

ANDRE JOURNAUX*

Caen

FORMES D'EROSION D'ORIGINE PERIGLACIAIRE EN PROVENCE

Résumé de l'auteur

En Provence Occidentale, les collines calcaires, connues sous le nom d'Alpilles, sont creusées de dépressions, dont les débris constituent en avant des glacis d'accumulation. L'explication proposée fait intervenir l'élaboration de cirques d'érosion thermique, dus à la fonte du permafrost au cours du Quaternaire, comme on peut les observer aujourd'hui en Sibérie Orientale, en Alaska et dans les îles de l'Arctique Canadien.

Abstract

In Western Europe, calcareous hills known as Alpilles, have been cut with depressions; their remains make alluvial benches forward. The proposed explanation states the permafrost melting and the elaboration of "thermocirques" during the Quaternary period, as they can be observed today in Eastern Siberia, Alaska and in the Arctic Canadian islands.

De nombreux auteurs ont attiré l'attention sur l'importance des accumulations d'origine périglaciaire en Provence, et particulièrement dans les plaines du Bas-Rhône, entre Cavaillon et la Méditerranée (GABERT, 1965).

Ces régions sont dominées par des reliefs calcaires crétacés (en général de l'Urgonien et du Hauterivien), désignés sous le nom d'Alpilles, et qui se raccordent aux parties basses par des plans inclinés concaves formés de matériaux périglaciaires: Rocher de Cavaillon, collines d'Orgon, Montagne du Désens à Lamanon, colline de Roque Rousse près de Salon-de-Provence, collines au Nord de Coudoux et de la Fare-les-Oliviers, chaîne de l'Estaque, etc. (fig. 1).

Le trait caractéristique du modèle de ces collines est la présence de formes en creux, bordées de hauts escarpements verticaux, façonnées dans la roche en place, et débouchant sur le piedmont par des vallées étroites.

Certaines de ces formes ont l'allure de ravin d'érosion très proches les uns des autres, sortes de „coups de gouge” suivant la ligne de plus grande pente; ils sont séparés les uns des autres par quelques dizaines de mètres seulement, ne laissant parfois qu'une mince cloison calcaire verticale entre eux: par exemple sur le versant Sud des collines de la Fare-les-Oliviers à Coudoux (fig. 2). Ils se terminent souvent à l'aval par un goulet étroit, donnant à l'ensemble la forme d'une bouteille.

D'autres vallées d'érosion affectent l'allure de „cirques”, largement évasés vers l'amont, parfois même coalescents en tête de vallon, et fermés à l'aval, donnant à l'ensemble la forme d'une bomonne: par exemple, les Collines d'Orgon, le

* Université de Caen, Caen (Calvados), France.

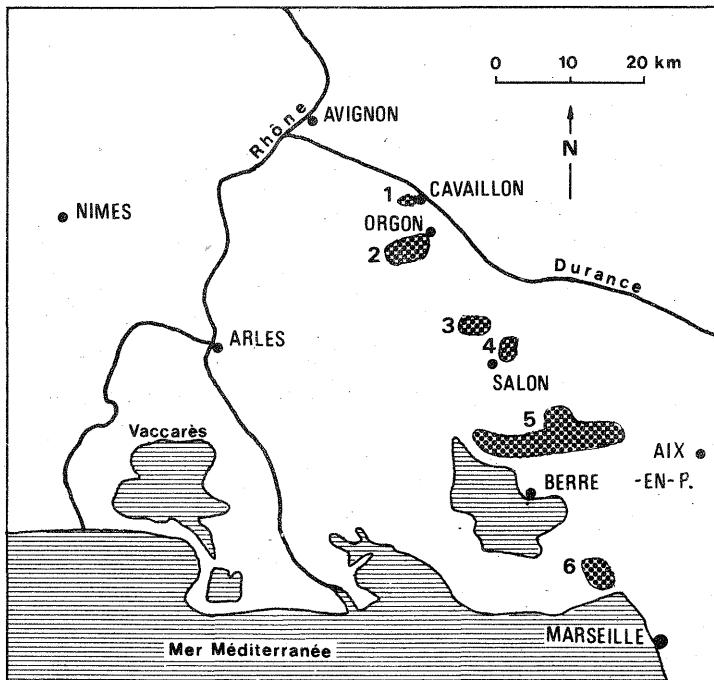


Fig. 1. Carte de localisation des sites étudiés

1. Rocher de Cavaillon; 2. les "Plaines" ou collines d'Orgon; 3. montagne du Défens; 4. colline de Roque Rousse; 5. collines de La Fare-les-Oliviers – Coudoux; 6. chaîne de l'Estaque

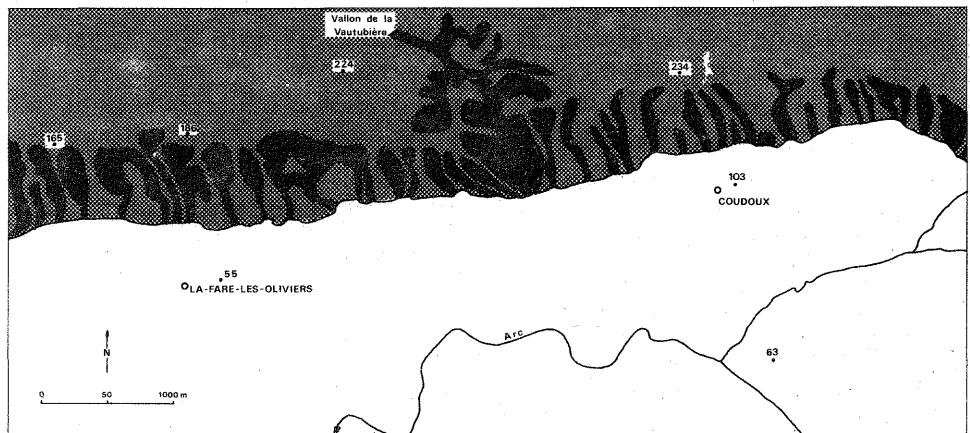


Fig. 2. Le rebord Sud des Collines de La Fare-les-Oliviers à Coudoux

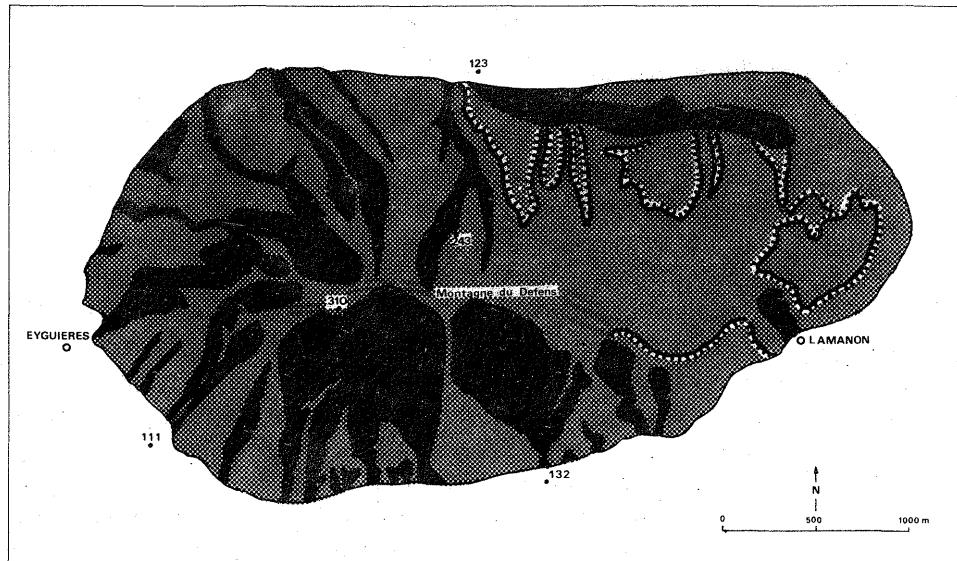


Fig. 3. La Montagne du Défens, près de Lamanon

Rocher de Cavaillon, et la Montagne du Défens, entre Lamanon et Eyguières (fig. 3).

Ces formes ont été qualifiées de „niches de nivation”, et rapportées à une „morphologie cryonivale”, suivant la terminologie utilisée à l'époque (RONDEAU, 1952), mais sans préciser le processus suivant lequel des chutes de neige sur un versant aboutissait à un défoncement des bancs calcaires.

Par contre, rattacher ces formes à une morphologie périglaciaire est tout à fait évident. Les glacis, qui entourent ces collines, ces „roches” ou ces „montagnes”, sont constitués d'accumulation de débris issus de la gélification des calcaires, mêlés à des sables éoliens et à des cailloutis provenant d'anciennes nappes, le tout ayant été transporté par gravité, ruissellement ou coulées de solifluction. La granulométrie, la morphoscopie sont bien caractéristiques des périodes froides du Quaternaire; leur date wurmienne a même été précisée par la paléontologie (GABERT, 1965).

L'origine de ces formes en creux, façonnées avant d'être fossilisées par des dépôts cryoclastiques (sables et grèzes), n'a été évoquée que par P. GABERT (1965), et seulement dans le cas particulier de la carrière des Deux Pins. Ces formes méritent pourtant une explication: c'est ce que nous tenterons de faire dans cette note.

Notons tout d'abord, que, suite aux analyses par diffractométrie, on peut préciser qu'aucun échantillon prélevé à Roque Rousse et aux environs de la Fare-les-Oliviers ne contient de dolomie; il s'agit de calcaires très purs, formés de

colonies de rudistes massives, très peu fissurées et peu poreux; dans les cloisons, les barres transversales observées dans certains cirques sont dues également à la faible porosité et à la recristallisation de la calcite; entre les piliers, au droit des cirques, les faciès sont plus poreux et plus diaclasés¹.

La première explication qui vient à l'esprit est celle d'une dissolution karstique. Sans nier ce processus, auquel on peut attribuer l'isolement des clochetons observés dans la partie orientale de la colline d'Orgon, la présence d'énormes accumulations de débris de gélifract à la sortie des gorges réduit l'action de ce processus aux formes mineures et aux retouches du modelé actuel ou holocène.

On peut évoquer également l'action de la neige. Les formes nivales sont dues à l'action combinée de l'eau, chargée en gaz carbonique, et du froid. Mais on oublie trop souvent que la couche de neige intervient aussi comme isolant, et que le froid atmosphérique ne peut pas pénétrer profondément. C'est seulement au moment du dégel, que les alternances gel-dégel affectent les roches superficielles. L'eau de fonte contribue alors à l'évacuation des débris.

La présence d'un mur continu et vertical entourant la dépression fait penser à un „cirque” glaciaire. Mais si la glace par son poids, son adhérence et sa vitesse, et la gélivation intense observée au fond de la rimaye peuvent justifier l'excavation et le transport des débris, l'effet du ruissellement est incapable, à lui seul, de créer une telle forme. Les versants taillés en pleine roche massive sont à peine striés de ravins. En outre, le faible volume de débris sur les pentes et dans la gorge aval supposerait une capacité de transport du ruisseau incompatible avec l'ampleur du bassin-versant. Ceci élimine également le recul des parois de l'escarpement par sapement à la base ou l'effondrement de surplombs. Le ruissellement, ne peut donc expliquer à lui seul, à la fois le façonnement du „cirque” et l'évacuation des débris.

Tassements dans les calcaires urgoniens et hauteriniens ou effets du rejet de cassures anciennes sont des hypothèses sans doute possibles dans le cas des carrières de la Nautubière (Deux Pins), de la Vautubière ou du Rocher de Cavaillon. Mais cette explication tectonique n'est pas applicable à la quarantaine de formes en creux qu'on peut observer sur 8 km (sur la figure 2), ou la trentaine autour de la Montagne du Défens (de la figure 3).

Il est enfin une hypothèse que nous formulons ici. Notre expérience des îles de l'Arctique Canadien (Axel Heiberg, Ellesmere, Prince Patrick), du Yukon et de l'Alaska, ainsi que de la Sibérie Orientale, nous incite à donner une grande importance à l'érosion thermique (JOURNAUX, 1969; JOURNAUX et DRESCH,

¹ Nous avons soumis des échantillons aux analyses et à l'expérimentation au Centre de Géomorphologie du CNRS, à Caen. Nous remercions nos collaborateurs des résultats qu'ils nous ont fournis, en particulier J. P. LAUTRIDOU (mesures de porosité et expériences de cryoclastie), Mme LEVANT (granulométrie) et Mme LECOUSTUMER (analyses par diffractométrie X des poudres). Les résultats seront publiés en détail dans les rapports d'activité du Centre.

1972). D'autres auteurs avaient, avant nous, souligné l'importance de ce processus dans des régions connues pour le climat rigoureux du Quaternaire ou de l'époque actuelle, et la présence d'un permafrost épais et ancien (DYLIK, 1971; CZUDEK et DEMEK, 1970).

Comme on peut l'observer dans les régions froides citées plus haut, des cirques d'érosion thermique (fig. 4) se développent sur les berges des fleuves (Aldan, Léna) ou sur des versants montagneux à forte pente (Arctique Canadien). La destruction occasionnelle de la végétation (forêt en Yakoutie, toundra en Alaska et dans l'Arctique) favorise le déclenchement du processus: le permafrost (qui

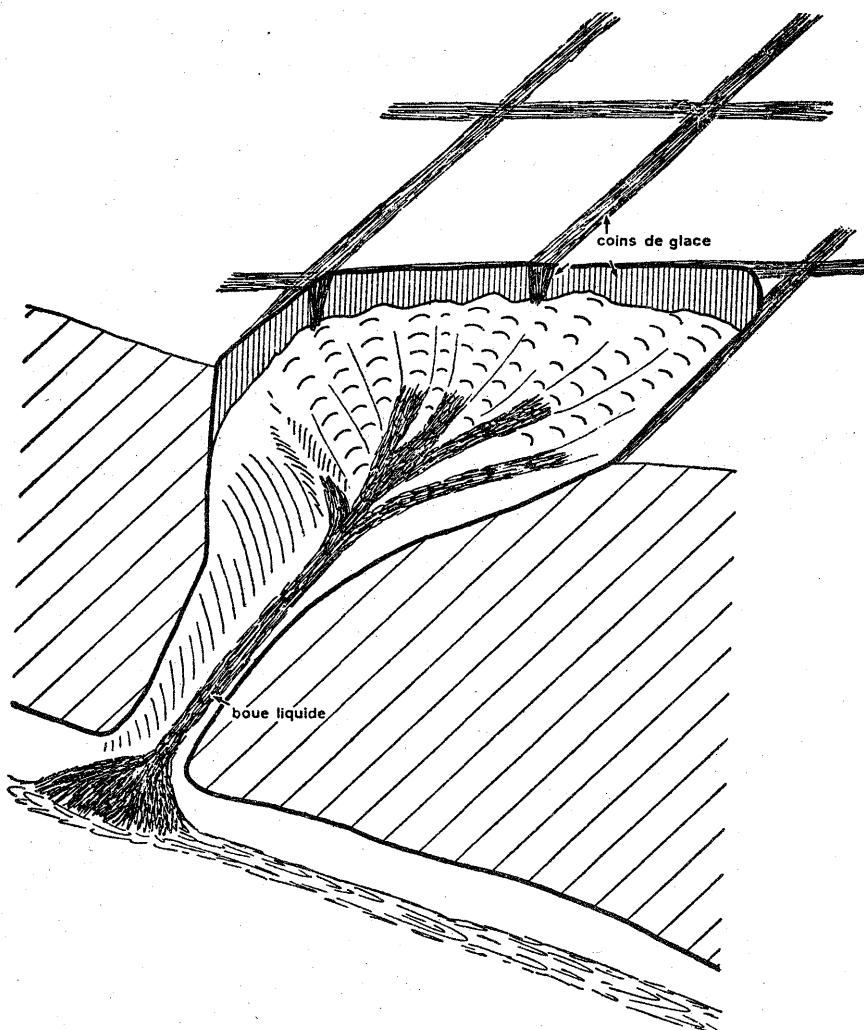


Fig. 4. Evolution actuelle d'un cirque d'érosion thermique dans le permafrost épais en Sibérie Orientale (d'après Journaux et Dresch, 1972)

n'est plus protégé) fond et libère des quantités d'eau considérables, qui entraînent les débris rocheux gélifractés dans un fleuve de boue, dévalant les pentes par gravité. La blessure ouverte dans la couverture végétale est incapable de se cicatriser, et l'amphithéâtre s'agrandit d'une année sur l'autre: il se développe indépendamment des précipitations, de l'ampleur du bassinversant, ou de la proximité d'autres cirques. Il est nourri essentiellement par la fonte du permafrost, qui accumule souvent plus de 50% de son volume sous forme d'eau gelée dans les diaclases ou entre les strates. Peut-on imaginer pareil processus en Provence au cours du Quaternaire? (fig. 5).

L'existence de très basses températures est prouvée dans les plaines du Bas-Rhône par la présence d'un réseau de polygones de toundra et de coins de glace fossiles, qui ne pouvaient se former et se conserver que grâce à un permafrost ou pergélisol (BOUTEYRE et ALLEMAN, 1969)². L'âge et la durée de ce dernier n'interviennent pas dans l'explication du processus, dès lors qu'il ne s'agit pas d'un gélisol saisonnier. Ce dernier a certainement existé plus tard au moment du remplissage de certains vallons et lors du tapissage de quelques versants par les grèzes (qui sont exploitées dans les vallons de la Nautubière et de la Vautubière, au Nord de Coudoux); leur formation, leur transport et leur dépôt s'expliquent facilement par des alternances de gel et de dégel, de ruissellement et de solifluction (JOURNAUX, 1973).

Dans la nature, l'eau provenant des précipitations estivales ou de la fonte des premières neiges s'accumule dans les premiers mètres de la roche. En hiver, le gel durable pénètre profondément. Des lentilles de glace de ségrégation se constituent et grossissent par cryosuccion: les molécules d'eau migrent de bas en haut et

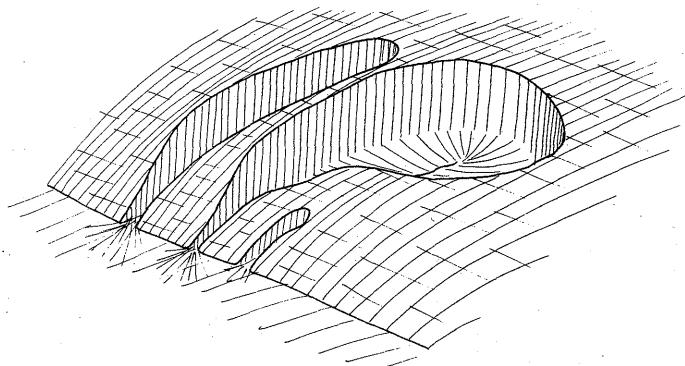


Fig. 5. Formes fossiles dues à l'érosion thermique en Provence

² Excursion de l'AFEQ en Languedoc (14, 15 et 16 Mai 1970). *in: Bulletin de l'AFEQ*, 28, 1971 – 73. Voir en particulier les deux articles de H. ARNAL sur les sols polygonaux et les phénomènes périglaciaires de la basse vallée du Rhône; p. 145 à 154.

enrichissent constamment les couches superficielles, faisant éclater la roche et préparant ainsi la matériel pour une mobilisation facile au moment de la fonte estivale (JOURNAUX et COUTARD, 1972).

A l'occasion d'un réchauffement, occasionnel ou saisonnier, et si la couverture végétale qui offrait un matelas protecteur vient à être détruite, le permafrost fond et libère une grande quantité d'eau entraînant les débris. Les parois verticales reculent également parallèlement à elles-mêmes (effets observés en Alaska). On comprend que ce processus se développe et se poursuive sans cesse d'une année sur l'autre, à une vitesse de plusieurs mètres par an. On peut estimer aussi qu'en Provence la progression de ces vallons ou de ces cirques ait pu s'effectuer de préférence du Sud vers le Nord ou du Sud-Ouest vers le Nord-Est, en raison de l'insolation maximum dans cette direction. On l'observe sur presque toutes les collines étudiées, notamment sur les versants Sud de celle de La Fare-les-Oliviers et de Coudoux, de la Montagne du Défens et des collines d'Orgon.

Enfin, l'évolution de ces formes d'érosion et du colmatage ultérieur de certains vallons par des grèzes s'inscrivent aisément dans un cycle que nous avons évoqué à propos des grèzes (JOURNAUX, 1976):

1. Lors des périodes climatiques rigoureuses telles que celles qui prévalaient sans doute au Quaternaire ancien en Provence (mais aussi en Pologne, et actuellement en Sibérie et dans l'Arctique), le sol restait gelé toute l'année (permafrost ou pergélisol). Seuls les versants exposés au Sud-Est, au Sud et au Sud-Ouest, recevaient assez de chaleur estivale et dégelaient, fournissant les matériaux de solifluction et l'eau, tandis que les versants exposés au Nord-Ouest, au Nord et à l'Est restaient gelés: c'est l'asymétrie inverse (fig. 6-I).

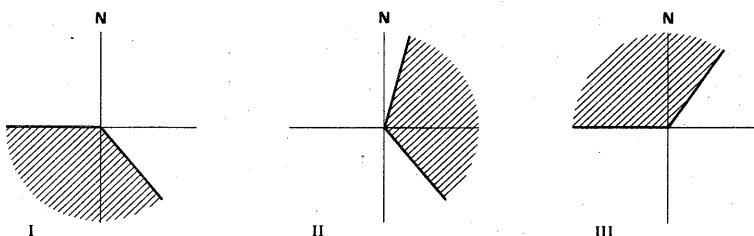


Fig. 6. Orientation des zones actives sous les climats froids (d'après Journaux, 1976)

I – cas des climats froids rigoureux: asymétrie inverse; II – cas des climats froids modérés: asymétrie normale; III – cas des climats d'altitude, ou de latitude moyenne au Quaternaire

2. Lors des périodes moins rigoureuses, à la limite méridionale de la toundra ou de la steppe, les versants exposés au Nord-Est, à l'Est et au Sud-Est connaissaient un gélisol saisonnier et des alternances de gel et de dégel au printemps et en automne. Les grèzes pouvaient s'accumuler dans les dépressions et les vallons bien orientés (du type de ceux de la Nautubière et de la Vautubière): c'est l'asymétrie normale (fig. 6-II).

Les versants exposés au Sud et à l'Ouest étaient trop chauds pour créer un permafrost ou même un gélisol, et se trouvaient par conséquent immunisés, en particulier les escarpements raides. Quant aux versants exposés au Nord et au Nord-Ouest, le gel quasi permanent empêchait toute mobilisation: seule la gélification recouvrait les surfaces rocheuses d'un manteau de débris grossiers non transportables. On retrouvait en altitude les conditions rigoureuses évocées plus haut.

3. Si ces différences d'exposition sont admises depuis longtemps, peut-être le Midi de la France offre-t-il une nuance et une précision? La latitude introduit une variante: les températures des basses pentes étaient encore plus chaudes que dans le reste de la France; seuls, les versants exposés au Nord et les sommets étaient susceptibles de fournir des débris par gélification (fig. 6-III). Ainsi s'explique l'orientation vers le Nord des dépôts de grèze littée, dus à l'exposition, tels qu'ils ont été observés au Spitzberg (GABERT et MASSEPORT, 1966), et sous forme fossile dans le Midi de la France (GABERT, 1965).

En conclusion, la morphologie des collines de Provence Occidentale s'est élaborée tout au long du Quaternaire. Le façonnement des „cirques d'érosion thermique” paraît se situer sous un climat rigoureux d'un Quaternaire ancien, en présence d'un permafrost ou pergélisol profond. Plus tard, au cours du Quaternaire récent, tandis que la plupart de ceux orientés au Sud et au Sud-Ouest restaient figés, les autres orientés vers le Nord et le Nord-Est se remplissaient de sables et de grèzes.

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

- BOUTEYRE, A. et ALLEMAN, M., 1969 — Réseau polygonal de fentes en coin à Meynes. *Bull. Soc. Sci. Nat., Nîmes*; 6 p.
- CZUDEK, T., DEMEK, J., 1970 — Thermokarst in Siberia and its influence on the development of lowland relief. *Quaternary Research*, 1; p. 103—120.
- DYLIK, J., 1971 — L'érosion thermique actuelle et ses traces figées dans le paysage de la Pologne Centrale. *Bull. Acad. Polonaise Sci., sér. sci. terre*, 19; p. 55—61.
- GABERT, P., 1965a — Phénomènes périglaciaires du Quaternaire Supérieur et Néotectonique dans la région de l'Etang de Berre (Basse Provence Occidentale). Congrès des Sociétés Savantes, Nice 1965, t. II; p. 75—88.
- GABERT, P., 1965b — Restes d'un *Equus caballus germanicus Nehring* de forme wurmienne, dans la carrière des Deux Pins, au débouché du vallon de la Nautubière (N. de la Fare-les-Oliviers, près de la Vautubière).
- GABERT, P. et MASSEPORT J., 1966 — Quelques aspects de la morphologie des versants du Spitzberg Occidental. Spitzberg 1964 et premières observations 1965, CNRS, RCP 42, Lyon; p. 73—91.
- GABERT-DELAY, J., 1967 — L'importance des déformations Quaternaires et du modelé cryonival wurmien dans les paysages du Bas-Rhône et de la Basse Durance. *Méditerranée*, 2; p. 87—107.
- GABERT-DELAY, J., 1970 — Morphologie des Pays du Bas-Rhône dans la région d'Avignon. *Etudes Vauclusiennes*, 3; p. 1—14.
- GUILLIEN, Y., 1974 — Grèzes, loess, groizes entre Manche et Méditerranée. Notes et compte rendus du Groupe de Travail „Régionalisation du Périglaciaire”. *Comité National Français de Géographie*; p. 39—44.

- JOURNAUX, A., 1969 — Phénomènes périglaciaires dans le Nord de l'Alaska et du Yukon. *Bull. A. G. F.*, 368—369; p. 337—350.
- JOURNAUX, A., 1973 — Ruisseaulement et solifluction dans l'Arctique Canadien subaride. *Journées Géographiques* 1973; p. 212—214.
- JOURNAUX, A., 1976a — Alternances du ruisseaulement et de la solifluction dans les milieux périglaciaires: exemples canadiens et expérimentations. *Biul. Peryglacjalny*, 26; p. 269—273.
- JOURNAUX, A., 1976b — Les grèzes litées du Châtillonnais. *Bull. Assoc. Fr. Etude Quatern.*; p. 123—138.
- JOURNAUX, A., et COUTARD, J. P., 1972 — Etude en simulation de l'action du gel sur des grands modèles de sols. *Bull. Centre Géomorph. du CNRS*, 13, 14, 15; p. 35—62.
- JOURNAUX, A. et DRESCH, J., 1972 — Phénomènes périglaciaires en Sibérie Orientale. Définition d'une nouvelle province périglaciaire actuelle. *Bull. A. G. F.*, 395—396; p. 57—63.
- RONDEAU, A., 1952 — Importance et âge de la morphologie cryonivale en Basse-Provence. *C. R. Soc. Géol. France*, 18; p. 62—65.
- RONDEAU, A., 1954 — Aspects de la morphologie cryonivale dans le midi de la France. *Bull. Soc. Géol. France*; p. 225—232.