

# ENVIRONNEMENT DE DÉPÔT DES CONGLOMÉRATS CÔTIERS OLIGOCÈNES DU FOSSE RHÉNAN

par Philippe DURINGER  
Centre de Sédimentologie et Géochimie de la Surface  
1, rue Blessig 67084 STRASBOURG CEDEX

## Résumé

La plaine du Rhin est un fossé d'effondrement cénozoïque de type rift. Lors des phases paroxysmales d'effondrement à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène inférieur, se dépose le long des bordures du fossé rhénan une épaisseur très importante de conglomérats et de grès appelés "Conglomérats côtiers".

Ces formations détritiques ont été diversement interprétées. Les uns parlent de conglomérats de transgression, d'autres de cordons littoraux ou de dépôts fluviaux. De nouvelles études basées sur l'analyse des faciès et des paléocourants ont permis de montrer que ces dépôts se sont mis en place par l'intermédiaire de cônes alluviaux empiétant sur un domaine lacustre. Ces appareils particuliers appelés "fan-deltas" se développent au pied des reliefs, au débouché immédiat des rivières sur le fossé (lac). Des marnes lacustres se trouvent ainsi intercalées dans les formations grès-conglomératiques.

## I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

Le fossé rhénan s'étend sur près de 300 km sous la forme d'une étroite dépression subméridienne, large de 30 à 50 km, depuis Bâle jusqu'à Francfort (CLOOS, 1955). Sa partie méridionale, la plaine d'Alsace et le pays de Bade, est bordée par les massifs des Vosges et de la Forêt Noire. Au sud il est verrouillé par les monts du Jura. La plaine du Rhin est un ancien rift dont l'effondrement débute à l'Eocène, à la faveur de deux grands accidents subméridiens le long desquels le fossé va s'enfoncer par saccades selon une succession de paroxysmes entrecoupés d'accalmies jusqu'au Quaternaire (ILLIES, 1962 ; ROTHE et SAUER, 1967 ; SITTLER, 1969). Durant l'Eocène

supérieur et l'Oligocène inférieur, en réponse à un effondrement important (AHORNER, 1975 ; ILLIES, 1975 ; LETOUZEY et TREMOLIERE, 1980 ; BERGERAT, 1983 ; VILLEMIN, 1986), se développe, le long des bordures occidentales, orientales et méridionales, une importante série grès-conglomératique appelée "conglomérats côtiers" (fig. 1 et 2). Ces dépôts détritiques forment une étroite frange, large de quelques kilomètres, à la périphérie du fossé, et sont contemporains de dépôts lacustres marneux, calcaires ou salifères au centre du bassin (fig. 2 et 3).

Les conglomérats sont constitués principalement de clastes issus de démantèlement de la couverture sédimentaire mésozoïque, plus rarement du socle paléozoïque (fig. 1). Au cours du temps, les séries jurassiques, triasiques et de socle vont être érodées successivement et vont s'accumuler dans le fossé en position stratigraphique inverse. Ainsi, les formations les plus anciennes des conglomérats côtiers contiennent les galets et blocs les plus récents (Jurassique), puis apparaissent progressivement des éléments de Muschelkalk, de Buntsandstein et de socle pour les dépôts les plus jeunes. Il s'agit de la série inverse de BLEICHER (1879) et de VAN WERVEKE (1892), qui permet, en l'absence de fossiles, d'estimer l'âge de la série.

## II - HYPOTHESES SUR LA FORMATION DES CONGLOMERATS COTIERS

Depuis le début du siècle, les conglomérats côtiers du rift rhénan ont fait l'objet de très nombreux travaux pour expliquer leur genèse. La difficulté principale de cette approche réside dans le fait que ces conglomérats de facture plutôt continentale sont interstratifiés avec des niveaux lacustres.

Parmi les hypothèses proposées se dégagent et s'opposent deux conceptions très différentes : l'une, "littoraliste", qui considère la formation des conglomérats côtiers dans un contexte de cordons littoraux ou de plage (ROLLIER 1893; KESSLER, 1909; LEIDHOLD, 1915; MEYER, 1928; SCHIRARDIN, 1954); l'autre, "fluviatiliste", faisant intervenir essentiellement les cours d'eau issus des reliefs proches (GREPPIN, 1870; TRICART et VONFELD 1955, SCHNEIDER, 1960; FISCHER, 1965).

Ces deux hypothèses s'opposent de manière formelle, tant par la nature des courants responsables des dépôts que par les caractéristiques des faciès sédimentaires. Dans l'hypothèse littoraliste il doit y avoir dominance de courants multidirectionnels parallèles et perpendiculaires à la côte et existence d'une imbrication bipolaire des galets de plage. En outre, le classement des éléments, en comparaison des plages de galets actuelles (Etretat par exemple), devrait être excellent. A l'inverse, dans l'hypothèse fluviatiliste, prédominent les courants unidirectionnels orientés des reliefs vers le fossé. Les faciès sont peu ou mal triés; l'hétérométrie des éléments est importante.

Dans le but de déterminer les mécanismes responsables des dépôts des conglomérats côtiers, deux études distinctes ont été menées conjointement; l'une sur les paléocourants, l'autre sur les faciès.

### III - ANALYSE DES PALEOCOURANTS

#### A - METHODE

L'étude des paléocourants a porté sur les galets et les blocs. Dans un cours d'eau, les clastes ont la particularité de s'imbriquer les uns sur les autres à la manière de tuiles sur un toit, les galets étant pentés vers l'amont (bibliographie importante dans DURINGER, 1988). A partir d'études comparatives effectuées sur des galets fluviaux quaternaires une méthode d'analyse a été développée consistant à mesurer la direction et le plongement des plans AB des galets (plus grande surface). Plusieurs milliers de galets ont ainsi été mesurés sur une trentaine d'affleurements répartis à la périphérie du fossé rhénan.

#### B - RESULTATS

L'analyse par les paléocourants met en évidence un transport unidirectionnel et centripète des apports détritiques, des reliefs pourvoyeurs vers la bordure du bassin (fig. 4). A l'évidence, l'homogénéité des résultats et la remarquable constance des paléocourants plaident en faveur d'une mise en place de type fluvial. L'absence de courants bipolaires de plage ou d'imbrications qui indiqueraient une dispersion des galets le long de la côte, va à l'encontre des anciennes conceptions littoralistes qui voyaient dans les conglomérats côtiers d'anciens cordons littoraux ou de plages. Les études paléocourantologiques confirment l'hypothèse fluvialiste développée par TRICART et VON-FELD (1955) à l'aide des études morphoscopiques.

La répartition géographique des conglomérats au Sud du fossé ainsi que la direction des paléocourants semblent indiquer que le bassin était probablement fermé dans la partie méridionale lors du dépôt de ces conglomérats. Ce résultat infirme l'idée selon laquelle, le fossé aurait pu se remplir à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène inférieur à partir d'un bras de mer passant par la dépression bâloise depuis le domaine molassique suisse (DOEBL, 1964, SITTLER, 1965, 1983).

### IV - ANALYSE DES FACIES DE DEPOT

L'étude des paléocourants démontre que la mise en place des conglomérats est de type fluvial. Une étude détaillée des faciès se propose de reconstituer les environnements de dépôt des conglomérats côtiers des bordures du rift rhénan. Des reliefs vers le bassin se succèdent des mégaconglomérats, des conglomérats, des grès à litages obliques et des alternances marno-silteuses.

#### A - PRINCIPAUX FACIES

##### 1 - Les mégaconglomérats (fig. 5)

Ce sont les dépôts les plus grossiers de la série. Les blocs les plus importants atteignent deux à trois mètres. Le classement des éléments est médiocre, la matrice portante arénitique ou pélitique est très abondante. L'hétérométrie des éléments est énorme.

Les mégaconglomérats forment des bancs de plusieurs mètres d'épaisseur interstratifiés ou non d'interbancs ou de joints marneux; les litages sont totalement absents. L'imbrication des clastes est souvent excellente. Les plus beaux exemples sont ceux visibles à la base des profils du Letzenberg à Turckheim (DURINGER, 1988).

## **2 - Les Conglomérats (fig. 6)**

Ces conglomérats sont assez semblables au faciès précédent dans leurs habitus les plus grossiers. Cependant, les blocs ne dépassent guère le demi-mètre. Le classement est fonction de l'importance de la matrice arénitique. Les galets sont jointifs ou séparés par une fraction sableuse. Les litages obliques ne sont présents que très sporadiquement. L'hétérométrie n'atteint jamais les proportions des mégaconglomérats et les granoclassesments d'échelle métrique sont fréquents. En outre, maintes couches sont marquées par l'insertion de lentilles gréseuses.

## **3 - Les grès à litages obliques (fig. 7)**

Ce sont des grès et des calcarénites parfois microconglomératiques comportant de larges faisceaux de litages obliques. Ils constituent les faciès les plus homogènes de la série des conglomérats côtiers. La taille des bancs avoisine le mètre. Les litages obliques plans, en auge ou tangentiels, sont de taille centimétrique à métrique. Les plus beaux exemples sont visibles sur les anciens fronts de taille du Strangenberg, à proximité immédiate de la grande antenne de télévision.

## **4 - Les alternances marno-silteuses (fig. 8)**

Les bancs de siltites des alternances marno-silteuses sont de même nature pétrographique que les grès. L'épaisseur des bancs varie du centimètre au mètre. De nombreuses discontinuités sont visibles en leur sein. Les structures internes, lorsqu'elles sont visibles, appartiennent à deux catégories : les litages de rides et les rides d'oscillation d'une part, les litages obliques en dômes (H.C.S. = hummocky cross stratification) d'autre part. La base des bancs est fréquemment marquée par des gouttières d'érosion rectilignes.

## **5 - Les doublets conglomérats-grès (fig. 9)**

La plupart des faciès décrits sont interstratifiés de joints ou d'interbancs marneux de facture lacustre. La proportion de ces derniers augmente progressivement avec la diminution de la taille générale du grain des dépôts détritiques. Pourtant la présence de conglomérats bien développés totalement isolés dans les marnes est fréquente. La plupart de ces niveaux sont d'ailleurs constitués d'un doublet conglomérat-grès caractéristique, formé d'une partie inférieure conglomératique très mal classée et d'une partie supérieure gréseuse granoclassée. La partie marneuse sous le terme conglomératique est habituellement intensément déformée.

# **B - INTERPRETATION DES FACIES**

De la bordure vers le bassin se succèdent les mégaconglomérats, les conglomérats, les grès à litages obliques et les alternances marno-silteuses (fig. 10). La taille démesurée de certains blocs, la diversité des faciès à passages latéraux rapides et à très faible extension latérale vers le bassin, ainsi que la disposition des dépôts en bordure

de relief, caractérisent les cônes alluviaux (BLISSENBACH, 1954; BULL, 1964, 1972; BLUCK, 1964; DENNY, 1965; HOOCKE, 1968; NILSEN, 1969, 1982; KOCHER et JOHNSON, 1984). Les marnes lacustres bioturbées interstratifiées dans la plupart des faciès attestent que les dépôts se sont faits en bordure et parfois au sein d'un domaine sous-aquatique. Ces cônes alluviaux particuliers, qui se caractérisent par une progradation dans un domaine aquatique, portent le nom de "fan-deltas". Ces derniers comportent une partie aérienne régie par la dynamique des cônes alluviaux et une partie sous-aquatique où interagissent phénomènes fluviaux et lacustres (fig. 10).

Les fan-deltas sont des appareils sédimentaires de forme cônica disposés au pied de la montagne et édifiés par les torrents et les rivières qui y déposent des sédiments grossiers. L'importance du dépôt est due principalement à la décélération très rapide d'un courant chenalisé intra-montagneux à son débouché sur le bassin (BULL, 1964, 1968; DENNY, 1965; HOLMES et HOLMES, 1978). A l'amont des fan-deltas ou des cônes alluviaux, existe un réseau fluvial dans lequel les clastes acquièrent leur maturité. Les eaux de crue parfaitement canalisées par les torrents montagneux permettent le transport puis le dépôt en masse, à leur débouché sur le bassin, d'éléments d'hétérométrie et de maturité très éloignées.

Les séquences à litages obliques en dômes (H.C.S. = hummocky cross stratification) et à rides d'oscillation sont les dépôts les plus fins de la série (zones distales). Ces litages particuliers ont été décrits la première fois par GILBERT (1890). Ils sont immortalisés par HARMS *et al.* en 1975 sous le vocable de H.C.S. et interprétés comme le résultat de vagues de tempêtes (BOURGEOIS, 1980; DOTT et BOURGEOIS, 1982; DUKE, 1982, 1985; WALKER *et al.*, 1983).

## V - MODELE DE DEPOT DES CONGLOMERATS COTIERS OLIGOCENES DU RIFT RHENAN

### A - LES FAN-DELTA DES BORDURES OCCIDENTALES ET ORIENTALES (fig. 11)

A l'Eocène supérieur et à l'Oligocène inférieur, les massifs paléozoïques des Vosges et de la Forêt Noire sont recouverts par une couverture sédimentaire mésozoïque profondément entaillée par l'érosion. La Grande Oolite du Jurassique moyen constitue une dalle épaisse qui guide la morphologie de la région et favorise le creusement des canyons importants.

Sur les reliefs, un écoulement fluvial permanent assure la bonne maturité des éléments. A la faveur de crues, les masses d'eau bien canalisées au sein des reliefs curent littéralement les lits des torrents et transportent les éléments jusqu'au débouché des canyons sur le fossé, où la plupart des clastes sont déposés "en masse" (mégaconglomérats). Lorsque les cônes sont importants, l'écoulement évolue latéralement en système fluvial en tresses qui assure un tri granulométrique jusqu'au plan d'eau (conglomérats puis grès à litages obliques).

A la périphérie des cônes, les sédiments les plus fins qui arrivent jusqu'au littoral sont remaniés et dispersés vers le large par des tempêtes lacustres qui sont à l'origine de la genèse des alternances marno-silteuses à rides d'oscillation et litages obliques en dômes.

Habituellement les conglomérats n'arrivent pas jusqu'au plan d'eau. Cependant, lorsque les cônes sont de très petite taille ou lorsque les apports torrentiels au débouché des canyons sur le fossé sont de très forte énergie, certains écoulements de crue peuvent se poursuivre en domaine sous-lacustre. Ces conglomérats se trouvent ainsi interstratifiés aux marnes lacustres. Lors des tempêtes, la partie sommitale de ces conglomérats est remaniée pour former le terme gréseux des doublets conglomérats-grès (fig. 9). Sur le modèle de dépôt (fig. 11), sont représentées schématiquement les formations détritiques des conglomérats côtiers de la bordure occidentale entre Colmar et Rouffach. Entre les deux fan-deltas bien développés de Turckheim et de Rouffach on peut reconnaître le petit appareil immature de Gueberschwihr, peu développé en raison de l'absence de rivières importantes à cet endroit.

Une comparaison des paléocourants de l'Oligocène avec les directions des rivières actuelles fait apparaître une très nette concordance entre les deux. Il est par conséquent, fort probable que les rivières vosgiennes et de la Forêt Noire actuelles soient très anciennes, et fonctionnaient dès l'Eocène.

## **B - LE DELTA DE LA BORDURE MERIDIONALE (fig. 12)**

A l'inverse de la faible extension des faciès des bordures orientale et occidentale, les dépôts de la zone méridionale du fossé rhénan s'étalent sur une trentaine de kilomètres au Nord des reliefs érodés (plateau du Jura pas encore formé). En bordure immédiate de ceux-ci, se forment localement de petits cônes alluviaux (Oltingue, Réchesy) peu développés qui passent très vite à un système fluvial en tresses (Bourogne, Allenjoie) puis en méandres au niveau du horst de Mulhouse sur lequel se met en place un vaste delta qui prograde vers le Nord. Sur ce delta se développe une sédimentation palustre à stromatolites.

Tout comme pour les bordures faillées du rift rhénan, des tempêtes lacustres remodèlent en partie le littoral deltaïque et sont à l'origine des alternances marno-silteuses à rides d'oscillation et litages obliques en dômes caractéristiques des tempêtes.

Les faciès plus profonds (au delà d'une trentaine de mètres), et loin des bordures détritiques, sont des calcaires et des marnes varvées (DURINGER, 1988).

## **VI - CONCLUSIONS**

A l'Eocène supérieur et à l'Oligocène inférieur, en réponse à l'effondrement prononcé du rift rhénan, se développent le long des bordures des reliefs des conglomérats et des grès appelés conglomérats côtiers. Ces formations détritiques grossières sont contemporaines au centre du bassin d'une sédimentation lacustre saumâtre et salifère.

Les bordures faillées du rift sont très escarpées. Sur les reliefs sont creusées de profondes entailles (canyons) dans lesquelles les torrents véhiculent vers le fossé les matériaux détritiques. En contexte aride à semi aride, à la faveur de crues, se construisent le long de ces bordures des cônes alluviaux qui progradent dans un domaine lacustre (fan-deltas). De l'apex des cônes vers le bassin se succèdent les mégaconglomérats, les conglomérats, et les grès à litages obliques.

L'augmentation des marnes va de pair avec la diminution des dépôts détritiques. Au contraire, la bordure méridionale se caractérise par un passage des reliefs vers le bassin très progressif. De très petits cônes alluviaux sont rapidement relayés vers

le bassin par un système fluvial qui évolue en vaste delta qui prograde vers le Nord sur le horst de Mulhouse. A la périphérie du bassin, des tempêtes lacustres remanient et vidangent vers le large les sédiments silteux pour former les alternances marno-silteuses.

Les environnements sédimentaires pendant l'époque où se déposent les conglomérats côtiers (Eocène supérieur et Oligocène inférieur) sont très contrastés. Les passages latéraux de faciès sont rapides, les sédiments détritiques de bordure sont contemporains des dépôts salifères du fossé (potasse).

A l'Oligocène moyen, avec la transgression rupélienne, la mer pénètre la première fois dans le fossé rhénan. Les disparités faciologiques sont progressivement gommées. Sur l'ensemble du fossé se déposent des marnes et des alternances marno-gréseuses; les reliefs sont probablement très atténués; les conglomérats de bordures sont très peu développés et s'estompent progressivement.

## LISTE DES FIGURES

- Fig. 1* - Schéma simplifié de la formation des conglomérats côtiers du fossé rhénan.
- 1 - Dépôt des séries triasiques et jurassiques sur le bloc rhénan unique Vosges-Forêt Noire
  - 2 - Soulèvement du bloc rhénan Vosges-Forêt Noire à partir du Jurassique supérieur. La région est émergée jusqu'à l'Eocène
  - 3 - Les premiers dépôts sont des brèches sidérolitiques (FLEURY, 1909; DEVANTOY, 1954; LAPARENT, 1954, HOFMANN, 1960). Elles remplissent localement les conduits karstiques créés pendant la période d'altération continentale (WITTMANN, 1955).
  - 4 et 5 - Lors des phases paroxysmales de l'effondrement du fossé à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène inférieur, se développe le long des bordures des reliefs la série des conglomérats côtiers. Ceux-ci sont contemporains de dépôts lacustres au centre du bassin
- Fig. 2* - Paléogéographie schématique du fossé rhénan à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène inférieur. La formation des conglomérats côtiers forme une étroite frange de quelques kilomètres le long des reliefs. Elle est contemporaine d'une sédimentation lacustre, localement salifère, au centre du fossé.
- Fig. 3* - Coupe schématique de la bordure occidentale du fossé rhénan à l'Oligocène, montrant les passages latéraux de faciès entre les zones de bordure (conglomérats côtiers) et les faciès lacustres du bassin.
- Fig. 4* - Distribution des paléocourants mesurés sur les conglomérats côtiers. Les courants sont unidirectionnels et centripètes par rapport au bassin. L'homogénéité des résultats et la constance des paléocourants plaident en faveur d'un écoulement de type fluvial.
- Fig. 5* - Mégaconglomérats. L'hétérométrie est énorme, le classement est médiocre. L'imbrication est habituellement excellente à toutes les échelles (Turckheim).
- Fig. 6* - Conglomérats. Les galets sont jointifs ou séparés par une matrice arénitique. Les granoclassements latéraux et verticaux sont fréquents (Turckheim).
- Fig. 7* - Grès à litages obliques (Wintzenheim)
- Fig. 8* - Litages obliques en dômes (H.C.S. = hummocky cross stratification) et rides d'oscillation. L'association de ces figures particulières caractérise les dépôts de tempête (Altkirch).
- Fig. 9* - Doublet conglomérats-grès. Ces faciès, totalement isolés au sein de marnes, traduisent une mise en place sous-aquatique puis un remaniement sommital par des périodes de tempêtes qui sont à l'origine du terme granoclassé du doublet.
- Fig. 10* - Coupe schématique de faciès dans deux fan-deltas.
- 1 - Le cône est bien développé, l'essentiel des dépôts se fait en domaine sub-aérien. De la bordure vers le bassin se succèdent les mégaconglomérats, les conglomérats, les grès à litages obliques et les alternances marno-silteuses. Seules ces dernières, déposées et remaniées en domaine littoral par les tempêtes, sont interstratifiées de marnes.
  - 2 - Tous les épandages détritiques s'effectuent en domaine sous-aquatique. Les marnes sont par conséquent interstratifiées dans les dépôts détritiques. Lors de tempêtes, ces faciès détritiques sont partiellement remaniés pour former un terme gréseux au sommet des bancs.
- Fig. 11* - Modèle de dépôt des bordures occidentale et orientale du fossé rhénan. Au débouché des rivières sur le fossé, se forment des cônes de dépôts grossiers qui empiètent sur un domaine lacustre (fan-delta)
- Fig. 12* - Modèle de dépôt de la bordure méridionale du fossé rhénan. A l'inverse des bordures faillées du rift, le passage entre les reliefs et le bassin est très progressif. Les petits cônes formés au pied des reliefs jurassiens (Oltunge), sont relayés vers l'aval par un système fluvial en tresses (Bourogne) puis en méandres au niveau du horst de Mulhouse pour former un vaste delta qui progresse en direction du Nord



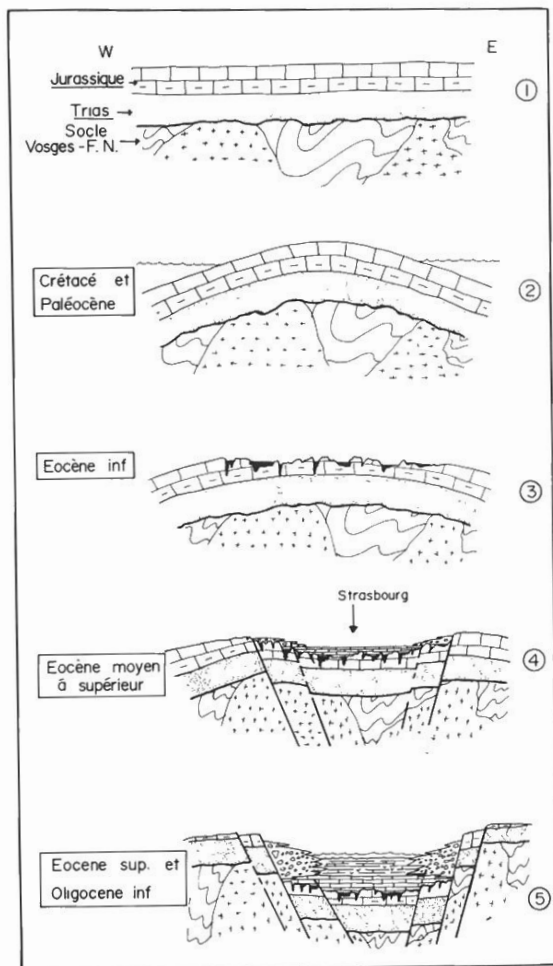


Fig. 1

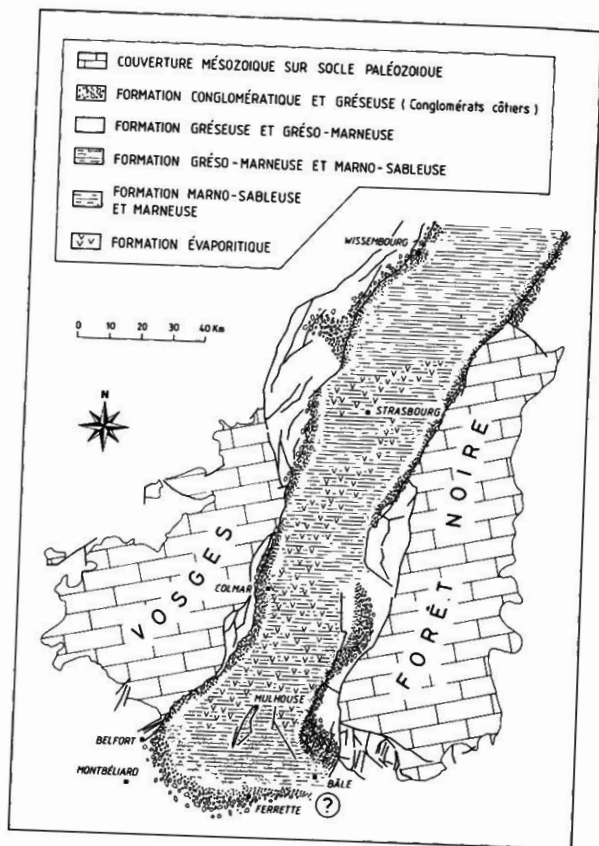


Fig. 2

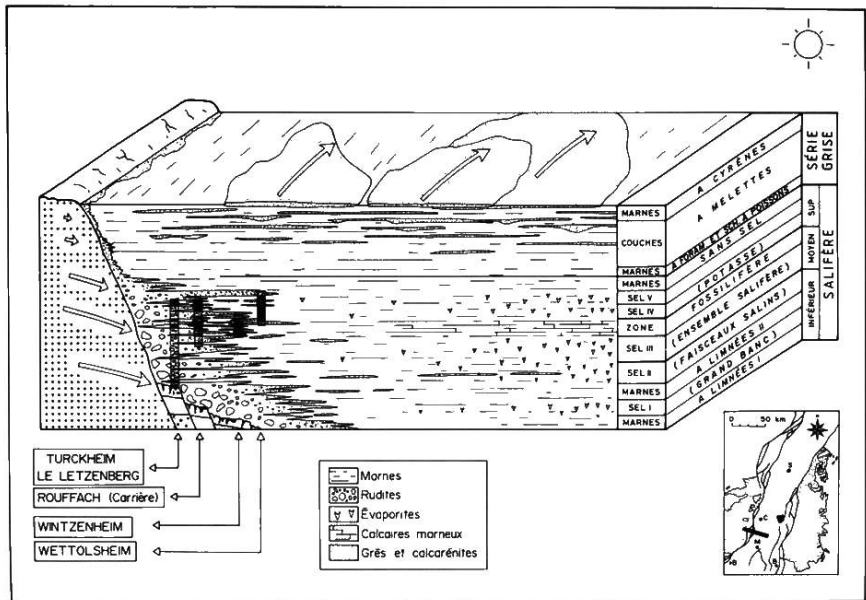


Fig. 3

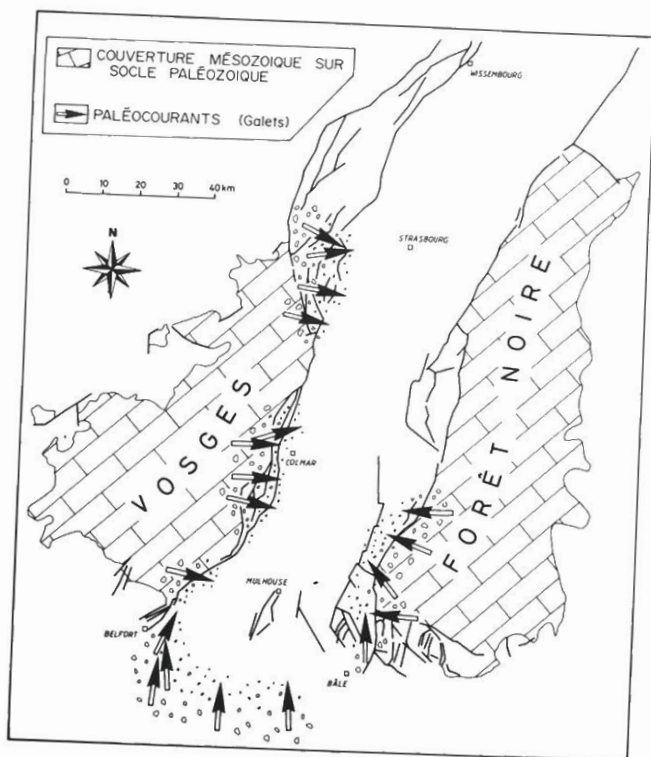


Fig 4

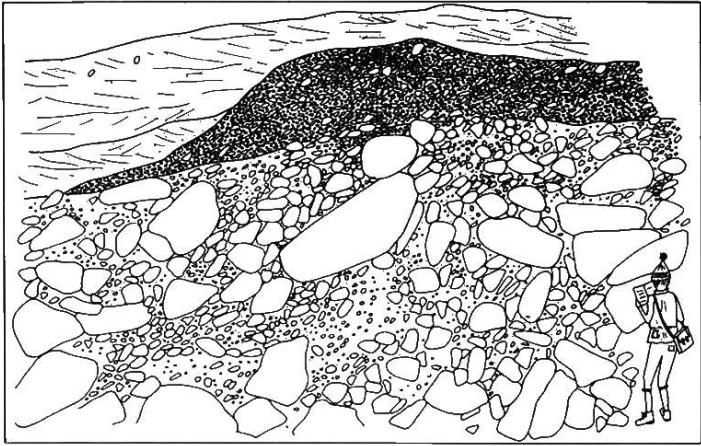


Fig. 5

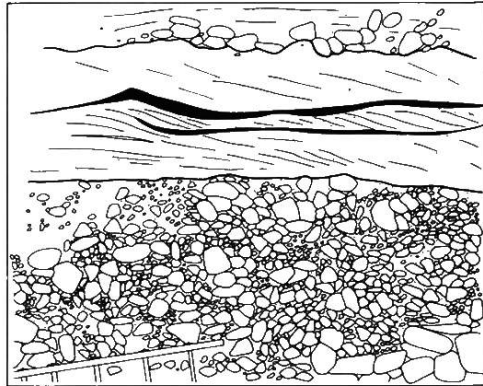


Fig. 6

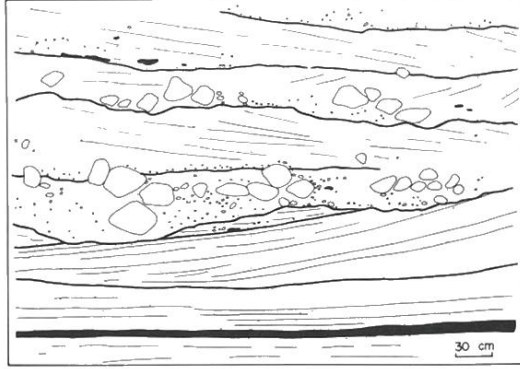


Fig. 7

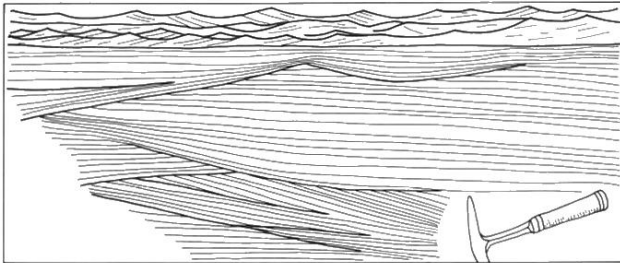


Fig. 8

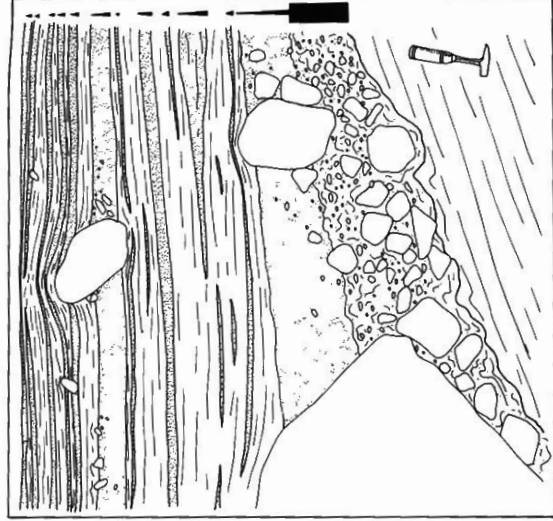


Fig. 9

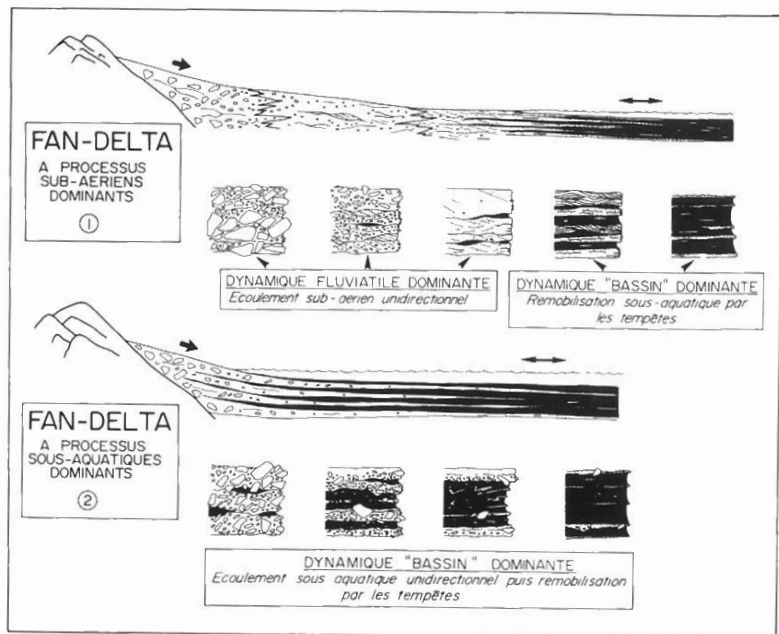


Fig. 10



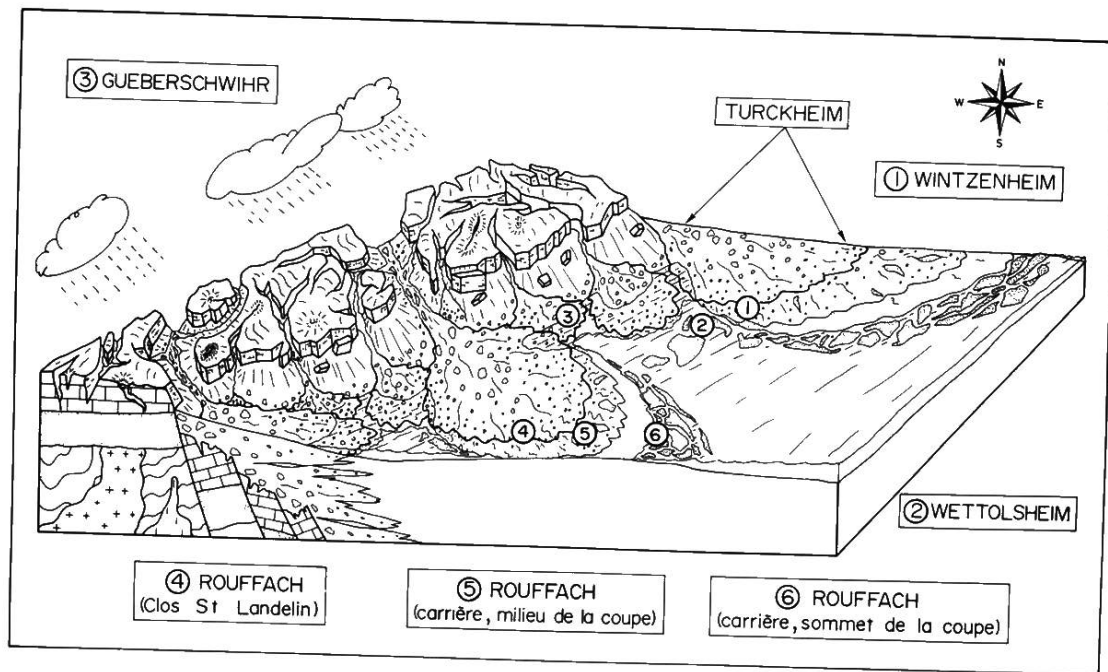


Fig. 11

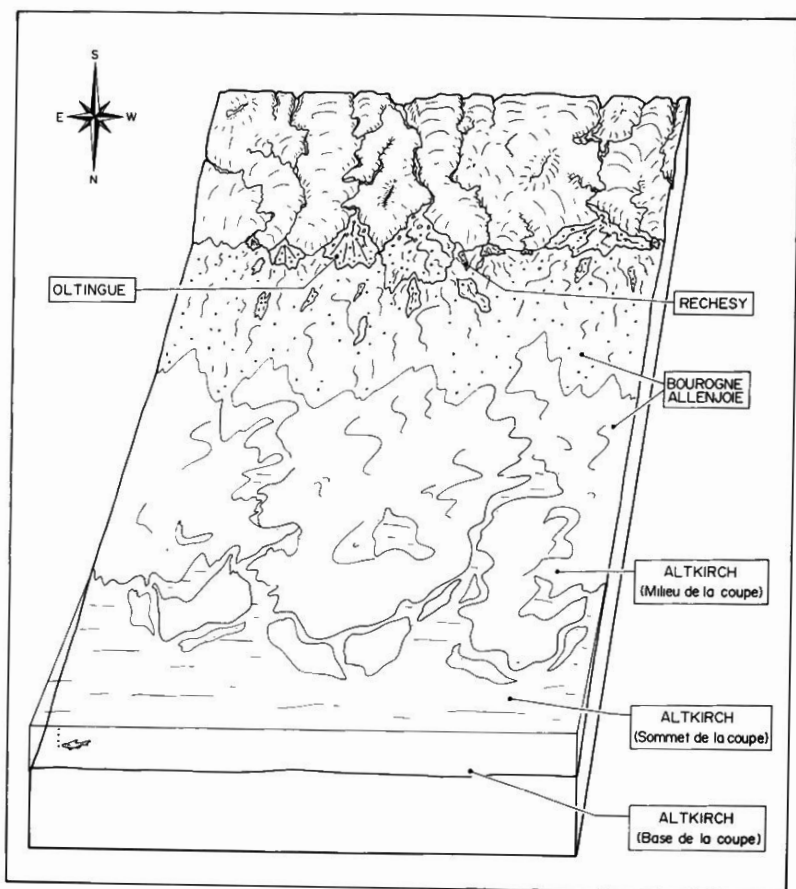


Fig. 12

## BIBLIOGRAPHIE (références citées dans le texte)

- AHORNER L., 1975 - Present day stress field and seismotectonic movements along major fault zones in Central Europe. *Tectonophysics*, 29, 233-249.
- BERGERAT F., 1983 - Paléocontraintes et évolutions tectoniques paléogènes du fossé rhénan. *C. R. Acad. Sc. Paris*, II, 297, p. 77 - 80.
- BLEICHER G., 1870 - Essai de géologie comparée des Pyrénées du Plateau Central et des Vosges Thèse Strasbourg, Colmar E. Decker édit 106 p.
- BLISSENBACH E., 1954 - Geology of alluvial fans in semi-arid regions. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 65, 175-189.
- BLUCK B. J., 1964 - Sedimentation of an alluvial fan in southern Nevada. *J. Sediment. Petrol.*, 34, 395-400.
- BOURGEOIS J., 1980 - A transgressive shelf sequence exhibiting hummocky stratification : the Cap Sebastian sandstone (Upper Cretaceous), Southwestern Oregon *Journ. Sediment. Petrol.*, 50, 681-702.
- BULL W. B., 1964 - Alluvial fans and near surface subsidence in western Fresno country California Prof. Paper U.S. geol. Survey, 473 A.
- BULL W. B., 1968 - Alluvial fan. in : FAIRBRIDGE R. W. (edit.); *Encyclopedia of geomorphologie*, 7-10 NEW YORK.
- BULL W. B., 1972 - Recognition of alluvial fan deposits in the stratigraphic record. in : Recognition of ancient sedimentary environment, RIGBY J. K. et HAMBLING W. K. (edit) *SEPM Spec. pub.* n° 16, 63-83.
- CLOOSS H., 1955 - Croquis structural publié en annexe à : *Geol. Rundsch.*, 44, p. 481.
- DENNY C. S., 1965 - Alluvial fans in the Death Valley region, California and Nevada U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 466, 52 p.
- DEVANTOY J. B., 1958 - Note sur la stratigraphie du système de Bourogne. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 56, 255, 137-149.
- DOEBL F., 1964 - L'Oligocène du bassin de Mayence et du fossé de la vallée du Rhin. *Mem. Bur. Rech. Géol. Min.*, Paris, 28, 591-598.
- DOTT R. H. Jr et BOURGEOIS J., 1982 - Hummocky stratification : significance of its variable bedding sequences. *Geol. Soc. of Amer. Bull.*, 93, 663-680
- DUKE W. L., 1982 - The type locality of hummocky cross stratification : the storm dominated Silurian Medina Formation in the Niagara Gorge, New York and Ontario *Proc. Ont. Petrol. Inst.*, 21, 2-31.
- DUKE W. L., 1985 - The paleogeographie of Paleozoic Mesozoic storm depositional systems : a discussion. *Journ. of Geology*, 93, 88-90.
- DURINGER Ph., 1988 - Les formations détritiques du rift cénozoïque rhénan Dynamique sédimentaire et contrôle climatique. Thèse de Doctorat d'Etat, Strasbourg à paraître.
- FISCHER H., 1965 - Geologie des Gebites zwischen Blauen und pfirter Jura (SW Basel), mit einem mikro-paläontologischen und einem paläogeographischen Beitrag. *Beitr. Geol. Karte der Schweiz*, N.F., 122, 1-106.
- FLEURY E., 1909 - Le Sidérolitique suisse. Contribution à la connaissance des phénomènes d'altération superficielle des sédiments. *Mém. Soc. fribourgeoise Sc. Nat.*, 6, 260 p.
- GILBERT C. K., 1890 - Lake Bonneville. *U.S. Geol. Survey Mem.*, 1, 438 p.
- GREPPIN J.P., 1870 - Description géologique du Jura bernois et de quelques districts adjacents. *Beitr. Geol. Karte der Schweiz*, 8, 357 p.
- HARMS J.C., SOUTHARD J.B., SPEARING D.R. et WALKER R. G., 1975 - Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences. *Soc. Econ. Paleont. Mineral Short course*, n° 2, 161 p.
- HOFMANN F., 1960 - Sedimente einer ariden klimaperiode zwischen siderolithikum und molasse in Lohn, kanton Schaffhausen, und am Rheinflall *Eclog. Geol. Helv.*, 53, 27-32.
- HOLMES A. et HOLMES D. L., 1978 - Principle of physical geology. Sunbury on Thames, Nelson, Third ed., 730 p.
- HOOKE R. Le B., 1968 - Steady state relationships on arid region alluvial fans in closed basins. *Amer. Journ. Sc.*, 266, 609-629.
- ILLIES J. H., 1962 - Prinzipien der Entwicklung des Rheingrabens, dargestellt am Grabenabschnitt von Karlsruhe *Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg*, 31, 58-133.
- ILLIES J. H., 1975 - Recent and paleo-intraplate tectonics in stable Europe and Rheingraben rift system *Tectonophysics*, 29, 251-264.

- KESSLER P., 1909 - Die Tertiären Küstenkonglomerate in der mittelhheinischen Tiefebene mit besonderen Berücksichtigung der elsässischen Vorkommen. Mitt. Geol. Landesanst. Els. Lothr., 7, 167-290.
- KOCHEL R. C. et JOHNSON R. A., 1984 - Geomorphology and sedimentology of humid-temperate alluvial fans, central Virginia. In : KOSTER E.H. et STEEL R. J. (eds), Sedimentology of gravels and conglomerates Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 10, 109-122.
- LAPPARENT J., 1934 - D'une latérite, d'un calcaire lacustre (Calcaire de Bouxwiller) et des roches sédimentaires pisolitiques en générale. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 2, 2, 99-105.
- LEIDHOLD C., 1915 - Notiz über die Jura und Tertiärablagerung bei Rosheim im Unter Elsass. Centralbl. Min. Geol. Pal., 131-142.
- LETOUZEY J. et TREMOLIERE P., 1980 - Paleo-stress around the Mediterranean since the Mesozoic derived from microtectonic data. Mem. B.R.G.M. N° 115, ORLEANS 261-273
- MEYER L., 1928 - Etude stratigraphique du terrain oligocène de la Haute Alsace et du Territoire de Belfort. Carte Geol. Als. Lorr., 1, 3, 153-262
- NILSEN T. H., 1969 - Old Red sedimentation in the Buelandet - Vaerlandet Devonian district, western Norway. Sedimentary Geol., 3, 35-57.
- NILSEN T. H., 1982 - Alluvial fan deposits. In : SCHOLLE P. A. et SPEARING D. (édit); Sandstone depositional Environments, A.A.P.G. Bull. Tulsa Oklahoma.
- ROLLIER L., 1893 - Etude stratigraphique sur les terrains tertiaires du Jura bernois. Archives des sciences physiques et naturelles Lausanne, 3, XXX, 1-26
- ROTHE J. P. et SAUER K., 1967 - The Rhingraben progress report. Abh. Geol. Landesamt Baden Wurt., 6, 1-146.
- SCHIRARDIN J., 1954 - Les formations littorales et côtières du Sannoisien de la Moyenne Alsace. Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lorr., 7, 35-67
- SCHNEIDER A., 1960 - Über das Oligozän des nördlichen berner Juras. Ecol. Geol. Helv., 53, 608-670
- SITTLER C., 1965 - Le Paléocène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologique et paléoclimatique. Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 24, 392 p.
- SITTLER C., 1969 - Le fossé rhénan en Alsace Aspect structural et histoire géologique. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam. Paris, 11, 5, 465-494
- SITTLER C., 1983 - Le fossé rhénan. Encyclopédie de l'Alsace, 5, 3122-3137.
- TRICART J. et VONFELD J., 1955 - La signification paléogéographique des conglomérats oligocènes de la bordure vosgienne. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr. Strasbourg, 8, 1, 105-118.
- VAN WERVEKE L., 1892 - Bericht über den Ausflug der deutschen geologischen Gesellschaft nach Buchsweiler. Zeitschrift der d. Geol. Gesellsch.
- VILLEMIN T., 1986 - Tectonique en extension, fracturation et subsidence : le fossé rhénan et le bassin de Sarre-Nahe. Thèse de Doctorat de l'Université, Paris IV, 270 p.
- WALKER R. G., DUKE W. L., LECKIE D. A., 1983 - Hummocky stratification : significance of its variable bedding sequence; discussion and reply. Geol. Soc. Amer. Bull., 94, 1245-1251.
- WITTMANN O., 1955 - Bohnerz und präozoäne Landoberfläche in Markgraferland. Jh. Geol. Landesamt. Baden Wurt., 1, 267-299.