

Expériences et observations à propos de la genèse des sols polygonaux triés * (1) (2)

par A. PISSART

Résumé

Des expériences de laboratoire montrent que dans des sédiments humides soumis à un gel progressant latéralement, une migration des particules fines s'effectue dans le sens de la progression du gel. Ce mouvement est opposé à celui que des éléments plus gros effectuent dans les mêmes conditions.

Dans le développement de certains sols polygonaux, ce processus est fondamental étant donné la pénétration plus rapide du gel dans les bordures de cailloux.

Ce mécanisme est en outre à l'origine d'une certaine circulation convective.

Introduction

La genèse des sols polygonaux, les mécanismes responsables des cryoturbations, comme d'ailleurs la majorité des processus dûs à l'action du gel dans des formations meubles sont toujours mal connus. Des diver-

* Manuscrit déposé le 18 mars 1965.

(1) La présente publication est une note préliminaire. Un travail plus important doit rassembler l'ensemble de nos observations de terrain et nos expériences.

(2) Je remercie vivement le Professeur P. Macar qui nous a procuré l'équipement nécessaire à ces travaux, nous a encouragé et conseillé au cours de nos recherches et a eu la bienveillance de relire et critiquer notre manuscrit.

gences fondamentales existent entre les différents spécialistes de ces questions. Cette méconnaissance de processus géomorphologiques essentiels s'explique par le manque d'observation directe des phénomènes que produit le gel dans le sol. Seuls, les résultats sont apparents, qu'il s'agisse d'un microrelief se développant progressivement, de phénomènes de triage, etc...

Il est impossible en effet, de dégager des coupes dans un sol en train de geler sans interrompre le phénomène, et il est donc impossible d'observer directement les mécanismes qui se développent.

Ces difficultés peuvent être levées par l'expérimentation. Le contrôle des conditions (température, granulométrie, alimentation en eau, etc.) et l'observation des mouvements apparus après chaque expérience doivent permettre de suivre les mécanismes et de comprendre l'action des facteurs qui interviennent. En tout cas, en ce qui concerne les sols polygonaux triés de petites dimensions, il doit être possible de les réaliser en laboratoire. Ces formes peuvent en effet, apparaître dans un espace réduit (quelques dm^2), sur une épaisseur de sol faible, et avec une assez grande rapidité (3).

Dans cette optique, nous poursuivons au laboratoire de géographie physique de l'Université de Liège des expériences diverses. Dans une publication précédente (Pissart, 1964), nous avons montré comment l'apparition de lentilles de ségrégation avait pour effet d'assécher le sol sous-jacent et d'y déterminer l'apparition d'un réseau polygonal de fissures de dessiccation. Nous pensons qu'il s'agit là d'un des processus fondamentaux intervenant dans la genèse des sols polygonaux. Nous voudrions montrer maintenant l'existence d'autres mécanismes susceptibles de jouer également un rôle.

Dans la réalisation des expériences, la nature doit servir de guide; des observations de terrain sont indispensables pour diriger les recherches et pour vérifier si les conditions d'expérimentation ne diffèrent pas fonda-

(3) Un certain nombre d'auteurs ont fait des observations permettant de croire que les polygones triés de petites dimensions apparaissent rapidement : J.H. Tallis et K.A. Kershaw (1959) affirment que des polygones sont ainsi apparus en une année sur le Snowdon (Wales); P. Bout (1951) signale des amorces de polygones façonnées en un hiver en Haute Loire; F.A. Cook (1958, p. 15) déclare que des sols structuraux se sont reconstitués en quelques années à Resolute (N. Canada) après que le sol ait été bouleversé; Boesch et Furrer (1956, p. 165) ont observé en Suisse des polygones là où le Steingletscher avait fondu seulement depuis 12 ans; K. Philberth (1964) cite les écrits de Kinzl (1928), Rozanski (1943), Poser (1954) selon lesquels des polygones se formeraient rapidement de nos jours.

mentalement des conditions naturelles. Nous donnerons plus loin quelques observations qui ont été notées au Chambeyron dans ce but.

* * *

Les expériences, leurs résultats et les déductions qui peuvent en être tirées

Nous rapporterons ici 3 expériences effectuées en mai et juin 1963 dans des récipients métalliques de 25 cm de diamètre, et de forme légèrement conique. Au fond de ces récipients a été étalé du sable sur une épaisseur de 10 cm; au-dessus, 15 cm de limon éolien a été disposé en couches horizontales alternativement colorées et non colorées, d'épaisseur variable (fig. 1). Chaque récipient a été raccordé à une source d'eau extérieure

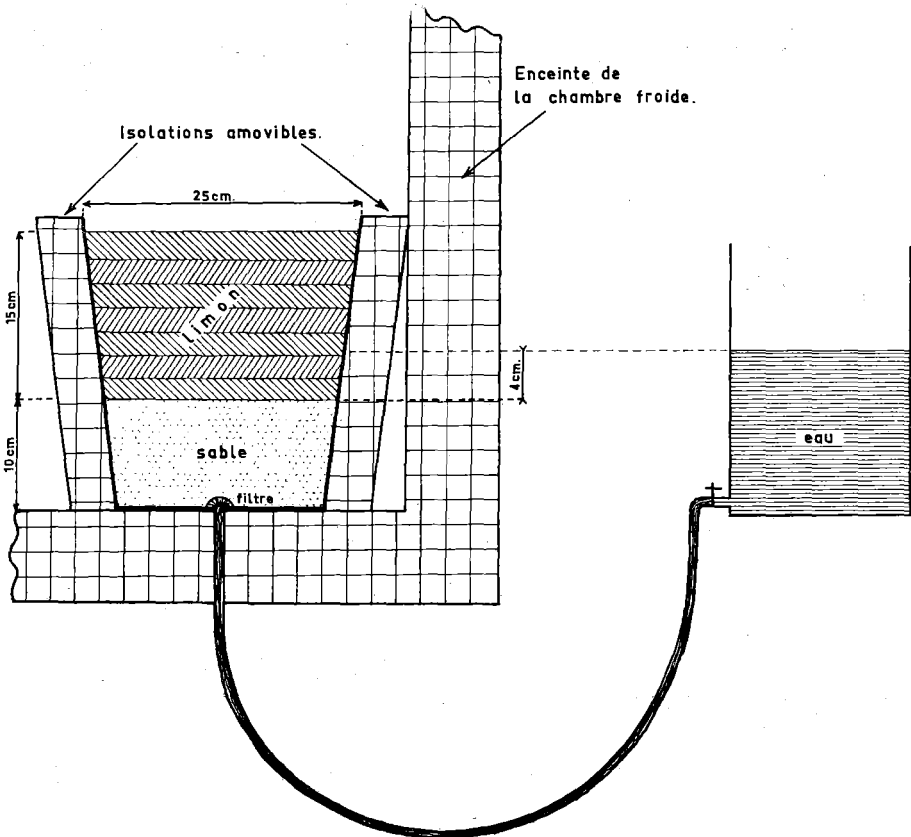


Fig. 1. — Schéma des conditions d'expérimentation.

dont le niveau a été maintenu constant à environ 4 cm au-dessus de la surface du sable. En outre, au cours de certaines expériences, ces récipients ont été isolés latéralement au point de vue thermique par une couche de polystyrène expansé d'environ 10 cm d'épaisseur.

Expérience I

Un récipient, préparé comme nous l'avons défini ci-dessus et bien isolé latéralement, a été soumis à 17 gels à une température constante de -5°C , d'une durée de 24 heures. Ces gels ont été séparés par 17 dégels complets. A la fin de l'expérience, la surface du limon était légèrement bombée, de 3 mm, soit d'une valeur insignifiante. Les couches de limon, stratifiées horizontalement au départ, ne montraient quant à elles aucune déformation appréciable.

Au cours de cette expérience, une quantité d'eau de 2,7 litres a été aspirée naturellement dans le récipient soumis au gel. Ce mouvement d'eau a été déterminé par l'évaporation en surface (4) et par succion lors de la formation de lentilles de glace de ségrégation dans les couches en train de geler. Bien que l'influence de l'évaporation, ou plutôt de la sublimation n'ait pu se faire sentir dans les couches profondes au moment du gel puisque des couches gelées séparaient la surface du fond du récipient, c'est à ce moment que le mouvement de l'eau a été le plus rapide : la baisse du niveau de l'eau dans le récipient extérieur a été de 3,6 mm en moyenne par gel, pour 1,6 mm en moyenne par dégel. Cette aspiration de l'eau au moment du gel est en effet déterminée par la formation de lentilles de glace de ségrégation, processus banal que nous avons retrouvé dans de nombreuses expériences.

Expérience II

Un récipient semblable a été soumis simultanément aux mêmes alternances de gel et de dégel, sans cependant être isolé latéralement. Dans ce cas, le gel ne pénétrait plus seulement de haut en bas, mais également depuis les côtés vers le centre de la masse de matériel soumise au gel.

Dans ces conditions, à la fin de l'expérience, la surface du récipient avait pris une forme bombée très marquée, présentant une dénivellation d'une amplitude de 4,5 cm entre le centre du récipient et les côtés.

Ce bombement, apparu progressivement, est le résultat d'une migra-

(4) Cette évaporation a été accélérée par la précipitation de la vapeur sur les éléments réfrigérants du frigo.

tion interne de matière dont les déformations des couches stratifiées rendent compte (fig. 2).

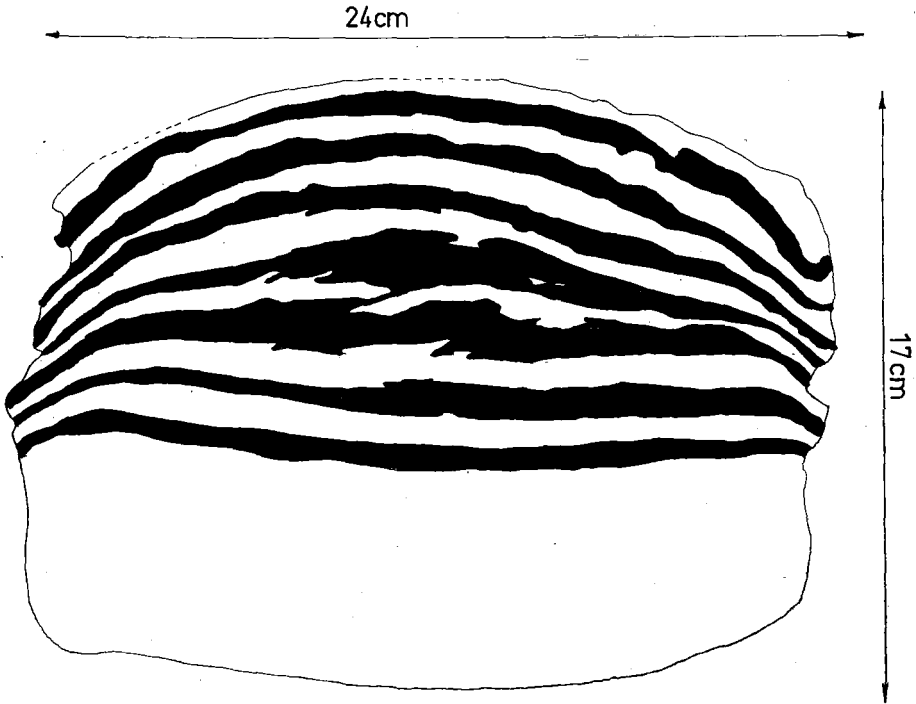


Fig. 2. — Structure interne des couches après l'expérience II. Avant l'expérience, la surface du sol était horizontale et les couches de différentes couleurs d'épaisseur constante.

L'examen de ces déformations permet plusieurs constatations :

1. Les couches de surface, sur une épaisseur de 4 cm sont fort peu déformées. La couche supérieure montre cependant un épaissement net en bordure des parois.
2. Les couches plus profondes sont considérablement amincies sur les bords. Cet amincissement progressif est le phénomène responsable du bombement. Il s'accompagne de l'épaississement des couches au milieu du récipient.

Au cours de cette expérience, 2,6 litres d'eau ont été pompés dans le récipient extérieur. Cette fois cependant, c'est au dégel que la migration de l'eau s'est surtout effectuée : 3,7 mm en moyenne par période de dégel, contre 1 mm en moyenne par période de gel.

Quel a été le mécanisme responsable des déformations observées ?

La cause première est la pression engendrée par la transformation de l'eau en glace. Cette pression a toutefois été ici beaucoup plus importante que dans l'expérience I et cela, indépendamment de la quantité d'eau qui a gelé. En effet, lors de cette première expérience, le gel a progressé uniquement de haut en bas, en faisant apparaître des cristaux de glace orientés perpendiculairement à l'isotherme 0°, soit orientés verticalement. Ces cristaux ont soulevé la couche gelée, mais sans créer une pression plus élevée que celle qui était nécessaire pour supporter la partie gelée supérieure. Celle-ci, vu la forme conique du récipient, ne devait pas adhérer particulièrement aux parois.

Par contre, au cours de la seconde expérience, le gel pénétrant par tous les côtés simultanément (sauf le fond), a créé une poussée contre les parois de ce dernier, et la partie supérieure gelée n'a pu se soulever librement puisqu'elle était solidaire des parties consolidées appuyées contre le récipient. De la sorte, l'effort de pression a seulement pu se libérer en déformant les couches supérieures gelées; ainsi est apparue une forme bombée due à un mouvement interne de matière vers le centre.

Il est aisé de comprendre pourquoi les couches supérieures ont conservé leur épaisseur originelle : rapidement gelées, elles ont été mises à l'abri de toute déformation autre qu'un soulèvement d'ensemble. La couche tout à fait supérieure est cependant plus épaisse sur les côtés, vraisemblablement à la suite d'une descente du matériel le long de la pente du dôme au moment du dégel.

De même, la flexure marquée que montrent les couches à proximité immédiate des parois, s'explique par le fait que les premiers mm du matériel qui gèlent contre ces parois n'ont pas subi l'effet de la pression qui apparaissait progressivement lors de leur congélation. De ce fait, elles sont restées intactes au contact même de la paroi tandis qu'elles ont été repoussées vers le centre à quelques mm de là.

Si les couches superficielles sont peu déformées, les couches profondes ne le sont guère plus. En d'autres termes, seules les couches centrales ont été considérablement perturbées. Comme l'indiquent les petites irrégularités visibles sur la figure 2, les mouvements paraissent avoir été des déplacements latéraux de minces lames de sédiments et ces mouvements semblent avoir seulement affecté la zone subissant les alternances de gel et de dégel. Il est possible que cette localisation soit due à la sursaturation en eau des couches de cette zone.

Ce mécanisme explique que peu d'eau ait été aspirée au moment même du gel : la pression développée contrariait le phénomène.

Expérience III

Une troisième expérience a été réalisée avec le même équipement et la même disposition du matériel. Toutefois, ici, le récipient était isolé latéralement au moment du gel et dégagé de toute isolation au moment du dégel, de telle sorte que le gel pénétrait seulement depuis le sommet tandis que le dégel progressait depuis le sommet et les côtés. Nous nous sommes efforcés de ne laisser dégeler que partiellement la masse de limon de façon à conserver au centre un noyau gelé. Le dégel, observé en sondant la masse avec une aiguille, était limité à une zone d'environ 5 cm entourant le noyau gelé. Le gel se produisait à une température de -5° , tandis que la température du dégel n'était pas contrôlée, la porte du frigo étant ouverte. Généralement, les périodes de gel ont duré 20 heures et les périodes de dégel environ 4 heures. Ce récipient a subi de la sorte 14 gels séparés par 14 dégels partiels.

Au fur et à mesure du développement de l'expérience, la surface du sol a pris une forme bombée de plus en plus marquée par soulèvement du centre et abaissement des côtés. La dénivellation totale ainsi créée a atteint, à la fin de l'expérience, 30 à 34 mm selon les endroits. Cette déformation progressive est apparue surtout lors du gel, et ce, à raison de 2 mm en moyenne par gel contre 0,2 mm en moyenne par dégel. A la fin de l'expérience, le dégel total du matériel expérimenté a entraîné la fusion de la quantité de glace importante apparue au centre du récipient, ce qui a provoqué l'abaissement de la surface sur une hauteur de 22 mm.

Les mouvements de matière qui se sont produits au cours de cette expérience ont été observés, par la déformation des couches qui originellement étaient horizontales. Ces mouvements ont été importants et se sont produits dans le même sens que dans l'expérience II : une migration de la matière vers le centre du récipient (voir fig. 3).

Nous avons cru tout d'abord que les déformations observées provenaient du soulèvement du noyau gelé qui se serait déplacé comme le font les cailloux se trouvant dans la zone active des sols périglaciaires. Le fait que le bombement est apparu principalement au moment du gel prouve qu'il n'en est rien. Le phénomène est en réalité identique au précédent, l'ancrage contre la paroi du récipient étant sans aucun doute dû à une isolation thermique insuffisante.

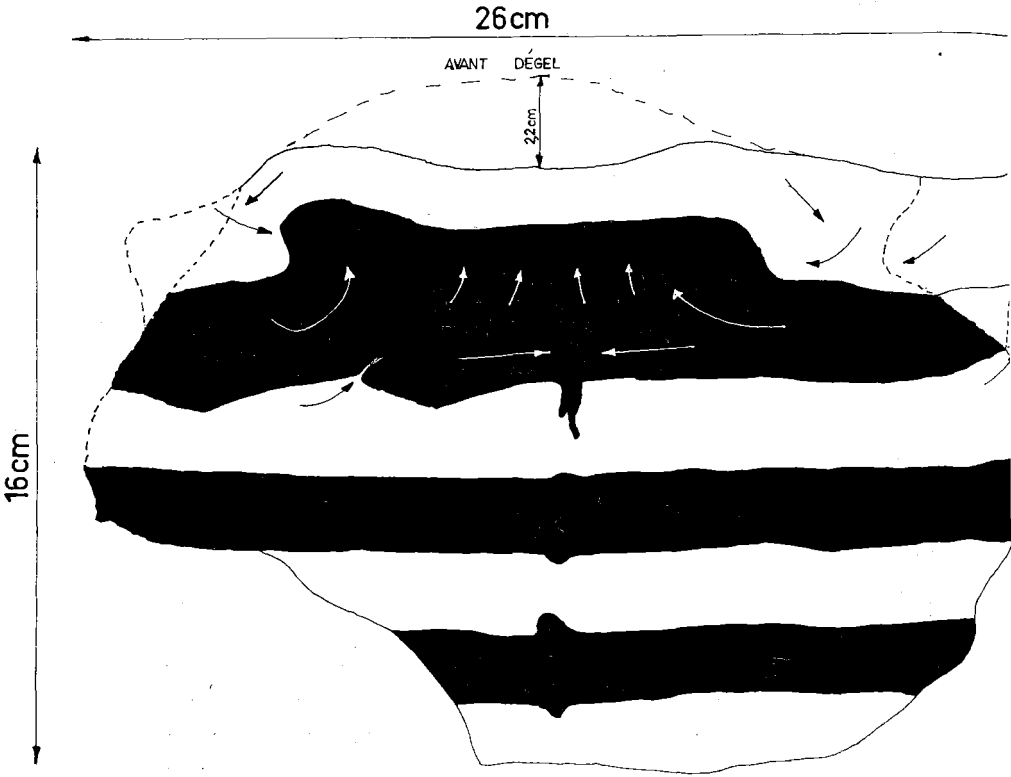


Fig. 3. — Structure interne des couches après l'expérience III. Les déformations visibles au centre sont dues aux sondages effectués avec une aiguille.

Les enseignements que nous pouvons tirer de ces 3 expériences sont les suivants :

1. Les sédiments fins et humides, subissant un gel qui progresse latéralement, enregistrent une migration de matières dans le sens de la progression du gel. Cette loi déduite des expériences ci-dessus où les sédiments, placés dans un petit récipient subissaient une certaine pression latérale, a été également vérifiée à la suite du refroidissement d'une seule paroi d'un récipient beaucoup plus vaste. En surface, cette migration apparaît comme un affaissement du sol à l'endroit où le gel pénètre latéralement.
2. Les deux dernières expériences montrent que sous l'effort d'une pression interne, les couches gelées sont déformées plastiquement. La défor-

mation régulière du noyau gelé épais de l'expérience III, semble indiquer que ces déformations se produisent sans nécessiter des pressions très élevées.

3. Ces conditions d'expérimentation permettraient de réaliser un mouvement convectif complet. Pour que celui-ci se produise, il suffit de prolonger l'expérimentation.

* * *

Observations à propos des sols polygonaux du Chambeyron et considérations quant à leur genèse

Lors d'un séjour dans les Alpes Françaises en 1963 (5), nous avons examiné, en vue de mieux orienter nos expériences, les sols polygonaux de la haute vallée s'étendant vers 2.800 m d'altitude au pied du Brec du Chambeyron. Ces sols structuraux, dont le diamètre varie de quelques cm à 3 mètres avaient déjà été signalés par Gignoux en 1936. Ils ont été étudiés en 1950 par J. Michaud et A. Cailleux qui y ont inscrit des marques. Celles-ci ont permis de voir que ces formes étaient toujours actives de nos jours (Pissart, 1963).

Nous parlerons ici de quatre séries d'observations différentes se rapportant respectivement à la granulométrie du matériel constituant ces sols, au triage des cailloux dans les bordures, à des structures visibles en coupe dans des sols décimétriques et à l'allure topographique du contact cailloutis — sol fin.

a) Granulométrie

La granulométrie du matériel constituant les sols polygonaux est toujours mal connue. Certes, les résultats de quelques analyses granulométriques ont été publiés jusqu'à présent et notamment par Jahn (1961, p. 7), Cook (1956, p. 15), Cailleux et Taylor (1954, p. 53). Toutefois, il semble bien que peu d'auteurs ont essayé de voir si des courbes granulométriques différentes ne correspondaient pas à des différences d'aspect de ces polygones. Un certain nombre d'observations de surface ont cependant été effectuées, dont la plus intéressante est peut-être celle établissant une dépendance stable unissant la profondeur et le diamètre des structures de gel avec les dimensions de la fraction pierreuse. Cette dépendance signalée par Meinardus dès 1912, puis par Huxley et Odell (1924), Poser (1931),

(5) Séjour effectué grâce à un subside du Patrimoine de l'Université de Liège.

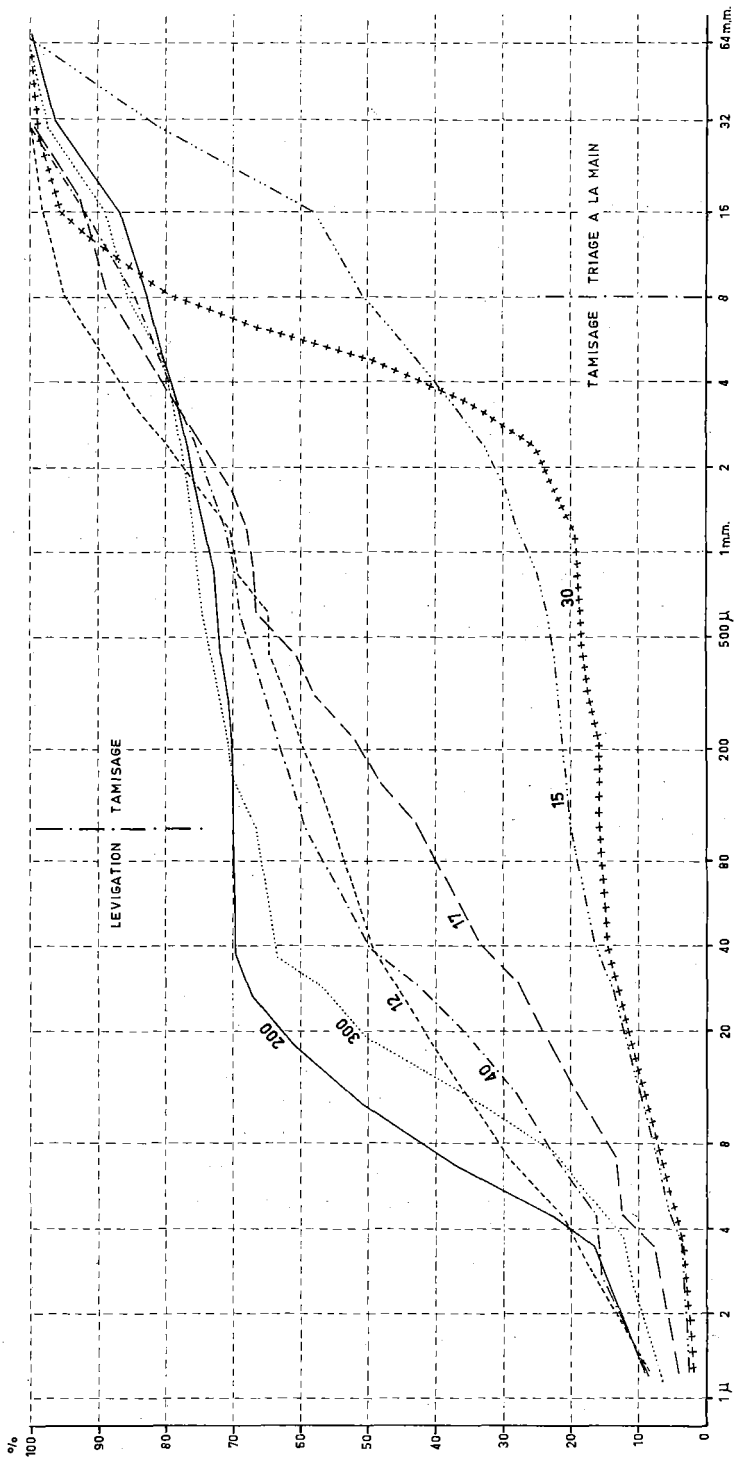


Fig. 4. — Courbes granulométriques complètes de 7 échantillons prélevés dans les sols triés du Chambeyron. Le chiffre indiqué à côté de chaque courbe correspond au diamètre du polygone où l'échantillon a été prélevé.

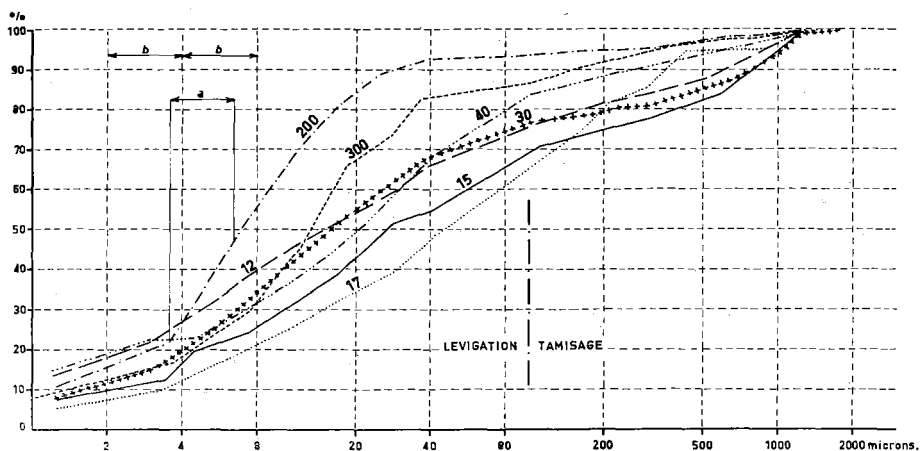


Fig. 5. — Courbes granulométriques de la fraction inférieure à 1680 μ de 7 échantillons prélevés dans des sols triés du Chambeyron. Le chiffre indiqué à côté de chaque courbe correspond au diamètre du polygone où l'échantillon a été prélevé.

Czajka (1958), Klatka (1961), était précisée par Cailleux et Taylor qui notaient (1953, p. 53), qu'« en général la longueur des plus grosses pierres des côtés est de l'ordre de $1/5$ du diamètre des polygones ». Cette affirmation a toutefois été nuancée entre autres par K. Philberth (1961, p. 71) qui a seulement l'impression que de grandes pierres communiquent une certaine tendance à la formation de grands polygones. Cet auteur précise d'ailleurs que ce n'est pas une règle : des grands polygones existent avec des cailloux tout petits, et de petits polygones apparaissent parfois là où existent de gros cailloux. Ahlmann en 1936 (p. 12) indiquait déjà que les plus grandes pierres ne sont pas nécessairement associées avec les plus grands polygones.

Afin de mieux connaître les relations entre la granulométrie et la taille des polygones, des échantillons dont le poids variait entre 2 et 3 kilos ont été prélevés dans 7 polygones triés dont le diamètre variait entre 12 et 300 cm. L'étude granulométrique complète de ces échantillons a été réalisée par lévigation (6) pour la fraction inférieure à 105 μ , par tamisage pour la fraction comprise entre 105 et 4.760 μ et par triage à la main au-dessus de cette valeur. Les 7 courbes granulométriques obtenues

(6) Ces mesures ont été réalisées au laboratoire des sols du Génie Civil de l'Université de Liège. Nous remercions vivement M. le Professeur Fagnoul, Messieurs Viatour, ingénieur, Degoot, maître technicien, et le personnel du laboratoire qui nous ont accueilli aimablement et aidé à appliquer cette technique.

sont données à la figure 4. Sur celles-ci, on peut seulement noter que les polygones les plus grands (diamètre 2 et 3 mètres) correspondent aux courbes présentant de fortes pentes, donc des maxima aux environs de 10 mu. Aucune autre règle n'apparaît clairement à l'examen de cette figure.

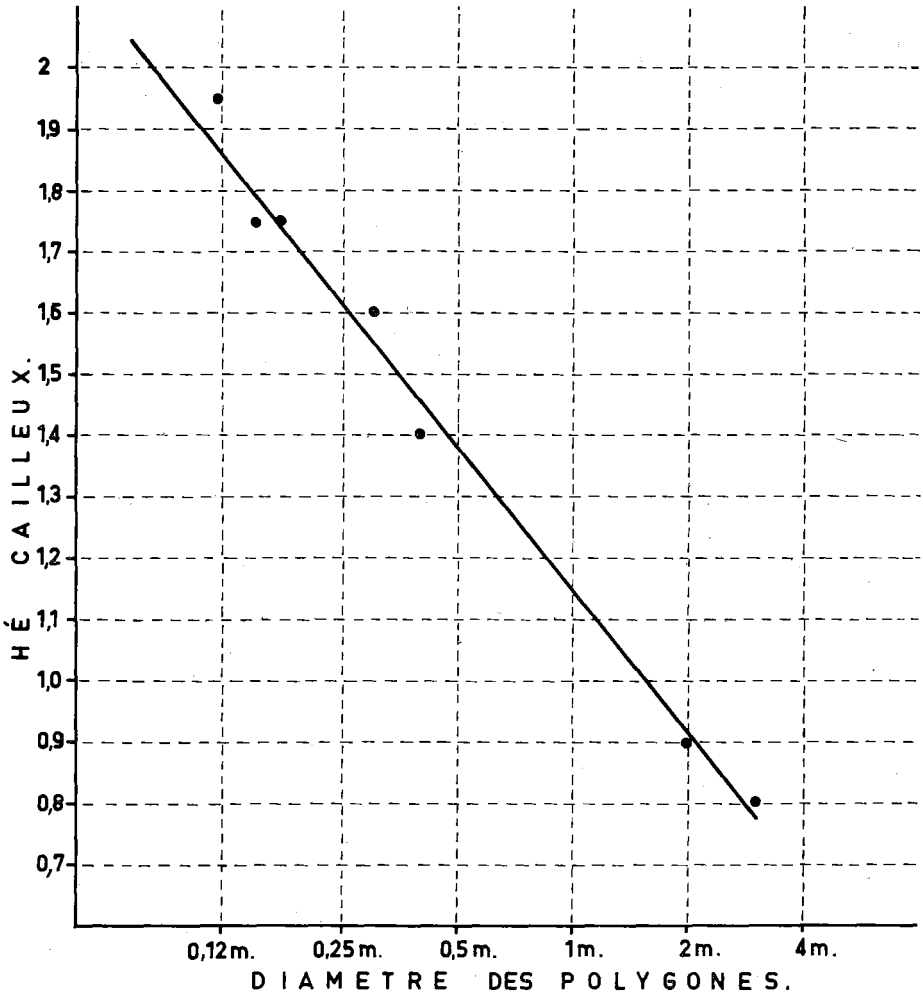


Fig. 6. — Relation entre l'indice d'hétérogénéité de A. Cailleux mesuré sur les courbes de la figure 5 (granulométrie des fractions inférieures à 1680 mu) et le diamètre des polygones.

Par contre, si l'on considère uniquement la fraction inférieure à 2 mm, on obtient les courbes données sur la figure 5. Comme les courbes de la figure 4 sont des courbes à palier, dues à l'existence de 2 maxima marqués, cette façon de procéder n'est pas totalement arbitraire : elle consiste seulement à considérer la fraction correspondant au maximum de la fraction fine. La figure 6 montre qu'une relation extrêmement marquée existe entre l'indice d'hétérométrie de A. Cailleux (7), mesurée sur ces courbes et les diamètres des polygones où ces échantillons ont été prélevés. Plus les sédiments sont bien classés, plus le diamètre des polygones est grand !

Cette relation étonnante n'est sans doute pas applicable à tous les polygones car d'autres facteurs interviennent certainement. Comme les polygones de 2 à 3 m de diamètre sont découpés en des formes plus petites, on voit déjà que la relation n'est pas valable pour les polygones emboîtés. C'est donc uniquement pour les formes de premier ordre que cette liaison entre granulométrie et dimension a été observée.

La raison d'être de cette relation non encore signalée à notre connaissance, n'est pas apparue. Sans doute, plusieurs facteurs sont-ils affectés par la qualité du triage : perméabilité, formation de glace de ségrégation, force développée lors de l'apparition de celle-ci, etc... Nous avons entrepris des études pour vérifier et essayer de déceler la cause de cette relation.

b) Triage des cailloux dans les bordures

La signification génétique de certains caractères simples des sols polygonaux n'a pas été suffisamment soulignée. Il en est ainsi du triage des cailloux en bordure des polygones, triage qui dans les formes les mieux développées a disposé les éléments par ordre de taille, les plus gros au milieu des bordures, les plus petits répartis de part et d'autre

(7) Indice d'hétérométrie de A. Cailleux : mesure du plus petit intervalle d'abscisse correspondant à un intervalle de 25 % de la courbe étudiée. Cette mesure est effectuée avec une bandelette graduée en progression arithmétique et dont l'unité est l'intervalle qui double (0,25 à 0,5, ou 2 à 4, ou 4 à 8...) sur l'échelle logarithmique d'abscisse. Sur la figure 5, nous donnons pour la courbe 200 un exemple de cette mesure. La partie la plus inclinée de cette courbe correspondant à un intervalle de 25 % est comprise entre 22 et 47 %. Entre ces valeurs de 22 et 47 %, correspond sur l'axe des abscisses un intervalle a . La longueur de cet intervalle est 0,8 fois l'intervalle qui double sur l'échelle logarithmique et dont la longueur est ici b . L'indice Hé de Cailleux égale donc pour cette courbe 0,8. Des explications complémentaires peuvent être trouvées dans A. Cailleux et J. Tricart, 1959, *Initiation à l'étude des sables et des galets*, 2 volumes, C.D.U., Paris.

(fig. 7). Cette disposition paraît un indice sûr de ce que les cailloux se sont déplacés par « frost heaving ». La vitesse de déplacement des cailloux par ce processus est en effet directement proportionnelle à la taille des éléments. De la sorte, les gros cailloux arrivent les premiers dans les bordures où ils sont alors entourés d'éléments plus petits, du moins si la migration s'effectue directement vers celles-ci.

Il est évident qu'une telle migration vers les bordures est effective



Fig. 7. — Sol polygonal de 25 cm de diamètre observé au Chambeyron. Les cailloux les plus gros sont au centre des bordures et sont entourés d'éléments plus petits.

lorsque les structures polygonales sont amorcées. Romanovsky (1940, p. 98) a, en effet, montré que le gel pénétrait plus rapidement dans les bordures des polygones triés que dans les centres. Des mesures que nous avons effectuées en laboratoire, dans des sols polygonaux construits ont confirmé l'allure en forme de dôme que présentait l'isotherme 0° en pénétrant dans ces sols. Or, comme les lentilles de glace de ségrégation apparaissent parallèlement à cet isotherme, et que les cailloux migrent perpendiculairement à celui-ci, il peut être aussi admis théoriquement qu'un tel

déplacement des cailloux, depuis le centre, directement vers les bordures se produit réellement dans les sols polygonaux.

c) Structures visibles en coupe dans des sols polygonaux décimétriques

Plusieurs coupes dégagées dans des sols polygonaux décimétriques montraient clairement, par des colorations différentes, que des mouvements profonds des éléments fins ont affecté ces polygones. La figure 8 en donne un exemple particulièrement représentatif. Ces coupes sont insuffisantes pour établir des règles précisant quels ont été les déplacements mais elles semblent cependant indiquer l'existence d'un certain mouvement convectif. Les flèches que nous avons dessinées sur la figure 8 soulignent cette interprétation « convective ».

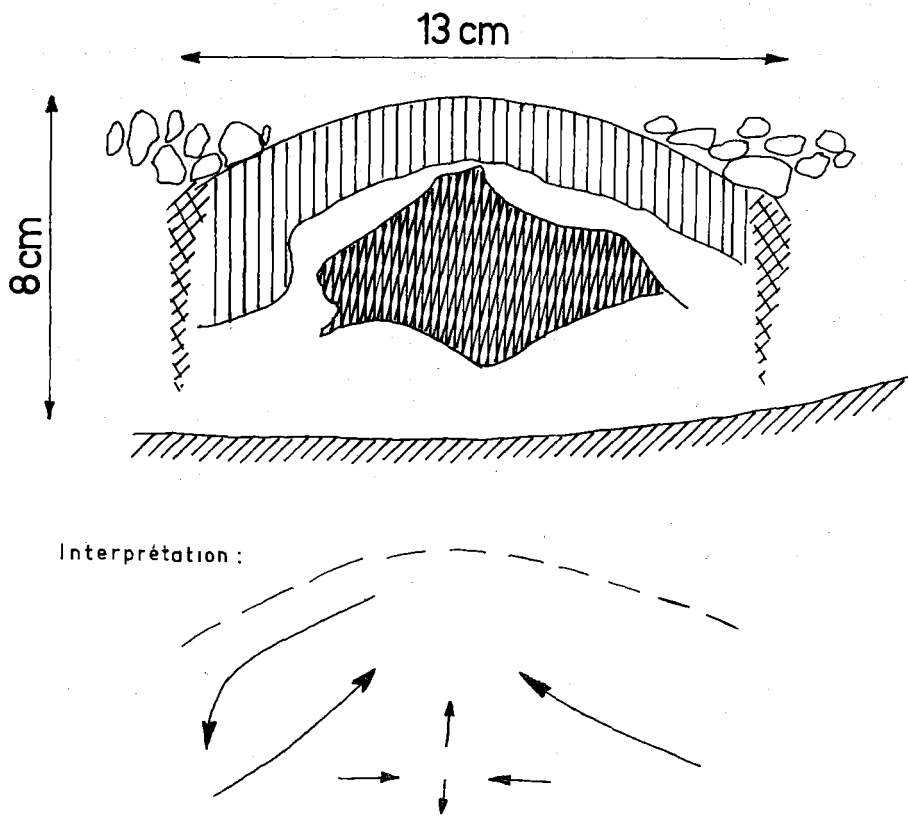


Fig. 8. — Coupe observée dans un sol polygonal du Chambeyron, montrant, par des teintes différentes, que des mouvements profonds des éléments fins se produisent.

Ces coupes présentent une similitude marquée avec les structures que nous avons obtenues dans notre expérience II (fig. 2); des mouvements de matière des côtés vers le centre, consécutif à la pénétration du gel dans ce sens expliqueraient aisément cette disposition.

Cette observation permet d'ailleurs de poser de nouveau un problème fondamental dans la recherche de la genèse des sols polygonaux, à savoir, le mécanisme responsable de la forme bombée nette que présentent souvent les centres des polygones. Un grand nombre d'auteurs attribuent cette forme, simplement à l'apparition de lentilles de glace dans le sol, alors que la permanence de cet aspect, même après un dégel complet, prouve qu'un déplacement de matière s'opère effectivement. Nous en reparlerons plus loin.

d) Allure topographique du contact cailloux-sol fin

Les bordures de cailloux des sols polygonaux sont souvent « open-work », c'est-à-dire constitué d'un cailloutis sans matrice fine, sur une

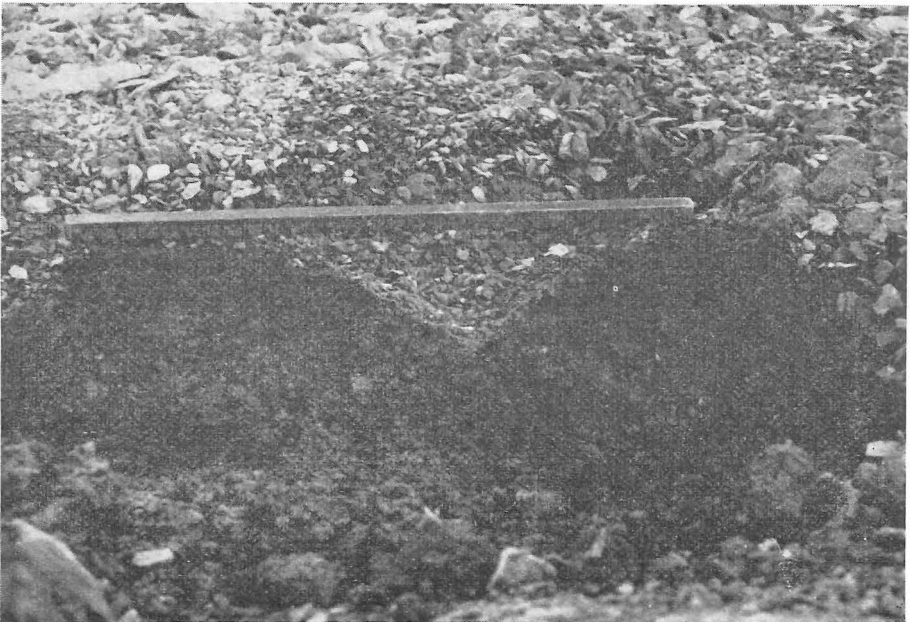


Fig. 9. — Coupe dégagée dans les polygones de 25 cm de diamètre montrés à la figure 7. Le contact cailloux-sol fin a été dégagé par enlèvement des cailloux « open-work ». La règle mesure 30cm.

épaisseur qui, pour des polygones de 25 cm de diamètre, atteint parfois 5 cm. En d'autres termes, la surface topographique du matériel fin des sols polygonaux, présente à l'emplacement même des bordures de cailloux un creux bien marqué (fig. 9). Cette disposition ne peut s'expliquer par des phénomènes d'érosion car elle a été observée entre autres dans des cuvettes localisées au sommet de croupes où un ruissellement ne peut intervenir. Elle est, de ce fait, l'indice incontestable que ces polygones évoluent sans passer par une période boueuse, de sursaturation en eau, comme le suppose la théorie classique de la convection. En effet, cette boue permettrait au matériel fin de pénétrer entre les cailloux.

Selon nous, cette dépression à l'emplacement des bordures a pour origine le mécanisme que nous avons mis à jour par nos expériences, et dont nous pensons avoir retrouvé la trace dans les coupes dont il a été question ci-dessus. Ce mécanisme que nous avons énoncé plus haut est le suivant : les sédiments fins et humides, subissant un gel progressant latéralement, enregistrent une migration de matière dans le sens de la progression du gel; en surface cette migration détermine un affaissement du sol.

Conclusion

En bref, il nous paraît clair à la suite de nos expériences et de nos observations sur le terrain que, une fois apparus, les sols polygonaux de petite taille subissent une double évolution consistant en une migration des cailloux vers les bordures et un déplacement des particules les plus fines vers les centres. Ce déplacement des parties fines engendre une forme bombée du centre des polygones qui détermine un phénomène de circulation convective, lent, mais probablement efficace. Ce mouvement déterminerait la descente des cailloux sur le dôme et contribuerait à leur accumulation dans les bordures. Ainsi évolueraient les sols polygonaux triés non enracinés.

Il convient de remarquer que l'ensemble de ces déplacements ont pour origine un seul phénomène : l'apparition de glace de ségrégation. Les sols polygonaux correspondent d'ailleurs toujours à des endroits favorables à l'apparition de cette glace : les conditions requises pour le façonnement des polygones étant, d'après les observations, celles exigées par la constitution de glace de ségrégation, à savoir la présence d'eau et d'un matériel fin en quantité suffisante.

Cette hypothèse, aussi captivante soit-elle, n'explique cependant pas

la genèse première des sols polygonaux. Probablement un réseau polygonal de fissures permet au départ la pénétration plus aisée du gel (8). Il s'agirait d'un réseau polygonal de retrait déterminé soit par la dessiccation subaérienne, soit par dessiccation profonde engendrée par le gel à la suite de l'apparition en surface de glace de ségrégation (Pissart, 1963). Si cette supposition est hautement vraisemblable, il nous manque toutefois une confirmation expérimentale. C'est le but de nos recherches futures.

*Laboratoire de géographie physique
de l'Université de Liège.*

(8) Ainsi que le signale K. Philberth (1964, p. 3005) « cette différence de vitesse de pénétration du gel dans les fissures du sol n'est pas une hypothèse gratuite ; elle a été mesurée par F. Rydquist en 1960 ».

REFERENCES

- BOESCH H. et FURRER G. — 1956 — Les sols polygonaux dans les Alpes suisses. Comptes rendus du 18^e Congrès International de Géographie, T. 2, Travaux des sections II, Rio de Janeiro, 1960, pp. 163 à 165.
- BOUT P. — 1951 — Sols géométriques actuels en Velay. C.R. Somm. Soc. Géol. France, pp. 194-196.
- CAILLEUX A. et TAYLOR G. — 1954 — Cryopédologie — Etudes des sols gelés. Expéditions Polaires Françaises. P.E. Victor, Paris, Herman et Cie, Editeurs, 218 p.
- COOK F.A. — 1958 — Sorted circles at Resolute, N.W.T. Geographical Bulletin, n° 11, pp. 78-81.
- CORTE E. — 1961 — The frost behavior of soils : laboratory and field data for a new concept. Research Report 85 - U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Corps of Engineers, Hanover, New Hampshire.
- GIGNOUX M. — 1936 — Un bel exemple de sols polygonaux dans les Alpes françaises. Bull. Soc. Scient. du Dauphiné, T. 56, Grenoble, pp. 453-464.
- HUXLEY J. et ODELL N. — 1924 — Notes on the surface marking in Spitsbergen. Geogr. Journ., Vol. 63, pp. 207-229.
- JAHN A. — 1961 — Quantitative analysis of some periglacial processes in Spitzbergen. Nauka o Ziemi, II ; Uniwersytet Wroclawski, Zeszyty Naukowe, Ser. B, n° 5.
- KINZL H. — 1928 — Beobachtungen über strukturböden in den Ostalpen. Pet. Geogr. Mitt., Bd. 74.
- KLATKA T. — 1961 — Problèmes des sols striés. Biuletyn Peryglacjalny, T. 10, pp. 291-320.
- MEINARDUS W. — 1912 — Beobachtungen über Detritussortierung und Strukturböden auf Spitzbergen. Zeitschr. Ges. f. Erdkunde zu Berlin.

- MICHAUD J. et CAILLEUX A. — 1950 — Vitesse des mouvements du sol au Chambeyron (Basses Alpes).
C.R. A.S., T. 230, pp. 314-3195.
- PHILBERTH K. — 1960 — Sur une explication de la régularité des sols polygonaux.
C.R.A.S., Paris, T. 251, n° 25, pp. 3004-3006.
- PHILBERTH K. — 1964 — Recherches sur les sols polygonaux et striés.
Biuletyn Peryglacjalny, n° 13, pp. 99 à 198.
- PISSART A. — Contribution expérimentale à la connaissance de la genèse des sols polygonaux.
Ann. Soc. Géol. Belg., T. 87, n° 7, pp. 213-223.
- PISSART A. — 1964 — Vitesse des mouvements du sol au Chambeyron.
Biuletyn Peryglacjalny, T. 14, pp. 303-309.
- POSER H. — 1931 — Beiträge zur Kenntnis der Arktischen Bodenformen.
Geol. Rundschau, Bd. 22.
- POSER H. — 1954 — Die Periglazial — Erscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes (Zillertaler Alpen).
Gött. Geogr. Alhandl., H. 15, pp. 125-180.
- ROMANOVSKY V. — 1940 — Application de la théorie convective aux terrains polygonaux. Résultat de la mission au Spitzberg.
C.R. A. S., T. 210, pp. 97-99.
- ROZANSKY G. — 1943 — Stone centered polygons.
Journ. Geol., Vol. 51, pp. 330-341.
- RYDQUIST Folke — 1960 — Studier inom Ölandska polygonmarker.
Imer 80 (1), pp. 50-74.
- TALLIS J.H. et KERSHAW K.A. — 1959 — Stability of stone polygons in North Wales.
Nature, Vol. 183, pp. 485-486.