITUTION HISTORIQUE DU QUATERNAIRE

Les périodes anciennes du Quaternaire restent très floues pour la région, à cause de l'absence de dépôts due au *balayage* provoqué par la poussée glaciaire du Würm.

L'état de la région à la fin du Tertiaire semble être le suivant : la molasse qui constitue les dépressions séparant les reliefs des Préalpes des chaînons jurassiens voit s'imposer un réseau hydrographique qui va drainer vers l'actuel bassin lémanique les matériaux arrachés à la molasse. Ce réseau va provoquer la naissance puis l'approfondissement de vallons ce qui aboutit, au début du Quaternaire, à une topographie de vallons et collines qui vont jusqu'à nos jours marquer la morphologie de la région (collines de Monthoux, sillons de l'Arve et de la Ménoge).

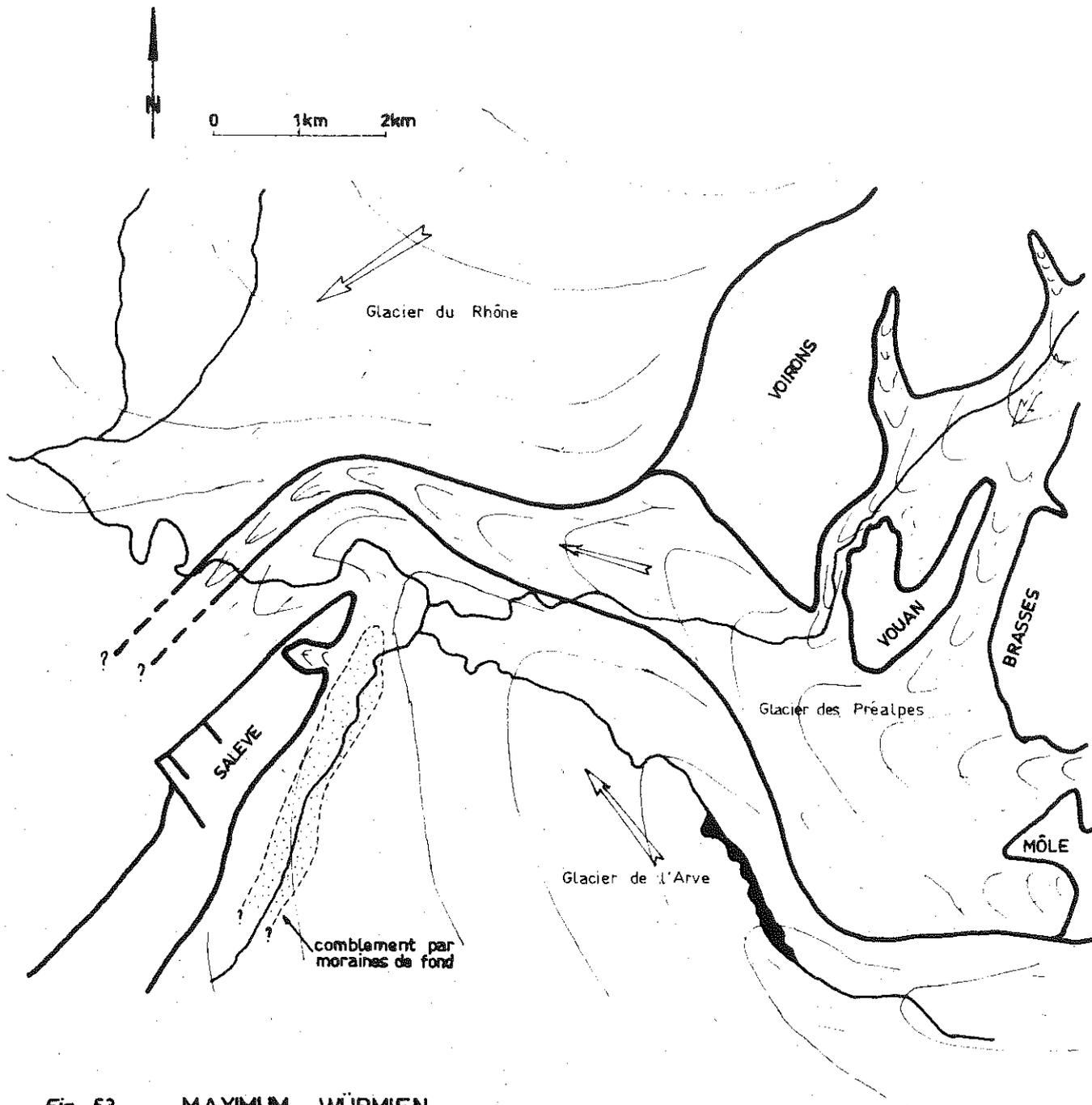


Fig. 53 MAXIMUM WÜRMIEN

stade caractérisé par la langue glaciaire de Monnetier-Mornex
et par le comblement de la vallée du Vaison.

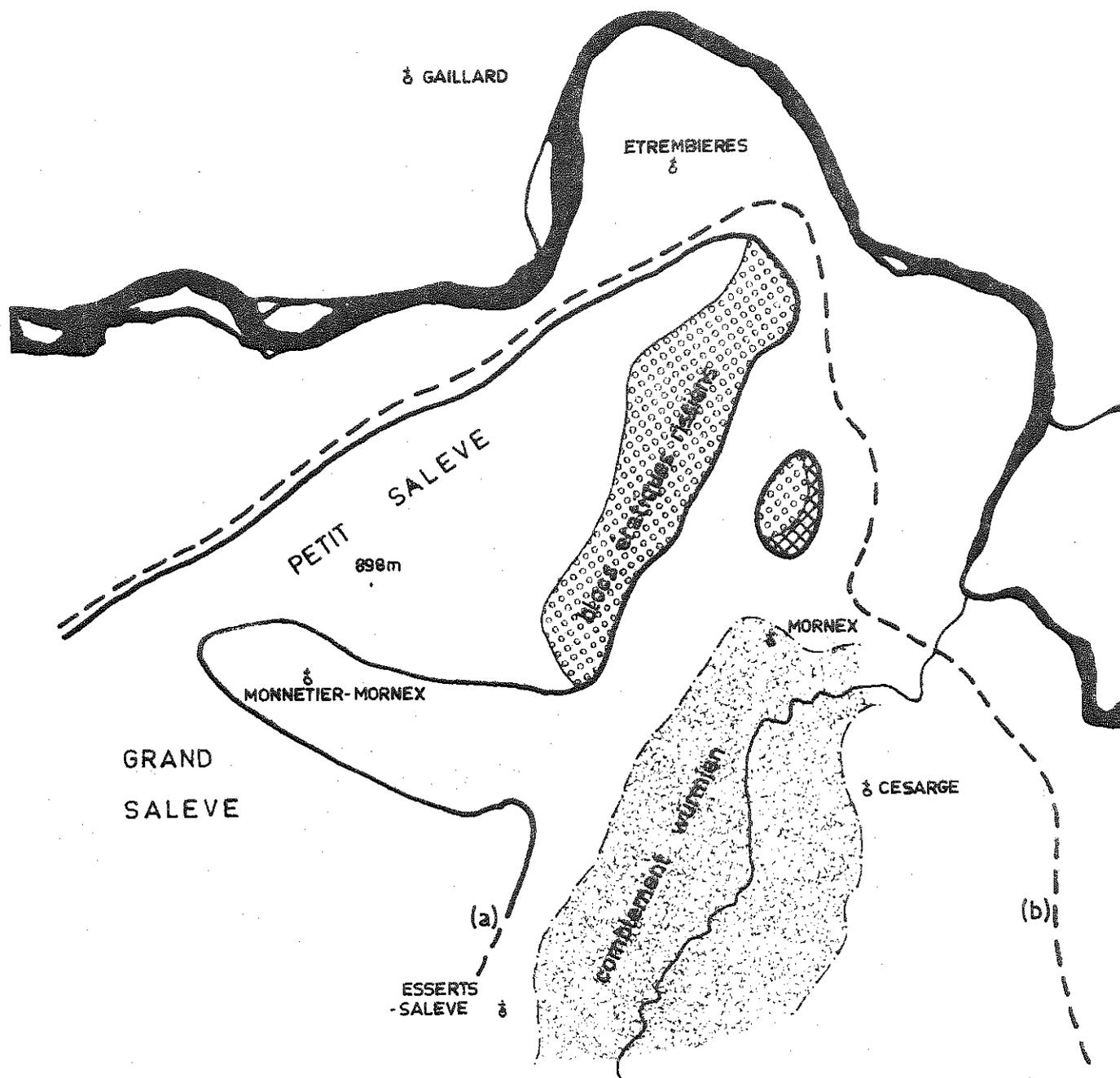


Fig. 54

SECTEUR DE MONNETIER-MORNEX

Limite des glaces au maximum würmien (a) et pendant le retrait würmien (b).

Les premiers dépôts quaternaires observables datent du Riss : au maximum glaciaire, les glaciers devaient recouvrir les sommets du Salève (blocs ératiques de la crête du Salève) et une grande partie des Voirons qui devaient pointer en *nunatak* (niveau des glaces = 1 100 m sur le flanc ouest).

Pendant le retrait du Riss, le glacier de l'Arve ne débordera le Salève que par une langue localisée à Monnetier-Mornex qui va entailler perpendiculairement à l'anticlinal une vallée perchée qui sépare actuellement le Petit Salève du Grand Salève. Cette entaille va s'accroître pendant la glaciation würm.

Suite au retrait des glaciers du Riss, les sillons creusés dans le substratum molassique vont être comblés par les atterrissements interglaciaires riss-würm. Ces sillons ont pour origine les vallons présents à la fin du Tertiaire et qui ont subi un surcreusement glaciaire. La datation du surcreusement est délicate ; chaque phase glaciaire antérieure au Würm a probablement apporté sa contribution au surcreusement.

Donc, au début du Würm, la morphologie est probablement empâtée par les atterrissements interglaciaires riss-würm (argiles, sables, graviers, cailloutis).

La glaciation würm avec son maxima vient balayer dans la région les dépôts antérieurs à l'exception toutefois des moraines riss parsemant la crête du Salève et les atterrissements interglaciaires situés dans les sillons de la molasse.

Au maximum würmien on assistera à la fin du façonnement de la vallée perchée de Monnetier-Mornex, au comblement de la vallée du Viaison par les moraines de fond du glacier arvien. Sur le flanc ouest des Voirons, le glacier du Rhône façonnera définitivement le replat d'Armia (980 m). Au fur et à mesure de retrait du Würm, le niveau des glaces va progressivement baisser en altitude, laissant ainsi apparaître les différentes traces würmiennes : le glacier du Rhône creusera les gouttières du flanc ouest des Voirons (Montauban 930-950 m, 700 m, 630 m, 600 m, 550 m) ; le glacier de l'Arve délaissera progressivement les collines molassiques d'Arbusigny-Esery pour se localiser dans la partie axiale de la vallée de l'Arve, en déposant bien-sûr ses moraines de retrait ; le glacier des Préalpes amorcera son retrait en quittant peu à peu les zones de Loëx, Fillinges puis Arpigny pour y former un cône de transition fluvio-glaciaire. C'est probablement à ce stade du retrait que se forme le chenal latéral de l'Arande qui va véhiculer jusqu'aux environs de St Julien en Genevois les eaux de fonte des divers glaciers.

A cette époque le glacier de l'Arve va creuser sa vallée dans les collines molassiques pour former le profil en auge de la vallée actuelle (creusement d'environ 300 à 400 m), pour arriver audessous des surfaces de Pollinge, Sur-la-Campagne, Champ du Bois, Reignier, Arthaz. Il déposera également les drumlins d'accumulation de Loëx, Les Bègues et Pouilly.

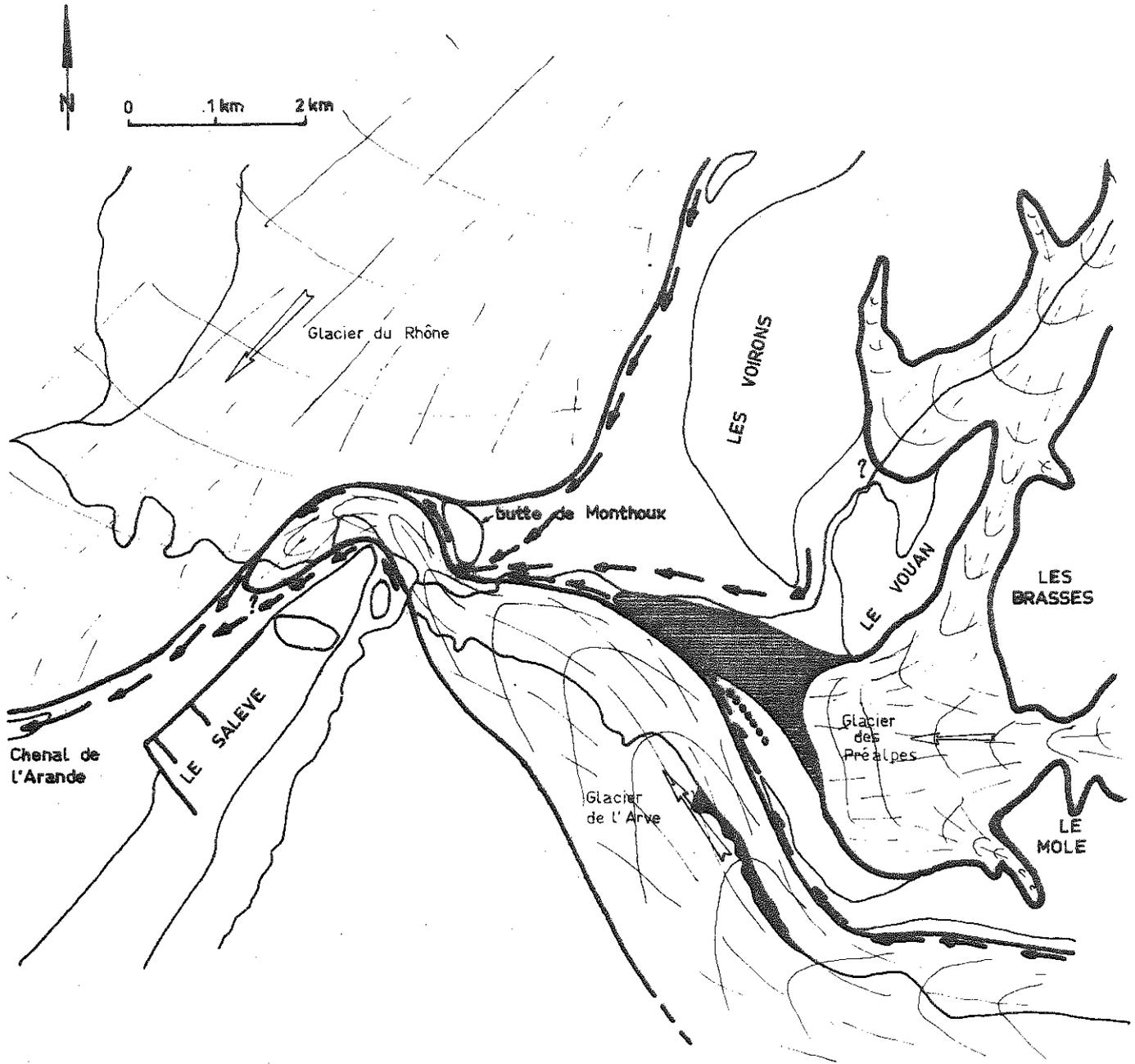


Fig. 55

RETRAIT WÜRM

Edification de la surface de Loëx - Fillings - Arpigny

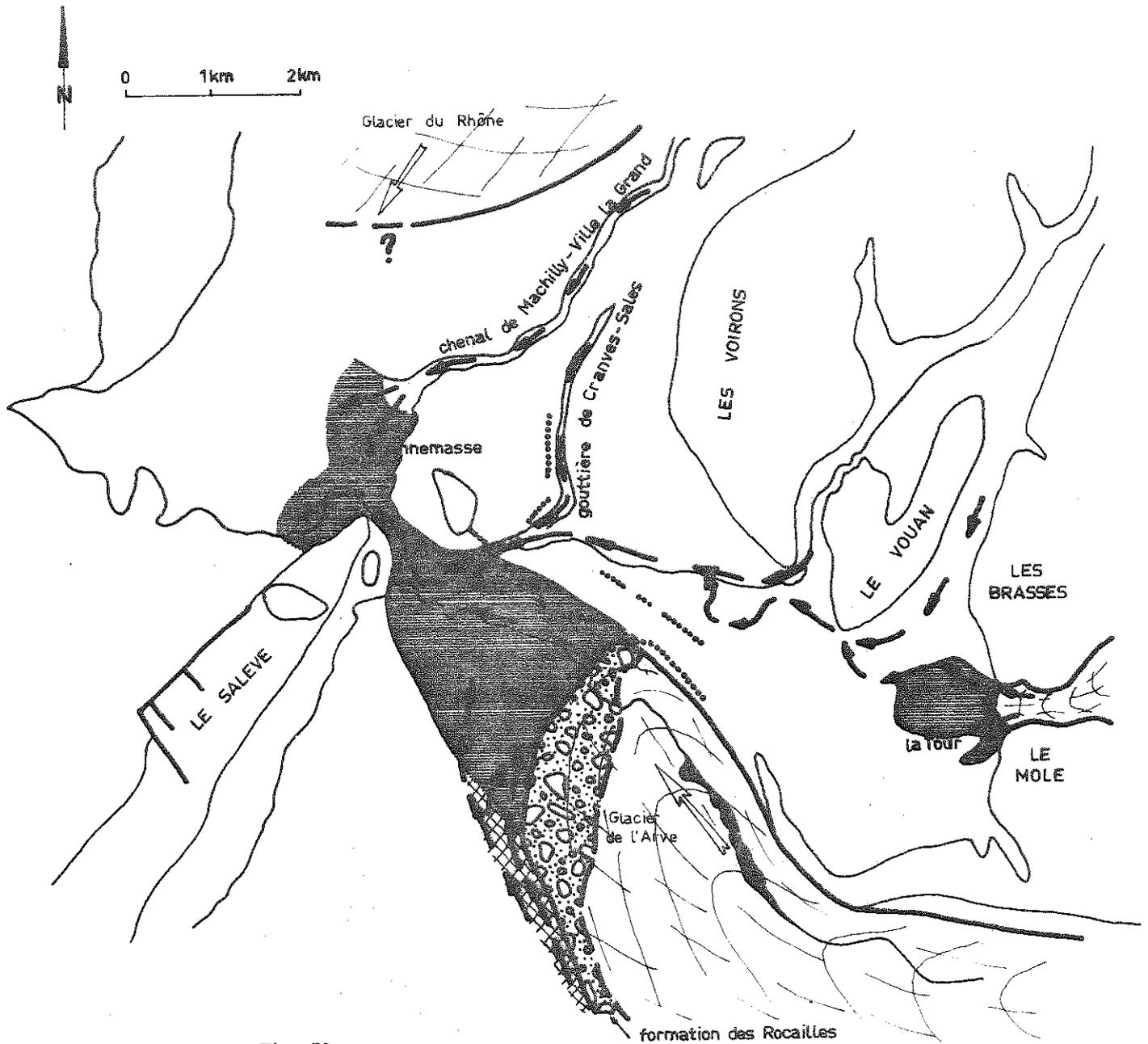


Fig. 56

FIN DU RETRAIT WÜRM

Edification des surfaces de la Tour, Arthaz, et Annemasse
 Dépôt des "Rocailles"

Le retrait du Würm va se poursuivre et on aboutira au dernier stade glaciaire connu dans la région : le stade des Rocailles. Ce stade est caractérisé par un apport massif de blocs éboulés provenant très probablement des falaises de calcaire urgonien du massif des Bornes, véhiculés par le glacier de l'Arve, et déposés sous forme de bourrelet fronto-latéral.

Le glacier de l'Arve alimente à ce stade un cône de transition frontal (surface d'Arthaz, Reignier etc...) par un chenal axé probablement sur l'actuel Arve et par un chenal latéral (chenal de Chevrier-Magny). Au Nord-Est, la limite du glacier à ce stade est représentée par le drumlin d'accumulation de Findrol.

Le glacier des Préalpes édifie ^{peut-être} à cette époque le complexe frontal de La Tour et le glacier du Rhône, le cône de déjection d'Annemasse au débouché du chenal de Machilly-Ville la Grand.

La surface d'Arthaz recueille des matériaux véhiculés par les chenaux de la Ménoge, du Foron et de la gouttière de Cranves-Sales.

Après la période glaciaire on assistera au creusement des vallées (Ménoge, Arve, Thy, Foron etc...), à l'édification des terrasses fini Würm holocènes (celles d'Annemasse, Etrembières, Turnier, Nant, Pont-Neuf et Scientrier pour l'Arve ; celles de la Forge, Bonne pour la Ménoge ; celles de Bosson, Arpigny pour le Foron), à la formation des glacis d'érosion fluviatils (Arenthon, Les Evaux), à la constitution du glacis d'épendage fluviatil remaniant les éléments cryoclastiques (pied du Salève Pouilly), à la formation des dolines sur le sommet des Brasses, des glacis d'éboulis du Môle, au creusement des vallées actuelles, à l'édification des terrasses modernes, cônes de déjection torrentiels etc..., sans oublier bien-sûr les éboulis de gravité.

Chapitre D

LES RESSOURCES NATURELLES DE LA REGION

I - LE POTENTIEL HYDRIQUE

Bien que l'approvisionnement en eau des environs d'Annemasse ne pose, actuellement, aucun problème, l'urbanisation intense de la région, que l'on constate depuis quelques années et qui ne cesse de s'accroître, entraînera bientôt une augmentation très prononcée de la demande en eau potable.

Pour répondre à ces besoins, la région étudiée offre quelques secteurs favorables localisés, pour la plupart, dans la vallée de l'Arve. Les formations aquifères sont constituées par les atterrissements interglaciaires Riss-Würm qui comblent les sillons creusés dans le substratum molassique et par les passées sablo-graveleuses des moraines du glacier de l'Arve.

Les petites nappes superficielles du type de Les Bioles (NW de Boège, vallée de la Ménoge) sont assez fréquentes dans la région, mais malheureusement, elles sont systématiquement polluées par les eaux de ruissellement issues des alpages avoisinants.

Dans la région de Peillonex-La Tour, les dépôts morainiques du glacier des Préalpes sont peu propices : la couverture est essentiellement argileuse sauf quelques lentilles sablo-graveleuses, en général de faible épaisseur et petite extension.

Les aquifères devront être également préservés des circulations karstiques du Salève : les prés que constitue la crête du Salève sont utilisés pour l'élevage des bovins, et les eaux ainsi polluées ne sont pas suffisamment épurées par le système de circulation karstique, et viennent polluer les nappes souterraines situées en bordure de l'anticlinal. Cette pollution a été mise en évidence au N.W. du Salève dans le secteur de Beaumont-Archamps (communication orale M. DOUDOUX - 1976).

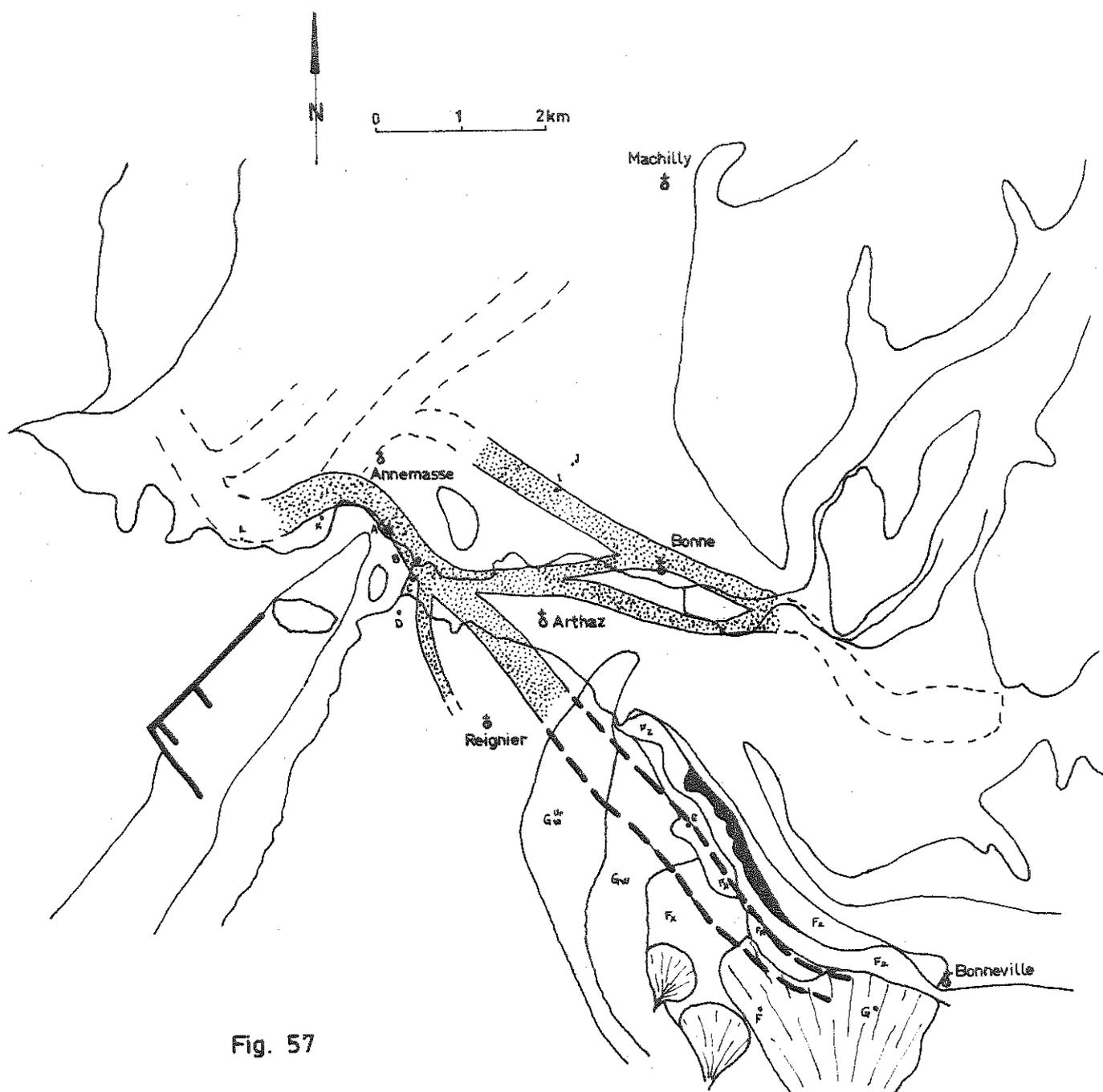


Fig. 57

AQUIFERES ET SILLONS DE LA MOLASSE
LOCALISATION DE QUELQUES SONDAGES

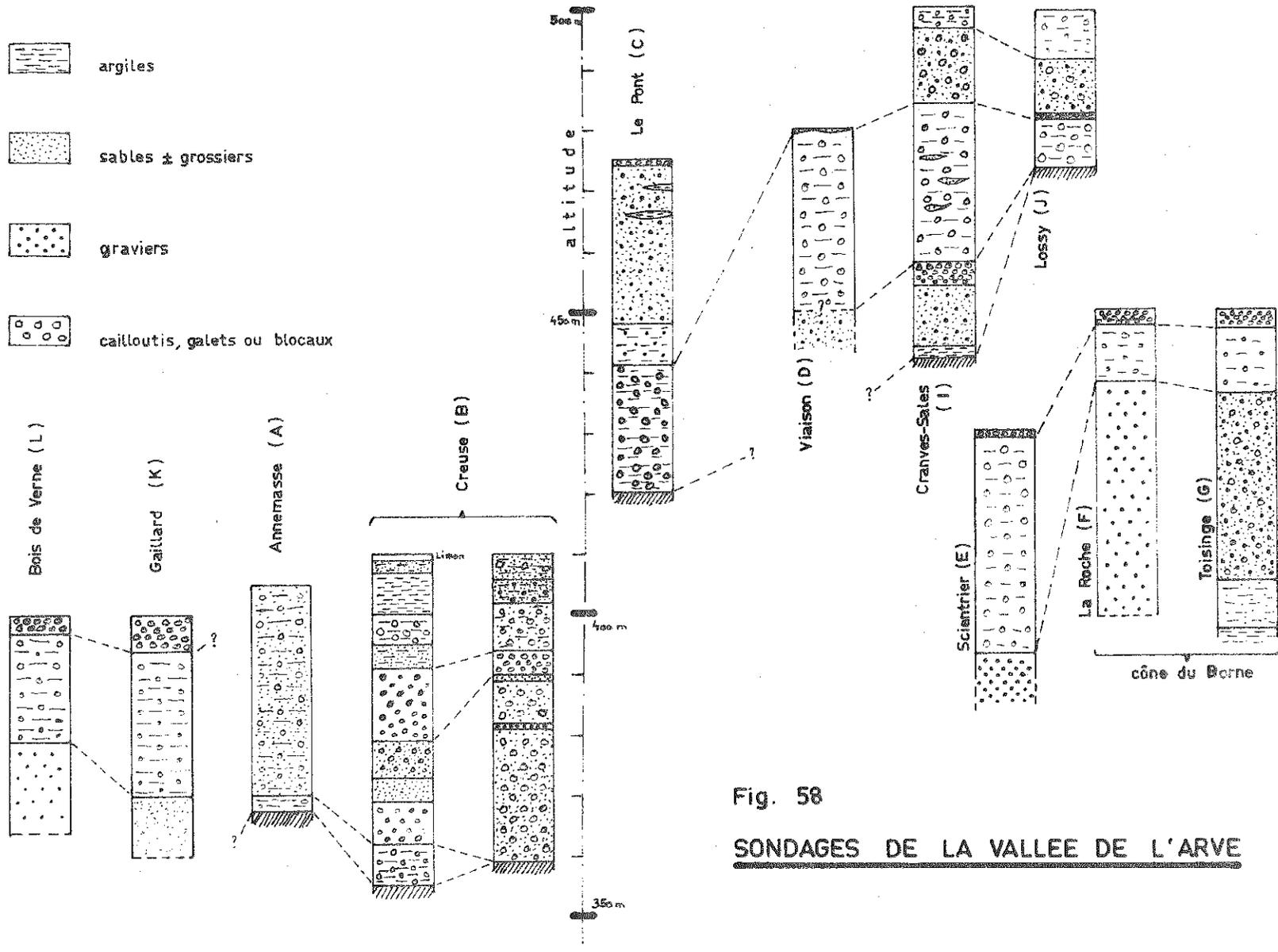


Fig. 58

SONDAGES DE LA VALLEE DE L'ARVE

localisation ?

Les nappes propices à l'exploitation de l'eau seront donc situées sous une couverture imperméable les protégeant des apports polluants verticaux (alpages, engrais), ou bien sûr un plancher imperméable, qui les isolera des circulations karstiques du Salève.

Les sondages de la vallée de l'Arve nous montrent que les sillons correspondent au profil souhaitable : schématiquement de bas en haut, un plancher imperméable constitué de moraine argileuse à galets et blocs striés, ensuite, une succession de matériaux sablo-graveleux, de cailloutis, et, enfin, une couverture imperméable de moraine argileuse à blocs.

Pour mieux définir le potentiel hydrique de la région, il serait intéressant d'effectuer une série de coupes transversales à la vallée de l'Arve : la méthode des sondages électriques, calés par quelques forages judicieusement placés, devrait fournir suffisamment de données, permettant d'établir ainsi une carte hydrogéologique détaillée de la région.

En ce qui concerne l'exploitation des nappes, il faudrait être très prudent, et faire absolument une étude hydrodynamique précise et détaillée avant tout pompage important, car ces nappes restent fragiles aux pollutions précédemment décrites.

II - LES GRANULATS

L'urbanisation intense de la région d'Annemasse provoque une autre demande : celle des matériaux de construction, terrassement, etc... Pour répondre à ce besoin sans cesse croissant, la région offre trois types de matériaux intéressants : les dépôts du pied du Salève, les passées sablograveleuses et les cailloutis de la moraine et, enfin, les alluvions modernes de l'Arve.

a) Les dépôts du pied du Salève :

Ces dépôts sont exploités depuis de nombreuses années au Pas de l'Echelle. Le glaciaire d'éboulis cryoclastique est utilisé comme matériau de remblai et, pour les fractions fines, comme produit d'amendement des champs.

Dessous, les niveaux sableux, graveleux et caillouteux de la moraine rhodanienne constituent l'essentiel de l'exploitation. Ces diverses couches, entre-coupées par des niveaux d'argiles à galets, présentent un éventail assez large de faciès :

On y trouve des sables fins, des sables plus grossiers, des graviers

de différentes tailles, des cailloutis dont certains éléments peuvent atteindre plus de 10 cm, sans compter les galets et blocs présents dans les faciès grossiers. Ces dépôts sont généralement bien lessivés en argile et plus ou moins classés granulométriquement ; ils sont donc intéressants comme matériaux de construction.

On retrouve ces éboulis, sables, graviers et cailloutis en carrière près du passage à niveau de la N 206, au pied du Petit Salève. Près de Le Coin, on exploite en carrière les éboulis de calcaire urgonien du Salève.

Cet éboulis calcaire est facilement accessible (donc exploitable) depuis Etrembières, jusqu'au décrochement de Le Coin et, à proximité du Pas de l'Echelle, on retrouve, sous la couverture cryoclastique, les dépôts sablo-graveleux décrits précédemment.

b) Les passées sablo-graveleuses de la moraine :

Les deux carrières les plus intéressantes sont situées dans la vallée de l'Arve. La carrière de Le Pont, ouverte lors de la construction de l'autoroute B 41, se trouve à l'extrémité N.W. du plateau d'Arthaz. Décrite dans le chapitre concernant les dépôts quaternaires, cette carrière est exploitée pour ses sables et graviers et, à l'occasion, pour son cailloutis superficiel.

La sablière de Boringe, également décrite dans le chapitre concernant les dépôts quaternaires est avant tout exploitée pour ses sables fins. On y trouve aussi des sables grossiers, des graviers et des cailloutis. Les dépôts de cette carrière sont bien lessivés en argile.

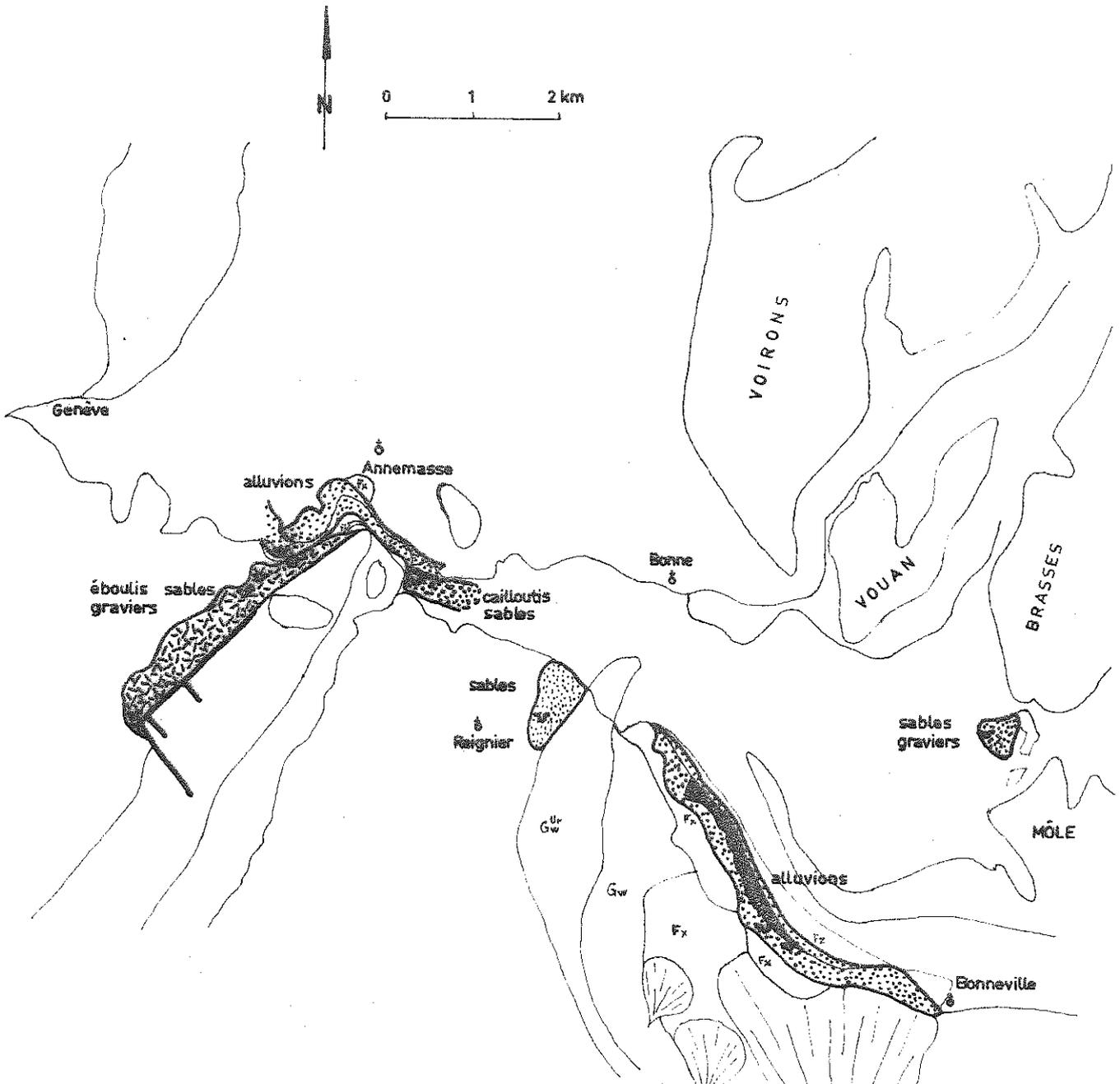
Le bourrelet morainique de La Tour est exploité pour ses sables et graviers : c'est pratiquement la seule sablière qui n'est pas située dans la vallée de l'Arve.

Mises à part ces trois exploitations de taille assez importante, on rencontre une grande quantité de petites sablières situées dans les passées sablo-graveleuses de la moraine (ex. : Mornex, Arpigny, etc...).

c) Les alluvions modernes :

Les carrières exploitant les alluvions modernes sont localisées dans le lit de l'Arve.

Au Nord, depuis Etrembières, jusqu'à Veyrier, le lit de l'Arve s'élargit



LOCALISATION DES GRANULATS FACILEMENT EXPLOITABLES

pour former une terrasse d'environ 1 km de large. Au Bois d'Arve, à Les Iles, en rive gauche, au Sud-Est de Verne, en rive droite, les carrières exploitent sous un cailloutis fluvial superficiel d'un à deux mètres d'épaisseur les sables et graviers appartenant probablement à la moraine sous-jacente.

Au Sud, depuis Contamine-sur-Arve, jusqu'à Bonneville, on exploite la terrasse inférieure de l'Arve, constituée de cailloutis et de graviers.

Cette exploitation doit cependant se faire prudemment car, comme à La Papeterie, on risque, en creusant, de faire déborder la nappe aquifère située dans le sillon de l'Arve.

La population a exploité également de façon très modeste les blocs urgoniens des Rocailles (pierre de taille), ainsi que les grès de Bonneville (bordures de routes) mais, ces matériaux ont été délaissés depuis l'utilisation des pièces préfabriquées en béton (parpaings, etc...).

En conclusion, la région offre des possibilités sérieuses d'approvisionnement en eau et en granulats, mais leur exploitation ne doit se faire qu'après une étude détaillée pour éviter les risques de pollution, de débit des nappes, etc...

Ce potentiel en eau, en granulats, la proximité de Genève, carrefour mondial du commerce, promettent à la région d'Annemasse un essor remarquable.

Chapitre E

CONCLUSIONS GENERALES

L'étude des formations tertiaires et quaternaires de la région d'Annemasse fait ressortir plusieurs points importants concernant leur connaissance et les méthodes d'investigation.

Le grand problème, pour la compréhension de la géologie locale, se situe au niveau de la corrélation des diverses formations entre elles. Le matériel les constituant, ayant des origines variées, le plus souvent éloignées (Piémontais, Briançonnais, Dauphinois, autochtone et l'avant-pays), il est indispensable de bien définir l'âge de leur dépôt.

Sables continentaux du Salève, molasse autochtone, molasse parautochtone, flyschs éocènes des Préalpes externes sont, généralement, sinon dépourvus, tout au moins pauvres en macrofossiles.

LES SABLES CONTINENTAUX DU SALEVE -

Les sables sidérolitiques du Salève sont rattachés à l'Eocène par les auteurs. Ces dépôts sporadiques de grès quartzeux et sables plus ou moins riches en oxyde de fer reposent sur ^{le} calcaire récifal de l'Urgonien, qui forme l'ossature du Salève. Ils se rencontrent généralement à la faveur des fissures et de dépressions karstiques qu'ils comblent sur le versant Est de la chaîne jurassienne.

Ces sables sont recouverts en partie par le Poudingue de Mornex attribué au Rupélien (= Oligocène inférieur), par A. LOMBARD et E. PAREJAS (1965).

Certains auteurs contestent cette attribution car on n'a jamais retrouvé depuis de fossiles permettant une datation précise dans ces conglomérats de Mornex.

MIOCENE		Zonation de MARTINI	Associations Palynologiques des Voirons	VOIRONS	REGION DE BONNEVILLE	SALEVE		
OLIGOCENE	sup.	g ₃	CHATTIEN		Molasse rouge	Molasse rouge		
	inf.	Rupélien	g ₂	STAMPIEN sup.		Grès de Bonneville	Poudingue de Mornex	
			g ₁	STAMPIEN inf. (sannoisien)		Schistes mammo-mic. Schistes à Méletta Marnes à foram.		
EOCENE	sup.	Priabonien	e ₇	LUDIEN	NP 20	Aerospaeridium diktyoplokus		Flysch basal à écailles	Calcaire gréseux à foraminifères Calc. et conglomérat à nummulites
			e _{6b}	MARINESIEN	NP 19			
			e _{6a}	AUVERSIEN	NP 18			
	moy.		e _{5c}	sup.	NP 16	Wetzeliella articulata	Flysch du Vouan	Calcaire et grès à N. aturicus
			e _{5b}	LUTETIEN moy.	NP 15			
			e _{5a}	inf.	NP 14			
	inf.		e ₄	CUISIEN	NP 13 NP 12	Wetzeliella coleothrypta	Flysch des Voirons	EMERSON sables continentaux
			e ₃	ILERDIEN	NP 11			
			e ₂	THANETIEN	NP 9			
PALEOCENE		e _{1b}	MONTIEN	NP 8 NP 7 NP 6	Deflandrea speciosa			
		e _{1a}	DANIEN	NP 5				
CRETACE								

Tab. 4

TABLEAU SCHEMATIQUE DE L'AGE DES DIVERSES FORMATIONS ETUDIEES

Ces dépôts sont donc post Barrémo-Aptien et anté-Oligocène inférieur.

On peut cependant réduire cet intervalle d'environ 90 millions d'années de plus de moitié, si l'on considère que le domaine de Salève a été le siège d'une sédimentation marine jusqu'au Sénonien, dont on retrouve des témoins, aussi bien dans le domaine subalpin (Bornes) que dans le domaine jurassien (cf. LOMBARD A., CHAROLLAIS J., 1965).

Ces calcaires crétacés n'ont pas résisté à l'érosion consécutive à l'émersion éocène qui a décapé les séries post-urgoniennes.

Les limites maximales du dépôt de ces sables se situent donc ainsi :

- limite inférieure : fin du Crétacé supérieur, début du Tertiaire ;
- limite supérieure : fin de l'Eocène, début de l'Oligocène inférieur.

LES FLYSCHS EOCENES DES VOIRONS -

Pour la partie supérieure, flysch des Voirons et conglomérat du Vouan, la datation est assez précise.

Les meilleurs résultats concernent le grès des Voirons, qui débute au Danien et se termine au Lutétien inférieur.

Malgré une flore contenant des débris ligneux carbonisés, des formes remaniées du Crétacé et divers débris, et une absence de marqueur, les Dinophycées évoquent toutefois des associations éocènes probables, malgré leurs formes souvent déformées ou altérées.

Un échantillon (carrière Acharé) a fourni *Cyclonephelium ordiurtum*, caractéristique du Thanétien supérieur et *Wetzeliella homomorpha*, caractéristique de l'Ilerdien, ce qui permet de placer cet horizon dans la zone NP 9 des nannofossiles calcaires de MARTINI (1971)

Mes échantillons, provenant des conglomérats du Vouan, n'ont pas été favorables à la diagnose palynologique, toutefois, l'âge de ces flyschs est assez précis (cf. JAN DU CHENE R., GORIN G., VAN STUIJVENBERG J.-1975).

La base de cette formation est en contact stratigraphiques assynchrone sur les grès des Voirons : ce contact débute à la base de l'Ilerdien, et se termine au Lutétien inférieur.

Le haut de la série est mal défini, mais se situe probablement à la base du Priabonien.

Donc, mise à part la limite supérieure des conglomérats du Vouan, la datation de ces flyschs supérieurs est suffisamment précise.

LA MOLASSE -

Pour la molasse, le problème se pose avec l'absence de marqueur précis.

Les échantillons soumis à la diagnose palynologique sont souvent pauvres en dinophycées, aphytiques ou contiennent de rares pollens indéterminables, du matériel remanié du Crétacé, des débris libéro-ligneux carbonisés.

Quand les échantillons sont favorables, la flore déterminée ne permet pas de trancher entre l'Eocène supérieur et l'Oligocène inférieur.

Cette fourchette, en apparence précise, s'est avérée fort embarrassante pour distinguer les flyschs Priaboniens à écailles de la molasse parautochtone.

En effet, les faciès sont très ressemblants, malgré une tendance moins gréseuse du flysch à écailles et, d'autre part, le contact entre les deux formations est très discret, lorsqu'il y a absence de blocs de calcaires mésozoïques dans le flysch.

Malgré tout, il me semble qu'il faille attribuer cette molasse à l'Oligocène inférieur car les éléments Eocène supérieur doivent représenter une "pollution", tout comme les formes remaniées du Crétacé.

Ce type de raminement évoque ceux ("niveaux poubelles") qui sont connus au sein des séries des Klippes des Annes et du Sulens (communication orale J.J. CHATEAUNEUF).

Pour faire une distinction entre les flyschs éocènes et la molasse, je me suis référé à KUBLER (1970) qui se base sur la morphoscopie des grains de quartz pour différencier ces deux types de formation.

Après plusieurs essais infructueux, j'ai renoncé à cette méthode d'emploi délicat pour distinguer les flyschs éocènes de la molasse parautochtone et de la molasse autochtone : les grains sont plus ou moins émoussés, soit encore anguleux et toujours luisants.

Par contre, une différence notable est visible avec les grains ronds-mats (30 %) des sables sidérolitiques du Salève.

KISSLING, dans sa thèse (1974), sur "l'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse" base sa biostratigraphie sur les micro-mammifères.

Ce groupe présente les avantages suivants :

- son taux évolutif élevé permet une subdivision fine des séries ;
- l'indépendance des mammifères par rapport au milieu de sédimentation ;
- il suffit souvent d'une seule dent pour effectuer une détermination précise.

Toute médaille ayant son revers, le gros désavantage de cette méthode consiste en la quantité de sédiment à traiter : 20 à 50 kg ou plus sont nécessaires pour l'obtention d'une dent déterminable.

Pour cette dernière raison, il m'a été techniquement impossible de me servir de cette méthode.

Le flysch basal à écailles mésozoïques, malgré les débris ligneux abondants et une carbonisation moyenne, renferme cependant une microflore souvent abondante mais parfois pyritisée.

L'âge probable des différents échantillons est Bartonien (Eocène supérieur) ou bien Eocène supérieur à Oligocène inférieur.

L'âge présumé Bartonien de ces flyschs se vérifie donc par palynologie. Le milieu de dépôt étant marin, il serait profitable d'étudier la nannoflore calcaire qui pourrait permettre une meilleure datation de ces flyschs.

En conclusion, malgré les imperfections de datation qui existent encore actuellement, les formations étudiées sont d'âge relativement bien défini et permettent un essai de reconstitution de l'évolution paléogéographique de la région.

LES FORMATIONS QUATERNAIRES -

En ce qui concerne la couverture quaternaire, il faut, avant tout, simplifier la vision de l'histoire de la région. En effet, la subdivision de la période Würm en plusieurs phases est largement sujette à caution et, je pense qu'il faut définitivement abandonner les termes de Würm I, Würm II, etc... pour la région car, aucun indice sérieux ne prouve l'existence

de ces diverses phases. Certains auteurs critiquent les phases Danau, Biber, Günz, Mindel, Riss, Würm ; d'autres s'accrochent aux phases I, II, III du Würm.

Par raison de commodité, nous garderons la terminologie alpine mais, sans utiliser les subdivisions de ces phases.

Dans la région, on peut différencier quatre types de dépôts quaternaires : les plus anciens sont constitués par les blocs erratiques du sommet du Salève, viennent ensuite, les dépôts inter-glaciaires Riss-Würm des sillons molassiques, les moraines des flancs de vallée et, enfin, les dépôts composites de l'axe des vallées caractérisant la fin des phases froides du Quaternaire (vallée de l'Arve, du Rhône, complexe de La Tour, etc...).

L'étude de ces dépôts quaternaires est directement exploitable car elle donne de précieux renseignements sur l'hydrogéologie régionale et aussi sur le potentiel en granulats exploitables dans la région.

A N N E X E S



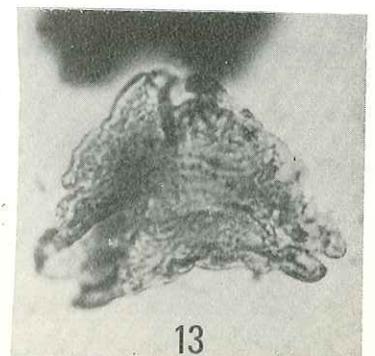
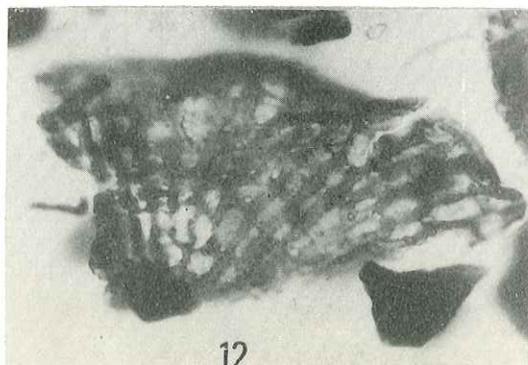
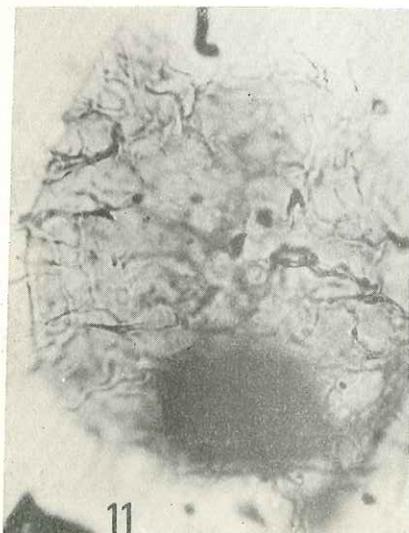
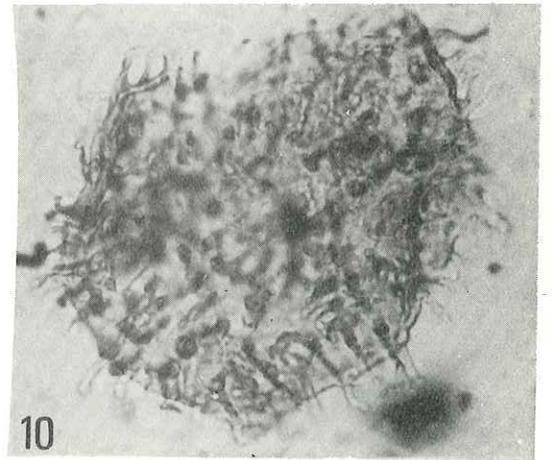
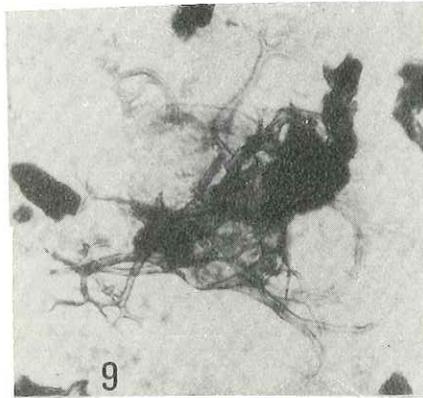
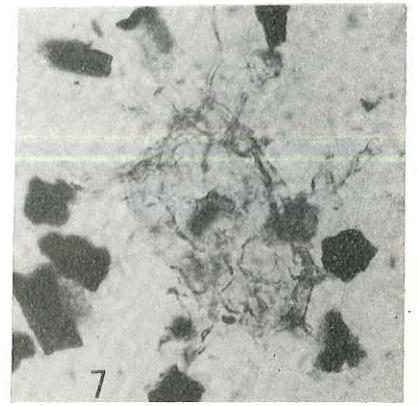
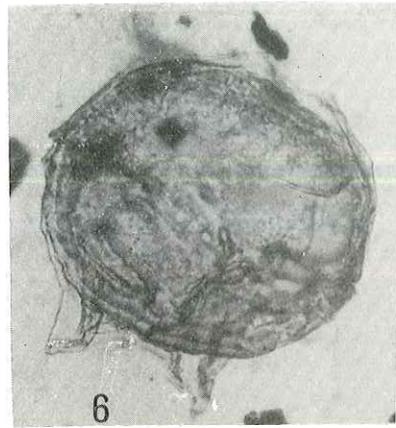
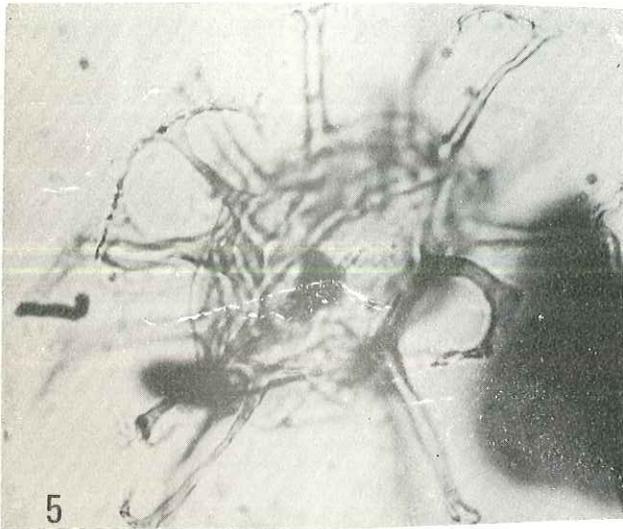
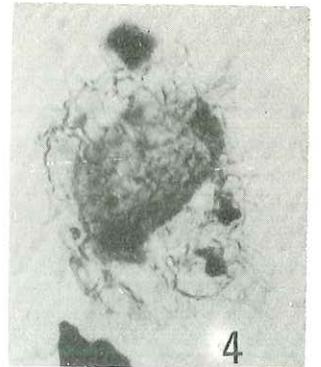
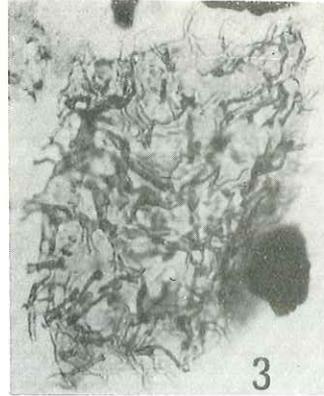
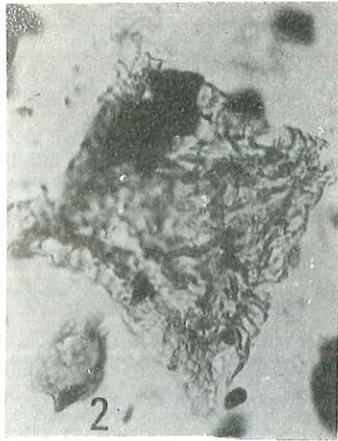
L E G E N D E

=====

MICROFLORE

DETERMINATIONS J.J. CHATEAUNEUF, B.R.G.M., ORLEANS

1.- Thalassiphora cf. velata (DFL. - COOK.) EIS. - GOCHT 1960 - n° KG 515	x	500
2.- Kisselia clathrata EIS. 1938 - KG 515	x	500
3.- Wetzeliella aff. articulata COSTA - DOWNIE 1976 - KG 219	x	500
4.- Cyclonephelium ordinatum WILLIAMS-DOWNIE 1966 - KG 219	x	500
5.- Areosphaeridium arcuatum EATON 1971 - KG 219	x	1000
6.- Deflandrea leptodermata COOKSON - EISENACK 1965 - KG 15	x	500
7.- Distatodinium paradoxum (BROSIUS) EATON 1976 - KG 15	x	500
8.- Achomosphaera cf. alcicornu (EISENACK) DAVEY-WILLIAMS 1966 - KG 15 ..	x	500
9.- Achomosphaera ramulifera (DEFL.) EVITT 1963 - KG 15	x	500
10.- Cyclonephelium compactum DEFL.-COOK 1955 (remanié du Crétacé) - KG 15	x	1000
11.- Areoligeraceae - KG 23	x	1000
12.- Fragment de Thalle de Phycopeltis microthyrioides (Algue) - KG P4 ...	x	1000
13.- Bohlensipollis hohli KRUTZCH - KG 515	x	1000

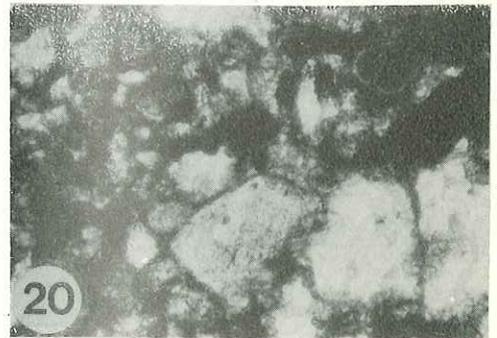
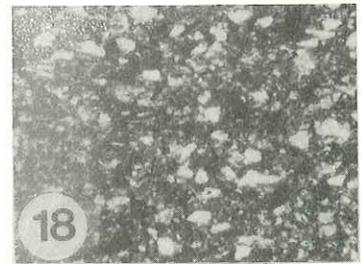
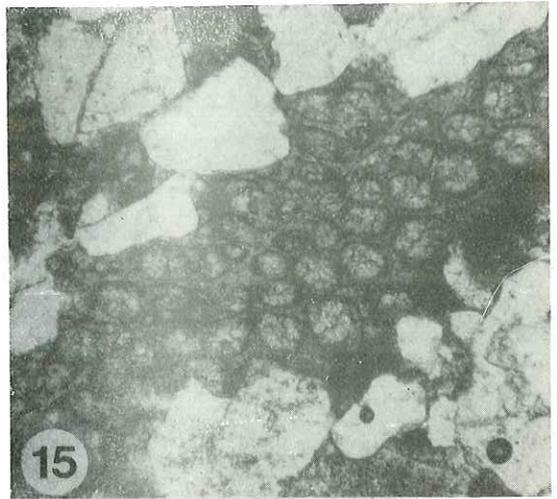
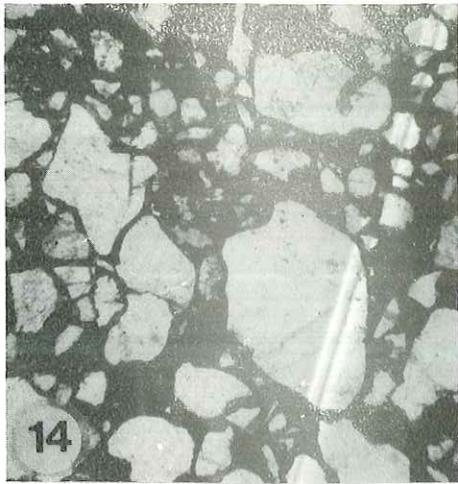


L E G E N D E

=====

Les photos des lames minces ont toutes été prises
à un grossissement de 35 fois

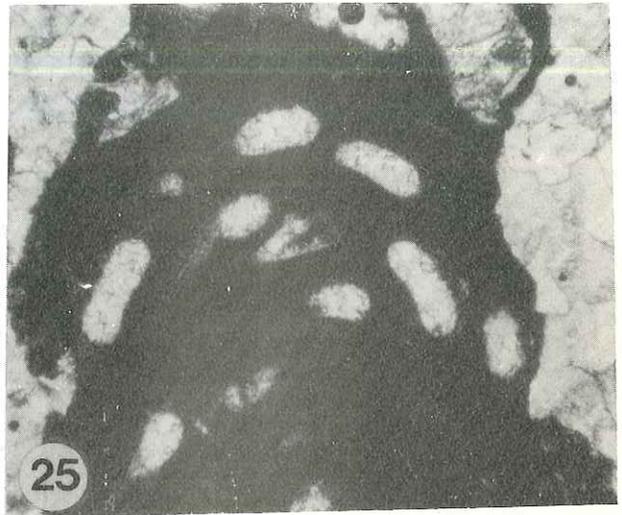
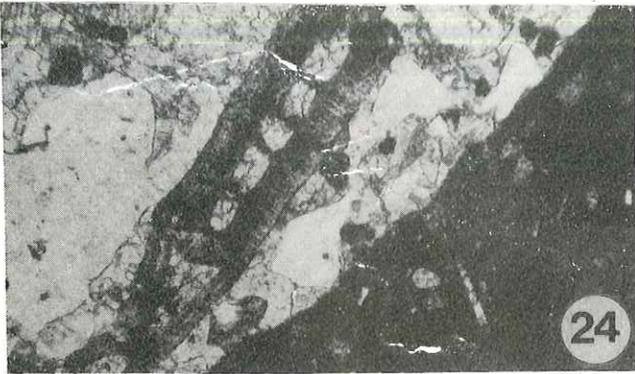
- 14 Sables continentaux éocènes du Salève (Mornex). Les grains de quartz bien arrondis sont noyés dans une matrice constituée d'oxyde de fer.
- 15-16-17 Poudingue de Mornex (gare de Mornex).
C'est un conglomérat remaniant des galets calcaires du Salève (calcaire noir à Calpionnelles, Urgonien, etc...) dont les surfaces sont souvent altérées et oxydées (photo 16). La matrice gréso-calcaire contient de nombreux débris de fossiles calcaires (bryozoaires photo 15 ; huître, photo 17)
- 18 Molasse rouge (Bonneville)
Grès fin à ciment calcaire, souvent altéré, contenant de rares micas et dépourvu de fossile.
- 19 Molasse autochtone (vallée du Viaison, La Muraz). Grès assez grossier, essentiellement constitué de grains de quartz anguleux. On y trouve des feldspaths toujours altérés, quelques rares muscovites et des débris de roches éruptives. On distingue nettement sur la photo des taches sombres, constituées par des amas d'oxydes.
- 20 Molasse autochtone (Machilly).
Grès à stratification entrecroisée. On y trouve de rares débris de Globigérines (photo) et de Nummulites.



L E G E N D E

=====

- 21 Molasse parautochtone (rui-seau du Moulin au N.W. de Milly).
Grès à quartz anguleux, assez altéré et ciment calcaire à débris de Globorotalia; de tests de mollusques, de Nummulites, etc...
La photo montre un gros grain de quartz bien roulé près d'un filonnet de calcite.
(Les petites taches rondes sont dues à des bulles d'air dans la trame mince).
- 22 Flysch basal des Voirons à écailles mésozoïques, N.E. de Lucinges).
C'est un grès assez fin à ciment calcaire et stratification entre-croisée, comportant, dans certains lits de nombreux débris de fossiles : Discocycline, Globigérines, loges initiales de Nummulites, etc....
- 23-24 Flysch des Voirons (crête des Voirons)
- 25-26 Grès microconglomératique à galets divers (calcaire à Calpionnelles du Berriasien, photo 24) remaniés du Jurassique et du Crétacé.
- 27 Il contient de nombreux débris de fossiles : Discocycline, Globotruncana, Orthophragmine, Operculine, Gastéropode, Lamellibranches et des fragments de Lithotamnium.



L E G E N D E

=====

28-29 Flysch des Voirons

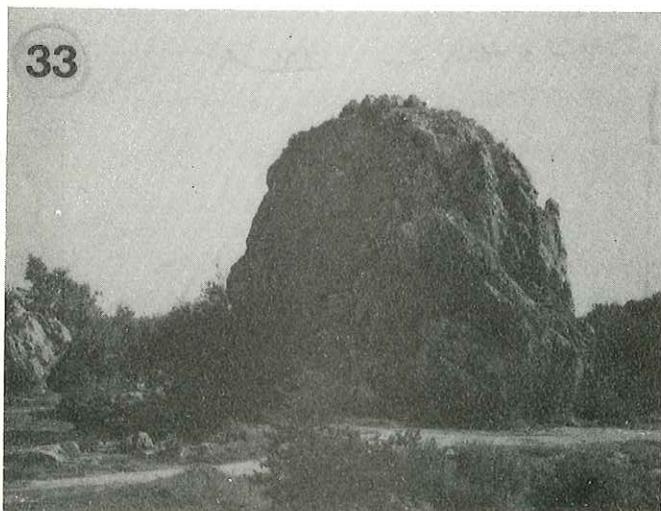
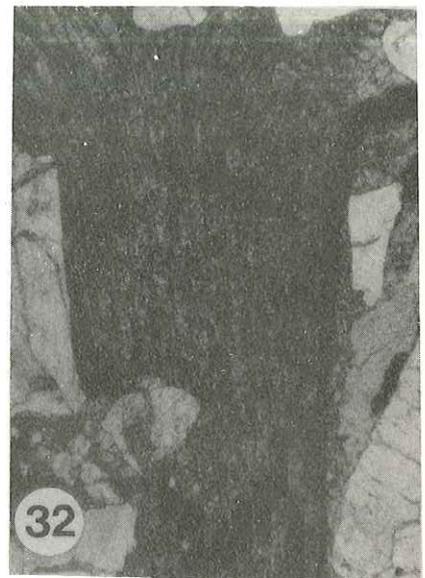
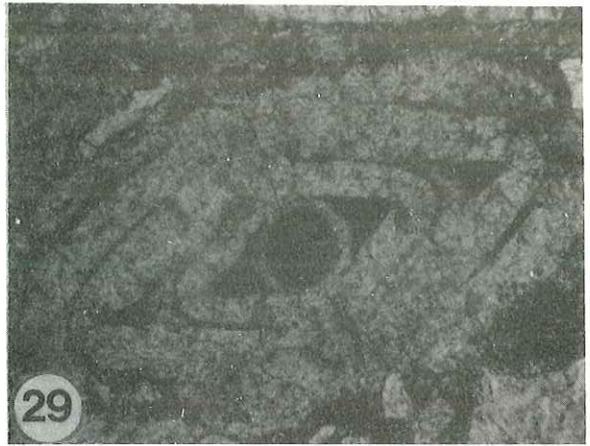
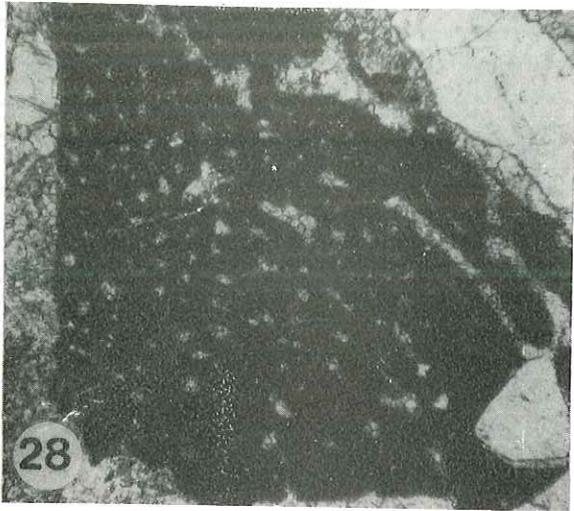
Grès grossier à matrice calcaire montrant sur les photos
une Orbitoline et une Nummulite, toutes deux remaniées.

30-31 Flysch du Vouan

32 Grès grossier à microconglomératique à nombreux débris :
Bryozoaires, Lithotamnium, Globorotalia, Miliolles, Orthophragmine.

33-34 Dépôt Frontolatéral des Rocailles.

Bloc de calcaire urgonien (hauteur environ 8 m.) et carrière
(hauteur du front 5 m) montrant un amas de blocs probablement
dû à la désagrégation sur place, par le gel, d'énormes
blocs transportés par le glacier de l'Arve.



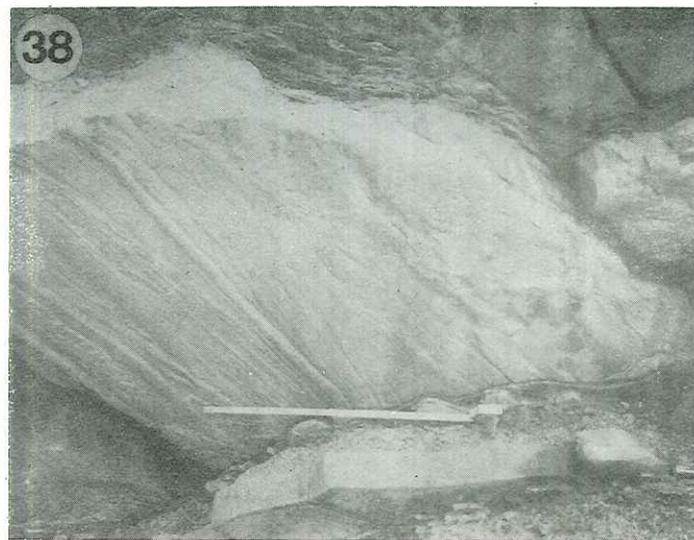
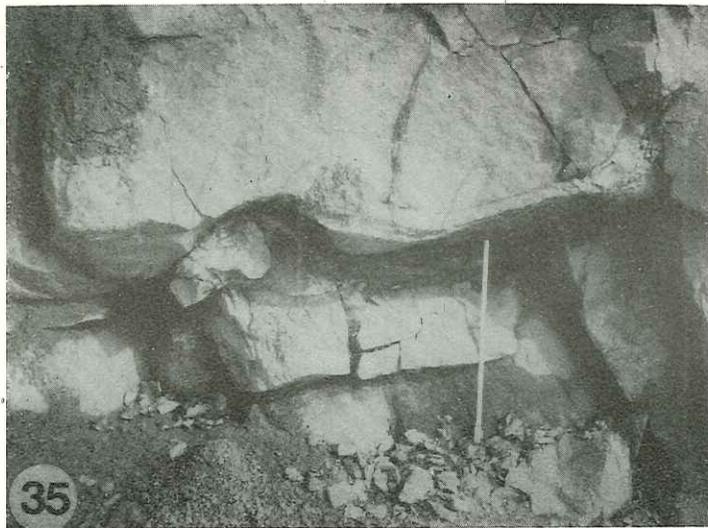
L E G E N D E

=====

FIGURES de COURANT de la MOLASSE PARAUTOCHTONE

L'échelle est donnée par le mètre ruban déroulé sur une longueur
de 50 cm

- 35 Grès à termination ondulée (wavy lamination)
- 36 A la base des bancs gréseux : flute casts.
- 37 Toujours en base de banc, flute casts sur le banc supérieur,
skip casts sur le banc inférieur.
On distingue, à droite du banc inférieur un pseudonodule.
- 38 Détail des skip casts.



BIBLIOGRAPHIE

ACHARD R., JAYET A. (1962)

Sur l'extension respective des glaciers du Rhône et de l'Arve, au cours de la période würmienne au voisinage du Mont Salève.

Arc. Sci. Soc. Phy. Hist. Nat. Genève, Vol. 15, fasc. 1.

ALVAREZ W., COCOZZA T., WEZEL F., (1974)

Fragmentation of the alpine orogenic belt by microplate dispersal.

Nature. Vol. 248.

AMBERGER G. (1978)

Contribution à l'étude du Quaternaire de la région lémanique : résultats de quelques sondages profonds exécutés à Genève.

Eclogae geol. Helv. , vol. 71/1, p. 193-206, Bâle.

ARMAND C., FOURNEAU J.C. (1978)

Les formations quaternaires de la basse vallée de l'Arve (Hte-Savoie, France)

Archives des Sciences Soc. Phy. Hist. Nat. Genève, vol , fasc. 2.

AUBOUIN J., BROUSSE R., LEHMAN J.P. (1973)

Précis de Géologie, Dunod, Paris.

BERTRAND M. (1892)

Le Môle et les collines de Faucigny (Hte Savoie)

Bull. Serv. Carte géol. France, n° 32, t. IV, p. 345-395.

CARON C. (1966)

Sédimentation et tectonique dans les Préalpes : "flysch à lentilles" et autres complexes chaotiques.

Eclog. géol. Helv., vol. 59/2.

CARON C. (1976)

La nappe du Gurnigel dans les Préalpes.

Eclog. géol. Helv., vol. 69/2, p. 297-308.

CHAROLLAIS J.J. (1963)

Recherches stratigraphiques dans l'Est du massif des Bornes (Hte Savoie)

Archives des Sciences Soc. Phy. Hist. Nat. Genève, vol. 15/4.

- CHAROLLAIS J., JAN du CHENE R., LOMBARD A., VAN STUIJVENBERG J. (1975)
Contribution à l'étude des flyschs des environs de Bonneville.
Géologie alpine t. 51, p. 25-34.
- DEBELMAS J., LEMOINE M. (1964)
La structure tectonique et l'évolution paléogéographique de la chaîne alpine d'après les travaux récents.
Information scientifique, janv-fev., n° 1, J.B. BAILLIÈRE & fils, Paris.
- DEBELMAS J. (1972)
A propos de quelques hypothèses récentes sur la genèse de l'arc alpino-apenninique.
Rev. Géol. Phys. Géol. Dyn., vol. XIV, fasc. 3, p. 229-244, Paris.
- DELEAU P.C. (1969)
Jeunesse du relief et stades du glaciaire local dans la région d'Annecy.
C. R. Sommaire Soc. Géol. France p. 188.
- DELEAU P.C. (1973)
Le glaciaire et les terrasses du bassin de l'Arve dans la région de La Roche sur Foron.
Bull. Soc. Géol. France, vol. XV, n° 3-4, suppl. 90-92.
- DUPLAIX S., GUILLAUME S. (1962)
Applications de la méthode des minéraux lourds à l'étude des formations crétacées et tertiaires du Jura.
C. R. Acad. Sci., France, 254, p. 1843-1845.
- GAGNEBIN E. (1937)
Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman.
Bull. Soc. Vaudoise, Sci. Nat. 59/243
- GIDON M., MONTJUVENT G., STEINFATT E. (1968)
Sur la morphologie fluvio-glaciaire aux marges des glaciers würmiens alpins : le dispositif moraine-chenal marginal.
Bull. A.F.E.Q. n° 15 1968 - 2
- GIGNOUX M. (1960)
Géologie stratigraphique.
5ème édition. MASSON & Cie, Paris.
- HOMWOOD P. (1976)
Sur les faciès des flyschs ultrahelvétiques dans les Préalpes internes romandes.
Eclog. Géol. Helv., 69/2, p. 281-295.

HSU K.J. (1960)

Paléocurrent structures and paléogéographie of the ultrahelvetetic flysch bassins, Switzerland.

Bull. Géol. Soc. Amer., vol. 71, p. 577-610.

HUBERT J.F. (1967)

Sedimentology of prealpine flysch sequences, Switzerland.

Jour. sed. Petro., vol. 37, n° 3, p. 885-907.

JAN du CHENE R., GORIN G. (1973)

Découverte de Scolécodontes dans l'Eocène des Voirons.

Archives des Sciences Soc. Phy. Hist. Nat., Genève.

JAN du CHENE R. (1975)

Répartition stratigraphique et nouvelles espèces de Scolécodontes des flyschs des Préalpes Externes.

Archives des Sciences, Soc. Phy. Hist. Nat., Genève, vol. 28/2.

JAN du CHENE R., GORIN G., VAN STULJVENBERG J. (1975)

Etude géologique et stratigraphique (palynologie et nannoflore calcaire) des grès des Voirons.

Géologie alpine, t. 51, p. 51-78.

JAYET A. (1950)

Génèse de l'appareil morainique observé aux glaciers de Valsorey et du Vélau (Valais, Suisse)

Archives des Sciences, Soc. Phy. Hist. Nat., Genève.

JAYET A. (1950)

Une conception nouvelle de la génèse morphologique du plateau genevois.

Tirage à part du "Globe" XCV Soc. Géog., Genève

JAYET A. (1958)

Les argiles feuilletées glacio-lacustres de Ferney.

Archives des Sciences Soc. Phy. Hist. Nat., Genève

JAYET A. (1958)

Remarques sur la composition, la structure, les déformations mécaniques des moraines glaciaires pléistocènes et actuelles.

Eclog. Géol. Helv., vol. 51/2.

JAYET A. (1960)

Sur l'origine de l'argile glaciaire de la région genevoise.

Archives des Sciences Soc. Phy. Hist. Nat., Genève.

JAYET A. (1966)

Résumé de géologie glaciaire régionale.
Ed. Chapuis Genève.

JAYET A. (1968)

Démonstration de l'âge würmien de l'érratique élevé du Salève entre
1 000 et 1 300 m.
C. R. Soc. Phy. Hist. Nat., Genève.

JOUKOWSKY E. (1941)

Géologie et eaux souterraines du Pays de Genève.
Impr. KUNDIG.

JOUKOWSKY E., FAVRE J. (1913)

Monographie géologique et paléontologie du Salève.
Mem. Soc. Phy. Hist. Nat., Genève, vol. 37/4.

KISSLING D. (1974)

L'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique suisse.
Stratigraphie et aperçu sédimentologique.
Thèse n° 1648 Genève.

KLAUS J. (1964)

Gurnigel sand stein.
Lexique strat. internat., vol. 1 Europe, fasc. 7c/I, p. 609-612,
C.N.R.S. Paris.

KUBLER B. (1970)

La composition des fractions fines et la distinction flysch-molasse
dans le domaine alpin et préalpin.
Bull. Soc. Géol. France, vol. (7) 12/4, p. 599-602.

LOMBARD Aug. (1939)

Influences tectoniques sur le modelé du bassin du Léman.
Bull. Ass. Géog. de France, vol. 123.

LOMBARD Aug. (1940)

Géologie des Voirons
Mem. Soc. Helv. Sci. Nat., vol. LXXIV n° 1.

LOMBARD Aug. (1965)

Evolution tectonique de la région lémanique

LOMBARD Aug., PAREJAS E. (1965)

Carte au 1/25 000^e de Genève

- LOMBARD Aug. (1965)
Panorama géologique du Salève.
Com. Géol. Suisse, Kümmerly & Frey S.A. Berne.
- LOMBARD Aug., CHAROLLAIS J. (1965)
La flexure du Salève-les Bornes et son influence sur la paléosédimentologie régionale.
Geologishm Rundschau Bd 55 Seite 542-548.
- LOMBARD Aug. (1967)
Paléosédimentation de bassins du type miogéosynclinal helvétique dauphinois.
Rev. Geog. Phy. Géol. Dyn., vol. IX, fasc. 3, p. 199-218.
- LOMBARD Aug. (1972)
Séries sédimentaires. Génèse - évolution.
Ed. Masson, Paris.
- MARTINI J. (1963)
Note sur le Tertiaire des environs de Mornex (Hte Savoie).
Archives des Sciences, Soc. Phy. Hist. Nat. Genève, vol. 15/3.
- MARTINI J. (1968)
Etude pétrographique des grès de Taveyanne entre l'Arve et le Giffre.
Bull. Suisse Min. Pétro., t. 48, fasc. 2, p. 539-654.
- MARTINI J. (1968)
Note sur la migration du géosynclinal subalpin savoyard à la fin de l'Eocène et au début de l'Oligocène.
C. R. Soc. Phy. Hist. Nat. Genève, vol. 3/2, p. 79-89.
- MARTINI E. (1971)
Standard tertiary and quaternary calcareous nannoplankton zonation.
Proc. II planct. conf. Roma (1970), p. 739-785.
- MASSON H. (1976)
Sur le wildflysch et l'ultrahelvétique liés à la nappe de Morcles.
Eclog. Géol. Helv., vol. 69/2, p. 265-278.
- MASSON H. (1976)
Un siècle de géologie des Préalpes : de la découverte des nappes à la recherche de leur dynamique.
Eclog. Géol. Helv., vol. 69/2, p. 527-575.

OLIVE P. (1972)

La région du lac Léman depuis 15 000 ans. Données paléoclimatiques et préhistoriques.

Rev. Géog. Phy. Géol. Dyn., vol. XIV, fasc. 3, p. 253-264.

PAIRIS B., PAIRIS J.L. (1975)

Précisions nouvelles sur le Tertiaire du Massif de Platé.

Géologie alpine, t. 51, Grenoble.

PELLETIER, JACQUARD (CES Bonneville) (1973)

Les alluvions de l'Arve. Les alluvions du Borne.

C.R.D.P. Grenoble Doc. B. G. n° 33

POLDINI J. (1963)

Les anomalies gravifiques du canton de Genève.

Mat. Géol. Suisse. C. Géophy. 4.

RIGASSI E. (1957)

Le Tertiaire de la région genevoise et savoisiennne.

Bull. Ass. Suisse Géol. Ing. Pétrole, vol 24/66.

TRUMPY R. (1976)

Du Pèlerin aux Pyrénées.

Eclog. Géol. Helv., vol 69/2, p. 249-264.

VAN STUIJVENBERG J., MOREL R., JAN du CHENE R. (1976)

Contribution à l'étude du flysch de la région des Fayaux.

Eclog. Géol. Helv., vol 69/2, p. 309-326.

DERCOURT J. PAQUET J. (1978)

Géologie, objets et méthodes

Dunod Université, Paris

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS	1
 <u>Chapitre A : INTRODUCTION</u>	
I - GENERALITES	3
II - SITUATION GEOGRAPHIQUE	3
III - SITUATION GEOLOGIQUE	5
IV - HISTORIQUE DES RECHERCHES SUR LES PREALPES	7
 <u>Chapitre B : LES FORMATIONS TERTIAIRES</u>	
I - GENERALITES	15
II - LES VOIRONS ET LE VOUAN	15
1°) Flysch basal des Voirons à écailles mésozoïques	20
2°) Flysch des Voirons et flysch du Vouan	23
III - SECTEUR DE FAUCIGNY-BONNEVILLE	31
IV - MOLASSE PARAUTOCHTONE - DOMAINE BASAL DES VOIRONS	37
V - BORDURE DU SALEVE ET MOLASSE AUTOCHTONE	64
VI - ESSAI DE RECONSTITUTION HISTORIQUE DU TERTIAIRE	69
 <u>Chapitre C : LES FORMATIONS QUATERNAIRES</u>	
I - GENERALITES	72
II - LES DEPOTS QUATERNAIRES ANCIENS	74
III - LE DOMAINE GLACIAIRE DES PREALPES	81
1°) Secteur de Saxel-Boège	81
2°) Vallées hautes de la Ménoge et du Foron (de Bogève).....	81
3°) Secteur de St Jeoire-Pouilly	84
4°) Complexe frontal de La Tour.....	84
5°) Le plateau de Fillinges-Arpigny.....	86

6°) Le plateau de Loëx	90
IV - LE GLACIER DE L'ARVE	90
1°) Les flancs de la vallée de l'Arve.....	91
2°) Secteur de Monnetier-Mornex et Essert-Salève.....	92
3°) Zone axiale de la vallée de l'Arve.....	96
a) secteur amont.....	96
b) secteur d'Arthaz	99
- carrière de Boringe	101
- carrière de Le Pont	105
- carrière de Turnier	105
V - LE GLACIER DU RHONE	109
1°) Secteur amont.....	110
2°) Secteur aval	114
VI - ESSAI DE RECONSTITUTION HISTORIQUE DU QUATERNAIRE	118
 <u>Chapitre D : LES RESSOURCES NATURELLES DE LA REGION</u>	
I - LE POTENTIEL HYDRIQUE	125
II - LES GRANULATS	128
a) Les dépôts du pied du Salève	128
b) Les passées sablo-graveleuses de la moraine	129
c) Les alluvions modernes	129
 <u>Chapitre E : CONCLUSIONS GENERALES</u>	
- LES SABLES CONTINENTAUX DU SALEVE	132
- LES FLYSCHS EOCENES DES VOIRONS	134
- LA MOLASSE	135
- LES FORMATIONS QUATERNAIRES	136
 ANNEXES	 138
BIBLIOGRAPHIE	149
TABLE DES MATIERES	155
Liste des figures	157

LISTE DES FIGURES

=====

<u>FIGURES</u>		<u>PAGES</u>
1	Situation géographique	4
2	Situation géologique	6
3	Anomalies gravimétriques résiduelles lémaniques (d'après POLDINI, 1963)	8
4	Axes gravimétriques et esquisse géologique (d'après POLDINI, 1963)	9
5	Reconstitution palinspastique des positions originelles des nappes des Préalpes Médianes et de la Brèche au Dogger (d'après SCHARDT, 1898)	11
6	Exemple de lambeaux mésozoïques ; Mont salvens (d'après une description de CARON, 1976)	17
7	Carte schématique des Voirons	18
8	Coupes transversales schématiques des Voirons .	19
9	Flysch des Voirons ; carrière de Fillinges (courbes stratonomiques)	25
10	Coupe de la route de BONS-SAXEL d'après R. JAN du CHENE, G. GORIN, J. VAN STUIJVENBERG, 1975)	28
11	Coupe du ruisseau des Gras d'après R. JAN du CHENE, G. GORIN, VAN STUIJVENBERG, 1975)	30
12	Schéma géologique de la région de Bonneville et coupe	32
13	Coupe du ravin de chez les Folliets d'après J. CHAROLLAIS, JAN du CHENE, LOMBARD, VAN STUIJVENBERG, 1975)	34
14	Schéma de situation du profil P et de la coupe du ruisseau de Panfony	40

LISTE DES FIGURES (suite 1)

=====

<u>FIGURES</u>		<u>PAGES</u>
15	Profil P	42 à 54
16	Distribution par classes d'épaisseur des litho- types de la molasse parautochtone	57
17-18-19	Courbes stratonomiques de la molasse parautochtone	58 à 60
20	Coupe du ruisseau de Panfoney	62
21	Le tertiaire des environs de Mornex d'après MARTINI, 1963)	66
22	Affleurement de la vallée du Viaison	68
23	Coupes schématiques de l'évolution de la chaîne depuis le Crétacé supérieur	70
24	Schéma de situation des domaines glaciaires au maximum du Würm	73
25	Localisation des "sillons" d'érosion affectant le substratum molassique (d'après AMBERGER, 1978 ; ARMAND et FOURNEAUX, 1978) ...	75
26	Sondages effectués dans les sillons	76
27	Terrasse holocène des Grandes Iles (vallée de la Ménoge)	78
28	Affleurement de La Forge (vallée de la Ménoge)	79
29	Affleurement de La Forge, détail	80
30	Glacier des Préalpes, Secteur de Saxel	82
31	Vallées hautes de la Ménoge et du Foron	83
32	Glacier des Préalpes, complexe terminal de La Tour	85

LISTE DES FIGURES (suite 2)

=====

<u>FIGURES</u>		<u>PAGES</u>
33	Coupe transversale de la vallée d'Entreverges ..	86
34	Dépôts fluvioglaciaires de la surface d'Arpigny	87
35	Schéma de situation des surfaces de LOËX , FILLINGES et ARPIGNY	88
36	Coupes de la région de LOËX, FILLINGES, ARPIGNY .	89
37	Panorama des secteurs de MONNETIER-MORNEX et ESSERT-SALEVE	93
38	Coupe longitudinale de la vallée de MONNETIER-MORNEX	94
39	Carrière de BAS-MORNEX	95
40	Basse vallée de l'Arve, secteur amont	97
41	Basse vallée de l'Arve, secteur d'Arthaz	100
42	Carrière de Boringe, vue et détail de la partie N.W.	102
43	Carrière de Boringe, vue et détail de la partie S.E.	103
44	Carrière de Le Pont	104
45	Situation des coupes du secteur d'Arthaz	106
46	Coupes du secteur d'Arthaz	107
47	Schéma récapitulatif des dépôts quaternaires de la vallée de l'Arve	108
48	Glacier du Rhône, secteur amont	111

LISTE DES FIGURES (suite 3)

=====

<u>FIGURES</u>		<u>PAGES</u>
49	Coupe du versant EST de la chaîne des Voirons ...	112
50	Profil longitudinal des cheneaux de Cranves-Sales et de Machilly-Ville La Grand	113
51	Glacier du Rhône, secteur aval	115
52	Carrière du Pas de l'Echelle	116
53	Maximum würmien ; stade caractérisé par la langue glaciaire de MONNETIER-MORNEX et par le comblement de la vallée du Viaison	119
54	Secteur de MONNETIER-MORNEX ; limite des glaces au maximum würmien et pendant le retrait würmien	120
55	Retrait Würm ; édification de la surface de LOËX - FILLINGES - ARPIGNY	122
56	Fin du retrait Würm ; édification des surfaces de La Tour, Arthaz et Annemasse ; Dépôt des "Rocailles".....	123
57	Aquifères et sillons de la molasse - Localisation de quelques sondages	126
58	Sondages de la vallée de l'Arve	127
59	Localisation des granulats facilement exploitables	130

LISTE DES TABLEAUX

=====

<u>TABLEAUX</u>		<u>PAGES</u>
1	Diagnose palynologique - Flysch basal des Voirons à blocs exotiques mésozoïques ...	21
2	Diagnose palynologique - Grès des Voirons	26
3	Diagnose palynologique - Molasse parautochtone des Voirons et molasse rouge de Bonneville et de Bonne	39
4	Tableau schématique de l'âge des diverses formations étudiées	133