

Présence d'un réseau de grands polygones au sud de l'estuaire de la Gironde (France) : interprétation et implications paléoclimatiques

Presence of Large Non-Sorted Polygons Located on the South Side of the Gironde Estuary (France): Interpretation and Paleoclimatic Implications

Jean-Pierre Texier

Volume 50, Number 1, 1996

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/033079ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/033079ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this note

Texier, J.-P. (1996). Présence d'un réseau de grands polygones au sud de l'estuaire de la Gironde (France) : interprétation et implications paléoclimatiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 50(1), 103–108. <https://doi.org/10.7202/033079ar>

Article abstract

A network of large non-sorted polygons was detected from a low altitude air photograph on the south side of the Gironde Estuary (France). The morphometric characteristics of these features and the topographic and sedimentary context exclude desiccation, differential dissolution, haloturbation or tensional phenomena as possible origins. The network probably results from thermal contraction cracking and constitutes new evidence for the occurrence of a past permafrost in the Médoc region and in the Bordeaux area (Latitude 45°N). During its development, presumably contemporaneous with the last Pleniglacial, mean annual air temperatures did not exceed -8°C.

PRÉSENCE D'UN RÉSEAU DE GRANDS POLYGOUES AU SUD DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE (FRANCE) : INTERPRÉTATION ET IMPLICATIONS PALÉOCLIMATIQUES

Jean-Pierre TEXIER, Université de Bordeaux 1, Institut du Quaternaire, UMR 9933 du CNRS, Avenue des Facultés, 33405 - Talence cedex, France.

RÉSUMÉ Une photographie aérienne prise à basse altitude a permis de repérer un réseau de grands polygones au sud de l'estuaire de la Gironde (France). Ses caractéristiques morphométriques ainsi que celles de son contexte topographique et sédimentaire permettent d'exclure une origine liée à des phénomènes de dessiccation, de dissolution différentielle, d'haloturbation ou de tension. Il résulte vraisemblablement de contractions thermiques et constitue un nouveau témoignage de la présence d'un pergélisol en Médoc et dans les environs de Bordeaux (45° latitude Nord). Lors de son développement, vraisemblablement contemporain du dernier Pléniglaciaire, les températures moyennes annuelles de l'atmosphère ne devaient pas dépasser dans cette région -8°C.

Les travaux de synthèse concernant le développement du pergélisol européen lors du dernier épisode glaciaire expriment des opinions très variables quant à la limite de son extension méridionale. Ainsi, selon les auteurs, ce phénomène aurait atteint le bassin Aquitain soit partiellement (Poser, 1948 ; Maarleveld, 1976 ; Velitchko, 1982), soit en totalité (Kaiser, 1960) (fig. 1). En ce qui concerne le type de pergélisol présent dans cette région, les opinions sont également contrastées : il s'agirait d'un pergélisol continu pour Kaiser (1960), « sporadique et discontinu aux environs du 45ème parallèle » (approximativement la latitude de Bordeaux) pour Raynal (1976) et Valadas (1983), sporadique au cours du Pléniglaciaire inférieur et discontinu lors du Pléniglaciaire supérieur selon Lautridou *et al.* (1987) et selon Van Vliet Lanoë (1988).

En fait ces différentes propositions s'appuient soit sur une extrapolation des résultats obtenus dans le nord et le centre de la France, soit sur les travaux pionniers de Bastin et Cailleux qui, dès 1941, avaient attiré l'attention des chercheurs sur la présence de fentes de gel dans la région bordelaise (fig. 2).

Récemment, de nouvelles observations ont apporté un appui plus concret à l'hypothèse du développement d'un pergélisol continu, au moins dans certaines parties de l'Aquitaine. En effet, des structures interprétées comme des pseudomorphoses de coins de glace ont été identifiées dans le nord-est du bassin et la région bordelaise (Texier et Bertran, 1993), ainsi qu'aux pieds des Pyrénées (Gangloff *et al.*, 1994).

ABSTRACT Presence of large non-sorted polygons located on the south side of the Gironde Estuary (France): Interpretation and paleoclimatic implications. A network of large non-sorted polygons was detected from a low altitude air photograph on the south side of the Gironde Estuary (France). The morphometric characteristics of these features and the topographic and sedimentary context exclude dessiccation, differential dissolution, haloturbation or tensional phenomena as possible origins. The network probably results from thermal contraction cracking and constitutes new evidence for the occurrence of a past permafrost in the Médoc region and in the Bordeaux area (Latitude 45°N). During its development, presumably contemporaneous with the last Pleniglacial, mean annual air temperatures did not exceed -8°C.

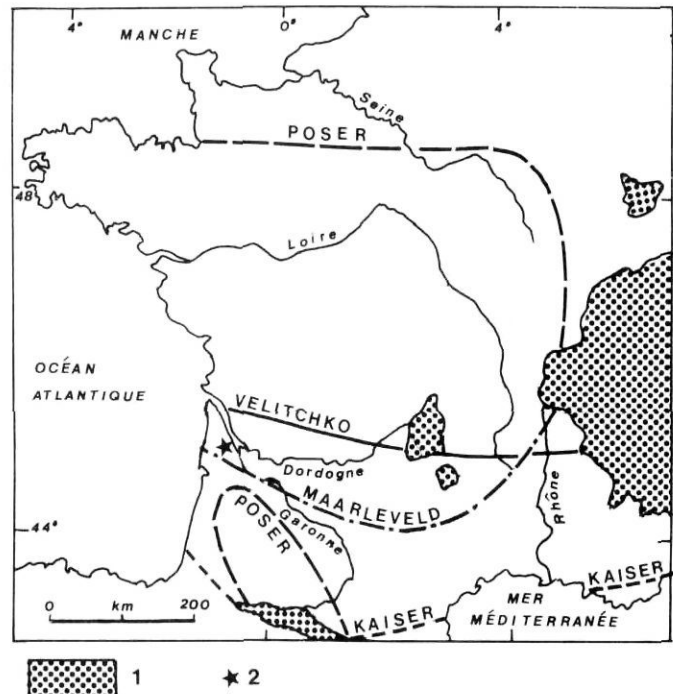


FIGURE 1. Limites méridionales du pergélisol et situation des principales calottes glaciaires (1) du sud de l'Europe au cours du dernier Pléniglaciaire selon Poser (1948), Maarleveld (1976), Kaiser (1979) et Velitchko (1982) (redessinée d'après Pissart, 1987). Localisation du site étudié (2).

Southern limits of the permafrost and location of the main south European ice-sheets (1) during the last Pleniglacial according to Poser (1948), Maarleveld (1976), Kaiser (1979) and Velitchko (1982) (Redrawn from Pissart, 1987.) Location of the studied site (2).

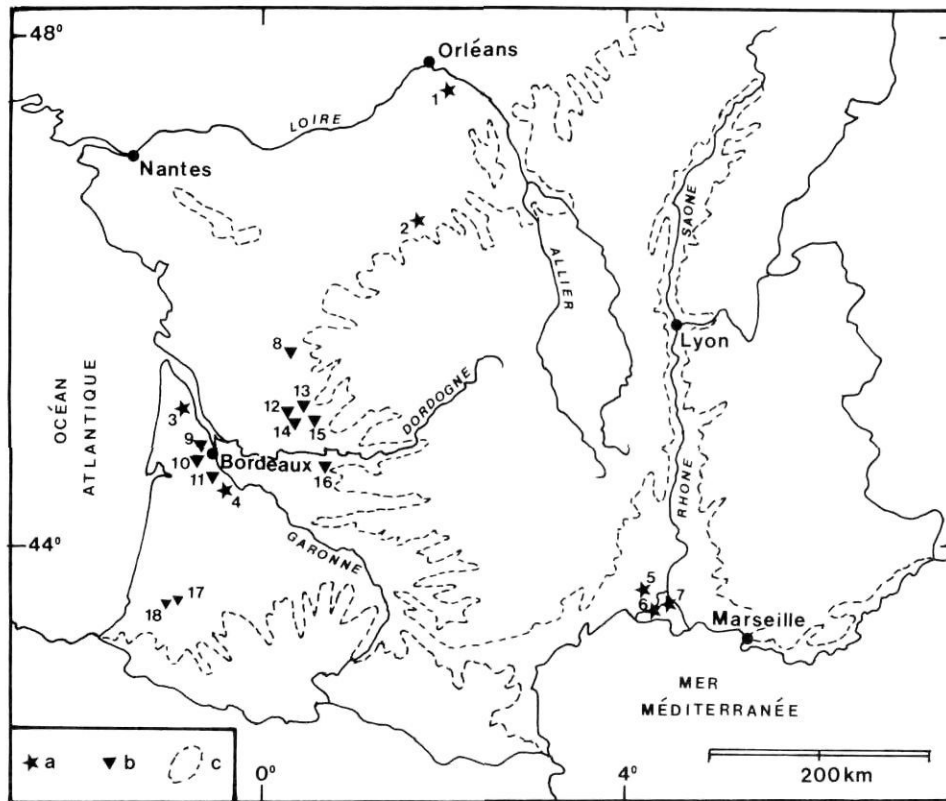


FIGURE 2. Répartition des réseaux de grands polygones et des fentes de gel identifiées dans le sud de la France à basse altitude (moins de 200 m). a : Réseaux de grands polygones ; b : fentes de gel ; c : courbe de niveau des 200 m. 1) D'après Horemans (1960) ; 2) d'après Bertran (1989) ; 3) réseau des Valets ; 4) d'après Texier et Bertran (1993) ; 5) d'après Bouteyre et Allemann (1964) et Bouteyre (1969) ; 6 et 7) d'après Cailleux et Rousset (1968) ; 8) d'après Cailleux (1948) et Tricart (1956) ; 9 à 11) d'après Bastin et Cailleux (1941) ; 12 à 16) d'après Texier et Bertran (1993) ; 17 et 18) d'après Bertran (1989).

Distribution of large non-sorted polygonal networks and frost wedges identified in the south of France at low altitude (under 200 m a.s.l.). a: Large non-sorted polygonal networks; b: frost wedges; c: 200 m contour line. 1) From Horemans (1960); 2) from Bertran (1989); 3) network of Les Valets; 4) from Texier and Bertran (1993); 5) from Bouteyre and Allemann (1964) and Bouteyre (1969); 6 and 7) from Cailleux and Rousset (1968); 8) from Cailleux (1948) and Tricart (1956); 9 to 11) from Bastin and Cailleux (1941); 12 to 16) from Texier and Bertran (1993); 17 to 18) from Bertran (1989).

Néanmoins, il importe d'asseoir cet événement sur le plus possible de données fiables. Il peut en effet permettre une approche semi-quantitative des paléoclimats régionaux (par ex. Gorbunov, 1978 ; Haeberli, 1983, 1985, 1990 ; Haeberli *et al.*, 1993 ; Harris, 1981, 1989 ; Washburn, 1979). De plus, son existence a pu avoir une influence capitale sur les modalités d'occupation du territoire par l'Homme préhistorique.

Or, une photographie aérienne (fig. 3) prise à basse altitude, au sud de l'embouchure de la Gironde montre un réseau polygonal à grandes mailles et semble apporter un nouvel élément en faveur de l'existence d'un pergélisol fossile aquitain. Après avoir décrit cette structure et son environnement géomorphologique, on discutera de son interprétation et des implications paléoclimatiques régionales.

LE RÉSEAU DE POLYGONES : LOCALISATION, CARACTÉRISTIQUES, CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Le réseau polygonal est localisé à l'ouest de la ferme des Valets, dans la commune de Cussac Fort-Médoc (Gironde). Ses coordonnées Lambert, calculées à partir de la carte IGN à 1/25 000 de Castelnau - Saint-Laurent (n° 1435 est), sont les suivantes : $x = 356,7$; $y = 3319,3$. Elles équivalent à $0^{\circ}45'20''$ de longitude ouest et à $45^{\circ}8'0''$ de latitude nord. L'altitude du site avoisine 15-16 m.

Sur le cliché pris le 1^{er} août 1986, une année de sécheresse exceptionnelle, le tracé de cette structure se marque

soit par des bandes de végétation encore verte, soit par des lignes brun foncé, correspondant sans doute à des zones plus humides que le sol adjacent (fig. 3 et 4). Elle se développe dans un champ et apparaît plus nettement dans la partie ouest que dans la partie est de celui-ci. Des linéaments beaucoup moins visibles existent également dans les parcelles nord et sud avoisinantes (fig. 3). Ils permettent de penser que ce réseau se poursuit sans doute latéralement.

Une évaluation de la dimension des mailles du réseau a été réalisée à partir d'un certain nombre de repères mesurés soit directement sur le terrain, soit à partir de la carte topographique : dimensions de la parcelle, espacement des rangées de vignes, largeur des chemins. À cause de la distortion liée à l'angle de prise de vue, les chiffres obtenus varient sensiblement. Néanmoins, le diamètre des mailles de ce réseau peut être estimé en moyenne entre une quinzaine et une trentaine de mètres (fig. 4)

La formation aux dépens de laquelle se développe ce réseau correspond à une ancienne terrasse de la Gironde attribuée au Pléistocène ancien et composée principalement de sables et de galets (Dubreuilh, 1976). Elle forme de petites buttes à sommet aplati qui dominent de 10 à 18 m le lit majeur de la Gironde et le fond argileux des vallons adjacents (fig. 5). D'une épaisseur moyenne de 5 à 6 m (Dubreuilh, 1976), elle repose sur un substratum calcaire d'âge oligocène (g2p de la carte géologique à 1/50 000 de Saint-Laurent-et-Benon).

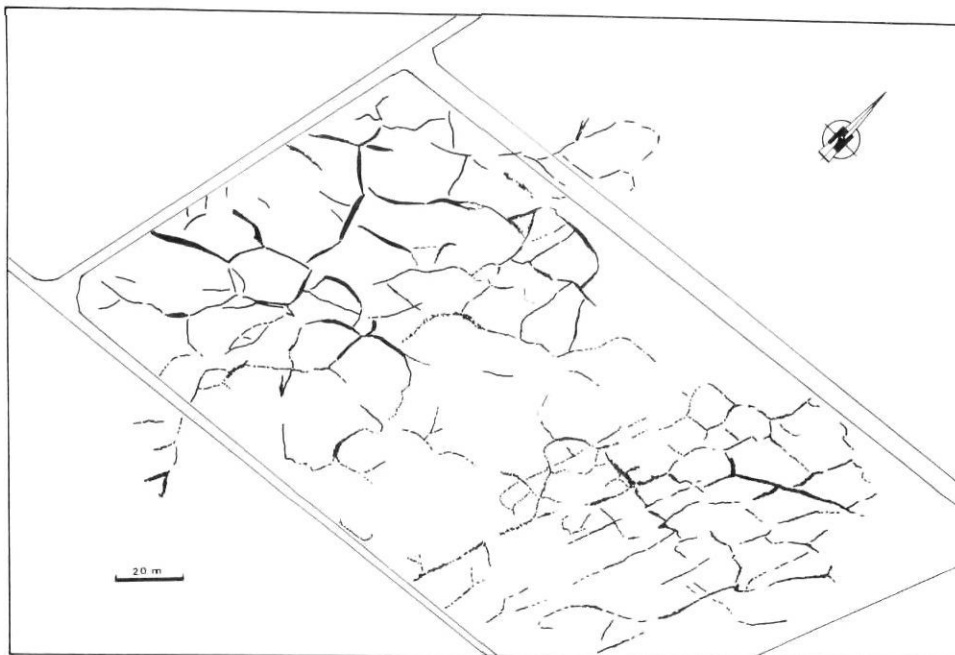
FIGURE 3. Photographie aérienne prise à basse altitude et montrant le réseau polygonal des Valets (photo F. Didierjean)

Aerial photograph taken at low altitude and showing the polygonal network of Les Valets (photograph of F. Didierjean).



FIGURE 4. Le réseau polygonal des Valets dessiné d'après la figure 3. L'échelle indiquée est une échelle moyenne approximative.

Polygonal network of Les Valets drawn from Figure 3. The indicated scale is approximative.



Sur le site lui-même, aucune coupe n'est visible. En surface, s'observent des galets et des graviers quartzeux mêlés à un sable organique noir. Néanmoins, des petites stratigraphies ont pu être examinées dans d'anciennes exploitations de graviers creusées dans la même formation et localisées respectivement à 600 m à l'O-NO et à 1300 m au S-SE de la zone à polygones (fig. 5).

Dans la gravière la plus proche, on note sous un niveau organique plus ou moins remanié de 0,3 à 0,4 m d'épaisseur, des galets et des graviers quartzeux colmatés par un sable légèrement argileux, brun rouge (1 m d'épaisseur). Ces ga-

lets sont localement imbriqués et présentent une structure massive ou un litage horizontal mal exprimé (faciès Gm de Miall, 1978).

Dans l'autre exploitation, la formation est visible sur 2 m d'épaisseur et comprend principalement des bancs de galets à colmatage sableux (faciès Gm de Miall, 1978) dans lesquels s'intercalent des niveaux de 0,2 à 0,3 m d'épaisseur composés de sables à litage horizontal (faciès Sh de Miall, 1978).

Aucune structure périglaciaire n'a été observée dans ces coupes.

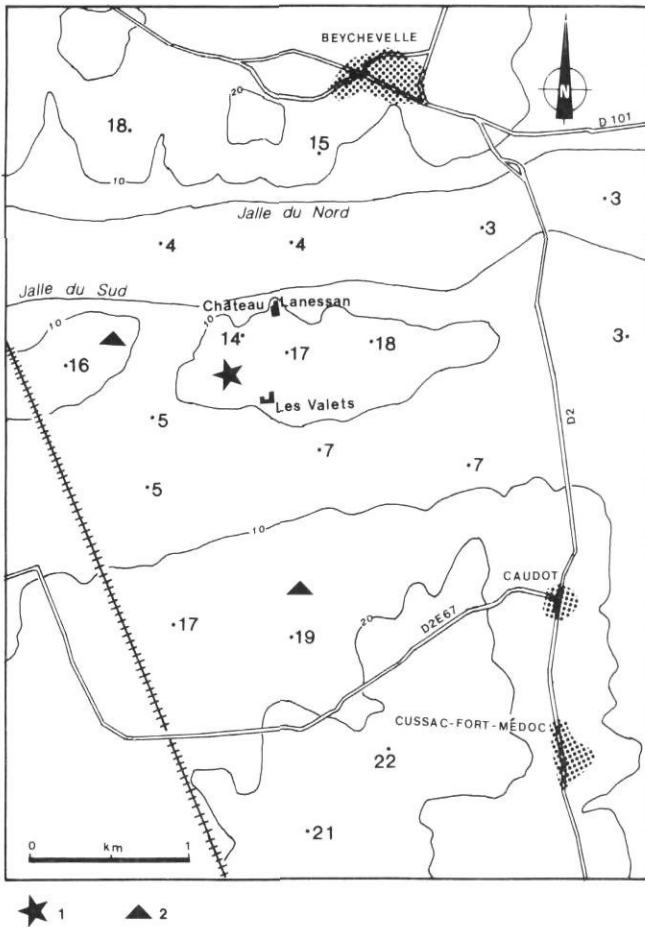


FIGURE 5. Situation morpho-géographique du réseau polygonal des Valets (1) et des exploitations mentionnées dans le texte (2) (dessinée d'après la carte topographique à 1/25 000 de Castelnaud-de-Médoc).

Morpho-geographic location of the polygonal network of Les Valets (1) and of quarries cited in the text (2) (drawn from the topographic map at 1:25,000 of Castelnaud-de-Médoc).

INTERPRÉTATION – DISCUSSION

Un certain nombre d'auteurs (par ex. Black, 1976 ; Washburn, 1979) ont souligné le fait que les réseaux polygonaux pouvaient être générés par des mécanismes variés et prendre naissance dans des environnements climatiques très différents (périglaciaires, tempérés ou chauds).

Ainsi, la seule dessiccation peut conduire à la genèse de fentes organisées en réseaux. Dans la plupart des cas, les polygones ainsi formés présentent un diamètre relativement faible, ne dépassant pas quelques mètres, ce qui permet de les différencier de ceux liés aux coins de glace (Black, 1976). Cependant, il arrive qu'ils atteignent des dimensions nettement plus élevées : supérieures à 10 m, parfois même 100 m et plus (Knechtel, 1951 ; Willden et Mabey, 1961 ; Neal *et al.*, 1968). Mais, dans tous les exemples traités, les formations touchées présentent une très forte teneur en argiles et carbonates ainsi qu'une capacité de rétraction élevée, ce qui n'est pas le cas des dépôts des Valets composés principalement de graviers et de sables.

Des mécanismes de dissolution différentielle intervenant dans des dépôts riches en carbonates (Black, 1976 ; Van Zuidam, 1976 ; Washburn, 1979) ou même des phénomènes d'haloturbation (Tricart, 1970 ; Van Zuidam, 1976) ont également été évoqués pour expliquer la formation de certains réseaux de fentes. Néanmoins, une telle origine ne peut pas non plus être retenue pour expliquer le réseau de Valets dans la mesure où les dépôts de ce site sont constitués presque exclusivement de quartz et ne sont pas salifères.

Des phénomènes de tension dus à des glissements de terrain, à des effondrements liés à la fonte de masses de glace enfouies (*kettle cracks* de Black, 1976) ou à des tremblements de terre peuvent également provoquer des fentes. Celles-ci peuvent dans certaines circonstances s'organiser en réseaux grossiers (Walters, 1994). Mais, de tels polygones ne montrent pas de subdivisions du réseau primaire et présentent un diamètre relativement faible (Black, 1983). Ces critères, ainsi que le contexte morphologique des Valets (replat topographique) permettent également de rejeter cette éventualité.

Ces constatations amènent donc à envisager l'hypothèse de fentes de contraction thermique consécutives à des baisses brutales et importantes de température (Lachenbruch, 1962 ; Williams and Smith, 1989) au dessous de -15 à -20°C (voir Aartolahti, 1970, cité par Washburn, 1979). Des coins de sol peuvent parfois résulter de ce phénomène (par ex. Washburn, 1979 ; Van Vliet Lanoë, 1988). Néanmoins, en milieu non pergélisolé, la dimension des polygones associés est faible, de 0,5 m à 2 m (Romanovskij, 1973 ; Goldthwaith, 1976 ; Washburn, 1979). Une telle hypothèse ne peut donc pas être retenue pour le réseau des Valets dont la taille élevée des polygones laisse croire fortement qu'il est lié à la présence d'un pergélisol (par ex. Romanovskij, 1973 ; Black, 1976 ; Goldthwaith, 1976 ; Washburn, 1979).

Il est difficile d'aller très au-delà de cette interprétation. En effet, les réseaux de coins de glace et coins de sable ont des formes semblables et des mailles de dimensions voisines (Black, 1976). Néanmoins, les mesures réalisées en Eurasie tendent à montrer que les polygones de coins de sable sont en moyenne sensiblement plus petits que ceux liés aux coins de glace. Ainsi, en Russie, la taille des polygones de coins de glace et des coins de sable varie respectivement de 2-4 m à 20-40 m et de 3-4 m à 15-20 m (Romanovskij, 1973). En Pologne, French (1976) a noté que l'espacement des coins de sable tendait à être plus faible (3-5 m en moyenne) que celui des pseudomorphoses de coins de glace. Les mesures systématiques réalisées également en Pologne par Gozdzik (1986) vont dans le même sens : les mailles des réseaux de coins de sables n'atteignent que très rarement 20 m et leur valeur modale est de 1,8 m et de 3,3 m selon la région. Les dimensions des polygones des Valets, souvent comprises entre 15 et 20 m et dépassant parfois 30 m (fig. 3), s'accordent donc mieux avec celles des réseaux de coins de glace. Cette hypothèse est d'autant plus plausible que dans la même région, à 40 km environ au SSE des Valets (site de Saint-Morillon), ont été identifiées des pseudomorphoses de coins de glace espacées de plus de 20 m (Texier et Bertran, 1993).

D'après Lachenbruch (1962), Washburn (1979) et Pissart (1987), il existe une relation entre l'espacement et la profondeur des fentes dont le rapport est de l'ordre de 2 à 3. Le réseau des Valets pourrait donc être associé à des fentes atteignant plusieurs mètres, voire une dizaine de mètres de profondeur. Mais, la localisation du site étudié sur une parcelle d'un cru classé du Médoc, exclut toute tentative de vérification sur le terrain.

L'absence de structures périglaciaires dans les gravières voisines du site étudié ne contredit pas l'hypothèse proposée. Cette absence peut en effet s'expliquer par la conjonction de plusieurs phénomènes. Tout d'abord, la partie sommitale des stratigraphies a été plus ou moins fortement tronquée par les travaux d'exploitation. De plus, les coupes sont souvent fortement dégradées et envahies par la végétation, si bien que les zones présentant de bonnes conditions d'observations ont une extension latérale relativement faible. Enfin et d'une manière plus générale, il faut souligner que les coins de glace sont rares en dehors des fonds de vallée (Van Vliet-Lanoë, 1988) et que leur chance de préservation est faible (Black, 1976).

IMPLICATIONS PALÉOCLIMATIQUES

L'identification de ce réseau de fentes de contraction thermique permet d'aborder le problème des paléoclimats contemporains de sa formation. En effet, d'après les travaux de Romanovskij (1973, 1976), un tel phénomène, exprimé aux dépens d'un substratum composé principalement de galets et de sables, implique des températures moyennes annuelles du sol (TMAS) ne dépassant pas -7 à -8°C . Bien que le passage à la température moyenne annuelle de l'air (TMAA) n'obéisse à aucune règle simple, on sait que celle-ci est inférieure à la TMAS, de 1 à 6°C selon Black (1976), de 3°C selon Washburn (1979) et de 3 à 4° selon Haeberli (1983). On aboutit donc à des températures moyennes atmosphériques très basses, inférieures à -8°C au minimum.

De plus, comme cela a été souligné plus haut, les polygones des Valets ne représentent pas un phénomène isolé. Dans la même région ont été identifiées d'autres structures analogues de dimensions comparables et associées à des fentes pouvant excéder $1,8$ m de profondeur (Bastin et Cailleux, 1941 ; Texier et Bertran, 1993). On peut donc penser qu'un pergélisol continu était présent dans le Médoc et la région bordelaise. Si on accepte les chiffres donnés plus haut, l'abaissement consécutif de la TMAA par rapport à l'actuel peut être estimé à $20-21^{\circ}\text{C}$ (TMAA actuelle à Bordeaux : $+12,4^{\circ}\text{C}$).

Cet événement s'est également marqué dans la partie nord-est de l'Aquitaine. Il a été attribué sur la base de données archéologiques à une période située vers 15 000-17 000 BP (Texier et Bertran, 1993). Des datations numériques par OSL (travaux E. Rhodes, université de Londres) portant sur le matériel de remplissage des fentes, sont en cours pour essayer de préciser sa position chronologique.

CONCLUSIONS

Les polygones des Valets, de par leur taille élevée, la nature et la texture des sédiments aux dépens desquels ils se

sont développés ainsi que le contexte géomorphologique du site, peuvent être attribués à un réseau de fentes de contraction thermique sans doute associées à des coins de glace. Ils constituent un nouveau témoignage du développement d'un pergélisol continu dans la région bordelaise et le Médoc où d'autres indices d'un tel phénomène ont déjà été identifiés (Bastin et Cailleux, 1941 ; Texier et Bertran, 1993). La texture gravelo-sableuse du substratum implique des températures moyennes annuelles du sol, donc de l'atmosphère, très basses, inférieures à -8°C (Romanovskij, 1973, 1976), soit 20°C environ sous la TMAA actuelle.

Les recherches en cours devraient permettre de préciser la situation chronologique de cet événement morphoclimatique majeur. En outre, une étude intégrant l'ensemble des données recueillies en Aquitaine et dans les massifs montagneux avoisinants (Pyrénées et massif Central) a été entreprise afin de déterminer, à l'échelle du Sud-Ouest de la France, l'organisation de la cryosphère contemporaine du dernier Pléni-glaciaire et d'en déduire des données paléoclimatiques semi-quantitatives.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à l'auteur de la photographie aérienne présentée ici, M. Didierjean qui nous a autorisé à en faire son exploitation scientifique. Notre gratitude va également à A. Turq qui nous a mis en relation avec M. Didierjean et à G. Rauber pour son aide en matière de documentation bibliographique. La correction des textes anglais a été assurée par I. Simek. Les remarques de M. Allard, J.-P. Coutard et P. Gangloff ont permis d'améliorer le texte de cette publication.

RÉFÉRENCES

- Bastin, A. et Cailleux, A., 1941. Action du vent et du gel au Quaternaire dans la région bordelaise. Bulletin de la Société géologique de France, 5^e série, XI (7-8-9) : 259-266.
- Black, R.F., 1976. Periglacial features indicative of permafrost : Ice and soil wedges. Quaternary Research, 6 : 3-26.
- , 1983. Pseudo-ice-wedge cast of Connecticut, Northeastern United States. Quaternary Research, 20 : 74-89.
- Bertran, P., 1989. L'évolution de la couverture superficielle depuis le dernier interglaciaire : étude micromorphologique et quelques profils types du sud de la France. Thèse n° 326, Université de Bordeaux 1, 204 p.
- Bouteyre, G., 1969. Réseau polygonal de fentes en coin, à Meynes. Livret-guide de l'excursion C 14, INQUA, p. 37.
- Bouteyre, G. et Alleman, M., 1964. Réseau polygonal de fentes en coin. Bulletin de la Société d'Étude des Sciences naturelles de Nîmes, L, 15 p.
- Cailleux, A., 1948. Carte des actions périglaciaires quaternaires en France. Bulletin de la carte géologique de France, 67, 225 : 1-7.
- Cailleux, A. et Rousset, C., 1968. Présence de réseaux polygonaux de fentes en coin en Basse-Provence occidentale et leur signification paléoclimatique. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 266 (D) : 669-671.
- Dubreuilh, J., 1976. Contribution à l'étude sédimentologique du système fluvial Dordogne-Garonne dans la région bordelaise. Thèse n° 91, Université de Bordeaux 1, 273 p.
- French, H.M., 1976. The periglacial environment. Longman, London, 309 p.

- Gangloff, P., Hétu, B., Courschene, F. et Richard, P.J.H., 1994. Présence d'un pergélisol würmien sur le piémont des Pyrénées atlantiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 48(2) : 169-178.
- Goldthwait, R.P., 1976. Frost sorted patterned ground : A review. *Quaternary Research*, 6 : 27-35.
- Gorbunov, A.P., 1978. Permafrost investigations in high-mountain regions. *Arctic and Alpine Research*, 10(2) : 283-294.
- Gozdzik, J.S., 1986. Structures de fentes à remplissage primaire sableux du Vistulien en Pologne et leur importance paléogéographique. *Biuletyn Peryglacjalny*, 31 : 71-105.
- Haerberli, W., 1983. Permafrost-glacier relationships in the Swiss Alps today and in the past. 4th International Conference Proceedings, National Academy Press, Washington D.C., p. 415-420.
- 1985. An attempt to reconstruct glaciological and climatological characteristics of 18 KA BP ice age glaciers in and around the Swiss Alps. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 21 : 351-361.
- 1990. Scientific, environmental and climatic significance of rock glaciers. *Memorie della Societa Geologica Italiana*, 45 : 823-831.
- Haerberli, W., Cheng Guodong, Gorbunov, A.P. et Harris, S.A., 1993. Mountain permafrost and climatic change. *Permafrost and Periglacial Processes*, 4 : 165-174.
- Harris, S.A., 1981. Climatic relationships of permafrost zones in areas of low winter snow-cover. *Arctic*, 34(1) : 64-70.
- 1989. Continental index : Its uses and limitations applied to permafrost in the Canadian Cordillera. *Physical Geography*, 10(3) : 270-284.
- Horemans, P., 1960. Réseaux de fentes en coin périglaciaires d'âge würmien visibles sur photographie aérienne dans l'Orléanais. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 250 : 3356-3358.
- Kaiser, K., 1960. Klimazeugen des periglazialen Dauerfrostboden in Mittel- und West-Europa. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 11 : 121-141.
- Knetchel, M.M., 1951. Giant playa-crack polygons in New Mexico compared with arctic tundra-crack polygons. *Geological Society of America Bulletin*, 62 : 1455.
- Lachenbruch, A.H., 1962. Mechanics of the thermal contraction cracks and ice-wedges polygons in permafrost. *Geological Society of America, Special Paper*, 70, 69 p.
- Lautridou, J.-P. *et al.*, 1987. La Normandie, Excursion de l'A.F.E.Q. 28-31 mai 1987. *Livret-guide*, 320 p.
- Maarleveld, G.C., 1976. Periglacial phenomena and the mean annual temperature during the last glacial time in the Netherlands. *Biuletyn Peryglacjalny*, 26 : 57-78.
- Miall, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile modes in braided river deposits : A summary. *In* *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologists, memoir 5 : 597-604.
- Neal, J.T., Langer, A.M. et Kerr, P.F., 1968. Giant desiccation polygons of Great Basin playas. *Geological Society America Bulletin*, 79 : 69-90.
- Pissart, A., 1987. *Géomorphologie périglaciaire*. Éditions du Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire de l'Université de Liège, 135 p.
- Poser, H., 1948. Boden- und Klimaverh. Ältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmzeit. *Erdkunde*, 2 : 53-68.
- Raynal, R., 1976. Quelques aspects de l'évolution des versants dans les régions subméditerranéennes d'Europe. *Actes du Symposium sur les versants en pays méditerranéens, Aix-en-Provence*, Éditions du Centre d'Études géographiques et de Recherches méditerranéennes et du Laboratoire de Géographie physique d'Aix-en-Provence, V : 121-124.
- Romanowskij, N.N., 1973. Regularities in formation of frost-fissures and development of frost-fissures polygons. *Biuletyn Peryglacjalny*, 23 : 237-277.
- 1976. The scheme of correlation of polygonal wedge structures. *Biuletyn Peryglacjalny*, 26 : 287-294.
- Texier, J.-P. et Bertran, P., 1993. Données nouvelles sur la présence d'un pergélisol en Aquitaine au cours des dernières glaciations. *Permafrost and Periglacial Processes*, 4(3) : 183-198.
- Tricart, J., 1956. *Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*. Imprimerie nationale, Paris, 140 p.
- 1970. Convergence de phénomènes entre l'action du gel et celle du sel. *Acta Geographica Lodziensia*, 24 : 425-436.
- Valadas, B., 1983. Les hautes terres du Massif Central. Contribution à l'étude des morphodynamiques récentes sur versants cristallins et volcaniques. Thèse d'État, Université de Paris I, 927 p.
- 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 de Paris I et Centre de Géomorphologie du CNRS, Éditec, Caen, 854 p., 2 vol.
- Van Zuidam, R.A., 1976. Periglacial-like features in the Zaragoza region, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 20(2) : 227-234.
- Velitchko, A.A., 1982. Paleogeography of Europe during the last one hundred thousand years. *Nauka, Moscou*, 156 p.
- Washburn, A.L., 1979. *Geocryology. A survey of periglacial processes and environment*. Edward Arnolds, London, 406 p.
- Walters, J.C., 1994. Ice-wedge casts and relict polygonal patterned ground in North-East Iowa, USA. *Permafrost and Periglacial Processes*, 5 : 269-282.
- Wilden, R. et Mabey, D.R., 1961. Giant desiccation fissures on the Black Rock and Smoke Creek deserts, Nevada. *Science*, 133 : 1359-1360.
- Williams, P.J. et Smith, M.W., 1989. *The frozen Earth. Fundamentals of Geocryology*. Cambridge University Press, 306 p.