

A. OZER*, A. ULZEGA**

Liège — Cagliari

SUR LA RÉPARTITION DES ÉBOULIS ORDONNÉS EN SARDAIGNE

Abstract

Stratified screes are described from several places in Sardinia. Though they are generally developed on Mesozoic calcareous rocks they also occur on various other formations, Cambrian and Miocene limestones, Silurian schists and Oligocene ignimbrites. These periglacial deposits are found on slopes of all orientations at all elevations up to 1300 m. The majority were formed during the Würm but some date from the Riss, Mindel and lower Pleistocene.

Sunto

Gli autori segnalano la presenza di "éboulis ordonnés" in diverse località della Sardegna. Si sono generalmente sviluppati a partire da rocce calcaree mesozoiche, in minor misura in calcari cambriani e miocenici, scisti e ignimbriti. Questi depositi si ritrovano a quote comprese tra 0 e 1300 m, su tutti i versanti. La messa in posto degli "éboulis ordonnés" è avvenuto soprattutto nell'Würm.

Résumé

Des éboulis ordonnés sont signalés en diverses localités de Sardaigne. Ils sont généralement développés au départ de roches calcaires mésozoïques, mais aussi à partir de roches diverses: calcaires cambriens et miocènes, schistes et ignimbrites. Ces dépôts périglaciaires recouvrent les versants, quelle que soit leur orientation, à des altitudes comprises entre 0 et 1300 m. La majorité de ces éboulis ordonnés se sont mis en place pendant le Würm.

La connaissance des phénomènes quaternaires de Sardaigne se limite essentiellement aux variations glacio-eustatiques du niveau de la mer et à ses conséquences. Tout récemment, des rivages régressifs attribués au Pléni-Würm ont été reconnus en divers points de la plate-forme continentale sarde jusqu'à des profondeurs comprises entre -100 et -130 m (OZER, 1976; FANUCCI, *et al.*, 1976; LECCA, *et al.*, 1978). Les secteurs côtiers, exposés aux vents violents du nord-ouest (Maestrale) ont été recouverts de dépôts éoliens formés par le remaniement de sédiments marins abandonnés sur la plate-forme continentale lors des diverses phases régressives.

Contemporains de ces éolianites de régression, des dépôts de pente bien lités et constitués par des éléments gélifracés recouvrent fréquemment les versants littoraux. Des dépôts du type *éboulis ordonnés* s'observent aussi à l'intérieur des terres; mais, partout, leur développement est lié à la présence de roches gélives, essentiellement des calcaires.

Dans la zone côtière, la datation de ces éboulis périglaciaires est généralement permise grâce à leur position par rapport aux terrasses marines élevées, contemporaines des interglaciaires. Elle est aussi rendue possible en étudiant leur position

* Géomorphologie et Géologie du Quaternaire, Université de Liège, Place du Vingt Août, 7, B — 4000 Liège (Belgique).

** Istituto di Geologia, Università di Cagliari, Via Trentino, 51, I — 09100 Cagliari (Italie).

par rapport aux paléosols développés pendant les interstades ou les interglaciaires ou, quelquefois, par rapport aux coulées de basalte qui, en Sardaigne orientale, se sont mises en place depuis le Pliocène jusqu'au Mindel.

Des éboulis ordonnés ont déjà été brièvement signalés par J. PELLETIER (1960), uniquement sur roches calcaires, en quelques localités de Sardaigne orientale: les monts d'Oliena, la partie orientale de la vallée du Flumineddu, le Monte Alba, le revers du Monte Tuttavista et au-dessus de Cala Gonone. Cet auteur supposait que ces éboulis périglaciaires étaient contemporains d'une seule période froide.

Toujours en ce même secteur de Sardaigne orientale, I. DIENI et F. MASSARI (1966, 1973) ont signalé également des "cônes stratifiés de galets gélivés" qu'ils attribuent essentiellement au Riss, au Würm mais aussi au Quaternaire inférieur.

Enfin, dans la Corse voisine, des éboulis ordonnés ont été décrits par O. CONCHON (1975).

De même, dans le Haut Appennin (Emilie-Romagne), vers 1500 m, des dépôts de versant du type "grèzes litées" ont été récemment étudiés (BERNINI, *et al.*, 1978).

DESCRIPTION DES DÉPÔTS

Les éboulis ordonnés que nous avons analysés présentent tous des caractères semblables, à savoir:

Ils sont constitués par une succession de strates caillouteuses disposées parallèlement entre elles et alternant avec des strates composées d'éléments plus fins; la pente de ces strates varie graduellement du sommet vers le bas du versant, donnant ainsi l'allure d'une large concavité (photo 1). Ainsi, à Cala Gonone, à proximité du sommet, les strates présentent des pentes de l'ordre de 32°; à mi-versant, elles oscillent entre 17 et 20° pour devenir plus faibles au pied du versant. Ces éboulis atteignent le niveau de la mer qui les recoupe en falaise (photo 2).

Chacune des strates caillouteuses est caractérisée par un excellent classement des galets qui la composent et par l'absence quasi totale de matrice.

Dans ces strates, les galets sont généralement disposés à plat et orientés parallèlement à la pente. La limite supérieure des éléments les plus grossiers, est de l'ordre de 6 cm. Ces galets sont assez plats (les indices d'aplanissement pour des calcaires mésozoïques varient entre 1,17 et 6,00, les médianes pour deux échantillons de 50 galets sont de 1,92 et de 2,10) et à arêtes vives; ils peuvent donc être considérés comme des gélifracsts.

Nous considérons ces formations de versants comme des dépôts périglaciaires et nous leur attribuons le nom d'*éboulis ordonnés* car ils correspondent à la définition proposée par A. CAILLEUX et reprise par J. TRICART (1967), de préférence à *grèzes litées* qui d'après Y. GUILLIEN (1964) se réfèrent à des dépôts périglaciaires dont la granulométrie des éléments les plus grossiers ne dépasse pas 25 mm.

LOCALISATION ET DESCRIPTION DES ÉBOULIS ORDONNÉS

(a) *Le littoral occidental de la Nurra septentrionale* (fig. 1, pt. A; fig. 2) est caractérisé par de fréquents dépôts de pente du type "éboulis ordonnés". Ils sont situés

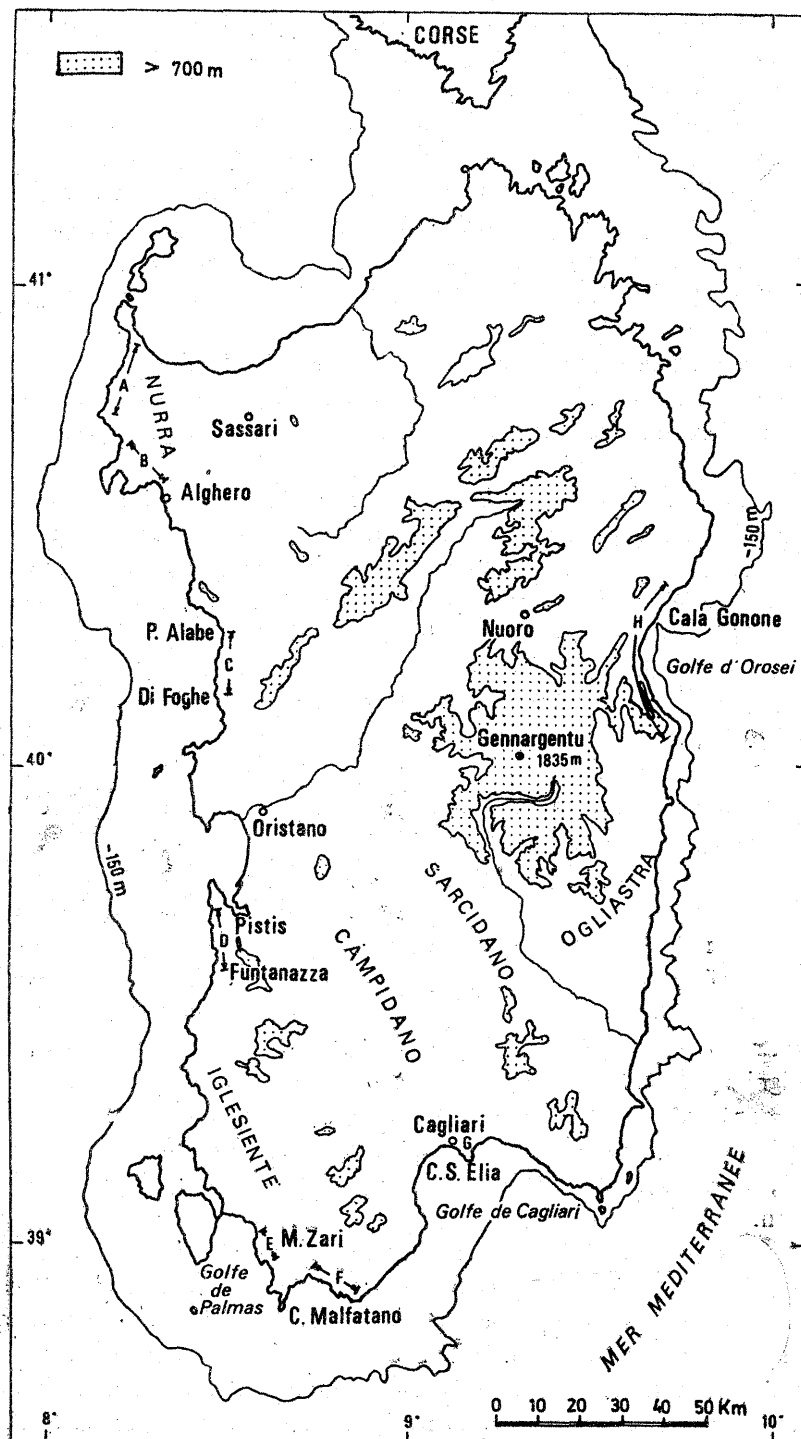


Fig. 1. Répartition des éboulis ordonnés en Sardaigne

sur des versants exposés à l'ouest, à des altitudes inférieures à 50 m et développés au départ du substrat silurien formé de phyllades et de micaschistes traversés par de nombreuses veines de quartz.

La coupe dessinée sur la figure 2 schématise les formations quaternaires rencontrées le long de la falaise entre l'Isola dei Porri et le Capo dell'Argentiera. De bas en haut, on relève entre deux et quatre mètres, une plate-forme d'abrasion taillée dans les formations paléozoïques (1)¹ et surmontée par des dépôts de plage (2) qui, localement, atteignent deux mètres de puissance. La présence fréquente de *Patella ferruginea* et l'altitude de ces dépôts permettent de considérer cette plage comme d'âge tyrrhénien (interglaciaire Riss—Würm).

Un horizon rubéfié (3) de couleur brune (7,5 YR 4/4 et 5/4) surmonte cette terrasse marine. Il s'agit de colluvions colorées provenant de la destruction d'un paléosol; de tels matériaux sont présents, en Sardaigne, au-dessus de la plupart des dépôts de plage du dernier interglaciaire.

Plus haut, une accumulation variant entre 5 et 20 mètres de puissance est constituée d'éolianites (5) et (ou) de dépôts de pente (4). Ces derniers se présentent comme une alternance de passées fines sablo-argileuses et de couches de galets disposés à plat et allongés parallèlement à la plus grande pente. De tels dépôts de pente peuvent être considérés comme des éboulis ordonnés.

Au sein de ces dépôts (4 et 5) sont quelquefois intercalés deux paléosols que nous rattachons à des interstades du Würm: l'inférieur (6) est de couleur brun-jaunâtre (10 YR 5/4); le supérieur (7) est généralement plus rubéfié, de couleur brune (7,5 YR 4/6).

En Nurra nord-occidentale, les éboulis ordonnés paraissent donc s'être développés pendant une bonne partie du Würm.

(b) Dans la *Nurra d'Alghero* (fig. 1, pt. B), les dépôts périglaciaires sont présents sur de nombreux versants, sans orientation préférentielle. Ils sont apparus au départ de formations mésozoïques qui constituent le substrat de cette région. Ces éboulis ont été observés fréquemment dans les falaises littorales où ils sont généralement associés à des dépôts éoliens d'âge Würm décrits par G. PECORINI (1954).

(c) Entre *Porto Alabe* et *Punta di Foghe* (fig. 1, pt. C), le long des falaises taillées dans les ignimbrites et les tufs ignimbriques oligocènes, des placages d'éboulis ordonnés sont conservés surtout sur les versants protégés des vents du nord-ouest. Ces dépôts périglaciaires ont été observés jusqu'à 80 m maximum et, associés à des éolianites, ils recouvrent localement des lambeaux de conglomérats fossilifères du Tyrrhénien.

(d) Au sud du Golfe d'Oristano, le long du littoral compris entre *Pistis* et *Funtanazza* (fig. 1, pt. D), de nombreux dépôts de pente présentent les caractéristiques des éboulis ordonnés; ils sont formés surtout de débris de schistes, de schistes gréseux et de rares quartz provenant du bed-rock siluro-dévonien. Ces dépôts recouvrent généralement les versants exposés à l'ouest et ont été observés entre le niveau de la mer et 50 m. Dans ce secteur également, les éboulis ordonnés sont associés à des sédiments éoliens et recouvrent la plage du Tyrrhénien.

¹ Ces numéros renvoient aux indications reprises sur la fig. 2.

(e) Dans le *Golfe de Palmas*, au pied du Monte Zari (fig. 1, pt. E), où affleurent calcaire et dolomie mésozoïques, des éboulis ordonnés épais de quelques mètres recouvrent les versants, quelles que soient leurs expositions. Sur le versant occidental, ils surmontent un paléosol rubéfié développé sur les dépôts de plage du dernier interglaciaire et, sur le versant oriental, ces éboulis ordonnés associés à des éolianites masquent des dépôts lagunaires contemporains du Tyrrhénien.

(f) Entre *Porto Teulada* et le *Capo Malfatano* (fig. 1, pt. F), la côte est élevée et taillée surtout dans les schistes du Cambrien inférieur traversés par de minces veines de quartz. Sur les versants tournés vers la mer, les éboulis ordonnés ont une puissance d'une dizaine de mètres et ont été recoupés par la falaise. Ces formations périglaciaires ont été relevées sous l'altitude de 50 m. Ici aussi, leur position par rapport à la plage du Tyrrhénien prouve que ces éboulis ordonnés se sont mis en place pendant le Würm. Ces dépôts périglaciaires, situés au sud du 39^e parallèle, sont les plus méridionaux de Sardaigne.

(g) Dans le *Golfe de Cagliari*, à proximité du *Capo S. Elia* (fig. 1, pt. G) sous une altitude de 50 m. mais exposé au sud, un dépôt d'éboulis ordonnés bien conservé s'est développé au départ du calcaire miocène. Il date vraisemblablement du Würm, même si les rapports avec les formations tyrrhéniennes, qui affleurent non loin de là, ne sont pas évidents.

(h) Dans le secteur du *Golfe d'Orosei* (fig. 1, pt. H), le long de la côte orientale, les éboulis ordonnés sont les plus importants de Sardaigne. Et c'est notamment à Cala Gonone que ces dépôts périglaciaires ont leur extension la plus remarquable. Ils sont taillés par la mer en une falaise de 40 m (photo 2); en contrehaut, ils recouvrent les versants, exposés à l'est, jusqu'à l'altitude de 600 m (photo 1). Cet intense développement peut s'expliquer par la présence de roches particulièrement gélives comme les calcaires mésozoïques et aussi par la morphologie des reliefs calcaires qui atteignent des altitudes de 1300 m, et qui présentent des versants à très forte pente et des corniches verticales.

La figure 3 illustre les rapports entre les diverses formations post-mésozoïques qui affleurent dans la région de Cala Gonone. Elle montre aussi que les éboulis ordonnés se sont mis en place depuis le Pléistocène inférieur jusqu'au Würm.

On peut ainsi observer, reposant sur le substratum calcaire jurassique (1)², d'abord un grès sableux fort argileux (2) de couleur verdâtre, c'est vraisemblablement un nouvel affleurement témoignant de la transgression du Pliocène supérieur en cette région. Plus haut, on note un conglomérat stratifié (3) contenant des galets paléozoïques à émoussé marin: quartz, schiste, granite ...; sans doute s'agit-il d'une plage datant du Pléistocène inférieur. Celle-ci est surmontée par des éboulis ordonnés (4) contenant des débris essentiellement calcaires mais aussi quelques fragments de basalte.

Ces galets de basalte proviennent des manifestations volcaniques qui ont débuté, en ce secteur, au Pliocène supérieur et qui se seraient poursuivies jusqu'au Mindel (5). Localement, lorsqu'ils sont surmontés par les coulées de basalte, les éboulis ordonnés présentent des phénomènes de cuisson.

² Les numéros renvoient à la figure 3.

NURRA NORD - OCCIDENTALE

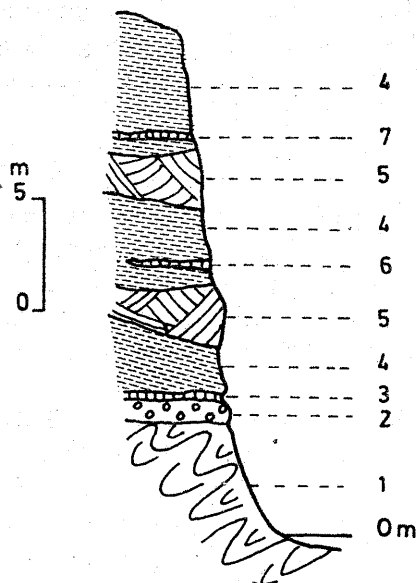


Fig. 2. Coupe dans les dépôts quaternaires.
Sardaigne nord-occidentale

CALA GONONE

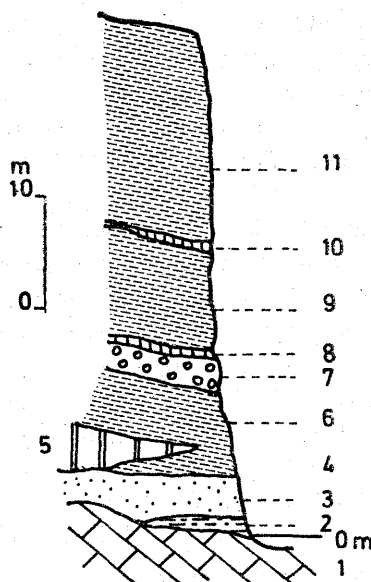


Fig. 3. Coupe dans les dépôts quaternaires.
Sardaigne orientale

Au-dessus de ces ultimes épandages volcaniques, apparaissent, de nouveau, des éboulis ordonnés (6) puis un conglomérat marin (7) contenant de gros blocs de basaltes et de calcaires mésozoïques ainsi que quelques petits galets paléozoïques. Tous présentent une forte altération. Ces dépôts de plage ont une épaisseur qui peut atteindre 2 m et ils sont privés de fossile. Leur position par rapport à la plage du Tyrrhénien nous autorise à les rattacher à l'interglaciaire Mindel—Riss. Ils sont ensuite surmontés par un paléosol fort rubéfié (8) épais de 50 cm environ, puis par un nouvel épisode d'éboulis ordonnés (9) contemporain du Riss (?). Ces dépôts sont, à leur tour, surmontés par un autre paléosol (10) rubéfié et épais de 50 cm environ (interglaciaire Riss—Würm) puis par les derniers éboulis ordonnés que nous attribuons au Würm.

(i) Dans les zones internes de l'île, les éboulis ordonnés sont localisés principalement à la base des reliefs calcaires mésozoïques du *Nuorese* où on les retrouve jusqu'à 1300 m environ, quelle que soit l'orientation du versant.

Dans le *Sarcidano*, près d'Isili, les éboulis ordonnés sont formés de débris de calcaire miocène sur un versant exposé au NE, vers une altitude de 200 m.

Enfin, des dépôts limités d'éboulis ordonnés se retrouvent aussi localement dans l'Iglesiente où ils sont formés de débris de calcaire et de schiste du Cambrien moyen. Ils ont été observés à des altitudes diverses jusqu'à 600 m et sous des expositions variables.

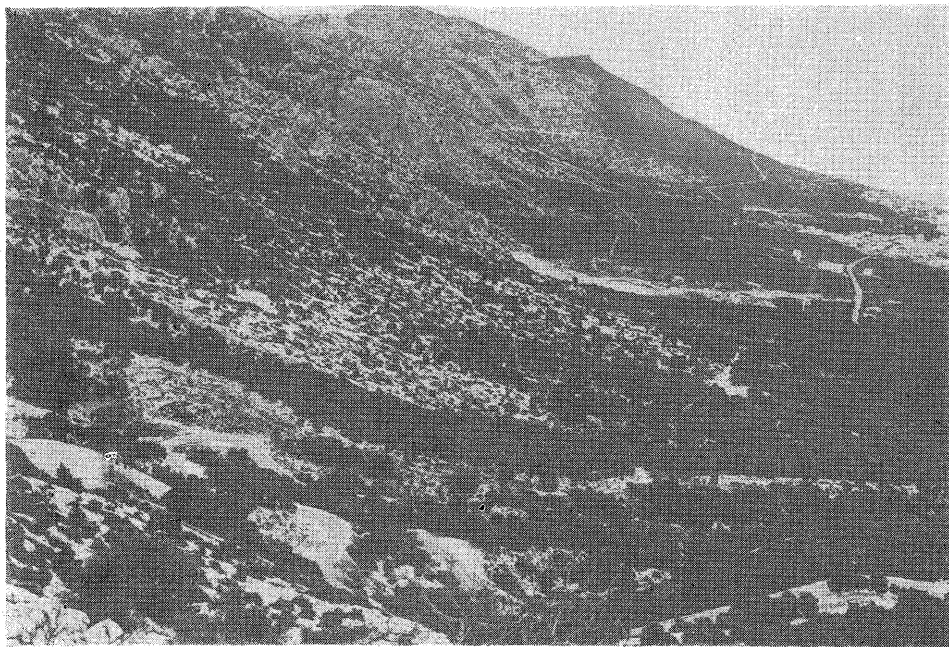


Photo 1. Cala Gonone (Sardaigne orientale)

Eboulis ordonnés reposant sur des calcaires mésozoïques. Les éboulis ordonnés présentent de larges concavités et se reconnaissent dans le paysage car ils sont recouverts d'une végétation arborée. La zone plus sombre à l'horizon est une coulée de basalte plio-quaternaire

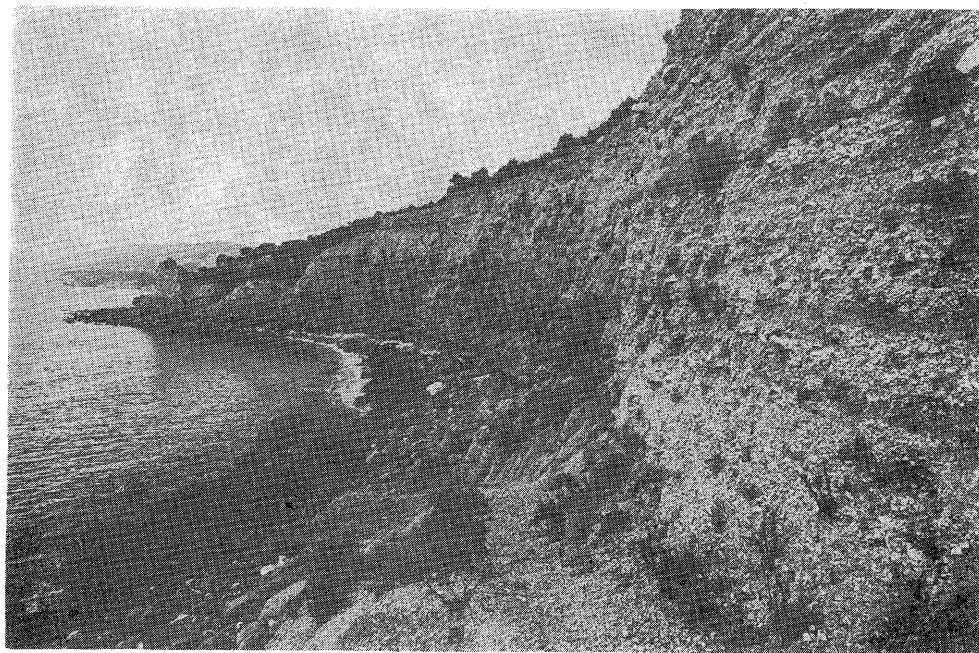


Photo. 2. Cala Gonone (Sardaigne orientale). Falaise recoupant les éboulis ordonnés

La datation des dépôts de l'intérieur de l'île est malaisée vu le manque de corrélation avec d'autres dépôts quaternaires d'âge connu. Cependant, dans de nombreux cas, la bonne conservation des placages d'éboulis ordonnés nous permet de proposer un âge würmien.

CONCLUSIONS

Les dépôts de pente du type *éboulis ordonnés* sont fréquents en Sardaigne aussi bien à l'intérieur de l'île qu'à proximité des côtes. Ils se retrouvent à diverses altitudes depuis le niveau de la mer jusqu'à 1300 m. Leur développement est indépendant de l'orientation des versants qu'ils recouvrent. Ils sont développés principalement au départ de calcaire mésozoïque, mais aussi aux dépens de calcaire cambrien, de calcaire miocène, de schistes cambrien et silurien et d'ignimbrites oligocènes.

Enfin, les éboulis ordonnés se sont mis en place pendant plusieurs épisodes froids du Quaternaire mais ce sont surtout ceux attribués au Würm qui sont les plus fréquents et les mieux conservés.

Bibliographie

- BERNINI, M., CARTON, A., CASTALDINI, D., CREMASCHI, M., 1978 — Segnalazione di un deposito di versante di tipo Grèzes litées a sud du M. Prampa. *Gruppo di Studio del Quaternario Padano*, 4; p. 153—162.
- CONCHON, O., 1975 — Les formations quaternaires de type continental en Corse orientale. Thèse de doctorat, Univ. de Paris; 2 vol., 514 et 243 p.
- DIENI, I., MASSARI, F., 1966 — Il Neogene e il Quaternario dei dintorni di Orosei (Sardegna). *Mem. Soc. Italiana di Sci. Nat. e del Museo Civico di Storia Nat. di Milano*, 15; p. 89—142.
- FANUCCI, F., FIERRO, G., ULZEGA, A., GENNESSEAU, M., VIARIS DE LESEGGNO, L., REHAULT, J. P., 1976 — The continental shelf of Sardinia: structure and sedimentary characteristics. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, 95; p. 1201—1217.
- GUILLIEN, Y., 1964 — Grèzes litées et bancs de neige. *Geologie en Mijnbouw*, 43; p. 103—112.
- LECCA, F., LEONE, F., ULZEGA, A., 1978 — La plate-forme continentale de la Sardaigne sud-occidentale: linéaments géomorphologiques et observations structurales. *Rapports et procès-verbaux de la C.I.E.S.M.M.* (sous presse)
- MASSARI, F., DIENI I., 1973 — La formazione fluvio-lacustre di Nuraghe Casteddu ed i suoi rapporti con i basalti di Orosei-Dorgali (Sardegna). *Memori della Società Geologica Italiana*, 12; p. 377—410.
- OZER, A., 1976 — Géomorphologie du versant septentrional de la Sardaigne. Thèse de doctorat, Univ. de Liège; 3 vol., 287, 125 et 218 p.
- PECORINI, G., 1954 — Le dune fossili della Nurra di Alghero (Sardegna). *Rendiconti dell'Acad. Nazionale dei Lincei*, ser. 8, 16; p. 735—741.
- PELLETIER, J., 1960 — Le relief de la Sardaigne. *Mém. docum. Inst. Etud. Rhodaniennes, Univ. de Lyon*, 13; 484 p.
- TRICART, J., 1967 — Le modelé des régions périglaciaires. SEDES, Paris; 512 p.