HAL
open science

Observations sur la limite inférieure de l'étage périglaciaire dans les Pyrénées centrales françaises (Bigorre)

Thierry Feuillet

To cite this version:

Thierry Feuillet. Observations sur la limite inférieure de l'étage périglaciaire dans les Pyrénées centrales françaises (Bigorre). Environnements périglaciaires, 2008, 15, pp.59-68. hal-00564135

HAL Id: hal-00564135

https://hal.science/hal-00564135v1

Submitted on 8 Feb 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Environnements Périglaciaires n°15 - 2008

OBSERVATIONS SUR LA LIMITE INFÉRIEURE DE L'ÉTAGE PÉRIGLACIAIRE DANS LES PYRÉNÉES CENTRALES FRANÇAISES (BIGORRE)

Thierry FEUILLET et Dominique SELLIER

Institut de Géographie et d'Aménagement Régional de l'Université de Nantes
UMR 6554 – CNRS – Géolittomer
thierry.feuillet@univ-nantes.fr, dominique.sellier@univ-nantes.fr

Résumé :
Les limites inférieures de l'étage périglaciaire sont caractérisées dans une partie des Pyrénées centrales françaises par des marqueurs morphologiques. Ces marqueurs sont corrélatifs d'un gel saisonnier et peu profond des sols : petits sols structurés, blocs fluants, terrassettes de gélifluxion. L'altitude de 2 250 m paraît correspondre à un seuil vers lequel ces marqueurs s'associent et se multiplient. À cette altitude, la température annuelle moyenne de l'air est d'environ 2,5°C et la température du mois le plus chaud est de l'ordre de 10°C. Ces limites varient principalement en fonction des caractéristiques propres à la montagne atlantique : vent, neige, humidité et fraîcheur estivale. Leur mobilité répond directement aux fluctuations climatiques. Le repérage des manifestations élémentaires d'une activité périglaciaire actuelle représente un outil privilégié pour enregistrer ces fluctuations.

Mots-clés : Pyrénées centrales, étage périglaciaire, limites morphoclimatiques.

Abstract:
The lower limits of the periglacial belt are characterized in a part of the French central Pyrénées by morphological indicators. These indicators are correlative of a seasonal and shallow freeze of the grounds: small patterned grounds, creeping blocks, terracettes. 2 250 m seem to correspond to a threshold towards which these indicators join and multiply. At this altitude, the mean annual air temperature is approximately 2.5°C and the temperature of the warmest month is around 10°C. These limits vary mainly according to the specific characteristics of the Atlantic mountain: wind, snow, moisture and summer coolness. Their mobility answers directly to the climatic fluctuations. The location of the elementary development of a current periglacial activity represents a commendable tool to record these fluctuations.

Keywords : Central Pyrénées, periglacial belt, morphoclimatic limits.

INTRODUCTION

L'apparition des modelés périglaciaires actifs le long d'un versant représente une limite fondamentale en montagne. Cette limite sépare les milieux tempérés, caractérisés par les processus d'écoulement, et les milieux froids, où le gel devient l'agent morphogénique essentiel. Elle n'est pas linéaire, mais correspond à une zone qui varie en fonction de l'évolution du climat. Sa délimitation est compliquée par l'association de formes périglaciaires actives et de formes héritées de générations variées. L'objectif est de repérer des formes actives significatives des limites inférieures apparentes de cette zone, dans une partie des Pyrénées centrales françaises (Bigorre, figure 1), dans la suite de travaux de référence réalisés dans les Alpes ou dans les étages périglaciaires de la montagne atlantique européenne : Hupé (1961), Höllermann (1967, 1985), Bout & Godard (1973), Brosche (1978), Soutadé (1980), Jahn & Siedlecki (1982), King (1984),

Ballantyne (1987), Garcia-Ruiz *et al.* (1990), Serrano *et al.* (2000), Sellier (2002, 2006), Vieira (2004), Gonzáles Trueba (2006).

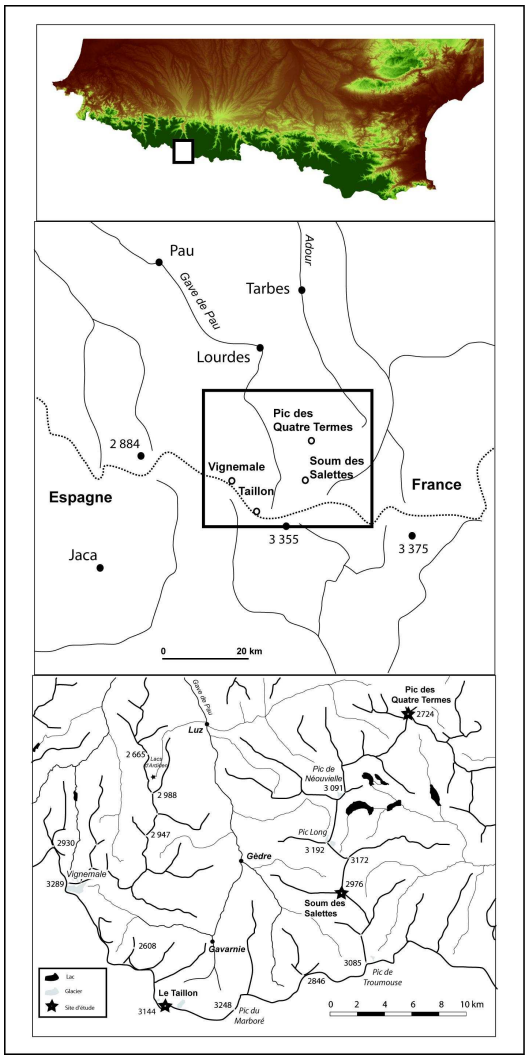

Figure 1 - Localisation de la région d'étude

Les marqueurs actifs de la limite inférieure de l'étage périglaciaire résultent d'un gel des sols superficiel et modéré, mais suffisant pour engendrer des manifestations élémentaires d'une activité périglaciaire. Il s'agit de microformes, parfois encore associées à une couverture végétale ouverte. Parmi ces microformes, il convient cependant de ne prendre en considération que celles dont l'origine est exclusivement liée à des alternances de gel/dégel et dont l'activité s'impose avec évidence. Trois types de formes ont été ainsi retenues : les petits sols structurés (ostioles et cercles de pierres), les blocs fluants et les terrassettes de gélifluxion.

- Les sols structurés sont issus du gonflement cryogénique différentiel de formations superficielles meubles. Leur genèse exige une humidité suffisante et la juxtaposition ou la superposition de matériaux de gélivité différente (Van Vliet-Lanoë, 1988). Ainsi, des ostioles (appelés également taches de terre ou cercles non triés) et des cercles triés isolés et coalescents peuvent apparaître lorsque le gradient de gélivité est négatif (matériel grossier à l'affleurement, superposé à un matériel plus fin). Leur diamètre varie ordinairement de 10 à 30 cm.

- Des terrassettes de gélifluxion se forment dans le même type de matériel dès que le versant présente une inclinaison de 5 à 15°. Ces terrassettes, généralement groupées, comportent une marche inclinée de quelques décimètres de largeur et une contre-marche oblique en coupe, souvent arquée en plan et végétalisée.

- Des blocs fluants peuvent également apparaître lorsque des formations meubles sont spécialement hétérogènes, sous l'effet de mouvements de masse élémentaires, même sur des pentes inclinées de quelques degrés seulement (Sellier, 2002). Les blocs subissent alors un lent déplacement vers l'aval, accompagné d'une rotation subalterne qui a pour conséquence la formation d'un bourrelet de matériaux fins à l'avant. Leur grand axe est généralement parallèle à celui de plus grande pente (figure 2). La mise en mouvement de ces blocs fluants est donc strictement périglaciaire, contrairement à celle de blocs laboureurs, présents sur des versants de Bigorre plus inclinés, pour laquelle la part d'une dynamique de chute demeure à déterminer.

Dans les trois cas, la discontinuité des strates de végétation (cryptogamique et/ou herbacée) constitue un premier indice d'activité. L'affleurement de fines non végétalisées, souvent humides, accompagnées de phénomènes de thixotropie (centres des ostioles, marches des terrassettes, bourrelets adventices des blocs fluants), en est un second.

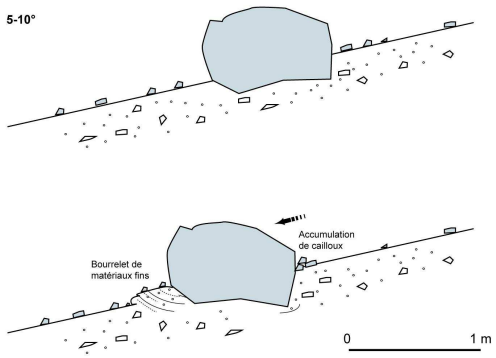

Figure 2 - Dynamique d'un bloc fluant (d'après Sellier, 2002, modifié)

La Bigorre, assimilée au département des Hautes-Pyrénées, comprend le point culminant des Pyrénées françaises (le Vignemale : 3 298 m), ainsi que plusieurs autres sommets de plus de 3 000 m, dont le pic Long (3 192 m), le Taillon (3 144 m), le pic de Néouvielle (3 091 m). Elle se situe dans la section centre-ouest de la chaîne pyrénéenne, qui demeure sous influence climatique océanisée et qui comprend une partie du Parc National des Pyrénées. La lithologie est variée. Des roches plutoniques, d'âge carbonifère (~300 Ma), affleurent dans le massif de Cauterets à l'Ouest (Balaïtous, Ardiden) et dans celui du Néouvielle à l'Est. Les autres roches appartiennent principalement à des séries sédimentaires primaires et secondaires plus ou moins métamorphisées (calcaires, grès, schistes). Les vallées sont profondément marquées par le passage des glaciers würmiens. Le plus grand de ces glaciers, de type alaskien, occupait l'actuelle vallée du Gave de Pau, et atteignait le piémont à Lourdes (~60 km), la ligne d'équilibre glaciaire se situant alors vers 1 800 m dans la vallée d'Aure (Barrère, 1969). Cette ligne s'abaissait vers l'Ouest, en direction de l'océan. La trimline würmienne aurait atteint 2 600 m au Taillon et 2 500 m au pic d'Ardiden. Le début de la déglaciation est antérieur à 38 000 BP et la haute montagne est définitivement déglacée vers 15 000 BP (Andrieu *et al.*, 1988).

Actuellement, l'isotherme annuelle 0°C se situe vers 2 660 m. Des glaciers, principalement de cirque et de paroi, subsistent : massif du Vignemale, pic Long, Gavarnie, pic de Troumouse. Le plus étendu, le glacier d'Ossoue (sur le flanc est du Vignemale), a une superficie de 58 ha (René, 2004). Le front glaciaire actuel le plus bas est situé à 2 270 m (glacier des Oulettes de Gaube, sur le versant nord du Vignemale). La limite de la forêt se trouve vers 2 200 m, alors que la limite extrême de l'arbre se situe entre 2 500 et 2 700 m selon l'exposition, dans les granitoïdes (*Pinus uncinata*). Les précipitations sont de 1 075 mm/an en moyenne à Tarbes (période 1977-2007) et atteindraient 1 500 à 2 000 mm sur les sommets.

LES MANIFESTATIONS D'UNE ACTIVITÉ PÉRIGLACIAIRE ÉLÉMENTAIRE

Les observations de terrain ont porté sur trois versants situés au Taillon, au pic des Quatre Termes et au Soum des Salettes, qui culminent respectivement à 3 144 m, 2 724 m et 2 976 m.

Le versant nord du Taillon (figure 3)

Le Taillon se situe à l'extrémité ouest du cirque de Gavarnie. Sur sa face septentrionale, il présente une partie amont (3 144-2 450 m), subverticale, composée de grès campano-maastrichiens et une partie aval (2 450-1 900 m), à gradins, creusée dans les calcaires gréseux coniaciens et santoniens et les calcaires lithographiques du Turonien, où les modelés karstiques abondent (lapiés, dolines et avens).

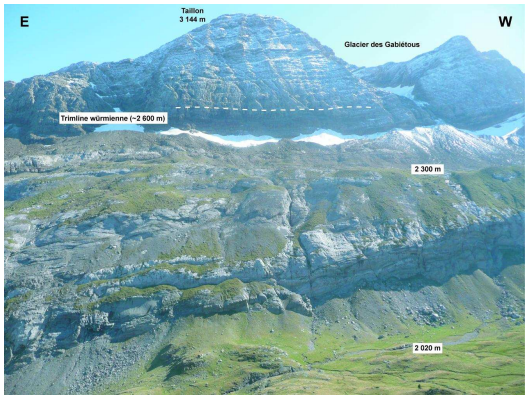

Figure 3 - Versant nord du Taillon vu du col de Tente

Le massif du Taillon abrite deux glaciers de cirque : le glacier des Gabiétous, sur la face nord et le glacier du Taillon, exposé au Nord-Est. Le front de ce dernier se situe actuellement à 2 560 m. Il se trouvait vers 2 350 m au Petit Âge Glaciaire.

Les marqueurs actifs les plus bas ont été observés à 2 250 m. De petits ostioles (d'un diamètre inférieur à une quinzaine de centimètres) isolés apparaissent sur des replats herbeux. Des terrassettes de gélifluxion se développent en surface de grands lobes de gélifluxion fossiles, inclinés de 3 à 4° (photos 1 et 2). Ces terrassettes comprennent des marches de plusieurs dizaines de centimètres de largeur, où affleure un matériel hétérogène, et des contremarches végétalisées. Des blocs fluants sont régulièrement associés à ces formes (photos 3 et 4). Les ostioles, ceinturés de végétation, procèdent d'un tri évident et d'une injection d'éléments fins au centre. Les bourrelets en aval des blocs fluants témoignent également de remontées de matériel fin et d'une humidité superficielle durable.

Les trois marqueurs initiaux ont donc été observés à partir d'une même altitude sur ce versant : 2 250 m. Certaines formes plus élaborées ont été observées, à 2 300 m, dans du matériel fluvio-glaciaire comblant une doline. Des cercles de pierres triés et parfois coalescents se développent sur une pente d'une douzaine de 12° (photos 5 et 6). À partir de 2 500 m, les sols structurés se généralisent.

Le versant nord du pic des Quatre Termes (figure 4)

Ce site est localisé dans l'extrême nord du pluton du Néouvielle, près de la Mongie. Les observations portent sur le cirque-auge encaissé dans le versant nord du pic des Quatre Termes. Il est actuellement totalement déglacé. Il demeure occupé par une série de petits glaciers rocheux hérités, remaniant des moraines d'âge indéterminé. Le glacier würmien qui occupait ce cirque confluait avec le glacier du Tourmalet, dont le front atteignait lui-même la vallée de Campan (Barrère, 1995). Le pluton du Néouvielle est composé de granodiorite, extrêmement diaclasée et faillée, ce qui explique l'abondance d'amas de blocs *openwork,* hétérométriques parfois plurimétriques. En revanche, les régolites sont relativement rares en dehors de conditions topographiques particulières (sites déprimés).

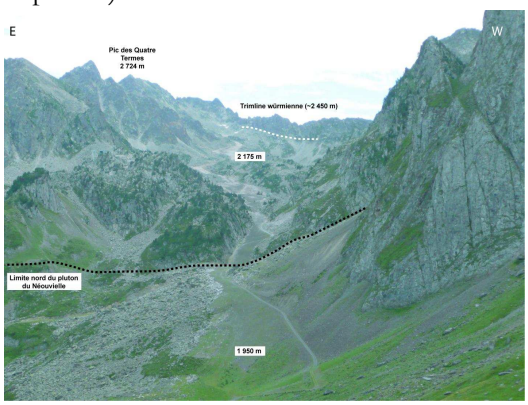

Figure 4 - Le versant nord du pic des Quatre Termes (2 724 m)

Les premiers marqueurs actifs ont été relevés à 2 280 m. Il s'agit d'ostioles embryonnaires, d'un diamètre inférieur à une dizaine de centimètres, qui présentent un tri du matériel indéniable en dépit de leur dimension (photo 7). La présence de blocs fluants actifs à une altitude voisine (2 300 m) confirme cette interprétation.

Le versant ouest du Soum des Salettes

Le Soum de Salettes, qui culmine à près de 3 000 m, est situé au nord-est du cirque de Gavarnie, et au sud du pic de Néouvielle. Le cirque-auge à l'intérieur duquel ont porté les observations est exposé au Nord-Ouest et est délimité par le pic de Campbieil (3 173 m), au Nord. Le site est actuellement déglacé, mais accueillait au Würm un glacier affluent de celui du Gave de Pau. Des ostioles et des terrassettes réapparaissent à une altitude de 2 300 m, sur l'épaulement sud, dans des séries sédimentaires détritiques du Dévonien (pélites gréseuses et schistosées). À partir de 2 600 m, les grandes coulées de solifluxion vraisemblablement actives relaient ces formes élémentaires.

Photo 1 - Versant à terrassettes de gélifluxion, 2 250 m, au nord du Taillon

Photo 2 - Terrassettes de gélifluxion, 2 250 m, versant nord du Taillon

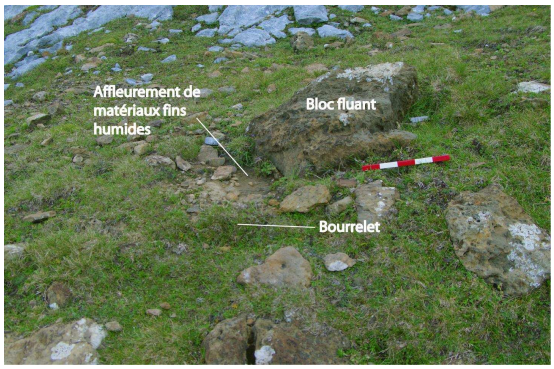

Photo 3 - Bloc fluant actif sur lobe de gélifluxion hérité, 2 250 m, versant nord du Taillon

Photo 4 - Bloc fluant actif et bourrelet de matériaux fins

Photos 5 - Cercles de pierres triés coalescents, 2 300 m, versant nord du Taillon

Photo 6 - Cercle de pierres trié isolé, 2 300 m, versant nord du Taillon

Photo 7 - Ostiole embryonnaire isolé, 2 280 m, versant nord du pic des Quatre Termes

Photo 8 - Cercle de pierres trié isolé, 2 400 m, lacs de Montferrat

Les marqueurs périglaciaires actifs recherchés sur ces trois sites apparaissent ainsi à des altitudes régulières situées entre 2 250 et 2 300 m, quelle que soit la lithologie. Cette limite altitudinale semble correspondre à un seuil morphogénique à partir duquel les formes dues aux alternances gel/dégel commencent à s'exprimer. Elle se confirme sur d'autres sites, dans l'état actuel des recherches : au pic de la Géla (2 350 m), aux lacs du Montferrat (2 370 m), aux lacs d'Ardiden (2 400 m) (photo 8). Il s'agit maintenant de corréler cette limite altitudinale à des isolignes climatiques significatives.

L'IDENTIFICATION DE LIMITES MORPHOCLIMATIQUES

Données climatiques, recherche de gradients et situation des isolignes

Le Référentiel pédologique français (1995) retient les isothermes annuelles 0°C pour la limite inférieure du pergélisol sporadique, -1°C pour celle du pergélisol discontinu et -5°C pour celle du pergélisol continu (qui dépasserait ici les sommets). Par ailleurs, l'isotherme annuelle +4°C et l'isotherme estivale +10°C sont ordinairement employées pour contribuer à caractériser les milieux froids de hautes latitudes et de hautes altitudes.

La détermination de l'emplacement des isothermes en Bigorre impose de chercher à établir, au préalable, des gradients annuels et mensuels. Ces derniers ont été calculés à partir des données fournies par Météo France. On rencontre alors les difficultés inhérentes aux données relatives aux stations d'altitude : rareté des équipements dans l'espace et discontinuités des relevés dans le temps. Quelques stations sont en service ou l'ont été. Elles n'ont débuté leurs enregistrements, pour la plupart, que dans les années 1990. Les valeurs qui suivent s'appuient donc sur les deux seules séries correspondant à un laps de temps suffisamment long pour élaborer des moyennes thermiques significatives : Barèges (1 250 m) et le pic du Midi (2 880 m). Ces deux sites présentent en outre l'intérêt, pour les calculs de gradients, d'une grande proximité (Barèges est située au pied du pic). La période de référence est comprise entre 1959 (début des enregistrements à Barèges) et 1984 (arrêt temporaire des mesures au pic du Midi).

Les gradients sont exprimés en °C par 100 m. Le gradient annuel (G_a) est la moyenne des gradients mensuels (G_m) :

$$G_a = \frac{1}{12}\sum_{m=1}^{12} G_m$$

Le gradient mensuel (G_m) est la moyenne de la somme des différences de températures mensuelles entre les deux stations :

$$G_m = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{t_{xi} - t_{yi}}{A_{yi} - A_{xi}} \times 100\right)$$

où G_m est le gradient mensuel moyen d'un mois de l'année, N le nombre d'années considérées, i une année, t la température moyenne mensuelle, A l'altitude, x la station basse (Barèges), et y la station haute (pic du Midi).

Stations	Alt	Exposition	TAMA	Iso annuelles			Iso mensuelles		Moy mois chaud	Moy mois froid	Nb mois < 0°C	Nb mois > 10°C
				Iso -1°C	Iso 0°C	Iso 4°C	Iso 10°C été	Iso 0°C hiv				
Barèges	1250	Fond d'auge	8.33	2831	2661	1984	2235	1711	14.83	2.54	0	4
Pic du Midi	2880	Sommet	-1.34	2822	2653	1975	2247	1759	6.9	-7.51	7	0
Moyennes				2827	2657	1980	2241	1735				

Tableau 1 - Caractéristiques thermiques des Pyrénées centrales françaises sur la période 1959-1984

Les caractères climatiques déduits de ces données et de ces gradients figurent dans le tableau 1. Le gradient annuel est d'environ 0,59°C/100 m, ce qui est proche des valeurs

déterminées par ailleurs dans les Pyrénées : 0,60°C dans le haut Aragon (García-Ruiz *et al.*, 1985), 0,62°C dans les Pyrénées andorranes (Llobet, 1947), 0,50°C sur le versant méridional (Julián & Chueca, 1998 ; Barrio, 1990). Les gradients mensuels varient évidemment au cours de l'année (tableau 2).

Mois	Gradient (°C/100 m)
Janvier	0.56
Février	0.67
Mars	0.74
Avril	**0.76**
Mai	0.66
Juin	0.57
Juillet	**0.49**
Août	**0.49**
Septembre	0.52
Octobre	0.55
Novembre	0.58
Décembre	0.55
Moyenne	**0.59**

Tableau 2 - Gradients thermiques mensuels entre Barèges et le pic du Midi (période de référence : 1959-1984)

Leurs valeurs sont relativement faibles en été (0,49°C en juillet et août). Elles sont plus fortes dans la seconde moitié de l'hiver et au printemps (jusqu'à 0,76° en avril). Elles sont proches de la moyenne annuelle en automne.
L'isotherme annuelle 0°C se situerait vers 2 650 m d'après ces gradients, valeur proche, une nouvelle fois, de celles fournies par la littérature : 2 700 à 3 000 m dans les Pyrénées orientales (Huc, 2008), 2 995 m sur le versant méridional (Julián & Chueca, 1998), 2 726 m d'après Barrio *et al.* (1990) pour l'ensemble de la chaîne. Les isothermes annuelles +4°C et -1°C se placeraient, pour leur part, vers 1 980 m et vers 2 825 m, les isothermes mensuelles +10°C estivale et 0°C hivernale, vers 2 240 m et vers 1 735 m.

Signification climatique des formes périglaciaires

L'altitude à laquelle apparaissent les petits sols structurés et les mouvements de masse périglaciaires les plus élémentaires : 2 250-2 300 m, correspondrait à une température moyenne de l'air d'environ 2,5°C. Cette altitude semble proche de celle de l'isotherme estivale +10°C (figure 5), ce qui concorde avec les significations de cette isoligne à propos des limites inférieures des milieux périglaciaires, telles qu'elles ont été observées dans les montagnes de la façade atlantique de l'Europe (Sellier, 2006).
L'isotherme annuelle 0°C se situerait vers 350 mètres au-dessus (2 650 m). Elle correspondrait à l'apparition de sols striés et de sols polygonaux apparemment actifs (pic de Campbieil, lac de Tuquerouye, Port de Barroude). En comparant la limite inférieure des marqueurs périglaciaires exprimés avec les données nivales de la station du Soum Couy (2 150 m, période : 1997-2007), il apparaît que l'enneigement au sol continu est de l'ordre de 150 jours par an en moyenne. Cet enneigement au sol se produit généralement vers le milieu du mois de novembre pour disparaître vers la fin du mois de mai.

CONCLUSION

Les limites inférieures de l'étage périglaciaire exprimé ont été observées à partir de marqueurs morphologiques dans une partie des Pyrénées centrales françaises (Bigorre). Ces marqueurs s'apparentent à des microformes caractéristiques d'un gel saisonnier et peu profond des régolites : ostioles et petits cercles de pierres, blocs fluants, terrassettes de gélifluxion. La limite altitudinale à laquelle ces marqueurs apparaissent, le plus souvent en association, semble se situer entre 2 250 et 2 300 m dans l'état actuel des recherches menées sur le terrain. À cette altitude, la température annuelle moyenne est de l'ordre de 2,5°C, et la température moyenne du mois le plus chaud est voisine de 10°C. Cette corrélation est conforme aux caractéristiques de l'étage périglaciaire des montagnes atlantiques.
Ces limites varient à l'échelle locale, en fonction des conditions de site : exposition, commandement des versants, effet de domination, lithologie (déterminant les types de régolites), qui influencent effectivement l'expression des formes. La limite inférieure de l'étage périglaciaire exprimé demeure indéterminable sur certains sites défavorables,

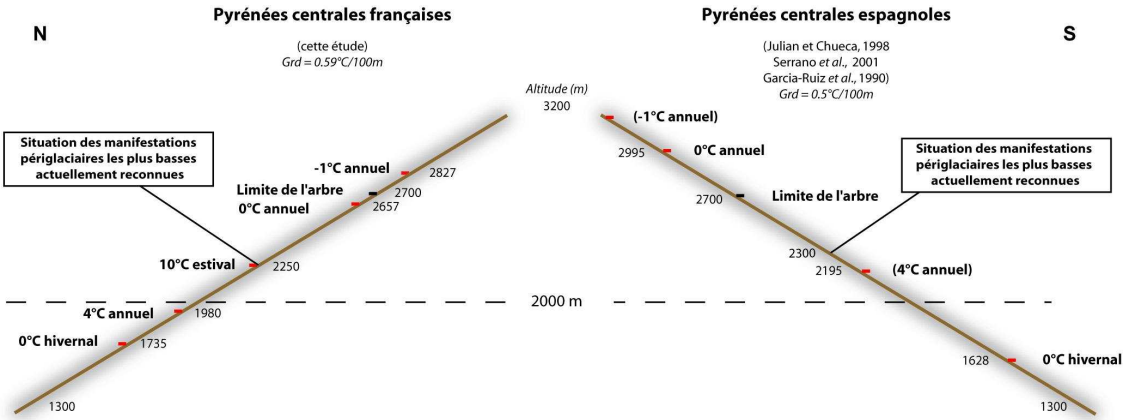

Figure 5 - Limites morphoclimatiques dans les Pyrénées centrales françaises et espagnoles

alors que les données climatiques justifient de rechercher ses marqueurs (limite inférieure de l'étage périglaciaire théorique).

Ces limites varient également à l'échelle régionale, en fonction des effets de l'océanité. Les caractéristiques propres à la montagne atlantique (vent, humidité, neige, températures estivales modérées) sont favorables à une morphogenèse périglaciaire (gel saisonnier des sols prolongé et nombre de cycles gel/dégel accru), comme l'abaissement de l'étage vers l'océan permet de l'envisager : 2 250 m en Bigorre, 2 000 m dans les Pyrénées occidentales (Höllermann, 1967), 1 900 m dans les monts Cantabriques (Gonzáles Trueba, 2006), 1 850 m en Galice (Perez-Alberti *et al.*, 1998), 1 830 m au Portugal (Vieira, 2004).

Ces limites, établies à partir des marqueurs les plus élémentaires d'une activité périglaciaire, comptent également parmi les plus révélatrices des fluctuations climatiques. Le relèvement des températures dans les Pyrénées est, comme ailleurs, un phénomène reconnu. Ainsi, la moyenne des températures de l'air au pic du Midi était de -1,74°C entre 1970 et 1984, contre -0,07°C entre 1994 et 2007. Ce constat justifie l'intérêt porté à la reconnaissance et à la délimitation détaillée de marqueurs fonctionnels significatifs. La réaction rapide de ces marqueurs à l'évolution des conditions thermiques, qui se manifeste par leur mobilité, compte parmi les révélateurs de cette évolution, au même titre que la remontée de la limite de l'arbre ou du recul des fronts glaciaires. La déprise progressive des formes les plus basses va de pair avec la reconquête périglaciaire des espaces situés à la limite supérieure de l'étage (Kerguillec, 2007). Ces deux limites sont les marges d'un système morphogénique mobile.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Jean-Pierre Tihay, maître de conférences honoraire à l'Université de Pau, pour les avoir fait bénéficier de son expérience du terrain et des étagements de formes sur les versants pyrénéens.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Andrieu V., Hubschman J., Jalut G. & Herail G. (1988) – Chronique de la déglaciation des Pyrénées françaises. Dynamique de sédimentation et contenu pollinique des paléolacs : application à l'interprétation du retrait glaciaire. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, vol. 2/3, p. 55-67.

Ballantyne C.K. (1987) – The present day periglaciation of Upland Britain. *In* Boardman (J.), *Periglacial processes and landforms in Britain and Ireland*, Cambridge, University Press, p. 113-126.

Barrère P. (1969) – Les phases glaciaires dans les Pyrénées : Etude sur le Quaternaire Dans le monde. *VIII Congrès International Union for Quaternary Research (INQUA),* 12 septembre, Pau, p. 541-547.

Barrère P. (1995) – *Notice explicative, Carte geol. France (1/50 000), feuille Campan (1071).* Orleáns : BRGM, 117 p. Carte géologique par Y. Ternet *et al.* (1996).

Barrio G. Del (1990) – El régimen térmico estacional en alta montaña. *In* García Ruiz, J.M. (ed.), *Geoecológica de las áreas de montaña*, Logroño, Geoformo, p. 115-143.

Barrio G. Del, Creus J. & Puigdefabregas J., (1990) – Thermal seasonality on the high mountain belts of the Pyrenees. *Mountain Research and Development*, vol. 130, p. 227-233.

Brosche K.-U. (1978) – Formas actuales y limitas inferiores periglaciares en la Península Ibérica. *Estudios Geográficos*, vol. 151, p. 131-162.

Bout P. & Godard A. (1973) – Aspects du modelé périglaciaire en Scandinavie du Nord. Problème de genèse, comparaisons. *Biuletyn Peryglacjalny*, vol. 22, p. 49-79.

Garcia-Riuz J.M., Alvera B., Del Barrio G. & Puigdefabregas J. (1985) – *Los recursos hídricos superficiales del Alto Aragón*, Instituto de Estudios Altoaragonéses, 224 p., Huesca.

Garcia-Ruiz J.M., Puigdefabregas J. & Creus J. (1990) – Geomorphic processes above timberline in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, vol. 10, n° 3, p. 201-214.

Gonzales Trueba J.J. (2006) – *El macizo central de los picos de Europa : geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña cantábrica.* Thèse, Universidad de Cantabria, Departamento de Geografía, 820 p.

Hollermann P.W. (1967) – Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen. *Göttinger Geographische Abh.*, vol. 40, 198 p.

Hollermann P.W. (1985) – The periglacial belt of mid-latitude mountains from a geoecological point of view. *Erdkunde*, vol. 39, p. 259-270.

Huc S. (2008) – Mobilité des éboulis supraforestiers des Pyrénées orientales (France) : morphodynamique et marqueurs biologiques. *Géomorphologie : relief, processus, environnement.*, vol. 2, p. 99-112.

Hupé P. (1961) – À propos des sols polygonaux et striés des Pyrénées. *Compte rendu sommaire des séances de la Société Géologique de France*, vol. 3, p. 228-229.

Jahn A. & Siedlecki S. (1982) – Periglacial phenomena on the Varanger peninsula (Norway). *Biuletyn Peryglacjalny*, vol. 29, p. 25-52.

Julian A. & Chueca J. (1998) – Le Petit Âge Glaciaire dans les Pyrénées centrales méridionales : estimation des paléotempératures à partir d'inférences géomorphologiques. *Sud-Ouest Européen*, vol. 3, p. 79-88.

Kerguillec R. (2007) – *L'évolution récente des limites de l'étage périglaciaire actif dans les montagnes de l'Europe du nord-ouest,* mémoire de Master recherche 2e année, Institut de Géographie et d'Aménagement Régional de l'Université de Nantes, 110 p.

King L. (1984) – Permafrost in Skandinavien, *Heidelberger Geographische Arbeiten*, vol. 76, 174 p.

Llobet S. (1947) – *El medio y la vida en Andorra. Estudio geográfico.* Barcelona, Inst. J.B. Elcamo, CSIC.

Pérez Alberti A., Martinez Cortizas A., Blanco Chao R. & Valcarcel Diaz M. (1998) – Evidencias de procesos periglaciares actuales en el noroeste de la península ibérica deducidos a partir de los datos climáticos, geomorfológicos y botánicos. *In* Gomez Ortiz, A. ; Salvador Franch, F. ; Schulte, L. ; García Navarro, A. (eds) : *Procesos biofísicos actuales en medios frios*,. Publicacions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, p. 245-261.

René P. (2004) – Les glaciers des Pyrénées. *Bulletin de l'association Moraine*, brochure, 4 p.

Sellier D. (2002) – *Géomorphologie des versants quartzitiques en milieux froids - L'exemple des montagnes de l'Europe du nord-ouest.* Thèse d'État, Université de Paris-Sorbonne, 1888 p.

Sellier D. (2006) – Les limites inférieures de l'étage périglaciaire fonctionnel dans les montagnes atlantiques de l'Europe : éléments d'identification à partir de marqueurs morphologiques. *Environnements périglaciaires*, vol. 13, p. 41-59.

Serrano E., Martinez De Pison E. & Agudo Garrido C. (2000) – El medio periglaciar de alta montaña en el Pirineo Central: Aportaciones recientes. *In* Peña, J.L., Sánchez-Fabre, M. & Lozano, M.V. (eds.), *En Procesos y formas periglaciares en la montaña mediterránea*, Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, p. 45-62.

Soutadé G. (1980) – *Modelé et dynamique actuelle des versants supra-forestiers des Pyrénées Orientales.* Thèse d'État, Université de Bordeaux III.

Van Vliet-Lanoë B. (1988) – *Le rôle de la glace*

de ségrégation dans les formations superficielles de l'Europe de l'Ouest. Processus et héritages. Thèse d'État, Université Paris I, 854 p.

Vieira G.T. (2004) – *Geomorfologia dos planaltos e altos vales da Serra da Estrela, ambientes frios do Plistocénico superior e dinâmica actual.* Thèse, Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia, 724 p.