

## CHAPITRE I

### SÉDIMENTATION DANS LA PARTIE ORIENTALE DE LA PLATE-FORME :

MCours.com

### L'INTERVALLE CRÉTACÉ TERMINAL-ÉOCÈNE DE LA MARGE PASSIVE D'APULIE EN ALBANIE (MASSIFS DE KRUJE-DAJT ET DE MAKARESHI, ZONE DE KRUIJA) : FACIÈS, ORGANISMES ET CYCLES SÉDIMENTAIRES D'UNE PLATE-FORME CARBONATÉE

Grigor Heba et Gilbert Prichonnet

*Département des Sciences de la Terre et de l'atmosphère et GEOTERAP,  
Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succ. Centre-Ville,  
Montréal, Québec, Canada, H3C 3P8.*

Article publié dans le Bulletin de la Société Géologique de France, v. 177, 5, 249-266  
(2006).

## 1.1 RÉSUMÉ

Deux coupes, appartenant respectivement aux deux massifs de carbonates de Kruje-Dajt et de Makareshi dans la plate-forme carbonatée de Kruja (partie de la marge passive d'Apulie en Albanie) et couvrant la période qui s'étend du Crétacé supérieur à l'Éocène, sont analysées du point de vue de la biostratigraphie, de la lithologie et de la stratigraphie séquentielle.

La biozonation appliquée pour le Crétacé supérieur à partir des foraminifères benthiques (CsB4, CsB5, CsB6 et CsB7) complète de manière substantielle la stratigraphie de cette région et pour cette période.

Sur le plan lithologique, onze faciès (F1 à F11), caractérisant les dépôts du fini-Crétacé-Paléogène, sont décrits pour la première fois. L'interprétation de ces faciès en terme de milieu de dépôt a conduit à leur intégration dans un modèle théorique ; et ainsi, la série carbonatée fini-crétacé-paléogène a été divisée en quatorze séquences de dépôt dans le massif de Kruje-Dajt et en sept séquences dans le massif de Makareshi. Une dolomitisation précoce, de type sebkha, affecte souvent les faciès.

Les deux coupes représentent un environnement globalement homogène, très peu profond-infratidal à supratidal, bien que des fluctuations des milieux soient mises en évidence sur la plate-forme, à l'échelle locale et/ou temporelle. Celles-ci sont dues fréquemment aux variations eustatiques et au moins dans deux situations très évidentes à des instabilités de la plate-forme, ce qui entraîne des émergences et des lacunes de durée variable (environ 20 et 3 Ma) vers la fin du Crétacé et début de l'Éocène.

## 1.2 ABSTRACT

Two sections, respectively in the Kruje-Dajt and Makareshi massifs of the Kruja Zone carbonate platform (located in the Apulian passive margin of Albania), and representing a period which extends from the Late Cretaceous to the Eocene, have been studied from several points of view: biostratigraphy, lithology and sequence stratigraphy.

The proposed biozonation for the Late Cretaceous which has been established with benthic foraminifera (CsB4, CsB5, CsB6 and CsB7) improves substantially the stratigraphy for this period in this region.

Eleven different facies (F1 to F11) characterise the Upper Cretaceous-Paleocene-Eocene carbonate sediments, and are distinguished for the first time. Fourteen sequences in the Kruje-Dajt massif and seven sequences in the Makareshi massif are recognized, using sedimentological criteria and clearly distinguished according to an established model for calcareous facies of this platform. Intense early dolomitization (sabkha type) is generally superimposed on the facies.

The two sections represent a mostly homogeneous environment, evolving from the infra to supratidal environments. However, small variations of subenvironments are observed and linked to local and temporary variations of the platform. They are attributed to frequent eustatic fluctuations, and in two cases at least to instabilities of the platform which had cause emergences and temporal discontinuities at the end of Cretaceous and early Eocene times (ca 20 and 3 Ma).

## 1.3 INTRODUCTION

### Stratigraphie générale

La Zone de Kruja en Albanie (Papa, 1970 ; Peza, 1973, 1975, 1977, 1982 ; ISPGJ-IGJN, 1983 ; Heba, 1997 ; Meço et Aliaj, 2000, Robertson et Shallo, 2000, Carminati et Doglioni, 2004), représente une plate-forme de type bahamien liée à la marge passive d'Apulie (Fig.1).

La succession sédimentaire de la Zone de Kruja est constituée de puissants dépôts de carbonates néritiques (environ 1,5 km d'épaisseur) caractéristiques de milieu subtidal à supratidal, connus localement depuis le Crétacé basal. Puis, une lacune stratigraphique, pas toujours clairement définie, débute à la partie supérieure du Maastrichtien (biozone CsB7 ; Heba, 1997) et se prolonge, selon les endroits, jusqu'à l'Eocène inférieur (Gjata et al., 1968). À cette lacune peut correspondre la formation de bauxites (Duraj, 1969 ; Peza, 1973). La séquence continue avec des calcaires en plaques, organogènes, à *Nummulites* et *Discocyclines* (Eocène moyen) témoignant d'un milieu subtidal peu profond de type plate-forme ouverte. Au-dessus de ces calcaires, l'horizon des « marnes de passage » d'âge Éocène supérieur (Gjata et al., 1968 ; Papa, 1970 ; ISPGJ-IGJN, 1983), marque la transition avec le flysch de l'Oligocène, ordinairement concordant. C'est une plate-forme carbonatée, d'apparence stable, ayant occupé une vaste surface pendant une période d'environ 62 millions d'années (Ma).

Dans ce travail, on étudie la partie centrale de la zone de Kruja, les massifs carbonatés de Kruje-Dajt et Makareshi (Fig. 1), représentant deux unités tectoniques, type écaillés, séparées par une bande de flysch. L'unité de Kruje Dajt est chevauchée à l'Est par la série pélagique, triasique-crétacée, de la sous-Zone de Krasta

(Zone de Krasta-Cukali), tandis que celui de Makareshi est transgressé à l'Ouest par les séries clastiques miocènes de la dépression Pré-Adriatique.

L'étude se propose de répondre à plusieurs questions : (1) quels environnements représentent les différents types de calcaires et dolomies qui constituent ces deux massifs ? (2) comment la série, attribuée au Crétacé supérieur, peut-elle être corrélée avec les biozonations établies auparavant dans les plates-formes semblables en Grèce (Zone de Gavrovo-Tripolitza) ? (3) peut-on coupler ces biozonations avec l'évolution du niveau marin relatif (cycles régression-transgression) ? (4) quelle est l'importance de la lacune au passage K-T ? et enfin, (5) peut-on corréler les différents termes lithologiques de ces massifs situés à la transition de la limite K-T en se basant sur l'apport de la stratigraphie séquentielle et sur le cadre biostratigraphique, qui est largement complété ici ?

Deux coupes, l'une du massif de Kruje-Dajt (l'Escalier) et l'autre du massif de Makareshi, (la Route) sont étudiées sous l'angle de la sédimentologie, la biostratigraphie, la lithologie et la stratigraphie séquentielle. Les résultats serviront pour établir des corrélations dans cette plate-forme et à l'échelle régionale (Apulie) dans le domaine néritique des zones équivalentes de la zone de Kruja.

## 1.4 MÉTHODES D'ÉTUDE

L'étude porte sur 210 échantillons (lames minces, surfaces polies) pour la coupe de l'Escalier (massif de Kruje-Dajt) et 212 échantillons pour la coupe de la Route (massif de Makareshi). L'analyse des faciès sur le terrain et au microscope est basée sur l'hypothèse que les textures observées dans ces échantillons résultent d'une combinaison de trois facteurs : le régime de dépôt, l'activité biologique et la

diagenèse. Les faciès distingués seront interprétés en distinguant un milieu subtidal ouvert et un milieu moins profond, intertidal-supratidal, ce qui permettra ensuite l'établissement d'un modèle sédimentologique indispensable pour l'analyse séquentielle appliquée, *sensu* Cross (Proust, 1994).

La biostratigraphie est réalisée grâce au diagnostic en lames minces des microfossiles spécifiques : les foraminifères benthiques (Rhapydioninidés et Alveolinidés) et d'autres organismes tels que les rudistes, gastéropodes et algues. On utilisera la biozonation établie pour le Crétacé supérieur par Fleury (1980) et l'échelle présentée par cet auteur pour le Paléogène :

- a) Biozone CsB4, ou "Zone à *Murgella lata*", attribuée à la limite Santonien-Campanien ("Santonien supérieur"). Il s'agit d'une "zone d'extension maximale" de l'espèce-index. En son absence, la limite inférieure de cette zone correspond à l'apparition de *Reticulinella* sp.; sa limite supérieure correspond à la disparition de *Pseudocyclamina sphaeroidea* et de *Keramospherina tergestina*, et elle est de peu postérieure à l'apparition des "Orbitolinidés K".
- b) Biozone CsB5 , ou "Zone à "Orbitolinidés K" et *Moncharmontia apenninica* s.s.", attribuée au "Campanien inférieur". Il s'agit d'une zone hétérogène, comprise entre la disparition de *M. lata* et la disparition de *M. apenninica* et de *Rotorbinella scarsellai*.
- c) Biozone CsB6 , ou "Zone à Rhapydioninidés", attribuée à "Campanien ? - Maastrichtien p.p. Il s'agit d'une zone également hétérogène comprise entre l'apparition des premiers Rhapydioninidés et l'apparition de *Rhapydionina liburnica*. Sa limite supérieure sépare les Rhapydioninidés de la partie supérieure de la zone de l'apparition de *R. liburnica*.
- d) Biozone CsB7, ou "Zone à *Rhapydionina liburnica*", d'âge strictement maastrichtien, probablement supérieur ("Maastrichtien supérieur"; Fleury, 1980). Il s'agit d'une zone d'extension maximale de l'espèce index,

qu'accompagnent fréquemment "*Broeckinella cf. arabica*", *Laffiteina mengaudi* et des *Cuneolina* sp.

- e) Paléocène : il est caractérisé par la présence de Valvulinidés et Chrysalinidés associés vers le sommet à *Miscellanea* sp., *Ranikolthalia* sp. et *Operculina* sp.
- f) Éocène : il est caractérisé par les nummulites de grande taille (*Fabiania cassis*, *Chapmanina gasinensis*), *Alveolina* sp. et *Orbitolites* sp.

## 1.5 LITHOLOGIE ET BIOSTRATIGRAPHIE

Les deux coupes étudiées, appartenant aux deux massifs (Fig. 1), sont décrites brièvement. La description stratonomique est définie par les termes suivants: calcaires en plaquettes (5 à 10 cm), en strates moyennes (10 à 50 cm) et en strates massives (50 cm et plus). Les fossiles caractéristiques des biozones ont leur nom souligné.

Dans les deux coupes, de bas en haut, trois unités lithologiques sont observées: (1) calcaire et dolomite, (2) calcaire blanc micrograveleux et finement bioclastique et (3) calcaire à alvéolines allongées.

### 1.5.1 Coupe de l'Escalier (Massif de Kruje-Dajt)

Cette coupe (Fig. 2), d'épaisseur totale environ 600 m, représente la plus complète des coupes connues du Crétacé supérieur - Éocène de la Zone de Kruja. On y distingue les trois unités:

#### 1- L'unité calcaire et dolomitique (ensembles a-g : 520 m)

Cette unité comporte de bas en haut les ensembles suivants :

- (a) Dolomies bréchiques en strates massives (50 cm et plus) sur environ 30 m sans aucune trace d'activité biologique ;

- (b) Alternance de dolomies bioturbées jaunes, calcaires gris à rudistes et calcaires laminés en petites strates (80 m). Les calcaires renferment les associations typiques de la biozone CsB4 *Murgella lata*, *Pseudocyclamina sphaeroidea*, *Reticulinella* sp., *Rotalia* cf. *scourensis*, *Thaumatoporella parvovesiculifera* et des Miliolidés ;
- (c) Calcaires en strates moyennes (15 à 30 cm) à rudistes alternant avec des strates épaisses de dolomies, des biostromes à rudistes, et des calcaires lumachelliques en petites strates (inférieur à 15 cm) sur environ 150 m. Les calcaires renferment les fossiles de la biozone CsB4, auxquels s'ajoutent *Girvanella*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Rotorbinella scarsellai*, Ophthalmidiidés, et *Aeolisaccus* sp. Au sommet de cette partie, le début de la biozone CsB5 est caractérisé par l'apparition des: "Orbitolinidés K", *Moncharmontia apenninica*, et *Accordiella conica* ;
- (d) Alternance de calcaires gris foncé en strates épaisses (30 à 50 cm) comportant des figures de courant, de dolomies épaisses et de quelques niveaux minces de calcaires lumachelliques (135 m). Les calcaires renferment des rudistes et les organismes de la biozone CsB5: *Rotorbinella*, *Accordiella conica*, *Moncharmontia cf. apenninica*, "Orbitolinidés K", Nubecularidés, Miliolidés et *Scandonea samnitica* ;
- (e) Alternance de dolomies sombres à fenestrae en strates épaisses (30 à 40 cm) et dolomies claires, laminées, à figures de dessiccation (55 m) ; on observe de rares *Aeolisaccus*, *Discorbis* et Miliolidés ;
- (f) Calcaires gris clair à rudistes (30m) en strates moyennes (15 à 30 cm). À la base de ce niveau débute la biozone CsB6, caractérisée par l'apparition des: *Rhapydionina* sp., *Cuneolina* sp., *Cyclopseudomia hellenica*, *Cuvillierinella* sp., *Murciella renzi*, milioles et *Discorbis* ;
- (g) Prédominance de dolomies (environ 40 m), où alternent des strates minces (5 à 10 cm) de dolomies bioturbées, de dolomies à fenestrae et de dolomies

laminées. Les *Discorbis* et ostracodes y sont fréquents à coté de rares miliolites, *Rhapydionina* sp. et de petits gastéropodes.

### 2- L'unité de calcaire blanc micrograveleux et finement bioclastique (50 m)

Cette unité succède à une discontinuité correspondant latéralement à des bauxites. La lacune est caractérisée par l'absence de la biozone CsB7 et elle est estimée à environ 3 Ma. Il s'agit de calcaires micritiques, en strates décimétriques à métriques renfermant des Miliolidés, *Discorbis*, Textularidés, *Coscinolina liburnica*, *Spirolina* sp., *Idalina* cf. *sinjarica*, *Valvulina* sp., *Cymopolia* sp., *Microcodium*, des charophytes et des madrépores caractérisant le Paléocène (Peza, 1973, 1977).

### 3- L'unité de calcaire à alvéolines allongées (30 m)

Cette unité, datée de l'Éocène moyen (Gjata et al., 1968; Peza, 1982), repose sur un mince niveau de bauxite (10 à 50 cm) soulignant une deuxième lacune de sédimentation d'environ 5 Ma (Éocène inférieur ; Gjata et al., 1968 ; Peza, 1973, 1977). Il s'agit de calcaires bioclastiques à texture floatstone où dominant les *Nummulites* et *Discocyclines* (*Nummulites* sp., *Discocyclina* sp., *Sphaerogypsina* sp., *Orbitolites* sp., *Operculina* sp., et l'espèce *Fabiania cassis*), renfermant aussi *Discorbis*, *Microcodium*, Miliolidés (*Quinqueloculina* sp., *Biloculina* sp., *Sigmoilina* sp.), Textularidés, Rotalidés, *Champanina* cf. *gassinensis* et des charophytes.

## 1.5.2 Coupe de la Route (Massif de Makareshi)

Cette coupe (Fig. 3) montre une série épaisse d'environ 175 m. On y observe seulement les unités 1 et 3 de la coupe de l'Escalier. L'unité 2 est absente à cause d'une lacune de sédimentation.

### 1- L'unité calcaire et dolomitique (parties a-c : 175 m)

Cette unité comporte trois ensembles, de bas en haut:

- (a) la partie inférieure (75 m), caractérisée par une alternance de calcaires laminés gris prédominants et de calcaires lumachelliques en petites strates (5 à 15 cm), renfermant des débris de rudistes. Les calcaires renferment les fossiles caractéristiques de la biozone CsB5 : *Moncharmontia apenninica*, *Accordiella conica*, *Rotorbinella scarsellai*, *Murgeina apula*, *Cuneolina* sp., *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Aeolisaccus kotori*, et des ostracodes ;
- (b) la partie médiane (70 m) présente une alternance de calcaires clairs, d'épaisseurs variables, renfermant des rudistes, et des dolomies sombres en strates épaisses (30 à 40 cm) avec des traces de bioturbation et des petits niveaux de calcaires bioconstruits (biostromes). La présence des associations caractéristiques de la microfaune et microflore permet de distinguer au début de cette partie la biozone CsB6 caractérisée par l'apparition de : *Murciella cuvillieri*, *Murciella renzi*, *Cuvillierinella* sp.. Dans les niveaux supérieurs les calcaires renferment les fossiles de la biozone CsB6, auxquels s'ajoutent *Girvanella*, *Rhapydionina* sp., *Laffiteina marsicana?*, Nubecularidés, Ophthalmidiidés, *Discorbis*, des gastéropodes très petits et des petites milioles ;
- (c) la partie supérieure (30 m) montre des strates d'épaisseurs très variables à prédominance dolomitique où alternent des dolomies à fenestreae, des dolomies claires laminées, des dolomies sombres bioturbées, et des calcaires clairs ou gris à Rudistes et parfois des gastéropodes. Les ostracodes et *Discorbis* y sont fréquents, avec de rares milioles, Ophthalmidiidés et Ataxophragmiidés.

### 3- L'unité de calcaire à alvéolines allongées (15 m)

Cette unité repose en discontinuité après une longue lacune de sédimentation d'environ 20.5 Ma (correspondant à la biozone CsB7 jusqu'à l'Éocène inférieur inclus), soulignée latéralement par de la bauxite en lentilles irrégulières. Il s'agit de

calcaires détritiques en strates épaisses (30 à 40 cm) avec la présence de rognons de silex concentrés surtout au milieu de l'unité. Ces calcaires renferment *Discocyclusina scalaris*, *Discocyclusina sella*, *Discocyclusina nummulitica*, *Asterodiscus stellatus*, *Actinocyclusina* sp., *Assilina* sp., *Nummulites globulus*, *Nummulites* cf. *atacicus*, *Archeolithothamnium* sp. et *Pellatospira* sp., caractérisant l'Éocène moyen (Gjata et al., 1968; Peza, 1982).

## 1.6 FACIÈS ET ENVIRONNEMENTS

Dans les deux coupes analysées des massifs de Kruje-Dajt et de Makareshi on a pu identifier 11 faciès élémentaires (Planche 1), définis et interprétés pour la première fois (Tableau 1). Ceux-ci vont permettre d'établir des environnements de dépôt et de proposer un agencement latéral, depuis le milieu subtidal jusqu'à la zone supratidale.

### 1.6.1 Faciès

#### *Faciès de calcaires laminés (F1)*

Ce faciès de calcaires laminés correspond à des alternances entre très fines laminations et niveaux biodétritiques [foraminifères, fragments d'algues (*Thaumatoporella* sp.), parfois débris de rudistes et micropellets]. Ces alternances ne sont pas régulières, traduisant différents types d'organisation des microséquences : changement d'épaisseur des niveaux et de fréquence de l'alternance. On constate parfois l'association des laminations avec de gros pellets sombres d'origine fécale (coprolithes) cimentés par la calcite sparitique.

Ces structures laminées horizontales ondulées sont interprétées comme des tapis produits par l'activité des cyanobactéries, vivant en communautés complexes et répandues dans les milieux intertidaux actuels (Purser, 1980).

#### *Faciès de calcaires lumachelliques (F2)*

Ce faciès de calcaires lumachelliques (rudistes) est présent surtout dans la partie inférieure de la coupe de la Route. Il est constitué par les concentrations de débris variés de rudistes en couches de différentes épaisseurs et textures.

Généralement, on constate un mélange des débris de coquilles désagrégées, témoignant d'une longue exposition aux courants et de coquilles entières montrant un bon état de conservation. Ces constituants sont parallèles ou subparallèles à la stratification. Leur matrice est une biomicritique sombre, parfois à petits terriers ; elle renferme des foraminifères et des algues. Ces accumulations de rudistes sont organisées principalement en strates dont l'épaisseur est d'ordre pluricentimétrique à métrique (*bed organisation*, selon Kidwell et al., 1986). Les surfaces de contact avec les calcaires d'autres faciès sont peu ondulantes mais bien tranchées. Des concentrations des débris squelettiques en forme d'amas (*clump organisation*, selon Kidwell et al., 1986) sont aussi observés surtout dans la partie basale de la coupe de la Route.

Ce faciès traduit une dynamique sédimentaire de haute énergie. On peut attribuer ce rôle aux vagues de tempêtes en eaux très peu profondes (Aigner, 1982; Düringer, 1984). Ces accumulations correspondent aux "*sedimentologic concentrations*" (Kidwell et al., 1986); elles sont dues au transport hydraulique, et à une resédimentation des débris dans les milieux intertidal et subtidal (Kidwell et al., 1986 ; Ruberti, 1997 ; Carannante et al., 2000).

### *Faciès de calcaires bioconstruits (F3)*

Le faciès de calcaires bioconstruits est une concentration de *Rudistes* entiers en position de vie et en disposition générale stratiforme. Il s'agit de biostromes (de type *patch reef*) organisés en strates massives (0,5 à 1 m). Les rudistes sont bien préservés, surtout au sommet des couches, où sont identifiés les genres suivants: *Durania*, *Hippurites*, *Hippuritella*, *Radiolites* avec l'espèce *Radiolites acuticostata* (Peza, 1973). Ces biostromes contiennent parfois des fragments de brachiopodes et bivalves (genre *Inoceramus* et l'espèce *Inoceramus ex-gr. salisburgensis* (Peza, 1973).

Ce faciès semble correspondre à l'agglomération *in situ* des rudistes nommée "*biogenic concentration*" (Kidwell et al., 1986 ; Ruberti, 1997 ; Carannante et al., 2000). Mais ici, ces organismes sont généralement des rudistes de petite taille (2-5 cm). Leur matrice est micritique avec des foraminifères benthiques caractéristiques des milieux subtidaux. Habituellement, ils ne sont associés ni aux organismes témoignant d'émersion (gastéropodes), ni à des organismes qui peuvent signaler des milieux peu profonds soumis aux influences du large (barrière) tels que madrépores, échinodermes et Orbitoididés. Ces raisons conduisent à placer ce faciès en milieu subtidal peu profond, dans la zone euphotique, protégée des influences du large.

### *Faciès de calcaires à débris de rudistes (F4)*

Le faciès de calcaires à débris de rudistes constitue la partie dominante des deux coupes. En général, ce sont des calcaires en strates pluridécimétriques (25 à 45 cm), atteignant même un mètre. Ils contiennent quelquefois soit des rudistes isolés en position de vie (F4), soit leurs fragments désarticulés et même déplacés dans une matrice biomicritique renfermant des microfaunes variables selon la biozonation.

Ce faciès à matrice biomicritique contient des foraminifères benthiques et des algues. Par conséquent le milieu du dépôt doit être subtidal (Ruberti, 1997 ;

Carannante et al., 2000), avec une profondeur n'excédant pas celle de la zone euphotique.

#### *Faciès de dolomies bioturbées (F5)*

Ce faciès, dolosparite ou dolomicrosparite, est organisé en strates épaisses (30 à 50 cm) de couleur sombre avec des traces de bioturbation et des fragments de rudistes, radioles d'oursins et de petits gastéropodes. Les terriers, type *Planolites* ?, (F5), (Frey and Pemberton, 1985), forment des sections sinueuses, obliques, subparallèles entre elles, de tailles différentes, et parallèles ou obliques à la stratification. Leur remplissage interne est un micrite fine, claire et contrastant avec la masse dolomitique.

En fait, la présence de tels terriers peut être attribuée à des crustacés (Purser, 1975). La plupart des milieux infratidaux actuels, mais aussi les lagons et les baies protégées, sont caractérisés par un substrat très mou, parfois semi-liquide où les terriers "remplis" sont prédominants (Shinn, 1968; Purser, 1980).

#### *Faciès de calcaires à figures de courant (F6)*

Ce faciès ne se trouve que dans la coupe de l'Escalier. Il s'agit d'un faciès micritique dont la disposition est caractérisée par des lits obliques en stratifications entrecroisées d'ordre décimétrique (20-40 cm) à métrique (1,2-1,3 m), des surfaces de stratifications ondulées et une granulométrie relativement constante d'une strate à l'autre.

Ce type de disposition correspond à la stratification oblique de type gamma décrite par Purser (1975) dans les sédiments du Jurassique de la « Dalle nacrée », plate-forme bourguignonne. Ces stratifications obliques sont typiques pour des milieux les plus profonds (subtidaux) de la plate-forme (Purser, 1980). Elles sont

causées par l'action de courants marins multidirectionnels qui accumulent des dunes hydrauliques.

*Faciès de dolomies à fenestrae (F7)*

Ce faciès est une micrite dolomitique à fenestrae lités (fenestrae « laminées », Purser, 1980) à remplissage géotrope de silt microcristallin dolomitique donnant un aspect stratifié à des strates massives et épaisses. Ces fenestrae montrent généralement une frange de cristaux rhomboédriques de dolomite se développant soit sur le silt géotrope, soit sous celui-ci. La cathodoluminescence montre l'absence totale de luminescence et de zonation dans les ciments des fenestrae.

Selon Shinn (1968) les bulles de gaz responsables des fenestrae sont produites par l'activité bactérienne dans les milieux intertidal supérieur à supratidal. L'absence de fentes de dessiccation, de terriers ouverts et de pseudomorphoses d'anhydrite (typiques de milieu supratidal) permet de placer ce faciès dans la partie supérieure de la zone intertidale.

*Faciès de dolomies laminées à figures de dessiccation (F8)*

Il s'agit de dolomies constituées par les alternances de niveaux laminés clairs et sombres. Les niveaux clairs sont très souvent bioturbés. Souvent, les lamines claires sont affectées de fentes de dessiccation. On y observe des fragments de lamines déplacées avec des angles variables par rapport à la stratification (F8). Certains fragments (7 à 8 cm de longueur) sont complètement détachés du lit d'origine. Dans les niveaux dolomitiques sombres, des lits affectés par la dessiccation montrent un aspect en mosaïque : brèche monogénique de dessiccation.

Ce faciès correspond à un milieu supratidal ou intertidal supérieur. Les structures laminées, associées aux figures de dessiccation (fentes et brèches) et les terriers verticaux conservant la calcite sparitique (à remplissage incomplet)

constituent des indices d'émersion (Purser, 1980). De plus, la prédominance des organismes liés aux émergences (*Discorbis* et gastéropodes, d'après Fleury, 1980), renforce l'hypothèse d'un milieu intertidal à supratidal.

#### *Faciès de dolomies bréchiques (F9)*

Ce faciès n'est présent que dans la partie basale de la coupe de l'Escalier. Il est constitué par les strates épaisses ou massives de dolomies montrant un aspect bréchique. Les éléments constitutifs sont de taille centimétrique, anguleux et généralement non granoclassés (F9). Parmi ces composants, des fragments allongés portant la trace d'un litage primaire prouvent le remaniement. Tous ces éléments sont disposés de manière chaotique et jointive. Les éléments et la matrice présentent la même minéralogie, ce qui indique une dolomitisation d'ensemble (Mehmeti, 1980).

Ce faciès bréchique, avec fragments atteignant 30 cm, montre une mise en place dans un milieu à très forte énergie. On peut supposer que ce dépôt s'est effectué dans les chenaux intertidaux, donc avec faible déplacement.

#### *Faciès de calcaires à Miliolidés (F10)*

Ce faciès n'est présent que dans la partie supérieure de la coupe de l'Escalier. Il caractérise la reprise de la sédimentation marine après l'émersion finicrétacé. Il est constitué par des strates épaisses de calcaires micritiques renfermant surtout des Miliolidés et *Discorbis*. Ces organismes, normalement, ne sont pas considérés comme indicateurs d'émersion. Mais ils sont souvent observés dans des sédiments dépourvus de toute autre faune exclusivement marine, associés avec des structures typiques d'émersion (fenestrae) et des charophytes (Fleury, 1970, 1980). Ce n'est pas le cas ici. Par contre, la présence de *Microcodium*, reliée à une activité organique de paléosols, indique des émergences temporaires et permet finalement de placer ce faciès dans le milieu intertidal.

### *Faciès de calcaires à grandes alvéolines (F11)*

Ce faciès constitue la partie sommitale des deux coupes. Il est caractérisé par des calcaires biodétritiques, en strates épaisses, essentiellement constituées de grands foraminifères hyalins (*Nummulites* et *Discocyclines*), de bryozoaires, d'échinodermes et d'algues rouges. On note aussi la présence de gastéropodes, ostracodes et charophytes.

Ce faciès correspond au milieu ouvert et de profondeur modérée (milieu subtidal) tel que démontré par l'abondance des foraminifères à test hyalin (Fleury, 1970, 1980 ; Mavrikas, 1993).

### **1.6.2 Dolomitisation**

Dans l'ensemble des deux coupes, la majorité des faciès sont affectés par la dolomitisation, soit partielle ( faciès : F1, F2, F3, F4, F6), soit totale (faciès : F5, F7, F8, F9). Sur le terrain, la nature dolomitique des carbonates est en général indiquée par la couleur brun-foncée ou chamois des affleurements qui contraste avec la couleur gris clair ou blanche des calcaires. Ces niveaux dolomitiques ne forment pas de grandes unités de dolomies massives mais ils s'observent en alternance avec les niveaux calcaires.

L'analyse pétrographique permet de distinguer les types suivants de dolomite selon la classification de Sibley and Gregg (1987):

- a. Dolomite à prédominance totale de la structure micritique, caractéristique du F8 qui montre la prédominance de la dolomicrite ;
- b. Dolomite à prédominance soit de la structure micritique, soit de la structure sparitique associée à la texture idiotopique-E (*Euhedral*). Elle est caractéristique du F5. Dans quelques cas on constate la prédominance quasi totale de la dolomicrite, et dans d'autres la

prédominance de la dolomicrosparite-dolosparite par rapport à la dolomicrite qui n'est présente que dans les terriers. Dans les dolosparites les cristaux sont en contact entre eux (*crystal-supported*), mais laissent une porosité intercrystalline ;

- c. Dolomite à prédominance quasi totale de la structure sparitique associée à la texture idiotopique-P (*Porphyrotopic*). Elle se trouve dans les faciès F1, F2, F3, F4 et F6. Dans ces faciès, on voit rarement des bioclastes et surtout les cristaux de la dolosparite montrant une distribution dispersée dans la matrice ;
- d. Dolomite à prédominance quasi totale de la structure sparitique associée à des textures idiotopiques E et C. Elle est caractéristique du F7 dans lequel on constate soit la prédominance de la dolomicrosparite, soit de la dolosparite qui entoure les cavités des fenestrae. Ces cristaux (surtout de la dolomicrosparite) présentent dans la plupart des cas la texture idiotopique-E (*Euhedral*), sauf les grands cristaux de la dolosparite qui sont associés à la calcite des fenestrae, et qui présentent la texture idiotopique-C (*Cement*) ;
- e. Dolomite à prédominance totale de la structure sparitique associée à la texture idiotopique S (*Subhedral*). Elle est typique du F9. Les cristaux de la dolosparite sont jointifs.

En conclusion, l'alternance des niveaux dolomitiques avec les calcaires et la présence de la texture idiotopique des cristaux de dolomite montrent que la dolomitisation est précoce et qu'elle s'est faite en milieu supratidal (type sebkha). Ce milieu est généralement associé à des conditions d'évaporation intense (Purser, 1980; Walker and James, 2000). Elles montrent de nombreux exemples de structures sédimentaires typiques de ces milieux comme les laminations, les figures de dessiccation, les différents types de brèches sédimentaires et les fenestrae.

### 1.6.3 Modèle sédimentologique

Dans ce modèle les faciès sont regroupés de façon à établir les relations spatiales des divers milieux correspondants. Le schéma (Fig. 4) propose des passages latéraux de faciès au sein d'une plate-forme interne, déduit de l'étude sédimentologique des deux coupes.

Selon les domaines définis par Walker and James (2000), trois environnements sont retenus ici : supratidal, intertidal et subtidal.

Dans le subtidal, les deux subdivisions adoptées, peu profond et profond, sont établies sur l'absence ou la présence des figures sédimentaires de haute énergie (mégarides), qui témoignent de l'action des courants tidaux propres à la partie profonde du milieu subtidal :

a) *subtidal peu profond*, situé sous le niveau inférieur des marées basses et en dehors de la zone des courants. Les termes "proximal" et "distal" ont été utilisées pour distinguer certains faciès de manière relative à défaut de termes plus précis et bien que le rivage de référence soit inconnu;

b) *subtidal profond*, situé dans la zone d'action des courants.

Deux catégories de faciès sont représentées sur le modèle proposé:

- les faciès correspondant à des milieux bien caractérisés : faciès F3 ; F6 ; F7 ; F8 et F11;

- les faciès nommés transitionnels : faciès F1; F2; F4; F5; F9 et F10, occupant une position intermédiaire.

Le modèle de sebkha admis pour la dolomitisation démontre que c'est le F5, toujours dolomitisé, qui précéderait les faciès intertidaux et supratidaux dans les successions sédimentaires. De plus, la présence dans le F5 de traces fossiles typiques du passage entre le milieu peu profond (intertidal) et le milieu plus profond (subtidal)

conduit à accepter une position relative peu profonde (proximale) de ce faciès par rapport aux F3 et F4. On peut donc admettre, que les dépôts subtidaux peu profonds correspondent à un gradient de profondeur qui irait du F3 (plus profond) au F5 (plus superficiel), en passant par le F4 (intermédiaire).

Le faciès F9 ne montre aucun critère définitif à cause de la dolomitisation. Sa répartition limitée et le fait qu'il soit bréchifié empêchent de lui attribuer une position dans le modèle.

## 1.7 ANALYSE SÉQUENTIELLE

### 1.7.1 Définition des séquences élémentaires

Les séquences élémentaires ou paraséquences correspondent à une évolution bathymétrique du milieu profond à peu profond, suivant le modèle sédimentologique. Les agencements verticaux des faciès peuvent présenter de multiples combinaisons. Cinq types de séquences élémentaires (flèches minces) sont retenues pour l'Escalier (figures 5 à 8) et quatre pour la Route (figures 9 à 11) :

#### *Séquences élémentaires dans la coupe de l'Escalier*

- Séquence intertidale à supratidale : avec faciès F7 à la base et F8 au sommet. Cette séquence est typique pour la partie supérieure de la biozone CsB5, où ces faciès forment une alternance régulière ;
- Séquence subtidale peu profonde : constituée soit du faciès F4 à la base et du F5 au sommet, soit du faciès F3 à la base et le F4 au sommet, ou encore seulement du F11 ;
- Séquence subtidale profonde à subtidale peu profonde : constituée du faciès F6 à la base et F3 ou F5 au sommet ;

- Séquence subtidale peu profonde à intertidale : constituée: du faciès F4 à la base et F1 ou F2 au sommet, ou du faciès F5 à la base et le F7 au sommet, ou encore des successions de faciès F3- F4 –F1, F4 - F5 - F7 et F3 - F5 -F7 ;
- Séquence subtidale profonde à intertidale : constituée des faciès F6 ou F5 à la base et le F2 au sommet, ou seulement du F10.

#### *Séquences élémentaires dans la coupe de la Route*

- Séquence intertidale : caractérisant la partie basale de la coupe, où les faciès intertidaux F1 et F2 présentent une alternance régulière ;
- Séquence subtidale peu profonde : constituée des faciès F4 ou F5 à la base et F3 ou F4 au sommet, ou seulement du F11 ;
- Séquence subtidale peu profonde à intertidale : avec le faciès F5 à la base, suivi du F7 au sommet ;
- Séquence subtidale peu profonde à supratidale. Les faciès subtidaux (F4, F3 et F5) constituent la base. Le sommet est occupé par des faciès intertidaux (F 7) et supratidaux (F8).

### **1.7.2 Séquences stratigraphiques, ou cycles**

Les successions verticales des séquences élémentaires déterminent 3 types d'assemblages selon Cross (1988): progradant (régression); rétrogradant (transgression); et "vertical" (caractère constant). L'alternance des assemblages de type progradant ou vertical et de type rétrogradant permet de déduire les séquences stratigraphiques (*genetic sequences* selon Cross, 1988 ; Proust, 1994).

Suivant cette analyse, on a défini 14 séquences dans la coupe de l'Escalier (figures 5 à 8), et 7 séquences dans la coupe de la Route (figures 9 à 11). Dans ces schémas les résultats de l'analyse séquentielle sont présentés de la façon suivante: séquences stratigraphiques (S); assemblages des séquences élémentaires (flèches

épaisses): progradants (flèche orientée vers la droite), rétrogradants (flèche orientée vers la gauche), verticaux (flèche orientée vers le haut).

### *Séquences stratigraphiques dans la coupe de l'Escalier*

- *Séquence S1* (Fig. 5) : elle est constituée d'un assemblage vertical, peut-être progradant ?, mais la lacune d'observation ne permet pas de faire une estimation correcte. L'assemblage est représenté par un empilement de séquences subtidales peu profondes ;
- *Séquence S2* (Fig. 5) : elle présente un seul assemblage rétrogradant, limité au sommet par une surface d'inondation maximum (SIM) (au niveau du faciès F3) soulignant le passage rapide du faciès intertidal (F1) vers le faciès subtidal (F3). La tendance rétrogradante s'exprime par un amincissement des séquences élémentaires vers le haut et par une diminution de la dominance du faciès intertidal (F1) ;
- *Séquences S3 et S4* (Fig. 5 et Fig. 6) : elles offrent les mêmes cycles, composés d'un assemblage progradant suivi d'un assemblage rétrogradant. Elles sont limitées à leur base par une SIM placée au niveau du faciès F3. La tendance progradante s'exprime par un épaissement des séquences élémentaires vers le haut. La tendance rétrogradante s'exprime par un amincissement des séquences élémentaires vers le haut dans S3, et d'un éventuel épisode régressif (?) dans S4 ;
- *Séquence S5* (Fig. 6) : elle contient un assemblage rétrogradant marqué par une diminution de l'épaisseur du faciès subtidal peu profond (F5), et par un amincissement vers le haut des séquences élémentaires. Sa limite supérieure est marquée par une surface de transgression (ST) montrant le passage brusque de milieu intertidal (F7) à subtidal (F4) ;
- *Séquences S6 et S7* (Fig. 6 et Fig. 7) : elles montrent des cycles, composés par des assemblages progradants suivis d'assemblages rétrogradants, séparés par des surfaces de transgression (ST). D'une part, la tendance progradante

s'exprime par une épaissement progressif de séquences élémentaires dans S6 et d'une légère augmentation de faciès les moins profonds dans S7. D'autre part, la tendance rétrogradante s'exprime par une augmentation de la profondeur et de l'épaisseur du faciès le plus profond (F6). Malheureusement, une lacune d'affleurement d'environ 10m ne permet pas d'observer le sommet de la séquence S6 et la base de la séquence S7 ;

- *Séquence S8* (Fig. 7). La prédominance du faciès le plus profond (F6, subtidal) a conduit à interpréter l'assemblage de cette séquence comme rétrogradant ;
- *Séquences S9, S10 et S11* (Fig. 8). Elles sont caractérisées par le développement de séquences élémentaires intertidales à supratidales, composées des faciès respectifs (F7, intertidal et F8, supratidal). Elles montrent une tendance rétrogradante exprimée par leur épaissement progressif (typique pour S9 et S10). Dans la séquence S11, le même assemblage progradant forme un cycle comportant un épisode régressif marqué par un passage brusque du faciès supratidal le moins profond (F8) au faciès subtidal plus profond (F4) ;
- *Séquence S12* (Fig. 8). Cette séquence est composée par: (a) un assemblage progradant, constitué de séquences élémentaires qui montrent, d'une part, un épaissement progressif et une augmentation de la dominance des faciès les moins profonds (F7 et F8), et d'autre part une diminution de la dominance du faciès profond (F4) ; (b) un épisode transgressif, caractérisé par le passage brusque (ST) du faciès F8, le moins profond, au faciès F4, plus profond. Les limites de cette séquence ne sont pas connues à cause de deux lacunes d'affleurement, respectivement de 12m et 8m ;
- *Séquence S13* (Fig. 8) : elle est formé d'un seul épisode progradant, tronqué à son sommet par une surface d'érosion (SD, surface de « *downward shift* ») ;
- *Séquence S14* (Fig. 8): elle montre un épisode rétrogradant (faciès F10), renfermant des organismes exprimant une tendance à l'émersion (SD) et d'un

épisode progradant (faciès F11). Elle est limitée à son sommet par l'arrivée du flysch (ST), reconnue comme indicateur d'un approfondissement du bassin (marnes à plancton).

### *Séquences stratigraphiques dans la coupe de la Route*

- *Séquence S1* (Fig. 9 et Fig. 10) : elle est formée surtout de séquences élémentaires intertidales en assemblage vertical. Au sommet, le passage de ces faciès intertidaux à un faciès subtidal peu profond (F4) peut marquer une inondation rapide, qui caractérise une surface de transgression (ST) (Fig. 10). Une hausse progressive du niveau marin relatif, marquée par une mince lit coquilliers (F3), peut caractériser un maximum d'inondation. Par conséquent, la SIM est placée dans ce niveau (Fig. 10). Elle marque la limite supérieure de la séquence S1 ;
- *Séquence S2* (Fig. 10) : elle est composée d'un assemblage progradant et d'un épisode rétrogradant. L'assemblage progradant est constitué de séquences élémentaires montrant une augmentation progressive vers le haut de la dominance des faciès moins profonds (F7 et F8). Il est limité au sommet par une surface de transgression (ST), marquée par le passage brusque du faciès supratidal (F8) au faciès subtidal peu profond (F4). Une autre inondation (passage de faciès F4 à F3, relativement plus profond), justifie de proposer l'existence d'une SIM caractérisant la limite supérieure de cette séquence ;
- *Séquences S3, S4 et S5* (Fig. 10 et Fig. 11) . Elles ressemblent à la séquence S2 et sont composées : (a) des assemblages progradants constitués de séquences élémentaires exprimant soit un épaissement progressif, soit une tendance à l'augmentation de la dominance des faciès moins profonds (intertidaux ou supratidaux) ; (b) des épisodes régressifs, limités à leur base par des surfaces de transgression (ST), montrant le passage brusque du faciès supratidal (F8) vers les faciès plus profonds (subtidaux). Ces séquences sont

limitées par des SIM marquant le maximum d'inondation (le niveau de faciès F3) ;

- *Séquence S6* (Fig. 11) : elle est constituée par un assemblage progradant. La tendance progradante s'exprime par une prédominance et un épaissement progressif des faciès les moins profonds (F7 et F8). Cet assemblage est tronqué au sommet par une très importante surface d'érosion (SD). C'est la surface qui limite les dépôts carbonatés du Crétacé terminal et les dépôts du Tertiaire (calcaires éocènes). Mais, une lacune d'affleurement, d'environ 9 m, empêche d'observer la limite inférieure de cette séquence ;
- *Séquence S7* (Fig. 11) : elle est constituée d'un seul épisode progradant (faciès F11). Elle est limitée à la base par la surface d'érosion (SD) et à son sommet par l'arrivée du flysch (ST).

## 1.8 COMPARAISON DES DEUX COUPES : DISCUSSION ET CORRÉLATION

### 1.8.1 Repères stratigraphiques généraux

Les données biostratigraphiques obtenues dans les deux coupes étudiées nous ont permis de fixer des nouveaux repères biostratigraphiques pour la période du Crétacé supérieur, antérieurement aux deux événements déjà bien établis, soit: l'émersion intra-maestrichtienne et l'arrivée du flysch d'âge Oligocène (Gjata et al., 1968 ; Papa, 1970 ; Peza, 1973, 1975, 1977, 1982 ; ISPGJ-IGJN, 1983 ; Meço et Aliaj, 2000 ; Robertson et Shallo, 2000).

Ainsi, les limites des biozones CsB4, CsB5 et CsB6, la discontinuité majeure au niveau du passage K-T (l'émersion et la lacune fini-crétacé avec l'absence de la

biozone CsB7), la deuxième émergence (avec lacune) pendant l'Éocène inférieur et, enfin, la submersion générale à l'Oligocène (l'arrivée du flysch) représentent donc des repères importants lithologiques et biostratigraphiques pour la corrélation dans les dépôts carbonatés de ces deux massifs de la plate-forme de Kruja (Fig. 12). De plus, les repères permettent la comparaison et la mise en évidence des points communs et des différences entre les deux coupes.

### **1.8.2 Cadre biostratigraphique**

Du point de vue biostratigraphique, on peut résumer ainsi : les divisions (biozones ou étages) ne sont pas entièrement commune aux deux coupes: la biozone CsB4 n'est représentée que sur la coupe de l'Escalier ; la biozone CsB5 est toute entière représentée sur la coupe de l'Escalier, mais ne montre que sa partie sommitale sur la coupe de la Route ; la biozone CsB6 est présente sur les deux coupes, mais, dans les deux cas, elle est tronquée au sommet par une surface d'érosion (discontinuité au niveau du passage K-T) ; la biozone CsB7, qui est établie par Fleury (1980) et qui correspond à la partie sommitale du Crétacé supérieur est absente; le Paléocène n'est représenté que sur la coupe de l'Escalier et, de plus, il est tronqué au sommet par une surface d'érosion supportant la bauxite avec absence de l'Éocène inférieur (Gjata et al., 1968 ; Peza, 1973, 1975, 1977, 1982 ; ISPGJ-IGJN, 1983) ; enfin, l'Éocène moyen est présent dans les deux coupes, mais il est plus épais dans la coupe de l'Escalier, ce qui suggère une subsidence plus importante dans le massif de Kruje-Dajt que dans celui de Makareshi pendant cette période.

### **1.8.3 Lithofaciès**

Du point de vue des faciès , huit des faciès décrits se retrouvent dans les deux coupes (F1, F2, F3, F4, F5, F7, F8 et F11), tandis que trois faciès sont observés seulement dans la coupe de l'Escalier, soit: (a) celui des dolomies bréchiques (F9),

trouvé dans la partie basale, dans le CsB4 ; (b) le faciès calcaire comportant des figures de courant (F6) qui est présent dans la division CsB5; (c) et le faciès de calcaire à Miliolidés (F11) qui est identifié dans la partie supérieure.

On constate aussi qu'à âge égal, selon les biozones reconnues ici, les environnements fluctuent d'une coupe à l'autre dans deux situations : d'une part, au sommet de la biozone CsB5, des faciès de type intertidal supérieur-supratidal (faciès F7 et F8), dominant dans la coupe de l'Escalier, tandis que des faciès de type intertidal profond à subtidal (faciès F1 et F2) dominant dans la coupe de la Route ; d'autre part, dans la partie inférieure de la biozone CsB6, à la coupe de la Route, le faciès F3 est bien représenté, alors que la partie inférieure de la même biozone à l'Escalier est caractérisée par la prédominance du faciès F4.

Ces changements peuvent être attribués à une bathymétrie variable indiquée par des zones basses associés à des secteurs plus fortement subsidents (Purser, 1980; Walker and James, 2000). Cependant, les deux massifs carbonatés de cette plateforme restent dans un contexte néritique avec un contrôle essentiellement eustatique de la sédimentation jusqu'à la fin de l'Éocène moyen .

#### **1.8.4 Lacunes**

Les lacunes stratigraphiques dans les deux coupes (deux sur la coupe de l'Escalier et une seule qui représente les deux précédentes dans la coupe de La Route) correspondent à des grands épisodes régressifs, tels que définis par Haq et al. (1988).

L'émersion fini-crétacé avec l'absence de la biozone CsB7 est donc générale. Mais la longue durée de la lacune (20.5 Ma) dans la coupe de la Route, au massif de Makareshi, est liée probablement à des activations des accidents limitant la plate-

forme de Kruja à l'Ouest vers le bassin Ionien : de tels accidents sont aussi reconnus dans la plate-forme de Gavrovo en Grèce (Mavrikas, 1993).

La deuxième lacune (5 Ma), marquée par la bauxite, s'est produite au cours de l'Éocène inférieur (Gjata et al., 1968 ; Peza, 1973, 1975, 1977, 1982 ; ISPGJ-IGJN, 1983). Elle est observée seulement dans la coupe de l'Escalier, révélant ainsi une autre phase d'émersion de la plate-forme, relativement de courte durée, dans ses secteurs les plus orientaux (massif de Kruje-Dajt) où toutefois la subsidence était importante. Un tel phénomène n'est pas en contradiction avec l'émersion plus longue identifiée à la coupe de La Route (massif de Makareshi).

Ainsi, après une émersion généralisée, présentant néanmoins des différences locales dans une plate-forme interne, un milieu de type plate-forme externe (le faciès F11) s'installe au cours de l'Éocène moyen, marquant la tendance à l'uniformisation de l'environnement dans les deux coupes.

### **1.8.5 Analyse séquentielle**

L'analyse séquentielle des deux coupes montre que le renouvellement des organismes qui caractérisent les passages des biozones et étages est observé à la fin des épisodes régressifs et au début des épisodes transgressifs.

Ainsi, dans la coupe de l'Escalier, le renouvellement faunique dans les passages CsB4 à CsB5 et CsB5 à CsB6 se fait au niveau de faciès F4, marquant une hausse du niveau marin relatif (passage du milieu intertidal au milieu subtidal), au début de l'épisode transgressif respectivement dans les séquences S6 et S11. Dans la coupe de La Route, le renouvellement des organismes caractérisant le début de la biozone CsB6, se fait de la même façon à la fin de l'épisode régressif de la séquence S1, au niveau du faciès F4. Finalement, dans les deux coupes, le passage vers

l'Éocène moyen est observé aussi pendant un épisode transgressif correspondant aux séquences S14 (l'Escalier) et S7 (la Route).

Toutes ces apparitions de faunes nouvelles correspondent à des phases d'élévation du niveau marin relatif (phase transgressive), accompagnées de la création d'espace disponible et l'instauration de nouvelles conditions écologiques, ce qui permet l'installation puis l'expansion de nouvelles espèces.

En terme de stratigraphie séquentielle, c'est seulement la partie incluse entre la biozone CSB6 et l'Éocène moyen qui est totalement comparable dans les deux coupes. Elle est caractérisée par des séquences stratigraphiques montrant, en général, une nette tendance régressive au cours de la biozone CSB6 et qui correspond concrètement aux faciès inter-supratidaux dolomitiques (F7 et F8). Ce phénomène est également connu aussi dans la plate-forme de Gavrovo (Landrein et al., 2001). Le maximum de régression, contrôlé par l'eustatisme (Landrein et al., 2001), se fait parallèlement dans les deux coupes au niveau des séquences S13 (coupe de l'Escalier) et S6 (coupe de la Route). Enfin, la reprise de la sédimentation avec des nouveaux peuplements, caractérisant un milieu ouvert (faciès F11), se fait parallèlement pendant l'épisode transgressif des séquences S14 (coupe de l'Escalier) et S7 (coupe de La Route).

Finalement, on peut donc admettre *a priori* que les deux coupes témoignent d'un ensemble relativement homogène avec des variations locales mineures. On peut donc dire que les deux massifs, maintenant presque accolés par les déplacements tectoniques, représentent bien une seule plate-forme. Toutefois, seules des données géophysiques précises pourraient aider à évaluer les dimensions originales de cette plate-forme.

## 1.9 CONCLUSION

L'étude des carbonates de la plate-forme de Kruja, dans les massifs de Kruje-Dajt (Figs. 2A, 2B) et de Makareshi (Figs. 3 et 2B) a permis de mettre en évidence 11 faciès types, (Fig. 4, Planche 1 et Tableau 1) de les interpréter en fonction du milieu et de les assembler en termes de stratigraphie séquentielle (Figs. 5 à 11). On a pu aussi montrer l'existence de cycles sédimentaires pendant les périodes du Crétacé terminal et du Paléocène-Eocène.

Trois unités lithologiques sont reconnus dans les deux coupes étudiées et une biozotation précise est établie pour le Crétacé supérieur (biozones : CsB4, CsB5, CsB6 et CsB7).

La partie Santonien supérieur-Campanien inférieur (biozone CsB4) n'est présente que dans le massif de Kruje-Dajt (Fig. 2A). Elle est caractérisée par des faciès de milieu subtidal peu profond à intertidal.

La biozone CsB5 (Campanien inférieur) est toute entière représentée dans le massif de Kruje-Dajt (Fig. 2A), mais ne montre que sa partie sommitale dans le massif de Makareshi (Fig. 3). Dans le massif de Kruje-Dajt, elle est caractérisée par la dominance du faciès du milieu subtidal profond, interrompu par des faciès du milieu intertidal à supratidal formant des alternances à forte fréquence au sommet. Cependant, dans le massif de Makareshi, elle n'est représentée que par des faciès du milieu intertidal.

Le sommet du Crétacé (biozone CsB6), tronqué par une surface d'érosion avec l'absence de la biozone CsB7, est présent dans les deux coupes (Fig. 2A et 3). Il

est caractérisé par l'alternance subtidal-intertidal-supratidal avec peuplements typiques d'une plate-forme interne, datant le Campanien sup.- Maastrichtien inf.

Le Tertiaire, soit l'Eocène moyen dans le massif de Makareshi, et le Paléocène-Eocène moyen dans le massif de Kruje-Dajt, est caractérisé par des sédiments carbonatés micritiques. C'est la sédimentation marine qui reprend après l'émergence fini-crétacé. Des sédiments carbonatés détritiques riches en foraminifères hyalins (Nummulites et Discocylines) correspondent à un milieu ouvert.

L'alternance des niveaux dolomitiques avec les calcaires, la présence de la texture idiotopique des cristaux de dolomite et l'absence de la zonation de ces cristaux montrent que la dolomitisation est précoce et qu'elle s'est faite en milieu supratidal (type sebkha).

L'analyse séquentielle montre quatorze séquences dans le massif de Kruje-Dajt et sept séquences dans le massif de Makareshi. Dans les deux coupes l'apparition de nouveaux organismes, caractérisant le début des biozones, se fait à la fin de l'épisode régressif des séquences, ce qui traduit une hausse du niveau marin relatif au début de l'épisode transgressif.

Seules des variations locales et aléatoires marquent quelques différences dans les deux coupes, soit l'existence de blocs faillés qui favorisent des émergences de durées variables : deux exemples sont bien mis en évidence dans cette étude.

Les deux massifs témoignent donc d'un ensemble sédimentaire plutôt homogène, qui caractérise principalement la partie centrale de la Zone de Kruja, avec les mêmes peuplements (Alveolinidés, en particulier) et le même type de sédimentation néritique de plate-forme pendant l'intervalle Crétacé supérieur-Paléocène-Éocène.

**Tableau.1. - Caractéristiques et interprétation des faciès dans la coupe de l'Escalier (massif de Kruje-Dajt) et de la Route (massif de Makarashi).**  
**Table .1. - Characteristics and interpretation of facies in the Escalier section (Kruje-Dajt massif) and La Route section (Makarashi massif).**

| Faciès   | Composants   | Structures sédimentaires   | Environnement  |
|--|--|--|--|
| Calcaires laminés (F1)                           | Fragments d'algues, foraminifères benthiques, débris de rudistes, micropellets, coprolithes (rares).   | Laminations algaires (tapis algaires) horizontales et ondulées.  | Intertidal   |
| Calcaires lamachelliques (F2)                    | Débris variés de rudistes, rudistes entiers (amas), foraminifères benthiques et algues.  | Lumachelites de rudistes, parfois petits terriers.   | Intertidal - subtidal peu profond (proximal)   |
| Calcaires bioconstruits (F3)                     | Rudistes: <i>Durania</i> sp., <i>Hippurites</i> sp., <i>Radiolites</i> sp., <i>Radiolites accentuata</i> .<br>Parfois, fragments de brachiopodes et de bivalves ( <i>Inoceramus</i> sp., <i>Inoceramus ex-gr. salisburgensis</i> ).<br>Foraminifères benthiques. | Biostromes de rudistes   | Subtidal peu profond (distal)  |
| Calcaires à débris de rudistes (F4)              | Fragments de rudistes, foraminifères benthiques, algues.   |  | Subtidal peu profond   |
| Dolomies bioturbées (F5)                         | Fragments de rudistes, radiales d'oursins et gastéropodes fins   | Terriers remplis de type <i>Planolites</i> ?   | Subtidal peu profond   |
| Calcaires comportant des figures de courant (F6) | Foraminifères benthiques et algues   | Stratification oblique d'ordre décimétrique (20-40 cm à métrique (1.2-1.3 m) avec des directions de pendage multiples (20- 30°). | Accumulation des dunes hydrauliques par l'action de courants multidirectionnels dans le domaine subtidal profond |
| Dolomies à fenestrac (F7)                        | Rares foraminifères benthiques et algues.  | Fenestrac, laminées, rapprochées, et dispersées.   | Intertidal (partie supérieure)   |
| Dolomies laminées à figures de dessiccation (F8) | Rares fragments d'algues et foraminifères benthiques   | Laminations horizontales et ondulées, bioturbation, fentes de dessiccation et brèches.   | Supratidal   |
| Dolomies bréchiques (F9)                         | Fragments de roche (5- 15 cm) anguleux ou peu arrondis;<br>Fragments de roche ( 20 - 30 cm) anguleux, allongés portant la trace d'un litage primaire.  |  | Chenaux intertidaux avec faible déplacement  |
| Calcaires à miliolites (F10)                     | Miliolides; <i>Discorbis</i> ; <i>Microcodium</i>  |  | Intertidal   |
| Calcaires à grandes alvéolines (F11)             | <i>Nummulites</i> sp. et <i>Discocyclus</i> sp., bryozoaires, échinodermes, algues rouges, gastéropodes, ostracodes et charophytes.  |  | Subtidal peu profond (distal)  |

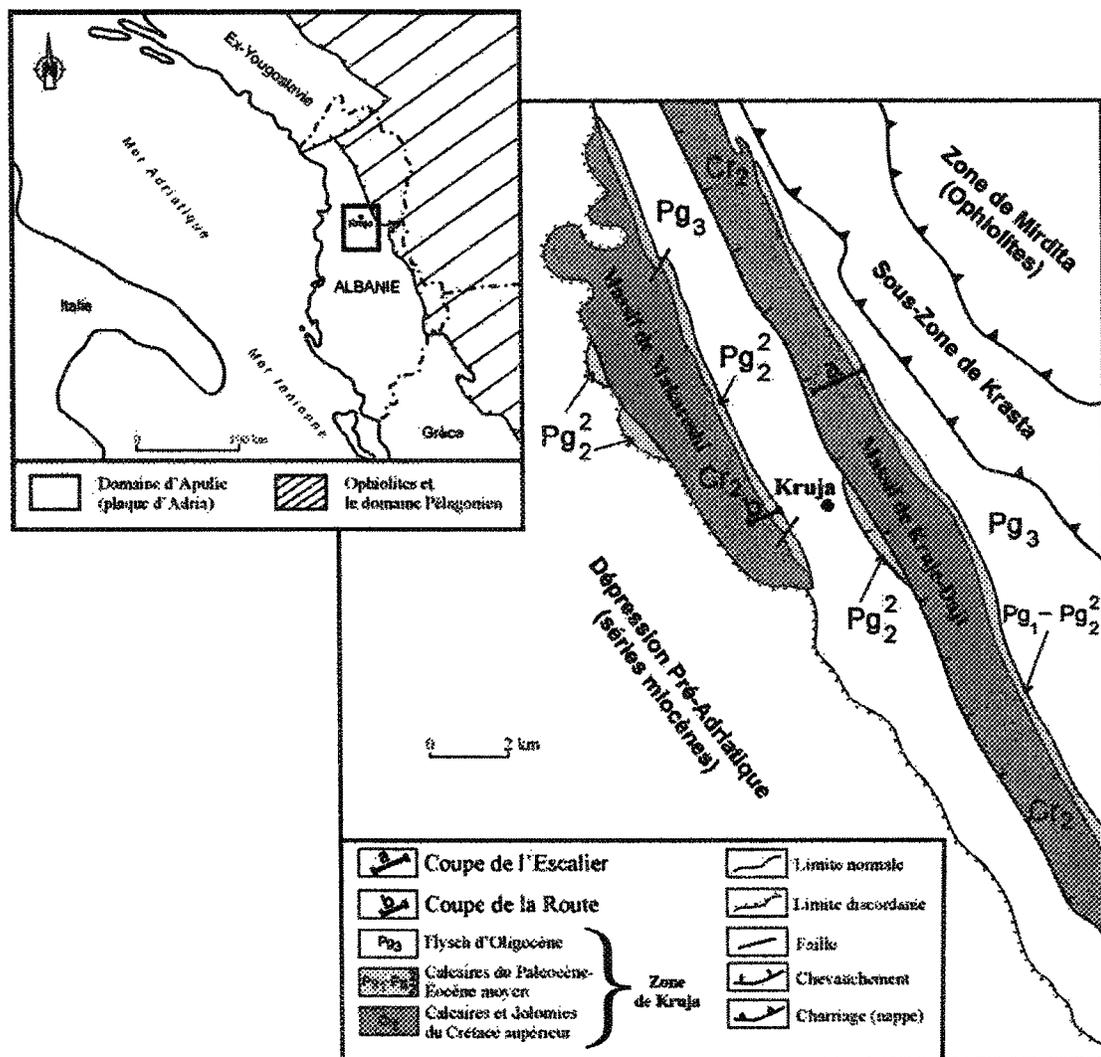
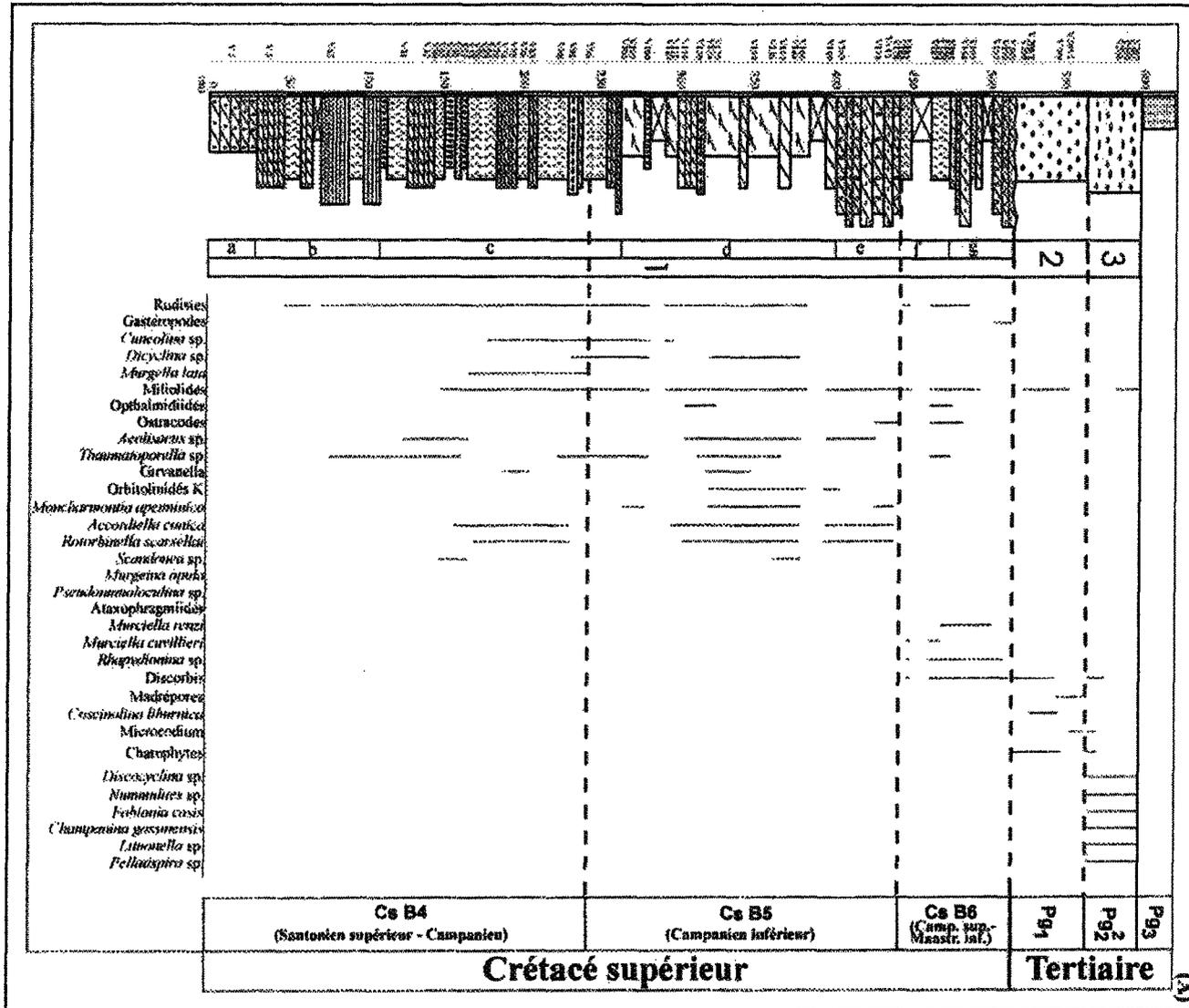


Fig.1. Schéma de localisation des coupes étudiées: -a- la coupe de l'Escalier (massif de Kruje-Dajt) et -b- la coupe de la Route (massif de Makareshi), (Zone de Kruja, Albanie). Selon la Carte Géologique de l'Albanie ; 1: 200 000.

Fig.1. Localisation of the studied successions: -a- Escalier section (Kruje-Dajt massif) and -b- La Route section (Makareshi massif), (Kruja Zone, Albania). After Geological Map of Albania; 1:200 000.

Fig. 2. - Lithologie et biostratigraphie de la coupe de l'Escalier (massif de Krnje-Dubi) (A). Légende (B).



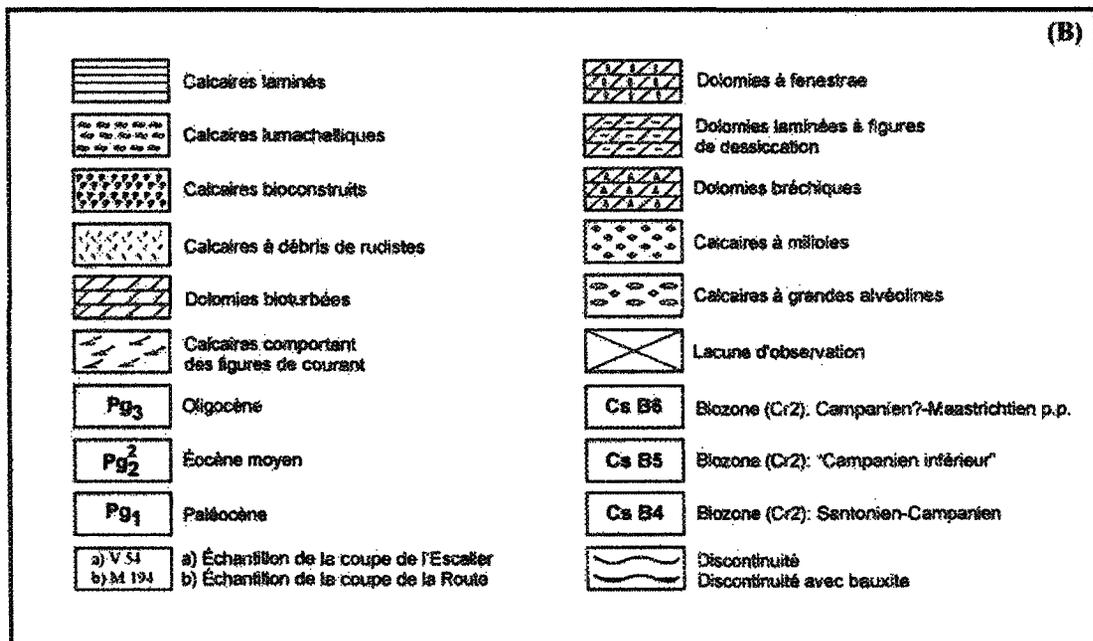


Fig.2. - Lithologie et biostratigraphie de la coupe de l'Escalier (massif de Kruje-Dajt) (A); Légende (B).  
 Fig.2. - Lithology and biostratigraphy of l'Escalier section (Kruje-Dajt massif) (A); Legend (B).

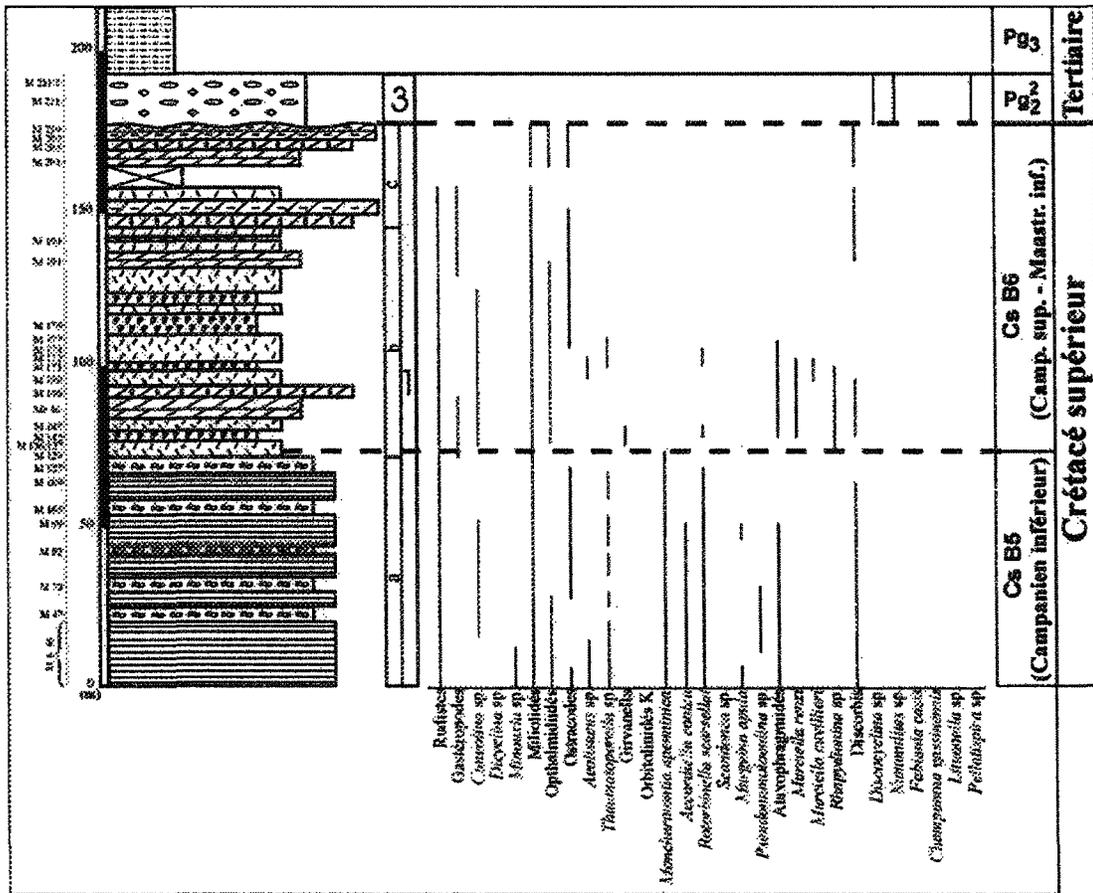
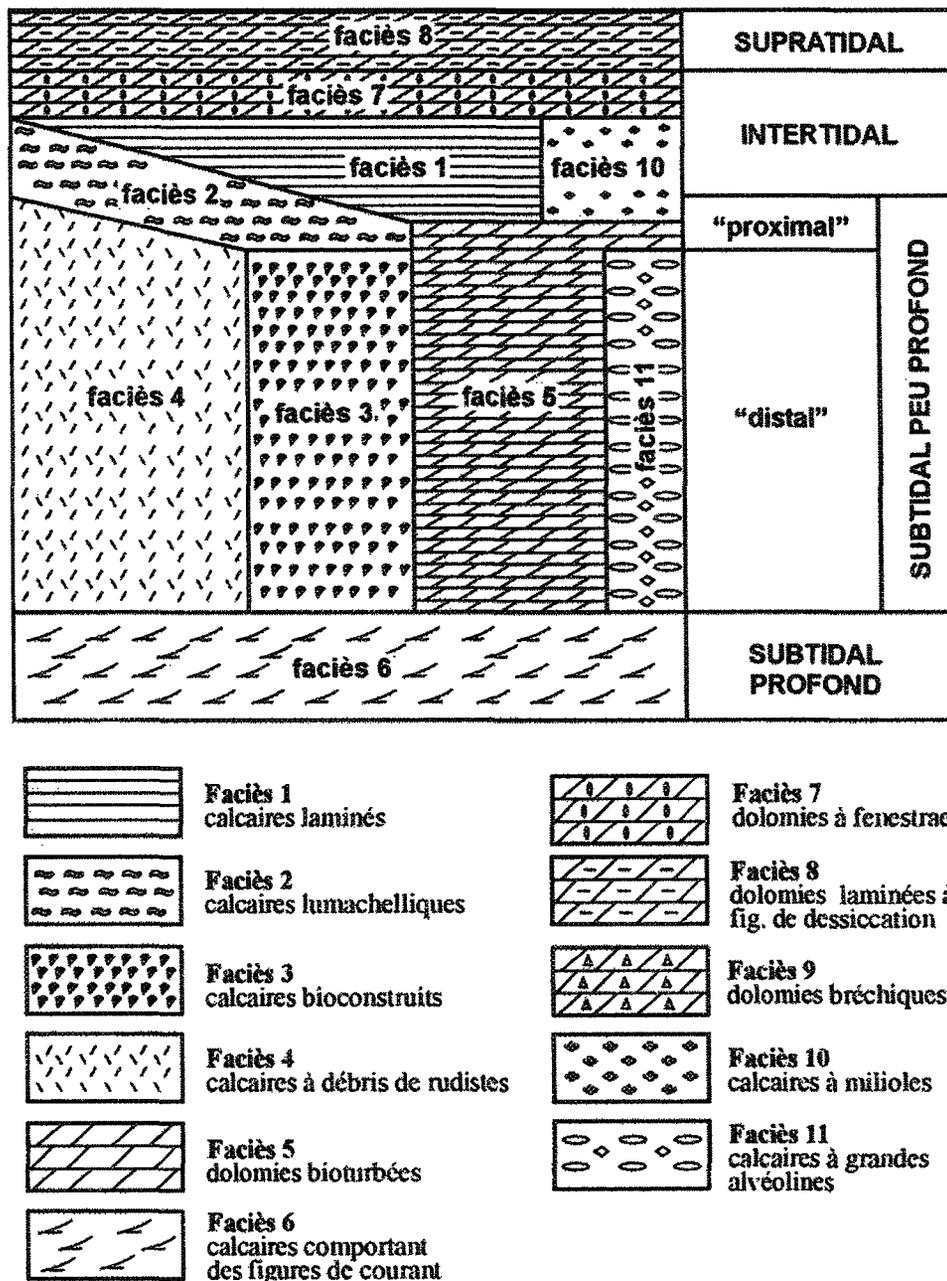
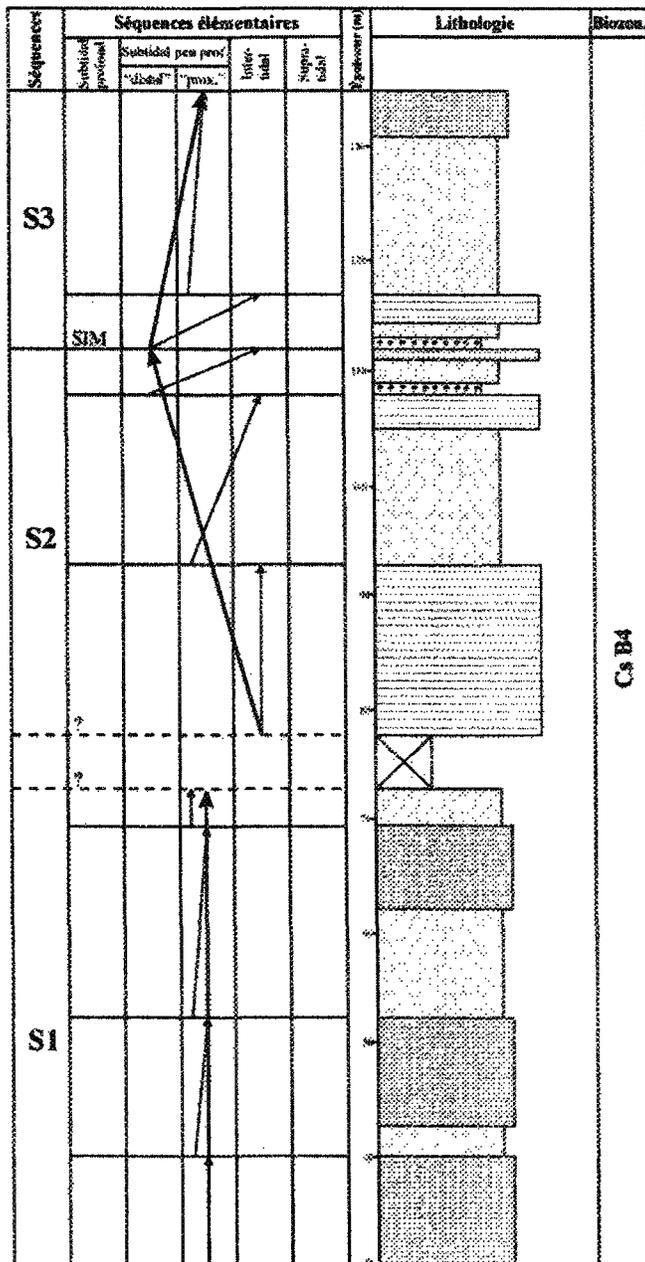


Fig.3. - Lithologie et biostratigraphie de la coupe de la Route (massif de Makareshi). Légende: Figure 2B.  
 Fig.3. - Lithology and biostratigraphy of La Route section (Makareshi massif). Legend: Figure 2B.



**Fig.4.** - Modèle sédimentologique de substitution des faciès.  
**Fig.4.** - *Sedimentary model of the facies succession.*



**Fig.5.** Analyse séquentielle de la coupe de l'Escalier (massif de Kruje-Dajt), (première partie). Les flèches minces représentent les séquences élémentaires qui montrent l'évolution bathymétrique ; les flèches épaisses représentent les assemblages des séquences élémentaires (progradant, rétrogradant ou "vertical") ; S- séquence stratigraphique (cycle) ; ST - surface de transgression ; SIM - surface d'inondation maximum ; SD - surface d'érosion. La lithologie (légende : Figure 2B.) montre l'organisation verticale des faciès, dont la largeur est d'autant plus grande que le faciès est moins profond.

**Fig.5.** Sequences stratigraphy of Escalier section (Kruje-Dajt massif), (part one). The thin arrows indicate the elementary sequences which show the bathymetric evolution; the thick arrows indicate the trends of the elementary sequences (regressive, transgressive or "vertical"); S - stratigraphic sequence; ST - transgressive surface; SIM - maximum flooding surface; SD - downward shift surface. The lithological log (legend: Figure 2B.) indicates the vertical organization of facies with a length more important for the shallowest facies.

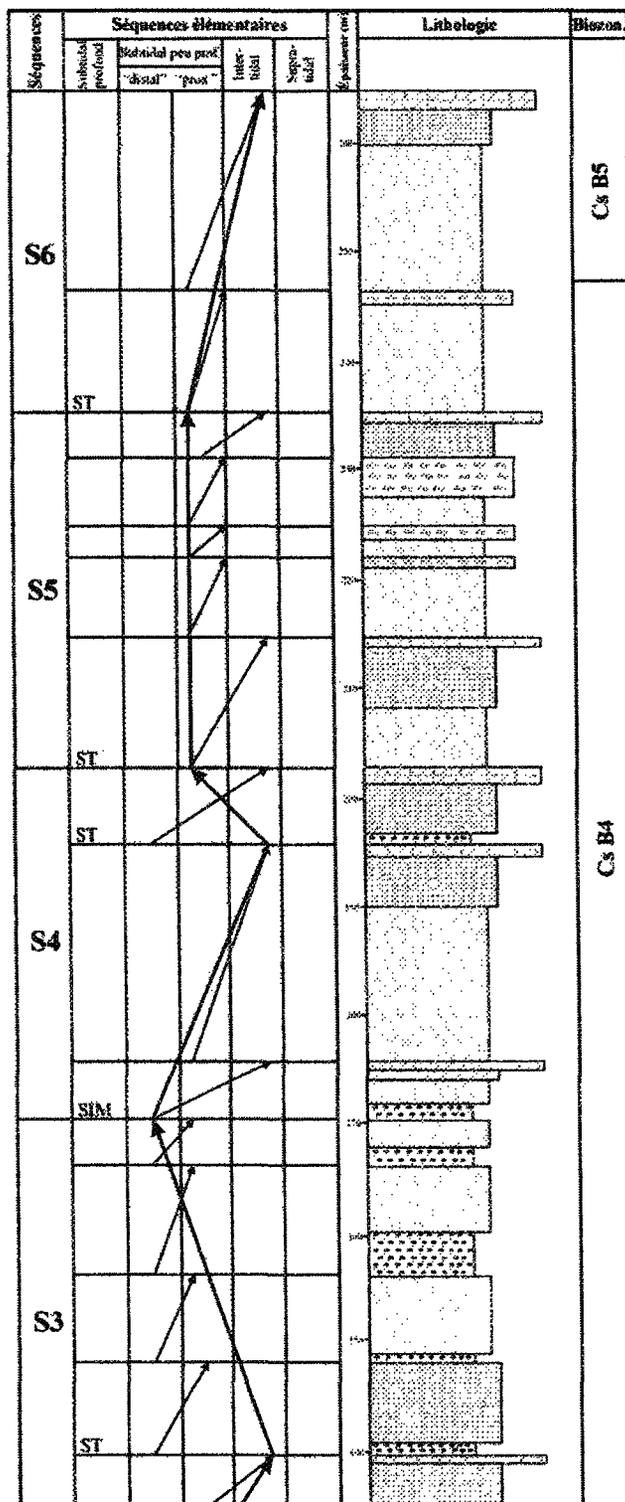


Fig.6. Analyse séquentielle de la coupe de l'Escalier (massif de Krnje-Dajit), (deuxième partie).  
Légende: Figure 5.  
Fig.6. Sequences stratigraphy of Escalier section (Kruje-Dajit massif), (part two).  
Legend: Figure 5.



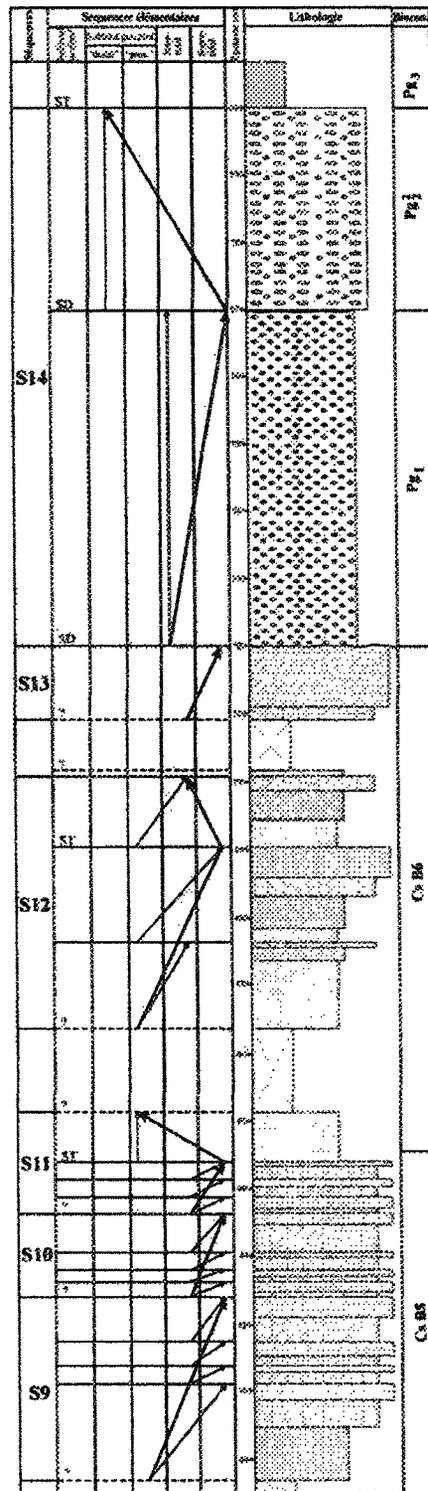


Fig.8. Analyse séquentielle de la coupe de l'Escalier (massif de Kruije-Dajt), (quatrième partie). Légende: Figure 5.  
 Fig.8. Sequences stratigraphy of Escalier section (Kruije-Dajt massif), (part four). Legend: Figure 5.

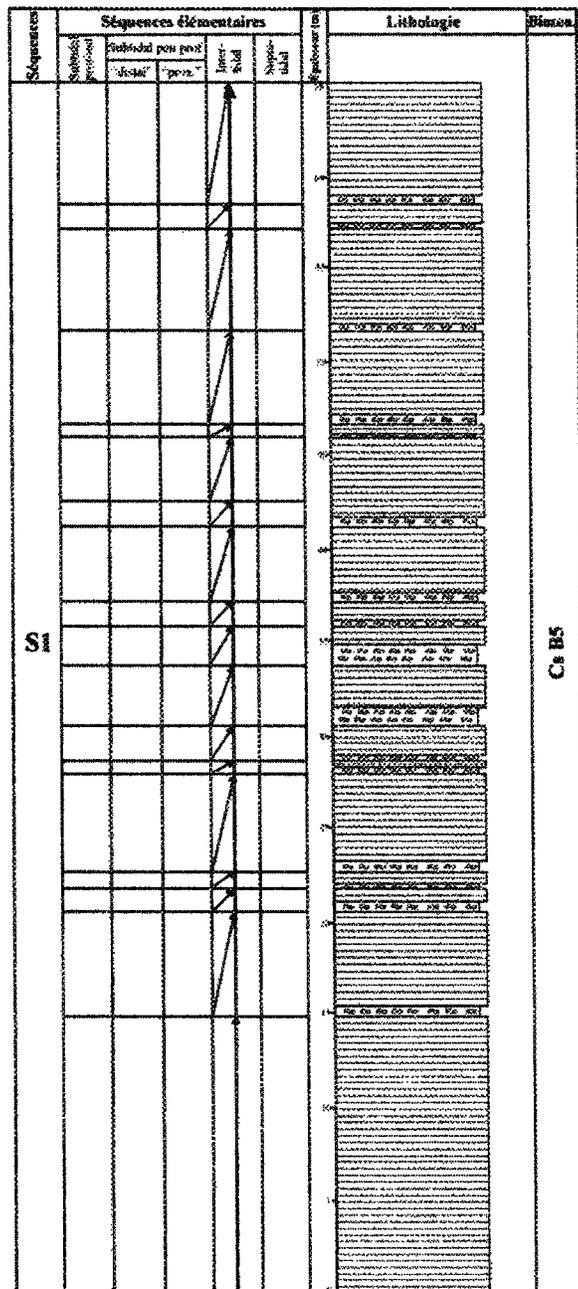


Fig.9. Analyse séquentielle de la coupe de La Route (massif de Makareishi), (première partie). Les flèches minces représentent les séquences élémentaires qui montrent l'évolution bathymétrique ; les flèches épaisses représentent les assemblages des séquences élémentaires (progradant, rétrogradant ou "vertical") ; S- séquence stratigraphique (cycle) ; ST - surface de transgression ; SIM - surface d'inondation maximum ; SD - surface d'érosion. La lithologie (légende : Figure 2B.) montre l'organisation verticale des faciès, dont la largeur est d'autant plus grande que le faciès est moins profond.

Fig.9. Sequences stratigraphy of La Route section (Makareishi massif), (part one). The thin arrows indicate the elementary sequences which show the bathymetric evolution; the thick arrows indicate the trends of the elementary sequences (regressive, transgressive or "vertical"); S - stratigraphic sequence; ST - transgressive surface; SIM - maximum flooding surface; SD - downward shift surface. The lithological log (legend: Figure 2B.) indicates the vertical organization of facies with a length more important for shallowest facies.

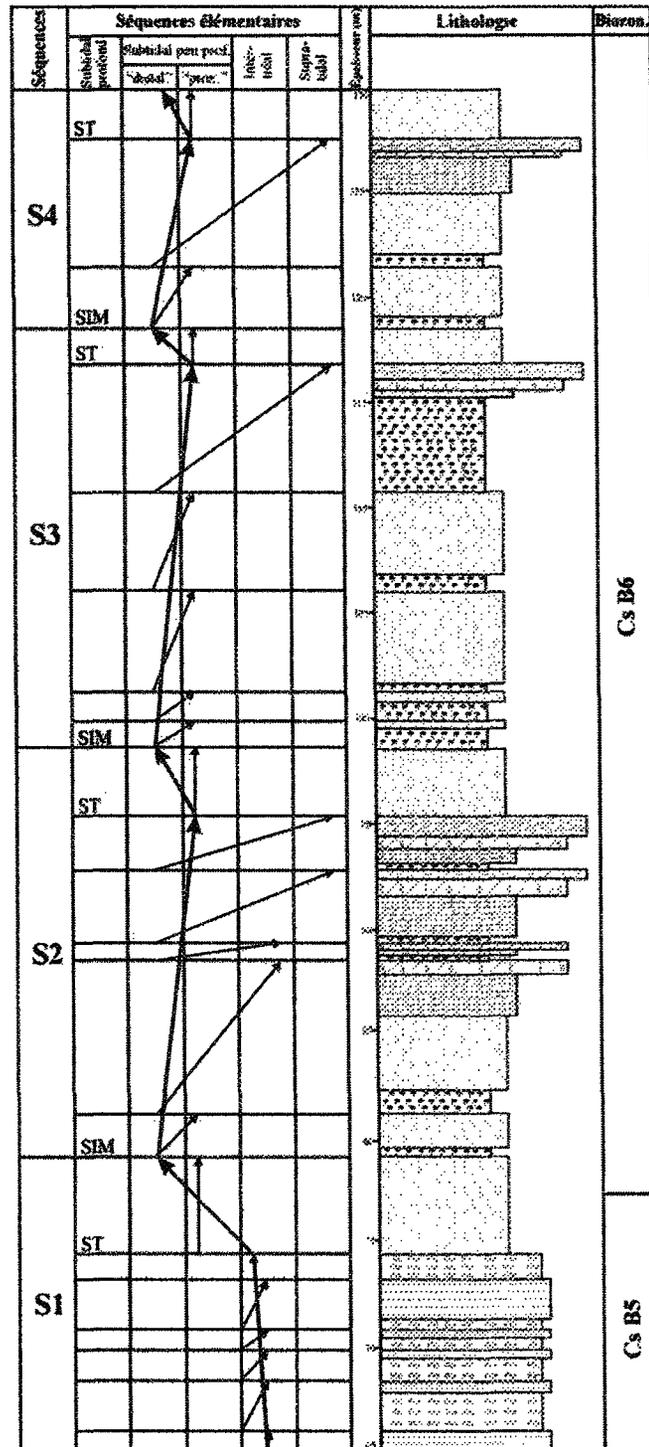


Fig.10. Analyse séquentielle de la coupe de La Route (massif de Makareshi), (deuxième partie).  
 Légende: Figure 9.  
 Fig.10. Sequences stratigraphy of La Route section (Makareshi massif), (part two).  
 Legend: Figure 9.

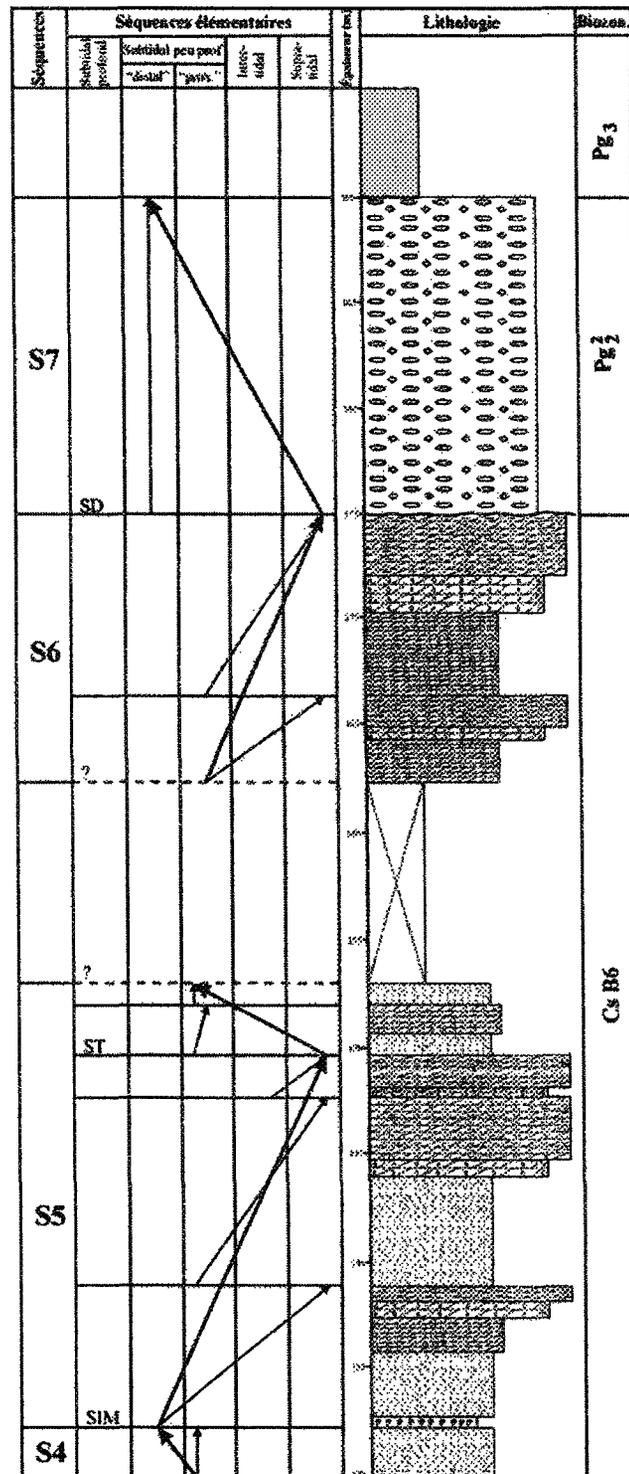


Fig.11. Analyse séquentielle de la coupe de La Route (massif de Makarashi). (troisième partie).  
 Légende: Figure 9.  
 Fig.11. Sequences stratigraphy of La Route section (Makarashi massif), (part three).  
 Legend: Figure 9.

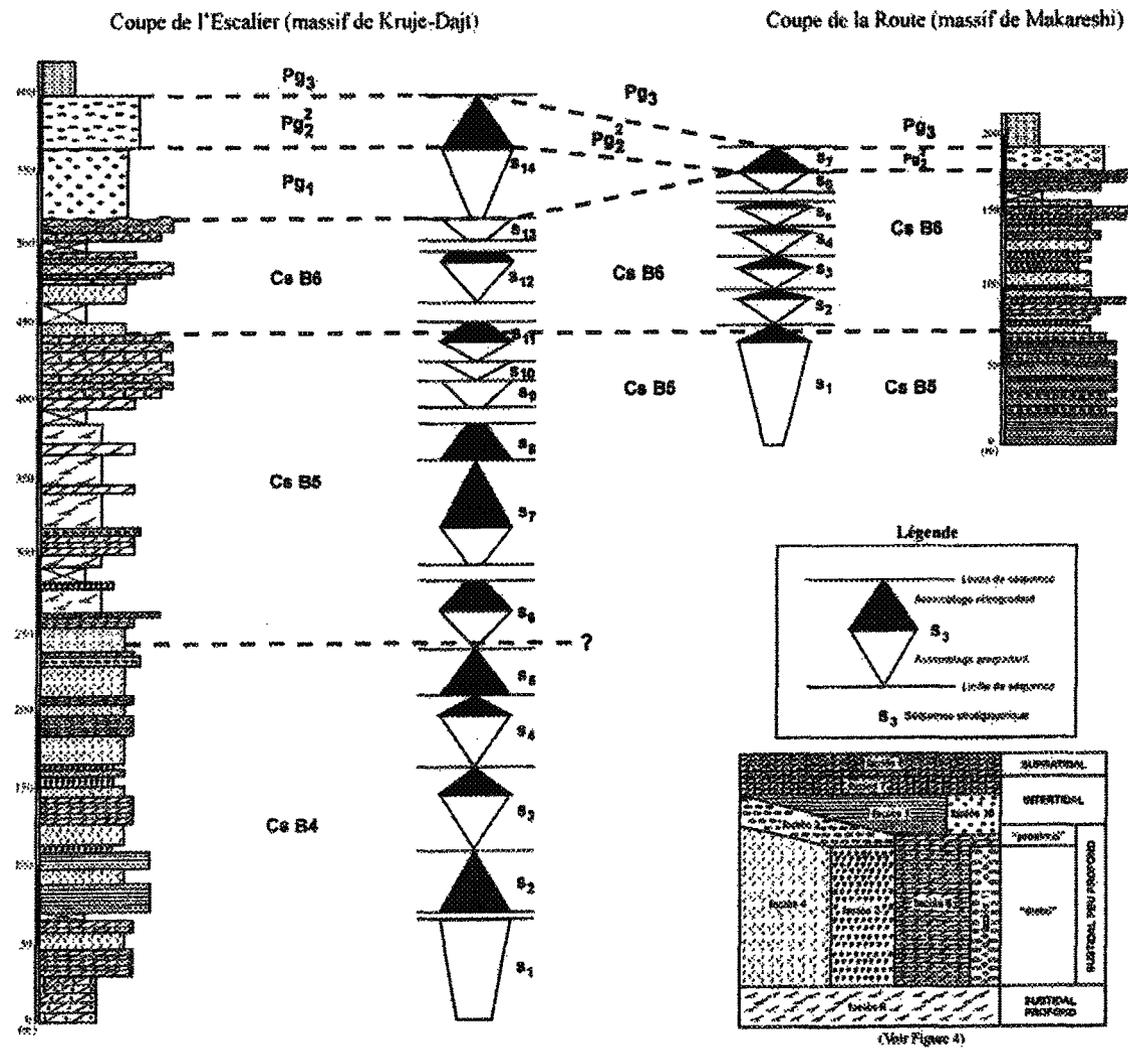
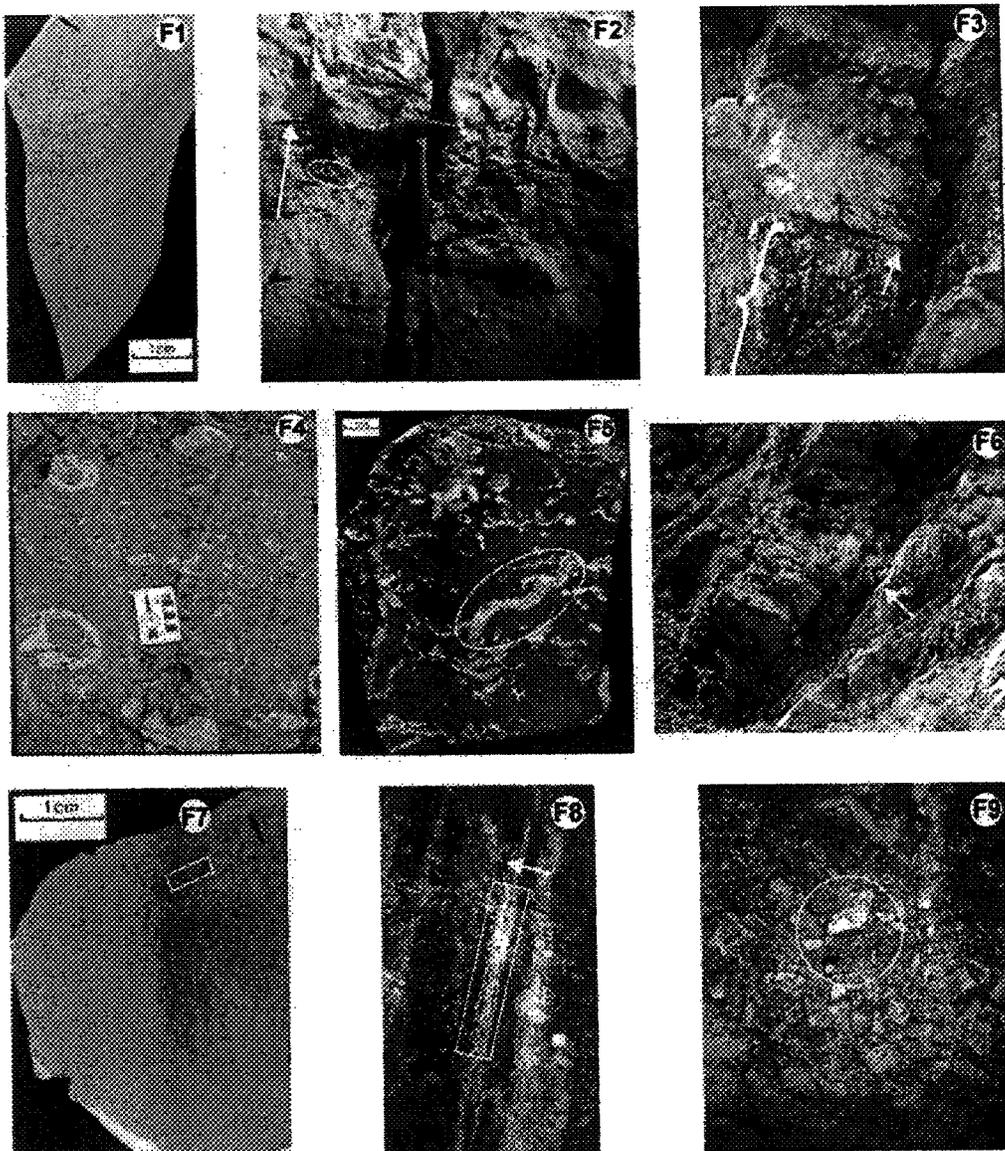


Fig.12. - Corrélation biostratigraphique entre la coupe de l'Escalier (massif de Kruje-Dajt) et la coupe de la Route (massif de Makareshi).  
 Fig.12. - Correlation between the L'Escalier section (Kruje-Dajt massif) and the La Route section (Makareshi massif).



**Planche 1.** - F1: faciès de calcaires laminés (surface polie); F2: faciès de calcaires lumachelliques (coupe); F3: faciès de calcaires bioconstruits (coupe); F4: faciès de calcaires à débris de rudistes (surface de strate); F5: faciès de dolomies bioturbées (surface polie); F6: faciès de calcaires comportant des figures de courant (coupe); F7: faciès de dolomies à fenestrac (surface polie); F8: faciès de dolomies laminées à figures de dessiccation (coupe); F9: faciès de dolomies bréchiques (coupe).

Notes: (a) F3, F6, F7, F8 et F9: coupe de l'Escalier; (b) F1, F2, F4 et F5: coupe de la Route; (c) les flèches représentées sur les photos indiquent la polarité; les rectangles et les cercles désignent les détails des différents faciès.

**Plate 1.** - F1: laminated limestone facies (polished surface); F2: storm deposit limestone facies (section); F3: patch reef limestone facies (section); F4: limestone facies with debris of rudists (bedding plane); F5: bioturbated dolomite facies (polished surface); F6: cross stratification limestone facies (section); F7: bird's eyes dolomite facies (polished surface); F8: laminated dolomite facies with desiccation cracks (coupe); F9: brecciated dolomite facies (coupe).

Notes: (a) F3, F6, F7, F8 and F9: L'Escalier section (Kruje-Dajt massif); (b) F1, F2, F4 and F5: La Route section (Muhareshi massif); (c) the arrows in the photos indicates the polarity; the rectangles and the circles design the details of the various facies.