

Jean Tricart

Strasbourg

MANIFESTATIONS PERIGLACIAIRES DU QUATERNAIRE ANCIEN EN FRANCE

Sommaire

La principale difficulté réside dans le problème des diverses phases du Wurm. Dans de nombreuses régions françaises, en effet, notamment dans tout l'Est et le Sud-Est du Bassin de Paris, certaines parties de l'Alsace échappant à l'affaissement, la Normandie, on distingue deux basses terrasses séparées l'une de l'autre seulement par quelques mètres. A chacune d'entre elles correspondent des manifestations périglaciaires, plus intenses pour la plus élevée. De nombreux auteurs en ont fait des témoins, respectivement, du Wurm et du Riss. Or, si l'on rapproche ces faits de ceux qui ont été établis en Europe Centrale, il semblerait plutôt qu'il s'agisse du Wurm I et du Wurm II.

Dans la plupart des régions françaises, les manifestations antérieures du froid sont associées à de hautes terrasses, perchées à 30—100 m au dessus des talwegs (Limagne, Est du Bassin de Paris notamment) et altérées en sols rouges qui, dans la vallée du Rhône, ont pu être datés par Bourdier du Mindel—Riss. Dans la plupart des cas, il très difficile de distinguer plusieurs périodes froides successives dans les formations périglaciaires (versants et terrasses), qui sont fortement disséquées et mal conservées. Rares sont les gisements qui ont permis des datations précises, comme ceux des environs du Puy, étudiés par Bout. Ce sont les loess qui, jusqu'à présent, ont fourni certaines des données les plus précieuses: gisement de St. Vallier, fouillé par Viret, carrière classique d'Achenheim, étudiée minutieusement par Wernert.

Les manifestations périglaciaires des hauts niveaux sont encore très mal connues, rarement bien observables. Elles se distinguent souvent des formations périglaciaires plus récentes par des caractères lithologiques. Les argiles d'altération, souvent rubéfiées, y sont fréquentes remaniées de sols subtropicaux phiocènes ou quaternaire ancien. Dans les terrasses, le façonnement des galets calcaires montre un émoussé supérieur et un moindre aplatissement (Bassin de Paris). Il se peut que l'héritage du modelé et des altérations superficielles des périodes chaudes antérieures ait modifié assez fortement les actions du froid. Des expériences de laboratoire nous ont montré l'extrême susceptibilité à la gélivation des roches, en apparence saines et, en tous cas, peu altérées, qui ont préalablement subi l'effet de climats tropicaux. Par ailleurs, certaines coupes montrent des manifestations périglaciaires particulières, différentes de celles qu'on rencontre dans la même position topographique et dans un matériel analogue au Quaternaire récent. La coupe de Saverne, par exemple, dans un cône de déjection caillouteux avec couches de limon, montre une extrême abondance de cryoturbations, injections, plications intraformationnelles et des réseaux de poches profondes de 1 m, larges de 0,5—1 m à leur partie supérieure, qui évoquent un réseau de fentes en coin sans en avoir l'aspect.

Le principal problème qui se pose donc, lorsque de bonnes coupes permettent des études détaillées, est de faire la part, dans certains aspects originaux des manifestations périglaciaires du Quaternaire ancien, de l'influence du modelé et des formations meubles héritées des climats subtropicaux tertiaires ou interglaciaires et de conditions climatiques particulières vraisemblablement fort différentes de celles des zones froides actuelles. Une telle analyse ne peut être menée que collectivement et des réunions du genre de celle de Liège peuvent faire beaucoup pour la faciliter.

D'une manière générale, les manifestations périglaciaires du Quaternaire ancien restent encore mal connues en France. Il y a à cela diverses raisons. Certains auteurs se refusent encore à admettre la pluralité des périodes froides, surtout dans les Pyrénées et le Sud-Ouest. Une telle attitude ne peut qu'entraver les recherches et conduire à des interprétations gravement erronées. Mais il y a aussi le fait que ces manifesta-

tions du froid anciennes sont mal conservées et rarement bien observables. Dans la plupart des régions françaises, une très importante dissection s'est produite au cours du Quaternaire moyen, notamment à l'interglaciaire Mindel—Riss. Elle n'a laissé subsister que peu d'accumulations plus anciennes. Tel est le cas dans toutes les régions qui n'ont pas subi d'affaissements tectoniques au cours du Quaternaire. La solifluxion du Riss et du Wurm, s'exerçant à partir de vallées bien incisées a généralement liquidé les restes des vieilles nappes alluviales. Là où elles persistent, elles sont généralement masquées par des loess, par des heads, par des colluvions de toutes sortes qui les soustraient à l'observation. Profondément altérées, elles sont rarement exploitables. Aussi ne peut-on les découvrir le plus souvent que par hasard. Il en restera ainsi tant que l'on ne se livrera pas à un inventaire systématique à l'occasion d'une cartographie détaillée des sols, des formations superficielles ou du modelé, appuyée sur des fouilles et des sondages. Les géomorphologues, qui sont les mieux qualifiés pour étudier ces dépôts, sont également trop peu nombreux eu égard à l'étendue du pays pour se livrer à une telle prospection. L'insuffisance des crédits de recherche, l'absence d'un cadre permanent de chercheurs sont ici des obstacles difficilement surmontables.

Les formations du Quaternaire ancien sont connues surtout dans les fossés d'effondrement où l'affaissement récent a permis leur conservation. Encore, lorsque celui-ci est trop important, ne peut-on les observer car elles sont enfouies sous d'épais dépôts. Tel est le cas dans le fossé alsacien, où elles n'apparaissent que sur la bordure. Cette région, le Sillon Rhodanien, les environs du Puy, la Vendée, le Sud du Bassin de Paris sont cependant celles qui s'avèrent les plus favorables à l'étude des manifestations anciennes du froid.

En l'état actuel des choses, il ne saurait être question de donner un tableau général. Nous devons nous contenter d'exemples. Aussi souhaitons nous que ce rapport serve avant tout à orienter les recherches et que, dans la mesure du possible, il contribue à faire accorder les moyens indispensables pour les poursuivre. Nous examinerons donc successivement les critères permettant de dater les actions du froid anciennes, puis les diverses manifestations qui en ont été signalées.

LES CRITERES D'IDENTIFICATION

L'établissement de bons critères d'identification constitue la clef du problème. C'est parce qu'ils refusent d'admettre de tels critères que certains auteurs continuent de n'accepter qu'une seule glaciation quaternaire et attribuent en bloc au Wurm des manifestations du froid dont une bonne partie est plus ancienne. La tâche, cependant, n'est pas facile et est bien

loin d'être achevée. Nos méthodes d'identification s'améliorent d'ailleurs sans cesse, chaque nouvelle découverte de „vieux périglaciaire” permettant de les perfectionner, de les compléter.

Actuellement, nous disposons de 4 séries de critères, d'importance inégale et plus ou moins valables suivant les cas:

LA PALEONTOLOGIE

Certaines faunes archaïques peuvent constituer un excellent critère de datation des dépôts. Malheureusement, il est rare qu'elles soient conservées dans les formations périglaciaires et c'est plus généralement dans des formations de climat adouci qu'on les rencontre. Il faut alors avoir la chance de pouvoir dater les manifestations du froid indirectement par rapport aux couches fossilières. Jusqu'à présent, la découverte et l'étude systématique de telles faunes n'a pu être faite qu'en un tout petit nombre de gisements. Trois revêtent une importance exceptionnelle:

1. Celui de St Vallier (Isère), découvert par F. Bourdier (1938) et inventorié par J. Viret (1948, 1954), qui contient une riche faune très archaïque, villafranchienne supérieure, probablement solifluée au sein d'un loess durci, sur le rebord d'un plateau profondément disséqué dominant le Rhône de plus de 100 m.

2. Les gisements du Velay, minutieusement étudiés par P. Bout qui leur consacre sa thèse de doctorat. Toute une série de découvertes ont été faites dans des graviers alluviaux et des formations de pente plombées par des coulées volcaniques. Il est probable que des gisements du même genre existent dans les autres régions volcaniques du Massif Central. Elles attendent des recherches aussi systématiques et aussi bien conduites.

3. La carrière de loess d'Achenheim, près de Strasbourg, suivie depuis 30 ans par P. Wernert, qui lui a consacré sa thèse récemment parue. Toute une stratigraphie du Quaternaire ancien a pu être établie, avec de nombreuses données paléontologiques. Elle porte essentiellement sur des loess et des lehms avec quelques intercalations de sables rhénans à la base. Malheureusement, on n'y relève pas de phénomènes périglaciaires anciens notables.

La pollénanalyse pourrait aussi donner des résultats intéressants. Elle a été conduite avec succès par Zandstra en Sarre. Malheureusement, en France, on s'est attaché essentiellement jusqu'à présent aux dépôts récents.

LES ALTERATIONS

L'étude des altérations, déjà pratiquée par A. Penck dans sa magistrale étude des glaciations alpines. Là où les sols ont été conservés, elle constitue un critère de datation excellent. Les formations du Quaternaire

ancien se présentent toujours comme fortement altérées en surface: elles ont en effet subi une très longue période d'intense pédogenèse au cours de l'interglaciaire Mindel—Riss qui a peut-être duré la moitié du Quaternaire, et pendant lequel les climats ont été, dans l'ensemble, plus chauds qu'actuellement: le chêne atteignait les rives méridionales de la mer Blanche, dans le Nord de la Russie. Suivant les régions françaises, ces altérations sont différentes:

1. Dans la France méditerranéenne, il a régné, avant le Riss, des climats assez chauds à saison sèche accentuée. Ils ont déclenché une active rubéfaction, avec formation de sols rouges de teinte accusée, où les oxydes de fer se présentent notamment sous la forme d'hydrohématite. La précipitation du calcaire a également été intense, à cette époque ou avant ou après, d'où des consolidations à ciment calcaire, loess durcis (St. Vallier, Collias) ou brèches. Certaines brèches méditerranéennes sont plus récentes. Les sols rouges, le ferretto, avaient été déjà notés par A. Penck comme caractéristiques des moraines du Quaternaire ancien. F. Bourdier a montré que ce critère est valable dans toute la vallée du Rhône; H. Ali-men, dans les Pyrénées centrales.

2. Dans les Alpes, le Massif Central et la France septentrionale, il n'y a pas de sols rouges, ou peu, et la consolidation par le calcaire est beaucoup plus réduite. Les climats, tout en étant probablement plus chauds qu'aujourd'hui, n'avaient pas une saison sèche aussi marquée que dans la zone méditerranéenne. Les altérations subies à l'interglaciaire Mindel—Riss sont caractérisées avant tout par un intense lessivage. En Alsace, le matériel poreux des cônes de piémont est altéré sur plus de 10 mètres d'épaisseur. Les feldspaths sont souvent kaolinisés et les galets cristallins méconnaissables. Dans le Barrois, les altérations, moins épaisses, sont constituées par une argile de décalcification très onctueuse, brun légèrement rougeâtre, à concrétions ferro-manganésiques, dont la puissance atteint 1 mètre. On retrouve, en altitude, dans les Alpes du Sud (moraines de la région de Laragne et de Sisteron), des caractères voisins: argiles brunes et décimentation des grès et même des quartzites. Ces derniers sont parcourus par des veines d'oxyde de fer en partie hématitique qui servent de point de départ à leur fragmentation. Exceptionnellement, à Vert-la-Gravelle, sur le bord des marais de Saint-Gond, en Champagne, une coulée de solifluxion du Quaternaire ancien est partiellement cimentée en une croûte de 5 centimètres d'épaisseur.

A Saverne, un cône de déjections ancien de la Zorn, gravelo-sablonneux, montre jusqu'à 12 mètres de profondeur des traces importantes de remise en marche des oxydes de fer postérieures au dépôt. Ces oxydes de fer proviennent des pellicules qui entourent les grains de sable

libérés par le Grès Bigarré. L'hydrohématite originelle lie de vin est transformée en limonite de teinte rouille qui forme des veines recouvrant les couches et des accumulations au sommet des horizons moins perméables. Dans les graviers poreux, d'importantes accumulations phréatiques d'hydroxyde de manganèse témoignent de la minéralisation des eaux souterraines. Ces altérations sont antérieures à une faille qui recoupe le cône: le plan de faille n'est pas souligné par des accumulations d'hydroxydes de fer.

LES METHODES GEOMORPHOLOGIQUES

Elles consistent à reconstituer l'évolution du relief, de manière à en dater les diverses formes les unes par rapport aux autres. Dans les régions qui n'ont subi au Quaternaire que des mouvements tectoniques d'ensemble modérés à grand rayon de courbure, comme le Bassin de Paris ou les massifs du Vercors et des Baronnies, deux cas sont à considérer. Si l'affaissement a été suffisamment continu et important, les couches récentes reposent sur les couches anciennes. Tel est le cas en Hollande, où on retrouve le Quaternaire ancien dans les sondages. Mais elles sont alors soustraites à l'observation directe. Si, au contraire, une faible tendance au soulèvement prédomine, il y a entaille progressive des vallées. Les oscillations climatiques lui donnent une allure saccadée. Pendant les périodes froides, l'abaissement glacio-eustatique du niveau marin se répercute mal vers l'amont par suite de l'encombrement des vallées par les apports accrus en provenance des versants: éboulis, coulées de solifluxion. Les vallées, au lieu de se creuser, s'ennuient le plus souvent sous les débris. C'est notamment le cas des vallons côtiers bretons envahis par le head et des petites vallées littorales vendéennes, comme celle de la Vie, ennoyées sous des nappes de grève. Ce n'est qu'au cours de l'interglaciaire que la rivière reprend son entaille, car la diminution des apports latéraux le lui permet. La majeure partie des terrasses quaternaires françaises sont ainsi des terrasses climato-eustatiques. Dans les régions où le Quaternaire est caractérisé par une tendance générale au creusement des vallées, on constate que la phase de creusement la plus importante se place à l'interglaciaire Mindel—Riss. Souvent, au début du Riss, les vallées étaient entaillées jusqu'à un niveau peu différent de l'actuel et le creusement Riss—Wurm s'est effectué essentiellement dans les nappes alluviales ris-siennes. Ces vues ont été confirmées par la discussion qui a eu lieu au colloque Quaternaire et Morphologie. Ainsi, les restes de nappes alluviales du Quaternaire ancien se trouvent, dans beaucoup de régions françaises, former de hautes terrasses, souvent difficiles à discerner les unes des autres, car les nappes se sont mises en place à des niveaux peu différents et ont

été fortement disséquées depuis. Elles sont séparées des terrasses du Quaternaire récent, Riss et Wurm, par une importante entaille atteignant souvent la roche en place. Là où elles existent, les hautes terrasses peuvent être considérées comme datant du Quaternaire ancien, voire du Pliocène, même si on rejette les théories eustatiques de Depéret—de Lamothe, devenues insoutenables. Cette disposition se retrouve même sur le bord des horsts des régions fortement déformées: au pied des Vosges, au bord des bassins du Rhône inférieur et moyen, les glacis du Quaternaire ancien sont fortement gauchis. Leur partie supérieure, soulevée, est vigoureusement disséquée tandis que leur extrémité aval plonge sous les dépôts plus récents des dépressions.

LA LITHOLOGIE

Dans les nappes alluviales du Quaternaire ancien, on rencontre aussi des particularités de composition lithologique, caractérisées par la très grande importance des produits remaniés depuis les altérations tertiaires subtropicales. En effet, lors des premières périodes froides, la solifluxion a provoqué un intense façonnement des versants. Les sols argileux ont été aisément mobilisés et tout un stock de produits superficiels dont la genèse remontait souvent aux débuts du Néogène a été liquidé. Parfois il a nourri presque seul les formations détritiques, lorsque l'entaille des vallées était insuffisante pour permettre l'incision de la roche saine sous-jacente. Rien de semblable ne s'observe au Quaternaire récent. Les sols Mindel—Riss ont été très loin de fournir autant de débris et les produits qui en proviennent présentent d'autres caractères: les climats ont été franchement tropicaux pendant une bonne partie du Néogène, bien plus chauds qu'au Mindel—Riss. Lors de ce dernier, de plus, le modelé était beaucoup plus disséqué, ce qui a entravé la pédogenèse et maintenu des sols relativement minces. Quantitativement et qualitativement, les choses sont donc bien différentes. Le critère a une grande valeur, bien que nous ne l'ayions découvert que récemment.

Les produits de remaniement tertiaires les plus fréquents et les plus caractéristiques du Quaternaire ancien sont les suivants:

1. Argiles kaoliniques chimiquement très évoluées, blanches ou peptisées par des hydroxydes de fer, le plus souvent de l'hydrohématite, qui proviennent de sols tropicaux ou subtropicaux lentement élaborés sur des surfaces ondulées peu disséquées. Elles caractérisent naturellement surtout les massifs anciens.

2. Arènes granitiques épaisses, correspondant à du granite pourri remanié. Lors de la reprise par la solifluxion périglaciaire, les feldspaths ayant

commencé à se kaoliniser sont réduits en limon et en poudre, les quartz se fragmentent, ce qui donne un produit terreux. Ce critère est moins bon que le précédent car de telles arènes se sont aussi formées au Quaternaire.

3. Restes d'éluvium siliceux, meuliérisations, quartzites, croûtes calcédonieuses, qui donnent des blocs et des galets. De telles formations étant toujours minces, le principe de la sédimentation inverse s'applique particulièrement bien à elles. On trouve de tels débris à la base du Quaternaire ancien de Saverne. Ils disparaissent ensuite.

4. Restes d'éluvium ferrugineux, cuirasses feuillettées, grès très ferrugineux, pisolithes de grande taille, concrétions. Les mêmes remarques s'appliquent à eux.

5. Nappes caillouteuses exceptionnellement riches en éléments siliceux difficilement altérables, qui conservent ce caractère même dans leurs parties profondes qui ont été soustraites à l'altération ultérieure. Celle-ci peut se reconnaître à l'existence de galets pourris, de tassements, de déformations, d'un brouillage de la stratification. Même là où l'altération ultérieure n'a pas joué, la proportion des siliceux atteint souvent 80 ou 90%. Il s'agit du remaniement de nappes de galets tropicales ou de la reprise de couches siliceuses (grès, quartzites, filons de quartz) ayant résisté à l'altération dans les sols tertiaires.

Naturellement, l'utilisation du critère lithologique doit être associée étroitement à celle du critère géomorphologique. C'est le modèle local qui, en fin de compte, commande la reprise périglaciaire des vieilles altérations. Dans les régions de ligne de partage des eaux peu disséquées, la reprise d'érosion permettant le remaniement peut se continuer tout au long du Quaternaire. Dans les régions plus disséquées, elle caractérise uniquement le Quaternaire ancien, comme à Saverne. Dans tous les cas, il est nécessaire d'utiliser le critère seulement de manière relative, en comparant la composition des diverses nappes que l'on cherche à dater. Dans les régions de tectonique quaternaire intense, comme le fossé alsacien, la méthode est la seule qui fournit des résultats sûrs.

Naturellement, ces méthodes doivent être combinées entre elles dans toute la mesure du possible. Les faunes constituent le moyen de datation le plus traditionnellement admis. Elles permettent de confirmer la datation des divers types d'altérations et de dispositions géomorphologiques qui servent à leur tour de moyen de datation, par analogie, en l'absence de faunes.

INVENTAIRE DES ACTIONS PERIGLACIAIRES ANCIENNES

On en est encore au stade des découvertes isolées, effectuées dans le cadre de monographies géomorphologiques détaillées. C'est pourquoi nous ferons rapidement la revue des principaux travaux où elles sont signalées.

En Vendée, Ters (1953) a signalé sur la feuille de Palluau au 1:80 000 d'importantes nappes de sable très éolisé, qui se rencontrent dans certaines hautes vallées et qui sont plaquées contre le sommet des versants. Le feldspath, abondant, y est éolisé. On y trouve aussi quelques galets, soit anguleux et mis en place par ruissellement, soit patinés et fortement éolisés. On note aussi des intercalations limoneuses et des paléosols humiques, ferruginisés par taches, avec des traînées brunes dues à la végétation contemporaine du dépôt. Celui-ci est postérieur au Redonien et antérieur aux terrasses de 30 et 50 mètres qui portent des sols rubéfiés et datent du Quaternaire ancien. Il aurait ainsi été mis en place au Villafranchien et aurait formé un vaste recouvrement atteignant une puissance de 10 à 20 mètres dans les vallées, fossilisant toute la topographie antérieure. Le matériel proviendrait des massifs granitiques par arénisation périglaciaire. Il a nourri de nombreux remaniements.

Facon (1953) a étudié les plateaux calcaires de la bordure sud-orientale du Massif vendéen. Dans la vallée de la Boudoire, il signale des éboulis ordonnés de calcaire séquanien recouverts en surface de 0,25 mètre de sol rouge et repris, sous le sol, en festons et guirlandes. Dans la vallée de la Boutonne, une vaste nappe de grève alluviale formée de Rauracien donne une surface très plane qui masque une topographie bosselée entaillée dans l'Oxfordien. Les galets ont révélé un aplatissement médian de 3,5. Enfin, on note une combinaison de vallées en berceau et de vallées assymétriques au versant ouest doux et au versant est raide.

Toujours dans l'Ouest, dans la région de Chartres, Albagnac (1954) signale, près d'Arnières-sur-Iton, au hameau des Ervolus, à la cote 140, un reste de terrasse du Quaternaire ancien qui se raccorderait (?) à la terrasse sicilienne de 90—100 mètres de la Seine. Elle est constituée par de gros éclats de silex à angles vifs et par de petits silex subarrondis et elle aurait été mise en place par la solifluxion.

Sur la basse Somme, dans les dépôts à industrie abbevillienne, ont été signalées par Breuil (1934) des couches amorphes qui peuvent s'interpréter valablement comme des formations de solifluxion.

Dans la partie orientale du Bassin de Paris, en Lorraine, et en Champagne, Tricart a relevé les traces d'une période froide datant du Quaternaire ancien, sans pouvoir préciser ce qui pourrait revenir aux diverses phases froides successives. Les formations périglaciaires sont avant tout alluviales. Ce sont des restes de nappes de cailloutis calcaires, désignées localement du nom de grève. Les fragments, bien qu'usés par les eaux, gardent des émoussés faibles, de l'ordre de 75 à 150 millièmes. Leur forme est subanguleuse et se rapproche de l'allure géométrique des fragments détachés par le gel. D'anciennes cupules de gélivation s'observent fré-

quement sur leurs faces, à peine effacées par le polissage superficiel dû au transport dans l'eau. L'aplatissement est élevé (supérieur à 3 pour les galets calcaires) et résulte d'une gélivation préférentielle le long du plan principal du galet. Dans la craie, les nappes de grèves analogues sont formées de granules de 0,2 à 0,8 millimètre, isodiamétriques, qui résultent également de la gélivation. L'importante ablation subie au cours des périodes postérieures n'a pas permis la conservation de formations de pente, et les lambeaux de grève eux-mêmes sont très inégalement répartis. En Champagne crayeuse, le principal se trouve sur le versant septentrional de la vallée de la Marne, au-dessus d'Ay (près d'Épernay). Des accumulations plus importantes de grève jurassique se situent en Champagne humide. Elles forment une terrasse très continue le long de l'ancien tracé de l'Aire-Bar, à l'Est de l'Argonne et entre l'Ornain et l'Aisne supérieure. Elles jalonnent les tracés d'anciens cours d'eau tronçonnés par capture. Ces grèves sont plus fluviatiles que celles du Quaternaire récent: les stratifications lenticulaires y sont plus développées et les lentilles de sable à stratifications obliques sont fréquentes; l'aplatissement est plus faible également (2,5 à 3,5 contre 3 à 5). Des plications s'observent dans la masse et, à Verpel, une fente en coin. Mais il est difficile de dire si ces cryoturbations sont contemporaines du dépôt ou dues à une période froide postérieure. En effet, certaines d'entre elles affectent en partie des argiles de décalcification brun chocolat qui datent de l'interglaciaire suivant. On peut hésiter entre deux hypothèses:

- a. ces dépôts de grèves constituent le produit du remaniement, lors de l'interglaciaire Mindel—Riss, sous un climat méditerranéen, des grèves véritables formées au cours des périodes froides du Mindel et du Gunz;
- b. les périodes froides du Mindel et du Gunz n'ont revêtu ici qu'un caractère affaibli.

La seconde hypothèse se heurte à plus grande extension de la glaciation elstérienne en Allemagne du Nord-Est et à l'existence de traces importantes du froid du Quaternaire ancien dans la France méridionale.

En Alsace, on trouve toute une série de cônes de déjections plaqués contre les Vosges et qui datent du Quaternaire ancien. Ils sont presque toujours déformés comme l'a montré Vonfert. Leur altération est très poussée, les grès étant lessivés et souvent déferruginisés, les granites complètement pourris, la matrice rubéfiée avec des teintes allant de brun-jaune à rouille au lieu du lie-de-vin prédominant originel. J. Vonfert a distingué deux types d'altération, dont le plus poussé est rapporté par lui au Gunz, l'autre au Mindel. La distinction s'avère souvent délicate. Ces cônes sont très grossiers, avec des blocs subanguleux de congolomérat atteignant

1 mètre à 1 ou 2 km du pied des escarpements dont ils proviennent. Latéralement, on voit parfois le matériel des cônes passer à des coulées de solifluxion caractérisées. A Bennwihr, ces coulées sont formées de gros blocs de grès et de conglomérat mêlés à des lentilles de loess, affectées de plications et injectées entre les blocs. A Saverne, une série de carrières entaille un tel cône et montre de magnifiques plications qui affectent tous les lits limoneux. Les dépôts sont recouverts par deux loess épais de 1,5 à 2 mètres chacun, séparés par un paléosol très net. Ils sont recoupés par un versant avec dépôts de solifluxion. Dans une des carrières, la partie supérieure des formations de cône disséquées montre un système de fentes en coin très évasées et peu profondes (1 m environ), très proches les unes des autres (1,5 d'espacement au maximum). Leur allure évoque la bouche d'une trompette. Nous n'avons pas encore eu l'occasion de voir de telles cryoturbations ailleurs et hésitons dans leur interprétation. Elles affectent des sables alternant avec des limons en couches pelliculaires. Près d'Obernai et de Bischoffsheim, Theobald (1955) a découvert des ossements permettant d'attribuer au Quaternaire ancien un cône de déjection analogue à celui de Saverne et dans lequel sont intercalées diverses couches de loess profondément lehmifiées.

Dans la région dijonnaise, Journaux a signalé des galets dressés.

Les importants travaux de Bout (1950) ont montré l'existence, dans le Velay, de puissantes manifestations du froid au Quaternaire ancien. Au cours du Villafranchien se place un épisode de sédimentation grossière, immédiatement postérieur aux sables à Mastodontes. Les gros blocs anguleux, atteignant 1,3 mètre de long, qu'on y trouve sont interprétés par Bout comme ayant été transportés sur des radeaux de glace. A. Cailleux a trouvé, dans les sables à Mastodontes eux-mêmes, des grains éolisés qui peuvent être périglaciaires. S'intercalant dans une série de basaltes et d'alluvions villafranchiennes, des éboulis ordonnés et des coulées de solifluxion ont été décrits par Bout. Cet auteur y a même signalé une cryoturbation. D'autres coulées de solifluxion, à matrice éolisée et consolidées, sont attribuées au Quaternaire ancien. Leur extension est très grande, ce qui s'explique tant par les conditions particulièrement favorables de conservation (plombage par des coulées volcaniques, fossilisation dans des bassins) que par l'altitude, engendrant un climat plus rude (altitude des actions périglaciaires observées: 700—1200 m, limite des neiges permanentes quaternaires: probablement 1200 m).

Dans le massif du Cantal, A. Meynier a signalé des débris de basalte et de ponce bien calibrés, plombés par une coulée d'andésite, à Farges. Leur disposition est litée, ce qui autorise l'auteur à formuler l'hypothèse d'éboulis ordonnés. Mais la photographie qu'il en donne ne confirme pas

cette interprétation: les lits sont courbes, relevés vers l'aval, et groupés en séries qui se recoupent mutuellement. L'origine du dépôt reste énigmatique: glissement par rotation? Quant à la fragmentation du basalte par la gélivation, elle semble très probable.

Sur le bord méridional du Massif Central, aux environs de Castres, Baeckeroot (1955a) a montré que le petit causse de St Hippolyte a été recouvert, antérieurement à l'encaissement des vallées, par des coulées de solifluxion, qui, descendant du Sidobre et du massif de l'Agout, ont fossilisé le relief karstique. Au pied de ces montagnes, elles sont formées d'argile rouge, que nous interprétons comme dues au remaniement des formations d'altération tertiaires. Au pied de la Montagne Noire, sur le causse d'Aiguefonde et Lacalm, une série de coulées de solifluxion anciennes forment un glacis largement étalé, antérieur au creusement des vallées et composé de matériel cristallin très altéré.

Dans le Sillon Rhodanien, quelques traces des actions périglaciaires du Quaternaire ancien ont été relevées ces dernières années. C'est tout d'abord l'important gisement de Saint-Vallier, sur lequel Bourdier (1938) a eu le mérite d'attirer l'attention et qui a été fouillé par Viret (1948, 1954). Il s'agit d'un loess complètement lithifié, qui repose sur le plateau dominant la rive gauche du Rhône. Il a fourni une abondante faune villafranchienne (25 espèces de mammifères). Les ossements très mélangés, sont composés en majeure partie d'os longs et de crânes. Ils sont le plus souvent posés à plat. Poser et Cailleux (1950) ont interprété ce gisement comme résultant d'une accumulation par solifluxion. Des loess durcis semblables à ceux de Saint-Vallier se retrouvent en plusieurs points de la vallée du Rhône, notamment sur le versant ouest de la Montagne de Crussol, où ils sont interstratifiés avec des coulées de blocaille calcaire libérée par gélivation. Tricart (1952) a signalé, à Collias, au Nord de Nîmes, sous deux loess séparés par un paléosol, une coulée de solifluxion formée de matériel calcaire, recouverte d'un loess altéré en sol rougeâtre, avec niveau de concrétionnement calcaire diffus ressemblant à une croûte. Près de Marseille, sur la route de Cassis, le même auteur a indiqué l'existence de brèches calcaires fortement cimentées, dont le matériel semble provenir de la gélivation d'escarpements voisins.

Dans les Préalpes, surtout celles du Sud, beaucoup moins englacées que celles du Nord, Tricart (1950) a étudié un certain nombre de nappes alluviales présentant des caractères périglaciaires. Elles ressemblent beaucoup aux nappes de grève de l'Est du Bassin de Paris: galets calcaires aplatis et subanguleux disposés en lits superposés, matrice de granules calcaires, traces de gélivation. Elles sont largement étalées au pied des reliefs importants où elles constituaient des nappes d'épandage de pié-

mont, disposées en glacis. Elles sont généralement assez élevées et très disséquées par suite de leur âge. On en trouve toute une série sur les bords ouest et sud du Vercors, des environs de Pont-en-Royans à Beaufort-sur-Gervanne, dans la vallée de la Drôme, dans la plaine de Montélimar. Ces terrasses ont été étudiées, le long de la Drôme, par Brunet (1957). Dans la région d'Aspres-sur-Buech, ce matériel repose sur des moraines Gunz et remplit un ancien lac de barrage fermé par le glacier de la Durance. A Mérindol, au pied du Lubéron, le ruisseau de la Font-de-l'Onne, à son débouché dans la vallée de la Durance, a édifié trois cônes de grève calcaire emboîtés les uns dans les autres. Le plus ancien, fortement altéré, est considéré comme datant du Quaternaire ancien. Dans les gorges du Verdon, en plusieurs points, le même auteur a observé des éboulis ordonnés fortement consolidés repris dans des éboulis ordonnés considérés comme rissiens. En Crau, au pied des Alpilles, du matériel local de gélivation calcaire vient s'interstratifier en plusieurs points dans le poudingue fluvioglaciaire qui date ici du Quaternaire ancien.

Dans la région niçoise, vers 400 m d'altitude Bourcart et Ottmann (1955) et Monjaux et Ottmann (1955) ont signalé, sur les formations deltaïques pliocènes, des loess dont la partie supérieure est rougie. Ils ont été repris ensuite dans des coulées de solifluxion affectant le flanc des vallées. Sous ces loess, des alternances de sables et de limons présentent des cryoturbations (cailloux gélivés, festons, poches). Ces manifestations périglaciaires seraient datées du Quaternaire ancien par le sol rouge qui les surmonte.

Enfin, des sables éolisés ont été signalés, notamment par Cailleux, dans de nombreuses formations alluviales datant du Quaternaire ancien: dans la forêt de Sénart, près de Paris, dans la région de Bourges, près de Bordeaux et près de Nantes. Près de Nantes, un âge pliocène n'est pas exclu. Cailleux (1955) interprète également comme ayant été transportés par des radeaux de glace des blocs allogènes atteignant 30—35 cm que l'on rencontre dans la plus haute terrasse de la Garonne aux environs de Bordeaux. Ils tranchent nettement par leur dimension avec le reste du matériel.

CONCLUSION

Toute incomplète qu'elle soit, cette répartition montre que les actions périglaciaires ont été intenses au Quaternaire ancien. La solifluxion, la gélivation et l'éolisation ont affecté l'ensemble du territoire métropolitain continental. Des coulées de solifluxion typiques, des loess, des fragments

de gélivation s'observent en certains points jusqu'aux abords de la Méditerranée. Il faut donc admettre que ces régions se trouvaient au-delà de la limite des forêts continues. Au moins une partie de leur surface était occupée par une steppe plus ou moins clairsemée où le vent et le froid exerçaient librement leur action. C'est donc plus loin vers le Sud, en Italie péninsulaire et en Espagne, qu'il faut rechercher la limite septentrionale des actions périglaciaires du Quaternaire ancien, au niveau de la mer.

Cependant, un fait est frappant: les actions du froid revêtent, au Quaternaire ancien, des faciès particuliers. Jusqu'à présent, aucune fente en coin typique n'a été signalée dans des dépôts appartenant avec certitude à cette période. Les plications et les involutions, parfois très belles, n'ont été signalées qu'en Velay et en Alsace, c'est-à-dire dans des régions élevées ou septentrionales. Or, il ne semble pas que cette proportion particulière entre les différentes manifestations des actions périglaciaires soit purement fortuite. Loess, dépôts de solifluxion, glaciis alluviaux sont suffisamment bien conservés et ont été étudiés d'une manière assez minutieuse en de nombreux endroits pour que des fentes en coin ou des plications n'aient pu passer inaperçues. Il semble donc que l'absence des unes et la localisation bien particulière des autres soit liée à des conditions paléoclimatiques propres au Quaternaire ancien. Ce qui a été observé jusqu'à maintenant en France indique un froid humide modéré plutôt qu'un froid très intense.

Bibliographie

- Albagnac, J. 1954 — La région entre l'Eure et l'Iton: étude morphologique. *Bull. Ass. Géogr. Français*; pp. 15—25.
- Baeckerroot, G. 1955 a — Un petit Causse du Castrais. *Bull. Ass. Géogr. Français*; pp. 36—40.
- Baeckerroot, G. 1955 b — Identification de périodes périglaciaires distinctes, dans le Castrais. *C. R. Acad. Sci.*, t. 240; pp. 635—637.
- Bourcart, J., Ottmann, F. 1955 — Sur la stratigraphie du Quaternaire en pays niçois. *C. R. som. Soc. Géol. France*; pp. 70—72.
- Bourdier, F. 1938 — Essai de synthèse sur le Quaternaire du S. W. de la France. *Bull. Etudes locales de la Charente*, no 182—184.
- Bout, P. 1949 a — Sur un dépôt de pente villafranchien cryoturbé à Vazeilles (Haute-Loire). *Bull. Soc. Géol. France*, 5 sér., t. 19; pp. 427—434.
- Bout, P. 1949 b — Les dépôts de pente villafranchiens du Coupet (Haute-Loire). *Sédimentation et Quaternaire*, France; pp. 195—206.
- Bout, P. 1949 c — Les dépôts de pente anciens du Velay. *C. R. som. Soc. Géol. France*; pp. 15—17.

- Bout, P. 1949 d — Préhistoire. *Bull. Soc. Acad. du Puy et de la Haute-Loire*, 29 (séance du 13 janvier 1949); pp. 1—4.
- Bout, P. 1950 — Gisements à faune villafranchienne du Velay et de l'Apennin. *Bull. Soc. Acad. du Puy et de la Haute-Loire*, 30 (séance du 10 novembre 1949); pp. 1—2.
- Bout, P. 1952 — Le climat du Velay au quaternaire et au postglaciaire. *C. R. Séances Soc. Biogéogr.*, no 249; pp. 17—41.
- Cailleux, A. 1953 — Graviers du Pliocène et du Quaternaire inférieur européens et nord-américains. *Geol. Bavarica*, no 19; pp. 307—314.
- Cailleux, A. 1955 — Sur les blocs démesurés signalés à Facture par M. Schoeller. *C. R. som. Soc. Géol. France*; pp. 40—41.
- Ellenberger, P. 1953 — Sur les anciennes grottes de la Corniche de Sète (cap de L'azaret) et leur faune villafranchienne. *Bull. Soc. Géol. France*, 6 sér., t. 3; pp. 85—98.
- Facon, R. 1953 — Les formations du Quaternaire ancien de la Boutonne supérieure (Deux-Sèvres). *Bull. Soc. Géol. France*, 6 sér., t. 3; pp. 147—151.
- Monjaux, J., Ottmann, F. 1955 — Le bassin de Tourette-Levens (Alpes maritimes) et sa tectonique quaternaire. *C. R. som. Soc. Géol. France*; pp. 72—74.
- Poser, H., Cailleux, A. 1950 — Interprétation climatique du gisement de Saint-Vallier (Drôme). *C. R. som. Soc. de Biogéogr.*, no 236; pp. 117—119.
- Poser, H., Tricart, J. 1950 — Terrasses et phénomènes périglaciaires dans la vallée de l'Huisne en amont du Mans (Sarthe). *Bull. Soc. Géol. France*, 5 sér., t. 20; pp. 381—391.
- Quaternaire et Morphologie. Colloques Nationaux du CNRS, Lyon, oct. 1952, Paris 1954; 125 p.
- Schwobthaler, J. P., Vogt, H. 1955 — Aspects de la morphogenèse quaternaire dans le Bas-Rhône occidental. *Bull. Soc. Languedocienne Géogr.*, t. 26; pp. 13—59, 67—130.
- Ters, M. 1953 — Existence d'un désert froid au Quaternaire ancien dans la région littorale vendéenne. *Bull. Soc. Géol. France*, 6 sér., t. 3; pp. 355—368.
- Ters, M. 1955 — La terrasse fluvio-périglaciaire de la Vie, en Vendée. *Bull. Ass. Géogr. Français*, no 249—250; pp. 62—74.
- Tricart, J. 1949 — Premiers résultats d'une étude des phénomènes périglaciaires dans les alluvions quaternaires de Basse Alsace. *C. R. som. Soc. Géol. France*; p. 224—227.
- Tricart, J. 1950 — Compte rendu de l'excursion de Valence du 18 au 24 février 1950. *Bull. Fac. Lettres Strasbourg*; pp. 384—396.
- Tricart, J. 1951 — Formations quaternaires et évolution morphologique de la moyenne vallée de l'Yonne et de la basse vallée de la Cure. *Bull. Soc. Géol. France*, 6 sér., t. 1; pp. 497—510.
- Tricart, J. 1952 a — Le bassin de Paris, étude morphologique, t. 2 — L'évolution morphologique au Quaternaire. Paris, SEDES; p. 211—474.
- Tricart, J. 1952 b — Paléoclimats quaternaires et morphologie climatique dans le Midi méditerranéen. *Eiszeitalter u. Gegenwart*; Bd. 2; pp. 172—188.
- Tricart, J. 1954 a — Périglaciaire et fluvioglaciaire; essai de corrélation du Quaternaire durancien. *Mém. Centre Doc. Cartogr. CNRS*, 4; pp. 171—202.

- Tricart, J. 1954 b — La Champagne — La Lorraine — (proprete) in: C. R. de la 36 Excursion géographique interuniversitaire, en collaboration avec A. Guilcher, Prêcheur et M. Rochefort. *Annales Géogr.* t. 63; pp. 88—98.
- Viret, J. 1948 — Une contribution à l'histoire des glaciations alpines, la faune du loess durci de Saint-Vallier (Drôme). *Rev. Géogr. Lyon*, t. 23;
- Viret, J. 1954 — Le loess à bancs durcis de Saint-Vallier (Drôme) et sa faune de Mammifères villafranchiens avec une analyse granulométrique par E. Schmid et une analyse pollinique par C. Kraehenbuehl. *Arch. Mus. Hist. Nat.*, fasc. 4; 200 p.
- Zandstra, K. J. 1954 — Un dépôt pollinifère mindelien en Sarre. *Rev. Géomorph. Dynamique*; pp. 204—213.

DISCUSSION

G. Nangeroni: Les moraines de Mindel en Italie, surtout celles situées à l'W du lac de Garde, sont aussi très ferretisées.

J. Tricart: Les observations de Monsieur Nangeroni viennent à l'appui des nôtres: dans les régions françaises étudiées, il ne nous est pas possible de distinguer entre le Gunz et le Mindel. De la sorte, nos rubéfactions pré-Riss peuvent être aussi bien post-Mindel ou post-Gunz.

R. Raynal: Il est intéressant de remarquer comment l'importance respective des critères „croûte” et „altération”—„ferruginisation” varie de part et d'autre de la Méditerranée. L'altération prend la place de la croûte aux horizons supérieurs du Quaternaire ancien marocain dans des conditions exceptionnelles et anormales d'humidité (Rif Central — Maroc — Atlantique Nord). Cette variation est tout à fait normale étant donné le décalage en latitude.

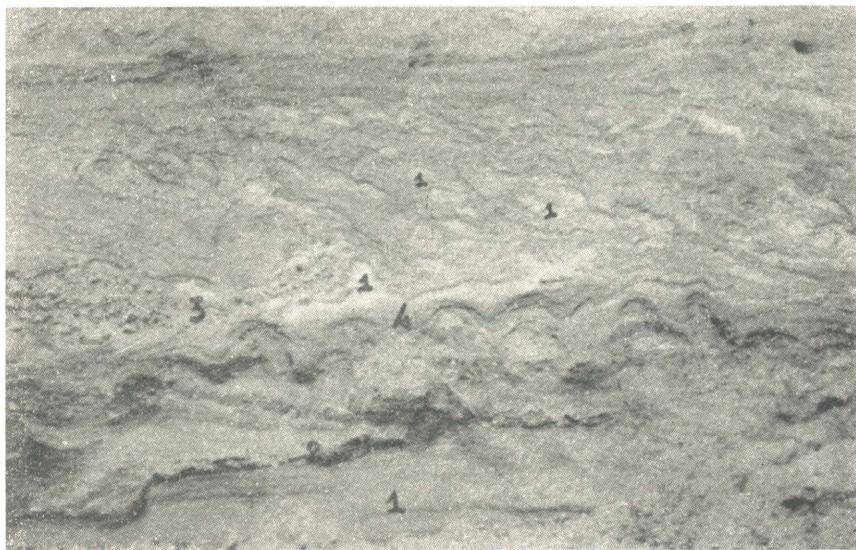


Photo 1. Plications et mouchetures à Saverne, grande carrière de Lotz
1. sable fin faiblement coloré (désagrég. du Grès Vosgien) immédiatement superposé aux formations cail-
louteuses du milieu de la coupe; 2. croûte ferro-manganésienne ds. 1; 3. lit de graviers contourné; 4. lit
limoneux gris-vert, intensément dérangé par plication

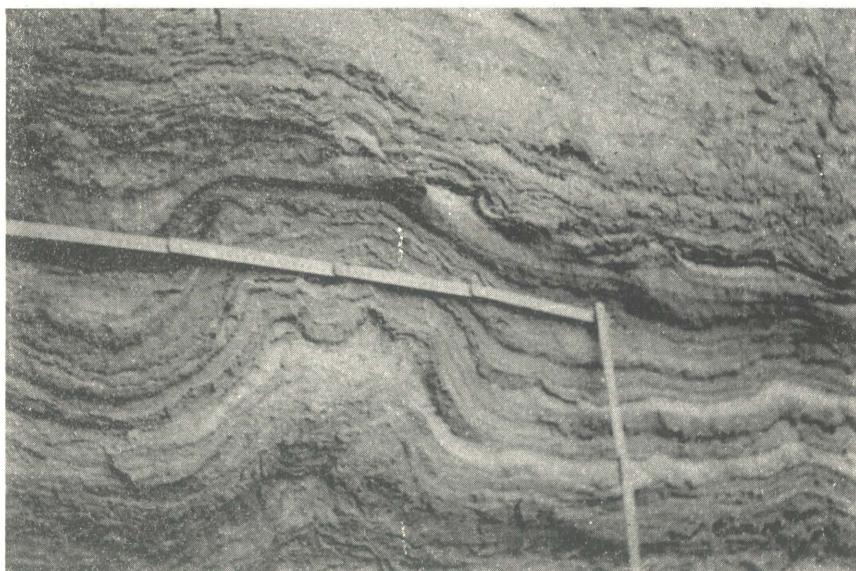


Photo 2. Plications dans la grande carrière de Lotz à Saverne
Couches fines du sommet (5 m sous le sol) formées de lits minces alternés de sable fin, un peu décoloré
(désagrég. du Grès Vosgien) et de limon gris



Photo 3. Involutions et plications, cône de déjections, grande carrière de Lotz
Alternance de couches fines de sable moyen et de limon violemment cryoturbé

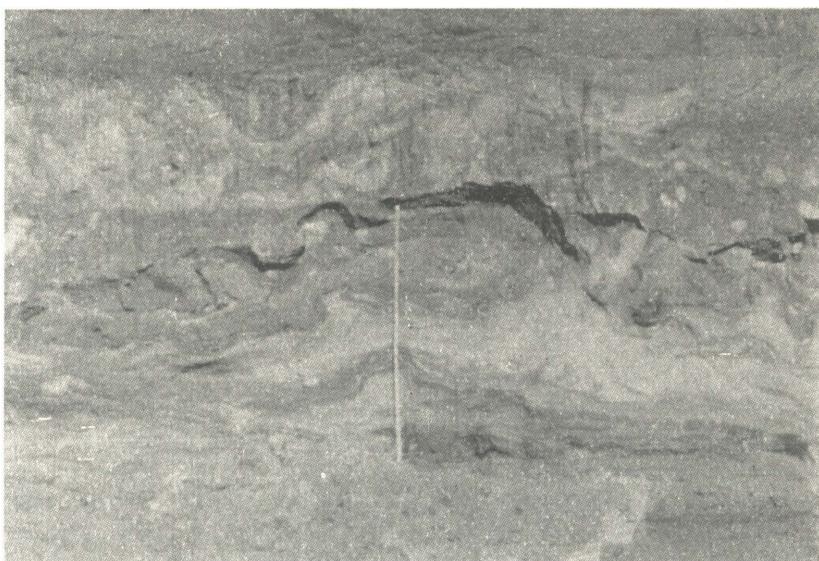


Photo 4. Cryoturbations. Saverne, grande carrière de Lotz, face NE à 7 mètres en-dessous du sol
Involutions et plications avec phénomène d'injection dans des couches pelliculaires sableuses et limoneuses de cônes de déjections