

Fazielle Zusammensetzung und Paläogeographie des Callovian

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **52 (1959)**

Heft 1

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hecticoceras (Putealicerias) cf. punctatum STAHL

Hecticoceras (Orbignyceras) cf. pseudopunctatum LAH.

E. DAS EISENOOLITHISCHE OBER-CALLOVIAN

(Zone des *Kosmoceras spinosum* PHIL. sp.)

Die braunroten Eisenoolithe sind im ganzen Untersuchungsgebiet, die Chassel-Mont d'Amin-La Tourne-Antiklinale und die Zone S und W von La Chaux-de-Fonds ausgenommen, mehr oder weniger gut entwickelt. Die Schichten enthalten stets zahlreiche Fossilien, darunter insbesondere *Pelloceras athleta* (PHIL.).

Das Zonenfossil des obersten Callovian ist in England *Quenstedtoceras lamberti* (Sow.), das entweder zusammen mit *Pelloceras athleta* oder darüber im Kelloway-Rock liegt. Das Indexfossil des Oxford Clay in Yorkshire ist *Quenstedtoceras mariae* (D'ORB.) (unterstes Unter-Oxfordian, ARKELL, 1946 und 1956). Beide Arten sind in unserem Gebiet in den Oxfordian-Tonen vertreten und schwer voneinander zu trennen. Aus diesem Grunde wird die Obergrenze des Callovian vorläufig ins Dach der Athleta-Oolithe gestellt, wie das auch in den angrenzenden Gebieten üblich ist (JEANNET, 1948 und 1951; SCHIRARDIN, 1954).

Pelloceras athleta (PHIL.)

Pelloceras cf. athleta (PHIL.)

Pelloceras (Metapelloceras) cf. baylei PRIESER

Pelloceras sp. indet.

Reineckeia (Reineckeites) hungarica TILL

Collotia (Collotites) petitclerci JEANNET

Collotia (Collotites) collotiformis JEANNET

Hecticoceras (Rossiensiceras) metomphalum BONARELLI

Hecticoceras (Brightia) brighti PRATT

Hecticoceras (Lunuloceras) lunuloide (KILIAN)

Kosmoceras cf. spinosum (Sow.)

Hibolites hastatus (DE BLAINV.)

Cyclocrinus macrocephalus QU.

Pleurotomaria sp. indet.

VII. Fazielle Zusammensetzung und Paläogeographie des Callovian

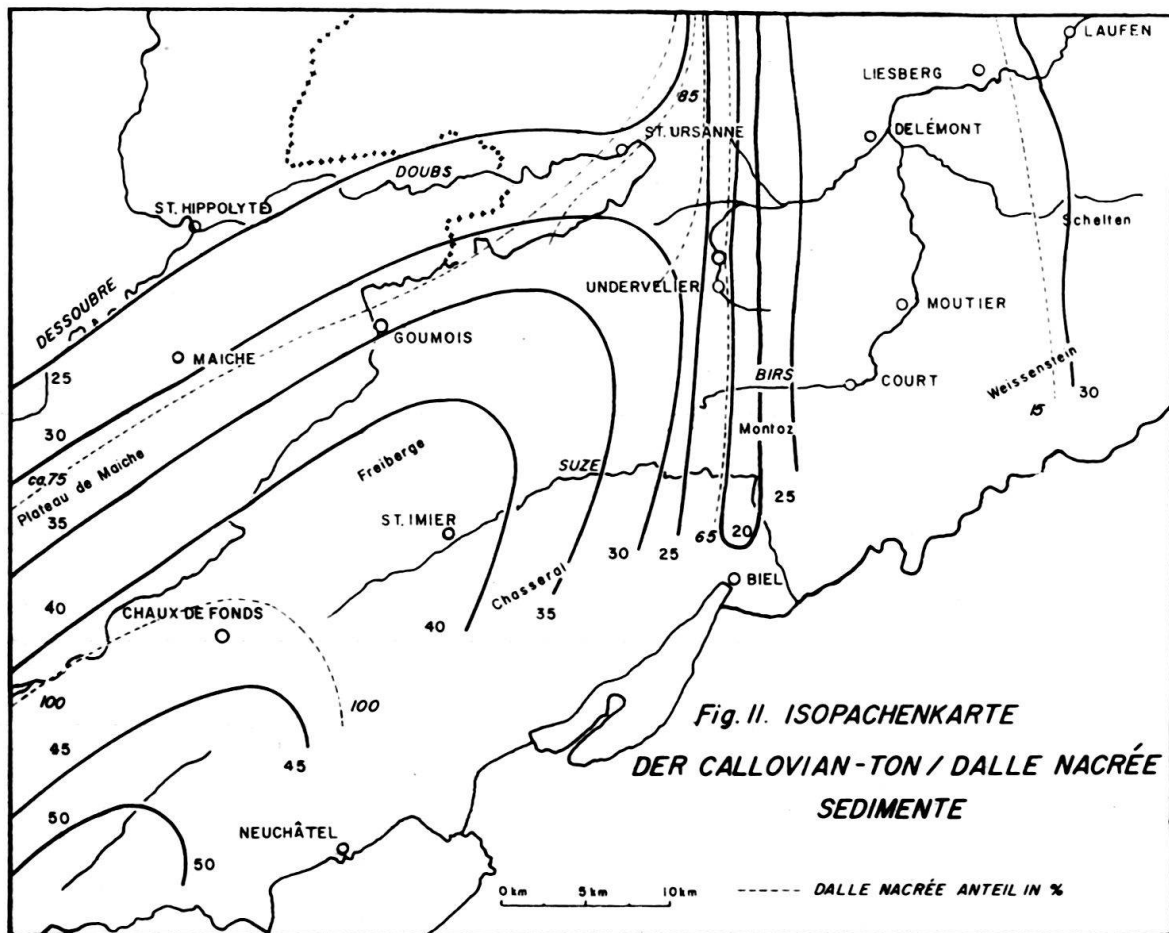
(Figuren 11 und 12)

A. DAS UNTER-CALLOVIAN (ZONE DES *MACROCEPHALITES MACROCEPHALUS*)

Die Grenze Ober-Bathonian–Unter-Callovian liegt über den Varianssschichten im E und innerhalb des Calcaire roux sableux im W. Beide stellen Ablagerungen des Flachmeeres dar, doch weisen gewisse Unterschiede darauf hin, dass die Sedimentation nicht unter den gleichen Bedingungen erfolgte.

Der Calcaire roux sableux ist charakterisiert durch seinen Kalkreichtum, seine lumachellös-spätige Struktur und den Gehalt an Eisen. Harte ruppige Kalkbänke weisen öfters Omissionsspuren auf.

Aus dieser Zusammensetzung des Gesteins kann geschlossen werden, dass die Schichten in einem warmen, CO_2 -armen Meer abgelagert wurden. In diesem Wasser von konstanter Temperatur und möglicherweise etwas erhöhtem pH wurde reichlich Eisen ausgeschieden. Die Bodenfauna war üppig. Sie bestand zur Hauptsache aus Anisomyariern, was auf härteren Meeresgrund hinweist, und stacheligen Brachiopoden (*Acanthothyris* sp.). Durch die Bewegungen des Meeres wurden die Schalen grossenteils zertrümmert. Immerhin ist nicht anzunehmen, dass sie unter dem direkten Wellenschlag aufgearbeitet wurden, da typische Kreuzschichtung sehr selten angetroffen wird. Die Aufarbeitungsflächen beweisen aber gewisse Bewegungen. Der frische Fels, wie er zum Beispiel beim Bau des Weissensteintunnels durchfahren wurde, ist blauschwarz und sehr pyritreich. Der frische Schlamm des Meeres enthielt reichlich organische Substanz, die zersetzt wurde. Das bewirkte die Auflösung des vorhandenen Eisens durch CO_2 und zugleich wieder seine Ausfällung als FeS_2 , das nun, in der Verwitterungszone oxydiert, die typische Braunrot-Färbung des Gesteins bewirkt (vgl. W. DEECKE, 1913, 1916, 1923; W. BARTH etc., 1939; H. & G. TERMIER, 1952).



Die Varians-Schichten sind charakterisiert durch ihre relative Kalkarmut – Mergel und Mergelkalke überwiegen – durch ihren Gehalt an Eisen und durch das Verbreiten einer typischen Fauna von Brachiopoden (z. B. *Rhynchonelloidella alemanica* (ROLLIER)), Schlammbewohnern (Myen) und, seltener, Ammoniten.

Mergelige Sedimente können auf verstärkte Zufuhr tonigen Materials oder auf Behinderung der Kalksedimentation infolge CO₂-reicheren Wassers (z. B. grössere Meerestiefe) zurückgeführt werden.

Wahrscheinlich haben bei der Sedimentbildung beide Faktoren mitgewirkt. Da die Fossilien im allgemeinen weniger zerschlagen sind als im Calcaire roux sableux, ist eine etwas grössere Tiefe anzunehmen, die ausserhalb der zerstörenden Kraft der Oberflächenbewegungen liegt. Dass aber die Unterschiede nicht gross sind, geht daraus hervor, dass sich die beiden Faziestypen im östlichen Untersuchungsgebiet überschneiden, und zwar im unteren und mittleren Ober-Bathonian durch die Wechsellagerung typischer Vertreter beider Faziesgruppen und, an der Wende zum Callovian, durch die Bildung eines Gesteins von Mittelstellung zwischen Calcaire roux sableux und Varians-Schichten (Macrocephalenkalke des östlichen Untersuchungsgebietes).

Der lithologische Übergang vom Bathonian zum Callovian ist gleitend und nirgends durch einen Sedimentationsunterbruch gekennzeichnet. Er ist von zahlreichen Autoren beobachtet und beschrieben worden (MöSCH, 1867; MÜHLBERG, 1900; BUXTORF, 1908; DELHAES & GERTH, 1912; BITTERLI, 1945; u. a.).

Westlich der Linie Bourrignon–Weissenstein sind die Macrocephalenkalke in der Fazies des Calcaire roux sableux entwickelt, östlich davon bildete sich das oben erwähnte Mischgestein. Vom Calcaire roux sableux unterscheidet es sich durch eine etwas regelmässigere Schichtung. Im allgemeinen wechsellagern dünnplattige, sehr limonitreiche Calcarenite mit gelblichen, lumachellösen Mergeln. Die Macrocephalenkalke sind heller als die meist graubraunen bis braunroten Varians-Schichten. Sie enthalten in allen Aufschlüssen des östlichen Untersuchungsgebietes Macrocephaliten (*Macrocephalites verus* BUCK.) Im Calcaire roux sableux wurden die Funde selten. Unbestimmbare Fragmente von Macrocephaliten stellte ich in Bourrignon (Profil 38) und in den Montagnes de Moutier fest.

Die Macrocephalenkalke werden durch eine Erosionsfläche abgeschlossen, die auf einen Sedimentationsunterbruch vor der Transgression der Callovian-Tone hindeutet. Diese Erosionsfläche ist bis jetzt noch wenig bekannt geworden. Nur ELBER (1920) hat in einem Stollen bei Undervelier einen Aufarbeitungshorizont im Dach des Calcaire roux sableux beschrieben. Die Schichtlücke ist im östlichen Untersuchungsgebiet an mehreren Stellen beobachtet worden, ebenso in der Chasseral-Antiklinale. In Les Malettes und bei Montfauvergier (Prof. 41 und 35) kennzeichnen braune, lumachellöse, mergelige Tone und Mergel den Beginn eines neuen Sedimentations-Zyklus.

In der Umgebung von La Chaux-de-Fonds dagegen, im Mont d'Amin–Tête de Ran-Gebiet und in der La Tourne-Antiklinale fehlen jegliche Hinweise auf einen Sedimentationsunterbruch. Das westliche Untersuchungsgebiet steht während der Calcaire roux-sableux-Sedimentation unter dem Einfluss des im W anschliessenden Faziesraumes der Marnes du Furcil. Diese entsprechen in ihren oberen Partien bei Furcil der Pierre blanche (Mittleres Bathonian). Im Waadtländer Jura (Aiguilles de Baulmes) sind nur noch einzelne Bänke in der Fazies des Calcaire roux sableux in die Marnes de Furcil eingeschaltet; in ihrem Liegenden treten wieder Mergel und Mergelkalke mit *Rhynchonelloidella alemanica* (ROLLIER) auf.

In den Basisschichten des Unter-Callovian (Zone des *Macrocephalites verus* BUCKM.) können also drei einander nah verwandte Faziestypen unterschieden werden:

1. Die Macrocephalenkalke des östlichen Untersuchungsgebietes. Sie bestehen aus Mergelschichtchen, die mit plattigen bis knolligen, stark eisenschüssigen Calcareniten und Mergelkalken wechsellagern. Der geringmächtige Horizont enthält eine typische Unter-Callovian-Fauna.

2. Der Calcaire roux sableux, dessen Ausbreitungsgebiet westlich der Linie Bourrignon–Weissenstein-Antiklinale die Grenchenberg-Antiklinale, die Freiberge, das Plateau de Maiche und die Umgebung von St-Ursanne umfasst. Der Komplex besteht zur Hauptsache aus ruppigen, limonitreichen Calcareniten, Lumachellenbänken und kalkigen Mergeln. Im Dach der Serie wurden in der Montoz-Antiklinale echt eisenoolithische Mergelkalke festgestellt. Nur in Bourrignon und in den Montagnes de Moutier konnte ich Macrocephaliten feststellen.

3. Mergelig-kalkiger, eher dünnbankiger, in den oberen Schichten auch ruppiger Calcarenit kennzeichnet den Calcaire roux sableux des westlichen Untersuchungsgebietes zwischen Val de Travers und La Chaux-de-Fonds. Wegen seines Mergelreichtums neigt er zur Bildung sumpfiger Comben.

Alle drei Gruppen kennzeichnen die allgemeine Verflachung des Meeres gegenüber den Verhältnissen im oberen Bathonian, mit Tendenz zur Bildung eisenoolithischer Gesteine (eigentliche Eisenoolithe sind allerdings nur in der Montoz-Antiklinale entstanden).

Die Macrocephalenkalke, bzw. der obere Calcaire roux sableux, vertreten die abschliessende Phase eines Zyklolithems, dessen Mergelphase durch die Varians-Schichten im E und die Marnes de Furcil im W vertreten wird (vgl. KLÜPFEL, 1916). Im zentralen Untersuchungsgebiet wurden dagegen stets mehr kalkige Sedimente, der Calcaire roux sableux, abgelagert.

Das Varians/Calcaire roux-sableux-Zyklolithem verdeutlicht schon für das obere Bathonian eine gewisse Tiefengliederung des Sedimentationsraumes. Eine zentrale Sattelzone wird im W und E durch seichte Becken mit Mergelfazies begrenzt.

Die Zyklengrenze, gekennzeichnet durch die Erosionsfläche im Dach des Calcaire roux sableux bzw. der Macrocephalenkalke fällt hier nicht mit der Stufengrenze Bathonian/Callovian zusammen, sondern sie liegt innerhalb des Unter-Callovian.

Ob diese Erosionsfläche eine kurzlebige Emersion anzeigt, kann nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Um eine ausgedehnte Festlandbindung hat es sich jedenfalls nicht gehandelt. Die Bildung einer kleinen Insel, die im Raume St-Brais–Montfavergier–Les Malettes–Undervelier gelegen wäre, ist nicht ausgeschlossen. Die stark aufgearbeiteten Macrocephalenschichten könnten in diesem Sinne gedeutet werden. Ich halte aber eher dafür, dass es sich um submarine Erosion handelte, die im Gefolge epirogenetischer Bewegungen einsetzte.

Diese Bewegungen, es handelt sich um eine plötzliche Absenkung des östlichen und zentralen Untersuchungsgebietes, haben ein neues Zyklolithem eingeleitet, das die Callovian-Tone, die Dalle nacrée und, im E, die Lumachellenbank umfasst.

Wie aus der Isopachenkarte (Figur 11) der Gesamtmächtigkeit der Sedimente hervorgeht, grenzen zwei mächtige Schichtpakete im E und W an eine Zone mit mehr oder weniger deutlichem Mächtigkeitsdefizit.

Dies bedeutet, dass im E und W zur gleichen Zeit mehr sedimentiert wurde als in einem Ablagerungsraum, der als schmaler Streifen in NNE/SSW-Richtung von Bourrignon über Undervelier in die Moron-Antiklinale streicht und dort nach SW in die zentrale Chasseral-Antiklinale abbiegt.

Östlich dieser Linie konstatieren wir einen kontinuierlichen Anstieg der Mächtigkeit bis zum östlichen Maximum (30–35 m) zwischen Röthifluh und Blauen.

Im W dagegen ist ein plötzlicher Zuwachs von 20–40% der Gesamtmächtigkeit auf kurze Distanz festzustellen, abgelöst durch eine mehr regelmässige Entwicklung in den Freibergen bis zum westlichen Maximum (50–55 m) in der La Tourne-Antiklinale.

Die Mächtigkeit der Tonserien beträgt auf der Linie Kleinklützel–Liesberg–Envelier/Schelten–Weissenstein stets um 20 m. Sie nimmt gegen W ab und beträgt bei Bourrignon 10 m, östlich Undervelier 6 m, ebenso in den Montagnes de Moutier und im Moron, 7,5 m in der Montoz-Antiklinale und um 10 m in der östlichen Chasseral-Antiklinale. Westlich der Klusen tritt eine Reduktion auf 3–5 m ein, und zwar im Raum Forges d'Undervelier (ELBER, 1920)–Station Saulcy–Montfavergier–St-Brais-Antiklinale–Les Rangiers. In den übrigen Gebieten, Zentrale Chasseral-Antiklinale und östlicher Mont d'Amin sowie im Gebiete der Freiberge messen die Schichten 6–9 m, auf dem Plateau de Maiche wieder etwas mehr, 10 bis 13 m.

Das Zentrum des Beckens mit reichlicher Tonschüttung liegt im östlichen Untersuchungsgebiet und im angrenzenden Basler und Solothurner Jura. Nach W nimmt die Mächtigkeit kontinuierlich ab bis in die Gegend von Bourrignon, worauf eine starke Reduktion eintritt, die sich auch bei Undervelier und im Chasseral-Gebiet zwischen Mét. derrière Bienne und Mét. de Morat bemerkbar macht. In den dazwischenliegenden Gebieten ist die Erscheinung weniger deutlich, da die Aufschlüsse wesentlich weiter auseinander liegen.

Die Mächtigkeitsabnahme vom Beckenzentrum nach W bedeutet nicht nur, dass hier weniger Sedimente abgelagert wurden, sondern dass hier früher andere Sedimentationsbedingungen herrschten als im E. Die Tonfazies wurde lateral durch die calcarenitische Dalle nacrée-Fazies abgelöst. Nur an einer Stelle nehme ich an, dass die Mächtigkeitsreduktion andere Gründe hat. Ich habe schon auf die Aufarbeitungsmergel im Raume Saulcy–Les Malettes hingewiesen. Sie deuten auf einen länger dauernden Sedimentationsunterbruch, entweder infolge Strömungen oder infolge Emersion hin (vgl. p. 128; Figur 10).

Westlich und südwestlich dieser Erosions-Zone traten wieder ruhigere Sedimentationsbedingungen ein, die in der beträchtlichen Mächtigkeitszunahme der Tonserie im Clos du Doubs und Plateau de Maiche einerseits, und in der regelmässigen Serie der Freiberge andererseits zum Ausdruck kommt.

Einen weiteren Hinweis auf die Beschaffenheit des Meeresgrundes liefert der Aufbau des Dalle nacrée-Komplexes. Im Beckenzentrum im E wird die Dalle nacrée durch atypische, mergelige Calcarenite repräsentiert. Bis ins Klusengebiet hat sich schon eine Serie von 12–15 m Mächtigkeit entwickelt. Die nächst westlichen

Aufschlüsse geben ein ganz anderes Bild: Les Malettes 21 m, Saulcy 24 m, Rebevelier ca. 22 m, Tramelan 25 m, Mét. de Morat 28 m (vgl. Figur 12). Schon 2,5 km westlich des Aufschlusses von Les Malettes sinkt die Mächtigkeit auf 17,5 m und bleibt für das ganze Plateau de Maiche mit 15–20 m konstant. Nach SW dagegen ist ein kontinuierliches Wachstum zu verzeichnen.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Von E gegen W in den Raum der Sorne-Klusen ist eine kontinuierliche Mächtigkeitszunahme der Dalle nacrée gegenüber einer Abnahme der Callovian-Tone zu verzeichnen.

Einer plötzlichen Reduktion der Callovian-Tone, erkennbar im Raume Saulcy-Undervelier-Les Malettes und weniger ausgeprägt zwischen der Mét. du Milieu und der Mét. de Morat, steht eine starke Mächtigkeits-Zunahme der Dalle nacrée auf der Linie Les Malettes-Saulcy-Tramelan-Petit Chasseral gegenüber.

Im Clos du Doubs und im Plateau de Maiche steht einem starken Anwachsen der Callovian-Tone eine Reduktion der Dalle nacrée gegenüber. In den Freibergen ist ein Anschwellen der Dalle nacrée gegen SW zu verzeichnen.

Bei der Beschreibung der Dalle nacrée (p. 158) wird festgestellt, dass die Calcairenite in warmem, sehr flachem Meer mit CaCO_3 -Überschuss und wohl etwas erhöhtem p^h abgelagert wurden. Das Sediment wurde durch die Bewegungen des Windes und durch Strömungen mehrmals aufgewirbelt.

Die Sedimentation der Tone erfolgte in etwas tieferem Meer, das kühleres CO_2 -reicheres Wasser besass. Vor allem aber enthielt es reichlich toniges Material. Es soll hier betont werden, dass die Callovian-Tone keine tiefmeerischen Sedimente darstellen, aber immerhin unterhalb der Zone mit sehr reicher Bodenfauna abgelagert wurden.

Aus all den nun angeführten Tatsachen können folgende Schlüsse gezogen werden:

Die sicher rasch erfolgte Absenkung der Calcaire roux sableux-Platte erfolgte nicht im Sinne einer einfachen Kippbewegung.

Die am stärksten betroffene Zone liegt im östlichen Untersuchungsgebiet und im angrenzenden Solothurner und Basler Jura, in einem Raume also, der schon während des Ober-Bathonian/Unter-Callovian-Zyklus eine Tiefenzone darstellte (Bildung der tonig-mergeligen Varians-Schichten).

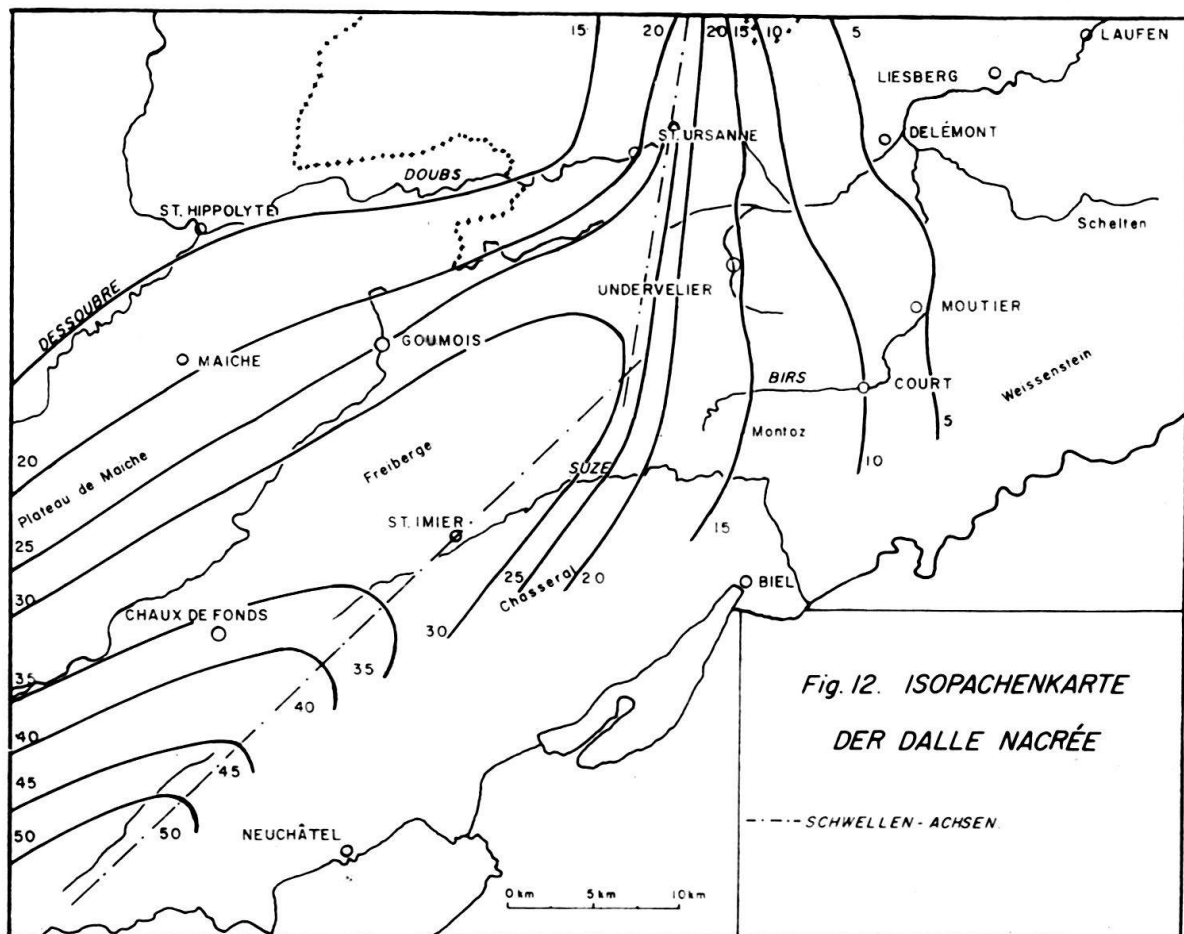
Das Becken wird im W durch eine ausgeprägte Schwelle mit steilem, flexurartigem Ostabfall begrenzt. Die Ostflanke des Sattels streicht in NNE-SSW-Richtung über Les Malettes-Saulcy und in den Raum zwischen Tramelan und Tavannes und biegt dort nach SW in die zentrale Chasseral-Antiklinale ab.

Die W- bzw. NW-Grenze der Schwelle streicht ebenfalls in NNE-SSW-Richtung östlich St-Ursanne in die Clos du Doubs-Antiklinale und biegt in ihrem S-Schenkel nach SW ins Plateau von Maiche ab. Die Schwellenflanke fällt in der Umgebung von St-Ursanne ziemlich steil ab, gleicht sich aber im SW-streichenden Teil aus.

Ausser der SW/NE-verlaufenden Hauptschwelle tritt ein scharf begrenzter Sporn hervor, der zwischen St-Ursanne und Bourrignon in NNE-Richtung ausstreicht (vgl. Figuren 11 und 12).

Die Absenkung und Schwellenbildung kommt in der Fazies deutlich zum Ausdruck. In der La Tourne-Antiklinale, im kaum gesenkten Schwellenkern, geht der

Calcaire roux sableux kontinuierlich in die Dalle nacrée über. In der Pouillerel- und in der westlichen Mont d'Amin-Antiklinale äussert sich der Einfluss der Trogfazies durch Tonschichtchen, die sich zwischen die untersten, tonigen Calcarenitbänke der Dalle nacrée einschalten. Während der Ablagerung der 6–9 m mächtigen Tonserie in der westlichen und zentralen Chasseral-Antiklinale und in den Freibergen macht sich eine Ausgleichung der Sedimentationsbedingungen bemerkbar. Sie äussert sich zuerst in der Vermergelung der obersten Tonschichten und dann im raschen Übergreifen der Dalle nacrée auf die gesamte Schwellenzone. In dieser Zeit wurden im Plateau von Maiche tonige Mergel ohne Knauer, im östlichen Untersuchungsgebiet dagegen fette Tone mit Chaillen abgelagert.



Die Entwicklung des NNE/SSW-streichenden Ausläufers der Schwelle ist andere Wege gegangen. Der schmale Sporn wurde nur wenig oder gar nicht abgesenkt. Kräftige Strömungen haben die Schwelle überspült, auch an der steilen Ostflanke erosiv gewirkt und eine regelmässige Sedimentation verhindert. Wenn es zu einer kurzen Emersion kam, musste sie in dieser Zeit stattgefunden haben. Kohlige Überreste von Schwemmh Holz, wie sie in den Basisschichten der Callovian-Tone an einigen Stellen beobachtet wurden, könnten in dieser Richtung gedeutet werden. Allerdings transgredierte schliesslich auch hier die Callovian-Tone.

Wegen der schon primär geringen Absenkung des Spornes waren die Bedingungen zur Bildung calcarenitischer Gesteine eher erfüllt als in den angrenzenden

Beckenzone. Im W und E vom Sedimentationsraum der Callovian-Tone begrenzt, konnten sich zuerst keine typischen Dalle nacrée-Gesteine entwickeln. Es wurden gelbliche, mergelige und feinspätige Calcarenite abgelagert. Auch dies ist ein deutlicher Hinweis auf die isolierte Stellung der Schwelle.

Mit dem Übergreifen der Dalle nacrée-Fazies auf das Plateau de Maiche ist die Sonderstellung der schmalen Schwelle von Les Malettes aufgehoben.

Die Beckenzone im E war durch toniges Material und durch die Schüttung calcarenitischen Detritus von W her langsam aufgefüllt worden. Dadurch wurde der Zustrom tonreicheren Wassers erschwert, schliesslich sogar fast ganz unterbunden, und die Dalle nacrée-Fazies dehnte sich auch nach E über das ganze Untersuchungsgebiet aus.

In diese Zeit fällt auch die Bildung der Silexhorizonte, die interessanterweise nur entlang der ehemaligen Schwellengrenze auftreten (vgl. Figur 13, p. 159; p. 164). Diese begrenzte Verbreitung dürfte als Indiz dafür gewertet werden, dass die Callovian-Ton-Fazies bereits im Gebiet der Juraseen über die Dalle nacrée dominiert.

Im obern Unter-Callovian sind die Sedimentationsbedingungen im ganzen Untersuchungsgebiet weitgehend ausgeglichen. Die Dalle nacrée-Fazies beherrscht das westliche, zentrale und nördliche Untersuchungsgebiet. Im E, entlang der Linie Hinter-Weissenstein-Delémont-Movelier-Lützel, geht sie in ihre mergeligen, calcarenitischen Äquivalente über. Doch stossen einzelne Ausläufer noch bis in die Gegend von Bärschwil vor.

Die Callovian-Tone bzw. die Hauptmasse der Dalle nacrée umfassen den mächtigsten Schichtkomplex des Callovian im Untersuchungsgebiet. Trotzdem repräsentieren sie zeitlich nur einen sehr kurzen Abschnitt der gesamten Stufe.

Die Macrocephalenkalke bzw. der oberste Calcaire roux sableux vertreten die Zone des *Macrocephalites verus* BUCKMAN (Unterstes Unter-Callovian).

Die Lumachellenbank (bzw. die obersten Dalle nacrée-Schichten) im Hangenden des Komplexes enthält *Catasigaloceras planicerclus* BUCKMAN, *Reineckea anceps* (REIN.) und *Macrocephalites (Indocephalites) sphaericus* (GREIF) JEANNET. Die Schicht ist wahrscheinlich an die Wende vom Unter- zum Mittel-Callovian zu stellen (oberstes Unter-Callovian/unterstes Mittel-Callovian). Die Hauptmasse der Dalle nacrée und die Callovian-Tone sind also zeitlich sehr eng begrenzt und dürften der Subzone des *Proplanulites koenighi* (Sow.) entsprechen.

Es stellt sich nun die Frage, ob sich diese Trog- und Schwellenbildung, wie wir sie im Untersuchungsgebiet festgestellt haben, auch nach N verfolgen lässt.

Die Achse der Callovian-Tone-Senke weist von der Röthiflugh über die Blauen-antiklinale in den Raum von Kandern, wo von K. SAUER (1952) folgendes Profil veröffentlicht wurde:

80 cm Braungraue, mergelige Macrocephalenkalke mit zahlreichen Fossilien.

45,00 m Callovian-Tone mit Macrocephalen. Anceps-Oolith. Oxfordian.

Gegenüber den Verhältnissen im Weissenstein oder in Liesberg ist einerseits eine Reduktion der Macrocephalenkalke, andererseits aber eine starke Mächtigkeitzunahme der Tonserie festzustellen. Die Sedimentation der Callovian-Tone von Kandern erfolgte in ruhigem Milieu und wurde bis ins Mittel-Callovian (Zone des *Kosmoceras jason*) nicht gestört. Die durch die calcarenitischen Äquivalente der

Dalle nacrée gekennzeichnete Verflachung des Sedimentationsraumes im oberen Unter-Callovian hat den nördlicheren Sedimentationsraum nicht beeinflusst.

Noch interessanter ist die Frage nach dem weiteren Verlauf des NNE-streichenden Dalle nacrée-Sporns von Les Malettes–St-Ursanne. Es wurde angenommen, dass dieser Ausläufer der SW/NE-streichenden Dalle nacrée-Schwelle während des Unter-Callovian eine besonders ausgeprägte Schwelle bildete.

In der Streichrichtung der Schwelle liegen im N die Aufschlüsse von Winkel/Oberlurg (Fr.) und, etwas östlicher, von Pfirt. In der Zone von Oberlurg und Winkel wird das gesamte Callovian durch einen 2–3 m mächtigen Aufarbeitungshorizont repräsentiert. S. GILLET & D. SCHNEEGANS (1935) und S. GILLET (1937) betrachten die Serie als einen Kondensationshorizont, J. SCHIRARDIN (1954) als ein Küstensediment. Es ist anzunehmen, dass diese reduzierten Schichten ebenfalls der Schwelle von Les Malettes zuzuordnen sind. In der Umgebung von Pfirt ist wieder eine normal-marine Abfolge des Callovian festzustellen (J. SCHIRARDIN, 1954), allerdings in mergelig-kalkiger und eisenoolithischer Fazies (Type rhéno-vosgien, SCHIRARDIN), wie im oberen Elsass.

B. DAS MITTEL- UND OBER-CALLOVIAN

Das Mittel- und Ober-Callovian sind im ganzen Untersuchungsgebiet durch lückenhafte, reduzierte Sedimentation charakterisiert. Die Mächtigkeit der Zonen des *Kosmoceras jason* und des *Kosmoceras spinosum* übersteigt selten 1,5 m.

Die allgemeine Tendenz zur Ausgleichung der Fazies hält auch an der Wende vom Unter- zum Mittel-Callovian an.

Ein Sedimentationsunterbruch hat in dieser Zeit nicht stattgefunden. Undeutliche Omissionsspuren im Dach der Dalle nacrée-Äquivalente des östlichen Untersuchungsgebietes sind lokalen Strömungen und der allgemeinen Verlangsamung der Sedimentation zuzuschreiben.

Zwischen Weissenstein- und Blauen-Antiklinale liegt über den mergelig-calcarenitischen Platten des oberen Unter-Callovian eine harte, zähe braungraue Kalkbank, die von Bivalventrümmern durchsetzt ist. Im Gebiete der Birs- und Sorneklusen löst sich diese Lumachellenbank in einzelne lumachellös-calcarenitische Platten auf, die in den Freibergen und in den angrenzenden Gebieten in die typische Dalle nacrée übergehen. Im E enthält die Schicht *Reineckia anceps* (REIN.), *Catasigaloceras curvicerclus* BUCKM., *Catasigaloceras planicerclus* BUCKM. Daneben treten aber auch Macrocephaliten auf (*Macrocephalites* [*Indocephalites*] *sphaericus* [GREIF] JEANNET). Diese, schon in normalen Sedimentationsverhältnissen nahe beieinander liegenden Ammoniten, wittern in diesem Kondensationshorizont auf der gleichen Schichtfläche aus. Die einen sind abgerollt, die anderen wieder gut erhalten. Weiter fällt auf, dass im einen Aufschluss die Bivalventrümmern und Steinkerne massenhaft auftreten; an einem anderen Ort ist das Gestein vollständig fossilieer. Dies weist darauf hin, dass das Schalenmaterial von Strömungen angehäuft wurde. Im W dagegen wurden die untersten Ancepsschichten «normal» abgelagert. Es ist daher anzunehmen, dass dort der Anteil des Mittel-Callovian an der Bildung der Dalle nacrée um wenigstens grösser war als die Mächtigkeit der Lumachellenbank.

Die Untersuchung der Aufarbeitungsrückstände im Dach der Dalle nacrée ergab, dass im gesamten Dalle nacrée-Raum die calcarenitische durch die eisen-

oolithische Fazies abgelöst wurde. Durch die Auffindung eisenoolithischer Calcarenite wurde diese Ansicht bestätigt (Profil 18, p. 104). Diese Tatsache hat in der Literatur nur wenig Beachtung gefunden. Nur M. PIROUTET (1918) hat in den obersten Dalle nacrée-Platten bei Salins (Jura) die gleiche Erscheinung beobachtet.

Innerhalb des Mittel-Callovian setzte im Untersuchungsgebiet, ebenso im Solothurner und Basler Jura eine kräftige Erosionsphase ein. Diese hat alle schon abgelagerten relativ weichen eisenoolithischen Calcarenite aufgearbeitet; erst die schon weitgehend verfestigte Dalle nacrée hat der Erosion widerstanden. Es handelte sich wahrscheinlich um submarine Erosion; dafür sprechen auch die in den Aufarbeitungsmergeln festgestellten, wohl erhaltenen Fossilien («*Cristellaria*» spp.). J. SCHIRARDIN (1954) spricht dagegen von Oszillationen des Meeresgrundes, die zu Emersion und erneuter Submersion führten. Im südlichen Elsass wurde innerhalb der Anceps-Zone keine Erosionsphase festgestellt, wohl aber in ihrem Dach.

Über der aufgearbeiteten Schichtfläche der Dalle nacrée lagern sich erneut eisenoolithische Mergel und Mergelkalke ab, die sehr selten feine Kohleschmitzen enthalten.

Der Korndurchmesser des detritischen Quarzes beträgt in den eisenoolithischen Mergeln und Kalken im Durchschnitt 0,3 mm gegenüber nur 0,04 mm in der Dalle nacrée und 0,02 mm in den Callovian-Tonen. Es zeigt sich hier die bekannte Erscheinung, dass während eines Emersionszyklus die Korngrösse des detritischen Quarzes von unten nach oben kontinuierlich zunimmt und im Dach der Serie (im Kondensationshorizont) ihr Maximum erreicht (vgl. FICHTER, 1934).

Die Basisschichtchen der Oolithe enthalten Reineckeien und Reineckeiten und gehören noch dem Mittel-Callovian an. Der grösste Teil hat jedoch Ober-Callovian-Alter. Eine Erosionsphase trennt die Athleta-Oolithe von den transgredierenden Oxfordian-Tonen. Anders sind die Verhältnisse in der Chasseral-Mont d'Amin-La Tourne-Antiklinale, ebenso südlich und westlich von La Chaux-de-Fonds. Hier transgrediert Ober-Oxfordian direkt auf Dalle nacrée. Bis jetzt wurde angenommen, dass das Ober-Oxfordian (Zone des *Cardioceras cordatum* = oberes Unter-Oxfordian, ARKELL, 1956) in der Mont d'Amin-Antiklinale ebenfalls auskeilt, und dass dort die Birnenstorfer Schichten direkt auf der limonitüberkrusteten Dalle nacrée liegen. (A. JEANNET, 1948). Es wurde festgestellt, dass auch hier die Eisenoolithe als 30 cm mächtige Bank entwickelt sind.

Wie ich schon erwähnt habe (p. 123), nehme ich an, dass in dieser Zone keine primäre Schichtlücke besteht, sondern dass die Ober-Callovian-Oolithe in einer ersten Erosionsphase im Dach der Athleta-Schichten teilweise und in einer zweiten Phase im Mittel-Oxfordian, zusammen mit Unter- und Mittel-Oxfordian-Oolithen vollständig aufgearbeitet wurden.

Das Ober-Callovian des Elsass wird repräsentiert durch die aus N vorstossenden Ornatentone mit Pyritfossilien. Diese Fazies macht sich bis in die Gegend von Pfirt bemerkbar (SCHIRARDIN, 1954) und geht weiter südlich in die eisenoolithische Fazies des Untersuchungsgebietes über. Aber auch im W, bei Monthéliard, Besançon und Belfort dominiert das oolithische Ober-Callovian.

Mit der Erosionsphase an der Wende zum Unter-Oxfordian wird das Callovian abgeschlossen. Eine langsame Absenkung des Raumes, gekennzeichnet durch die

zunehmende Vermergelung der Unter-Oxfordian-Oolithe, ermöglichte den Vorstoss eines kühleren, tonreicheren Meeres. Nur in den südlichen Randketten des Jura bleiben die Verhältnisse teilweise unverändert.

C. DAS CALLOVIAN IN DEN ANGRENZENDEN GEBIETEN

Nach Osten (Basler-, Solothurner- und Aargauer Jura) setzen sich die Schichtserien des Callovian ohne wesentliche Veränderungen bis in den Raum der «argovischen Schwelle» fort. Über den Macrocephalenkalken (Kornbergsandstein im E) liegen knauerige Tone und Mergel. Die Schichten der *Reineckeia anceps* (REIN.) und des *Peltoceras athleta* (PHIL.) sind eisenoolithisch und oft sehr lückenhaft ausgebildet.

Auf die Verhältnisse im Elsass und am Westrand des Schwarzwaldes wurde schon früher hingewiesen (p. 151).

Nach N und NW lässt sich die Dalle nacrée bis an den Südfuss der Vogesen verfolgen, wo sie bei Belfort und Héricourt silexführend aufgeschlossen ist. Ihre Mächtigkeit beträgt in dieser Zone 10–12 m. Das Mittel- und Ober-Callovian wird durch eine dünne Schicht eisenoolithischer Mergel vertreten.

Analoge Verhältnisse, sowohl im Unter- als auch im Mittel- und Ober-Callovian, treffen wir in der Umgebung von Besançon an (vgl. A. BONTE, 1945 und 1947).

Das Callovian am Ostrand des Pariser Beckens ist im N (Département Meuse) durch die Tonserien des Woëvre charakterisiert. Im S (Département Haute-Marne) bildet ein heller oolithischer Kalk mit Macrocephaliten die Basis des im übrigen mergeligkalkigen bis eisenoolithischen Callovian (Chaumont). In diesem Gebiet hat MAUBEUGE (1953) im Unter- und Ober-Callovian Schichten mit reichlich Schwemmholz festgestellt. Er nimmt an, dass die Vogesen zeitweise aufgetaucht sind.

In den Départements Côte-d'Or und Haute-Saône (Bourgogne und Plateau de Langres) ist ein Teil des Unter-Callovian (Subzone des *Proplanulites koenighi* [Sow.], in ARKELL, 1956) durch typische Dalle nacrée vertreten. Die Zonen des *Kosmoceras jason* (REIN.) und des *Kosmoceras spinosum* (PHIL.) sind teils eisenoolithisch, teils tonig-mergelig ausgebildet und oft stark reduziert (MAUBEUGE, 1953).

Das Mergelband zwischen der unteren und oberen Dalle nacrée von Furcil kennzeichnet die Entwicklung des Callovian im südwestlichen Jura, wo ein Teil des Unter-Callovian in mergelig-toniger Fazies ausgebildet ist. Die Dalle nacrée ist nur noch geringmächtig. Sie misst 8–12 m (vgl. MÜHLETHALER, 1932 und AUBERT, 1943). Das eisenoolithische Mittel- und Ober-Callovian ist oft auf wenige Zentimeter oder Dezimeter kondensiert.

Im alpinen Raum ist vor allem das vollständige Fehlen der Dalle nacrée hervorzuheben. Im Autochthon, von der Dent du Midi westlich der Rhone bis zur Windgälle, liegt lückenhaftes Callovian in eisenoolithischer Fazies vor. Das gleiche gilt auch für die helvetischen Decken. Im Ultrahelvetikum, aber auch in den Westalpen (Zone dauphinoise) nehmen tiefmeerische Sedimente überhand (Terres Noires, Mergel und Tonschiefer).

Es stellt sich nun die Frage, wie das Callovian im schweizerischen Mittelland, zwischen dem autochthon-helvetischen Raum und der südlichen Randkette des Jura, ausgebildet ist.

Es ist anzunehmen, dass sich der Faziesraum der Callovian-Tone südlich der Linie Chasseral-Röthifluh fortsetzt. Das gleiche gilt für die Mergelfazies im Waadt-länder Jura. Weiter wurde auf Grund der eng begrenzten Ausdehnung der Silex-horizonte die Vermutung ausgesprochen, dass schon im Gebiete der Juraseen die Callovian-Ton-Fazies über die Dalle nacrée-Fazies dominiert (vgl. p. 150 und Fi-gur 13, p. 159).

Überblickt man nun den Faziesraum der Dalle nacrée, so stellt man fest, dass ihr Hauptausbreitungsgebiet zwischen dem Massif Central und den Vogesen im NW und im südöstlich angrenzenden Juragebirge liegt.

Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass, wenigstens im mittleren Unter-Callovian, im Mittelland ein direkter Zusammenhang zwischen den Callovian-Tonen im östlichen Untersuchungsgebiet und den Marnes de Furcil im Waadtländer Jura einerseits und der westalpin/ultrahelvetischen Tiefsee andererseits bestand. Damit wäre im Solothurner- und Basler Jura für kurze Zeit eine Verbindung zwischen der Beckenzone im Elsass und dem alpinen Meer hergestellt gewesen (vgl. SAUER, 1953; DREYFUSS, 1954; SCHIRARDIN, 1954).

Das Mittel- und Ober-Callovian ist charakterisiert durch die Bildung eisenooli-thischer Gesteine, sowohl im Untersuchungsgebiet, als auch in den angrenzenden Zonen. Ihr erhöhter Gehalt an Schwemmholz, im zentralen Jura weniger deutlich als am Fuss der Vogesen und im Aargauer Jura (Herznach), weist darauf hin, dass eine ausgeprägte Tendenz zur Emersion bestand. Es entstanden wohl da und dort kurzlebige, kleine Inseln. Ob dies auch für das schweizerische Mittelland Gültig-keit hatte, kann nicht entschieden werden.

VIII. Zur Petrographie einzelner Gesteinstypen

(Figuren 13–16)

Bei der Durchsicht der umfangreichen, das Juragebirge betreffenden Literatur zeigt es sich, dass petrographische Probleme im allgemeinen nur erwähnt, nicht aber näher untersucht wurden. Wie DE QUERVAN & WINTERHALTER (1930) bemer-ken, sind die Juragesteine sowohl chemisch-analytisch, als auch petrographisch noch sehr wenig bekannt.

Ich möchte in diesem Kapitel auf drei Gesteinarten eintreten, die in meinem Untersuchungsgebiet besonders typisch entwickelt sind:

- A. Die Dalle nacrée.
- B. Die Silexbildungen.
- C. Die eisenoolithischen Gesteine.

A. DIE DALLE NACRÉE

Der Name «Dalle nacrée» wurde von J. THURMANN (1832) erstmals verwendet und hat sich in der Folge in der Literatur eingebürgert.

Die Dalle nacrée ist ein Calcarenit von beiger, grauer bis graublauer Farbe. Das Gestein wittert gelbbraun, graubraun oder braunrot an. Die Verwitterungsflächen sind übersät von auswitterndem kalkigem oder kieseligem organischem Detritus.

Das Gestein ist dünngebant und unregelmässig kreuzgeschichtet.