

Jean Tricart *

Strasbourg

QUELQUES ASPECTS DES PHÉNOMÈNES PÉRIGLACIAIRES QUATERNAIRES DANS LA PÉNINSULE IBÉRIQUE

Malgré quelques travaux récents, les effets géomorphologiques et sédimentologiques des périodes froides quaternaires sont encore mal connus dans la Péninsule Ibérique. Entre le Maroc, où ils ont été étudiés en détail par des chercheurs de grande classe, et la France où ils ont été assez bien analysés, cette région correspond à une sorte de lacune dans notre savoir. Or, la variété de ses climats actuels en fait une zone de transition du plus haut intérêt.

Trois domaines principaux se partagent la Péninsule Ibérique :

- Le domaine subtropical humide de l'Ouest et du Nord-Ouest,
- Le domaine subtropical sec du Sud et de l'Est,
- Le domaine continental des hautes terres du Centre.

Dans chacun d'entre eux, les phénomènes morphogénétiques des périodes froides quaternaires ont revêtu un aspect particulier. De plus, du Nord au Sud, la limite inférieure de l'étage périglaciaire s'élève graduellement. Les observations faites jusqu'à présent ne permettent pas encore de préciser partout les divers faciès morphoclimatiques quaternaires ni leur limite altitudinale. C'est pourquoi nous avons pensé bon de rassembler ci-dessous quelques données recueillies au cours d'un rapide voyage déjà ancien (1958).

LE DOMAINE SUBTROPICAL HUMIDE DE L'OUEST DE LA PÉNINSULE

Laissant de côté la Galice, sur laquelle H. Nonn achève une importante monographie, nous prendrons comme exemple le Nord du Portugal.

Dans les régions de Tuy et de la vallée du Tage, les phénomènes périglaciaires sont confinés aux seules hauteurs assez élevées. Ils apparaissent seulement aux alentours de 450 m d'altitude entre Valencia de Alcántara et Castelo de Vide, sous la forme d'une gélifluxion généralisée, limitée cependant aux roches favorables. Sur les schistes, on observe des coulées

* Centre de Géographie Appliquée, Strasbourg, France.

de *head* pierreuses, atteignant 2 à 3 m d'épaisseur, dont la matrice est formée par un sol rouge remanié. Elles s'étalent au pied des crêtes de quartzite, dans la dépression située entre ces deux localités. La gélifraction s'est attaquée surtout aux roches les plus fragiles : schistes faiblement métamorphiques et quartzites fissurés, dont les débris sont aisément détachables. L'âge de ces formations de pente périglaciaires n'a pas pu être précisé, faute d'études approfondies. Il est postérieur à la dernière période de rubéfaction. Or, il n'est pas certain du tout que celle-ci date de l'interglaciaire Riss—Wurm.

Vers le Nord, la couverture de *head* se développe et s'abaisse tout à la fois. Sur les versants schisteux, où elle est le mieux développée, elle arrive presque au niveau de la mer aux environs de La Corogne. Dans cette région, presque tous les versants schisteux en sont recouverts, d'une couche mince dans leur partie supérieure au profil convexe, plus épaisse dans leur partie inférieure, au profil concave. Vers le pied des versants, des traces de lavage par ruissellement s'observent fréquemment, sous la forme de passées de gravier sans matrice de quelques centimètres d'épaisseur. C'est donc un ruissellement pelliculaire qui a agi, probablement sur sol gelé saisonnier. Mais l'ensemble de ce *head* a bien été mis en place par solifluxion : il laboure les couches de schistes altérés redressées et les fauche parfois.

On a donc ainsi un faciès de périglaciaire humide, à solifluxion assez largement développée, avec une pointe de ruissellement diffus. Celle-ci disparaît dans les régions à la fois plus intérieures, plus sèches et plus continentales avoisinant la vallée du Tage le long de la frontière espagnole. Au contraire, ce faciès se développe aux abords du Golfe de Gascogne et nous l'avons retrouvé, avec quelques variantes résultant d'un climat plus rude, dans les schistes de Vendée.

Nous nous trouvons ici sur l'une des limites de l'Europe périglaciaire. Aux abords du Golfe de Gascogne, probablement refroidi par les icebergs issus de l'inlandsis fenno-scandinave et des calottes glaciaires des Îles Britanniques, des climats à gel saisonnier net atteignaient à peu près le niveau de la mer. La fonte des neiges ou des averses sur sol encore gelé facilitaient la solifluxion avec ruissellement diffus subordonné. Mais le décapage des versants est resté, somme toute, minime. Aux environs de La Corogne, celui de la dernière période froide n'a pas fait disparaître les restes de matériel altéré antérieurement.

En dessous de la limite de ce périglaciaire atténué, par exemple dans les régions basses du Portugal septentrional et central, l'évolution géomorphologique plio-quaternaire a été sensiblement différente. Nous en prendrons comme exemple les environs de Tuy, près de la frontière Nord du Portugal et d'Alpalhão, proche de la vallée du Tage en aval de Valencia

de Alcántara. Toutes deux sont granitiques. Nous avons pu y établir les phases suivantes d'évolution du relief:

— Une période de profonde et puissante altération, aboutissant au pourrissement du granite sur 10 m d'épaisseur et plus. Les feldspaths sont en grande partie kaolinisés, la biotite éliminée. A la base de cette roche pourrie, s'observe la zone de l'altération en boule et des chicots plus résistants à diaclasses simplement élargies. Ces arènes sont générales dans d'amples dépressions en alvéoles, comme celles de Tuy qui à 8 km de long sur 2 à 3 de large, et d'Alpalhão. Autour des alvéoles, des collines granitiques, ébauches de mornes rocheux de type tropical, sont formées par des dalles de roche souvent nue, qui se desquament.

— Une période de formation de glacis, particulièrement nette dans l'alvéole de Tuy, où le granite est tronqué par des épandages de 0,1—1 m d'épaisseur, formés de cailloux subanguleux de quartz ferruginisés en surface. Dans la région du Tage, c'est un vaste cône de piémont qui recouvre le granite pourri, tronqué, et fossilise certaines irrégularités du modelé. Il contient des galets de quartz et de quartzite associés à une argile résultant de l'altération des galets de schistes, et des faciès plus fins, sableux, sablo-limoneux. Ce cône de piémont peut être parallélisé avec les formations à ranãs du Centre de la Péninsule.

— Le cône de piémont du Tage a subi une intense altération, éliminant pratiquement tous les galets non siliceux, accompagnée d'une rubéfaction poussée, puis d'un lessivage des oxydes de fer plus ou moins complet. En même temps, il a été disséqué, ainsi que les produits d'altération sur lesquels il repose. La même évolution s'observe dans l'alvéole de Tuy et rappelle beaucoup la podzolisation observée par les pédologues français dans les cailloutis rubéfiés villafranchiens du Languedoc et qu'ils datent du Gunz. Dans le Nord du Portugal, on voit souvent les arènes, entaillées par un réseau de vallons, rubéfiées sur les flancs de ceux-ci, ce qui démontre qu'une certaine dissection des glacis avait déjà eu lieu lors de la ou des périodes de rubéfaction. Dans l'alvéole de Tuy, le glacis à recouvrement caillouteux est fossilisé sous une couverture fine brun-jaune orangé, terreuse, issue du remaniement du granite altéré des collines de la bordure.

Dans ces régions, le Quaternaire a été surtout marqué par la dissection des glacis et cônes de la formation des ranãs, probablement villafranchienne. Comme au Maroc, le Pliocène aurait été caractérisé par la succession d'une période humide à forte altération chimique (Moulouyen), et d'une période plus sèche, à pluies irrégulières provoquant des pluies violentes, avec mobilisation des débris sur les versants, épandages, mise en place de cônes de piémont et façonnement de glacis dans les dépressions (Villafranchien). Mais, à la différence du Maroc, la formation des glacis n'a eu lieu qu'à

cette période. Pendant le Quaternaire, ils ont été disséqués. Le nettoyage des versants n'a pas été très intense, car les formations d'altération tertiaires, pourtant aisément mobilisables, sont loin d'être liquidées. Des ravins s'entaillent dans leur masse mais les arènes persistent largement, partiellement rubéfiées. L'érosion différentielle joue, permettant le nettoyage de chicots, avec mise à nu de chaos de blocs et de tors, voire d'esquisses de dômes rocheux.

L'essentiel des actions quaternaires semble se limiter à l'alternance de périodes caractérisées, les unes par l'altération superficielle, notamment la rubéfaction au Quaternaire ancien, des arènes tertiaires, les autres par une incision torrentielle de ravins et de vallons adoucis par colluvionnement quand la reprise d'érosion n'était pas trop violente. Certains climats relativement frais et humides ont permis un lessivage des hydroxydes (podzolisation) et une production de terre limoneuse au détriment du granite pourri. La mauvaise structure des sols ainsi formés a favorisé le ruissellement et la dissection des régions granitiques. Leur modelé diffère peu de celui des affleurements de schistes, de marnes et de sables: il se compose de croupes confuses, séparées par un dense réseau de ravins et de vallons, aux pentes assez raides ($10-20^\circ$), concavo-convexes. Un saupoudrage d'éléments fins, limoneux, se rencontre souvent sur les surfaces planes. Il est probablement d'origine éolienne, l'action du vent étant démontrée par les dunes de la Gândara et des remplissages de fissures karstiques, soigneusement étudiés par G. Soares de Carvalho.

L'Ouest de la Péninsule Ibérique nous montre donc:

(1) Une rapide descente vers le Golfe de Gascogne de la limite altitudinale des phénomènes périglaciaires atténués. De 500 m environ aux abords de la vallée du Tage, elle approche du niveau de la mer vers La Corogne.

(2) L'apparition, en Galice, d'un faciès périglaciaire à gélifluxion mêlée d'un peu de ruissellement, correspondent probablement à un gel hivernal plus ou moins continu, avec solifluxion de fonte des neiges et de dégels humides. On retrouve ce faciès, avec des variantes, sur les bords du G. de Gascogne, en France.

(3) Au delà de la limite des phénomènes périglaciaires atténués, un domaine qui a connu l'élaboration de glacis au Villafranchien (rañas), puis une dissection par le ruissellement concentré, plus ou moins intense suivant les périodes et alternant, lorsqu'elle se ralentissait, avec des épisodes de pédogénèse plus active, les uns rubéfiants, surtout au Quaternaire ancien, les autres lessivants.

La parenté avec le Maroc Atlantique est nette. Schématiquement, on peut échelonner ainsi la limite inférieure, en altitude, des phénomènes de solifluxion nets sur schistes:

— La Corogne (lat. 43°30')	environ 0 m
— Valencia de Alcántara (lat. 39°30')	500 m
— Rif occidental (lat. 35°)	800 m

L'Ouest de la Péninsule Ibérique est donc une région de transition où le relèvement altitudinal de la limite inférieure de l'étage périglaciaire est très rapide.

LE SUD DE L'ESPAGNE

Dans le Sud de l'Espagne, les phénomènes périglaciaires sont relégués en altitude. Dans les régions basses, les formes caractéristiques sont, comme dans le Maroc Oriental, les glacis à couverture de pierrailles souvent consolidées en brèche ou en conglomérat, les encroûtements, les sols rouges. Nulle part ces derniers ne sont actuels. Ils semblent, au moins, pré-wurmiens. Nous donnerons quelques descriptions de ces associations dans divers secteurs-échantillons.

BORDURE SUD DE LA PLAINE DU GUADALQUIVIR

La route de Séville à Carmona et Ecija parcourt une région de Néogène marneux et calcaire, donnant des monoclinaux. Un tel milieu structural est très favorable au développement de glacis, qui se raccordent aux terrasses.

A 16 km W de la Luisiana, un glacis supérieur est jalonné par des cailloutis siliceux, formant des épandages de piémont. Il est couvert de sols argileux très rouges. Des vallonnements très doux le dissèquent, encaissés d'une quinzaine de mètres. Dans le fond de l'un d'entre eux, on observe la coupe suivante:

(a) à la base: un cailloutis consolidé entièrement par une précipitation de calcaire diffuse, à texture grumeleuse, visible sur 2 m. Il forme le fond du vallonnement. Les galets sont inférieurs à 10 cm et d'usure très diverse, allant de subémoussé à arrondi. Ils sont uniquement siliceux: quartz, nombreux grès-quartzitiques et quartzites. A la surface du sol, ils sont tous patinés de brun rouille foncé ou de lie de vin;

(b) au dessus, affleurant dans la partie basse des versants très fuyants du vallonnement, une croûte continue, ondulée, de 2—3 cm d'épaisseur, recoupant légèrement le cailloutis. Elle ne contient aucun galet ou gravier. Elle est formée, à sa base, de calcaire compact, d'aspect rubanné, et à son sommet de calcaire grumeleux, semblable au ciment du conglomérat (a), seulement un peu plus compacte;

(c) une argile rouge foncé très pure, totalement décalcifiée, contenant de petits pisolithes ferrugineux et se débitant en colonnettes. Son épaisseur est de 10—15 cm;

(d) une formation colluviale de cailloux uniquement siliceux, éclatés en partie, remaniés à partir du glacier supérieur, patinés, dans une matrice terreuse ocre-brun légèrement rougeâtre, beaucoup plus pâle que (c). Epaisseur 20—30 cm.

Il apparaît donc que nous ayons les périodes suivantes:

- Formation des épandages de piémont, associant glaciers et cônes coalescents
- Entaille donnant les vallonnements, amples et larges
- Mise en place d'une nouvelle nappe de cailloutis siliceux dans les vallonnements
- Consolidation phréatique de la nappe de cailloutis inférieure
- Encroûtement du pied des versants du vallon, à la base d'un sol de colluvions fines
- Mise en place de nouvelles colluvions, plus grossières (d), sans encroûtement.

Le dernier sol rouge est antérieur à cette période de mise en place de colluvions grossières.

A l'W de Carmona, on retrouve les mêmes éléments principaux:

— Des collines marneuses, donnant des croupes aux formes lourdes, fortement oblitérées, où les marnes, grises, sont altérées en sols rubéfiés, de teinte orange.

— Un système de glacier généralisé, ceinturant les collines marneuses, constitué de cailloutis cimentés par du calcaire diffus, d'une épaisseur de plusieurs mètres, mais se terminant en biseau contre le pied des collines. Sur les cailloutis, on trouve un sol d'argile rouge très foncée, mêlée de cailloutis siliceux à quartzites rubéfiés. A sa base, on observe une croûte discontinue.

— Dans ces glaciers est incisé tout un système de vallonnements doux, aux versants fuyants, s'accroissant un peu vers l'aval. Nulle part on n'y rencontre de sol rouge, seulement des terres brunes légèrement rougeâtres par remaniement des sols rubéfiés du glacier.

La relative ancienneté des sols rouges se confirme donc. Il en est de même de la formation de croûtes sous un horizon de sol argileux décarbonaté.

Des observations faites à la sortie E du bourg d'Ecija apportent d'ailleurs quelque lumière sur ce problème encore discuté de la formation des croûtes. Dans une dépression aux versants fuyants, comme ceux des vallonnements décrits ci-dessus, les eaux stagnent après les pluies et du calcaire se précipite

sous la forme de concrétionnements diffus, grumeleux, exactement semblables à ceux du conglomérat (a) de la coupe de la Luisiana. La consolidation par précipitation de calcaire diffus se poursuit donc dans les conditions climatiques actuelles, du fait de l'écoulement intermittent et de la forte évaporation. Par contre les croûtes rubannées semblent de formation pédologique. On les trouve à la base de sols argileux entièrement décarbonatés, ce qui leur permet d'être rubéfiés. Elles se sont souvent développées par altération de formations consolidées par la précipitation de calcaire diffus. La signification géomorphologique des deux types est complètement différente:

— La consolidation des cailloutis par précipitation diffuse de calcaire implique des inondations périodiques, des eaux stagnantes s'évaporant, ou une nappe phréatique soumise, elle aussi, à une forte évaporation. C'est un phénomène qui ne peut se produire qu'aux abords du niveau de base local.

— La formation des croûtes rubannées sous argiles rubéfiées est pédogénétique. Elle correspond à un lessivage intense en surface, mais à une précipitation des carbonates à la base de l'horizon lessivé, au contact de la formation-mère contenant une proportion élevée de carbonates. Cette précipitation semble avoir, à la fois, des causes chimiques et physiques, la dessiccation du sol après la pluie intervenant certainement. Une fois l'amorce de la croûte réalisée, une autocatalyse joue: les eaux de percolation sont arrêtées à sa surface, ce qui facilite la précipitation par évaporation et durcit progressivement la croûte, lui donnant une surface plus régulière. De tels mécanismes supposent des conditions géomorphologiques permettant l'infiltration, mais un drainage médiocre. C'est lorsque la nappe alluviale est disséquée en terrasse qu'elles sont réalisées. La consolidation préalable de l'accumulation par la précipitation de calcaire grumeleux facilite d'ailleurs les choses.

Ainsi, tandis que la consolidation par précipitation diffuse de calcaire est un phénomène de fond de dépression, contemporain de l'accumulation détritique ou immédiatement postérieur, la formation des croûtes pédologiques, horizon B de sols argileux rubéfiés, implique un certain drainage, une dissection des accumulations détritiques riches en calcaire sur lesquelles elle se produit.

RÉGION DE BAZA, ALICANTE, MURCIE

Dans les bassins intérieurs de Grenade, de Baza, de Murcie et les plaines littorales au Sud du Cap de la Nao, on rencontre encore un Quaternaire de type nord-africain évoquant celui des régions d'Oujda et de Taza (Maroc oriental).

La fragmentation est discrète dans les calcaires, bien moindre que dans les schistes et les quartzites du Portugal central à même altitude. La roche affleure généralement sous la forme de dalles et de gradins structuraux, profondément lapiazés. Dans les cavités persistent des restes de terra rossa, dont la plus grande partie a été nettoyée par le ruissellement. Localement, au pied des parois raides, comme au Peñon d'Ifach on rencontre des débris de calcaire de moins de 5 cm, accompagnés de quelques blocs de 0,5—1 m noyés dans une argile formée de terra rossa remaniée. Il ne s'agit pas d'une formation typiquement périglaciaire, bien qu'elle apporte le témoignage de paléoclimats plus froids que de nos jours. Actuellement, en effet, le gel est tout à fait exceptionnel dans cette région abritée et il n'a pratiquement pas d'efficacité. Les éclats de moins de 5 cm sont des produits de micro-gélifraction impliquant des gels brefs mais relativement fréquents agissant sur une roche humide. Des coups de froid hivernaux, comme il s'en observe de nos jours en Languedoc, donnent des matériaux de ce type. Les blocs proviennent d'éboulements provoqués par la mise en porte-à-faux de bancs plus durs, probablement sous l'effet de la micro-gélifraction.

Le remaniement de la terra rossa semble avoir été surtout l'oeuvre d'un ruissellement d'averses brutales, peut-être favorisées par les contrastes thermiques accusés entre une Méditerranée tiède et le centre de la Péninsule, au froid hivernal intense. Une réduction de la couverture végétale, conséquence de ces conditions écologiques défavorables, semble également nécessaire. La couverture végétale actuelle, fortement dégradée par l'Homme et ses animaux, permet la continuation d'un tel ruissellement.

Dans la mise en place des formations de pente sur calcaire, nous ne voyons rien qui ressemble à de la solifluxion. Ces conditions de façonnement des versants montent au moins jusqu'à 800 m d'altitude à l'E de Grenade.

Dans les dépressions, nous retrouvons des glacis à encroûtements et argiles rubéfiées. Ils sont jalonnés par de la pierraille calcaire issue de formations de pentes du type de celles que nous venons de décrire. Au pied des montagnes, aux environs de Baza et de Murcie, des épandages se produisent encore à leur surface à l'issue des ravins, mais il s'agit bien de formes héritées, survivantes, à activité réduite, que dissèque un ruissellement concentré s'incisant sous l'effet de l'érosion régressive. Sur la côte, les glacis semblent déformés. Certains se terminent assez haut et tombent sur la mer par des falaises. D'autres, au contraire, plongent sous le remblaiement flandrien. Celui-ci est toujours de teinte grise, comme le Rharbien du Maroc. A la surface de ces glacis, on rencontre parfois des limons rouges, semblables au Soltanien marocain, formés par de la terra rossa remaniée, par le ruissellement et, peut-être aussi, par le vent.

Il y a donc eu alternance, dans cette région, de deux types fondamentaux de systèmes morphoclimatiques au Quaternaire:

— Pendant les périodes froides (régression marine), des coups de froid hivernaux, sans gel prolongé, permettaient une microgélifraction, probablement facilitée par une humectation des roches par des condensations plus abondantes que de nos jours. Des minima moyens de l'ordre de -10° avec des moyennes mensuelles du mois le plus froid légèrement positives semblent parfaitement capables de permettre ce que nous avons observé. L'instabilité du climat, probablement accentuée par la proximité d'une Méditerranée restée tiède et de régions très refroidies (Alpes englacées, Golfe de Gascogne sillonné probablement d'icebergs), se traduisait aussi par des averses violentes déclenchées par des contrastes thermiques accrus lors du passage des fronts froids, et par une couverture végétale clairsemée, souffrant de ce climat irrégulier. A une fragmentation modeste était associé un ruissellement intense, qui a largement déblayé les formations meubles, notamment la terra rossa, et les sols, qui sont remaniés dans les accumulations détritiques, mêlés d'éclats de roche frais. Du calcaire était aussi dissous et précipité par l'évaporation à la fin des crues, consolidant les nappes de cailloutis. La brusquerie des crues faisait se combiner un ruissellement concentré, sculptant des ravins, sur les versants, et des épandages façonnant des glacis dans les dépressions, surtout là où des roches tendres pouvaient être scalpées lors de la mise en place des débris. Ces conditions morphogénétiques sont exactement équivalentes à celles qui sont désignées sous le nom de „Pluviaux” en Afrique du Nord. Il ne faut donc pas prendre ce terme au pied de la lettre. Plus qu'un accroissement massif des précipitations, qui n'est pas certain (la précipitation diffuse du calcaire impliquant un fond de sécheresse) il faut donc admettre des averses violentes et irrégulières tombant sur un sol mal protégé car ce type de pluies, aussi bien que les coups de froid hivernaux, étaient peu favorables à la végétation.

— Pendant les périodes interglaciaires, la couverture végétale bénéficiait d'un régime thermique plus favorable, le gel devenant rare. Par contre, le régime pluviométrique était certainement contrasté. La couverture végétale rencontrait des conditions plus favorables, cependant, permettant le développement de forêts sèches et de formations arbustives. Une moindre fragmentation, une meilleure protection du sol par une végétation moins clairsemée, donnaient une importance relative plus grande aux actions chimiques. Le décapage des versants était moins rapide, la pédogénèse plus poussée. Les écoulements, restés irréguliers, étaient surtout concentrés. Les surfaces de terrasses ou de glacis, peu soumises au décapage, permettant une certaine infiltration de l'eau du fait de leur faible pente, étaient les sites les plus favorables à la pédogénèse, qui a pu aboutir

à la formation de sols rubéfiés après décarbonatation, avec un horizon B prenant parfois l'aspect de croûtes rubannées. Dans la région d'Alicante, les derniers sols rouges semblent s'être élaborés lors de l'interglaciaire Riss—Wurm, puisqu'ils sont largement repris dans les limons soltaniens. Dans celle de Séville et de Cordoue, ils semblent plus anciens. Ils sont, en effet, fossilisés par une formation colluviale remaniant des sols bruns dont l'âge est au moins wurmien. L'interglaciaire Riss—Wurm, ici, aurait été caractérisé par la formation de sols bruns. En tous cas, nulle part nous n'avons vu de sols rouges actuels et il semble bien que d'Alicante à La Corogne, en passant par Séville, ils soient de plus en plus anciens. Il est vraisemblable que ceux du Nord du Portugal (Tuy) sont contemporains du ferretto de la Plaine du Pô. Il y a là un important problème à étudier.

LA CATALOGNE

Ces caractères s'atténuent en direction du Nord le long de la côte méditerranéenne. Deux régions seront prises comme échantillon.

RÉGION DE BENICASIM—S. CARLOS DE LA RÁPITA

Dans cette région située immédiatement au S du Delta de l'Ebre, l'élargissement de la RN 340 a fourni d'excellentes coupes dans les glacis dominés par des reliefs calcaires. On y rencontre partout l'association de deux types de matériel:

— des pierrailles, conservant la forme de fragments de gélivation typiques, et des galets plus ou moins émoussés, entre lesquels on rencontre une matrice terreuse, mal lavée. Au pied des reliefs, le matériel est mal trié, avec des blocs atteignant, par exemple, 40—50 cm (3 km N de Torreblanca). Dès qu'on s'en éloigne de 0,5—1 km, le triage devient bon et les galets sont homométriques, quoique leur matrice contienne toujours une fraction argileuse. Ces matériaux grossiers forment tantôt des lits superposés de galets de taille différente, largement étalés, tantôt des lentilles, mieux lavées, avec stratifications parallèles inclinées et litages plus nets dénotant un écoulement concentré dans des chenaux. Ces lentilles sont toujours encastées dans le matériel fin et sont des remplissages de chenaux nettement incisés. Elles sont tronquées brusquement à leur sommet;

— des matériaux fins, limons et argiles, de teinte brun-rouge à saumon, les premiers correspondant aux glacis récents, les seconds aux glacis anciens. On y rencontre de petites concrétions ferrugineuses, remaniées, et un peu de calcaire. Ces matériaux fins sont largement étalés, formant des bancs

à stratifications pelliculaires qui prennent de l'importance en s'éloignant des reliefs et qui recourent les remblaiement caillouteux de chenaux entaillés.

Ces accumulations dénotent une alternance dans le temps et dans l'espace de modes d'écoulement concentré en chenaux et d'étalement en épandages. Lors de certaines crues, les matériaux grossiers étaient abandonnés au pied des reliefs, sous la forme d'épandages, puis les eaux incisaient des chenaux à l'aval dans les matériaux plus fins. Lors d'autres crues, les apports grossiers, plus abondants, remblayaient ceux-ci. Enfin, d'autres fois, les eaux boueuses s'épandaient largement et décantaient des produits fins à la surface de l'épandage. Ces différences de comportement résultent probablement de l'espacement des crues dans le temps. Une crue survenant après une période de stabilité assez longue trouvait beaucoup de matériel préparé sur les versants et les abandonnait en épandages larges étalés. Une crue se produisant peu de temps après la précédente rencontrait des versants partiellement nettoyés et apportait peu de chose; elle incisait des chenaux à l'aval.

La régularité des lits de cailloutis implique une végétation peu fermée, incapable de canaliser l'écoulement le long de chenaux définis par elle. L'abondance relative des éclats de gélivation dénote un climat plus rude que dans le Sud, une production mécanique de débris plus forte. Enfin, la fraction fine n'est jamais aussi rouge que vers Alicante. La rubéfaction des sols était moins poussée, probablement par suite d'une moindre dessiccation après les averses. Quoique la parenté avec les conditions de mise en place des accumulations détritiques des glaciers de l'Espagne du Sud reste nette, il y a atténuation de certains caractères et, au contraire, accentuation de certains autres (gélifraction). Nous sommes donc, comme aujourd'hui, en présence de climats de transition.

Ces glaciers forment toute une série chronologique dans laquelle des différences en fonction de l'âge s'observent:

— Le glacier le plus récent n'est jamais encroûté. On n'y rencontre que des consolidations sporadiques diffuses donnant des amas conglomératiques dans les lentilles caillouteuses. Les limons, par contre, restent meubles, la remise en marche du calcaire ne donnant lieu qu'à la formation de concrétions. La consolidation en conglomérat est très forte dans les lits d'oueds (lit majeur du Rio Cervol, par exemple), ce qui confirme qu'elle résulte bien des alternances d'inondation et de dessiccation.

— Les glaciers les plus anciens sont d'autant plus consolidés qu'ils sont plus vieux. On y rencontre les types suivants: des croûtes intraformationnelles généralement ondulées, moulant des dispositions en lentilles et résultant d'une pénétration per decensum des solutions, datant de la pé-

riode d'accumulation car il existe souvent plusieurs croûtes superposées; des consolidations de limons par le calcaire, ce qui donne une teinte saumon au glaciaire le plus ancien, où des concrétions de 4—5 cm sont réunies par une précipitation de calcaire grumeleux; une consolidation des cailloutis en conglomérat de teinte souvent saumon par suite du mélange d'argile rouge au calcaire qui en forme le ciment. Les glaciaires les plus anciens montrent une consolidation à peu près complète, des croûtes anastomosées enserrant des masses à précipitation grumeleuse.

Il semble donc que les encroûtements des glaciaires anciens soient polychroniques et qu'ils se soient développés au cours de plusieurs périodes favorables successives, par exemple une période avec formation de concrétions, puis une autre à précipitation généralisée diffuse. L'incorporation d'argile rouge au ciment calcaire des conglomérats de l'avant-dernier glaciaire alors que les matériaux fins du dernier glaciaire sont plus bruns, plus délavés, indique qu'ici la dernière période de formation d'argiles rouges typiques est l'interglaciaire Mindel—Riss.

A quelques kilomètres au Sud de S. Carlos de Rápita, les trois glaciaires les plus récents plongent vers la mer et sont entaillés par de petites falaises de 2—4 m de haut seulement, ce qui indique qu'ils datent chacun d'une période de régression. Le plus récent (wurmien), non encroûté, occupe des incisions de quelques mètres dans le précédent (rissien). Les oueds l'entaillent de 3 m environ. Le glaciaire rissien est partiellement consolidé. Enfin, un autre glaciaire, encore plus ancien, à croûtes anastomosées, se termine, sur les pointes, par des falaises de 4 m environ. Dans le glaciaire rissien, le ciment des conglomérats est saumon. Mais ces différents glaciaires sont loin d'être toujours bien distincts. Par exemple, entre Vinaroz et S. Carlos de la Rápita, les glaciaires wurmien et rissien sont confondus en un seul plan incliné qui forme une plaine littorale étroite (1 km de large environ). Le plongement de tous les glaciaires sous la mer, l'absence de formations marines à leur surface, sembleraient indiquer, au S de l'Ebre, un littoral d'affaissement. Par contre, au N du delta, d'Aldea à Cambrils, on observe un énorme glaciaire du Quaternaire ancien, très consolidé, qui forme un plateau à vallées encaissées dans lesquelles sont conservées des terrasses, et qui tombe sur la mer par des falaises de 20 à 40 m de haut. Il a empêché le développement des glaciaires récents. Celui-ci a probablement été facilité, au S du delta, par la subsidence car aucun recul des versants n'a été nécessaire pour que les accumulations récentes aient la place de s'étaler.

RÉGION DE BARCELONE

Dans la région de Barcelone, nous disposons des beaux travaux de L. Solé Sabaris et de son école. Néanmoins, nous donnerons ci-dessous quelques observations générales utiles dans une vue d'ensemble, car le coefficient personnel joue un rôle important dans les appréciations.

Les phénomènes périglaciaires deviennent plus nets et plus fréquents.

Dans la grande dépression de Alcalà de Chisbert, la gélivation plus intense se traduit par :

- des éboulis de gravité fixés sur un certain nombre de versants calcaires, mais toujours localisés dans des rainures et des talwegs, probablement du fait que l'humidité y persiste mieux,

- une régularisation assez poussée des versants en gradins, par accumulation de petits talus d'éboulis de gélifraction sur les banquettes structurales (milieu calcaire),

- l'apparition de cailloux de gélifraction typiques dans toutes les nappes alluviales locales.

Sur les flancs du massif de Montserrat, vers 500^m—700 m d'altitude, les éboulis fixés sont nombreux. Ils sont formés de galets détachés du conglomérat célèbre et fragmentés par le gel. De petites coulées de solifluxion sont issues des argiles rouges interstratifiées dans le conglomérat, mais elles sont peu développées car la peptisation par les oxydes de fer élève leur limite de plasticité.

Au Nord de Granollers, aux environs de la Garriga, un peu plus bas, des schistes quartziteux donnent des débris de gélivation assez abondants.

Dans le massif granitique littoral, où les roches sont rendues friables par l'altération, entre Argentera et Granollers, vers 200 m d'altitude, des coulées de head emballant des fragments de granite friable ravinent le granite pourri en place.

A Puerto Garrat, près de Barcelone, on retrouve des coulées de solifluxion typiques, au pied de hauteurs calcaires abruptes, cette fois. De la pierraille de gélifraction y est emballée dans une matrice de terra rossa remaniée. Elles viennent se fondre dans une terrasse caillouteuse, non encroûtée, de matériel typiquement torrentiel, qui domine le talweg de 10 m environ. S'agit-il d'une terrasse wurmienne, comme l'absence d'encroûtement le donnerait à penser, ou d'une terrasse rissienne comme le suggérerait son altitude relative ? Des miroirs de faille tout frais, tronquant les plis dans le calcaire, le long de la côte voisine, permettent d'admettre des mouvements tectoniques récents. Dans ce cas, l'altitude relative n'aurait plus de valeur.

Comme l'ont montré L. Solé Sabaris (1962) et H. de Lumley

& E. Ripoll Perello (1962), la limite des actions périglaciaires généralisées aux environs de Barcelone se place vers 400—500 m d'altitude. Localement, dans des sites particulièrement favorables, quelques manifestations peuvent descendre plus bas, jusqu'aux abords du niveau de la mer, mais le cachet périglaciaire dans le modelé ne s'imprime qu'au dessus de cette limite. Aux basses altitudes, régnait, pendant les périodes froides une forêt claire de pins d'après les analyses polliniques de J. J. Donner & B. Kurten (1958), dont la croissance était probablement favorisée par la diminution de l'évaporation provoquée par l'abaissement de la température. D'une manière générale, la plus grande humidité du climat catalan se traduit par le moindre encroûtement. De même, toutes les terra rossa sont anciennes et remaniées dans des formations au moins rissiennes. Dès 1955, H. Mensching avait fait, à Majorque, des observations analogues, quoique son interprétation génétique suscite les plus expresses réserves: il est peu vraisemblable qu'elles se soient formées pendant les périodes froides!

D'une manière générale, la morphogénèse quaternaire dans la Péninsule Ibérique est caractérisée, par une élévation vers le Sud de la limite inférieure des phénomènes périglaciaires typiques, beaucoup plus rapide sur sa face occidentale que sur sa face orientale. Ainsi, elle passe de 0 m environ vers La Corogne, à 500 m vers Valencia de Alcántara et à 800—1000 m dans la Sierra Nevada, selon un excellent travail de L. Hempel (1958). Par contre, sur la face orientale, en Catalogne, à la latitude de la Corogne, elle est déjà vers 400—450 m. La dissymétrie climatique de la Péninsule, nette de nos jours, s'est encore accentuée lors des périodes froides, car le Golfe de Gascogne était vraisemblablement refroidi par la dérive d'icebergs tandis que la Méditerranée restait relativement tiède. Ce contraste accru a certainement joué un rôle dans le mécanisme des Pluviaux, caractérisé plus par une violence accrue de précipitations irrégulières que par une humidité constante.

La remontée vers le Sud de la limite inférieure des phénomènes périglaciaires permet le développement, en Andalousie et dans le Sud du Levant, d'une morphogénèse quaternaire de type nord-africain dont les principales étapes peuvent être parallélisées avec celles du Maroc, déjà bien connues.

Références

Péninsule Ibérique :

- Butzer, K. W. 1964 — Pleistocene cold-climate phenomena of the Island of Mallorca. *Ztsch. f. Geomorph.*, N. S., Bd. 8; p. 7—31.

- Carvalho, G. Soares de 1952 — Les époques d'éolisation du Pléistocène dans la bordure occidentale méso-cénozoïque du Portugal. *Congrès Intern. Géol., Alger*, 7; p. 77—81.
- Carvalho, G. Soares de 1954 — Sur les dépôts à galets calcaires du Bassin du Mondego et les sables de la Gândara (Portugal). *Rev. Géomorph. Dynamique*, 5; p. 193—203.
- Donner, J. J. & Kurten, B. 1958 — The floral and faunal succession of „Cueva del Toll”, Spain. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 9; p. 72—82.
- Fränze, O. 1959 — Glaziale und periglaziale Formenbildung im östlichen Kastilischen Scheidegebirge. *Bonner Geogr. Abh.*, H. 26; 80 p.
- Gigout, M. 1959 — A propos du Quaternaire sur le littoral des provinces du Levant espagnol. Quaternaire continental. *C. R. Acad. Sci.*, t. 249; p. 1774—1776. Paris.
- Guilcher, A. 1955 — La plage ancienne de la Franca (Asturies). *C. R. Acad. Sci.*, t. 241; p. 1603—1605. Paris.
- Hamelin, L.-E. 1958 — Matériaux de géomorphologie périglaciaire dans l'Espagne du Nord. *Rev. Géogr. Pyrénées et Sud-Ouest*, t. 29; p. 241—256.
- Hempel, L. 1958 — Zur geomorphologischen Höhenstufung der Sierra Nevada Spaniens. *Erdkunde*, Bd. 12; p. 270—277.
- Johnsson, G. 1960 — Cryoturbation at Zaragoza, Northern Spain. *Ztsch. f. Geomorph.*, N. S., Bd. 4; p. 74—80.
- Llopis Llado, N. 1955 — Los depósitos de la costa cantábrica entre los Cabos Busto y Vidio (Asturias). *Speleón*, vol. 6; p. 333—347.
- Lumley, H. de & Ripoll Perello, E. 1962 — Le remplissage et l'industrie moustérienne de l'abri Romani (Province de Barcelonne). *L'Anthropologie*, t. 66; p. 1—35.
- Mensching, H. 1955 — Karst und terra rossa auf Mallorca. *Erdkunde*, Bd. 9; p. 188—196.
- Nonn, H. & Tricart, J. 1960 — Etude d'une formation périglaciaire ancienne en Galice (Espagne). *Bull. Soc. Géol. France*, 7 sér., t. 2; p. 41—44.
- Paschinger, H. 1961 — Quartäre Formenwelt im Fussgebiet der Sierra Nevada Spaniens. *Erdkunde*, Bd. 15; p. 201—209.
- Solé Sabaris, L. 1956 — Rapport bibliographique pour l'étude des versants sous le climat méditerranéen. *1er Rapport Comm. Etud. des Versants U.G.I.*, Amsterdam; p. 107—122.
- Solé Sabaris, L. 1962 — Le Quaternaire marin des îles Baléares et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la Péninsule Ibérique. *Quaternaria*, t. 6; p. 309—342.

Maroc: *

- Dresch, J. 1960 — Les changements de climat et les mouvements du sol en Afrique du Nord au Plio-Quaternaire. *Inform. Géogr.*, t. 24; p. 107—112.
- Raynal, R. 1956 — Les phénomènes périglaciaires au Maroc et leur place dans l'évolution morphologique. *Biuletyn Peryglacjalny*, no 4; p. 143—162.
- Raynal, R. 1960 — Quelques aperçus sur l'existence et l'importance des phénomènes périglaciaires préwurmiens au Maroc. *Biuletyn Peryglacjalny*, no 9; p. 109—119.
- Raynal, R. 1961 — Plaines et piémonts du bassin de la Moulouya (Maroc Oriental), étude géomorphologique. Rabat; 617 p.

* Nous donnons seulement ci-dessous un petit choix de références essentielles, pour comparaison.