

RENÉ RAYNAL*

Strasbourg

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES HERITAGES PERIGLACIAIRES QUATERNAIRES AU PORTUGAL ET A MADÈRE

Résumé de l'auteur

Il existe sous le climat actuel quelques indices de morphogénèse cryo-nivale superficielle dans les parties sommitales des montagnes du Nord et du Centre du Portugal, et même sur les hauts reliefs de Madère. Mais les héritages périglaciaires du Quaternaire marquent bien davantage les paysages par leur extension et par leur caractères particuliers. Dans les massifs du Minho, au Nord du Portugal, on peut distinguer deux étages altitudinaux. Le plus élevé des deux se développe au-dessus de 1000 m et il présente des dépôts de pente à gélifractis typiques, plus ou moins lités et lavés selon les cas (tendant vers les groizes ou les arènes litées), ce qui n'exclut pas les formations à blocs désordonnées. L'étage inférieur, de 1000 m à 700 m environ, comporte surtout des nappes de blocailles à matrice fine, sans structure définie, sur les versants des grandes vallées; ces formations paraissent avoir été mises en place par des mouvements de masse en relation avec des débâcles de fonte de neige. Les montagnes du Portugal central offrent des aspects semblables, compte tenu des différences de milieu lithologique, et l'étagement y est moins tranché.

Dépôts du type de groizes et nappes de blocailles se retrouvent sur les hauteurs de Madère: les formations les plus typiquement cryo-nivales dans les héritages quaternaires se cantonnent à des altitudes compatibles avec ce qui est connu dans les massifs marocains de l'Atlas, à la même latitude. Seules les formations apparemment cryo-nivales de la zone littorale du Portugal entre le Mondego et le Cap Saint-Vincent posent de délicats problèmes de paléoclimatologie (le désert littoral würmien?) ou de chronologie (s'agit-il, au moins pour une part, de formations attribuables au Riss?).

Resumo

No clima actual as montanhas elevadas do Norte e Centro de Portugal e os cumes de Madeira apresentam indícios de uma morfogénese crionival. As heranças periglaciares quaternárias estão melhor marcadas por afectarem áreas mais extensas e pelas suas características particulares. Nos maciços do Minho, do Norte de Portugal, podem distinguir-se dois andares altitudinais. O mais elevado desenvolve-se acima dos 1000 m e possui, para além das formações de blocos desordenados, um depósito de vertente com gélifractis típicos que estão mais ou menos litados ou lavados, tendendo para groizes ou arènes litadas. Nas vertentes dos vales de maior dimensão, o andar inferior, de 1000 m até cerca de 700 m, contém sobretudo mantos de blocos numa matriz fina, sem estrutura definida. Estas formações parecem ter sido originadas por movimentos de massa aquando da episódica fusão brutal das neves. Apesar das diferenças litológicas, as montanhas de Portugal Central têm aspectos semelhantes, mas o escalonamento altitudinal é menos marcado.

Nos cumes da Madeira encontram-se depósitos de tipo groize e mantos de blocos. As formações tipicamente crio-nivais herdeiras do Quaternário estão conservadas a altitudes compatíveis com o que se sabe dos maciços marroquinos situados à mesma altitude.

Apenas as formações aparentemente crio-nivais do litoral português entre o Mondego e o Cabo de S. Vicente põem problemas delicados de paleoclimatologia (deserto litoral Wurmiano?) ou de cronologia (tratar-se-á, pelo menos em parte, de formações atribuíveis ao Riss?).

La recherche concernant les phénomènes périglaciaires n'a pas été jusqu'à la dernière décennie — et pour des raisons évidentes — une priorité au Portugal. Mais des études récentes, menées tant sur le territoire portugais proprement dit que dans l'île de Madère, ont permis de délimiter des secteurs où l'action du froid,

* Université Louis Pasteur, Institut de Géographie, 43 rue Goethe, 67083 Strasbourg-Cedex, France.

ponctuelle dans les conditions présentes, a connu une certaine extension et une réelle efficacité morphogénétique au Quaternaire.

En raison de l'intérêt géographique des résultats publiés par les auteurs de ces recherches, il nous a paru utile d'en présenter un panorama synthétique, complété le cas échéant par diverses observations personnelles de terrain.

QUELQUES DONNEES ACTUELLES SIGNIFICATIVES

UNE SELECTION D'ELEMENTS NOTABLES DU CLIMAT

A priori il semblerait que la morphogénèse périglaciaire demeure, sinon exclue, du moins tout à fait marginale dans l'ensemble du territoire portugais du fait d'un jeu combiné de la latitude et de l'influence adoucissante de l'Atlantique. Cependant diverses conditions particulières doivent être considérées. D'une part le semestre de saison fraîche coïncide avec un passage fréquent de dépressions atmosphériques qui peuvent amener dans leur sillage des masses d'air franchement froides, d'origine polaire, surtout en ce qui concerne les perturbations allant du Golfe de Biscaye à la Méditerranée. Et l'élévation en altitude au franchissement des reliefs aggrave encore la rigueur thermique de ces masses d'air. Par ailleurs les régions intérieures du Portugal peuvent subir en hiver un refroidissement progressif lorsqu'une dorsale d'anticyclone continental, qui affecte assez régulièrement le centre de la Péninsule Ibérique, déborde vers l'Ouest sur le pays.

Il ne faut donc pas s'étonner que de nombreuses stations météorologiques, même parmi celles qui se trouvent en position méridionale, enregistrent des températures de gel. A Montalegre, non loin de la frontière Nord, le nombre annuel de jours où le thermomètre descend au-dessous de 0°C a oscillé de 18 à 76 entre 1915 et 1946, avec une moyenne de 42 (DAVEAU, 1978). La période de l'année au cours de laquelle le gel peut intervenir va de novembre à avril. Par contre le nombre de jours sans dégel diurne est insignifiant: maximum 8 en 1944 – 1945, 0 certaines années. Il convient cependant de considérer que Montalegre est une station de moyenne altitude dans une région où les hauteurs sommitales atteignent de 1400 à 1500 m (*cf.* COUDE-GAUSSSEN, 1979). Si nous passons au Portugal central, la station de Penhas Douradas (1380 m), dans la Serra da Estrela, fournit des indications comparables à celles de Montalegre, quelque peu aggravées par l'altitude. On a enregistré ici en moyenne 68 jours de gel ($mj < 0$) pour la période 1921 – 1950 – dont 15 en janvier – et 66 jours pour la période 1948 – 1969. Le thermomètre peut descendre en-dessous de 0°C jusqu'en juin. Enfin à Alvaalde en Alentejo, dans la haute vallée du Sado (par 38° de latitude), la station enregistre une moyenne de 15 jours de gel pour la période 1931 – 1960, alors qu'elle ne se trouve qu'à 62 m d'altitude: mais ici la position en fond de vallée favorise les inversions de température (DAVEAU, 1978).

Même à Madère, qui se situe avec 33° de latitude en zone subtropicale et dans une ambiance intégralement océanique, il faut tenir compte de l'occurrence actuelle du gel en altitude. La moyenne des 2 années 1970 et 1971 donne 17 jours où $m_j < 0$ à Areeiro (1610 m) et 19,5 jours à Bica da Cana (1960 m) (DE BRUM FERREIRA, 1981). Mais le nombre de jours où le thermomètre, sous abri, descend au-dessous de +5°C doit être également pris en considération, dans la mesure où il peut impliquer quelques possibilités supplémentaires de gel au sol; or cette situation thermique a été enregistrée 180 jours pour les stations d'altitude ci-dessus évoquées, et même encore 33,5 jours à Queimadas, à 860 m (moyenne des années 1970 et 1971).

Si donc le fracteur gel n'est pas négligeable dans les conditions présentes — a fortiori au cours des périodes froides du Quaternaire — il apparaît d'autre part que l'abondance d'humidité apportée par les pluies hivernales et par la neige est une donnée essentielle. Cela tient au potentiel de précipitations que la contiguïté de l'Atlantique vaut au Portugal, compensant dans une large mesure les effets de la latitude. Ainsi les reliefs du Nord et du Centre du pays, recevant de plein fouet les masses d'air humidifiées sur l'Océan, comptent parmi les régions les plus arrosées d'Europe, et cela explique par ailleurs l'ampleur tout à fait extraordinaire du gradient des moyennes annuelles de précipitations entre le Nord et le Sud du pays: 3500 mm sur les hauteurs du Minho contre 363 mm à Faro (Algarve). Cependant même dans cette dernière région les reliefs modérés de la Serra de Monchique élèvent la moyenne jusqu'au-dessus de 1000 mm. La neige est donc un phénomène habituel, en saison hivernale, à partir de certaines altitudes, mais avec un impact inégalement accusé selon les régions et selon les années. La station de Montalegre, à un peu plus de 1000 m, enregistre quelques jours par an de précipitations neigeuses; toutefois le couvert ne tient guère plus d'une journée (DAVEAU, 1978). Dans les montagnes du voisinage il apparaît que l'importance de la nivation s'accroît très rapidement avec l'altitude, quoique de façon différenciée en fonction de l'exposition (COUDE-GAUSSSEN, 1979). Au Portugal central, à Penhas Douradas, 300 m plus haut que Montalegre, on a une moyenne de 32 jours de chute de neige, sur 138 jours de précipitations, et 54 journées de sol couvert de neige. Il va de soi que, sous le climat actuel, la neige n'entre pas en ligne de compte du point de vue morphogénétique dans la moitié Sud du Portugal, en raison de la médiocrité des reliefs.

Quant à Madère l'action du relief sur l'alizé, de même que les effets marginaux de certaines dépressions de front polaire, assurent aux montagnes de l'île une humidité au sol suffisante pour permettre la cryergie au moment des plus basses températures. Il tombe en effet annuellement 1727 mm à Santo da Serra, à 650 m d'altitude, et 3118 mm à la station d'Areeiro à 1610 m. La neige apparaît, avec quelque irrégularité d'un hiver à l'autre, au-dessus de 1400 m et Areeiro l'enregistre 11 jours par an, mais elle ne tient guère au sol dans les conditions climatiques actuelles (DE BRUM FERREIRA, 1981).

Même à Madère, qui se situe avec 33° de latitude en zone subtropicale et dans une ambiance intégralement océanique, il faut tenir compte de l'occurrence actuelle du gel en altitude. La moyenne des 2 années 1970 et 1971 donne 17 jours où $mj < 0$ à Areeiro (1610 m) et 19,5 jours à Bica da Cana (1960 m) (DE BRUM FERREIRA, 1981). Mais le nombre de jours où le thermomètre, sous abri, descend au-dessous de +5°C doit être également pris en considération, dans la mesure où il peut impliquer quelques possibilités supplémentaires de gel au sol; or cette situation thermique a été enregistrée 180 jours pour les stations d'altitude ci-dessus évoquées, et même encore 33,5 jours à Queimadas, à 860 m (moyenne des années 1970 et 1971).

Si donc le fracteur gel n'est pas négligeable dans les conditions présentes — a fortiori au cours des périodes froides du Quaternaire — il apparaît d'autre part que l'abondance d'humidité apportée par les pluies hivernales et par la neige est une donnée essentielle. Cela tient au potentiel de précipitations que la contiguïté de l'Atlantique vaut au Portugal, compensant dans une large mesure les effets de la latitude. Ainsi les reliefs du Nord et du Centre du pays, recevant de plein fouet les masses d'air humidifiées sur l'Océan, comptent parmi les régions les plus arrosées d'Europe, et cela explique par ailleurs l'ampleur tout à fait extraordinaire du gradient des moyennes annuelles de précipitations entre le Nord et le Sud du pays: 3500 mm sur les hauteurs du Minho contre 363 mm à Faro (Algarve). Cependant même dans cette dernière région les reliefs modérés de la Serra de Monchique élèvent la moyenne jusqu'au-dessus de 1000 mm. La neige est donc un phénomène habituel, en saison hivernale, à partir de certaines altitudes, mais avec un impact inégalement accusé selon les régions et selon les années. La station de Montalegre, à un peu plus de 1000 m, enregistre quelques jours par an de précipitations neigeuses; toutefois le couvert ne tient guère plus d'une journée (DAVEAU, 1978). Dans les montagnes du voisinage il apparaît que l'importance de la nivation s'accroît très rapidement avec l'altitude, quoique de façon différenciée en fonction de l'exposition (COUDE-GAUSSSEN, 1979). Au Portugal central, à Penhas Douradas, 300 m plus haut que Montalegre, on a une moyenne de 32 jours de chute de neige, sur 138 jours de précipitations, et 54 journées de sol couvert de neige. Il va de soi que, sous le climat actuel, la neige n'entre pas en ligne de compte du point de vue morphogénétique dans la moitié Sud du Portugal, en raison de la médiocrité des reliefs.

Quant à Madère l'action du relief sur l'alizé, de même que les effets marginaux de certaines dépressions de front polaire, assurent aux montagnes de l'île une humidité au sol suffisante pour permettre la cryergie au moment des plus basses températures. Il tombe en effet annuellement 1727 mm à Santo da Serra, à 650 m d'altitude, et 3118 mm à la station d'Areeiro à 1610 m. La neige apparaît, avec quelque irrégularité d'un hiver à l'autre, au-dessus de 1400 m et Areeiro l'enregistre 11 jours par an, mais elle ne tient guère au sol dans les conditions climatiques actuelles (DE BRUM FERREIRA, 1981).

de ces formes il faut évidemment tenir compte de la saturation hydrique dans un sol couvert de débris minéraux hérités et dépourvu de végétation fixante, et par conséquent sensibilisé par ces diverses conditions aux moindres interventions du gel.

LES PAYSAGES MORPHOLOGIQUES PERIGLACIAIRES HERITES DU QUATERNaire ET LEUR ETAGEMENT DANS LES MASSIFS DU NORD ET DU CENTRE DU PORTUGAL

A partir des données climatiques actuelles on est en droit de supposer qu'une déterioration thermique, même modérée, au cours des périodes froides du Quaternaire était suffisante pour augmenter sensiblement le nombre de cycles de gel-dégel dans l'année et même allonger de façon significative les périodes de gel profond et durable. Ces conditions devaient ainsi permettre l'alimentation en débris cryo-clastiques et le déplacement du matériel produit par divers processus liés au gel et à la neige. Les situations atmosphériques, telles qu'on les reconstitue pour le Pléniwürm, impliquent effectivement que les perturbations cyclonales étaient durablement resoulées sur les marges méridionales de l'Europe, empruntant des trajectoires qui traversaient le Portugal. Par intermittence toutefois l'anticyclone thermique centre-européen s'avancait vers l'Ouest et dans ce cas pluie et neige faisaient place au froid sec. Mais dans tous les types de situations les masses d'air étaient plus froides qu'aujourd'hui.

Les observations de divers auteurs, ainsi que les nôtres, paraissent confirmer cette hypothèse générale de travail. Le paysage géomorphologique hérité des périodes froides — en fait, comme nous le verrons, essentiellement du Würm — peut être qualifié de périglaciaire au sens propre du terme, puisqu'il concerne toute une portion de montagne qui entourait ou bordait des secteurs englacés, lesquels ont été reconnus et localisés aussi bien dans la Serra da Estrela (BROSCHÉ, 1971; DAVEAU, 1971, 1978), que dans les massifs du Minho (COUDE-GAUSSEN, 1979).

LES MASSIFS DU MINHO

Ces massifs anciens du Nord du Portugal, quoique surélevés par blocs au Tertiaire et jusqu'au début du Quaternaire, ne sont que des moyennes montagnes (en dessous de 1500 m), mais leur relief a été suffisant pour permettre une morphogénèse froide. De l'étude très précise que Mme G. COUDE-GAUSSEN a faite (1979) de leur modèle quaternaire, nous ne retiendrons pas ici ce qui concerne la glaciation. Quant aux héritages périglaciaires, ils se répartissent en deux étages altitudinaux.

La partie supérieure de la montagne, au-dessus de 1000 m, offre une collection de formes et formations semblables à celles qui ont été identifiées comme

périglaciaires — ou cryo-nivales — dans divers massifs cristallins d'Europe. La manifestation la plus générale correspond ici à des pentes couvertes de dépôts dont la structure, vue en coupe, comporte deux horizons: une nappe de blocs, galets ou plaquettes rocheuses (selon les cas) recouvre, ou ravine localement, une formation d'arènes argileuses. Cet horizon inférieur montre par endroits des déformations allant jusqu'à des intumescences verticales, et ces perturbations se sont répercutées sur la couverture pierreuse. G. COUDE-GAUSSEN pense qu'une telle formation a été mise en place en deux épisodes morpho-climatiques distincts; le premier, surtout nival et peu rigoureux du point de vue thermique; le second épisode, plus froid et plus sec, a favorisé la macrogélivation et fait transiter les débris par gélifluxion, non sans complications dues à des cryoturbations.

En certains secteurs l'on a affaire à la structure plus classique des arènes litées surmontées de convois à blocs. Tel est le cas dans le fond de quelques alvéoles de la zone proche des sommets (par exemple Bouça dos Homems dans la Gerês). Ces formations se distinguent des structures plus simples évoquées ci-dessus par l'épaisseur de leur horizon inférieur, où alternent des lits sableux, ou sablo-graveleux et des lits limono-argileux, mais les galets et les blocs, isolés ou par amas localisés, ne sont pas exclus de cet horizon. Les analyses granulométriques et chimiques effectuées par G. COUDE-GAUSSEN semblent démontrer le rôle du lavage par ruissellement dans la constitution des lits sableux. Le gel ne serait pas indispensable à l'élaboration du litage; du reste l'auteur n'a pas observé ici les lits compactés (par exemple sous l'apparence de „B en bandes”) que l'on trouve dans les coupes des massifs cristallins situés plus au Nord (VAN VLIET-LANOË et FLAGEOLLET, 1980; RAYNAL, 1983). Cependant le matériel des arènes litées paraît, quant à son origine, sous la dépendance d'une gélification affectant la roche-mère du voisinage. Cela a été démontré par l'expérimentation: les analyses granulométriques de divers échantillons de ce type d'arènes mettent en évidence la similitude de leur structure granulaire avec celle des produits d'une gélification provoquée (en plusieurs centaines d'alternances gel-dégel) au Laboratoire de géomorphologie de Caen sur des fragments de roche récoltés au voisinage des coupes étudiées. Il apparaît notamment que des cristaux de quartz ont pu être fragmentés par le gel, pour certains jusqu'au calibre des poudres, et cela se trouve aussi bien dans le matériel arénique récolté sur le terrain que dans celui qui résulte de la gélification expérimentale. Dans le paysage l'impact de ces divers types de morphogénèse tend vers un adoucissement ou une régularisation des pentes, soit localement par l'érosion des aspérités et des abrupts de la roche, soit ailleurs et plus généralement par l'enfouissement de celle-ci sous une couverture de débris.

En-dessous de 1000 m d'altitude le modèle hérité change d'aspect. On se trouve surtout en présence de vastes manteaux de blocailles recouvrant les flancs des grandes vallées. Les coupes montrent des accumulations désordonnées, sans structure reconnaissable, de blocs anguleux, pris dans une matrice fine et provenant du versant lui-même. L'absence de triage du haut vers le bas de la

pente, la présence de la matrice et l'inclinaison (20 à 30°) excluent les éboulis de pure gravité. G. COUDE-GAUSSEN attribue la mise en place de ces formations à une solifluxion en masse, affectant des blocs débités par une roche préalablement altérée. Le gel en l'occurrence n'a joué ici qu'un rôle secondaire, en facilitant la dislocation des éléments. Par contre la neige a fourni le moteur essentiel du mécanisme de déplacement des blocs, grâce à des fontes brutales susceptibles de saturer ces débris ainsi que les altérites anciennes, déclanchant ainsi des mouvements de masse. A la suite d'une visite dans la région, en 1981, avec les géomorphologues de Lisbonne, je me rallie volontiers à cette hypothèse. Quant à la limite inférieure de l'étage caractérisé par ces complexes, elle est variable selon les vallées, mais j'ai remarqué que les manteaux de blocailles deviennent plus rares et disparaissent en-dessous de 700 – 750 m. Du reste G. COUDE-GAUSSEN a noté de son côté (1979) que dans les parties basses de la montagne plus particulièrement en-dessous de 600 m, la roche en place demeure masquée par les altérites *in situ* héritées du Tertiaire, du moins là où le couvert végétal n'a pas été excessivement dégradé. Cela démontre l'absence d'efficacité des processus cryo-nivaux dans ce dernier secteur altitudinal. Un problème mérite encore d'être évoqué. Certaines vallées présentent une dissymétrie très nette de leurs versants: celui qui est exposé au Sud paraît dans un plus grand nombre de cas recouvert des manteaux de blocs ci-dessus décrits, ce qui s'expliquerait par une fonte plus rapide ou plus fréquente de la neige. Mais des différences pétrographiques interviennent également dans cette dissymétrie, dont elle sont – en certains cas – le facteur le plus déterminant.

Toutes les formes et formations évoquées paraissent d'âge würmien. Il y a en ce sens des critères convaincants, comme le raccord des dépôts de versants en question au fond des vallées ou vallons, et l'absence d'altération notable du matériel. Des vestiges semble-t-il plus anciens, en raison de leur aspect altéré et de leur fossilisation par des dépôts plus récents, ont été observés, mais de façon ponctuelle, et leur détermination est délicate. Il faut admettre que la crise morpho-climatique du Würm a été assez efficace pour balayer, sur des pentes généralement fortes, les traces des périodes froides plus anciennes.

LES MASSIFS DU PORTUGAL CENTRAL

Le Portugal central à l'exception de sa frange littorale groupe un ensemble compact de hautes terres dominées par la dorsale de la Serra da Estrela, qui, comme nous l'avons vu plus haut, n'atteint pas tout à fait 2000 m. En contrebas de la limite des neiges au Würm, située vers 1650 – 1700 m, et en dehors des langues glaciaires profondément enfoncées dans certaines vallées (RIBEIRO, 1949, 1955; DAVEAU, 1973) les contreforts de la dorsale sommitale offraient un vaste champs d'action aux processus périglaciaires, tant du côté du Nord et du NO, dans les bassins du Mondego, de la Vouga et de la Paiva, que sur le flanc Sud de la Serra

dans le bassin du Zêzere. Mais les faits inventoriés se prêtent moins bien que dans le Minho à une synthèse claire, et cela pour deux raisons. La première tient au caractère ponctuel des données actuellement reconnues et publiées. En second lieu il faut tenir compte d'une différence fondamentale de milieux lithologiques entre des secteurs, comme la haute dorsale de la Serra da Estrela, où affleurent des granites, et ceux où la morphogénèse est sous la dépendance d'un socle essentiellement schisteux; ces derniers correspondent en majeure part aux blocs de moyenne montagne en situation périphérique (en Beira Alta et en Beira Baixa), non sans intercalation locales de granites.

Sur les hauteurs de la Serra da Estrela l'on retrouve le même cortège de formes et formations héritées que dans les parties sommitales des massifs du Minho. Les dépôts de pente, composés de gélifracts bien caractérisés partout où la roche granitique en permet la fourniture, passent à des terrasses latérales d'oblitération des langues glaciaires (DAVEAU, 1978), ce qui confirme l'âge contemporain, c'est-à-dire würmien, des deux catégories de phénomènes. Un peu plus bas, mais encore au-dessus de 1000 m, là où les schistes faiblement métamorphiques affleurent à travers l'ensemble des massifs du Portugal central, l'on a des couvertures de versants du type grézoïde (apparence de grèzes litées): les coupes présentent une accumulation de lits de menus gélifracts, plus ou moins lavés de matière fine; l'épaisseur du dépôt s'accroît sur les pentes exposées au Nord. Localement, là où les affleurements schisteux sont interrompus par des granites, la retouche froide de certaines alvéoles a donné des niches de nivation et des vallons en berceau; c'est ce que j'ai pu personnellement observer en mai 1981, en compagnie de A. DE BRUM-FERREIRA, dans le bassin de la Paiva.

Il semble que l'on puisse distinguer ici aussi, mais moins nettement que dans les montagnes du Minho, le cas des grandes vallées en-dessus de 1000 m. Les couvertures grézoïdes alimentées par les roches schisteuses se prolongent vers les parties basses du relief. Il resterait à vérifier dans quelle mesure les gélifracts perdent dans ce nouveau milieu leurs formes les plus typiques et leur homométrie relative. Mais l'on note en tout cas que les horizons plus ou moins grézoïdes se trouvent ici englobés dans des formations plus complexes comportant du matériel grossier, mal ou non structuré et pris dans une matrice fine rougeâtre (DAVEAU, 1978). Nous en avons observé de beaux exemples sur les pentes qui dominent le bassin de Lousa, et les vallons secondaires ont dans ce secteur des formes caractéristiques en berceau jusqu'à des altitudes relativement faibles, nettement en dessous de 700 m (RAYNAL, 1979). De toute façon il convient de voir dans ces types de milieux l'équivalent de l'étage périglaciaire inférieur du Minho, mais avec une limite vers le bas plus incertaine. L'hétérogénéité du façonnement du matériel, faisant une part importante à des blocs où écailles de schistes et à des altérites fines remaniées, permet de supposer que la fonte de la neige, plus que le gel, est associée à la génèse de ces formations de pente: il s'agirait dans ce cas d'un dépôt de solifluxion humide mobilisant tantôt du matériel altéré, tantôt des éclats

frais. Cela correspondrait donc à un froid modéré, accompagné d'abondantes chutes de neige, favorisant, par une fonte rapide, des mouvements de masse, mais entrecoupé de courts épisodes de froid vif et un peu plus sec, apte alors à fournir des gélifracts et à conditionner un ruissellement de fonte diffus.

Il n'est guère possible de distinguer sur les pentes de ces montagnes du Portugal central d'autres formations froides que celles qui résultent de la crise climatique würmienne, prise globalement et sans les nuances liées aux oscillations chronologiquement définies ailleurs. En tout cas ici, comme dans les massifs du Nord, les traces des périodes froides plus anciennes auraient été effacées par l'efficacité de la cryergie et des déplacements de matériel par solifluxion et ruissellement au cours du Würm, surtout en raison de la raideur assez générale des pentes des vallées. Et cependant il existe des témoignages indirects de l'intervention de ces anciennes crises froides dans la morphogénèse: dans les basses vallées du bassin de Lousa, le Quaternaire a façonné une collection de glacis-terrasses étages, dont l'un — correspondant par sa position à l'avant dernière période „pluviale” — comporte une couverture de galets plats et anguleux, à matrice peu abondante. Ce type de formation est généralement défini comme fluvio-périglaciaire et suppose une alimentation par transit de gélifracts sur les versants voisins, où des grèzes se mettaient en place. Or nous sommes ici à moins de 300 m d'altitude. Mais une phase froide plus rigoureuse au Riss qu'au Würm serait conforme à ce qui est connu en d'autres régions.

MODELES HERITES EN SITUATION MARGINALE

MODELES CRYO-NIVaux QUATERNAIRES DE L'ÎLE DE MADÈRE

L'étude des phénomènes attribuables à une ambiance cryo-nivale n'en est à Madère qu'au stade de la reconnaissance de terrain, qui a donné lieu à l'intéressante publication de A. DE BRUM FERREIRA (1981), déjà citée ci-dessus. Il va de soi que, si des indices de l'action actuelle du froid et de la neige sont décelables dans les plus hautes parties de l'île, les vestiges laissés par les coups de froid quaternaires ont une extension et une importance morphogénétique beaucoup plus grandes. A Madère le façonnement du relief résulte de l'attaque de matériaux volcaniques inégalement résistants: laves, brèches et tufs, dont certains fournissent des débris caillouteux et d'autres du matériel fin (Ribeiro, 1949). Les observations faites par A. DE BRUM FERREIRA concernent les versants du Pico Ruivo (1860 m), du Pico do Areeiro (1806 m), massifs dérivés d'anciens centres d'éruption, ainsi que le plateau basaltique de Paul da Serra et ses abords, situés aux environs de 1400 m.

Le matériel pétrographique local, malgré son originalité, a alimenté des formations de pente apparentées dans une large mesure à celles qui ont été mises

en place au cours du Quaternaire récent dans les montagnes du Nord et du Centre du Portugal. On peut constater de prime abord dans le paysage une empreinte cryonivale caractéristique: sur les versants des plus hauts reliefs de l'île s'étalent des couvertures caillouteuses, qui régularisent le profil et sont elles-mêmes dominées vers les sommets par des corniches démantelées en cheminées et pitons. La pente, de 20 à 26°C, exclut évidemment les éboulis de gravité. En fait les coupes visibles permettent de distinguer, selon A. DE BRUM FERREIRA, deux catégories de formations. La plus répandue est constituée par des amas de blocs anguleux, dont les arêtes peuvent être, par endroits, légèrement émoussées. La matrice, peu abondante, a une couleur brune (notamment dans le secteur d'Areeiro), attribuable à une pédogénèse, alors que les blocs proviennent de roches affleurantes nettement rubéfiées. On peut admettre une mise en place par solifluxion, sans pergélisol et sous climat humide et neigeux, où des fontes brusques et même la pluie auraient assuré la saturation d'un stock de matériel rocheux antérieurement altéré. Mais la faible proportion de matrice fine interstitielle donne à penser qu'un certain lavage a pu intervenir ultérieurement. En tout cas les exemples décrits se situent non seulement sur les hautes pentes du Pico de Areeiro, mais encore à Paul da Serra vers 1400 m et jusque vers 1050 m sur le versant Nord du Pico Ruivo.

Le second type de dépôt de pente à considérer comme cryo-nival correspond à des groizes, qui comportent des horizons de gélifracts disposés parallèlement à la pente, dépourvus de toute matrice, et des horizons de matière fine compactée. Ça et là quelques groupes de blocs sont enclavées dans la formation, et l'on note aussi la présence d'involutions locales perturbant la régularité de la structure litée. En fonction des faits actuellement connus il semblerait que ces groizes se cantonnent dans le secteur d'Areeiro et au-dessus de 1600 m d'altitude. Elles sont du reste fossilisées par une formation à blocs, du type ci-dessus décrit. Enfin une pellicule de matériel fin, actuellement en cours d'érosion, a recouvert l'ensemble de ces nappes caillouteuses héritées du Quaternaire.

Les observations publiées par A. DE BRUM FERREIRA (1981) peuvent être comparées avec les données acquises en ce qui concerne les montagnes du Nord et du Centre du Portugal. Ici comme là des formations à blocailles non structurées, descendant relativement bas, seraient imputables à une phase modérément froide et humide, qui aurait favorisé le déclanchement de mouvements de masse en milieu boueux. Par contre les dépôts du type des groizes et grèzes dénotent une gélification plus poussée et une mise en place par ruissellement diffus, éventuellement sur sol gelé, avec des oscillations épisodiques responsables de la différenciation des lits. Mais des problèmes multiples demeurent et impliquent diverses orientations de recherche. Dans quelle mesure a-t-on affaire à Madère, comme cela paraît se manifester sur le continent, à l'étagement altitudinal de deux familles de dépôt de pente inégalement froids et plus ou moins contemporains? Ou au contraire s'agit-il de deux phases chronologiquement distinctes? Et

l'induration des lits fins de groize peut-elle être attribuée ici, comme en certaines régions d'Europe, à l'action du gel dans le sol?

Ainsi définis, les héritages cryo-nivaux de Madère sont sans aucun doute marginaux du fait de leur situation en milieu océanique subtropical. En fait ils se localisent dans des limites d'altitude qui ne sont nullement aberrantes, si on les compare à ce qui a été reconnu, à la même latitude, sur le territoire marocain, où les massifs atlasiques et la chaîne rifaine ont, du moins dans leur partie occidentale, un climat encore fortement influencé par la proximité de l'Atlantique (RAYNAL, 1973). Par contre les héritages géomorphologiques à caractère cryo-nival observés sur le littoral du Centre et du Sud du Portugal posent des problèmes plus délicats.

LES MODELES D'APPARENCE CRYO-NIVALE
DANS LA ZONE LITTORALE DU CENTRE ET DU SUD DU PORTUGAL

DAVEAU (1978) a attiré l'attention sur certains dépôts qui couvrent les versants des vallons et petites vallées de la zone littorale entre le Mondego et de Tage. Il s'agit de gelifracts apparemment typiques, disposés parallèlement à la pente et alimentés par la roche calcaire affleurante des plateaux voisins. J'ai pu constater moi-même à deux reprises l'existence de ces groizes dans la région littorale au NO de Lisbonne. Déjà H. NONN (1966) avait trouvé des indices de deux coups de froid successifs, avant 18,000 BP et vers 11,600 BP, sur les côtes de Galice. On pourrait donc admettre, en première analyse, que les formations observées sur le littoral portugais ont été contemporaines de l'un ou l'autre de ces épisodes. Dans ce cas il faut expliquer l'anomalie que représente cette morphodynamique cryo-nivale (pour ne pas dire „periglaciaire”), compte tenu de la latitude, d'une altitude voisine du niveau de la mer, et de l'influence normalement adoucissante de l'Océan. Il paraît donc commode (DAVEAU, 1978; COUDE-GAUSSSEN, 1979) d'invoquer l'existence d'un désert côtier, comme conséquence d'une invasion d'eaux océaniques anormalement froides vers le Sud, au moment du maximum würmien et même plus tard, lorsque la fonte des inlandis a engendré un pulllement d'icebergs jusqu'à des latitudes relativement basses. Dans ces conditions il y aurait eu un contraste entre la bande littorale et les secteurs à l'écart de la côte; dans le premier cas des eaux marines à une température à peine supérieure à 0°C maintenaient une atmosphère humide et froide, oscillant autour du gel, tandis que dans le second cas l'insolation conforme à la latitude réchauffait suffisamment l'air et le sol pour reléguer les phénomènes cryo-nivaux en altitude.

Une telle explication mérite d'être considérée et je serais enclin à l'accepter, si un examen plus détaillé des faits ne suscitait quelques complications. En effet j'ai en l'occasion d'observer que certaines au moins des formations de pente en question, dans la région littorale au Nord de l'estuaire de Tage, avaient subi une pedogenèse et étaient fortement consolidées par un encroûtement calcaire, en

dehors même des secteurs les plus proches du littoral, où les embruns auraient pu favoriser la mobilisation des carbonates. Une croûte calcaire indurée représente normalement, en milieu climatique de type méditerranéen, un indice d'ancienneté relative du dépôt tendant à la faire remonter au moins jusqu'à l'époque froide rissienne. Si l'on admet que celle-ci a été très généralement plus froide que le Würm, les phénomènes périglaciaires d'altitude auraient pu, à un certain moment, descendre de proche en proche jusque dans la zone littorale, indépendamment de l'influence éventuelle d'eaux anormalement froides dans l'Atlantique. Des recherches ultérieures permettront sans doute de trancher entre les hypothèses.

La question relative à ces conditions de milieu morphoclimatique littoral est relancée par les recherches entreprises dans la région du Cap St Vincent en Algarve par Melle A. RAMOS PEREIRA¹ qui m'a présenté une collection de coupes dans des dépôts de pente complexes, au flanc des vallées incisées en contrebas des restes d'une surface plio-villafranchienne: le socle ancien y affleure avec une prépondérance de schistes plus ou moins quartzitiques, entrecoupés de venues aberrantes d'argiles du Trias. On peut observer ici la superposition de deux sortes de formations: à la base, par dessus la roche en place, un dépôt constitué de gélifracts schisto-quartzitiques, relativement homométriques, comportant peu de matière fine interstitielle; par-dessus en position ravinante, des amas de blocs sans structure, emballés dans une matière abondante et rubéfiée. L'horizon inférieur, qui n'est pas présent partout, apparaît comme une ébauche de groize mise en place par ruissellement diffus: en outre il est remarquablement compact, voire induré. Quant à la formation du dessus elle a l'aspect d'un dépôt mis en place par mouvement de masse sans caractéristique nettement définie: il pourrait résulter d'une simple solifluxion humide par surabondance d'eau de pluie ou de fonte; mais la pédogénèse qui l'a affecté donne un sol résiduel du type des limons ocres würmiens, reconnaissable dans toutes les régions subhumides du domaine méditerranéen. Dans ce cas le coup de froid antérieur et responsable des groizes schisto-quartzitiques est-il contemporain d'un épisode ancien dans le Würm, ou plutôt d'une phase cryo-nivale rissienne? De toute façon ses traces ont été effacées assez largement par l'érosion avant la mise en place de la formation à blocailles. Et le même problème que pour le littoral du Portugal central subsiste en ce qui concerne l'influence éventuelle d'eaux anormalement froides dans l'Océan.

Pour conclure l'on peut dresser actuellement un inventaire assez riche et nuancé des types de façonnement périglaciaire intervenus au Portugal et à Madère, mais avec des degrés variables de précision et d'analyse des données

¹ Dans le cadre de la préparation d'une thèse de Doctorat.

selon les régions. Telle qu'elle se présente cette collection de faits permet de définir des provinces nouvelles et originales en vue d'une reconstitution synoptique et comparative de la morphodynamique quaternaire.

B i b l i o g r a p h i e

- BROSCHE, K., 1971 — Beobachtungen an rezenten Periglaziaerscheinungen in einigen Hochgebirgen der Iberischen Halbinsel. *Die Erde*; p. 34—52.
- BRUM FERREIRA, A. DE, 1981 — Manifestações periglaciarias de altitude na ilha de Madeira. *Finisterra*, 32; p. 213—229.
- COUDE-GAUSSEN, G., 1979 — Les Serras da Peneda et do Gerês; formes et formations froides en milieu granitique. Thèse de 3-ème cycle, Univ. de Paris I — Sorbonne; 609 p.
- DAVEAU, S., 1971 — La glaciation de la Serra da Estrela. *Finisterra*, 11; p. 5—40.
- DAVEAU, S., 1973 — Quelques exemples d'évolution quaternaire des versants au Portugal. *Finisterra*, 15; p. 5—47.
- DAVEAU, S., 1978 — Le périglaciaire d'altitude au Portugal. Colloque sur le periglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen, Assoc. géogr. d'Alsace, Strasbourg; p. 63—78.
- NONN, H., 1966 — Les régions côtières de la Galice (Espagne). Etude géomorphologique. Paris; 591 p.
- RAYNAL, R., 1973 — Quelques vues d'ensemble à propos du periglaciaire pléistocène des régions riveraines de la Méditerranée occidentale. *Biul. Peryglacjalny*, 22; p. 249—256.
- RAYNAL, R., 1979 — Observations sur le Quaternaire continental et sa morphogenèse dans le Sud et dans le Centre du Portugal. *Finisterra*, 28; p. 189—217.
- RAYNAL, R., 1983 — Données nouvelles sur le periglaciaire de la France de l'Est. in: Volume offert au Congrès International de l'U.G.I. par la Commission d'Etude des phénomènes périglaciaires. Public Univ. Limoges.
- RIBEIRO, O., 1949a — Le Portugal central. Congrès International de Géographie; livret-guide d'excursion; 179 p.
- RIBEIRO, O., 1949b — L'île de Madère, étude géographique. Publication du Congrès International de Géographie, Lisbonne; 175 p.
- RIBEIRO, O., 1955 — Portugal. T. V. de Geografía de España y Portugal, direct. Manuel de Teran, Barcelona; 290 p.
- VAN VLIET-LANOË, B. et FLAGEOLLET, J. C., 1980 — Traces d'activité periglaciaire dans les Vosges moyennes. *Biul. Peryglacjalny*, 28; p. 209—219.