Géologie Alpine, t. 56, 1980, p. 251-282

Excursion 99

Glaciations quaternaires dans les Alpes franco-suisses et leur piedmont

par G. MONJUVENT* et J. WINISTORFER**

avec la collaboration de :

B. BLAVOUX (Centre de Recherches Géodynamiques, Thonon), E. BONIFAY (Centre National de la Recherche Scientifique, Marseille-Luminy), A. BORNAND (Institut National de la Recherche Agronomique, Montpellier), A. BRUN (Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Paris VI), E. COLOMB (Université de Provence, marseille), L. DAVID (Université Claude Bernard, Lyon), M. DUBAR (Centre de Recherches Archéologiques, Valbonne), J. GABERT (Université d'Aix-Marseille, Aix-en-Provence), C. GUERIN (Université Claude Bernard, Lyon), CH. HANNSS (Université de Tübingen, République Fédérale Allemande), R. HANTKE (Ecole Polytechnique Fédérale, Zürich, Suisse), P. MANDIER (Université de Lyon II), N. MONGEREAU (Université Claude Bernard, Lyon), PH. OLIVE (Centre de Recherches Géodynamiques, Thonon), CH. SCHLUECHTER (Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich, Suisse), J.J. TIERCELIN (Centre National de la Recherche Scientifique, Marseille-Luminy).

* Centre National de la Recherche Scientifique, Institut Dolomieu, Grenoble.

** Institut de Géographie, Université de Lausanne, Suise.

INTRODUCTION : PROBLÈMES DE STRATIGRAPHIE ET DE CHRONOLOGIE DU QUATERNAIRE ALPIN

Cette excursion se propose d'exposer les problèmes du Quaternaire alpin, essentiellement relatifs aux glaciations, par l'exemple du bassin du Rhône, en faisant le point des recherches les plus récentes et sans dissimuler les difficultés et les divergences qui seront détaillées par les différents auteurs à chaque étape.

Les problèmes qui se posent sont en effet multiples. On peut les résumer essentiellement dans la recherche du nombre des avancées des glaciers (ou épisodes glaciaires), de leurs reculs (épisodes interglaciaires ou interstadiaires), de leur corrélation d'une vallée à l'autre, de leur chronologie et de leurs relations avec les climats.

Depuis PENCK et BRUCKNER qui ont établi le système glaciaire des Alpes selon un schéma à quatre glaciations les chercheurs se sont généralement attachés à retrouver et à préciser ce modèle. La synthèse générale la plus récente (F. BOURDIER, 1961-1967) l'a confirmé : les moraines internes (récentes) et le complexe des basses terrasses sont reconnus Wurm ; les moraines externes (anciennes) et le complexe des moyennes terrasses (Hautes Terrasses de P et B) Riss ; le complexe des hautes terrasses (Deckenschotter récent) Mindel, celui des très hautes terrasses (Deckenschotter ancien) Gunz. Les moraines du Wurm récent sont subdivisées en trois stades postérieurs au complexe de la basse terrasse ; le Riss aussi : deux stades glaciaires (moraines de Pajay et de la Côte Saint-André), un stade d'éolisation (lœss) ; les hautes terrasses sont subdivisées en deux niveaux : Mindel I (Tourdan), Mindel II (Anneyron), et une moraine de fond découverte à la base de la terrasse de Tourdan ; les très hautes terrasses comprennent plusieurs niveaux : l'Amballan, fluviatile, du Villafranchien ancien ; les Grandes-Bruyères, fluvio-glaciaire probable, rapporté au Donau ; le plateau de Louze, de caractère fluvio-glaciaire (blocs erratiques), attribué à un Günz I, les Chals à un Gunz II. Enfin les alluvions sommitales à galets géants du plateau de Chambaran représenteraient le fluvio-glaciaire du Biber (Proto-Villafranchien)*, antérieur de beaucoup aux lœss à bancs durcis de Saint-Vallier du Villafranchien moyen (2 MA). Ainsi les quatre glaciations de PENCK et BRUCKNER seraient présentes en Bièvre-Valloire, et les deux glaciations plus anciennes définies ensuite (EBERL B., SCHAEFER I.) dans la proche vallée du Rhône. Leur distinction est faite essentiellement, comme l'admettait PENCK, sur des arguments morphologiques étayés par des données paléopédologiques et les couvertures limoneuses.

Cependant d'autres interprétations chronologiques ont été proposées, qui portent surtout sur la datation des nappes alluviales anciennes et des moraines externes. Les plus nombreuses attribuent au Mindel les moraines externes (GIGOUT M., 1969, dans le Rhône et la Bièvre-Valloire ; TRICART J., 1954, BONIFAY E., 1967 et TIERCELIN J.J., 1974, en Durance), voire même au Günz (KUHNE U., 1974). Les arguments reposent essentiellement sur la notion de « sol rouge », attribué à un « Ferretto », qui caractériserait les dépôts mindéliens.

Plus rares sont celles qui ne voient dans l'ensemble des moraines externes et internes et des très hautes et hautes terrasses que la manifestation d'une seule avancée glaciaire, la dernière (Würm), dont les différents niveaux représenteraient seulement des stades de retrait (DAVID L. 1969, en Lyonnais à la suite de JAYET A., 1964). Ici, l'argumentation repose sur l'absence de signification chronologique qu'auraient les emboîtements, les altérations superficielles et les couvertures limoneuses, et sur l'absence de fossiles significatifs.

Les autres problèmes à l'ordre du jour concernent la subdivision des complexes rissiens et würmiens en stades et interstades ainsi que les conditions de la déglaciation würmienne, notamment les possibles « récurrences » tardi-glaciaires.

La question de la subdivision des complexes rissiens est générale. En Bièvre-Valloire deux systèmes moraines-terrasses fluvio-glaciaires existent en aval des moraines wurmiennes les plus avancées : les moraines dites externes (Beaufort-Pajay) et la moyenne terrasse supérieure de Marcollin, les moraines dites intermédiaires à mi-distance des moraines internes (Saint-Siméon de Bressieux - La Côte Saint-André) et la moyenne terrasse inférieure de Sardieu-Lapeyrouse. Ces deux ensembles sont nettement séparés morphologiquement mais ce ne semble pas un argument suffisant pour conclure à deux extensions gla-

* On sait aujourd'hui qu'en réalité les « alluvions de Chambaran » sont l'altérite superficielle des cailloutis pliocènes de Lens-Lestang.

ciaires indépendantes et non à deux positions de stationnement du glacier rissien en décrue. Dans le Lyonnais les moraines externes sont un système complexe de dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires avec un paléosol intercalé qui montre l'existence d'une période de retrait et de pédogenèse de type interglaciaire séparant deux avancées du glacier du Rhône. Il en est de même en Durance où deux moraines externes superposées sont séparées par un paléosol dans le bassin de Laragne, mais leur appartenance au Riss est discutée. Dans la vallée du Drac enfin la dualité des épisodes glaciaires rissiens repose sur des arguments morphologiques et paléogéographiques.

Les subdivisions du complexe würmien se fondent essentiellement sur l'interprétation paléoclimatique des dépôts lacustres et palustres intercalés dans les séries stratigraphiques de plusieurs régions.

Dans les vallées de l'Aare, de l'Isère et dans le bassin lémanique, ces formations contiennent des lignites (charbons feuilletés), des faunes et des flores. Certains auteurs (dont PENCK) les ont interprétés comme des sédiments interstadiaires séparant des crues glaciaires à l'intérieur du Würm, d'autres comme des dépôts interglaciaires Riss-Würm malgré les données palynologiques (F. BOURDIER, 1961). En fait, il semble bien que les deux opinions soient partiellement exactes et qu'il existe effectivement, à côté de dépôts interglaciaires, des dépôts interstadiaires complexes. Dans l'Aare et l'Isère les deux séries seraient présentes et l'interstade serait ancien, du début du Wurm, alors que dans la Dranse du Chablais il s'agirait d'interstades récents (27 000-23 000 BP, A. BRUN, 1978). La stratigraphie de la Wässerifluh indiquerait une première avancée du glacier de l'Aare au début du Würm, après l'interglaciaire et avant les dépôts à charbons feuilletés, d'âge antérieur à toute datation C14 (Ch. SCHLUCHTER, 1976). Dans l'Isère par contre la présence de cette moraine würmienne ancienne n'est pas clairement établie (Ch. HANNSS *et al.*, 1976). Dans le Drac deux moraines würmiennes sont séparées par des argiles litées dont on ne connaît pas encore la signification climatique. Au total il y aurait au moins trois avancées glaciaires à l'intérieur du Würm, séparées par des périodes de retrait dont on ne connaît ni la durée, ni l'amplitude. Enfin, l'âge du maximum d'avancée des glaciers würmiens est encore débattu. Les recherches se poursuivent pour tenter de reconstituer la paléogéographie et la chronologie de ces épisodes.

Les problèmes de la fin du Würm sont loin aussi d'avoir été résolus. Il est probable qu'il y eut un retrait général des glaciers suivi d'une réavancée au Dryas I comme semblent l'indiquer les régions de Sierre et des Drances du Valais. Ensuite une série de stationnements, marqués par des moraines frontales ou latérales, sont rapportés aux différents épisodes de refroidissement tardi-würmiens et holocènes (R. HANTKE, 1978; J. WINISTORFER, 1978), sans que l'on sache avec certitude s'il s'agit d'arrêts dans le recul ou de réavancées après retraits dont on ignore l'ampleur. Seul le stade de « Fernau », ou « Petit Age Glaciaire » du Moyen-Age paraît une réavancée notable après une déglaciation plus accentuée qu'aujourd'hui.

1. Passage du Pliocène au Quaternaire et début du Quaternaire.

Dans les Alpes et leur piedmont le Quaternaire commence dès la fin du cycle sédimentaire pliocène qui s'achève avec le dépôt des alluvions alpines du plateau de Chambaran en Bas-Dauphiné, caractérisées par *Dicerorhinus megarhinus* et *Anancus arvernensis* à Lens-Lestang (Bièvre-Valloire). La grande proportion d'éléments cristallins indique que le réseau hydrographique était très ramifié et profondément enfoncé dans l'intérieur de la chaîne; il l'était d'ailleurs déjà au Miocène (conglomérats de la Molasse). Globalement le Quaternaire est la période régressive de creusement des vallées actuelles, encore inachevée. Cependant dans la dépression subsidente de la Bresse (Nord de Lyon) et dans la vallée de la Durance (plateau de Valensole) l'édification des plateaux s'y pousuivit encore.

On observe le passage du Pliocène au Quaternaire dans les assises terminales du plateau de Valensole. A Puimoisson on connaissait depuis longtemps des restes de mammifères, de provenance exacte inconnue, se rapportant à *Sus major* (Pliocène supérieur), *Zygolophodon borsoni, Hipparion gracile, Equus stenonis* (Pliocène supérieur ou Villafranchien inférieur) et *Archidiskodon meridionalis* (Villafranchien moyen ou supérieur). Les séries lacustres et torrentielles de Puimoisson-Ségriès ont livré récemment en superposition stratigraphique des faunes de grands et micromammifères permettant de situer cette limite.

A la base, les argiles blanches et calcaires lacustres de Puimoisson, épaisses d'une soixantaine de mètres et reposant sur les conglomérats et limons néogènes, contiennent *Parabos* cf. *boodon* et *Hipparion cras-*

sum, de la zone de Perpignan (gisement de la Chapelle Notre-Dame). Au-dessus, les limons graveleux et argileux de Ségriès, sous-jacents à une couche de calcaires lacustres, ont livré une abondante faune de micro-mammifères de la zone de Seynes, au gisement de Ségriès GMT (GUILLEMOT P. et UNALAN G., 1970, GUÉRIN C., MEIN P. et TRUC G., 1970), et des mollusques. La série marnes-limons-calcaires lacustres appartient donc au Pliocène terminal. Elle se poursuit par des conglomérats torrentiels puis par des limons calcaires à banc durci qui ont fourni des grands mammifères de la zone de Saint-Vallier (2 MA) comprenant : *Nyctereutes megamastoïdes, Pachycrocuta perrieri, Dicerorhinus etruscus, Gazella borbonica, Euctenoceros senezensis, Croizetoceros ramosus* (DUBAR M., GUERIN C. et HEINTZ E., 1978), datant du Villafranchien moyen. Les cailloutis torrentiels sous-jacents représentent un alluvionnement attribuable peut-être au Villafranchien inférieur, certainement au début du Quaternaire (Donau ?). La série de Valensole s'achève par des conglomérats sommitaux de Balène dont la surface forme le plateau et qui peuvent correspondre au Villafranchien supérieur (Günz ?). Dans le substrat des Dombes, les sables pliocènes de Trévoux passeraient progressivement aux « alluvions jaunes » de Fleurieu et de la côtière d'Ain, à faune malacologique villafranchienne p.p. qui pourraient représenter le Pré-Tiglien (MANDIER P., 1977).

Dans le Bas-Dauphiné les lœss à bancs durcis de Montrebut, de faciès assez voisin des limons de Ségriès, qui renferment la célèbre faune mammalogique dite de Saint-Vallier à *Anancus arvernensis, Elephas meridionalis, Equus stenonis, Leptobos stenometopon*, nombreux Herbivores (dont Cervidés) et Carnivores, un Primate, reposent sur les alluvions fini-pliocènes de Chambaran profondément altérées (paléosol fossile estimé à 18 m) et forment la couverture du plateau.

S'ils représentent le Tiglien, le Prétiglien (Donau) pourrait se retrouver dans certaines alluvions grossières du plateau de l'Amballan, fortement étagé sous le Chambaran.

2. Quaternaire ancien et moyen : Günz, Mindel.

La période qui commence avec l'alluvionnement sommital de Valensole et se termine avec l'avancée des glaciers des « moraines externes » identifiées au Riss est celle de l'édification des très hautes et hautes terrasses attribuées au Günz et au Mindel, bien représentées dans le couloir rhodanien et en Valloire, où se manifestent directement et indirectement les premières influences glaciaires.

Dans la vallée du Rhône la très haute terrasse du plateau de Louze, aux cailloutis grossiers contenant quelques blocs erratiques cristallins roulés, pourrait être due à l'avancée de la langue glaciaire de Bièvre-Valloire qui a déposé la moraine de la Derroy, fossilisée par la haute terrasse supérieure de Tourdan, plusieurs kilomètres en aval des moraines externes. Sa contre-pente s'accorderait avec l'hypothèse selon laquelle ce plateau serait la partie nord, seule préservée, d'un cône de transition fluvio-glaciaire axé sur le débouché de la Valloire dans le Rhône (MANDIER P., 1969).

En Durance le Quaternaire ancien pourrait être représenté, outre les alluvions sommitales de Valensole, par les cailloutis des plateaux de Corréo au-dessus de Gap, de Veynes, les poudingues de Mison et du Puy dans le bassin de Laragne, la terrasse du Petit-Villard faiblement encastrée dans le plateau de Valensole et la « Vieille Crau villafranchienne », ou Crau d'Arles, issue du pertuis de Saint-Pierre de Vence, déformée au passage des Alpilles et plongeant rapidement vers la mer sous les alluvions plus récentes de la « Jeune Crau ».

Le système des hautes terrasses, attribué au Mindel, est particulièrement développé en Valloire en aval des moraines externes. Il comprend deux nappes alluviales emboîtées, Tourdan et Grange-Neuve-Anneyron, la première fossilisant une moraine de fond (Derroy). Dans la vallée du Rhône, il est peu représenté car il a été détruit par l'érosion sauf à proximité de Chasse (nappes alluviales emboîtées de Ternay I et II, MANDIER P., 1978).

La situation est plus complexe en Durance où les glaciers des moraines externes ont recouvert et raviné les très hautes et hautes terrasses en amont de Sisteron. En aval les terrasses sont assez discontinues et leur datation, basée uniquement sur des critères morphologiques, est hypothétique. Au Mindel pourraient appartenir, en amont, les poudingues du Château d'Entray qui constituent le soubassement alluvial du plateau morainique de la Silve. En aval les opinions diffèrent selon les auteurs. J.J. TIERCELIN lui attribue la nappe alluviale fossilisée par la terrasse fluvio-glaciaire rissienne de Saint-Pui au débouché de la cluse de Sisteron, qui se prolongerait par le haut niveau de la Brillanne, Villedieu, les Chambrands etc... Plus à l'aval tous ces niveaux disparaissent.

On ne connaît nulle part de moraine en relation directe avec les hautes nappes alluviales (il y a fossilisation à Tourdan), comme si les glaciers mindéliens étaient restés en retrait par rapport à ceux des moraines externes plus récentes. Il est certain toutefois que ces glaciers ont existé et débordé sur le piedmont car les hautes terrasses de Valloire ne peuvent être que d'origine glaciaire (vallée morte diffluente).

Dans la Basse Durance, la grotte de l'Escale à St Estève Janson renferme dans un dépôt karstique sans relation avec les alluvions duranciennes une faune « froide » de la fin du Mindel, à *Canis etruscus* dominant parmi les Carnivores et *Hemitragus* chez les Herbivores, remarquable par l'absence quasi totale des espèces villafranchiennes encore présentes au début du Mindel (*D. etruscus, A. meridionalis, E. stenonis, Machairodus*), disparition attribuée au froid (BONIFAY M.F., 1969).

3. Quaternaire récent : Riss, Würm, Holocène.

RISS . MORAINES EXTERNES ET MOYENNES TERRASSES

C'est à l'époque des « moraines externes » définies depuis Penck comme Riss que les glaciers alpins ont contruit les moraines frontales les plus éloignées de la chaîne. Les alluvions fluvio-glaciaires issues de ces moraines constituent en aval le système des moyennes terrasses. La stratigraphie des moraines externes et la dualité des terrasses fluvio-glaciaires associées indiquent qu'il y aurait eu deux épisodes distincts dans cette glaciation.

Le front des glaciers rissiens est bien délimité. Franchissant le Jura par son cours actuel, le glacier du Rhône s'étalait sur les alluvions du Sud de la Bresse jusqu'à Bourg, constituant le plateau des Dombes au relief moutonné parsemé d'étangs. A Lyon il mordait sur la bordure orientale du Massif Central, barrait le cours de la Saône où il retenait un vaste lac d'obturation glaciaire. Il rejoignait le cours actuel du Rhône à Givors, les eaux de fonte marginales comblant une large vallée périphérique (Yseron-Garon). A Vienne il obliquait vers l'Est, longeait le rebord nord du plateau néogène de Bonnevaux, puis rejoignait la diffluence du glacier de l'Isère qui s'avançait en Bièvre-Valloire jusqu'à l'arc des moraines frontales de Beaufort-Pajay. Dans la basse-Isère, le front du glacier rissien n'est pas connu. A Grenoble, le glacier du Drac qui recevait en amont la transfluence du glacier de la Durance par le Col Bayard et diffluait dans le Grand-Buèch par le col de la Croix-Haute confluait dans celui de l'Isère. Le glacier de la Durance qui empruntait le large sillon de Gap et non la vallée actuelle descendait jusqu'à Sisteron où il était bloqué par la barre calcaire transversale de la « Porte de Provence », qu'il façonnait en verrou. A l'Ouest de Gap il envoyait une importante diffluence dans la vallée du Petit-Buèch par le seuil de la Freissinouse jusqu'aux plateaux de Veynes et, par des brèches, débordait légèrement dans la vallée du Grand-Buech contre la terrasse d'Aspres. Il ne semble pas avoir atteint la cluse de Serres et n'a pas laissé de moraine frontale.

Les vallums frontaux externes sont nets de Bourg à Givors, formant au moins deux alignements rapprochés, et en Bièvre-Valloire. Il n'existe pas de vallum externe en Durance du fait que le glacier, enserré par les versants du bassin de Laragne, ne pouvait s'étaler librement. Les principaux glaciers des Alpes occidentales étaient, à cette époque, largement anastomosés.

La dualité des épisodes glaciaires rissiens est visible au Sud de Lyon où les coupes de Solaise et de Sérézin montrent deux complexes fluvio-glaciaire-moraine du Rhône superposés, séparés par un paléosol et recouverts de lœss. En Bièvre-Valloire il existe, en amont de l'arc des moraines externes, un arc des « moraines intermédiaires » du glacier de l'Isère relativement net à Saint-Siméon de Bressieux (rive gauche), à mi-chemin des moraines internes. Dans le bassin de Laragne le complexe morainique durancien du plateau de la Silve comporte deux moraines superposées séparées par un ravinement et un paléosol remanié. Ainsi les deux glaciers des moraines externes ont eu, pour des raisons topographiques, la même extension en Durance et (presque) en Lyonnais, tandis qu'ils sont nettement séparés en Bievre-Valloire.

L'appartenance des moraines externes à la glaciation de Riss n'est pas unanimement admise. Dans le bassin de Laragne-Sisteron J.J. TIERCELIN (1974) attribue au Mindel le complexe des moraines du plateau de la Silve, sur la base d'arguments paléopédologiques (sols rouges épais). Le glacier rissien, d'étendue presque semblable, serait resté légèrement en retrait et n'aurait laissé que très peu de dépôts.

Dans le Lyonnais les moraines externes sont attribuées *pro parte* au Mindel et au Riss par M. GIGOUT (1969), alors qu'en Bièvre une partie des moraines externes serait günzienne (Bois d'Autimont), les moraines intermédiaires rissiennes. Pour L. DAVID

(1967) l'ensemble des moraines externes et internes du Lyonnais auraient été déposées par le glacier du Rhône au Würm, lequel se serait même avancé dans la vallée du Rhône largement au Sud de Vienne (plateau de Louze).

A ces deux moraines externes sont liées généralement deux moyennes terrasses en aval, particulièrement nettes en Bièvre-Valloire. Dans la vallée du Rhône, les moyennes terrasses sont assez démantelées sauf dans le chenal périphérique de Tassin à Givors et à Chasse, où on peut distinguer trois niveaux emboîtés successifs (MANDIER P., 1978).

En Bièvre-Valloire, la moyenne terrasse supérieure de Marcollin, émanée des moraines externes de Beaufort, n'est plus qu'un lambeau érodé par le système des moyennes terrasses inférieures très développé (niveau de Lapeyrouse), qui remonte jusqu'aux moraines intermédiaires (terrasse de Sardieu). En Durance deux nappes alluviales superposées dans la moyenne terrasse de Saint-Pui émanée des moraines supérieures de la Silve, en aval de Sisteron, se séparent et s'étagent à partir du confluent du Mardaric et se suivent par fragments successifs jusqu'au confluent du Verdon en aval duquel n'existe plus qu'un seul niveau jusqu'à Mérindol, 20 m au-dessus du remblaiement holocène. De là les alluvions rissiennes passent en Crau par le seuil de Lamanon où ells forment la Crau du Luquier faisant partie de la « Jeune Crau ». On y a recueilli en surface des témoins d'Acheuléen moyen et supérieur (DE LUMLEY H.) et en profondeur, dans des niveaux équivalents, des mollusques attribués au Riss III (PUISSEGUR J.J.).

INTERGLACIAIRE RISS-WÜRM.

Les sédiments attribués à l'interglaciaire Riss-Würm existent dans la coupe de la Dranse du Chablais (Rhône), le Grésivaudan et la cluse de Chambéry (Isère), et la basse Durance (Saint-Paul-les-Durance). Les plus développés sont les argiles lacustres d'Eybens mais les autres offrent l'intérêt de renfermer des flores polliniques notamment.

Les argiles lacustres d'Armoy (Chablais), intercalées entre le substrat et le complexe des moraines würmiennes du Rhône, témoignent d'une sylve développée à *Pinus, Abies, Picea, Fagus,* chênaie mixte, indiquant un climat tempéré chaud et humide (BRUN A., 1978). Les nombreuses couches d'argiles à lignites du haut-Grésivaudan et de la cluse de Chambéry, pour la plupart inaccessibles aujourd'hui, intercalées dans des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires, ont livré des flores pollinique relativement abondantes où dominent *Pinus* et *Picea,* suivis en proportion beaucoup plus faible d'*Abies, Alnus, Betula, Corylus, Fagus,* et de rares *Quecus, Tilia, Ulmus, Carpinus.* Ces flores n'évoquent pas un climat particulièrement chaud, aussi l'appartenance de l'ensemble de ces dépôts au dernier interglaciaire s.s. est-elle discutable (HANNSS Ch. *et al.,* 1976, GROOTES P.M., 1977). Un seul gisement isolé (Barraux) a fourni des empreintes de *Buxus sempervirens* et *Rhododendron ponticum* (BOURDIER F., 1961). Les argiles d'Eybens, qui témoignent d'un lac de plus de 100 km dans le Grésivaudan, sont très pauvres en pollens reflétant un climat froid steppique attribuable peut-être au début du Würm.

Les tufs et les argiles de Saint-Paul-les-Durance, intercalés dans des loess, ont une flore pollinique à *Pinus* et *Quercus* cf. pubescens dominants suivis par *Corylus* et *Salix* à la base, *Abies, Alnus* et *Corylus* au sommet, de caractère méditerranéen moins chaud que la macroflore voisine des tufs de Meyrargues mais évoquant un climat comparable à celui de l'Holocène (DE BEAULIEU J.L., 1972, 1978).

WÜRM ET POST-WÜRM : MORAINES INTERNES ET BASSES TERRASSES.

Toujours depuis PENCK les moraines internes, plus continues que les moraines externes, sont attribuées à la glaciation wurmienne. Le front glaciaire rhodanien se suit très bien dans l'amphithéâtre morainique de l'Est lyonnais (moraines de Grenay), rejoint la diffluence du glacier de l'Isère stationnant à l'entrée de la Bièvre-Valloire (moraines de Beaucroissant) tandis que la langue principale s'arrête à l'entrée de la Basse-Isère.

Au Sud de Grenoble, le glacier isérois remontait la vallée du Drac, retenant en amont le lac d'obturation glaciaire du Trièves. La vallée du Drac n'était alors pas complètement englacée et il s'y développait une série d'obturations glacio-lacustres (Matheysine, Beaumont, Trièves). En amont le glacier de la Durance diffluait encore par le col Bayard dans le glacier du Drac qui ne rejoignait pas tout à fait, dans le Champsaur, le front du glacier de la Séveraisse. A l'aval de Gap le glacier durancien suivait la vallée principale jusqu'aux vallums terminaux du Poët, et même un peu au-delà, et lançait encore une diffluence dans la vallée du Petit-Buech jusqu'à Mont-

maur. Au Würm donc les glaciers n'était plus entièrement coalescents et la transfluence Durance-Isère par le Drac n'existait plus.

Plusieurs fluctuations des glaciers würmiens sont enregistrées dans les dépôts de la vallée du Drac et du Chablais. A Grenoble (glaciers Isère-Romanche), La Mure (Bonne), Chauffayer (Séveraisse) et Saint-Bonnet (Drac) le complexe würmien est formé de deux moraines séparées par des sédiments lacustres ou glacio-lacustres (cailloutis deltaïques à Grenoble, argiles dans le Drac). Cette stratigraphie dénote une phase de retrait des glaciers d'ampleur inconnue suivie d'un retour presque au même point. Dans la Durance, des moraines sous la basse terrasse fluvio-glaciaire würmienne face au Poët indiqueraient une évolution semblable. Dans le Chablais la coupe de la Dranse et le sondage de Sionnex montrent, dans le complexe wurmien du Rhône surmontant les argiles interglaciaires, deux dépôts interstadiaires séparé par des moraines. L'interstade inférieur de Sionnex, daté de 26-25 000 BP est de climat tempéré frais; l'interstade supérieur de Blachère, daté de 23 500 B.P., de climat froid (BRUN A., 1978). Bien que moins spectaculaires, les traces de deux extensions du lobe würmien du glacier du Rhône existeraient aussi dans la région lyonnaise. La plus ancienne n'a laissé que quelques témoins démantelés à Béligneux (glacio-lacustre) et Montluel (fluvio-glaciaire), la plus récente correspond aux cordons frontaux des moraines internes de Grenay (MANDIER P., 1979).

Les basses terrasses issues des moraines internes sont au nombre de deux dans la vallée du Rhône, en Bièvre-Valloire et en Moyenne Durance. Seul le niveau inférieur est en relation directe avec les moraines internes, et présente un grand développement (basse plaine de l'Est Lyonnais, fond alluvial de Bièvre-Valloire accidenté de niveaux de creusement). Un bas niveau rhodanien serait daté de 18 400 B.P. à Saint-Maurice-l'Exil (DAVID L. *et al.*, 1972). Dans le bassin de Laragne les moraines internes duranciennes du Poët reposent sur les alluvions de la basse terrasse ou « Poudingue de la Durance ». Après le verrou de Sisteron les terrasses würmiennes se rapprochent progressivement du lit majeur et disparaissent sous le remblaiement récent en aval d'Oraison avant de passer partiellement en Crau par le seuil de Lamanon pour former la Jeune Crau de Miramas. En aval d'Orgon la Durance ne montre plus que les alluvions würmiennes les plus récentes et holocènes.

La période de retrait des glaciers wurmiens et l'Holocène sont assez mal connus dans cette partie des Alpes sauf en Valais (Haut Rhône) où, malheureusement, les données chronologiques et paléobotaniques sont très réduites. La seule date disponible concerne une terrasse glacio-lacustre de Thonon, au-dessus du Léman, qui a livré une dent d'*Elephas primigenius* datée de 14 000 BP (BLAVOUX B. et DRAY M., 1971). Plus en amont, une série de stationnements du glacier du Rhône et de ses affluents a été mise en évidence dans les Drances (BURRI M.), le Bas-Valais (WINNISTORFER J.) et le Haut-Valais (HANTKE R.), dont la chronologie est encore incertaine. Nous suivrons ici celle proposée par R. HANTKE qui s'appuie sur les moraines de Tortin datées palynologiquement dans le Val de Nandaz (SW de Sion). Après l'évacuation de la cuvette lémanique par le glacier du Rhône, le premier stationnement connu est en aval de Monthey puis à Loeche, pendant lequel les glaciers du Bas-Valais (Drances, Val d'Anniviers, Hérens notamment) étaient séparés du glacier du Rhône. Lors des stationnements de Raron, de Viège et de Lalden-Bellwald le glacier du Rhône recevait encore la confluence des glaciers latéraux du Haut-Valais mais, après le stade de Lalden attribué au Dryas 1, les glaciers se dissocient. Trois stades s'individualisent encore en amont : Münster au Dryas 2, Obergesteln au Dryas 3 et Gletsch (stade de Fernau ou « petit âge glaciaire » historique) à proximité du glacier du Rhône actuel. La question d'une réavancée possible des glaciers valaisans au stade de Loeche, après un retrait marqué dont on ignore l'amplitude, sera posée notamment à Sierre.

L'itinéraire a été conçu pour aborder ces problèmes en ordre stratigraphique inverse dans la mesure du possible. Sauf le secteur de l'Aare au Sud de Berne où la question de l'Interglaciaire Riss-Würm et de l'Interstade du Wurm ancien sera d'abord vue pour des raisons d'itinéraire, le thème commence effectivement à Gletsch, au glacier du Rhône. Dans le Valais et à Chamonix on étudiera les fluctuations holocènes et tardi-würmiennes; dans le Chablais les stades et interstades du Würm récent. Progressant vers l'Ouest nous aborderons ensuite les moraines internes puis externes du Rhône dans le Lyonnais, et les glaciations anciennes dans le Rhône moyen et en Valloire. En Bièvre nous reviendrons à la question des épisodes rissiens, puis de l'Interglaciaire Riss-Würm et des stades wurmiens en Grésivaudan. Après l'interruption de Grenoble nous retrouverons le Würm et le Riss dans le Drac et la Durance (bassin de Laragne), où se pose aussi le problème du Mindel. Au Sud de Sisteron nous terminerons par l'évolution de la vallée de la Durance depuis le Pliocène (passage Pliocène-Pléistocène) jusqu'à l'actuel et à la mer.

ITINÉRAIRE : *Du glacier du Rhône à la Crau en descendant les vallées du Rhône et de la Durance.*

PREMIÈRE JOURNÉE

Matin : **Vallée de l'Aare entre Berne et le lac de Thoune**

(CH. SCHLUECHTER)

La vallée de l'Aare au Sud de Berne est l'une des régions classiques du Quaternaire suisse (charbons feuilletés de la colline de Strättingen décrits par SCHEUCHZER dès 1723, arrêt B). Aujourd'hui comme au XVIIIe siècle (détournement de la Kander dans le lac de Thoune en 1711-1714) ce sont les grands travaux qui ont permis les observations les plus détaillées.

Cette région, située à la confluence des glaciers du Rhône et de l'Aare, montre que ceux-ci ont envahi le plateau suisse à plusieurs reprises, au Riss et au Würm de la chronologie classique. On y trouve en effet des dépôts interglaciaires et interstadiaires caractérisés par la palynologie.

Arrêt A. *Thalgut.*

La gravière de Thalgut dévoile l'un des profils lithostratigraphiques les plus étendus du domaine périalpin (fig. A). Trois avancées glaciaires se manifestent par des dépôts fluvio-glaciaires ou morainiques superposés : 1, Moraine de Gerzensee, moraine lacustre et delta de Kirchdorf, dépôt influencé par le glacier rhodanien ; 2, Gravier limoneux fluvioglaciaire recouvrant les argiles lacustres interglaciaires superposées au delta de Kirchdorf et affecté par un paléosol ; 3, Moraine de fond et gravier fluvioglaciaire superficiels. La nature du contact entre la moraine grossière de Gerzensee et la moraine lacustre étant incertaine, il est possible qu'il s'agisse de deux dépôts chronologiquement distincts ; en ce cas il y aurait quatre épisodes glaciaires dans cette séquence.

Les argiles lacustres de Thalgut sont riches en fossiles (bois flottés, débris de feuilles et de plantes,

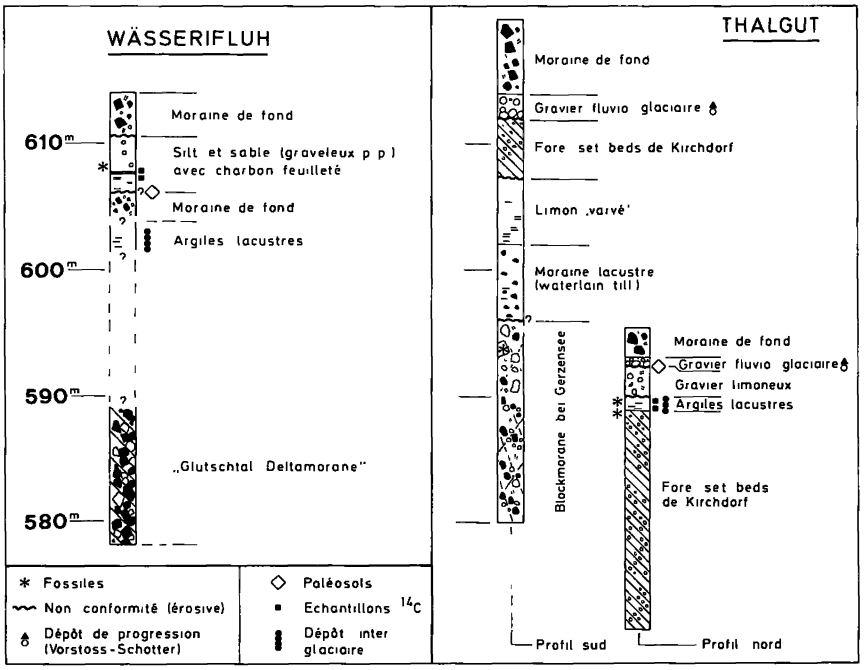


Fig. A. – Profils lithologiques schématiques de Wässerifluh et Thalgut (Sud de Berne).
Schematic lithological sections of Wässerifluh and Thalgut (South of Bern).

gastéropodes et pélécypodes lacustres, ostracodes – liste détaillée dans SCHLUECHTER Ch., 1973, 1976a). Deux séries de datations C14 situées entre 19 530 ± 200 BP (B-2 366) et 43 790 + 4 360 – 2 810 BP (B-2 754) avaient fait penser qu'il s'agissait de dépôts interstadiaires wurmiens. Depuis la palynologie (WELTEN M., 1976), la découverte d'un paléosol et une troisième série de datations donnant un âge >45 000 BP (B-2 366 bis) tendent à indiquer un âge interglaciaire.

Arrêt B. *Wasserifluh (Glütschtal).*

La coupe naturelle de Wasserifluh a servi de profil de référence litho et chronostratigraphique (BECK, 1922) avant le creusement des grandes gravières de la vallée principale. Sur les argiles lacustres attribuées par la palynologie (WELTEN M., 1962) à l'interglaciaire Riss-Wurm reposent une moraine de fond pédogénisée à sa partie supérieure puis des limons sableux et graveleux avec charbons feuilletés attribués au début du Würm par la palynologie et les datations C^{14} (>45 000 BP, B-221 et suiv.) et un complexe de moraine de fond superficielle. Cette coupe montre l'existence de deux épisodes glaciaires wurmiens séparés par une phase de retrait avec développement de la végétation dans la première moitié du Würm.

Après-midi : **De Gletsch à Sierre.**
Stationnements du glacier du Rhône et des glaciers latéraux dans le Haut-Valais
(R. HANTKE)

Le Haut-Valais possède l'une des séries des derniers stationnements glaciaires parmi les plus complètes. A la fin du Würm les glaciers se sont disjoints et ont évolué indépendamment. Outre le Rhône, les appareils principaux sont ceux de Fiesch et d'Aletsch rive droite, de l'Aegina, Binna, Vispa et Navisence rive gauche.

Après l'abandon de la cuvette lémanique et du Bas-Valais le premier stationnement connu du glacier du Rhône est celui de Ioeche, au cours duquel les glaciers latéraux confluent en amont alors qu'en aval ils sont dissociés et forment des lobes allongés dans la vallée principale. Puis les glaciers latéraux se dissocient successivement après les stades de Raron et de Viège. En amont, les moraines de Lalden semblent une réavancée contemporaine de celle de Stalden (Vispa) attribuée au Dryas I.

A partir du stade de Munster, présumé Dryas II, les glaciers du Haut-Valais sont disjoints, mais celui d'Aletsch dépasse Brigue et celui de Fiesch s'avance jusqu'à Lax. Le dernier stade tardi-wurmien est celui d'Obergesteln, le mieux marqué, rapporté au Dryas III. A ce stade les glaciers d'Aletsch et de Fiesch atteignent encore le Rhône, respectivement à Brigue et à Fiesch.

Descendant la vallée, nous remonterons successivement les stades historiques et fini-wurmiens. A Sierre la question de la réavancée des glaciers latéraux dans la vallée principale sera posée (fig. 1).

Arrêt 1.1. *Gletsch.* Dans l'ombilic, trois systèmes de moraines frontales historiques émergent du fond alluvial : 1856 en amont ; 1818 au milieu, recouvrant une série d'arcs de retrait abandonnés entre 1703 et 1777 ; 1602 en aval (par analogie avec les moraines de Grindelwald, P.L. MERCANTON, 1916), à moins de 2,5 km du glacier actuel dont le front stationnait à l'altitude 2 140 m en 1973.

Arrêt 1.2. *Obergesteln.* 7 km en aval de Gletsch ce village est construit sur une belle moraine frontale rhodanienne attribuée à la réavancée du Dryas III et faisant partie d'un complexe de crêtes que l'on peut suivre sur les deux versants et jusqu'au Grimsel.

Arrêt 1.3. *Fiesch.* Complexe de moraines latérales et médianes des glaciers du Rhône et de Fiesch : moraines latérales Dryas III, II et I de Fiesch accolées à la grosse moraine médiane de Bellwald (Fiesch-Rhône) d'un stade plus ancien (Viège).

Arrêt 1.4. *Brigue.* Au débouché de la Massa, moraines terminales Dryas III du glacier d'Aletsch.

Arrêt 1.5. *Sierre (J. WINISTORFER).* L'éboulement de Sierre, descendu du versant droit, forme des collines isolées qui s'étendent jusqu'à Grône, 7 km en aval. Les buttes ont un sommet arrondi à l'amont du val d'Anniviers, aplani à l'aval. Une moraine à matériel anniviard coiffe ces dernières, permettant de conclure à une récurrence post-wurmienne du glacier d'Anniviers. Celle-ci est confirmée par la présence de sédiments lacustres en amont dans la vallée du Rhône.

1.5.1. Vue d'ensemble de l'éboulement.

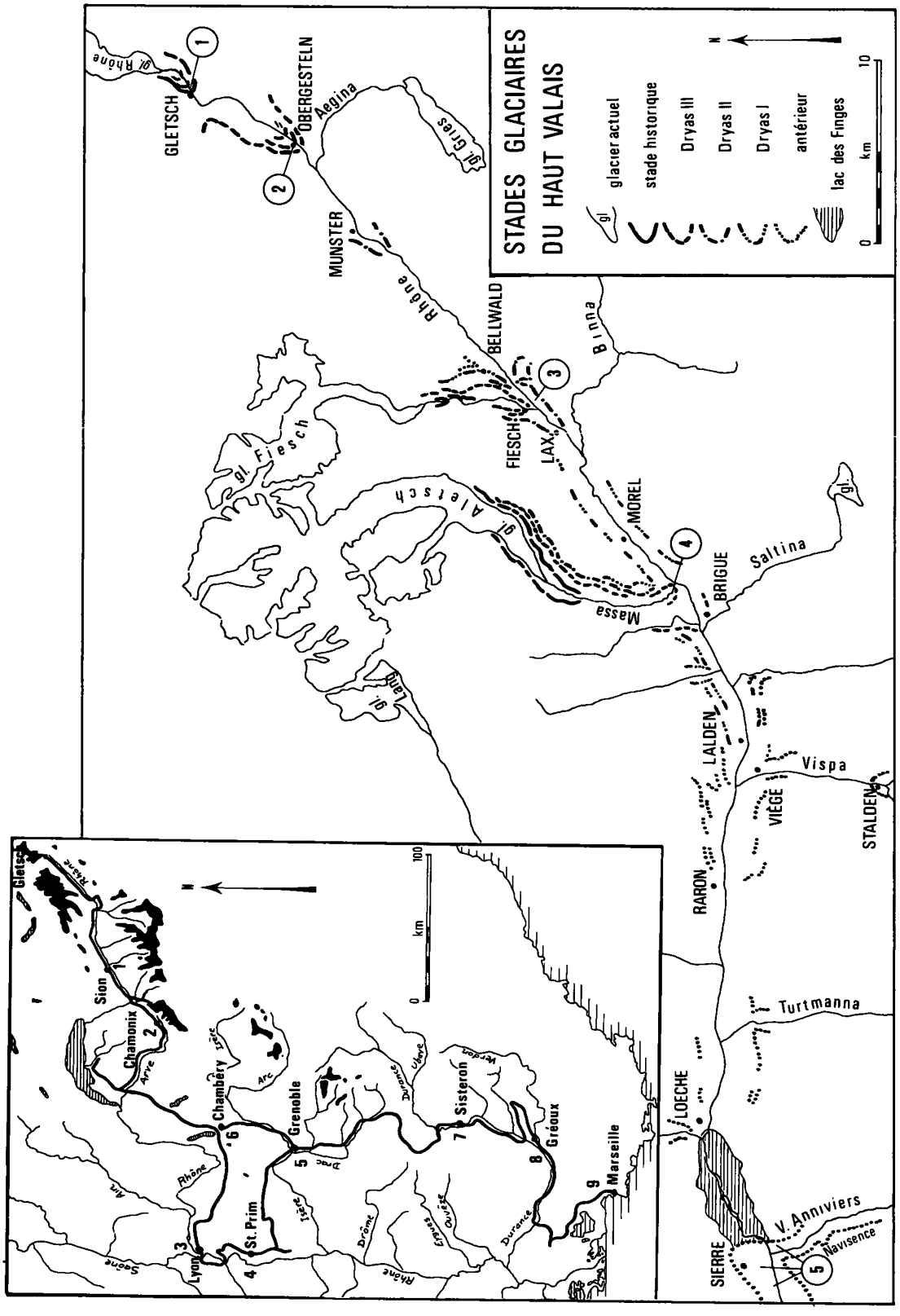


Fig 1. – Stades glaciaires du Haut-Valais.
Glacial stages in the Upper-Valais.

1.5.2. Coupe de la colline du couvent. Base : matériel de l'éboulement (calcaires bleuâtres, brèches jaunâtres). Sommet : moraine (1-2 m).

1.5.3. Coupe de Chippis : delta recouvert de moraine de la récurrence (Gschnitz, Buhl ?).

DEUXIÈME JOURNÉE
Matin : les vallées des Drances du Valais
(J. WINISTORFER)

Les glaciers des trois vallées principales (Val Ferret, Entremont, Val de Bagnes) et du vallon d'Arpette ayant eu des développements inégaux, il s'est produit au Tardiglaciaire et à l'Holocène des phénomènes d'obturation glacio-lacustres attribués hypothétiquement au Gschnitz et à Egesen. Ces reconstitutions paléogéographiques sont fondées essentiellement sur la pétrographie des dépôts qui permet de distinguer les différentes aires d'alimentation (fig. 2).

Les datations données ici sont à considérer de façon relative. Elles correspondent à :

Egesen	= Dryas récent	≃ 11-10 000 BP
Daun	= Dryas ancien	≃ 12-11 800 BP
Gschnitz		≃ 13 000 BP
Buhl		> 13 000 BP

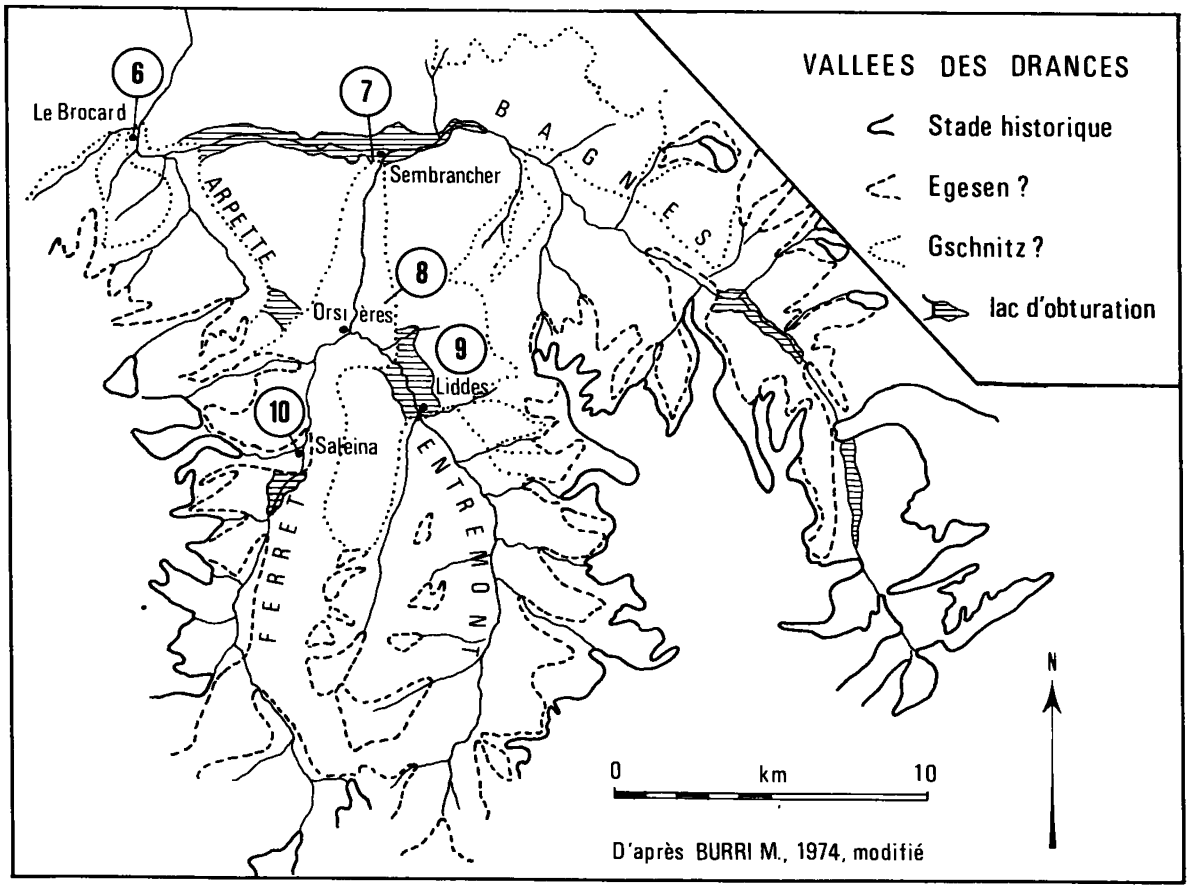


Fig. 2. – Stades glaciaires des vallées des Drances (Valais).
Glacial stages in the Drances valleys (Valais).

Lors du stationnement attribué au Gschnitz le galcier d'Arpette s'avançait jusque près de Martigny (coupe du Brocard), retenant le lac de Sembrancher. Le glacier du Val Ferret, qui se terminait près de Sembrancher, barrait le val d'Entremont, retenant un lac dans lequel se terminait le glacier d'Entremont qui n'a ainsi pas construit de moraine frontale caractéristique. Lors du stationnement attribué à Egesen, les glaciers étaient considérablement réduits. Seul celui de Saleina (Mont-Blanc) est encore venu barrer le val Ferret.

Arrêt 2.6. *Le Brocard.* Superposition d'une moraine à gros blocs de granite du Mont-Blanc sur des alluvions graveleuses, témoignant de la réavancée du glacier d'Arpette jusqu'à la vallée du Rhône.

Arrêt 2.7. *Sembrancher.* Coupe de la terrasse glacio-lacustre de Sembrancher. Le matériel présente un faciès de kame deltaïque typique.

Arrêt 2.8. *Orsières.* Série de terrasses étagées à structure deltaïque contenant de nombreuses roches vertes d'Entremont et quelques granites du Mont-Blanc en aval, liées à l'abaissement du lac d'obturation d'Entremont accompagnant l'abaissement du niveau du glacier du Val Ferret.

Arrêt 2.9. *Liddes.* Moraine deltaïque stratifiée abandonnée dans le lac d'obturation par le glacier d'Entremont. En aval, les blocs de granite du Mont-Blanc ont été transportés par des icebergs détachés du glacier du Val Ferret. Lors de la fusion, le retrait du glacier d'Entremont laissa en amont de la moraine deltaïque un espace rempli de graviers et de silts formant la terrasse de Liddes.

Arrêt 2.10. *Saleina.* Grosse moraine latérale droite du glacier de Saleina (Mont-Blanc) barrant le Val Ferret en amont de Praz de Fort, attribuée à Egesen.

Après-midi : **Vallée de Chamonix. Système morainique récent des glaciers du Mont-Blanc**

(G. MONJUVENT, J. WINISTORFER)

La vallée de la Haute-Arve possède l'un des plus spectaculaires dispositif de moraines tardi-wurmiennes et historiques des Alpes Occidentales, avec le Val Veni sur l'autre versant du Mont-Blanc (Italie).

Deux stades ou stationnements sont très bien marqués par des moraines latérales et frontales imposantes (fig. 3) :

- Le stade du *Lavancher,* au cours duquel les glaciers occupaient la vallée en amont de Chamonix, leurs langues terminales se rejoignant à peine. Le glacier du Tour s'avançait jusqu'au Planet où il rencontrait le glacier d'Argentière (petit colmatage glacio-lacustre du Planet). Il déposait le petit arc morainique de Tréléchamp, sous le col des Montets (la diffluence ne fonctionnait plus) puis les moraines frontales de retrait des Frasserands. Le glacier d'Argentière s'avançait jusqu'à la Joux où il a laissé de belles moraines frontales, en amont du Lavancher où la Mer de Glace barrait la vallée (colmatage glacio-lacustre du Lavancher). La Mer de Glace allait jusqu'à Chamonix, déposant les moraines latérales peu marquées des Plans (rive droite) et de la Frasse-le Biolay (rive gauche).

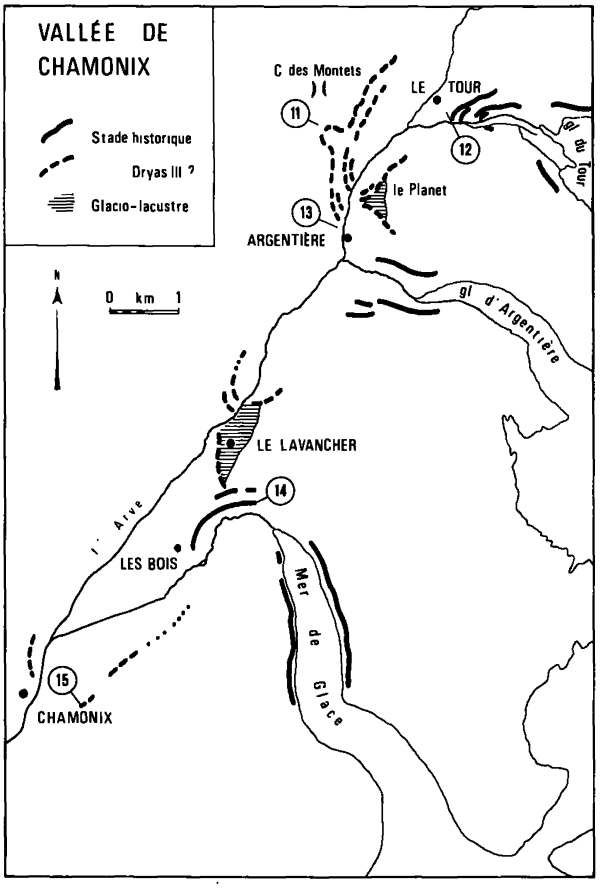


Fig. 3. – Stades glaciaires de la vallée de Chamonix.
Glacial stages in the Chamonix valley.

On situe ce stade hypothétiquement au Dryas III, mais on ne dispose d'aucune datation. On ne sait pas s'il s'agit d'un stationnement au cours du retrait tardi-wurmien ou d'une réavancée après recul.

– Le stade historique (Fernau, ou « Petit Age Glaciaire ») est aussi très bien individualisé. Les glaciers étaient complètement disjoints, seuls Argentière et la Mer de Glace débordant encore dans la vallée. La première crue, la plus importante (1601) détruisit les hameaux du Châtelard et de Bonanay entre les Bois et les Tines. La seconde, un peu moindre, atteignit son maximum en 1825 (moraine de la Côte du Piget, près des Bois), après un retrait d'environ 500 m. La double moraine historique marque peut-être ces deux crues séparées par un léger recul.

Entre ces deux stades l'Holocène fut globalement une période de retrait dont on ne connaît pas l'ampleur exacte, au cours de laquelle il y eut une remontée générale de la forêt (R. VIVIAN, 1975). On a émis l'hypothèse d'une crue intermédiaire à l'Atlantique ancien, correspondant au stade de Larstig d'Autriche (datation 6 400 BP dans une moraine « intermédiaire » du glacier du Tour, F. MAYR, 1969).

Arrêt 2.11. *Col des Montets.* Diffluence vers le Valais. Vue générale sur la vallée.

Arrêt 2.12. *Le Tour.* Système morainique historique du glacier du Tour.

Arrêt 2.13. *Argentière.* Vue sur le système morainique du glacier d'Argentière (La Joux, La Rosière).

Arrêt 2.14. *Le Lavancher.* Système frontal Argentière-Mer de Glace. Montée sur la moraine de la Côte du Piget. Vue sur la Mer de Glace, le cañon de l'Aveyron et les rochers du Mottet (roches moutonnées). Descente par la Côte du Piget jusqu'aux Bois (front de la Mer de Glace en 1825).

Arrêt 2.15. *Chamonix.* Moraines latérales tardiglaciaires (Les Plans, le Biolay).

TROISIÈME JOURNÉE

Matin : **Quaternaire lémanique (coupe de la Dranse). Pluralité des glaciations. Stades et interstades du Würm**

(B. BLAVOUX, A. BRUN, Ph. OLIVE)

C'est dans la vallée de la Dranse du Chablais qu'A. MORLOT découvrit la pluralité des glaciations en 1858. Depuis et malgré de nombreuses recherches aucune synthèse stratigraphique n'est à l'heure actuelle totalement satisfaisante, notamment quant à la chronostratigraphie des unités inférieures.

La succession stratigraphique actuellement connue dans la Dranse et le sondage de Sionnex comprend les unités suivantes (fig. 4) :

1. Gl1. Une moraine de base reposant sur les gypses du Trias.
2. Un cailloutis fluvio-glaciaire (Conglomérat des Dranses) de position exacte encore incertaine. Il pourrait correspondre à un faciès latéral du complexe fluvio-lacustre Gl2-3.
3. Gl1-2. Des argiles lacustres à débris de lignite = Interglaciaire d'Armoy.
4. Gl2. Une moraine inférieure peut-être coupée par un niveau de tourbe comprimée (tourbe d'Armoy) aujourd'hui disparu.
5. Gl2-3. Un complexe fluvio-lacustre contenant des interstades datés (24 900 et 26 200 BP) = Interstade inférieur de Sionnex.
6. Gl3. Une moraine intermédiaire.
7. Gl3-4. Une couche de sables et d'argiles à débris organiques datée de 23 500 BP = Interstade de Blachère.
8. Gl4a. Une moraine supérieure.
9. Gl4b. Le complexe des terrasses glacio-lacustres qui termine la série, daté de 14 000 BP (Terrasses de Thonon).

Il y ainsi quatre couches de moraine superposées (dont une peut-être subdivisée par un niveau organique) séparées par trois complexes non glaciaires. Si les argiles inférieures Gl1-2 sont interglaciaires (palynologie) la moraine de base Gl1 serait du Riss. Au-dessus, un complexe wurmien récent, antérieur à 14 000 BP, comprend deux interstades datés pouvant correspondre aux réchauffements d'Arcy-Salpêtrière (Interstade inférieur de Sionnex) et de Tursac (interstade de Blachère).

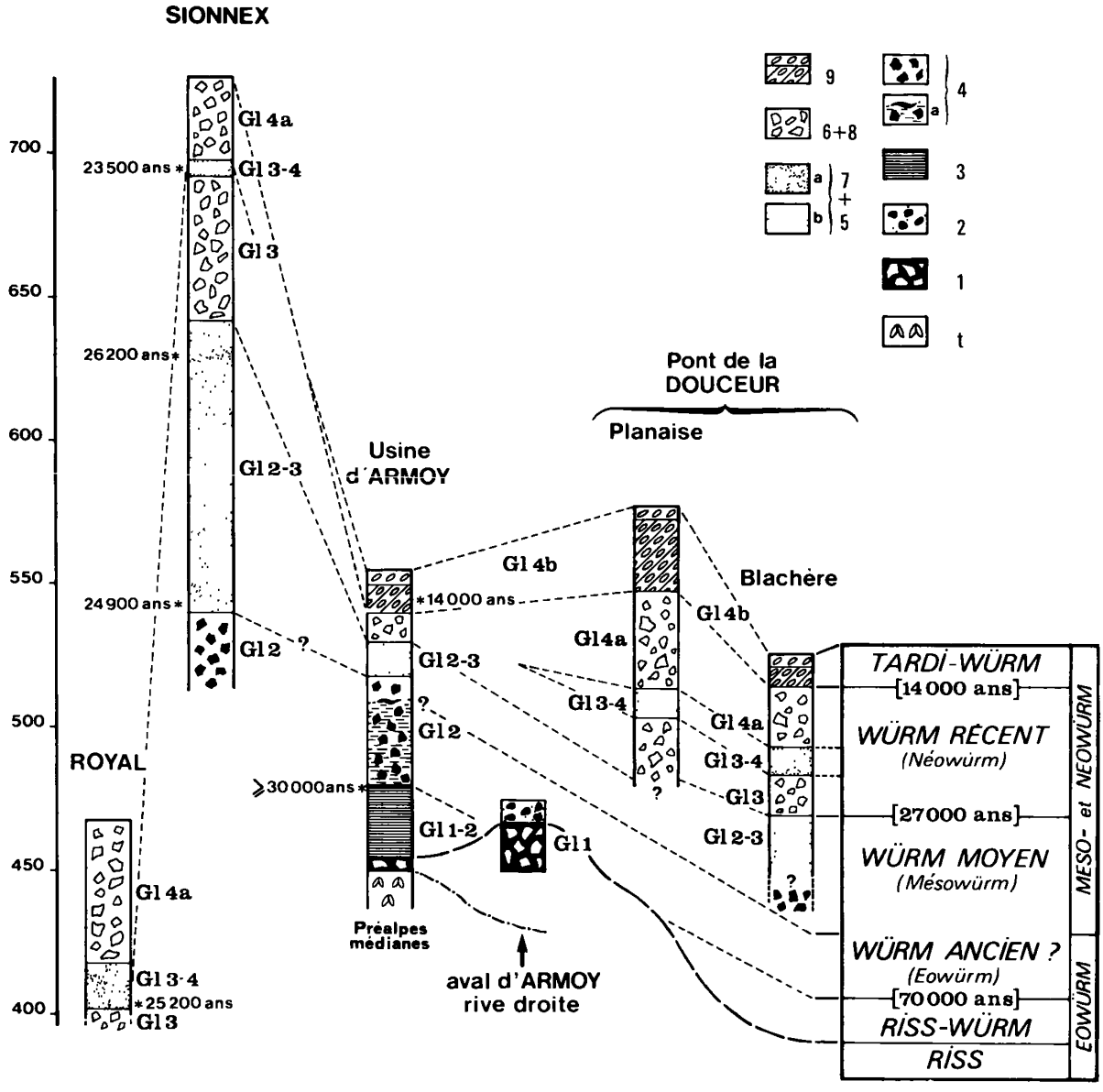


Fig. 4. – Stratigraphie quaternaire du plateau d'Evian-Thonon (A. BRUN).

t : Gypse triasique; 1 : moraine de base Gl1; 2 : cailloutis fluvio-glaciaire (« Conglomérat des Dranses »); 3 :complexe lacustre d'Armoy Gl1-2, avec lignite au sommet (interglaciaire); 4 : moraine inférieure Gl2 (a, « moraine stratifiée », avec localisation possible de la tourbe d'Armoy ?); 5 + 7 : complexes lacustres (a) et fluvio-lacustres (b) interstadiaires Gl2-3 et Gl3-4; 6 + 8 : moraines supérieures Gl3 et Gl4a; 9 : terrasses de Thonon Gl4b. Les datations C14 sont données à ± 1200 BP pour les sondages de Sionnex et du Royal, ± 300 BP pour la terrasse de Thonon.

Quaternary stratigraphy of the Evian-Thonon plateau (A. BRUN).

t : Triasic gypsum; 1 : basal till Gl1; 2 : fluvio-glacial gravels (« Conglomérat des Dranses »); 3 : lacustrine Armoy complex Gl1-2 topped by lignite (interglaciaire); 4 : lower till Gl2 (a, « stratified till », with possible location of the Armoy peat ?); 5 + 7 : lacustrine (a) and fluvio-lacustrine (b) complexes Gl2-3 and Gl3-4 (interstadial); 6 + 8 : upper tills Gl3 and Gl4a; 9 : Thonon terraces Gl4b C14 ages are given at ± 1200 BP for both the Sionnex and the Royal bores, and at ± 300 BP for the Thonon terrace.

- *Interglaciaire d'Armoy* (Gl1-2) : Sylve développée (P.A. = 62 à 94 %). 1ere PHASE : prédominance de *Pinus* sur *Abies* et *Picea*, quelques thermophiles et apparition de *Fagus*. 2e PHASE : forte extension d'*Abies* et développement de la chênaie mixte (*Tilia* notamment). Climat tempéré chaud et humide.

- *Interstade inférieur de Sionnex* (Gl2-3) : Végétation arborée ou arbustive développée avec prédominance de *Pinus* sur le groupement *Picea-Abies*. Les Conifères s'estompent épisodiquement devant de fortes poussées d'*Hippophaë*. Essences thermophiles présentes mais discrètes, absence de *Fagus*. Climat tempéré-frais.

- *Interstade de Blachère* (Gl3-4) : Paysage végétal ouvert, prairie développée (P.N.A. = 60 à 72 %) dominée par les Graminées et *Artemisia* avec *Helianthemum* et Chénopodiacées. *Pinus* et *Betula* ont un développement identique. Climat froid sans être rigoureux, à tendance périglaciaire.

- *Interstade du Royal* (Gl3-4) : Flore et climat proches de Blachère, *Artemisia* dominante, présence de *Salix*.

Sur le plan paléobotanique, trois associations polliniques se dégagent, reflétant des paysages végétaux différents soumis à des conditions climatiques distinctes : 1, *Abies* + « thermophiles » (interglaciaire d'Armoy); 2, *Pinus* dominant + *Abies* + *Picea* (Interstade de Sionnex); 3, *Pinus* + *Betula* et Graminées + *Artemisia* (Interstades de Blachère et du Royal).

Arrêt 3.16. *Château des Allinges*. Panorama sur la région de Thonon : Jura, lac Léman et baie de Sciez au Nord; terrasses de Thonon; plateau d'Evian et vallée de la Dranse.

Arrêt 3.17. *Moraine de base* (vallée de la Dranse, rive droite). Face à l'affleurement de Morlot, rive gauche, inaccessible.

Arrêt 3.18. *Conglomérat des Dranses*. Epaisse formation fluviatile (100 m) à galets presque exclusivement calcaires d'origine locale, fortement cimentée, comblant une ancienne vallée et semblant localisée à ce sillon. Sa terminaison aval pose un problème au niveau d'Armoy (limite d'érosion ou passage latéral) qui interdit de le situer avec précision dans la stratigraphie.

Arrêt 3.19. *Complexe morainique würmien et interstade de Blachère*. Sédiments interstadiaires intercalés entre deux épaisses couches de moraine argilo-sableuse : argiles rubannées à petits galets surmontées par des argiles grises litées alternant avec des niveaux de craie lacustre à Characées, débris de coquilles et fragments de feuilles et de bois. Datations par C14 en cours.

Arrêt 3.20. *Terrasses de Thonon : Carrière du Crêt Sainte-Marie*. Cailloutis deltaïques de la terrasse de 540 m (phénomènes de glaci-tectonique visibles suivant l'avancement des travaux). Partie d'un complexe de 14 terrasses de kame déposées par la Drance en bordure du glacier du Rhône en retrait. Datations C^{14} de 14 000 BP ± 300 (GIF 774) sur une molaire de Mammouth, 13 967 BP ± 937 (CRG 81) sur un tibia d'un même animal jeune. Le retrait du glacier rhodanien aurait commencé il y a 16 000 ans et se serait poursuivi jusqu'au Dryas ancien vers 13 300 ans.

Après-midi : **Est lyonnais**

(L. DAVID, N. MONGEREAU)

A la suite des travaux de A. PENCK et L. DUPASQUIER (1894-95), Ch. DEPERET (1913), F. ROMAN (1926), il était classique de distinguer pour la région lyonnaise des formations morainiques attribuées aux glaciations de Mindel, Riss et Würm. On retrouve de telles attributions sur la carte géologique Lyon 1/80 000, 1ere et 2e édition.

Les travaux de M. THORAL, poursuivis par L. DAVID et les géologues lyonnais à l'occasion de l'examen de nombreux sondages, de fouilles d'immeubles et d'ouvrages d'art, et des levés cartographiques des feuilles au 1/50 000 Lyon (1ère et 2e éd.), Givors, Vienne, Serrières, Montluel, Bourgoin..., imposent des idées nouvelles.

Les formations quaternaires recouvrent une topographie façonnée à la fin des cycles miocène et pliocène coïncidant à peu près avec le réseau hydrographique actuel. Le glacier est venu à la suite de multiples phases d'oscillation buter contre le Massif Central. Cette avancée maximale, attribuée au Würm, masque les oscillations antérieures et semble unique : elle s'arrête contre le Mont d'Or et dans la vallée périphérique du Garon. Le glacier a eu ensuite un retrait progressif marqué par des stationnements successifs soulignés par des accumulations de matériaux ou stades montrant une topographie morainique de type frontal ou latéral. Chaque stade correspond à un trait important de la topographie anté-glaciaire, introduisant une discontinuité dans le retrait et assurant la pérennité des moraines déposées.

Ainsi déposé sur une topographie déjà façonnée, le manteau de matériau glaciaire a subi néanmoins des retouches lors du passage d'un stade à l'autre. Ce sont les actions dues aux eaux de fusion qui sont prépondérantes : ainsi les couloirs de l'Est lyonnais sont tapissés en profondeur par la moraine déposée mais ont acquis une surface plane due à l'écoulement des eaux de fusion du glacier et à l'étalement d'un matériau fluvio-glaciaire. Leur pente (0,2 à 0,7 %) est fonction de la distance au chenal principal collecteur des eaux de fusion.

Les loess, liés au phénomène glaciaire, sont d'âge Würm.

L'ensemble des idées nouvelles proposées pour le Quaternaire de la région lyonnaise résulte d'arguments cartographiques, morphologiques et pédologiques. Les résultats concernant l'étude des fossiles antérieurement découverts confortent ces idées. Les seules datations réalisées jusqu'ici concernent surtout des fossiles découverts au Sud de la région lyonnaise, à l'exception de ceux de Givors.

L'arrivée dans la région lyonnaise se fait par l'intérieur de l'amphithéâtre des moraines internes du Rhône.

Arrêt 3.21. *Grenay (panorama).* Vue sur les moraines internes (phase de Grenay) à ossature molassique, la dépression centrale de la Bourbre parsemée de « drumlins » et, à l'Ouest, les collines radiales et les couloirs fluvio-glaciaires. De là on chemine sur l'arc morainique.

Arrêt 3.22. *Satolas.* Coupe dans la moraine wurmienne. A partir de Janneyrias on gagne Lyon en suivant le couloir fluvio-glaciaire de Meyzieu pour se rendre au museum d'histoire naturelle.

QUATRIÈME JOURNÉE

Région Lyonnaise
Pluralité des glaciations des moraines externes et internes

(P. MANDIER)

Le glacier du Rhône, qui est arrivé au contact du Massif Central à Lyon, a modelé entièrement la région lyonnaise dans laquelle on peut reconnaître trois domaines :

- A l'Est, la grande dépression qui ceinture le plateau de Crémieu correspond à l'ombilic terminal du dernier glacier (Würm).
- Au centre, de Grenay à Lyon, la zone des grands couloirs fluvio-glaciaires wurmiens de l'Est lyonnais séparés par des collines allongées, dites « radiales », à cœur molassique et revêtement morainique, est interrompue à l'Est (amont) par le complexe des moraines internes (Würm).
- A l'Ouest le secteur très compliqué des moraines frontales dites externes, qui reposent tantôt sur le socle, tantôt sur la molasse miocène ou les « alluvions jaunes » pliocènes, tantôt sur des alluvions fluviatiles quaternaires appelées « alluvions grises ». L'ensemble est ceinturé à l'extérieur par une dépression longitudinale dite « périphérique » qui s'étend de Vaise (quartier nord-ouest de Lyon) à Givors (fig. 5).

Plusieurs problèmes se posent au sujet de l'âge et du nombre des glaciers qui ont recouvert successivement cette région.

La plupart des auteurs s'accordent pour y voir l'action d'au moins deux, voire trois glaciers successifs. Le dernier (Würm) aurait édifié les moraines internes de Grenay. Quant aux moraines des collines radiales (ou intermédiaires) et aux moraines externes les opinions sont partagées. Les plus nombreuses sont en faveur de deux glaciations différente : Riss des moraines intermédiaires, Mindel des moraines externes. F. BOURDIER (1961) émit aussi l'hypothèse de deux glaciers rissiens séparés par un grand interstade. Seul L. DAVID (1967), suivant l'hypothèse monoglacialiste de A. JAYET, attribue tout le glaciaire lyonnais à la seule dernière grande avancée, le Würm, suivie d'un grand nombre de stades de retrait.

Les nouvelles coupes permettent de poser deux problèmes :

- Celui d'un Wurm ancien au cours duquel le glacier du Rhône se serait avancé légèrement plus loin vers l'Ouest que la ligne des moraines internes.
- Celui de la pluralité des glaciers des moraines externes, dans lesquelles des paléosols sur moraines, terrasses et limons sont fossilisés par les moraines superficielles, permettant d'attribuer cette succession à deux glaciations distinctes. Le problème de la chronologie de ces glaciations sera posé (Mindel et Riss ou deux phases du Riss). C'est la seconde hypothèse qui sera exposée dans ce qui suit.

En fin de journée on abordera la question des alluvionnements et des glaciations du Quaternaire ancien au Sud de Vienne (Günz, Donau ?), secteur de transition avec la Bièvre-Valloire.

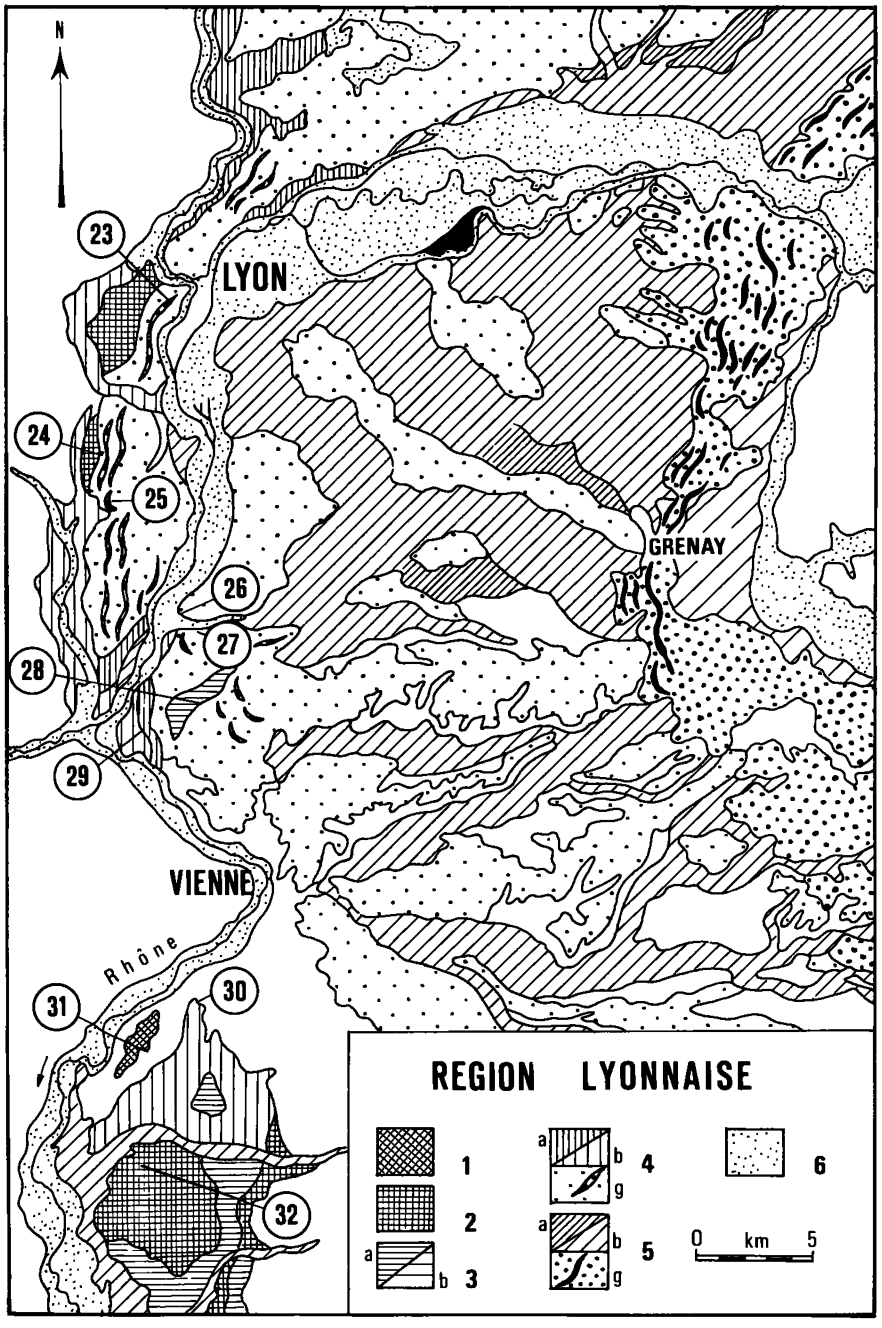


Fig. 5 – Carte schématique du Quaternaire de la région lyonnaise.

1 : terrasses supérieures (Donau ?); 2 : très hautes terrasses (Gunz); 3 : hautes terrasses, niveau supérieur a, niveau inférieur b (Mindel); 4 : complexe des moyennes terrasses fluvio-glaciaires, niveau supérieur a, niveau inférieur b, et moraines externes associées g (Riss); 5 : complexe des basses terrasses fluvio-glaciaires, niveau supérieur a, niveaux inférieurs b, et moraines internes associées g (Würm); 6 : alluvions des fonds de vallées (Holocène).

Schematic map of the Lyon aera Quaternary.

1 : upper terraces (Donau ?); 2 : very high terraces (Günz); 3 : high terraces, upper level a, lower level b (Mindel); 4 : middle fluvio-glacial terraces complex, upper level a, lower levels b, and associated outer moraines g (Riss); 5 : lower fluvio-glacial terraces complex, upper level a, lower levels b, and associated inner moraines g (Würm); 6 : valleys bottoms deposits (Holocene).

Arrêt 4.23. *Lyon-Fourvière.* Panorama de la terrasse vers l'Est :

- Au Nord, plateau de la Croix-Rousse (250 m), Riss récent ;
- Au Nord-Est, escarpement du plateau des Dombes (290-300 m) recouvert de moraines rapportées au Riss ancien, à substrat alluvial plio-villafranchien (alluvions jaunes) ;
- A l'Est, grande plaine fluvio-glaciaire wurmienne dont les couloirs isolent les collines dites radiales du Riss récent ;
- Enfin le site de Fourvière même constitué par les moraines externes du Riss ancien.

Arrêt 4.24. *Sacuny (coupe de l'école de T.P.).* Fossilisation par les moraines externes d'un vieux niveau alluvial rhodanien altéré :

- A la base, paléosol très épais ($\geqslant 9$ m) du très haut niveau de cailloutis (275 m), général dans tout l'Ouest lyonnais et assimilable aux « alluvions jaunes » plio-villafranchiennes du substratum des Dombes, localement affecté par des fentes de gel ;
- Au-dessus, moraines externes corrélables avec le Riss ancien.

Arrêt 4.25. *Les Barolles.* Vue sur l'arc des moraines externes d'où émanent les alluvions fluvio-glaciaires de la moyenne terrasse du Garon (Riss récent) que l'on suivra dans la partie aval du couloir périphérique.

Arrêt 4.26. *Solaise.* Ancienne carrière montrant la superposition de deux complexes moraine/fluvio-glaciaire séparés par un lambeau de paléosol et un limon fossilifère :

- Complexe inférieur : cailloutis fluvio-glaciaires irrégulièrement consolidés surmontés par une moraine de fond jaune-orangée dont le sommet est altéré sur 0,90 m (paléosol tronqué). Riss ancien ?
- Au milieu, mince couche de limon fluviatile à coquilles.
- Complexe supérieur : épaisse couche de cailloutis fluvio-glaciaires passant au sommet à une moraine jaunâtre altérée sur plus de deux mètres (Riss récent ?). Recouvrement de loess.

Arrêt 4.27. *Serezin (coupe du stade).* Complément de la coupe précédente :

- A la base, formation caillouteuse altérée sur une épaisseur visible de 1,6 m en un paléosol rouge-jaunâtre (R YR 5/6), argileux (43 %), incontestablement de rang interglaciaire.
- Au milieu, série de limons altérés à grenaille de fer (3,6 m).
- Au sommet, moraine caillouteuse à paléosol tronqué recouverte de loess.

Toutes ces formations appartiennent aux moraines « externes » et montrent que le Riss correspondrait à deux glaciations distinctes séparées par un interglaciaire véritable (paléosol épais).

Arrêt 4.28. *Ternay (coupe de la Villeneuve).* Haute terrasse très altérée fossilisée par une moraine externe :

- A la base, paléosol rouge (5 YR à 2,5 YR 4/6) de plus de 5 m d'épaisseur, très argilifié (60 % à 70 %), affectant un cailloutis de haut niveau et de composition pétrographique différente des autres, pouvant être rapporté au Mindel.
- Au-dessus, moraine caillouteuse avec intercalation locale de loess fossilifère, à sol superficiel rouge-jaunâtre (5 YR 5/6) de 3 m d'épaisseur, assez argilifié (37 à 40 %), pouvant être rapporté au Riss ancien.

Arrêt 4.29. *Chasse.* Complexe de trois moyennes terrasses fluvio-glaciaires emboîtées :

- *Chasse-Gravignan :* carrière creusée dans les terrasses de Chasse I (225 m) et CHASSE II (200 m), permettant d'apprécier l'importance du creusement qui a suivi le dépôt des hautes terrasses mindéliennes de Ternay. Paléosols d'épaisseur environ 3 m.
- *Petit-Chasse :* carrière dans la terrasse inférieure de Chasse III (194 m) montrant l'emboîtement de deux formations caillouteuses de composition pétrographique et de couleur différentes superposées. Sol superficiel rouge-jaunâtre (5 YR 5/6), faiblement argilifié (30 %), épais de 2,5 m et attribuable au Riss récent.

Arrêt 4.30. *Reventin.* Coupe dans un complexe loessique :

1) A la base, cailloutis fluviatiles (Riss récent).
2) Loess calcaire jaune altéré à la partie supérieure sur plus de 2 m (paléosol interglaciaire Riss-Würm).
3) Loess calcaire légèrement brunifié et décarbonaté au sommet (Würm ancien ?)
4) En surface, loess jaune, calcaire, supérieur (Würm récent ?).

Arrêt 4.31. *Plateau de l'Amballan.* Premier niveau alluvial sous le plateau pliocène de Bonnevaux. Cailloutis très riches en quartzites (84 %), de faible calibre, recouvrant le socle cristallin, le plus souvent masqués par des loess divers dont quelques-uns à bancs durcis.

Point de vue sur le Massif central à l'Ouest (aplanissement miocène), les plateaux de Bonnevaux-Chambaran à l'Est (Pliocène supérieur), le plateau de Louze en contre-bas au Sud (Gunz), le couloir de Reventin-Vaugris (Mindel et Riss ancien), la vallée du Rhône (Riss récent et Wurm).

Arrêt 4.32. *Le Colombier.* Coupe dans le plateau de Louze.

- A la base, sables fluviatiles rhodaniens à litage entrecroisé.
- Au-dessus, cailloutis fluvio-glaciaires polygéniques irrégulièrement consolidés dont le sommet forme le plateau de Louze, à pente vers l'amont de la vallée (Nord). L'altération, peu visible (aucune coupe complète), atteint une dizaine de mètres d'épaisseur, d'un sol rouge (2,5 YR 4/8 à 10 R 4/6) très argilifié (60 %). La pétrographie révèle une origine probablement iséroise (diffluence de la Bièvre-Valloire). L'ensemble peut-être rapporté au Günz.

CINQUIÈME JOURNÉE

Bièvre-Valloire

(P. MANDIER, C. GUÉRIN, M. BORNAND)

La vallée morte de Bièvre-Valloire, qui réunit en une soixantaine de kilomètres la cluse de Grenoble à la vallée du Rhône, a été façonnée par le glacier de l'Isère. Elle se compose d'un secteur amont (Bièvre) comprenant un complexe de moraines et de terrasses et d'un secteur aval (Valloire) ne renfermant que des terrasses, séparés par les moraines externes de Beaufort-Pajay.

A. PENCK en propose une première interprétation cohérente à partir du schéma bavarois. Se basant sur la morphologie, l'altération superficielle des terrasses et les couvertures limoneuses il reconnaît le Wurm (moraines internes de Rives et basses terrasses de Saint-Rambert), le Riss (moraines externes de Beaufort-Pajay et moyenne terrasse de Lapeyrousse), le Mindel (haute terrasse de Tourdan, Deckenschotter récent) et le Gunz (plateau de louze, Deckenschotter ancien).

Ensuite les interprétations ont été multiples et diverses, depuis l'attribution des moraines externes au Günz et au Mindel (M. GIGOUT, 1969), la terrasse de Tourdan au Günz (U. KUHNE, 1974), jusqu'à la totalité au Wurm (L. DAVID, 1970, 1976), F. BOURDIER (1961) confirmant la chronologie de PENCK.

En fait on peut distinguer un système de moraines internes (Rives) et de basses terrasses (Les Burettes, Saint-Rambert, Champagne), un système de moraines intermédiaires (Saint-Siméon de Bressieux) et de moyenne terrasse inférieure (Sardieu-Lapeyrouse), un système de moraines externes (Beaufort-Pajay) et de moyenne terrasse supérieure (Marcollin), et un système de hautes terrasses (inférieure d'Anneyron, supérieure de Tourdan) non relié à des moraines. L'accord existant pour identifier les moraines internes et les basses terrasses au Würm, le problème des dépôts antérieurs est le même qu'en Lyonnais : deux glaciations (Riss des moraines intermédiaires, Mindel des moraines externes ?) ou une glaciation double (Riss récent des moraines intermédiaires, Riss ancien des moraines externes ?). Sauf exception, les hautes terrasses de Tourdan et d'Anneyron sont attribuées au Mindel.

L'itinéraire permettra de montrer, après le site du gisement de mammifères villafranchiens de Saint-Vallier, la succession morpho-stratigraphique complète du Würm au Mindel, en évoquant le problème de la dualité du Würm et celui des deux extensions anté-wurmiennes, ici géographiquement très séparées contrairement au cas de la région lyonnaise (fig. 6).

Les terrains traversés au cours de ces 4e et 5e journées constituent des sites particulièrement propices où, très tôt (A. PENCK, 1907, F. BOURDIER, 1946), les arguments pédologiques ont été utilisés pour essayer de préciser la chronologie relative des différentes unités morphologiques. Des travaux plus récents (M. BORNAND, 1978) étudient la transformation progressive des divers types de matériaux en sols. Permettant de reconstituer le développement des phénomènes d'altération au cours du temps, ils peuvent aider à mieux comprendre les différentes étapes de l'histoire du Quaternaire régional.

Arrêt 5.33. *Gisement villafranchien de Saint-Vallier* (C. GUÉRIN).

Connu dès 1855 (Ch. JOURDAN), repris en 1946 par F. BOURDIER et J. VIRET, le gisement fit jusqu'en 1952 l'objet d'un grand chantier de fouilles. Le matériel recueilli est considérable et sera largement utilisé pour la révision de plusieurs familles de mammifères. Il est situé sur le plateau de Montrebut qui domine Saint-Vallier vers 355 m d'altitude, 230 m au-dessus du Rhône rive gauche. Les fossiles, à patine très

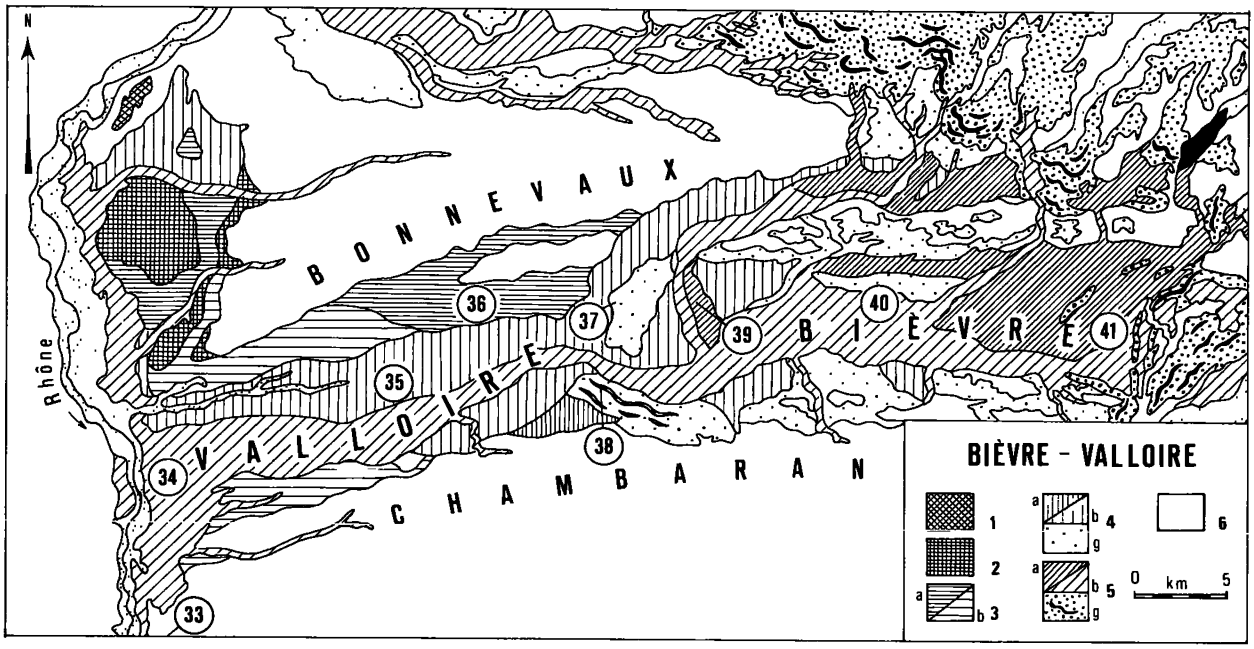


Fig. 6. – Carte schématique du Quaternaire de la Bièvre-Valloire.
(Légende identique à la figure 5).

Schematic map of the Bièvre-Valloire Quaternary.
(Same legend as for fig. 5).

claire, extrêmement friables, sont inclus dans des loess à bancs durcis ce qui a nécessité la mise au point d'une technique spéciale de dégagement synchronisant séchage et vernissage. Selon F. BOURDIER il y aurait deux loess séparés par un paléosol, mais la faune est remarquablement homogène.

Matériel recueilli : ***carnivora fissipeda :*** *Homoterium crenatidens, Megantereon megantereon, Acinonyx pardinensis, Viretailurus schaubi* (gisement type de l'espèce), *Lynx issiodorensis, Nyctereutes megamastoïdes, Vulpes alopecoïdes, Crocuta perrieri, Euryboas lunensis, Urus etruscus, Meles thorali* (gisement type de l'espèce), *Enhydrictis ardea, Baranogale antiqua* ou *helbingi, Aonyx bravardi ;* ***Perissodactyla :*** *Equus stenonis vireti* (gisement type de la sous-espèce), *Dicerorhinus etruscus ;* ***Proboscidea :*** *Anancus arvernensis, Mammuthus meridionalis ;* ***Rodentia :*** *Castor plicidens, Hystrix refossa, Mimomys pliocaenicus ;* ***Lagomorpha :*** *Oryctolagus lacosti ;* ***Artiodactyla :*** *Eucladoceros senezensis vireti* (gisement type de la sous-espèce), *Cervus phillisi valliensis* (id.), *Croizetoceros ramosus medius* (id.), *Leptobos stenometopon, Gazella bordonica, Gallogoral meneghini, Gazellospira torticornis ;* ***Primates :*** *Macaca florentina.*

Outre les Mammifères il y a des mollusques *(Clausilia terveri)* et une flore pollinique avec arbres dominants *(Pinus, Cedrus, Picea, Quercus, Ulmus, Carpinus, Alnus, Corylus, Betula, Ilex, Pterocarya, Rosaceae)* totalisant 69 à 76 % du spectre, le reste comprenant des herbacées.

La richesse du gisement a permis l'étude de véritables populations et d'en faire le gisement type de la biozone de Saint-Vallier, d'âge villafranchien moyen, et l'un des gisements types de la biozone MNQ 17 de la nouvelle biozonation des mammifères européens du Néogène et du Quaternaire. Son âge absolu peut être estimé avec une assez bonne précision à 2 200 000 ans. Il permet enfin de poser le problème des glaciations villafranchiennes même si la faune et la flore n'indiquent pas un climat de tendance particulièrement froide.

Arrêt 5.34. *Terrasse de Saint-Rambert.* Fluvioglaciaire wurmien à cailloutis polygéniques très lités de 30 à 50 m d'épaisseur ; sol rouge-jaunâtre (5YR 5/6) peu épais (0,8 à 0,9 m) et faiblement argilifié (19 %).

Arrêt 5.35. *Terrasse de Lapeyrouse.* Carrière dans la moyenne terrasse inférieure :

- Cailloutis de base (- 18 m) à pétrographie iséroise.

- Cailloutis supérieurs à pétrographie rhodanienne portant un sol de 2,8 à 3 m d'épaisseur, assez peu rubéfié (7,5YR5/8) et moyennement argilifié (37 %). L'ensemble peut être attribué à un Riss récent.

Arrêt 5.36. *Tourdan.* Coupe naturelle de la Derroy ; superposition d'une moraine de fond et de la haute terrasse supérieure :

- A la base, moraine argileuse à galets striés pauvre en cristallins

- Au-dessus, cailloutis fluvio-glaciaires d'origine rhodanienne altérés en un sol épais (6-8 m) très rouge (2,5YR4/6 à 10R4/6) et très argilifié (60 %). L'ensemble peut se rapporter à un Mindel ancien. Il est possible que la moraine appartienne à une glaciation antérieure (Günz ?).

Arrêt 5.37. *Pajay.* Carrière dans les moraines externes du Bois d'Autimont :

- A la base, formation fluvio-glaciaire très sableuse.

- Au-dessus, masse de la moraine litée à galets striés de type « ice contact », à pétrographie de type isérois, faisant partie du système des moraines externes de Beaufort-Pajay attribuable à un Riss ancien.

Arrêt 5.38. *Beaufort.* Panorama à la limite de la Valloire et de la Bièvre :

- A l'Ouest, de part et d'autre du couloir wurmien (fond de vallée), vue sur les différents niveaux de terrasses du Riss : au Sud, terrasse de Marcollin, cône fluvio-glaciaire issu du cordon morainique de Beaufort (Riss ancien) ; à l'Ouest, les deux niveaux Riss récent de Champlard et au Nord la moyenne terrasse inférieure de Lapeyrousse, Riss récent.

- Au Nord-Ouest, haute terrasse de Tourdan (Mindel ancien) dominée par le plateau néogène de Bonnevaux.

- Au Nord et d'Est en Ouest, débouché de la vallée du Liers (alimentée par le glacier du Rhône), moraines externes de Pajay dominées par les moraines du Bois d'Autimont, puis terrasse de Sardieu édifiée par des eaux venues du Liers (Riss récent) dominant le fond wurmien de la Bièvre.

Arrêt 5.39. *Les Burettes.* Carrière dans la terrasse wurmienne la plus élevée, édifiée par les eaux du Liers, à cailloutis d'origine rhodanienne. Sol épais de plus de un mètre, faiblement rubéfié (7,5YR4/4) et assez argilifié (25 %).

Arrêt 5.40. *La Côte Saint André.* Coupe complexe dans le système glaciaire-fluvio-glaciaire intermédiaire :

- A la base, cailloutis fluvio-glaciaires d'origine iséroise emballant des blocs de moraine et de paléosol. Ils portent un sol tronqué (bordure d'escarpement) qui atteint plus de 4 m d'épaisseur, moyennement rubéfié (5YR5/6) et argilifié (33,5 %).

- Au-dessus, série de quatre limons comblant un vallon fossile.

Cette terrasse peut être rapportée à un Riss récent dont le glacier serait resté nettement en-deçà des moraines externes (moraines intermédiaires de Saint-Siméon de Bressieux, rive gauche).

Arrêt 5.41. *Mi-Plaine.* Vue sur les arcs morainiques internes (Wurm) du glacier de l'Isère à l'entrée de la Bièvre-Valloire (Seuil de Rives).

SIXIÈME JOURNÉE

Formations à lignites de la Cluse de Chambéry et du Grésivaudan

(Ch. HANNSS)

Contre les versants du Grésivaudan et du Val du Bourget (cluse de Chambéry) sont plaquées des banquettes alluviales dominant le fond de vallée d'une centaine de mètres, constituées de cailloutis, sables, argiles, et dans lesquelles apparaissent des couches de lignites à différents niveaux entre 250 et 341 m d'altitude. Ces banquettes sont recouvertes de moraines discontinues abandonnées par le dernier glacier qui a envahi la région au Würm. C'est pourquoi certains auteurs y ont vu des dépôts interglaciaires (BOURDIER F., 1961). Cependant il est probable que la pluspart de ces lignites appartiennent à des interstades du début du Wurm comme l'indiqueraient la palynologie (HANNSS Ch. *et al.*, 1976) et certaines datations absolues (GROOTES P.M., 1977). La réalité de deux extensions glaciaires wurmiennes semble établie par la coupe de la Gache (Haut-Grésivaudan).

Arrêt 6.42. *Tour Avalon (Pontcharra).* Panorama sur la Combe de Savoie, la cluse de Chambéry et le Grésivaudan.

Au Nord de Chambéry la banquette de Sonnaz est particulièrement riche en bancs de lignites anciennement exploités. Nous y visiterons les gisements de Voglans, Pessey-Sonnaz et la Croix-Rouge (fig. 7).

Arrêt 6.43. *Voglans (carrière).* Coupe d'une cinquantaine de mètres de haut. Deux affleurements de lignite y apparaissent aux cotes 250 et 282. Le banc inférieur est le plus bas actuellement connu. Sa flore pollinique (3 échantillons, GREMMEN W.) montre *Pinus* dominant, *Picea, Alnus, Corylus, Betula* et un très faible pourcentage de *Quercus* + *Tilia*. La rareté des thermophiles fait douter de son appartenance à l'Interglaciaire Riss-Würm. Le banc supérieur a une flore arborée avec dominance alternante de *Pinus* et *Picea, Alnus, Betula, Corylus, Carpinus* (maximum 8 %), chênaie mixte (maximum < 5 %). Il pourrait appartenir à un stade frais de l'interglaciaire Riss-Wurm ou à un interstade du début du Wurm.

Les datations absolues ont donné un âge minimum de 72 200 BP pour le lignite inférieur et de 69 700 BP pour le supérieur (GROOTES P.M., 1977). Il se pourrait donc que le lignite inférieur appartienne à un interstade rissien.

Arrêt 6.44. *Pessey-Sonnaz.* Deux bancs de lignite affleurent, l'un à la cote 313 m (banc principal, anciennement exploité), l'autre à 341 m (minces filets récemment découverts, les plus élevés actuellement connus). Le banc supérieur repose sur des argiles et sables traversés par sondage. La couche inférieure recouvre des argiles fossilifères selon G. DE MORTILLET (1850) : Mollusques, Poissons, Mammifères.

Les datations ont fourni un âge fini pour le banc inférieur (51 900 BP, GrN 7 427), un âge minimum de 72 800 BP pour le supérieur. Mais, bien que sur le même versant, la discontinuité des affleurements fait que la superposition stratigraphique n'est pas démontrée. Le banc inférieur, de niveau voisin de celui de la Croix-Rouge, pourrait appartenir à l'interstade d'Odderade.

Arrêt 6.45. *La Croix-Rouge.* Le banc de lignite, de cote 315, est intercalé entre des sables à cailloutis anguleux à la base et des argiles organiques au sommet. Une moraine a jadis été signalée dessous (VIVIEN J., 1896).

La palynologie montre un cycle complet froid-tempéré-froid avec dominance de *Pinus* et *Picea*, une courte période de réchauffement (chênaie mixte 27 %, *Corylus* < 50 %, traces de *Carpinus*). Trop brève pour un interglaciaire, il s'agit probablement d'un interstade complet (GREMMEN W.).

La datation C14 a donné un âge fini de 67 700 BP (GrN 7 515, GROOTES P.M., 1977) situant le dépôt, selon cet auteur, durant l'interstade d'Amersfoort.

Arrêt 6.46. *La Gache (banquette de Barraux, Grésivaudan).*

Carrière montrant en superposition le passage de deux glaciers séparés par une période de retrait (couche argileuse à tourbe comprimée). Le complexe glaciaire et glacio-lacustre inférieur (G,D) est très épais; le glaciaire supérieur se manifeste seulement par la morphologie superficielle, les blocs erratiques sommitaux, la compression et le laminage des couches d'argile. Pour l'instant aucun argument ne permet de dater la couche organique (âge minimum 50 000 BP, H 4 172-3 442, HANNSS Ch. *et al.*, 1976), mais le contexte paléogéographique conduirait plutôt à attribuer l'ensemble des dépôts au Würm.

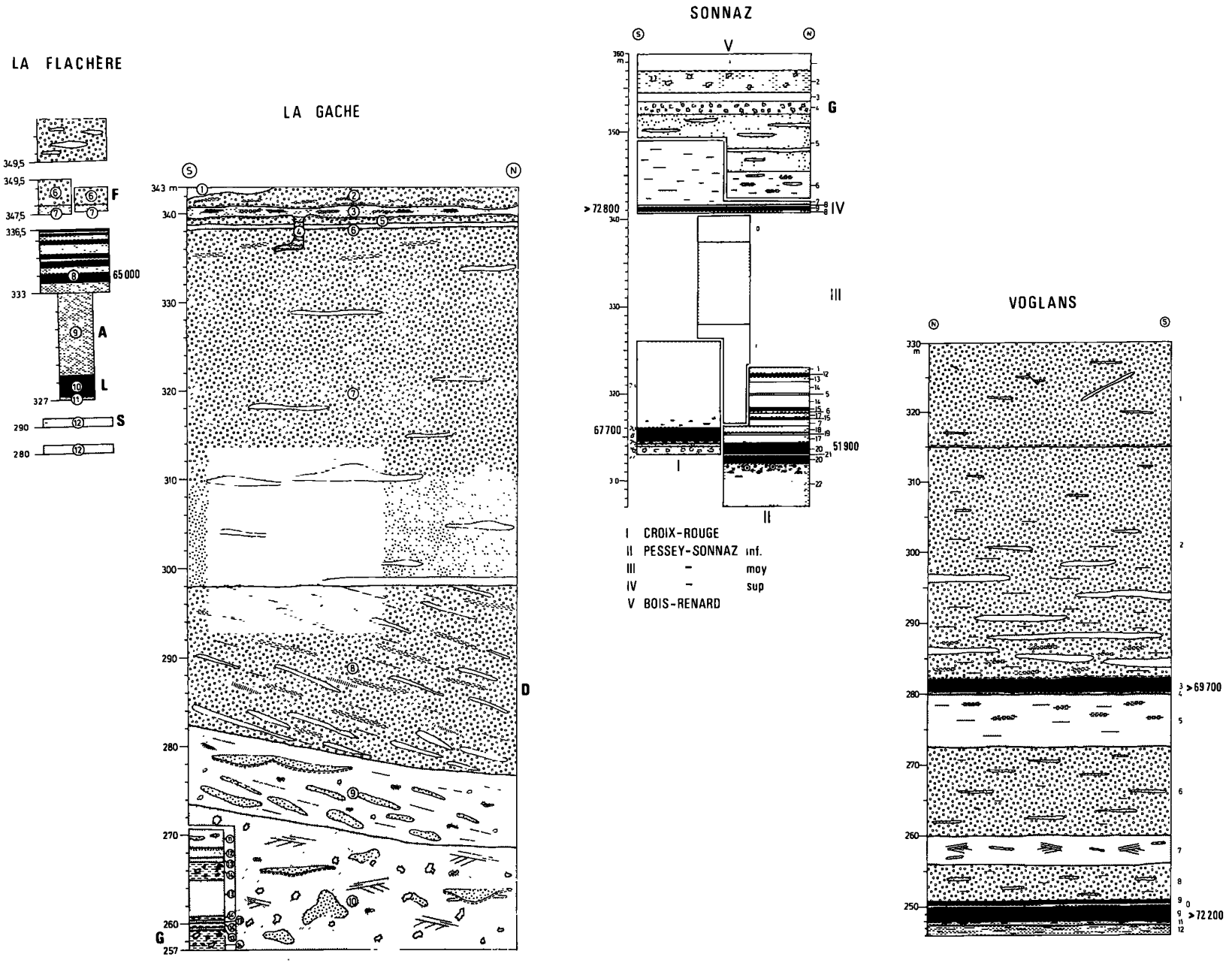
Dans le proche ravin du Furet un affleurement isolé aujourd'hui disparu a montré à F. BOURDIER (1936) des sables à empreintes foliaires dont *Buxus sempervirens* et *Rhododendron ponticum*. Il pourrait s'agir d'un dépôt interglaciaire, mais sa position stratigraphique inconnue ne permet pas d'établir ses relations avec la coupe de la Gache.

Fig. 7. – Stratigraphie des banquettes alluviales du Grésivaudan et de la cluse de Chambéry (d'après HANNSS Ch.).

G : moraine; F : cailloutis à galets; D : cailloutis à galets de structure deltaïque; S : sables; A : argiles; L : lignites; 65000 : datation absolue.

Stratigraphy of the alluvial terraces in the Grésivaudan and the Chambéry area (after HANNSS Ch.).

G : till; F : gravels; D : deltaic gravels; S : sands; A : clays; L : lignite; 65000 : C14 age.


LA FLACHÈRE
LA GACHE
SONNAZ
VOGLANS
F
A
L
S
G
D
65 000
51 900
67 700
> 72 800
> 69 700
> 72 200
I CROIX-ROUGE
II PESSEY-SONNAZ inf.
III - moy
IV - sup
V BOIS-RENARD

En résumé les analyses polliniques montrent que les dépôts à lignites se sont formés dans des conditions climatiques différentes, toutes d'ambiance plutôt fraîche par rapport au climat post-wurmien. Seule une partie de la couche ligniteuse du ruisseau des Combes (Nord de la Motte-Servolex) et les sables à empreintes foliaires du Furet reflèteraient un climat de type réellement interglaciaire. Compte tenu des datations absolues cela conduirait à attribuer les gisements de la Croix-Rouge à l'interstage d'Amersfoort, de la Flachère à celui de Brörup et de Pessey-Sonnaz inférieur à Odderade. Quant aux niveaux inférieur de Voglans et supérieur de Pessey-Sonnaz, on aurait tendance à les situer dans un interstade rissien.

De nombreuses questions restent posées : par exemple on n'a pas trouvé, en stratigraphie, de dépôt appartenant indubitablement à l'interglaciaire Riss-Würm ; les relations entre les dépôts organiques et les épisodes glaciaires ne sont pas encore véritablement établis ; on n'a aucune donnée sur la seconde moitié du Würm.

SEPTIÈME JOURNÉE

Matin : **Vallée du Drac** (G. MONJUVENT)
Après-midi : **Moyenne Durance** (G. MONJUVENT, J.J. TIERCELIN)

Le Drac n'a pas nourri lui-même de glacier très considérable, l'appareil le plus important étant celui de son affluent Romanche-Vénéon, issu du cœur du Pelvoux, qui le rejoignait peu avant Grenoble. Mais le Drac recevait une grosse diffluence de la Durance par le Col Bayard, surtout lors de la glaciation précédant le Wurm. Ainsi au Riss la vallée fonctionnait en vaste transfluence (environ 100 km) du glacier de la Durance à celui de l'Isère. Les glaciers latéraux des vallées pelvousiennes étaient d'importance comparable (Bonne, Séveraisse, Drac) alors que ceux des massifs subalpins (Vercors, Dévoluy), bien que notables, étaient plus réduits et ne sortaient pas de leur cadre montagneux. Ainsi l'englacement du Drac n'a été que partiel au Wurm, et il s'y développait une série d'obturations glacio-lacustres (Trièves, Matheysine, Beaumont). Dans ces bassins profonds se sont déposées des argiles varvées, sables et cailloutis deltaïques de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, fossilisant un complexe d'alluvions plus anciennes attribuées au Wurm ancient et au Riss (G. MONJUVANT, 1971).

On à pu reconnaître deux extensions glaciaires rissiennes et deux wurmiennes. On a attribué la première extension wurmienne (la plus grande) au Würm II (ou au début du Würm), sur la base de datations absolues et de Préhistoire, et la seconde, légèrement moindre seulement, au Würm III. Celle-ci pourrait se situer dans l'intervalle 34 300-24 700 BP d'après la datation de la terrasse du Crey à Grenoble (Ch. HANNSS, 1973).

Dans la vallée de la Durance en amont de Sisteron les problèmes se posent presque dans les mêmes termes. Les glaciers, au moins ceux des moraines externes, se sont avancés sur un complexe d'alluvions plus anciennes formant de hautes terrasses démantelées (poudingue de Mison, Quaternaire ancien ?, plateau du Puy, Günz ?, poudingue d'Entray, Mindel ?, plateaux de Corréo et de Veynes dans les Buech). Issus de la Haute-Durance (Est du Pelvoux) et de l'Ubaye, les glaciers réunis à Serre-Ponçon ne suivaient pas la Durance actuelle mais le sillon de Gap, au Nord, et envoyaient une grosse diffluence dans la vallée du Petit-Buech par le seuil de la Freissinouse.

Les glaciers des moraines externes (Riss) s'avancèrent jusqu'à Sisteron où ils furent bloqués par le verrou de la Porte de Provence qu'ils ne franchirent pas, ou à peine, et ne laissèrent ainsi aucune moraine frontale. Deux épisodes successifs séparés par une phase de réchauffement (paléosol) sont enregistrées dans les moraines superposées du plateau de la Silve. Deux extensions wurmiennes sont également probables, les moraines internes superficielles reposant sur un socle alluvial (basse terrasse des poudingues de Durance) recouvrant localement de la moraine. La diffluence atteignait alors Montmaur (moraines terminales). Le stade de la Récurrence ou de Gap, défini par E. HAUG en 1905, n'a pu être vérifié et reste hypothétique.

De Grenoble à la Mure on longe d'abord le plateau wurmien de Champagnier, on monte sur le plateau transfluent de Matheysine (lacs de barrages morainiques) puis on franchit l'arc morainique de la Mure.

Arrêt 7.47. *Ravin des Demoiselles* (fig. 8). Au centre de l'ombilic de la Mure (glacier de la Bonne), affleurements naturels montrant la stratigraphie wurmienne suivante : à la base, des cailloutis à galets

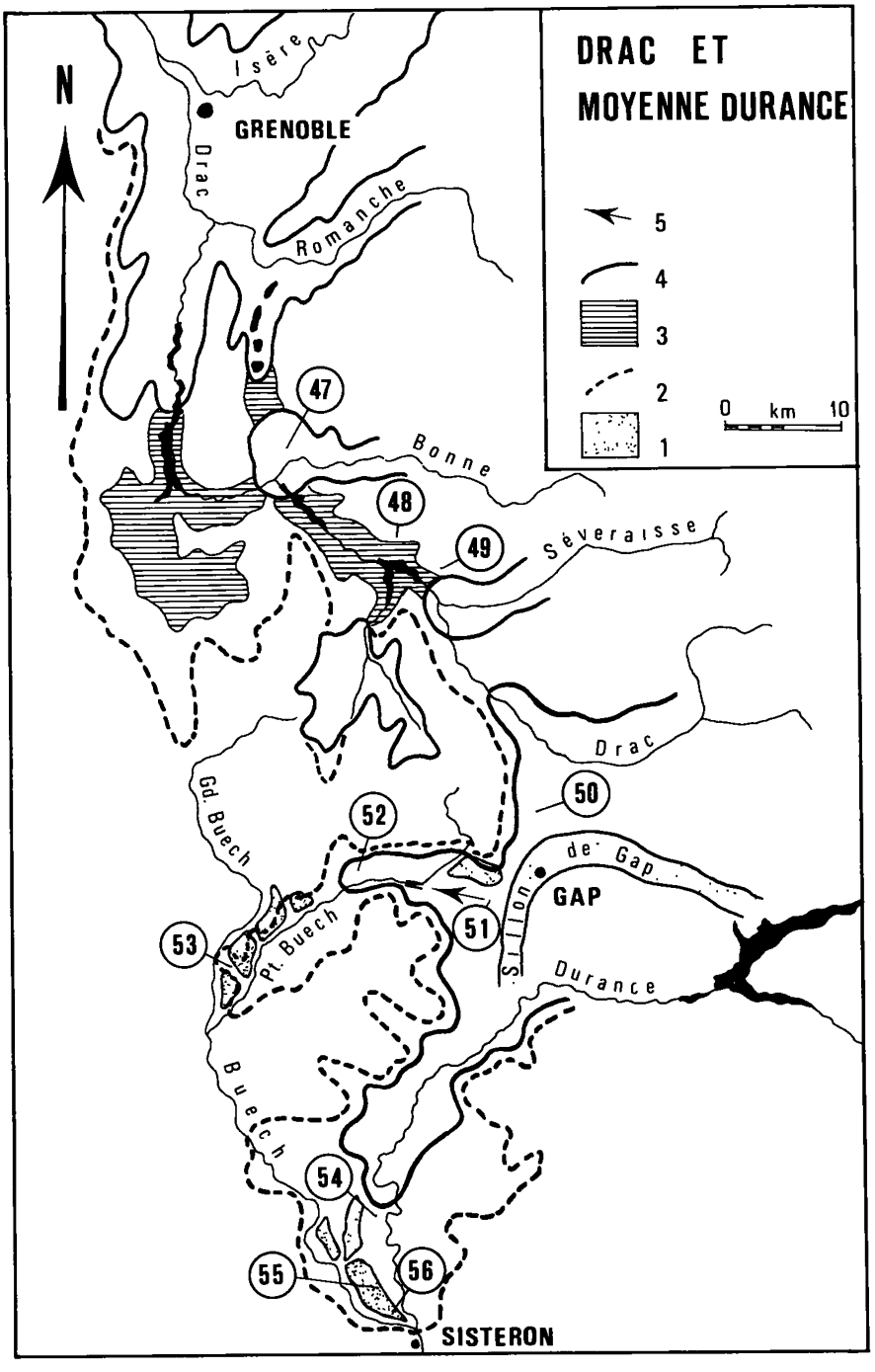


Fig. 8. – Carte schématique du Drac et de la moyenne Durance.

1 : Très hautes et hautes terrasses; 2 . limite des glaciers rissiens; 3 : bassins glacio-lacustres wurmiens; 4 : limite des glaciers wurmiens; 5 : Diffluence de la Freissinouse.

Sketch showing the Drac and the middle Durance.

1 : Very high and high terraces; 2 : rissian glaciers limits; 3 : glacio-lacustrine basins; 4 : wurmian glaciers limits; 5 : diffluence of La Frèissinouse.

grossiers du début du Wurm remplissant une vallée fossile, puis une moraine de fond inférieure (cheminées de fées, ou Demoiselles coiffées), des argiles litées intermédiaires (lacustre), une moraine de fond supérieure et des cailloutis fluvio-glaciaires sommitaux. Le vallum de la Citadelle correspond à la moraine inférieure. Vers le Sud, vue sur la coupe des Garguettes (même série, faciès différents) et le Beaumont (terrasses glacio-lacustres wurmiennes).

Arrêt 7.48. *Les Côtes de Corps.* Point de vue sur l'amont du Beaumont; terrasses de Pellafol : niveau inférieur wurmien (glacio-lacustre), niveau supérieur rissien (cailloutis calcaires de la Souloise) recouvert par une moraine de la seconde extension Riss. Cône fluvio-glacio-lacustre des Pélissiers, issu des petites moraines wurmiennes locales de Moulin-Vieux (cirque Nord de l'Obiou).

Arrêt 7.49. *Aspres les Corps.* Point de vue sur le Champsaur. Au Sud, seuil Bayard, transfluence de la Durance. Au premier plan, barrières transversales des moraines latérales wurmiennes de la Séveraisse, au débouché du Valgaudemar. En remontant le Drac, vue sur les terrasses glacio-lacustres de Chauffayer, Saint-Eusèbe (glissements boueux dans les argiles) et Saint-Bonnet.

Arrêt 7.50. *Col Bayard (1 248 m).* Limite des Alpes du Nord et du Sud. Panorama à la table d'orientation.

Arrêt 7.51. *La Freissinouse.* Panorama vers l'Est (Haute-Durance et Ubaye), le Sud (moyenne-Durance), l'Ouest (diffluence du Petit-Buech), le Nord (Dévoluy).

Arrêt 7.52. *Montmaur.* Chapelle Sainte-Philomène, sur une petite butte morainique. Moraine frontale de Montmaur, extrémité de la diffluence durancienne au Wurm dans le Petit-Buech.

Arrêt 7.53. *Brèche de la Sagne.* Passage du Petit au Grand-Buech entre les hautes terrasses anté-rissiennes des plateaux des Eygaux et du Bois de Cellas. Arrêt sur la terrasse du Pla (alluvions calcaires wurmiennes du Buech, sol mince). A l'Ouest, vue sur la moyenne terrasse de l'aérodrome d'Aspres-sur-Buech contre laquelle les langues glaciaires rissiennes, traversant les brèches, se seraient arrêtées.

D'Aspremont, descente du Grand-Buech jusqu'à Laragne puis traversée vers l'Est en direction de la Durance, atteinte après franchissement d'un cordon de moraine latérale wurmienne.

Arrêt 7.54. *Le Poët (tour).* Panorama sur le bassin de Laragne-Sisteron. En amont, double arc des moraines internes du Poët-Rourebeau, attribuées au Würm. Vers l'aval, basse terrasse des poudingues de Durance couverte de moraine de fond aplanie jusqu'à mi-chemin de Sisteron (Grand-Bois). Au fond, barre calcaire du verrou de Sisteron, obstacle à l'extension des glaciers rissiens vers l'aval. Vers l'Ouest, plateau de la Silve à base alluviale (poudingue d'Entray, Mindel ?) recouvert par le complexe des moraines externes (Mindel ?, Riss ?). Au-dessus, plateau du Puy (haute terrasse, Gunz ?) masquant la très haute terrasse du poudingue de Mison (Quaternaire ancien).

Arrêt 7.55. *Chirombelle.* Carrière en amont du plateau de la Silve. Au sommet, moraine de fond argileuse à mince sol superficiel (1 m) rouge-jaunâtre (5YR5/6) recouvrant un cailloutis polygénique à paléosol tronqué (1,5 m) de couleur rouge (2,5YR4/6-4/4). Cette coupe est différemment interprétée : moraine rissienne recouvrant des alluvions fluvio-glaciaires mindéliennes (J.J.T.); moraine wurmienne de débordement recouvrant des alluvions rissiennes (G.M.).

Arrêt 7.56. *Chambre d'eau EDF.* C'est dans les fouilles de cet ouvrage que fut observée la superposition de deux moraines externes séparées par un ravinement et un paléosol remanié, recouvrant le poudingue d'Entray poli et cannelé avec couche rubéfiée à la base pouvant représenter un remaniement de paléosol (J.J.T., 1974). La coupe est masquée, on n'aperçoit que le sommet de l'épais sol superficiel rouge jaunâtre (5YR4/6).

HUITIÈME JOURNÉE

Matin : **La vallée de la Durance de Sisteron à Vinon**

(J. GABERT)

Sisteron est la limite entre les domaines morainiques au Nord et fluviatiles au Sud. En aval de Sisteron on entre dans le système des terrasses proglaciaires convergeant vers l'aval et se rapprochant progressivement du niveau de la rivière, souvent en-

fouies sous des apports latéraux. Dès Peyruis les alluvions wurmiennes passent sous les alluvions actuelles de sorte que l'ampleur démesurée du fond de la vallée est souvent l'héritage du lit de la Durance fluvio-glaciaire wurmienne.

Du fait des apports latéraux les terrasses ont toujours un profil transversal concave. Très souvent ceux-ci ont succédé immédiatement ou presque à l'alluvionnement principal si bien que l'altération pédologique débutante sur ces alluvions a été rapidement interrompue et parfois n'a jamais commencé. Les sols d'altération sur alluvions duranciennes sont donc rares, minces et incomplets, et de ce fait difficiles à comparer à ceux des terrasses rhodaniennes et à utiliser comme éléments de datation.

Les terrasses se distinguent bien altitudinalement malgré leur rapide convergence vers l'aval. Il existe de nombreux lambeaux de hautes terrasses (Peipin, Volonne) mais c'est l'ensemble des moyens et bas niveaux, attribués respectivement au Riss et au Wurm, qui forme l'essentiel du paysage de la vallée (fig. 9).

Basses terrasses : A Sisteron il s'agit d'un ensemble de plusieurs niveaux dont le plus élevé supporte la vieille ville et qui se rattachent à l'extension maximale du glacier wurmien du Poët. Ceux-ci convergent vers l'aval de sorte qu'à Oraison il n'en reste plus qu'un cinq mètre à peine au-dessus du talweg.

Moyennes terrasses : Elles comprennent deux nappes alluviales reconnaissables à leur composition pétrographique et à leur granulométrie en amont, à leur granulométrie et à leur étagement en aval.

La plus ancienne (Riss ancien ou Mindel ?) renferme une plus forte proportion d'éléments siliceux et les gros éléments sont toujours des quartzites ou des grès du Champsaur. Sa granulométrie est à peine supérieure à celle de la terrasse fluvio-glaciaire wurmienne.

La plus récente (Riss) est caractérisée surtout par la présence d'énormes blocs de calcaire tithonique (1 à 2 m) qui s'amenuisent et s'arrondissent vers l'aval (terrasse à gros blocs).

En amont les deux nappes sont superposées, la nappe à gros blocs recouvrant l'autre et formant ainsi une unique terrasse moyenne. A partir du Mardaric les deux nappes se séparent et forment deux terrasses étagées divergeant jusqu'à Manosque (environ 20 m) puis convergeant vers l'aval. Tous les Quaternaristes s'accordent pour attribuer la moyenne terrasse à gros blocs aux eaux de fonte d'un glacier rissien atteignant

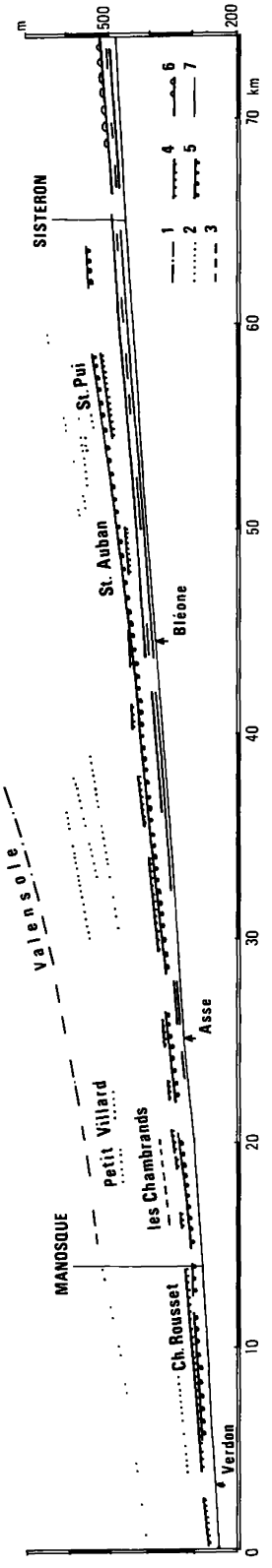


Fig. 9. – Profils en long des terrasses de la Durance de Sisteron au confluent du Verdon.

1 : surface sommitale du plateau de Valensole ; 2 : très hautes terrasses (Quaternaire ancien) ; 3 : haute terrasse (Mindel ?) ; 4 : moyenne terrasse supérieure (Riss ancien ?) ; 5 : moyenne terrasse inférieure à gros blocs (Riss récent ?), 6 : basses terrasses (Wurm) et couverture morainique ; 7 : alluvions holocènes de fond de vallée.

Longitudinal sections of the Durance terraces between Sisteron and the Verdon confluence.

1 : top surface of the Valensole plateau ; 2 : very high terraces (lower Quaternary) ; 3 : high terrace (Mindel ?) ; 4 : upper middle terrace (former Riss) ; 5 : lower middle terrace with large boulders (recent Riss) ; 6 : lower terraces (Würm) and morainic cover ; 7 : valleys bottoms alluvium (Holocene).

et peut-être dépassant légèrement Sisteron. Pour la nappe antérieure les opinions sont partagées : Riss ancien ou Mindel.

Hautes terrasses : Au-dessus des moyennes terrasses s'étagent plusieurs niveaux alluviaux plus ou moins continus : quatre au Sud de Sisteron, deux ou trois rive gauche sous le plateau de Valensole. Représentant le Quaternaire ancien, ils convergent rapidement vers l'aval et disparaissent avant la cluse de Mirabeau.

Arrêt 8.57. *Sisteron.* Panorama de la citadelle, sur le verrou glaciaire. En amont, vue sur le bassin de Laragne. En aval, vue sur les trois terrasses wurmiennes, la moyenne terrasse rissienne à gros blocs (St-Pui, le Thor) et le plus haut niveau du Quaternaire ancien (Beaudouze).

Arrêt 8.58. *Aubignosc.* Coupe dans le sol de la principale terrasse wurmienne, de couleur rouge-jaunâtre (5YR4/6), très argilifié mais peu épais. Vue sur les niveaux moyens (Saint-Pui) et supérieurs (Volonne, Beaudouze, Plan Cibert).

Arrêt 8.59. *Château-Arnoux.* Coupe le long de la route montrant la superposition des deux nappes moyennes : au sommet, la formation à gros blocs calcaires ; dessous la nappe inférieur à éléments grossiers de grès et de quartzites reposant sur le poudingue de Valensole redressé.

Arrêt 8.60. *Confluent du Mardaric.* Vue sur le début de l'étagement des deux moyennes terrasses, dont la plus basse est la terrasse à gros blocs. Sur l'autre rive, vue sur les « Pénitents » des Mées, forme de versant dans les poudingues néogènes de Valensole.

Arrêt 8.61. *Manosque.* Panorama du Mont-d'Or. Vue sur les niveaux alluviaux de la rive gauche. Au sommet, plateau de Valensole (Villafranchien sup.) ; très haute terrasse du Petit-Villard (Gunz ?) ; haute terrasse des Chambrands (Mindel ?) ; moyenne terrasse supérieure de Villedieu-Château Rousset (Riss ancien ?) ; moyenne terrasse inférieure de Pontoise (Riss récent ?) = terrasse à gros blocs ; en amont, lambeau de la terrasse de Bars, dernier témoin wurmien deux mètres à peine au-dessus du lit d'inondation.

Arrêt 8.62. *Vinon (aérodrome).* Vue sur les deux moyennes terrasses faiblement étagées au-dessus des alluvions récentes. La terrasse wurmienne de la Durance a disparu, seul reste un lambeau de basse terrasse du Verdon au confluent.

Après-midi : **Plateau de Valensole**
(M. DUBAR)

Le plateau de Valensole qui termine la sédimentation du bassin néogène de Digne est contitué par un complexe conglomératique supérieur, appelé « brèche », s'effilant d'Est en Ouest vers la Durance, recouvrant localement dans la région amont (Puimoisson – Roumoules – Moustiers) des formations lacustres marneuses, calcaires (marnes de Puimoisson) et travertineuses (Ségriès) qui reposent sur les conglomérats néogènes à galets impressionnés ou « poudingue de Valensole ».

Des gisements fossilifères (gros et micro-mammifères) permettent de connaître précisément l'âge des formations lacustres et conglomératiques supérieures : Pliocène supérieur pour les dépôts lacustres, Villafranchien pour les alluvions sommitales. Dans la coupe du ravin de Cornillet on observe sur une faible épaisseur le passage du Pliocène au Villafranchien et au Quaternaire inférieur (fig. 10).

Arrêt 8.63. *Puimoisson.* Panorama sur le plateau de Valensole, vaste surface régulièrement inclinée appuyée sur le front alpin et profondément ravinée. La présence de plusieurs épandages en éventail est nettement visible : Vaudestable, plaine du Bois, plaine de Clastres, plaine de Barène. Les couches blanchâtres lacustres de Puimoisson, visibles dans les dépressions, sont situées stratigraphiquement au-dessous des épandages caillouteux.

Arrêt 8.64. *Notre Dame de Puimoisson.* Formations lacustres reposant sur un conglomérat visible un peu au Nord-Est (ferme Cotta). Leur puissance est d'environ 60 m localement et elles se terminent en biseau dans les formations torrentielles de Clastre. Il s'agit d'argiles, marnes, calcaires crayeux, oncolithiques, travertins et tufs. La faune comprend *Parabos boodon* et *Hipparion crassum* (GUERIN C., MEIN P. et TRUC G., 1970) et quelques micromammifères de la faune de Ségriès (Pliocène).

Arrêt 8.65. *Segriès (ravin de Cornillet, fig. 10).* Ici affleurent les assises terminales qui montrent la succession de trois ensembles :

– Ensemble lacustre L à la base, au-dessus des marnes de Puimoisson, argileux puis calcaire.

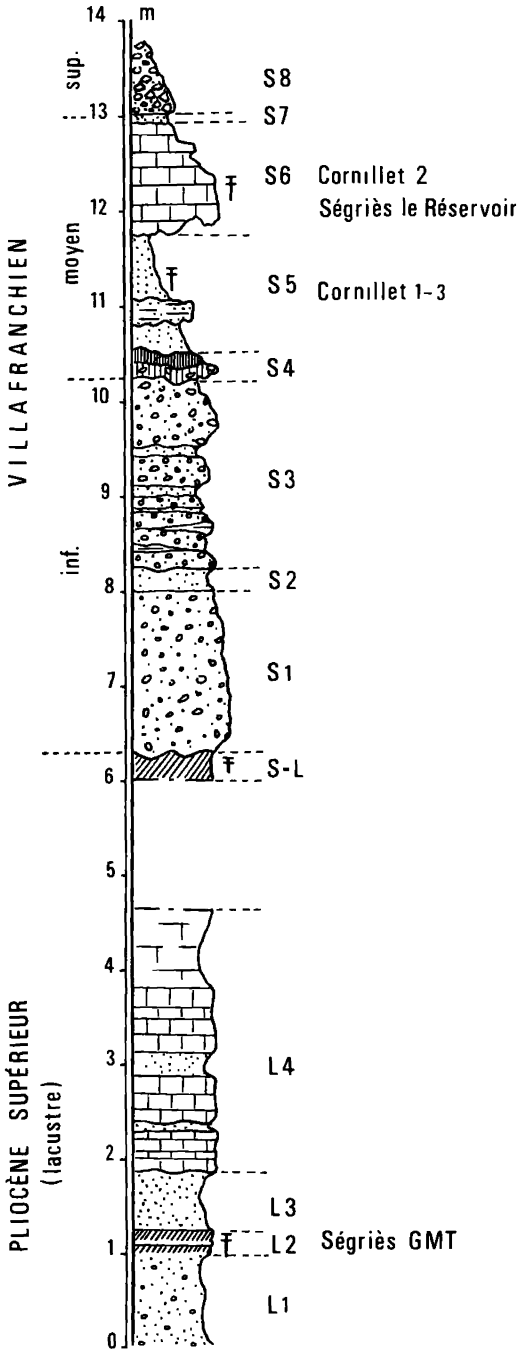


Fig. 10. - Stratigraphie du ravin de Cornillet, Valensole (d'après DUBAR M. *et al.*, 1978)

Pliocène supérieur :

L1-3 : couches limoneuses et argileuses (T, gisement fossilifère de Ségriès GMT); L4 : couches calcaires; S-L : couche argileuse.

- Ensemble S1-7, conglomératique et limoneux (S1-5) puis tufacé (S6-7).

- Ensemble terminal S8, brèches de Balène.

Les couches L2, S5 et S6 sont fossilifères.

- La couche L2 a livré une faune de micromammifères parmi lesquels *Stephanomys* sp., *Castillomys crusafonti, Rhagapodemus frequens, Apodemus* cf. *dominans*, de la biozone de Seynes (Pliocène terminal). Faunule malacologique comprenant *Cepaea* sp., *Cyclostoma* sp., *Clausilia* sp., *Euconolus* sp., indiquant un milieu terrestre assez boisé.

- Les couches S5 et S6 (quatre gisements fouillés) ont fourni *Nyctereutes megamastoïdes, Pachycrocuta perrieri, Dicerorhinus etruscus, Gazella borbonica, Eucladoceros senezensis, Croizetoceros ramosus* (GUÉRIN C. et HEINTZ E. det.) et des restes d'équidés en cours d'étude, appartenant à la biozone de Saint-Vallier (Villafranchien moyen).

A titre d'hypothèse la chronostratigraphie suivante peut être proposée :

- couches lacustres terminales (L1-4) = Pliocène supérieur;
- couches conglomératiques (S1-3) = Villafranchien inférieur;
- couches travertineuses (S4-6) = Villafranchien moyen;
- couches conglomératiques terminales (S8, Balène) = Villafranchien supérieur (Günz I ?).

Arrêt 8.66. *Plaine de Barène.* Affleurement des brèches de Balène, ici très épaisses (45 m à l'amont). Cailloutis grossier, hétérométrique, peu roulé, de faciès torrentiel, constituant les éventails superficiels de l'amont du plateau. Ce matériel traduit un changement important de sédimentation par rapport aux

Villafranchien :

S1-3 : couches conglomératiques; S4-7 : couches limoneuses et travertineuses fossilifères; S8 : conglomérat terminal (brèches de Balène).

Stratigraphy of the Cornillet gully, Valensole (after DUBAR M. and al., 1978)

Upper Pliocene :

L1-3 : clayey and silty beds (T, fossiliferous site of Ségriès GMT); L4 : limestone beds; S-L : clayey bed.

Villafranchian :

S1-3 : conglomeratic beds; S4-7 : fossiliferous silty ands travertineous beds; S8 : upper conglomerate (brèches de Balène).

formations néogènes sous-jacentes. Les quelques microflores connues indiquent un milieu frais d'où les espèces exotiques sont absentes.

NEUVIÈME JOURNÉE

Basse Durance et Crau

En aval du défilé de Mirabeau on ne trouve plus que quelques lambeau discontinus de hautes terrasses et un seul niveau de moyenne terrasse, 20 m environ au-dessus du très large lit d'inondation, prolongement de la nappe à gros blocs. Les alluvions wurmiennes de la Durance se tiennent le plus souvent à peine au-dessus du lit majeur et la limite de la basse terrasse s'inscrit dans les apports latéraux fini et post-wurmiens, ici exceptionnellement abondants et constitués de gélifracts calcaires formant des cônes de déjection dans lesquels se trouvent des sables éoliens. Les éolisations commencent à devenir notables à partir de Mérindol, qui est aujourd'hui souvent à la limite entre le mistral très violent des plaines rhodaniennes et le mistral atténué de la Provence intérieure.

Les Craus : en aval de Mérindol les alluvionnements duranciens se séparent en deux : la large basse plaine avec le lit d'inondation et une très basse terrasse souvent masquée par des colluvions suivent la Durance actuelle vers Avignon tandis que toutes les alluvions antérieures au Würm et une partie des alluvions wurmiennes passent en Crau. On peut distinguer en Crau, vaste plaine alluviale de 30 km de côté, deux anciens tracés de la Durance et au moins quatre nappes de cailloutis (carte géologique à 1/ 50 000 Eyguières).

– Le premier passage en Crau utilisé par la Durance du Pliocène au Quaternaire moyen est un étroit pertuis à l'ouest d'Eyguières (Saint-Pierre de Vence), où de vieilles alluvions duranciennes reposent sur des sables littoraux pliocènes. Ce passage est à l'origine de la « vieille Crau » formée d'au moins deux nappes alluviales superposées : la plus ancienne est à dominante calcaire, la plus récente est plus grossière et plus riche en éléments intra-alpins. L'ensemble est déformé par le rejeu quaternaire du bombement postmiocène des Alpilles.

L'ultime passage en Crau par le seuil de Lamanon, durant le Riss et une partie du Würm, est à l'origine de la « Jeune Crau ». Deux nappes alluviales sont très légèrement étagées près de Lamanon puis convergent et se juxtaposent dans la région de Salon pour descendre avec une pente assez forte (presque 0,4 %) vers le golfe de Fos où on les a retrouvées par sondage jusqu'à – 58 m, correspondant aux niveaux marins régressifs du Riss et du Würm. On y remarque le prolongement de la terrasse à gros blocs.

Ainsi tandis qu'au Nord la Vielle Crau domine la Crau récente, elle s'ennoie sous elle au Sud. Au contact des Alpilles et de la Vieille Crau l'érosion régressive a creusé une large dépression, la vallée des Baux, qui montre toutes sortes de petits reliefs « appalachiens » dans les structures plissées des Alpilles.

Matin : **Basse Durance**

(E. BONIFAY, J. GABERT)

Arrêt 9.67. *Meyrargues.* Point de vue sur la Durance holocène. Le lit d'inondation occupe la majeure partie de la vallée (plus de 3 km de large), le lit mineur est endigué. Rive gauche en aval, deux niveaux très proches : terrasse rissienne et apports latéraux masquant la nappe wurmienne.

Arrêt 9.68. *Saint-Estève Jeanson (grotte de l'Escale).* Découverte en 1960 à la suite des travaux du canal EDF, le site a été fouillé de 1960 à 1974. C'est un gisement du Mindel moyen et supérieur très riche en faune, contenant aussi des feux intentionnels et quelques rares cailloux taillés.

Cinq ensembles constituent le remplissage (fig. 11) :

1) *Couches A :* brèche à ciment phosphaté et calcaire, stérile (plus de 7 m), de climat froid ou très froid. Mindel ancien ou anté-Mindel.

2) *Couches B :* limons rougeâtres, cailloutis altérés, argiles grises (0,5 à 2 m). Faune abondante, feux intentionnels. Climat tempéré-humide (interstade).

3) *Couches C à F :* cailloutis cryoclastiques, limons lœssiques (3 à 5 m). Faune abondante, climat froid et humide.

4) *Couches G :* brèches et argiles rouges, travertins (1,2 à 3 m). Faune abondante, feux intentionnels. Cimat tempéré-chaud ou chaud (interstade).

5) *Couches H à L :* graviers, limons lœssiques (3 à 5 m). Faune abondante, climat froid ou très froid.

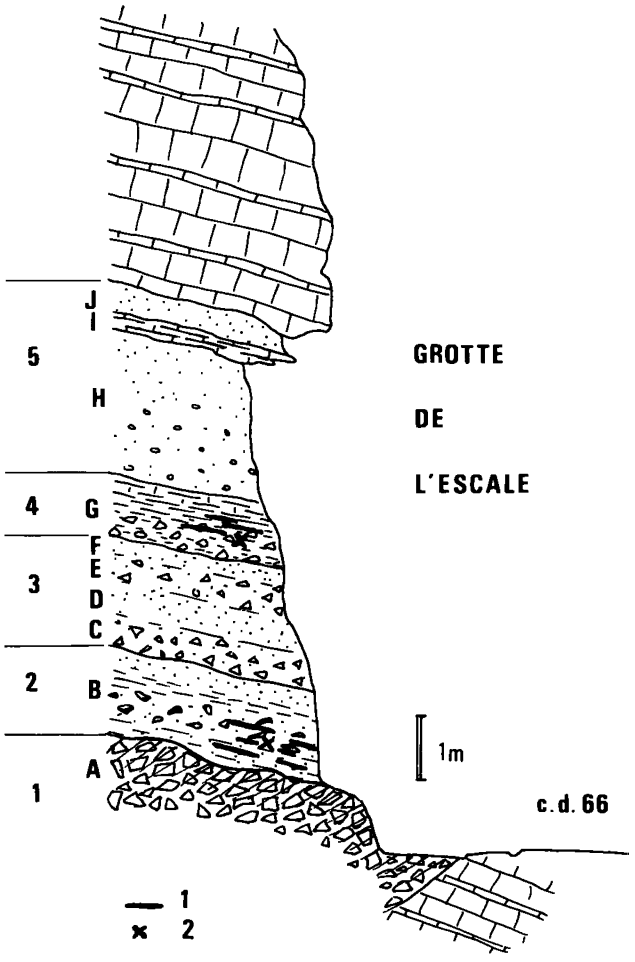


Fig. 11. – Schéma stratigraphique du remplissage de la grotte de l'Escale à Saint-Estève-Jeanson (d'après E. BONIFAY, 1978).

Description dans le texte. 1 : feux intentionnels; 2 : restes de Primates.

Stratigraphical sketch of the filling up of the Escale Cave, Saint-Estève-Jeanson (after E. BONIFAY, 1976).

Description in text. 1 : purposeful fires; 2 : remnants of Primates.

Les ensembles 2 à 5 sont bien datés du Mindel moyen et supérieur par les faunes qui contiennent : un singe cynomorphe, *Ursus* cf. *deningeri* et *Ursus* sp., *Lynx spelaea, Jansofelis vaufreyi, Felis (Panthera)* sp., *Canis etruscus, Vulpes vulpes jansoni, V. praeglacialis, Cuon* cf. *stehlini, Hyaena prisca, Meles* sp., *Mustela palerminea, Gulo gulo schlosseri, Rhinoceros* cf. *mercki, Hemitragus bonali, Megaceros* sp., *Sus* sp., *Talpa* cf. *europea, Sorex* sp., *Crocidura* sp., 10 espèces de Rongeurs, 65 espèces d'Oiseaux, des Batraciens et des Reptiles.

Arrêt 9.69. *Mérindol.* Point de vue sur les passages successifs de la Durance à travers les chaînons provençaux : les deux anciens passages entre les Alpilles et le plateau de Vernègues au Sud (Pertuis de Saint-Pierre de Vence et de Lamanon, celui d'Eyguières étant douteux), et le passage actuel à l'Ouest (Orgon).

Coupe de la route : alluvions duranciennes à gros blocs de la terrasse de Mérindol (Riss), à épais recouvrement d'apports locaux probablement fini-rissiens (cailloutis calcaires à lentilles limoneuses). A l'Ouest, emboîtement des alluvions wurmiennes locales dans les cailloutis rissiens.

Arrêt 9.70. *Lamanon.* Point de vue des Grottes de Calès. Au Nord, Durance fini-wurmienne et holocène; à l'Est, pertuis de Lamanon; au Sud, la Crau et le golfe de Fos.

Après-midi : **La Crau**
(E. COLOMB)

Arrêt 9.71. *Pertuis de Saint-Pierre de Vence.* Stratigraphie de la Vieille Crau (ou Crau d'Eyguières).

– A la base, sables des Glauges à litages obliques, fluviatiles ou éoliens, à faune marine remaniée, passant en continuité aux cailloutis de la Vieille Crau.

– Au sommet, cailloutis de la Vieille Crau à galets arrondis de calcaires fréquemment impressionnés et de quartzites, relativement isométriques, consolidés en poudingue (faciès « Valensole »). Surface fortement pentée vers le Sud (6°) par relèvement tectonique des Alpilles.

L'ensemble est attribué au Quaternaire inférieur (Villafranchien).

Arrêt 9.72. *Mouriès.* Coupe dans la « Vieille Crau » d'Eyguières. Superposition de deux nappes alluviales reposant sur le substrat miocène. Nappe inférieure calcaire (faciès de Saint-Pierre de Vence), nappe supérieure légèrement plus riche en éléments alpins (G. DENIZOT). Ensemble azoïque. Vue sur la surface régulière et très inclinée de la Vieille Crau et sur la dépression des Baux entre Alpilles et Costière de Crau.

Arrêt 9.73. *Moulin-Picaud.* Carrière montrant la superposition de la Jeune Crau de Miramas sur un cailloutis local fossilifère.

– A la base, cailloutis local calcaire, subanguleux, de type torrentiel, à grosses lentilles sableuses et limoneuses renfermant une faune malacologique terrestre de caractère steppique et une faune palustre de climat relativement froid, attribuée à la fin du Riss (J.J. PUISSEGUR, 1969).

– Au sommet, ravinant les cailloutis inférieurs, alluvions à galets polygéniques grossiers de composition durancienne de la Jeune Crau de Miramas, attribuées au Würm. Altération superficielle faible.