

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
SERVICE GÉOLOGIQUE

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XXIII

»DIE TRIAS-LIAS GRENZSCHICHTEN
LUXEMBURGS«

FAZIESENTWICKLUNG AM NE-RAND DES PARISER BECKENS

von
ADOLPHE MULLER
Luxemburg

INVENTAIRE DES TRACES D'ACTIVITÉ ANIMALE
DANS LES SÉDIMENTS MÉSOZOIQUES
DU TERRITOIRE LUXEMBOURGEOIS

par
ARMAND HARY
Grevenmacher

LUXEMBOURG 1974
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
SERVICE GÉOLOGIQUE

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XXIII

»DIE TRIAS-LIAS GRENZSCHICHTEN
LUXEMBURGS«

FAZIESENTWICKLUNG AM NE-RAND DES PARISER BECKENS

von
ADOLPHE MULLER
Luxemburg

INVENTAIRE DES TRACES D'ACTIVITÉ ANIMALE
DANS LES SÉDIMENTS MÉSOZOIQUES
DU TERRITOIRE LUXEMBOURGEOIS

par
ARMAND HARY
Grevenmacher

LUXEMBOURG 1974
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

»DIE TRIAS-LIAS GRENZSCHICHTEN LUXEMBURGS«

FAZIESENTWICKLUNG AM NE-RAND DES PARISER BECKENS

MIT 10 ABBILDUNGEN, 1 TABELLE, 9 TAFELN UND 6 ANLAGEN

von
ADOLPHE MULLER*
Luxemburg

*Anschrift des Verfassers: Dr. A. MULLER, 51 AACHEN
Geologisches Institut der T. H.,
Templergraben 55

RESUME

L'objet du mémoire est l'étude stratigraphique et sédimentologique des couches de passage entre Trias et Lias, basée sur des observations de terrain complétées par l'analyse de nombreux sondages permettant de préciser la répartition des faciès du Rhétien et de l'Hettangien et les variations d'épaisseurs de ces formations.

Les observations stratigraphiques sont complétées par une étude sédimentologique, portant sur la portion détritique des sédiments, dont les variations granulométriques sont étudiées verticalement dans chaque coupe en vue de la mise en évidence de séquences positives ou négatives liées, dans le schéma proposé par A. LOMBARD, à la transgressivité ou à la régressivité de la mer. Cette analyse, illustrée par des diagrammes à différents coefficients granulométriques, permet d'envisager les rapports existant entre le sédiment et son milieu de dépôt (milieu fluvial, plage ou plateau continental).

La microfaune est étudiée en détail: Ostracodes et Foraminifères, dont la présence est signalée ici pour la première fois dans certains niveaux, contribue à préciser les milieux de dépôt.

La macrofaune, et notamment les Ammonites récoltées dans l'Hettangien, permettent de déterminer la position chronostratigraphique des formations.

Cette étude retrace les modalités de la transgression liasique sur le nord-est du Bassin de Paris:

Le Keuper se termine, dans la région étudiée, par un complexe argilo-dolomitique, avec passées de sable, dans lequel une faune d'Ostracodes à affinités triasiques est signalée.

Le Rhétien inférieur est représenté par des faciès très variables, gréseux, argileux ou carbonatés, débutant souvent par des niveaux conglomératiques. L'épaisseur de l'ensemble est très variable (11 m à 0,1 m); une carte des isopaches est jointe.

Le Rhétien supérieur présente le faciès, très constant, des « marnes de Levallois ». La microfaune y est peu abondante et accuse des affinités hettangiennes. L'épaisseur varie considérablement, passant de 8 m à moins d'un mètre.

L'Hettangien contraste vigoureusement avec l'étage précédent par son épaisseur beaucoup plus grande et par la présence d'Ammonoidés qui indiquent l'établissement d'un régime franchement marin. Vers le SE du Luxembourg, l'étage présente sur toute sa hauteur le faciès lorrain, alternance de marnes et de calcaires, et les trois grandes zones de l'étage ont pu être mis en évidence. En allant vers le NW, sa partie supérieure est progressivement envahie par des apports détritiques, prenant le faciès du « Grès de Luxembourg » dont l'hétérochronie de la base est clairement à mettre en évidence.

Replacé dans le cadre plus large de la province liasique du NW de l'Europe, la marge NE du Bassin de Paris se caractérise par des sédiments remarquables par l'épaisseur et par la nature lithologique qui se sont déposés dans une zone subsidente préférentielle située en bordure d'un continent ardennais.

VORWORT

Die vorliegende Arbeit beruht auf Geländebeobachtungen und Bohrprofilbeschreibungen, die bis ins Jahr 1960 zurückgehen. Sie vermittelt einen umfassenden Überblick der derzeitigen stratigraphischen Kenntnisse der Trias-Lias-Grenzsichten in den NE-Randgebieten des Pariser Beckens.

Stratigraphie ist in diesem Zusammenhang als Schichtenbeschreibung im eigentlichen Sinne zu verstehen, d. h. als Erfassung der lithologischen und paläontologischen Merkmale von Sedimenten im Hinblick auf ihre altersmäßige und genetische Deutung.

Die Untersuchungen gehen von einem allgemein anerkannten Wissensstand aus, der von Geologen älteren und jüngeren Datums geschaffen wurde. Er beinhaltet eine für diesen Raum spezifische stratigraphische Gliederung und korrele Ansichten über die paläogeographische Entwicklung. Teil I. der Arbeit geht auf die sich hieraus ergebenden Begriffsbestimmungen ein.

Teil II. der Arbeit liefert objektivierete und möglichst abgesicherte Informationen zur Schichten- ausbildung. Die untersuchten Profile werden erst in dem Landschaftsbild Süd-Luxemburgs lokalisiert, dann erfolgt die eingehende Beschreibung der Ablagerungen der Steinmergelgruppe, des Räts und des Hettangiens. Die Faziesanalyse geht im petrologischen Teil auf Schichtungstypen und auf die Verteilung der Korngrößenklassen ein; es zeichnen sich dieser Art unterschiedliche Sequenzen ab. Ammoniten und Mikrofauna bilden den faunistischen Anteil der Fazies- ansprache. Das Zusammentragen dieser Informationen stellt das Haupt- und weiterführende Ergebnis dieser Abhandlung dar. Diese sind nämlich auch anderweitig zu benutzen und können möglicherweise zu Schlußfolgerungen führen, die von denen des Verfassers abweichen.

Die subjektive Deutung der vorliegenden Fakten erfolgt in Teil III., u. a. durch die Diskussion verschiedener Diagramme von Korngrößenverteilungsparametern. Abschließend werden die Schichten des NE des Pariser Beckens mit jenen der angrenzenden Sedimentationsbecken verglichen.

Bei der Durchführung der Arbeit konnte der Verfasser in vielfacher Hinsicht auf die Einrichtungen des Service Géologique von Luxemburg, des Geologischen Institutes der R. W. T. H. Aachen, sowie des Laboratoire des Sciences de la Terre (Cours Universitaires) in Luxemburg zurückgreifen. In der Endphase wurde das Forschungsvorhaben von der D. F. G. unterstützt.

Der Verfasser ist den genannten Institutionen und allen, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

GLIEDERUNG

Seite

Vorwort

I. DER NE DES PARISER BECKENS	
1. Zielsetzung und Begriffsbestimmung	11
2. Die stratigraphischen Einheiten.	12
3. Paläogeographische Entwicklung	16
II. DIE FAZIESENTWICKLUNG DER TRIAS-LIAS-GRENZSCHICHTEN	
1. Das geologische Landschaftsbild	21
2. Ausbildung der Schichtenfolge	25
A. Die Steinmergelgruppe	25
B. Das untere Rät	28
C. Das obere Rät	30
D. Das Hettangien	31
3. Faziesanalyse	35
A. Petrologische Analyse	36
a) Schichtungstypen	36
b) Granulometrie	38
c) Die Korngrößenklassen	40
d) Sequenzabfolge	41
e) Deutung und Vergleich	45
B. Die Ammonitenfauna	47
C. Mikrofazielle Analyse	53
III. AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE	
1. Statistische Parameter der Korngrößenverteilung	55
A. Allgemeines	
B. Korngrößenverteilungsdiagramme der Trias-Lias-Grenzschichten	55
a) Diagramme 1% (Mikron) / Gewichtsprozent der Fraktion kleiner 63 Mikron	56
b) DOEGLAS-Diagramme	59
c) Diagramme nach TRASKschen Kennwerten	60
2. Die Trias-Lias-Grenzschichten: Stratigraphischer Inhalt und Versuch einer genetischen Deutung	63
3. Der NE-Rand des Pariser Beckens, seine Stellung in der NW-Europäischen Lias-Provinz	67
Schriftenverzeichnis	76

	Seite
Abb. 1: Geographische Übersichtskarte des NE des Pariser Beckens	14
Abb. 2: Paläogeographische Skizzen zur Entwicklung des Pariser Beckens	
Abb. 2a: Isopachenkarte des Muschelkalks und der Lettenkohle (nach J. VILLEMİN 1963)	17
Abb. 2b: Isopachenkarte des Pseudomorphosengruppe (Mittlerer Keuper) (nach J. VILLEMİN 1963)	17
Abb. 2c: Isopachenkarte der Steinmergelgruppe (Mittlerer Keuper) (nach J. VILLEMİN 1963)	17
Abb. 2d: Isopachenkarte des Rät und des unteren Lias (nach O. HORON 1961)	19
Abb. 3: Lageskizze der Bohrungen Medingen, Bloëbiert, Mont Créqui	22
Abb. 4: Isopachenkarte des unteren Rät in Luxemburg	27
Abb. 5: Schlotheimia angulata (SCHLOTHEIM)	52
Abb. 6: Diagramme 1% (Mikron) / < 63 Mikron (%):	57
Zone argilo-dolomitique	
Rät	
Hettangien, Lothringische Fazies	
Hettangien, Luxemburger Sandstein	
Abb. 7a: DOEGLAS-Diagramm: Rät	58
Abb. 7b: Hettangien, Lothringische Fazies	59
Abb. 8a: Diagramm So/Sk: Rät	61
Abb. 8b: Hettangien, Lothringische Fazies	61
Abb. 9a: Diagramm Sk/kleiner 63 Mikron (%): Rät	62
Abb. 9b: Hettangien, Lothringische Fazies	62
Abb. 9c: Hettangien, Luxemburger Sandstein	62
Abb. 10: Geologisches Profil durch den NE des Pariser Beckens.	73
Tab. 1: Stratigraphische Gliederung der Trias-Lias-Grenzschiechten	12
Tafel 1: Unterlias-Ammoniten	81
SCHICHTUNGSTEXTUREN:	
Tafel 2: Bohrung Medingen und Bohrung Bloëbiert	82
Zone argilo-dolomitique und Unterer Rät	
Tafel 3: Bohrung Medingen	83
Unterer Rät	
Tafel 4: Bohrung Rébiert	84
Zone argilo-dolomitique und Unterer Rät	
Tafel 5: Bohrung Rébiert	85
Unterer Rät	
Tafel 6: Bohrung Rébiert	86
Unterer Rät	
Tafel 7: Bohrung Medingen	87
Oberer Rät und Unterer Hettangien	
Tafel 8: Bohrung Rébiert	88
Hettangien: Lothringische Fazies	
Tafel 9: Bohrung Rébiert	89
Hettangien, Luxemburger Sandstein	
Anlage 1: SE Luxemburg	
Profil Remich-Scheierbiert	
Bous-Dalheim	
Syren	
Anlage 2: NE Luxemburg	
Profil Bourglinster	
Junglinster	
Anlage 3: NW Luxemburg	
Profil Loevelange	
Kapweiler, Ditzbiert	
Schwebach, Bommert	
Anlage 4: E Luxemburg	
Bohr-Profil Bloëbiert	
Mont Créqui	
Medingen	
Anlage 5: E Luxemburg	
Mikrofazielle Analyse	
Anlage 6: W Luxemburg	
Bohr-Profil Rébiert	

I. DER NE DES PARISER BECKENS

1. ZIELSETZUNG UND BEGRIFFSBESTIMMUNG

« In geologischem Sinne ist das Pariser Becken eine ganz flache Schüssel mesozoischer und tertiärer Schichten, die sich fast allseits unter geringen Fallwinkeln älteren Massiven auflegt. Im NE und N sind dies die vaniszischen Ardennen beziehungsweise deren westliche Fortsetzung, die unter Kreide-Tertiär-Bedeckung im Boulonnais wieder zutage tritt. Im E bilden die Vogesen den Beckenrand, im S das Zentralmassiv und im W das Armorikanische... Die peripheren und damit ältesten Schichten des Beckens gehören in die Trias. In breitem Ausstrich mit Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper treten sie nur im E, in Lothringen, auf. Hier aber bilden sie den W-Rand des süd-deutschen Triasbeckens... In etwa seinem heutigen Rahmen existiert das Pariser Becken seit der Transgression des Lias-Meeress... In den Ardennen... greift der Lias vielfach unter Ausfall der Trias auf das Grundgebirge über, und zwar mit verschiedenen Stufen... Im Zuge der Eifel- und Lothringischen Depression wurden in Luxemburg während des Unter-Lias bis zu 100 m mächtige Deltasande in den Randbereich des Pariser Beckens eingeschüttet » (R. SCHOENENBERG 1971, 276, 277, 280).

SCHOENENBERGS Zitat schildert in kurzer prägnanter Form die bivalente Stellung der östlichen, d. h. lothringischen Umrandung des Pariser Beckens. Wie wir weiter unten sehen werden, ist die Ausbildung und die Umgestaltung des lothringischen Sedimentationsraumes stark durch variszische tektonische Strukturen beeinflusst worden. Das Trias-Teilbecken ist, zumindest anfänglich, durch die N-S ausgerichteten Eifeler und Lothringer Depressionen bestimmt. Ab Keuper und besonders im Rät und im Hettangien biegen die Linien größter Sedimentmächtigkeiten in die NE-SW Richtung um (siehe Abb. 2).

Die vorliegenden Untersuchungen konzentrieren sich auf das Gebiet, in dem sich die N-S und die NE-SW Richtungen schneiden. Hier berührte im Hettangien der südliche Teil der Eifeler Nord-Süd-Zone die östliche Umrandung des Pariser Beckens. Für dieses strukturell eigentümliche Gebiet hat H. JOLY 1908 den Begriff « NE des Pariser Beckens » eingeführt.

Die nordöstlichen Randbereiche umfassen den Südosten der belgischen Provinz Luxemburg (=Gaume), das luxemburgische Gutland, die Süd-Eifel sowie den nördlichen Teil des französischen Departements Moselle. H. JOLY (1908, 33, 34) sieht in der 1827 von V. SIMON veröffentlichten « Géologie du département de la Moselle » (Compte rendu des travaux de la Société des Sciences de Metz pendant les années 1825 et 1826, Metz 1827) den eigentlichen Beginn der geologischen Untersuchung dieser Gebiete. Seither ist insbesondere das Mesozoikum dieses Raumes Gegenstand mannigfaltiger, intensiver Erforschung, deren Werdegang bei H. JOLY (op. cit.) und für den rezenten Abschnitt bei M. LUCIUS (1948) nachzulesen ist.

Im folgenden wird versucht, aus der Ausbildung der Sedimente Rückschlüsse auf die paläogeographische Entwicklung des NE des Pariser Beckens zu ziehen. Dabei wird besonderer Wert darauf gelegt, die einzelnen Vorgänge möglichst genau chronostratigraphisch zu erfassen. In erdgeschichtlicher Sicht erstrecken sich diese Untersuchungen auf Schichten der oberen Trias und des unteren Lias, die im Liegenden der oben erwähnten Deltasande vorkommen.

Anlaß dieser Untersuchungen war die Auswertung einer Reihe von Flachbohrungen, die zur Festlegung der Trasse der geplanten Autobahn Luxemburg-Trier im Jahre 1969 durchgeführt wurden. Ihr Befund machte es zweckmäßig, ältere Beschreibungen der Trias-Lias-Grenzsichten neu zu überdenken und, falls möglich, sie durch zusätzliche Analysen zu überprüfen. Die Tiefbohrung Rébierg (1971) lieferte wertvolle Informationen über die Ausbildung der Grenzsichten im tieferen Untergrund Luxemburgs. Die verschiedenartigen Quellen des Probenmaterials bedingen, daß den angeführten Profilen unterschiedlich starke Aussagekraft zukommen wird.

2. DIE STRATIGRAPHISCHEN EINHEITEN

Die Schichtenfolge an der Wende Trias-Lias läßt sich z. T. nur nach lithologischen, z. T. auch nach paläontologischen Merkmalen untergliedern. Die sich hieraus ergebende stratigraphische Tabelle (siehe Tab. 1) ist also sehr ungleichwertig, und Korrelationen sind nicht nur über weitere Gebiete, sondern auch zwischen unterschiedlichen Faziesräumen oft problematisch und dementsprechend fragwürdig.

Die Gliederung der oberen Trias erfolgt hauptsächlich nach lithologischen Kriterien. Die Dreiteilung der Bunten Mergel (*Marnes irisées* = Mittlerer Keuper in deutscher Abgrenzung) erfolgt ausschließlich nach der Gesteinsausbildung.

DIE STEINMERGELGRUPPE

Die ältesten im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Schichten gehören in die Steinmergelgruppe. Es handelt sich um bunte Mergel, denen 0,05 bis 0,25 m starke Bänke von lichtgrauen, festen Steinmergeln eingeschaltet sind; es sind dies tonige, dichte Dolomite. Gips tritt häufig auf. In den Bohrungen von Mondorf und Cessingen konnten Spuren von Steinsalz nachgewiesen werden. In Luxemburg schwankt die Mächtigkeit der Steinmergelgruppe zwischen 100 und 50 m. Die Steinmergelgruppe wird vom Rät, welches oft mit einer Konglomeratlage einsetzt, überlagert.

ABTEILUNG	STUFE		ZONE	SUBZONE	GESTEINSAUSBILDUNG		
Unterer Jura-Lias	Hettangien	Oberes	Schlotheimia angulata		Luxemburger Sandstein		
		Mittleres	Alsatites liasicus	Liasicus	Mergel und Kalksteine-Lothringer Fazies		
				Laqueus			
			Wæhneroceras portlocki				
		Unteres	Ps. (Caloceras) johnstoni	Belcheri			
Johnstoni							
	Ps. planorbis						
Obere Trias	Rhétien	Oberes			Marnes de Levallois		
		Unteres	Avicula contorta		Schwarze Tone, Sandsteine, Konglomerate		
	Norien-Carnien				Marnes irisées=Bunte Mergel Mittlerer Keuper	Marnes à marnolites = Steinmergel-Gruppe	Zone argilo-dolomitique
						Marnes rouges gypsifères = Gipsmergel-Gruppe	Rote Gipsmergel
						Marnes à pseudomorphoses = Pseudomorphosen-Gruppe	Schilfsandstein

Tab. 1: Stratigraphische Gliederung der Trias-Lias-Grenzsichten

ZONE ARGILO-DOLOMITIQUE

R. LAUGIER (1961 a, 605-616) beschreibt in seinen Profilen der Trias-Lias-Grenzschichten im NE des Pariser Beckens zwischen den typischen Sedimenten der Steinmergelgruppe und des Rät's Übergangsschichten, die er als « Zone argilo-dolomitique » bezeichnet. Sie bestehen aus Tonen und gipsführenden, sandigen Dolomiten. Diese Serie wird sowohl in Luxemburg, in Lothringen und in der Gegend von Langres angetroffen. Ihre stratigraphische Stellung — Steinmergelgruppe oder Rät — ist oft unsicher.

In Lothringen beginnt das vorwiegend sandig ausgebildete untere Rät im allgemeinen mit einem « Bonebed », welches an eine Konglomeratlage gebunden ist. Unterhalb liegen entweder Sandsteine oder Mergel; beide Gesteinstypen sind reich an kleinen Gipskonkretionen. Der Gips verschwindet genau unterhalb des ersten Bone-beds, welches nach R. LAUGIER (op. cit., 608) somit eine eindeutigere Abgrenzungsmöglichkeit ergibt, als das Auftreten der sandigen Sedimente.

Die ersten sandigen aber noch gipsführenden Einschaltungen, die LAUGIER als Anzeichen der beginnenden Transgression ins Pariser Becken deutet, stellt er somit in Lothringen in die Steinmergelgruppe.

Auch in der Gegend von Langres tritt am Übergang vom Keuper zum Rät eine Folge von Sandsteinen und bunten Mergeln auf. Die Steinmergelgruppe wäre schwierig zum Hangenden abzugrenzen, würde diese Übergangsserie hier nicht gelegentlich *Avicula contorta* führen und sich dadurch eindeutig als rätisch erweisen.

In Luxemburg, insbesondere in den Bohrungen Bloëbiërg, ist die « zone argilo-dolomitique » als charakteristische Schichtenfolge klar abzugrenzen. Da sie bislang keine rätische Fauna geliefert hat, stellen wir sie in die oberste Partie der Steinmergelgruppe und nehmen als unterste Grenze des Rät's die erste Konglomeratlage an.

J. LEVALLOIS (1865) hebt hervor, daß die Trias-Lias-Übergangsschichten, insbesondere die Rät'sandsteine, am E-Rand des Pariser Beckens von den Ardennen zum Morvan bemerkenswert einheitlich ausgebildet sind. Das Rät wird nach seiner petrographischen Ausbildung in zwei Schichtkomplexe zerlegt; das untere wurde von A. DUMONT (1842) als Sandstein von Mortinsart typisiert, das obere, welches aus roten oder grünen, kalkigen Tonen besteht, wird als « Marnes de Levallois » bezeichnet.

UNTERES RÄT

H. JOLY (1908, 99) rekapituliert die Profilbeschreibung von DUFRENOY und ELIE DE BEAUMONT des unteren Rät von Vic-sur-Seille, südlich von Château-Salins, und erwähnt helle, wenig verfestigte Sande, schwarzblaue, dünnblättrige Tone, Kalksandsteine und Kalkoolithe.

M. LUCIUS (1948, 108) erwähnt nur die schwarzen, glimmerhaltigen Tone, Sandsteine und Konglomerate als typisch für das untere Rät in Luxemburg. Inzwischen wurde auf das Vorkommen von kalkigem Bindemittel im unteren Rät hingewiesen (A. MULLER, 1964). In der Bohrung Rébiërg sind im unteren Rät in zwei Niveaus Kalksteine auszumachen.

Die Mächtigkeiten des unteren Rät schwanken in Luxemburg beträchtlich von 0,2 bis 15 m (L. VAN WERVEKE 1887, 50). In Lothringen und in der Champagne liegen sie zwischen 15 und 30 m (O. HORON 1961, 10). Maximal werden 35 bis 40 m bei Kédange (Moselle) erreicht (L. GUILLAUME 1941, 53).

In den Tiefbohrungen dieser Gegend wurde *Avicula contorta* relativ häufig angetroffen. Auch in Belgisch-Luxemburg ist diese Art in Aufschlüssen bei Villers-sur-Semois und Harinsart gefunden worden (H. JOLY 1908, 100). In Luxemburg ist das Leitfossil seltener. M. LUCIUS (1948, 110) erwähnt es von Ellingen; J. BINTZ et al. (1970, 66) beschreiben zwei Exemplare aus dem Profil Ditzebierg-Kapweiler.

MERGEL VON LEVALLOIS

Die Mächtigkeit der Mergel von Levallois verändert sich wenig und liegt relativ konstant um 7 bis 8 m in Lothringen. In Luxemburg wird diese Mächtigkeit nur selten erreicht.

Die Untergliederung der oberen Trias in Luxemburg ist, trotz des gelegentlichen Auftretens von *Avicula contorta*, eine lithostratigraphische geblieben. Die Annahme, daß Fazies- und Zeitgrenzen zusammenfallen, hat sich bisher bewährt.

Die von A. DUMONT (1842) vorgeschlagene Gliederung für den unteren Lias beruht ebenfalls auf lithostratigraphischer Basis. Zwischen dem rätischen Sandstein von Mortinsart im Liegenden und dem Luxemburger Sandstein im Hangenden beschreibt er die Marne de Jamoigne. G. DÉWALQUE (1854) lehnt sich an diese Gliederung an, wenn er von unten nach oben unterscheidet:

1. Sande und Sandsteine von Mortinsart
2. Mergel von Jamoigne
3. Luxemburger Sandstein
4. Mergeliger Kalkstein und Mergel von Straßen.

Die Korrelationsversuche im NE des Pariser Beckens gaben Anlaß zu heftigen Auseinandersetzungen, bis man durch eingehende biostratigraphische Untersuchungen das Verschneiden der Fazies- und stratigraphischen Grenzen erfaßte. In der vorliegenden Arbeit kommt die von S. ELMI & R. MOUTERDE (1965) in der Ardèche (Frankreich) erprobte biostratigraphische Gliederung des Hettangien zur Anwendung (siehe Tab. 1).

UNTERES HETTANGIEN

Das untere Hettangien umfaßt die vertikale Verbreitung der Gattung *Psiloceras* (Untergattungen *Psiloceras s. str.* und *Caloceras*). Das untere Hettangien schließt unterhalb des Auftretens von *Waehneroceras portlocki* (WR.) (= *Storthoceras*) ab. S. ELMI & R. MOUTERDE (op. cit., 150) messen den Niveaus mit *Ps. planorbis* und mit *Ps. (Cal.) johnstoni* den Wert von Zonen bei. Beide Formen überschneiden sich nicht in ihrem Auftreten.

MITTLERES HETTANGIEN

Biostratigraphisch gesehen beginnt das mittlere Hettangien mit dem Auftreten von *Waehneroceras* der Gruppe *portlocki* und von *W. (Megastomoceras)* und endet mit den letzten echten *Alsatites*-formen. Die ersten Schichten mit *Schlotheimia* kennzeichnen die Basis des oberen Hettangien.

Der biostratigraphischen Dreiteilung entspricht im Untersuchungsgebiet eine fazielle Zweiteilung:

Im Liegenden bestehen die Schichten aus einem Wechsel von grauen, auch schwarzen Mergeln mit grauen, tonigen bis sandigen Kalkbänken. Manchmal sind die Mergel schwach bituminös. Gipsausblühungen werden vielfach beobachtet. Diese Ausbildung wird unter dem Begriff der lothringischen Fazies des unteren Lias zusammengefaßt. Ihr gegenüber steht die sandige Fazies der hangenden Schichten, die Deltasande SCHOENENBERGS, die allgemein als Luxemburger Sandstein J. STEININGER (1828) bezeichnet werden. « Die Grenze zwischen den Mergeln und Kalken und dem Luxemburger Sandstein ist manchmal scharf, meistens aber un deutlich, indem die schwarzen Mergel von dunklen, sandigen Kalkbänken durchsetzt werden, die allmählich in kalkigen Sandstein übergehen » (M. LUCIUS op. cit., 141).

Die in lothringischer Fazies ausgebildeten Schichten im Liegenden des Luxemburger Sandsteins können im Untersuchungsgebiet bis zu 30 m mächtig werden; der Luxemburger Sandstein erreicht 80 - 100 m Mächtigkeit, wobei seine untere Grenze nicht zeitgleich ist. Allgemein kann jedoch man annehmen, daß die sandige Fazies frühestens mit der *Angulata*-Zone einsetzt (J. BINTZ & A. MULLER 1966, A. MULLER & P. RASCHE 1971).

3. PALÄOGEOGRAPHISCHE ENTWICKLUNG

Die variszisch angelegten Strukturen bestimmen in Luxemburg-Lothringen die Ausbildung und die allmähliche Umwandlung des Sedimentationsraumes (R. SCHOENENBERG op. cit., 276).

So sammelten sich die permischen Sedimente in Innensenken an, die in der Richtung des variszischen Streichens angeordnet sind (Wittlicher Senke, Saar-Nahe-Senke).

Während der Trias-Zeit bildete dieses Gebiet das westliche Ufer des Germanischen Triasbeckens und teilte somit seine Geschichte. Dennoch geben die N-S angelegten Eifeler und Lothringer Depressionen Luxemburg-Lothringen innerhalb des Beckens eine Eigenstellung.

Das germanische Triasbecken dehnte sich als persistentes Schelfmeer zwischen dem gallo-ardennischen Festland im Westen und der Oberpfalz im Osten aus. Vom Buntsandstein über den Muschelkalk wurde der Schelf des Rheinischen Teilbeckens langsam, aber zielsicher, aus nördlicher in südliche Neigung gekippt. Der Buntsandstein wurde daher von S, der Nordische Keuper von N her eingeschüttet. Bei optimaler Durchflutung des Beckens während der waagerechten Lage der Beckenachse wurde also der Muschelkalk ausgefällt (P. WURSTER, 1965, 231).

Die Schüttungsrichtungen der festländischen Schuttmassen des Buntsandsteins hielten sich an die Tiefenlinie des Teilbeckens, die aus der Pfalz durch die Kraichgau und die Hessische Senke ins Wesergebiet führte. Eine westliche Abzweigung lenkte um den Rheinischen Block herum durch die Eifeler Nord-Süd-Zone in das Niederrheingebiet ab (P. WURSTER, 1968, 158).

Die Eifeler Nord-Süd-Zone ist als Quersenke durch das Einbiegen der Großfalten angelegt. Sie tiefte sich zwischen zwei Hochgebieten ein, dem gallo-ardennischen Festland im Westen und dem Siegener- und Hunsrückblock (Rheinischer Block) im Osten. Der Westrand des Ablagerungsraumes, am gallo-ardennischen Festland läßt sich durch den Verlauf der Küstenfazies für jede Abteilung der Trias festlegen (M. LUCIUS, 1959) während der Verlauf des Ostrand am Hunsrück unsicher ist.

Die Uferlinien verliefen ursprünglich in Nord-Süd-Richtung, doch hatte die Tiefenrinne die Tendenz, in die NE-SW-Richtung einzuschwenken, was sich besonders im Keuper auswirkte (M. LUCIUS, 1948, 132).

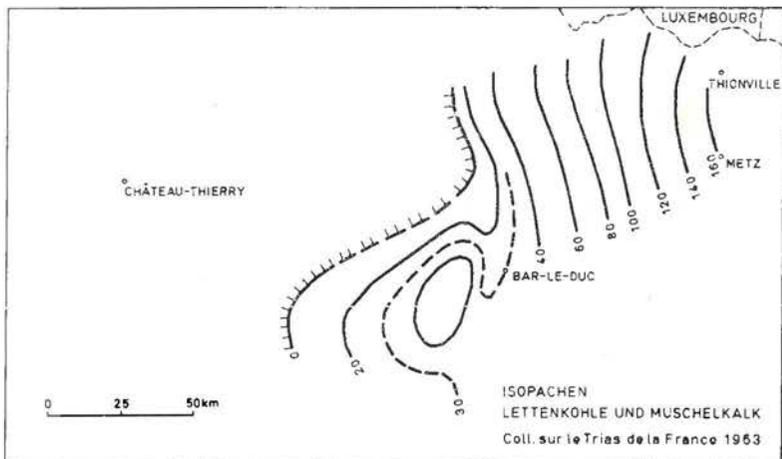
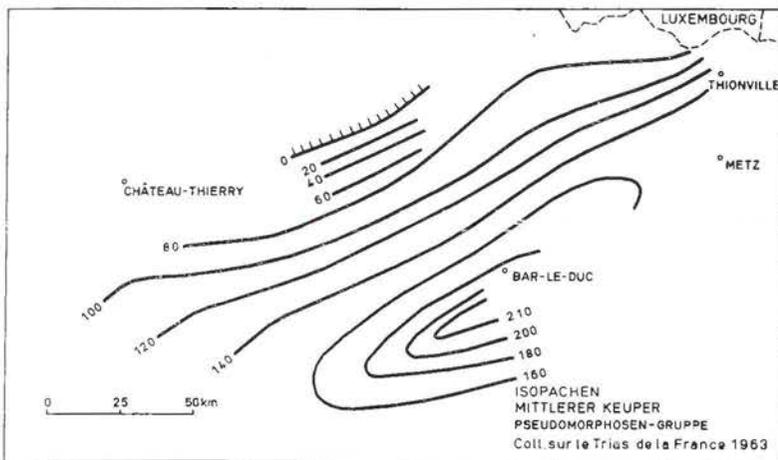
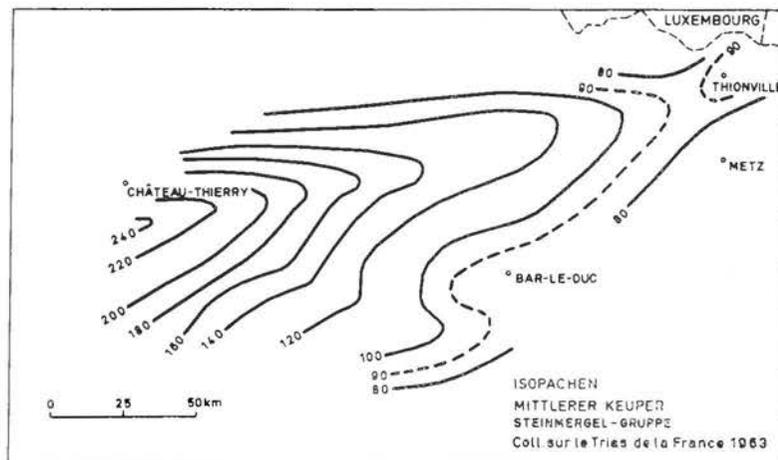


Abb. 2: Paläogeographische Skizzen zur Entwicklung des Pariser Beckens (nach J. VILLEMEN 1963)

Abb. 2c: Isopachenkarte der Steinmergelgruppe

Abb. 2b: Isopachenkarte der Pseudomorphosengruppe

Abb. 2a: Isopachenkarte des Muschelkalks und der Lettenkohle

In Nähe des Ardenner Festlandes, im Gebiet westlich der Alzette (siehe Abb. 1), gehen die Schichten, die im Beckeninnern in der üblichen germanischen Triasfazies vorliegen, in eine konglomeratische und sandige Fazies über, die als Litoral- oder Küstenfazies bezeichnet wird. Noch weiter westlich keilen die Schichten aus. Die jüngeren Formationen greifen generell nach Westen hin beträchtlich über die älteren hinweg.

Dies gilt insbesondere für die Schichten der Steinmergelgruppe, die in gleichbleibender Fazies am Rande des Devons bis nach Rossignol auftreten. Westlich Nobressart liegen sie unmittelbar diskordant auf dem Unterdevon (L. VAN WERVEKE, 1887, 49). Eine grobe Küstenfazies, wie sie noch für die Pseudomorphosengruppe am Ardennerrand ausgebildet ist, liegt nicht mehr vor. Nur nimmt die Mächtigkeit dieser Schichten nach Westen hin ab. Südlich Attert sind sie rd. 6 m mächtig.

Die allmähliche Extension des Beckens nach Westen, die durch Aufschlüsse am nördlichen Beckenrand zu verfolgen ist, wurde neuerdings durch die Erdölprospektion auch im Beckeninnern nachgewiesen. Die größten Sedimentmächtigkeiten (siehe Abb. 2a-c) verlagern sich von Lothringen (Buntsandstein) zur Champagne humide (Muschelkalk) und schließlich im Keuper zum Innern des Pariser Beckens (G. WATERLOT, 1963, 75). « C'est au Keuper supérieur que cette transgression s'accroît, et que le bassin parisien s'individualise nettement » (J. VILLEMINE, 1963, 120).

Es ist anzunehmen, daß im oberen Keuper die armorikanische Schwelle überflutet wurde und daß dadurch die Verbindung der englischen und der germanischen Trias erfolgte (YAPAUDJIAN, 1963, 139).

Die Keuperablagerungen reichen jedoch weniger weit nach Norden als jene des Muschelkalks. Dies wird auf das nunmehr Aufsteigen der Ardennen zurückgeführt (G. WATERLOT, op. cit., 75). Diese Bewegungen wirken sich auch im Beckeninnern aus, wo Längsverwerfungen, z. B. am Graben von Thionville, aufreißen (L. GUILLAUME, 1941, 70).

Die Rättransgression drang von NE aus dem Gebiet der triadischen Meeresbedeckung der Eifeler N-S-Zone ins Pariser Becken ein. Das triadische, gallo-ardennische Festland wurde endgültig überflutet. Die westliche Begrenzung des Sedimentationsraumes folgt einer Linie, die von der Seine-Mündung nach Saint-Amand, am Rande des Zentral-Massivs, führt (siehe Abb. 2d) (O. HORON, op. cit., 9). Die nördliche Begrenzung erfolgte durch die Ardennen. Hier greift das Rät in normaler Entwicklung in westlicher Richtung über die Schichten der Steinmergelgruppe hinweg. Der Rätssandstein reicht nach Westen nicht weiter als Muno. Ab Morbehan liegt er unmittelbar auf Devon (H. JOLY, op. cit., 106).

Die Mergel von Levallois sind bei Attert 3,60 m mächtig (R. MONTEYNE, 1969, 2); weiter westlich fehlen sie, und der Rätssandstein wird unmittelbar von der Marne de Jamoigne überlagert. Auch westlich Eppendorf fehlt das obere Rät (M. LUCIUS, 1948, 114). Im Beckeninnern ist es in Lothringen und an Bohrungen in der Champagne nachgewiesen worden.

Auf dem Plateau von Langres sind die Mergel von Levallois nicht bekannt. Hier liegt das Hettangien auf dem Rätssandstein. Den Oberrät-Schichten kommt eine kleinere, horizontale Verbreitung als den Unterrät-Schichten zu. Für manche Autoren liegt eine Rekurrenz der lagunären Keuperfazies vor, andere sehen im Oberrät den Beginn der marinen Lias-Transgression (O. HORON, op. cit., 15).

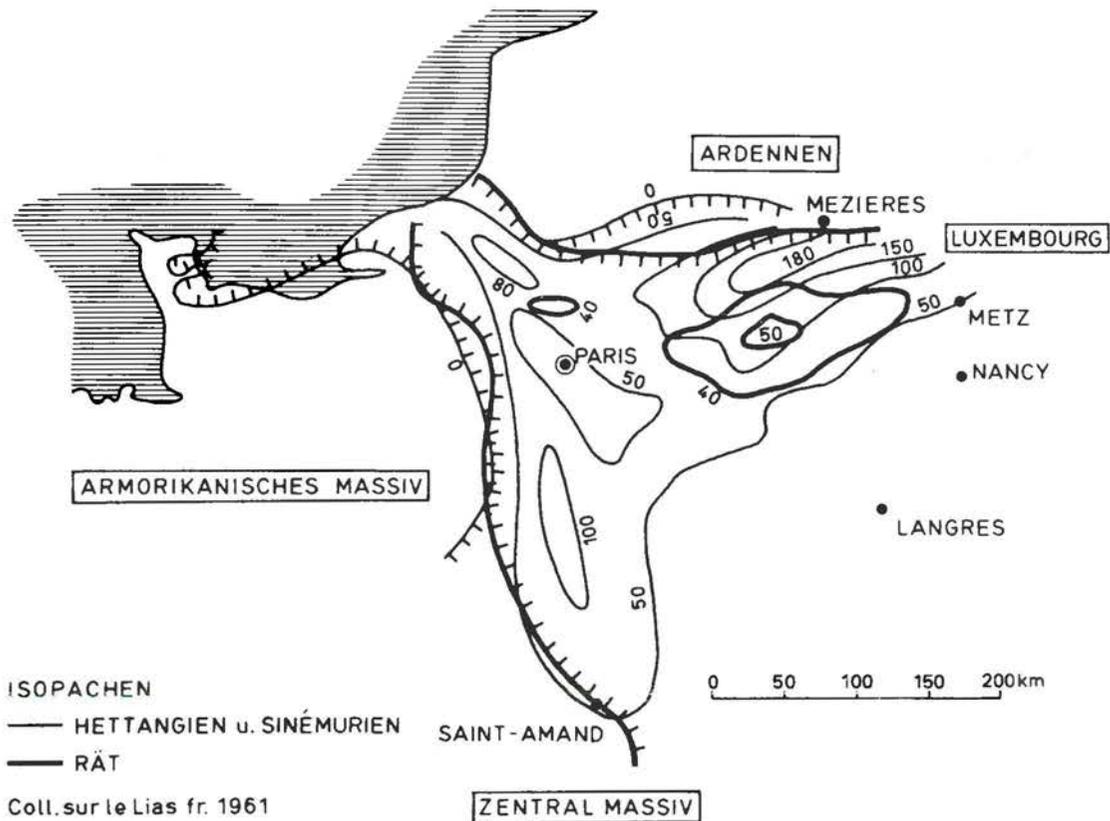


Abb. 2d: Paläogeographische Skizze zur Entwicklung des Pariser Beckens (nach O. HORON 1961)
Isopachenkarte des Rät und des unteren Lias

Die größten Mächtigkeiten (50 m) für das gesamte Rät sind südlich von den Ardennen in einer NE-SW gestreckten Zone anzutreffen. Ein zweites Maximum (40 m) zeichnet sich im Pays de Bray ab, wo man die Verbindung zum englischen Lias-Becken annehmen muß (siehe Abb. 2d).

Im Hettangien dehnt sich das Pariser Becken vor allem nach N aus: weitere Teile der Ardennen werden überflutet. Die Isopachen erstreckten sich wie im Rät in NE-SW-Richtung. Die größten Mächtigkeiten des unteren Lias liegen im NE vor: 180 m. Bei Orléans sind diese Schichten 100 m und im Pays de Bray 80 m mächtig (siehe Abb. 2d).

Am Ardennenrand schwankt die Mächtigkeit des Hettangien um 15 m. Zum Beckeninnern nimmt sie rasch zu; so wurden südlich von Mezières rd. 80 m Hettangien erbohrt (O. HORON, op. cit., 20). Die Basis des Hettangien besteht in der Gegend von Mortinsart aus einem Konglomerat. In Muno ist die *Planorbis*zone sandig und behält diese Ausbildung bis nach Luxemburg (H. JOLY, op. cit., 125).

Am NE-Rand des Pariser Beckens findet man die größten Mächtigkeiten in Luxemburg. Allein die lothringische Fazies des unteren Hettangien kann 30 m mächtig werden. Bei Metz mißt das gesamte, in lothringischer Fazies ausgebildete Hettangien nur 6 bis 8 m. Zwischen Nancy und Langres sind es 1,5 bis 2,5 m; bei Langres (Torcenay) lediglich 0,5 m. Es handelt sich hier um eine

kondensierte Kalkfazies ohne Ausfall paläontologischer Zonen. Die Einschwemmung von detritischem Material nimmt von N nach S hin ab. Es gibt keine Anzeichen, die in diesem Zusammenhang für eine Annahme einer Meeresenge zwischen Vogesen und Morvan im Lias sprechen (R. MOUTERDE & H. TINTANT, 1968).

Die Umstellung des NE-Teils des Pariser Beckens von seiner ursprünglichen N-S-Richtung im Buntsandstein und im Muschelkalk zur NE-SW-Richtung im Keuper und im Lias ergibt sich für manche Autoren aus dem ständigen und beharrlichen Einsinken des sich stetig umgestaltenden Beckens (P. WURSTER, 1965, 231).

Andere Autoren (J. TRICART, 1949, 25) sprechen von einer tektonischen Inversion: Das in der Trias Festland gewesene Becken senkte sich demnach im Lias ein. Der Ostteil der Ardennen, der in der Trias unter dem Meer der Eifeler Nord-Süd-Zone lag, zeigte dagegen ab Lias aufsteigende Tendenz. Hierdurch wird die Erosion belebt und das detritische Material angeliefert, welches ins Pariser Becken eingeschwemmt wird (J. TRICART, op. cit., 27). Ob die Eifeler Nord-Süd-Zone jedoch völlig geschlossen wurde, wie J. TRICART (op. cit., 28) annimmt, ist sehr fragwürdig. M. LUCIUS (1948, 288) macht glaubhaft, daß die Eifeler Nord-Süd-Zone im Lias eine direkte Verbindung mit dem nordwestdeutschen Meere ermöglichte. Auch R. MONTEYNE (1967, 40) führt die Sandeinschwemmungen des oberen Hettangien auf küstenparallele Strömungen zurück, die aus dem nordwestdeutschen Liasmeer durch die Eifeler Nord-Süd-Zone ins Pariser Becken mündeten.

Auf jeden Fall bewirkt das Einbiegen der Eifeler Nord-Süd-Zone in das Pariser Becken eine Sonderstellung des nordöstlichen Teils des Sedimentationsraumes.

II. DIE FAZIESENTWICKLUNG DER TRIAS-LIAS-GRENZSCHICHTEN

1. DAS GEOLOGISCHE LANDSCHAFTSBILD

Die mesozoischen Ablagerungen im NE des Pariser Beckens sind in gelappten AusbÜtzonen angeordnet, die generell nach SW, entsprechend dem Einfallen der Schichten zum Beckeninnern hin, mit abnehmendem Alter aufeinanderfolgen. Die unterschiedliche Verwitterungsbeständigkeit der Schichten hat im wesentlichen zu drei Steilstufen geführt:

im Muschelkalk,
im Hettangien, — in Belgisch-Luxemburg und in Luxemburg ist die Cuesta an den Luxemburger Sandstein gebunden —,
im Toarcien / Aalénien — Minetteformation —.

Diese Steilstufen verlaufen von Lothringen nach Luxemburg in Süd-Nord-Richtung, biegen hier nach Westen um und klingen nacheinander an den Ardennen aus. Dieser Art erwecken die Erosionsgrenzen das Bild der « Luxemburger Bucht », welches in erster Hinsicht morphologisch und nur untergeordnet strukturell begründet ist.

Die Steilstufe des Hettangien überragt mit 30 m bis 80 m die flachwellige Landschaft der Steinmergelschichten. Sie zeichnet den Geländestreifen ab, in dem die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Profile liegen. Wir beschreiben die Vorkommen der Trias-Lias-Grenzschichten von SE nach NW, d. h. wir rekonstruieren ein Profil, welches schräg zur angenommenen Längsrichtung der Eifeler Nord-Süd-Zone sich befindet (vergleiche Abb. 10).

A. SE LUXEMBURG

DAS PLATEAU VON BURMERANGE

Das Plateau von Burmerange liegt im SE des Großherzogtums Luxemburg. Hier sind das Hettangien und das Sinémurien in mergelig-kalkiger, d. h. in lothringischer Fazies ausgebildet. Westlich einer Linie Ellange-Emerange (siehe Abb. 1) gehen die *Angulata*-Schichten in eine sandige Fazies über, den Luxemburger Sandstein. Dieser nimmt im unteren Lias fast die Gesamtheit Luxemburgs ein. Die Mächtigkeit dieses Sandsteins schwillt schnell an und erreicht in Luxemburg-Stadt 80 m. Das Plateau von Burmerange mit einem ausschließlich lothringisch entwickelten Lias liegt am Rande dieses sandigen Gebietes.

Die stratigraphischen Verhältnisse in dieser Gegend wurden u. a. durch die Arbeit von I. FEUTH-SIEDEK et al. 1970 geklärt. Die Bezugsprofile für die Zone argilo-dolomitique (R. LAUGIER 1961 a) und für das untere Rät (A. MULLER 1964) wurden im nördlichen Teil des Plateaus von Burmerange, in Remich-Scheierbiert, festgelegt. Die nördliche Begrenzung dieses Untersuchungsgebietes ist durch die Nationalstraße 13 zwischen Bous-Dalheim (siehe Abb. 1) gegeben. Hier war beim Ausbau der Straße eine Schichtenfolge zu beobachten, die mit Unterbrechungen von der Steinmergelgruppe bis ins Sinémurien reichte (siehe Anlage 1). In diesem Profil ist der Luxemburger Sandstein 4 m mächtig und wird von Schichten in lothringischer Fazies überlagert. Diese führen *Schlotbeimia angulata* (A. MULLER, 1966).

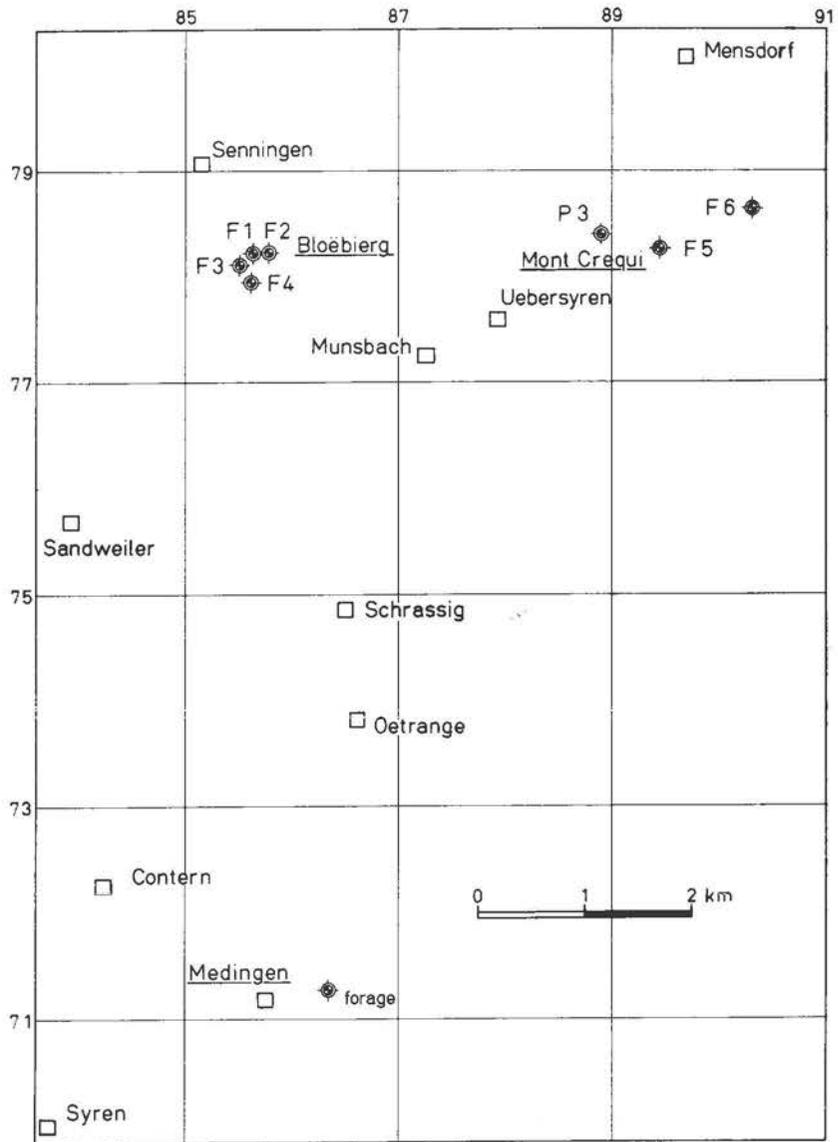


Abb. 3: Lageskizze der Bohrungen Medingen, Bloëbiërg, Mont Créqui

DALHEIM, MEDINGEN, HASSEL, ALTWIES

Weiter nördlich schließt sich an das Plateau von Burmerange das Gebiet Dalheim, Medingen, Hassel, Altwies an (siehe Abb. 1). Die Geologie dieses Gebietes wird bei A. MULLER 1970 erörtert. Sandige Einschaltungen mit *Alsatites* sp., die bei Medingen in z. T. verrutschten Schichtpaketen zu sehen waren, werfen die Frage nach dem Alter der Liegendgrenze des Luxemburger Sandsteins auf (A. MULLER, op. cit., 397). Die Bohrung Medingen sollte die Basis des Luxemburger Sandsteins erfassen. Da sie aber in einer vorher nicht bekannten, tektonisch gehobenen Scholle angesetzt wurde, gehören die jüngsten von ihr durchteuften Schichten schon ins Liegende des Sandsteins. Die Verwerfungsfläche wurde von der Bohrung erfaßt und bedingt das zweifache Auftreten des unteren Rät.

B. E LUXEMBURG

Im Zuge der Voruntersuchungen der geologischen Untergrundverhältnisse längs der geplanten Autobahn Luxemburg-Trier wurden im Jahre 1969 ca. 10 km ENE von Luxemburg-Stadt entfernt eine Reihe von Bohrungen abgeteuft (siehe Abb. 3).

Unterhalb der Cuesta des Luxemburger Sandsteins bei Senningen — dieses Gebiet wird im folgenden als « Am Bloëbiërg » bezeichnet — wurden folgende Bohrungen angesetzt:

- F 1: Tiefe 22 m,
- F 2: Tiefe 20 m,
- F 3: Tiefe 27 m,
- F 4: Tiefe 26 m.

Am Südostufer der Syr, zwischen Mont Créqui und Widdebiërg, sind es die Bohrungen:

- F 5: Tiefe 48 m,
- F 6: Tiefe 12 m,
- P 3: Tiefe 15,5 m.

Diese Bohrungen durchteuften das untere Hettangien, das Rät sowie die Zone argilo-dolomitique und wurden in der Steinmergelgruppe eingestellt. Das entnommene Probenmaterial:

- | | |
|-------------------|-----------------|
| Hettangien | : 70 Proben, |
| Rät | : 48 Proben und |
| Steinmergelgruppe | : 11 Proben, |

war Anlaß zu der vorliegenden Faziesanalyse der Trias-Lias-Grenzschichten. Parallel zu dieser Arbeit lief eine tonmineralogische Untersuchung, deren Auswertung gemeinsam mit J. THOREZ (Lüttich) vorgenommen wurde.

C. NE LUXEMBURG

DER RAUM BOURGLINSTER-JUNGLINSTER

Eine tektonische Aufsattelung bedingt, daß in diesem Gebiet der Luxemburger Sandstein als schmales NE-SW gestrecktes Plateau von einer typischen Keuperlandschaft eingeschlossen wird. So wird in dieser Gegend das Landschaftsbild stark von den Schichten der Steinmergelgruppe geprägt. Wo der Rätssandstein die Mergel vor der Abtragung schützt, erheben sich inmitten der flachen Steinmergelräume rundlich geformte Kuppen, die meist starke Wasseranrisse an ihren Flanken zeigen. Unter einer dürftigen Grasnarbe stehen dann oft die grauen und bunten Mergel an. Die Bezeichnung « grau » geht vielfach in die Namen dieser Kuppen und selbst der Ortschaften ein, z. B. im Falle des « Groëknapp » bei Weyer oder des « Groëknapp » bei Graulinster.

Das untere Rät zeigt hier seine stark konglomeratische Ausbildung. Das lothringisch ausgebildete Hettangien ist durch die eingehenden Faziesanalysen der Profile Roosbour (J. KRAMP, 1965) und Waelen (I. WALZ, 1971) bekannt geworden.

DIE LUXEMBURGER SCHWEIZ

Diese Bezeichnung bezieht sich auf das durch enge Täler zerschnittene Plateau im NE von Luxemburg. Die starke Einmuldung der Schichten am Ardennenrand (Mulde von Weilerbach) läßt den Luxemburger Sandstein über Echternach bis nach Bitburg in die Südeifel (siehe Abb. 1) hineinreichen. Während der Ablagerung der Rätssedimente lag dagegen hier eine Schwelle vor, wie man aus den geringen Mächtigkeiten dieser Schichten ableiten kann (siehe Abb. 4).

D. W LUXEMBURG

DIE BOHRUNG REBIERG

Der Geologische Dienst von Luxemburg versucht, durch mehrere Tiefbohrungen Daten über die Ausbildung der tiefgelegenen Grundwasserträger zu gewinnen (J. BINTZ, 1969). Die Bohrung Rébierg (siehe Abb. 1) wurde im Rahmen dieses Programms in West-Luxemburg abgeteuft. Sie wurde im Domérien angesetzt und blieb bis zu einer Teufe von 206,80 m in Tonen und Mergeln. Es ist dies die für diese Gegend typische Ausbildung des Domérien und des Lotharingien.

Eine Wechselfolge von Kalksteinen und Mergeln wurde bis 219,50 m angetroffen. Diese Schichtenfolge führt eine relativ reiche, gut erhaltene Ammonitenfauna, deren genaue Bestimmung noch aussteht. Es handelt sich hierbei mit großer Wahrscheinlichkeit um das unterste Lotharingien und das obere Sinémurien s. str. in der Fazies der Mergel und Kalke von Straßen.

Zwischen 219,50 m und 309,75 m Bohrteufe, d. h. über rd. 90 m, blieb die Bohrung im Luxemburger Sandstein. An seiner Basis sind ab 306,35 m Kalksteinbänke eingelagert.

Das in lothringischer Fazies ausgebildete Hettangien hat seine untere Begrenzung bei 345,65 m und ist somit 34 m mächtig.

Das obere Rät ist mit 0,70 m dunkelgrauer Tone geringmächtig ausgebildet. Das untere Rät dagegen wurde über 7 m bis zur Teufe 351,50 m angetroffen. Tiefer folgen die Steinmergelgruppe und die älteren Triasschichten. Den devonischen Sockel erreichte man bei rd. 700 m Tiefe.

In der vorliegenden Arbeit sind die Schichten zwischen 285 m und 335 m eingehend untersucht worden. Ihre Profildarstellung erfolgt in Anlage 6.

E. NW LUXEMBURG

Die stratigraphischen Kenntnisse der Trias-Lias-Grenzschichten im NW von Luxemburg sind durch die geologischen Untersuchungen anlässlich des Verlegens der S.E.B.E.S.-Wasserleitung¹⁾ wesentlich erweitert worden.

Die S.E.B.E.S.-Wasserleitung liefert Trinkwasser vom Stausee Esch-Sauer (siehe Abb. 1) nach Luxemburg-Stadt und zu den Industriezentren im Süden des Landes. In einem ersten 27 km langen Abschnitt vom Stausee nach Nospelt wurde zum Verlegen der Leitungsrohre ab 1967 ein 3 bis 5 m tiefer Graben ausgehoben, welcher im NW des Landes die Schichten des Devons, der Trias und des Lias in einem durchgehenden Profil erschloß (J. BINTZ et al., 1970).

Anhand der Schichtenfolgen Leovelange, Kapweiler und Schwebach (siehe Anlage 3) werden wir in Kapitel II. 2 auf die stratigraphischen Verhältnisse in diesem Raum eingehen.

¹⁾ SYNDICAT DES EAUX DU BARRAGE D'ESCH-SUR-SURE

2. AUSBILDUNG DER SCHICHTENFOLGE

A. DIE STEINMERGELGRUPPE

SE LUXEMBURG

In SE Luxemburg setzt sich die rd. 60 m mächtige Steinmergelgruppe aus einem unteren Teil, der hauptsächlich aus düster roten Mergeln mit dünnen Steinmergelbänkchen besteht und einer etwa 20 m starken Schichtenfolge mit lebhafteren roten, grauen und grünen Farben im Hangenden zusammen. Diese obere Schichtenfolge war an der Nationalstraße 13 zwischen Bous und Dalheim bei den schon erwähnten Redressierungsarbeiten vollständig aufgeschlossen (siehe Anl. 1).

Das obere Schichtenkomplex setzte hier mit einer 40 cm starken Dolomitbank ein, die also innerhalb der Steinmergelgruppe auftritt und als « Repère Lucius » auch nach Süden auf dem Plateau von Burmerange nachgewiesen wurde (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 94). Nach Norden ist diese Bank bei Medingen (Wakelter) in der Profilabfolge angetroffen worden (A. MULLER, 1970, 392).

Über dem Repère Lucius folgen in Bous-Dalheim noch 18 m Steinmergel, welche im oberen Teil cm-starke Sandsteinbänkchen führen und mit der « Zone argilo-dolomitique » abschließen.

Die Zone argilo-dolomitique wurde erstmals von R. LAUGIER (1961 a) in Luxemburg an der Straße von Remich nach Mondorf, im Straßenabschnitt unterhalb der Höhe des « Scheierbiere » erwähnt. LAUGIER (op. cit., 606) schaltet sie zwischen den typischen Mergeln der Steinmergelgruppe und den Rätssandsteinen als eine 3 m starke Schichtenserie ein und gibt dazu folgendes Profil:

Rät:	Schicht Nr. 6, 0,4 m unteres Konglomerat
Zone argilo-dolomitique:	Schicht Nr. 7, 1,0 m Zellendolomit, Schicht Nr. 8, 1,0 m graue Mergel, Schicht Nr. 9, 0,3 m homogener Sandstein,
Steinmergelgruppe:	Schicht Nr. 10, 0,65 m sandige Tone mit Gips Schicht Nr. 11, bunte, grüne und violette Mergel.

Der Verfasser (A. MULLER, 1964) wies auf die Schwierigkeiten der Abgrzung dieses Schichtenpaketes zu den älteren Schichten hin. Da auch hier verschiedene Horizonte Quarzsande und Gips führen, wurde die Gesamtmächtigkeit auf 7 m erweitert. Der unter Nr. 9 genannte Sandstein tritt linsenförmig auf, in einer Erstreckung von 8 m verjüngt er sich auf eine Mächtigkeit von 5 cm.

Wenn entsprechend der älteren Anschauungen, das Rät häufig mit einer Konglomeratlage über den eigentlichen Steinmergeln einsetzt, so kommt dennoch der Zone-argilo-dolomitique in Luxemburg eine große Verbreitung zu.

Die Basis des Rät ist am Schmitzbiere oberhalb Waldbredimus aufgeschlossen. Auf dem Steinmergel liegen ohne Konglomerateinschaltung drei Meter mächtige schwarze Tone, denen drei aus sparitischem Calcit bestehende Bänke eingelagert sind. Ihr klastischer Anteil ist sehr unterschiedlich.

Während die Schicht 30.011 bei einem Korndurchmesser von 0,14 mm kleine Gerölle führt, enthält die Schicht 30.009 nur Feinsilt und Ton (A. MULLER, 1970, 392). Diese Serie wird von Rätkonglomeraten und -sandsteinen überlagert. Auch in Syren (A. MULLER, 1964, 258) liegt zwischen den eigentlichen Steinmergeln und dem ersten Rätkonglomerat eine 4 m starke Serie schwarzer Tone (siehe Anl. 1). Eine 20 cm starke Kalksteinbank (30.083) unterteilt diese Serie. Auf ihr liegen tonige Sandsteine mit eingeschwemmten eckigen Tonbröckchen und schwarze Tone mit Estherien.

In Medingen wurde die Steinmergelgruppe über rd. 7 m erbohrt (siehe Anlage 4). Nur die obersten 1,5 m sind brekziös entwickelt und erwecken die Vorstellung von schnell umgelagerten Steinmergelschichten. Die Serie liegt auf einer 25 cm mächtigen Dolomitbank (Probe 23.017). Unterhalb folgen Schichten in der typischen Steinmergelfazies.

Am « Mont Créqui » wurden in der Bohrung P 3 die oberen Schichten der Steinmergelgruppe über 5 m erbohrt. Die Wechsellagerung von grau-grünen, dolomitischen Mergeln mit tonigem Sandstein war über die ganze Bohrstrecke nachzuweisen. Die Bohrung F 5 endet in den oberen 50 cm der Steinmergelgruppe. Es handelt sich hier um graue, dolomitische Mergel. Aufschlußreicher ist die Bohrung F 6. Sie erfaßte die Schichten im Liegenden des Rät über 5,5 m. Es liegen hier grau-grüne, dolomitische Mergel vor. In ihrem oberen Bereich tritt eine 45 cm starke Sandsteinlage (Probe 23.015) auf; tiefer wurden zwei 45 cm mächtige Bänke angetroffen, die aus umgelagerten Steinmergelschichten bestehen.

Die Bohrungen « Bloëbjerg » (siehe Anlage 4) haben nur je die oberen 1,5 m der Steinmergelgruppe erfaßt. In den Bohrungen F 1 und F 2 sind diese Schichten als grau-grüne, dolomitische Mergel entwickelt, die der typischen Steinmergelfazies nahestehen. In den Bohrungen F 3 und F 4 treten zwischen den Mergeln dolomitische Sandsteinlagen auf, die in der Bohrung F 3 (Probe 23.011) feine Laminierung zeigen.

NE LUXEMBURG

Trotz der zahlreichen Aufschlüsse in der Steinmergelgruppe konnte der aus SE Luxemburg beschriebene « Repère Lucius » im Raum Bourglinster-Junglinster nicht identifiziert werden.

Weiter nördlich bei Medernach haben A. HARY & A. MULLER (1967) eine Dolomitbank, die 5 m unterhalb der Rätgrenze auftritt, mit dem Repère Lucius in Verbindung gebracht. Diese Bank kann bis 30 cm mächtig werden, wenn sie grüne Tonbänder führt. Schwach bis sehr gut gerundete Steinmergelgerölle sind sehr häufig und nehmen nach unten und nach oben ab. Fischschuppen liegen oft um die Gerölle oder sind auch in diese hineingedrückt. Lagenweise, besonders zur Mitte der Bank hin, kommen Schuppen, Zähne, Wirbel und sonstige Knochenbruchstücke vor. Das Material liegt zwar regellos und stark zerbrochen nebeneinander, im engeren Raum konnten jedoch 14 Wirbelkörper geborgen werden, die offensichtlich zusammengehören. Diese Steinmergelbank wurde von M. LUCIUS (1948, 106) zwischen Moesdorf und Glabach sowie in Echternach erwähnt.

I. WALZ (op. cit., 7, 55-56) hat die Schichten der Steinmergelgruppe am SW-Hang des Biergen (Bourglinster) analysiert (siehe Anlage 2). Hierzu wurden über 7,40 m 15 Proben (23.178-23.192) 5 m unterhalb der Rätgrenze entnommen. Es handelt sich durchweg um ein schwach siltiges Ton-Karbonatgestein, wobei mit zunehmendem Karbonatgehalt der Grob- und Mittelsiltanteil zurücktritt. Sand wurde nicht angetroffen.

Am Straßeneinschnitt der E 42, westlich Gonderange, steht eine Schichtenfolge an, die von der Steinmergelgruppe bis ins untere Hettangien reicht. Das Profil läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Oberhalb einer 50 cm starken Mergelbank, die noch zur Steinmergelgruppe gehört, folgt eine 2 m mächtige Schichtenserie. Es handelt sich hierbei um schwarze Tone und tonige Sandsteine, die generell in weniger als 10 cm starken Lagen aufeinanderfolgen. Rätgerölle werden nur in den obersten 15 cm mächtigen schwarzen Tonen gefunden. Die tieferen Schichten, die ohne

Zwischenschaltung von Konglomeratlagen über dem Steinmergel einsetzen, sind wahrscheinlich in die Zone argilo-dolomitique zu stellen.

W LUXEMBURG

In der Bohrung Rebiert (siehe Anlage 6) sind die obersten Schichten der Steinmergelgruppe zwischen 351,50 und 355 m erfaßt worden. Sie bestehen aus stark dolomitischen Mergeln mit den typischen hellen, grünen oder roten Farben. Anklänge an die Zone argilo-dolomitique sind dennoch in den Schichten 23.195 und 23.196 (siehe Taf. 4, Fig. 1) zu finden, insofern sie aus brekziösem Steinmergel bestehen. Sie führen jedoch keine Sandkörner. Der erste erwähnenswerte Feinsandanteil (10%) wurde in der Schicht 23.198, im unmittelbaren Liegenden des Räts, nachgewiesen.

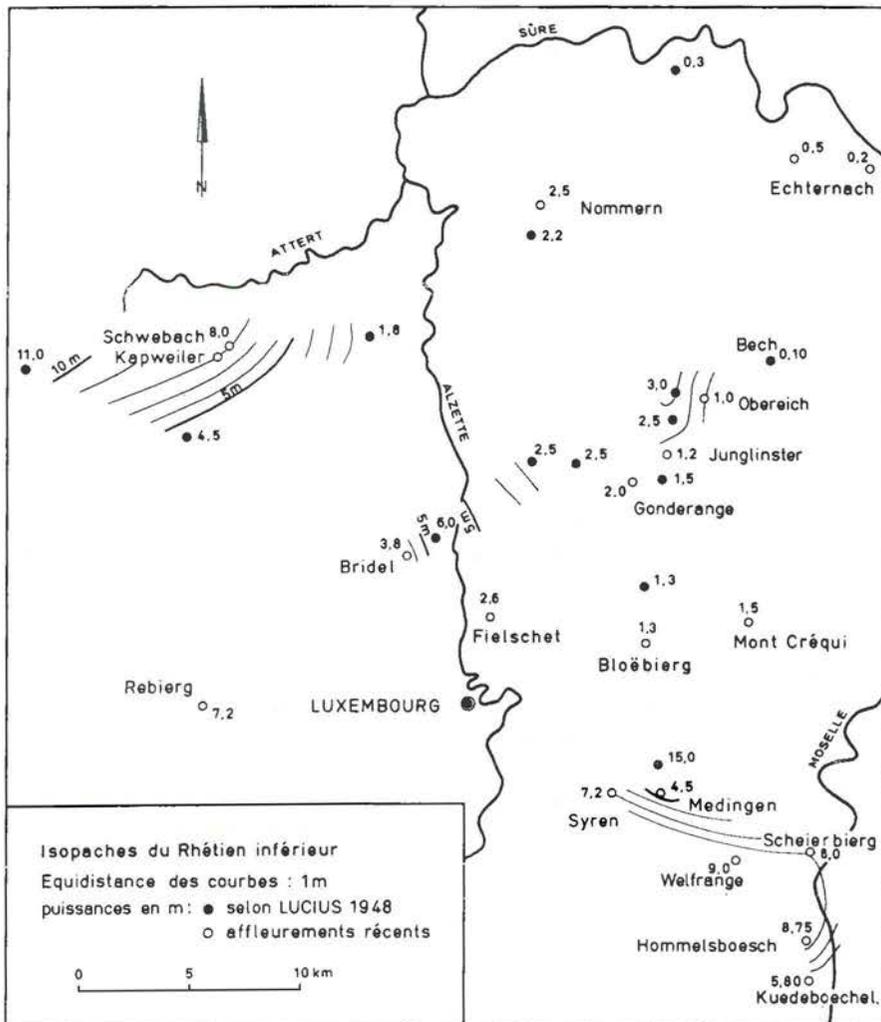


Abb. 4: Isopachenkarte des unteren Rät in Luxemburg
 Linien gleicher Mächtigkeit im m-Abstand
 Mächtigkeitsangaben: ● nach Lucius 1948
 ○ eigene Beobachtungen

B. DAS UNTERE RÄT

Im NE von Luxemburg (siehe Abb. 4), in Richtung Echternach, liegt die Mächtigkeit des unteren Rät um 2 m und fällt sogar auf 0,10 m bei Bech. In der Schichtenfolge herrschen Konglomerate und schwarze Tone vor. Im NW von Luxemburg, in der Gegend von Schwebach, Kapweiler sowie im SE von Luxemburg, in der Gegend von Welfrange und Scheierbiert, ist das untere Rät bis zu 10 m mächtig. Hier schalten sich zwischen den Konglomeratlagen mächtige Sandsteinpakete ein.

SE LUXEMBURG

Im Profil Remich-Scheierbiert (siehe Anlage 1) gliedern vier Konglomeratlagen die 8 m mächtigen Rätssandsteine. Die Korngrößenverteilungskurve der unteren Konglomeratbank zeigt je ein Maximum im Feinkies und im Grobsand. Der größte Gerölldurchmesser liegt bei 40-50 mm. Die Geröllfraktion setzt sich mengenmäßig zusammen aus:

- 50% schwarzem Quarzit,
- 20% weißem Gangquarz,
- 15% Arkosesandstein,
- 15% Lydite und Kieselloolithe.

In den jüngeren Lagen verändert sich diese Zusammensetzung nur geringfügig. Oberhalb der ersten Konglomeratbank folgen 2,40 m reiner, weißer Sandstein. Dann tritt, scharf von den Sanden getrennt, die zweite Konglomeratlage auf. Im Hangenden geht sie allmählich in Sandstein über. In der Konglomeratlage überwiegt der Sand- den Geröllanteil.

Die dritte Konglomeratlage folgt 2,50 m höher. Dazwischen kam es nur selten zur Ablagerung von weißen Sanden, meistens sind sie eisenschüssig und von dünnen, schwarzen Tonlagen durchsetzt. Die Gerölle des dritten Konglomerates « schwimmen » im Sandstein, ohne eine feste Bank zu bilden. Weiter nach oben bis zum abschließenden Konglomerat treten tonige Sande, schwarze Tone sowie dünne Kalkbänkchen auf. Die Grenze zum oberen Rät bildet die 4. Konglomeratlage, welche mit kalkigem Sandstein abschließt.

Auf dem Plateau von Burmerange lassen sich die vier von Remich-Scheierbiert beschriebenen Konglomeratlagen bis nach Remerschen verfolgen. Hier sind die Schichten zwischen dem 3. und 4. Konglomerat tonig ausgebildet. (I FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 93). Nach Süden, zur Schwelle von Sierck, nimmt die Mächtigkeit des unteren Rät ab.

Auch im Profil Bous-Dalheim zeigt das untere Rät die vier typischen Konglomeratlagen und, wie auf dem Plateau von Burmerange, die tonige Entwicklung der Schichten zwischen dem 3. und 4. Konglomerat.

In der Bohrung Medingen (siehe Anlage 4) wurde das untere Rät zwischen den Bohrmeter 25,60 und 29,05, d. h. über eine Mächtigkeit von 3,45 m, angetroffen. Die vorliegende Gesteinsausbildung ist typisch unterrätisch: Konglomerate, Sandsteine, schwarze Tone.

Zwischen 29,05 und 32,00 m treten rote Mergel auf, die wahrscheinlich ins obere Rät zu stellen sind. Das Vorkommen der oberrätischen Schichten in dieser Tiefe ist nur durch eine Verwerfung zu erklären. Auf jeden Fall konnte bisher in Aufschlüssen nicht beobachtet werden, daß unmittelbar unterhalb des unteren Rät rote Mergel liegen. Von 32,00 bis 36,40 m findet man dann schwarze

Tone mit vereinzelt dünnen Sandlagen. Gerölle fehlen völlig. Auch hierbei handelt es sich um unteres Rät, wobei die verschiedenartige Faziesausbildung im Gegensatz zu dem oben beschriebenen unteren Rät erstaunlich ist.

Eine dritte Faziesausbildung ist bei Medingen am Witteschbiert zu beobachten (A. MULLER, 1970, 394-395). Hier schließt das untere Rät mit 2,5 m homogenem Sandstein ab, der von den roten Mergeln von Levallois überlagert wird. Anzeichen für Mächtigkeiten des unteren Räts bis zu 15 m, wie M. LUCIUS (1948, 119) sie angibt, konnten wir in diesem Gebiet nicht antreffen.

Am Mont Créqui bleibt das untere Rät in den Bohrungen F 5 und F 6 geringmächtig (je 0,7m). In der Bohrung P 3 ist diese Unterstufe jedoch fast 3 m mächtig. In den drei benachbarten Bohrungen zeigt die Schichtenfolge ein sehr uneinheitliches Bild. Nur in F 5 setzt das Rät mit dem für den SE Luxemburgs typischen Basalkonglomerat ein.

Das untere Rät von Bloëbiert gehört mit den geringen Mächtigkeiten von 1 m bis 1,4 m zur Schwellenregion von Junglinster-Echternach. Es herrschen die für dieses Gebiet typischen schwarzen Blättertone vor. In den Bohrungen F 3 (Probe 3.039) und F 4 (Probe 3.026) führen sie Estherienschalen. Im Vergleich mit dem Raum Junglinster treten jedoch die Gerölle stark zurück. Nur in der Bohrung F 1 kommen sie innerhalb der Schichtenfolge in zwei Konglomeratlagen (Proben 3.021 und 3.022) vor; in der Bohrung F4 liegen sie vereinzelt an der Basis des unteren Rät (Probe 3.026). Toniger Sandstein wird in sämtlichen Profilen angetroffen.

In dem Gebiet der Bohrungen Bloëbiert, Mont Créqui und Medingen ist eine Gliederung des unteren Rät durch vier Konglomerate — wie dies im SE Luxemburgs üblich ist — nicht möglich. Nur in der Bohrung Mont Créqui - F 5 setzt das Rät mit einem Basalkonglomerat ein. Ansonsten ist die Liegendgrenze des Rät oberhalb der Schichten ohne dolomitische Mergel zu legen; die Hangendgrenze ist mit dem Auftreten der roten Mergel von Levallois schärfer ausgebildet.

NE LUXEMBURG

In der Schwellenregion Junglinster-Echternach wurde das untere Rät aus einer Baugrube am südlichen Ortsausgang von Junglinster (« Am Bruch ») untersucht. Die Steinmergelgruppe (siehe Anlage 2, Proben 23.174-23.177) besteht in den unteren zwei Metern aus ihrer charakteristischen Fazies. Der obere Teil zeigt einen bemerkenswerten Wechsel zwischen Schichten der Steinmergel-fazies und der Übergangsfazies. Hierauf folgt unmittelbar das Basiskonglomerat (Probe 30.058) des 1,25 m mächtigen Unterräts. Die liegenden Schichten sind durch Mittelsande charakterisiert, höher treten auch schwarze Tone und tonige Sandsteine auf.

Im Profil Roosbour (A. MULLER, 1964, 260) folgen über den Schichten des Steinmergelkeupers Gerölle (30.097) und schwarze Tone. Diese zeigen vereinzelt Estherien auf den Schichtflächen. Ein zweites Konglomerat (30.098) leitet zu einer sandigeren Partie über. An der Grenze zur oberen Gruppe sind die Gerölle wieder häufiger anzutreffen. Das untere Rät ist hier 0,95 m mächtig.

NW LUXEMBURG

Es handelt sich hier um das Gebiet, aus dem G. DEWALQUE schon 1855 im Profil Loevelange den rätischen Sandstein beschrieb und damit erkannte, daß der rätische und der Luxemburger Sandstein zwei unterschiedlichen stratigraphischen Horizonten entsprechen. Anlässlich der Geländeaufnahme zu den Rätuntersuchungen des Verfassers (A. MULLER, 1964) waren die Schichten

des oben genannten Profils nur im oberen Bereich aufgeschlossen. Diese wurden in dem nach M. LUCIUS (1948, 112-115) mit einer Gesamtmächtigkeit von 13 m konstruierten Rätprofil in Anlage 3 dargestellt. Das untersuchte Schichtenpaket beginnt mit 3 m wenig verfestigtem, glimmerhaltigen Sandstein. Es folgen eine dünne Konglomeratlage und schwarze Blättertone. Zur Hangend-Grenze hin tritt der Tonanteil zurück; der Sand wird reiner und über 5 cm geröllführend. Das untere Rät schließt oberhalb des Konglomerates mit 10 cm Kalksandstein ab.

Die rätischen Schichten wurden im S.E.B.E.S.-Graben erstmals bei Schwebach angeschnitten. Das untere Rät, in dem nicht kalkige Sandsteine gegenüber schwarzen Tonen vorherrschen, ist rd. 8 m mächtig.

In dem lithologisch recht ähnlich ausgebildeten Profil Kapweiler wurde in den Sandsteinen zwei Exemplare von *Avicula contorta* PORTLOCK gefunden (J. BINTZ et al., 1970, 66).

BOHRUNG REBIERG

Das 7 m mächtige, untere Rät der Bohrung Rébierg (siehe Anlage 6) setzt sich aus einer unteren und einer oberen Sandsteinpartie zusammen; dazwischen liegen schwarze Tone.

Die Stufe beginnt mit einer 5 cm starken, basalen, konglomeratischen Lage. Die mm-großen Gerölle bestehen hauptsächlich aus einem typisch schwarzen Quarzit. Vereinzelt treten bis 2 cm große Dolomitgerölle auf, die wohl durch Aufbereitung der Steinmergelschichten entstanden sind (Taf. 4, Fig. 2, Schicht 30.126).

Diese erste sandige Schichtengruppe schließt mit dem Kalkstein 30.115 ab. Bankrechte Klüfte in diesem mikritischen Kalkstein sind durch eine Karbonat-Pyrit-Schwerspat-Paragenese vererzt. Diese Vererzung gibt verschiedenen Partien des Gesteins eine brekziöse Struktur (Tafel 5, Fig. 1, 2).

Innerhalb der mittleren tonigen Partie ist die karbonatische Phase in cm-dicken Konkretionen der Schicht 30.116 (s. Taf. 5, Fig. 3) ausgebildet. Die Gruppe schließt ebenfalls mit hellgrauem Kalkstein, dem schwarze, kantige Quarzitsplitter eine lagige Textur geben (Taf. 5, Fig. 4).

Die grobklastische Sedimentation setzt dann wieder mit der Schicht 30.118 ein. Innerhalb der sandigen Schichten erfolgt mit Probe 30.119 eine Rekurrenz der Schwarztonefazies. Mehrere Lagen mit Schalenpflaster liegen hier übereinander. Da der Erhaltungszustand der konzentrischen Schalen schlecht ist, konnte nicht erkannt werden, ob sie zu Lamellibranchiaten oder zu Estherien gehörten.

Innerhalb dieser oberen sandigen Gruppe sind Sedimentationsunterbrechungen und Erosionserscheinungen häufig nachzuweisen. So liegt in der Probe 30.121 ein geröllführender, toniger Sandstein mit unregelmäßiger aber scharf abgesetzter Fläche einem massigen Sandstein auf (Taf. 6, Fig. 2).

C. DAS OBERE RÄT

Ein vollständiges Profil im oberen Rät war an der Straße nach Wellenstein, 200 m unterhalb ihrer Abzweigung von der Straße Remich-Mondorf (siehe Abb. 1) aufgeschlossen (A. MULLER, 1964, 258).

Das insgesamt 2 m mächtige obere Rät (siehe Anlage 1) beginnt hier oberhalb der 4. Konglomeratlage mit 15 cm Mergel, und zwar graue und gelbe Schichten in feinstem Wechsel. Die näch-

sten 40 cm bestehen aus grauen Tonen. Diese werden von roten Mergeln überlagert. Graue Mergel treten in diesen Schichten nur untergeordnet auf. Oberhalb von zwei dünnen Lagen von blauen und gelben Mergeln schließt die Serie mit 3 cm starken roten Mergeln ab. Das untere Hettangien folgt in typischer Ausbildung mit dunkelgrauen Mergeln und Kalksteinen.

Auch im Gebiet Bloëbiërg, Mont Créqui, Medingen beginnt das verhältnismäßig mächtige Oberrät (3 bis 8 m) mit grauen Mergeln. Höher sind sie als dünne Bänder innerhalb der roten Mergelschichten eingeschaltet, die im oberen Rät mengenmäßig weit überwiegen.

In Gonderange ist für das obere Rät, welches mit 55 cm grauen Tonen einsetzt, eine Gesamtmächtigkeit von 2,80 m anzugeben. Die Basis des unteren Hettangien ist hier durch zahlreiche, leider schlecht erhaltene Psiloceraten zu belegen.

Im Raum Bourglinster-Junglinster treten an der Basis des oberen Rät innerhalb der typischen Mergel von Levallois Gerölle auf. Am Galgebiërg (Junglinster) wurde eine derartige Geröllführung in den unteren Schichten der Mergel von Levallois (Proben 30.064-30.067) ebenfalls nachgewiesen (I. WALZ, op. cit., 14).

In NW Luxemburg stand das obere Rät mit einer Mächtigkeit von 3,25 m im S.E.B.E.S.-Graben bei Schwebach an. Es besteht hauptsächlich aus roten Tonen. An der Basis liegen 25 cm grau-gelbe Tone, die z. T. mm-dünne, sandige Lagen führen.

Die Mergel von Levallois sind in der Bohrung Rébiërg durch dunkelgraue Tone vertreten. Ihr Karbonatgehalt beträgt rd. 5%. Feinsand konnte nur an der Basis in geringen Mengen nachgewiesen werden (siehe Anlage 6). Die Mächtigkeit des oberen Rät beträgt 0,70 m.

D. DAS HETTANGIEN

SE LUXEMBURG

Auf dem Plateau von Burmerange ist der untere Lias ausschließlich in lothringischer Fazies entwickelt. Ein durchgehendes Profil konnte hier leider nicht aufgenommen werden. In nicht anstehenden Kalksteinen sind jedoch mehrere *Caloceras*-formen, *Paracaloceras*, *Caloceras torus* und *C. belcheri* nachgewiesen worden (I. FEUTH-SIEDEK et al., 1970, 112, 113). Das 10 m mächtige Profil an der Straße Mondorf-Remich, gegenüber der Abzweigung Wellenstein, erweist sich durch Funde von *Waehneroceras tenerum* und durch *Schlotbeimia similis* und *S. lymense* als zum mittleren und oberen Hettangien zugehörig (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 116).

Das Profil Bous-Dalheim (siehe Anlage 1), welches wie erwähnt im geologischen Sinne das Plateau von Burmerange nach NW begrenzt, enthält die Grenze Oberrät-Hettangien und, höher innerhalb der lothringisch entwickelten Schichten vier Meter Luxemburger Sandstein. Wir beobachten hier das Auskeilen dieser mächtigen sandigen Sedimente nach SE.

Im einzelnen gliedert sich das Profil folgendermaßen:

Die ersten Kalkbänke des Hettangien (11.086 und 11.087) führen zahlreiche schlecht erhaltene Formen von *Ps. psilonotum* und *Ps. plicatulum* (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 111, 112), die gemeinsam auf den Schichtflächen auftreten. Insgesamt betrachtet, bilden die Pylonotenschichten (11.083-11.089) eine sandig ausgebildete positive Sequenz. Weiterhin ist eine konforme Zunahme von Sand- und Kalkgehalt der Proben 11.090-11.092 markant. Der Luxemburger Sandstein wird

mit den Proben 12.396 bis 12.399 angetroffen. In den auf den Sandstein folgenden Mergeln (21.403) wurde *S. angulata* in mehreren Exemplaren nachgewiesen (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 115).

Auf die 4 m Luxemburger Sandstein am SE-Rand seiner Verbreitung und auf die ihm auflagernden Schlothheimien ist ausdrücklich zu verweisen, um zu verdeutlichen, daß in Bous-Dalheim der Luxemburger Sandstein in der tiefsten *Angulata*-Zone wenn nicht schon, im mittleren Hettangien auftritt.

DALHEIM, MEDINGEN, MONT CREQUI

In den Ubertage-Aufschlüssen konnte bei Dalheim (Kréiberg) *Ps. psilonotum* und bei Medingen (Witteschbiert) *Waebneroceras tenerum* in lothringisch ausgebildeten Schichten nachgewiesen werden. *Alsatites cf. quedinburgensis* dagegen tritt häufig in einem gut sortierten (So = 1,3) Mittelsand auf, der bis 32% kalkiges Bindemittel enthält. Es ist die erste wichtigere Sandeinschaltung im Hettangien in diesem Gebiet. Da die hangende Schichtenfolge nicht aufgeschlossen war, ist es schwierig zu entscheiden, ob dieser Sandstein die Basis des Luxemburger Sandsteins oder eine grobklastische Einschaltung in der lothringischen Fazies in der oberen Partie des mittleren Hettangien darstellt. Auch die Bohrung Medingen, auf die wir unten eingehen werden, konnte diese Frage nicht entscheiden.

Die Bohrungen Mont Créqui - F 5 und Medingen erfassen das Hettangien im Liegenden des Luxemburger Sandsteins über eine Tiefe von 28 m bzw. 16,5 m. In der Reihe der Bohrungen in E Luxemburg ermöglichen sie somit eine Charakterisierung dieser Schichtenfolge.

In der Bohrung Medingen (siehe Anlage 4) sind im unteren Hettangien die *Planorbis*-Zone (Proben 11.025 bis 11.030) und die *Johnstoni*-Zone (Proben 11.032 bis 11.037) durch Ammoniten belegt. Die *Planorbis*-Zone besteht aus einer Wechsellagerung von ammonitenführenden Kalksteinen und Mergeln, in denen Ostreen (Probe 11.026) oder Posidonien (Probe 11.030) häufig sind. Die *Johnstoni*-Zone ist mergelig ausgebildet. Jüngere Kalksteine liegen in den Schichten 11.038, 11.040 und 11.042 vor.

In den Bohrungen Bloëbiert wurde die *Planorbis*-Zone mit der eben genannten Gruppe von 2 bis 3 Kalkbänken wiedererkannt, wobei die Schicht 11.012 in der Bohrung F 1 das Leitfossil führt.

In der Bohrung Mont Créqui - F 5 sind den jüngeren, mergeligen Schichten verschiedene, sandige Niveaus zwischengeschaltet. Die jüngste Sandbank (11.024) wurde durch das Auftreten von *Waebneroceras tenerum* als mittleres Hettangien datiert. Sie leiten allmählich zum Luxemburger Sandstein über.

Nur in der Bohrung F 4 fehlen diese Übergangsschichten. Hier muß schon die Probe 12.092 als Luxemburger Sandstein angesprochen werden. Möglicherweise lagert sie durch tektonischen Kontakt den älteren Schichten auf.

NE LUXEMBURG

Die Ausbildung des Hettangien ist im Raum Bourglinster-Junglinster besonders aus den Profilen Alter Bahneinschnitt von Bourglinster (I. WALZ, 1971) Roosbour (J. KRAMP, 1965) und Waelen (I. WALZ, 1971) bekannt geworden (siehe Anlage 2).

ZEICHENERKLÄRUNGEN ZU

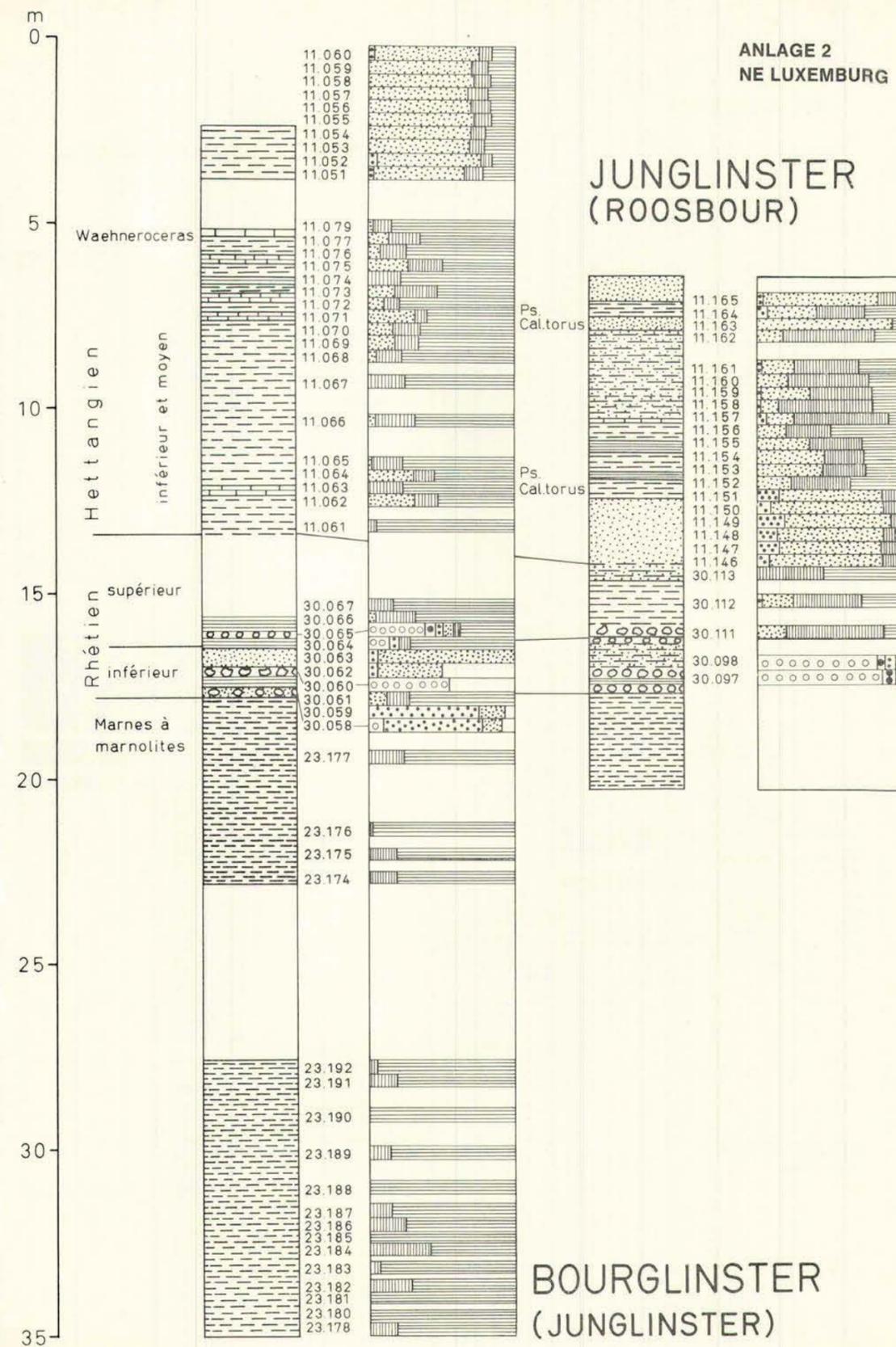
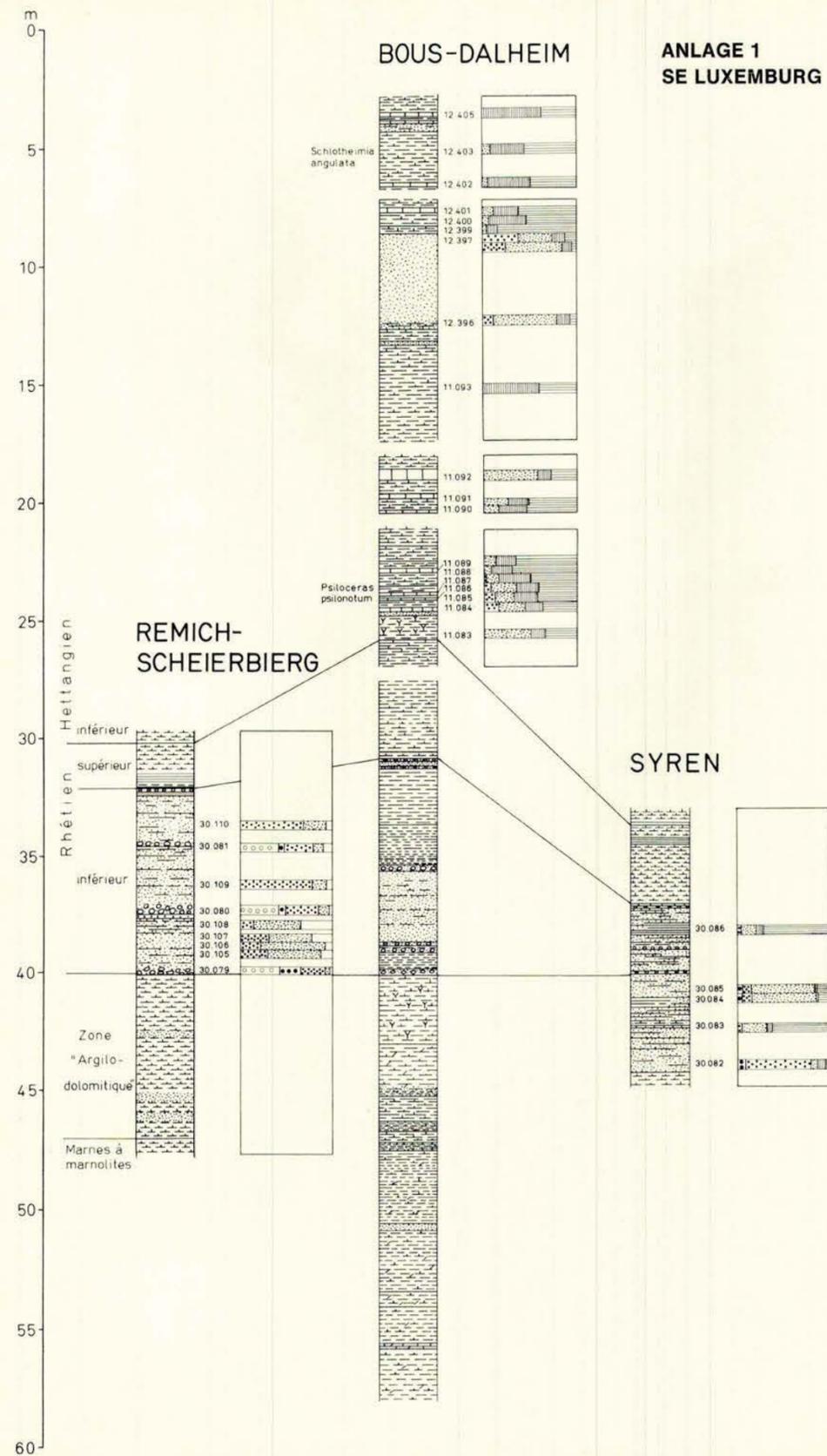
Anlage 1 bis 5

GESTEINSAUSBILDUNG KORNGRÖSSENKLASSEN

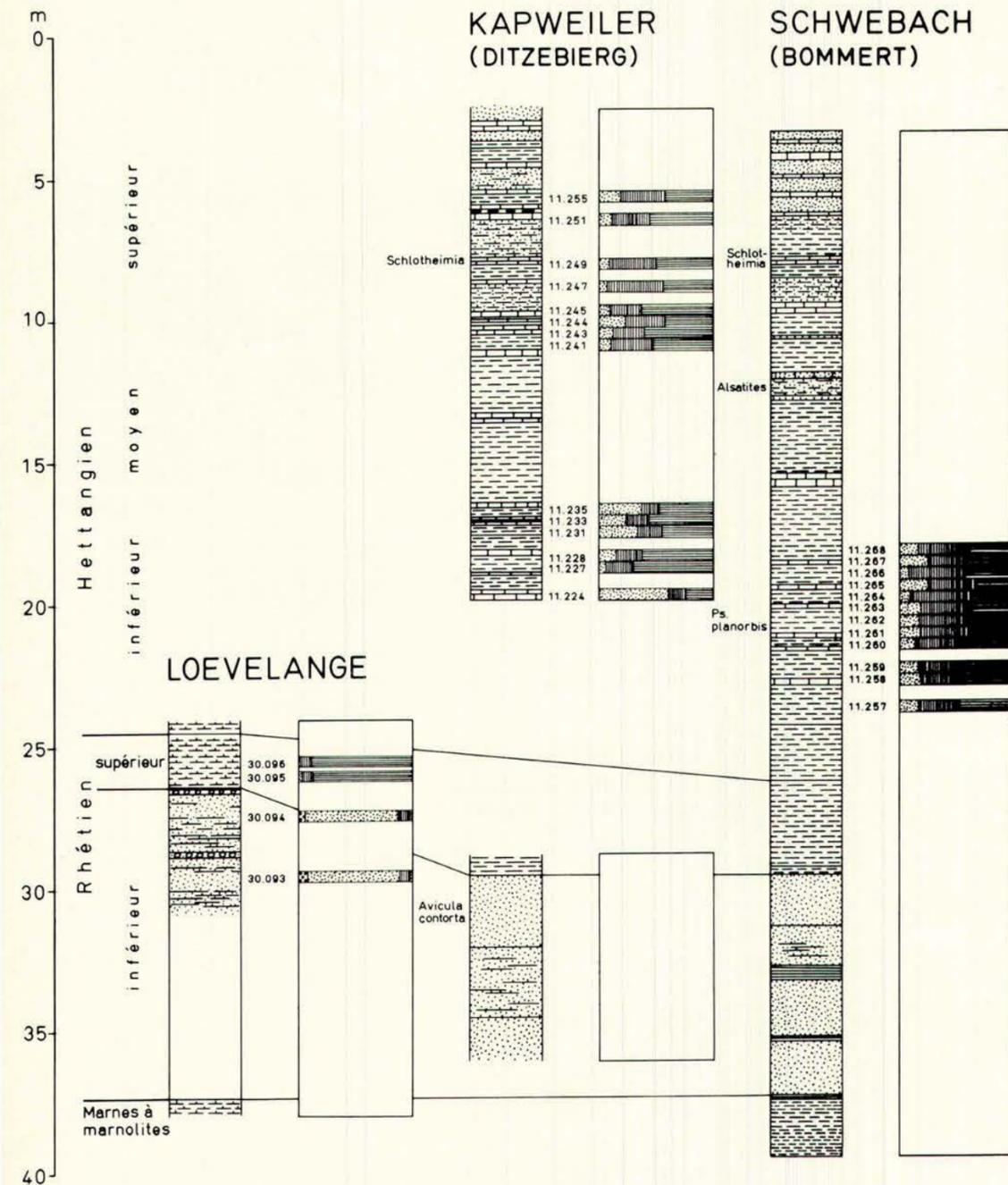
	Dolomit		>2000µ Gerölle
	Kalkstein		2000-630µ Grobsand
	Mergel		630-200µ Mittelsand
	Tonstein		200- 63µ Feinsand
	Sandstein		63- 6,3µ Grob-u.Mittelsilt
	Konglomerat		<6,3µ Feinsilt u. Ton
			Kornverteilung innerhalb der Feinfraktion nicht bestimmt

Abb 13-16

- ▲ W Luxemburg (Rebiert)
- NW Luxemburg (Schwebach-Kapweiler)
- NE Luxemburg (Junglinster)
- E Luxemburg (Bloëbiert-Mont Créqui-Medingen)
- SE Luxemburg (Plateau von Burmerange)



ANLAGE 3
NW LUXEMBURG



Im weiter oben genannten Straßeneinschnitt der E 42, westlich Gonderange, sowie im alten Bahneinschnitt zwischen Bourglinster und Junglinster wurde die *Planorbis*-Zone mit 9 diagnostizierten Ammoniten belegt, wobei *Ps. planorbis*, *Ps. planorbis striatulum* und *Ps. plicatulum* bestimmt wurden (I. WALZ, op. cit., 64).

Psiloceras (Caloceras) johnstoni (Sow.) wurde ebenfalls im alten Bahneinschnitt an mindestens zwei vollständig erhaltenen Exemplaren nachgewiesen. Drei weitere Ammoniten aus diesem Aufschluß wurden als *Ps. (Cal.) belcheri* (SIMPSON) bestimmt. Diese Fauna charakterisiert die obere Zone des unteren Hettangien.

Das Profil Roosbour reicht von der Steinmergelgruppe über das Rät bis ins Hettangien. Die feinklastische farbige Serie der Mergel von Levallois schließt mit dünnen, abwechselnd grauen und gelben Tonlagen ab. Das Hettangien setzt mit stark sandigen Schichten ein (Proben 11.146-11.151). Der Mittelsandanteil erreicht maximal rd. 18% (Probe 11.149), der Feinsandanteil schwankt in diesen Schichten um 75%. Über diesen Schichten liegen feinsandige-siltige Ablagerungen. Das Hangende der Serie bildet eine graue sandige Kalkbank (11.163). Sie besteht aus einer feinen Wechsellagerung von mm-dünnen Kalk- und Sandlagen. Innerhalb der Bank war durch Anschlägen eine typische Subsolutionsfläche freigelegt worden. Sie führte einen zur Hälfte angelösten Ammoniten, welcher trotz des schlechten Erhaltungszustandes als *Ps. (Cal.) torus* bestimmt werden konnte (J. KRAMP, op. cit., 55). Oberhalb der Kalkbank setzt dann progressiv der Luxemburger Sandstein ein.

P. L. MAUBEUGE (1965) beschrieb ebenfalls diese Schichtenfolge, faßte sie aber derartig zusammen, daß sein Profil mit dem von KRAMP nicht ohne weiteres korrelierbar ist. Bemerkenswert ist, daß P. L. MAUBEUGE *Caloceras aff. torus var. bercynum* LANGE aus einer sandigen Kalkbank etwa 2 m über den Mergeln von Levallois erwähnte.

Die von I. und H. SIEDEK aufgenommene und von I. WALZ (op. cit.) untersuchte Schichtenfolge Waelen (Gonderange), erfaßt im Anschluß an die Mergel von Levallois das Hettangien über rd. 8 m. Im Profil treten die typischen Gesteinsausbildungen der lothringischen Fazies auf: feinblättrige und sandige, schwarze Mergel, plattiger, grauer Kalkstein usw. Die Basis des Hettangien zeigt in den Proben 11.062 und 11.064 einen beträchtlichen Sandanteil, der bis zur Probe 11.067 kontinuierlich abnimmt. Im oberen Profilabschnitt tritt die Sandkomponente bei sonst unregelmäßigem Verlauf vor allem zur Mitte der Schichtenserie hin in den Vordergrund. Die oberste Kalkbank (11.079) schließt mit einer Subsolutionsfläche, die zahlreiche Ammoniten führt, ab.

Diese Ammoniten sind schlecht erhalten. Teils liegen sie schichtparallel, teils sind sie zur Schicht verkippt oder stehen senkrecht zu ihr. Auf der Subsolutionsfläche erkennt man außer Ammoniten angelöste Austern- und sonstige Lammellibranchiatenschalen sowie Seeigelstacheln. Bei den Ammoniten handelt es sich um *Waebneroceras tenerum* (NEUMAYR) und um *W. curvionatum* (WAEHNER). Beide Formen kennzeichnen die *Portlocki*-Zone des mittleren Hettangien (I. WALZ, op. cit., 24, 25).

In Junglinster (Mullerthal) wurde der allmähliche Übergang von der lothringischen zur sandigen Fazies in der Probenreihe 11.051-11.060 analysiert (siehe Anlage 2). Alle Proben setzen sich in der Hauptsache aus Feinsand und einem hohen Anteil kleiner 63 Mikron zusammen (I. WALZ, op. cit., 64).

NW LUXEMBURG

Im Profil Schwebach (siehe Anlage 3) wurde das in lothringischer Fazies ausgebildete Hettangien über 23 m angetroffen. In den Kalksteinen des unteren Profilschnittes wurde *Ps. psilonotum* nachgewiesen (J. BINTZ et al., op. cit., 46). Das mittlere Hettangien ist durch eine reiche Fauna mit *Alsatites* belegt. Höher wurde *Schlotheimia angulata* in grau-blauen Tonen und in einer sandigen Kalkbank gefunden (J. BINTZ et al., op. cit., 46-50).

Im Profil Kapweiler (Ditzeberg) war der S.E.B.E.S.-Graben im Bereich des unteren Hettangien eingestürzt, so daß die Aufnahme erst im mittleren Hettangien begann. Die Basis des oberen Hettangien wurde durch Funde von *Schlotheimia angulata* belegt (Schicht 11.249). Der Luxemburger Sandstein setzt im Profil Kapweiler 5 m oberhalb des nachgewiesenen Auftretens von *Schlotheimia angulata* ein und erreicht eine Mächtigkeit von 75 m.

BOHRUNG REBIERG

Die typische sandige Ausbildung der Basis des Hettangien ist ebenfalls im Profil Rébierg mit der Lage 11.166 angedeutet. In den jüngeren Mergeln bis zur Probe 11.186 beträgt der Feinsandanteil selten mehr als 20%.

In dieser sedimentologischen Gruppe sind zwei faunistische Zonen abzugrenzen. Zwischen den Proben 11.170 und 11.176 wurden zahlreiche *Psiloceras* gefunden, die das untere Hettangien datieren. Bei 334,90 m tritt die jüngste *Psiloceras*-Form auf. Rd. zwei Meter höher (332,90 m) ist die *Angulata*-Zone mit Ammoniten zu belegen. In fünf verschiedenen Niveaus fand man *Schlotheimia* in ganzen Exemplaren oder in Bruchstücken. Die älteste Form, tritt 23 m unterhalb der Faziesgrenze zum Luxemburger Sandstein auf.

Zusammenfassend ist der Schichtenverlauf im W und NW von Luxemburg folgendermaßen ausgebildet: Über dem Rät ist das Hettangien mit einer Mächtigkeit von 25 m bis 35 m in lothringischer Fazies entwickelt. Die hangenden Schichten sind hier z. T. siltig. Diese Serie wird vom Luxemburger Sandstein überlagert.

In stratigraphischer Hinsicht ist in NW Luxemburg eine Dreiteilung des Hettangien möglich. Die älteren Schichten führen *Psiloceras psilonotum*; die mittleren *Alsatites cf. galbergensis* und *A. quedinburgensis*; im oberen Hettangien tritt *Schlotheimia angulata* auf. In den beschriebenen Profilen Schwebach, Kapweiler und Rébierg ist *Schlotheimia angulata* in der lothringischen Fazies des Hettangien gefunden worden. In den bisher untersuchten Profilen in der Gegend von Luxemburg-Stadt sind die Schichten, die diese Ammoniten führen, schon als Luxemburger Sandstein ausgebildet. Die Fazies des Luxemburger Sandsteins setzt dagegen in Schwebach und Kapweiler erst rd. 5 m oberhalb der ersten Funde von *S. angulata* ein, in der Bohrung Rébierg sogar 23 m oberhalb. Die faziellen Einheiten in diesem Gebiet stimmen nicht mit den drei stratigraphischen Einheiten überein.

3. FAZIESANALYSE

«Die Summe aller lithologischen und paläontologischen Merkmale» (H. SCHMIDT) wird als *Fazies* — A. GRESSLY, 1838 — bezeichnet. Sie belegt einen bestimmten, in sich abgeschlossenen Vorgang oder Zustand und ist jeweils einer Sedimentationseinheit zugeordnet. F. J. PETTJOHN (1957, 158-160) definiert die Sedimentationseinheit als Ablagerung, die sich unter im wesentlichen einheitlichen Bedingungen gebildet hat. Im englischen und französischen Sprachgebrauch ist die Bezeichnung *Phase* — E. T. APFEL, 1938 — für die Sedimentationseinheit üblich.

Die Sedimentationseinheit kann sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammensetzen:

Das Material wurde teilweise von außerhalb ins Becken transportiert. Hier und an den Beckenrändern sind wiederholte Umlagerungen möglich. Diese Prozesse beziehen sich sowohl auf die mechanischen Verwitterungsprodukte des Festlandes als auch auf beckeneigene Sedimente: *klastischer Anteil*.

Im Sedimentationsbecken werden Mineralassoziationen ausgefällt oder umgewandelt. Es entwickelt sich eine adaptierte Lebewelt, die durch ihre Aktivität oder durch ihre Überreste die entstehenden oder schon entstandenen Sedimente beeinflusst. Auch die Ammoniten geben Hinweise auf die Umwelt, in der sie gelebt haben. Viele Ammoniten sind nämlich keine nektonischen Tiere der höheren Wasserschichten, sondern halten sich überwiegend in der Nähe des Meeresbodens auf. Sie sind also mehr oder weniger autochthon. Postmortal aufgestiegene und verdriftete Gehäuse wurden nahezu alle in den kleinräumigen Meeren im Mesozoikum Europas am Strand angespült und sind in den Küstensedimenten anzutreffen (B. ZIEGLER, 1967, 440, 442).

Das jeweilige Vorherrschen einer Komponente wird einerseits durch die Verwitterung auf dem Festland gesteuert und ist damit vom Klima, von den epirogenetischen Bewegungen und von den der Verwitterung ausgesetzten Gesteinen abhängig. Andererseits beeinflussen die Kenngrößen des Sedimentationsraumes: Beckentiefe, Entfernung vom Beckenrand, Strömungen etc. den Sedimentinhalt.

A. LOMBARD (1956) hat auf das typische Aufeinanderfolgen einzelner Gesteinstypen aufmerksam gemacht. Das vertikale Profil: Sand - Ton - Mergel - Kalk - Mergel - Ton - Sand bezeichnet er als *zyklische Sequenz*. Oftmals ist ein Ast der Sequenz stark unterdrückt oder fehlt völlig; die Sequenzen sind dann *rhythmisch* ausgebildet. Eine *positive* Sequenz beginnt mit sandigen Ablagerungen und entwickelt sich allmählich zur Kalk-Vormacht. Derartige Sequenzen kennzeichnen häufig *transgressive* Züge im Sedimentationsraum. Eine *regressive* Sequenz setzt sich von unten nach oben folgendermaßen zusammen: Kalk - Mergel - Ton - Sand. Sequenzen sind oft nur unvollständig entwickelt, indem einzelne Phasen fehlen können.

Die Sequenzen fügen sich zu Serien und diese zu Gruppen zusammen.

Die Faziesauswertung der Trias-Lias-Grenzschichten stützt sich einerseits auf die unterschiedliche, klastische Zufuhr. Die beckengebundenen Auswirkungen andererseits wurden mit Hilfe der Ammonitenvorkommen sowie mit der mikrofaunistischen Zusammensetzung erfaßt. Hierbei kamen zusätzliche makrofaunistische Fossilreste sowie für das Becken spezifische Bildungen, wie etwa das Vorhandensein von Pyrit, mit zur Auswertung.

Diese Faziesansprache erfaßt höchst selten nur eine Sedimentationseinheit. In der Regel enthält eine zur Untersuchung kommende Gesteinsprobe eine ganze Folge unterschiedlicher Phasen. Die Ergebnisse der Analyse repräsentieren somit fast stets eine Summe sich ablösender Fazien.

A. PETROLOGISCHE ANALYSE

Diese Untersuchungen gehen auf Schichtungstypen — hierbei werden hauptsächlich Bohrkerne beschrieben —, auf die Korngrößenverteilung und auf Sequenzabfolgen ein.

a) SCHICHTUNGSTYPEN

BREKZIEN AUS DER STEINMERGELGRUPPE

Auf die rauhacke-ähnliche Verwitterung bestimmter Schichten in der Zone argilo-dolomitique haben R. LAUGIER (1961) und A. MULLER (1964) hingewiesen. Nach L. LEINE (1971, 495) können diese Rauhacken (= Zellendolomite) durch Verwitterung dolomitischer, monomikter Brekzien entstehen. Die Fragmente dieser Brekzie werden anscheinend schneller als der karbonatische Zement zerstört. Unverwitterte Brekzien aus dolomitischen Mergeln der Steinmergelgruppe konnten jetzt erstmals für Luxemburg in den Bohrungen Medingen über 1,5 m (Probe 23.018), Mont Créqui - F 6 zweimal über je 0,40 m (siehe Anlage 4) und in der Bohrung Rébiérg (siehe Anlage 6, Schichten 23.195 und 23.196 nachgewiesen werden.

Bei der Probe 23.018 (siehe Anlage 4, Bohrung Medingen; Taf. 2, Fig. 1) handelt es sich um grau-grüne, umgelagerte, dolomitische Mergel; die einzelnen Komponenten zeigen eine generelle Ausrichtung in der Horizontalen. Ihre längliche, z.T. durchgebogene Form, läßt darauf schließen, daß sie bei der Ablagerung plastisch verformbar waren. Die Probe läßt mehrere 0,5 cm starke dunkle Lagen mit Sandkörnern erkennen, die dem Mergel zwischengelagert sind. Diese Schichten bestehen aus Mittelsand und Ton, während der Feinsandanteil fehlt.

In der Bohrung Rébiérg (siehe Anlage 6) bestehen die Schichten 23.195 und 23.196 aus brekziösen Dolomitfragmenten. Die kantigen Komponenten sind z.T. verzahnt und lassen eine schwache lagige Textur erkennen (vergleiche Taf. 4, Fig. 1). Diese führen jedoch keine Sandkörner. Der erste erwähnenswerte Feinsandanteil (10%) wurde in der Schicht 23.198 (siehe Anlage 6) im unmittelbaren Liegenden des Räts angetroffen.

L. LEINE (op. cit., 511, 512) nimmt an, daß solche Brekzien bei der tektonischen Zermahlung des ursprünglichen Dolomits entstehen.

Der geschichtete Charakter wird mit einer Scherbeanspruchung, welche parallel zur Schichtung verläuft, erklärt. Vorliegende Auswertungen zeigen, daß in den untersuchten Bohrungen die monomikten Brekzien lateral und vertikal in dolomitische Sandsteine übergehen können. So besteht die Probe 23.013 aus der Bohrung Bloëbiérg - F 4 aus einem hellgrünen, dolomitischen Sandstein. Die Schichtung wird hier durch cm-große, flache, dunklere Tonlinsen angedeutet. In diesen Lagen treten vereinzelt hellgraue, bis 3 mm große Dolomitbröckchen auf. Die Korngrößenzusammensetzung der Quarzkörner liegt zu mehr als 50% im Feinsand. Ähnliche aber auch gröberkörnige Sande liegen in den Bohrungen F 3 (Proben 23.011 und 23.012) und F 6 (Probe 23.015) vor (vergleiche Anlage 4).

Demnach bilden monomikte Brekzien und Sandsteine in der Zone argilo-dolomitique die Endtypen einer Mischungsreihe von Gesteinen, die eindeutig durch sedimentäre Ab-, bzw. Umlagerung entstanden sind. Die LEINESCHE Entstehungshypothese trifft also schon aus sedimentologischen Gründen für die monomikten Brekzien der Zone argilo-dolomitique nicht zu. Es wäre zudem auch schwierig, sich eine tektonische Durchbewegung vorzustellen, die sich auf Bänke von 0,4 bis 1,5 m beschränkt, ohne daß die liegenden und hangenden Schichten mitbeansprucht wurden.

GERÖLLAGEN, SANDSTEINE UND SCHWARZE TONE IM UNTEREN RÄT

Nur in der Bohrung Rébiérg ist, wie weiter oben erwähnt, ein markantes, 5 cm-starkes Basalkonglomerat mit eigentümlichen Steinmergelgeröllen ausgebildet (Schicht 30.126, vergleiche Anlage 6 und Taf. 4, Fig. 2). Gerölle sind in der Bohrung Rébiérg ebenfalls in dem tonigen Sandstein der Schicht 30.121 (siehe Taf. 6, Fig. 2) zu beobachten; dieser greift einer ausgeprägten Erosionsfläche über. In den Flachbohrungen E-Luxemburgs kommt den Geröllagen untergeordnete Bedeutung zu. Sie wurden z. B. in der Bohrung Bloëbiérg - F 1 in den oberen sandigen Schichten gemeinsam mit sandigen Dicklinsen (Nomenklatur nach H. E. REINECK et al., 1968) abgelagert. Dünne Lage von schwarzen Tonen umschließen diese Linsen (vergleiche in Taf. 2, Fig. 3 die Schicht 3.022). Auch in der Bohrung Rébiérg schnüren dünne schwarze Tonbänder sandige Dicklinsen ein (Schicht 30.128 in Taf. 4, Fig. 3). Aus dieser Bohrung liegen typische Erosionserscheinungen vor. So verfüllt ein heller schräggeschichteter Sand Rinnen in einem schmutzig braunen Sandstein oder greift als bioturbates Gefüge in ihn hinein (Schicht 30.118, Anlage 6 und Taf. 6, Fig. 1). Solche Wühlbauten können jedoch auch mit schwarzen Tonen nachgezeichnet sein (Schicht 30.114, Anlage 9, Taf. 4, Fig. 4).

In der Bohrung Medingen treten an der Basis des Rät schwarze dünnblättrige Tone mit Sand in offenen Flachlinsenschichten auf. Im cm-Abstand sind wellige Sandlagen mit ausgeprägter Schrägschichtung zwischengeschaltet. Der Sand ist vielfach in parallelen, senkrecht zur Schichtung angeordneten Gängen abwärts gedrungen (Schicht 3.047, Anlage 4 und Taf. 3, Fig. 1). Diese Gänge zeigen eine Fältelung parallel zu B, die auf die unterschiedliche Setzung von Sand und Ton zurückzuführen ist.

Höher in dieser Schichtenfolge treten im unteren Teil der Probe 3.052 (vergleiche Taf. 3, Fig. 3) in einer 1,5 cm-starken, mittelsandigen Lage nur sehr vereinzelt schwarze Tone in dünnen Flasern auf. In der hangenden Schichtenfolge wechseln schwarze Tone und helle Sande in geschlossenen Flachlinsen, die durch bioturbate, sandige Wühlbauten unter sich in Verbindung stehen können.

Die Probe 3.053 (Anlage 4 und Taf. 3, Fig. 4) ähnelt in ihrer Textur der Probe 3.052. Auch hier treten innerhalb der schwarzen Tone geschlossene, flache Sandlinsen auf. Das sedimentäre Gefüge ist jedoch stärker durch bioturbate Strukturen, u. a. Fluchtspuren, gestört.

In der Bohrung Bloëbiérg - F 1 (siehe Anlage 4) wechseln an der Basis des Rät ebenfalls schwarze muskowitzreiche Tone mit mm-dünnen Sandsteinlinsen, die als geschlossene (Schicht 30.020, Taf. 2, Fig. 2) oder als offene Flachlinsen auftreten. In den Schichtoberflächen erkennt man hier im Querschnitt runde Wühlbauten (Durchmesser 5-6 mm). Diese reichen bis 1 cm tief in die Flachlinsenschichten hinein und haben sie nach unten durchgebeult.

Wie bereits erwähnt, wurde das untere Rät in der Bohrung Medingen zweimal, oberhalb und unterhalb einer Verwerfungsfläche, angetroffen. Das tiefer gelegene Rät ist im Gegensatz zu der schon beschriebenen Serie stark tonig ausgebildet. So handelt es sich bei der Probe 3.040 um feinschichtige, ebenschichtige Tone. Auf einer Schichtoberfläche sind rundliche, flächenhaft, aber auch perlschnurartig angeordnete Koprolithe erhalten. In der Probe 3.041 wurde in diesen Tonen ein 7 cm langes, verkohltes Holzstück angetroffen. Das längs geriefte, mit Knoten besetzte Fragment ist im Verhältnis von 1:2,7 bis zu einer Breite von 3,5 cm flach gedrückt worden. Auch in der Probe 3.044 beobachtet man 1 cm breite und mehrere cm-lange verkohlte Pflanzenreste in den Schichtflächen.

DIE TONE DES OBEREN RÄT

Die Basisschichten des oberen Rät bestehen in der Bohrung Medingen (siehe Anlage 4) aus dunkelgrauen, dünnblättrigen, tonigen Mergeln, denen flachlinsenartig auftretende Feinsande eingelagert sind (Schicht 3.055 in Taf. 7, Fig. 1). In den jüngeren Schichten tritt der Sandanteil sehr stark zurück.

DIE LOTHRINGISCHE FAZIES DES HETTANGIEN

In der Bohrung Medingen setzt das Hettangien mit einer feinen Wechsellagerung von hellen Sandsteinlagen und dunkelgrauen, bituminösen Tonen ein. Die einzelnen Lagen sind durch *parallele Schichtflächen* begrenzt, Bioturbation wurde nicht erkannt. Auf diesen Schichtflächen haben sich zahlreiche Muskowitschüppchen sowie mm-große, zerbrochene Muschelschalen (Taf. 7, Fig. 3, Schicht 11.026) abgesetzt. Außerdem wurde hier ein 2 cm langer Zahn gefunden, dessen Spitze lang und gestreckt, das Ende aber gedrungen ist und Streifen aufweist (Taf. 7, Fig. 4).

Die typische sandige Ausbildung der Basis des Hettangien findet sich in der Bohrung Rébiérg mit der Lage 11.166 (vergleiche Anlage 6) wieder. Es handelt sich um *flaserige Feinsande*, die zum Hangenden in *wellige Wechsellagerung* übergehen (Taf. 8, Fig. 1). Diese führen Crinoidenstielglieder und Muschelschalen, die meist mit der konvexen Seite nach oben eingebettet sind (Schicht 11.169, Taf. 8, Fig. 2). Der Übergang von *welligen zu ebensichtigen Sand-Tonwechsellagen* läßt sich wiederholt im Handstückbereich verfolgen (z. B. Schicht 11.171 in Taf. 8, Fig. 3).

In den jüngeren Schichten des unteren Hettangien unterscheidet man in der Bohrung Rébiérg vier verschiedene Schichtungstypen, die sich rhythmisch wiederholen können:

mikritische Kalksteine mit Crinoidenstielgliedern an der Basis,
kleindimensionale Rippelschichten (Taf. 8, Fig. 4, Schicht 11.200),
vergabelt wellige Flaserschichten,
feinblättrige Mergel.

DIE BASIS DES LUXEMBURGER SANDSTEINS IN DER BOHRUNG RÉBIÉRG

Das Aufeinanderfolgen der Schichtungstypen läßt sich an vier Beispielen erläutern:

Die Schicht 12.414 (vergleiche Taf. 9, Fig. 1) zeigt *Flaser- und kleindimensionale Schrägschichtung* in cm-messenden Trögen. Die jüngere Schicht 12.415 (Taf. 9, Fig. 2) hat sich in einem weniger turbulenten Milieu abgelagert. Nur vereinzelt dünne Tonlagen bewirken eine weitständige Flaserschichtung. In der Lage 12.417 (Taf. 9, Fig. 3) wird die Schichtung durch Crinoidenstielglieder und durch Muschelschalen angedeutet. Extreme bioturbate Umlagerung hat in der Schicht 12.418 (vergleiche Taf. 9, Fig. 4) die Schichtung fast völlig verwischt.

b) GRANULOMETRIE

Die Korngrößenverteilung der Sedimente, ihre Zusammensetzung nach Kornklassen, sowie die Berechnung der Trask'schen Kennwerte wurde aufgrund einer kombinierten Sieb-Schlamm-analyse ermittelt. Das karbonatische Bindemittel der Gesteine wurde durch Salzsäureeinwirkung z. T. bei zusätzlicher Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd, weggelöst. Nach der Trocknung

der ausgewaschenen Proben wurde durch Rückwiegen der Karbonatanteil bestimmt. Er liegt bei Werten für

die Steinmergelgruppe:	von 9-52% (Mittelwert: 41%)
das untere Rät:	von 2-38% (Mittelwert: 12%)
das obere Rät:	von 9-32% (Mittelwert: 16%)
das lothringisch entwickelte Hettangien:	von 8-82% (Mittelwert: 39%)

In der vorliegenden Arbeit wird nicht weiter auf das Vorhandensein von Karbonaten eingegangen.

Das bei dem beschriebenen Verfahren anfallende Kornhaufwerk wurde durch Naß-Siebung in die Fraktionen größer und kleiner 63 Mikron getrennt. Die gröbere Fraktion wurde in einem Siebsatz mit folgenden Maschenweiten zerlegt: 2000, 1000, 630, 250, 200, 100, 63 Mikron. Die Korngrößenverteilung des feineren Anteils wurde mit der Sedimentationswaage nach Sartorius ermittelt. Die Darstellung der granulometrischen Kurven erfolgte in dem doppellogarithmischen Körnungsnetz (Nr. 42,5 A4). Zur Auswertung der Korngrößenverteilung wurden Trask'sche Kennwerte benutzt, die sich wie folgt errechnen:

$$\text{Sortierung: } S_o = Q_3/Q_1$$

$$\text{Schiefe: } S_k = \frac{Q_1 \cdot Q_3}{M_d^2}$$

worin Q_1 , M_d , Q_3 die Korngrößen der 25-, 50- und 75% Rückstände der Summenkurven sind. Gut sortierte Proben besitzen niedrige S_o -Werte; nach H. FUECHTBAUER (1970) sind folgende Sortierungsgrade abzugrenzen:

S_o : 1,00 - 1,23 = sehr gut,
1,23 - 1,41 = gut,
1,41 - 1,74 = mittel,
1,74 - 2,00 = schlecht,
größer 2,00 = sehr schlecht.

Die Schiefe S_k stellt ein Maß dar für die Asymmetrie in der Verteilung der Sortierung:

$S_k > 1$ = Feinfraktion ist besser sortiert,
$S_k < 1$ = Grobfraktion ist besser sortiert.

Die Zusammensetzung des Sandsteines wurde durch folgende Kornklassen erfaßt:

2000 - 630 Mikron: Grobsand,
630 - 200 Mikron: Mittelsand,
200 - 63 Mikron: Feinsand,
63 - 6,3 Mikron: Grob-und Mittelsilt,
kleiner 6,3 Mikron: Feinsilt und Ton.

Die einzelnen Anlagen zeigen jeweils rechts von der Profildarstellung die entsprechenden Probennummern und die Zusammensetzung der untersuchten Sedimente nach Kornklassen.

Insgesamt sind 372 Gesteinsproben analysiert worden, und zwar:

aus der Steinmergelgruppe	33,
aus dem unteren Rät	77,
aus dem oberen Rät	29,
aus dem Hettangien	233 Proben.

c) DIE KORNGRÖSSENKLASSEN

GERÖLLE

Diese Korngrößenklasse kommt ausschließlich in unterrätischen Sedimenten vor, und zwar in rd. 20% der angesprochenen unterrätischen Proben. Hier sind Gerölle mit 1 bis 64 Gewichtsprozent an der Zusammensetzung der klastischen Komponenten beteiligt. Diese Gesteinsproben sind alle sehr schlecht sortiert. Ausnahmsweise wird der So-Wert 2,13 erreicht. Die Schiefe ergibt mit Werten zwischen 0,14 und 15,0 (!) ein äußerst uneinheitliches Bild und ist somit zur Charakterisierung der geröllführenden Lagen vorerst nicht aussagekräftig.

GROBSAND

Diese Korngrößenklasse tritt einmalig in der Zone argilo-dolomitique auf (Schicht 23.015 der Bohrung F 6, siehe Anlage 4), ansonsten wurde sie in 27% der unterrätischen Proben mit 3 bis zu 17 Gewichtsproben des klastischen Anteils nachgewiesen. Im unteren Rät zeigen die geröllführenden Schichten Grobsandbeimengungen. Auch tritt oftmals unter- oder oberhalb von Geröllschichten Grobsand auf. Bemerkenswerterweise sind im Hettangien keine grobsandigen Lagen ausgebildet.

MITTELSAND

Mittelsande treten ab der Zone argilo-dolomitique auf, wo sie zwischen 4 und 11 Gewichtsprozent der Körner ausmachen können. Dieser Anteil kann sich bis zu 65% im unteren Rät steigern.

Die *Planorbis*-Zone ist in den untersuchten Bohrungen stets stark versandet. Der Mittelsandanteil beträgt in der Bohrung Medingen für die Probe 11.031 39%, in der Bohrung Mont Créqui - F 5 für die Probe 11.020 23%, in der Bohrung F 3 für die Probe 11.015 34%.

Die jüngsten Proben der Bohrung Bloëbiërg - F 4 (Anlage 4), die schon zum Luxemburger Sandstein gehören, setzen sich zu rd. 50% aus Mittelsand zusammen.

FEINSAND

Der Feinsandanteil erreicht in der Zone argilo-dolomitique bis 60 Gewichtsprozent der Körner und ist damit die am stärksten auftretende Sandklasse.

In den unterrätischen Schichten bietet der Feinsandanteil ein sehr uneinheitliches Bild. Er kann sowohl durch grobklastische Bildungen, z. B. im Profil F 1, als auch durch die feinklastischen Komponenten verdrängt sein, so z. B. im Profil Medingen (Proben 3.040-3.044). Das Profil P 3 dagegen enthält in den Schichten 3.032 und 3.033 mehr als 50% Feinsand, welcher in der Schicht 3.048 sein Maximum erreicht.

Im Hettangien tritt in der *Planorbis*-Zone gemeinsam mit dem schon erwähnten Mittelsand auch Feinsand auf. In den Profilen F 1 und F 4, wo in diesen Schichten der Mittelsand fehlt, ist Feinsand bis zu 30% (Schicht 11.012 und 11.043) nachzuweisen. Insbesondere ist auf die feinsandige Basis des Hettangien im Profil Roosbour (siehe Anlage 2) im Bereich der Schichten 11.146 bis 11.151 zu verweisen.

Im jüngeren Abschnitt der Schichtenfolge kommt es zu kleineren Feinsandanhäufungen, die in der Probe 11.017 (Bohrung F 3) 50% der Quarzkörner ausmachen. Beachtlich ist auch die feinsandige Partie (rd. 40% der Quarzkörner) im Profilabschnitt innerhalb der Proben 11.112 bis 11.119 der Bohrung Mont Créqui - F 5. In der Bohrung Rébiérg (siehe Anlage 6) setzen sich die zum Luxemburger Sandstein gestellten Proben vorwiegend aus Feinsand zusammen.

GROB- UND MITTELSILT

Diese Fraktion erreicht maximale Werte von 50 Gewichtsprozent der Korngemische. In dem klastischen Anteil der Schichten der Zone argilo-dolomitique ist die Fraktion mit mindestens 10%, im unteren Rät mit bis zu 50% vertreten. In den tonigen Schichten des oberen Rät werden 10% nicht überschritten. Die Hettangien-Schichten enthalten im HCl-unlöslichen Rückstand ziemlich konstant um 20 Gewichtsprozent Grob- und Mittelsilt.

FEINSILT UND TON

Die Feinstfraktion gibt in allen Stufen die vorherrschende Kornklasse ab. In der Zone argilo-dolomitique kann sich der klastische Anteil bis zu 90% aus Feinsilt und Ton zusammensetzen. Die sehr wechselhafte, lithologische Ausbildung des unteren Rät bedingt einen Schwankungsbereich der Tonfraktion von 2 bis rd. 70 Gewichtsprozent. Im oberen Rät gehören die klastischen Bestandteile fast durchwegs zur Feinstfraktion. In den Hettangien-Schichten ist, bei einem Schwankungsbereich von 10 bis 80 Gewichtsprozent, der Anteil des Feinsilts und des Tones an der Zusammensetzung des HCl-unlöslichen Rückstandes wieder wechselhafter.

d) SEQUENZABFOLGE

In der Zusammensetzung der Trias-Lias-Grenzsichten nach Korngrößenklassen herrschen die Feinfraktionen, Feinsilt und Ton, vor. Man darf die sehr ruhigen Sedimentationsbedingungen, die zur Ablagerung dieser Kornklassen führten, als die normalen Umweltbedingungen im Sedimentationsraum ansehen. Sie können allerdings auf zwei sehr unterschiedliche Milieus zurückgeführt werden:

Einmal auf tiefere Wasserverhältnisse, bei denen im marinen Milieu die Wellenbewegungen nicht mehr erodierend auf die Sedimentoberfläche einwirkten, oder auf sehr seichte, stark geschützte Bereiche, in denen sich die Feinfraktionen ebenfalls absetzen können. Es gilt dann entsprechende Faziesfaktoren nachzuweisen, die das eine oder das andere Milieu bestimmen.

Diese sehr ruhige Sedimentation wurde episodisch vor allem durch die Zufuhr von Fein- und Mittelsanden unterbrochen. Hierbei kann eine anfänglich starke Zufuhr allmählich zu den jüngeren Schichten hin zugunsten der Feinfraktionen abgebaut werden; in noch jüngeren Schichten kann es zu Kalkfällung kommen. Die Sequenznomenklatur von A. LOMBARD verbindet derartige positive Sequenzen mit einer Transgressivität des Sedimentationsraumes. Entsprechend werden aus einer negativen Sequenzausbildung regressive Verhältnisse abgeleitet.

Die engständige Probeentnahme der Trias-Lias-Grenzsichten ermöglicht, das Aufeinanderfolgen der verschiedenen Korngrößenklassen zu erfassen. Die genetische Deutung aus dieser Sicht wird im folgenden angestrebt.

ZONE ARGILO DOLOMITIQUE-

Im oberen Teil der Zone argilo-dolomitique in der Bohrung Rébiérg (vergleiche Anlage 6) nehmen entsprechend der nachstehenden Tabelle die Prozentwerte der Grobklastika vom Liegenden zum Hangenden zu:

Schicht	Grobsand%	Mittelsand%	Feinsand%	Silt%	Ton%
30.126	13	12	25	5	45
23.198	1	1	7	9	82
23.197	—	—	—	4	96

Ähnliche Verhältnisse findet man im Profil Bourglinster (siehe Anlage 2) wieder:

Schicht	Grobsand%	Mittelsand%	Feinsand%	Silt%	Ton%
30.058	5	70	14	11	11
23.177	—	—	—	24	76
23.176	—	—	—	2	98

Der Übergang von der karbonatischen Sedimentation der Steinmergelgruppe zu der vorwiegend grobklastischen Sedimentation des unteren Rät liefert ein prägnantes Beispiel für negativen Sequenzverlauf. Allerdings können schon in der Zone argilo-dolomitique Sande auftreten, deren Umfang jenem des unteren Rät gleichkommt.

RÄT

In der liegenden Schichtenfolge der Bohrung Medingen ist der negative Sequenzverlauf von der Zone argilo-dolomitique bis ins obere Rät zwischen den Proben 23.016 bis 3.042 zu verfolgen (vergleiche Anlage 4). Die Feinfraktionen nehmen innerhalb dieser Proben allmählich ab, während die Grob- und Mittelsandanteile von 9 bis 39% ansteigen. Zusätzlich tritt Mittel- und Feinsand auf.

Ähnliche Tendenzen der Kornvergrößerung sind in der hangenden Unter-Rätfolge der Bohrung Medingen in dreifacher Wiederholung zu erkennen. Über der basalen, mittelsandigen Schicht 3.046 erfolgt zwischen den Schichten 3.047 und 3.049 eine Kornvergrößerung, die zu einem Geröllanteil von 42% führt. Die folgende Sequenz endet mit der Schicht 3.052, die einen Mittelsandanteil von 30% aufweist. Das untere Rät schließt ab mit der geröllführenden Schicht 3.054, die wiederum gegenüber der liegenden Schicht 3.053 einen höheren Medianwert aufweist.

Das untere Rät in der Bohrung Bloëbiérg - F 4 zeigt die gleiche Tendenz in Bezug auf das Auftreten des Feinsandes, der von der Schicht 3.026 mit 8% zur Probe 3.028 auf 42% zunimmt. Der Grob- und Mittelsiltanteil fällt hierbei von 56 auf 26%, während die Feinstfraktionen mit rd. 30% konstant bleiben. Auch die untersuchten Proben der Bohrung Bloëbiérg - F 3 ergeben für das untere Rät mit den Schichten 3.039 bis 3.025 ein ähnliches Bild. Die Feinstfraktionen nehmen von 54 auf 28% ab, der Grob- und Mittelsilt geht von 44 auf 18% zurück. Der Feinsand steigt von 1 auf 23% an, zudem ist in den Proben 3.058 und 3.025 zwölf Prozent Mittelsand festgestellt worden.

In den Profilen Junglinster und Bourglinster (vergleiche Anlage 2) ist das untere Rät geringmächtig und grobklastisch ausgebildet. Der Sequenzaufbau ist im einzelnen jedoch nicht zu erfassen.

Das Schwellengebiet Junglinster-Echternach ist im unteren Rät durch grobklastische Sedimente charakterisiert. In den Profilen seiner südlichen Randbereiche (siehe Abb. 3) — Bloëbiërg, Mont Créqui, Medingen — beobachtet man eine allmähliche Vergröbung in der Sedimentzufuhr. In der LOMBARDSCHEN Nomenklatur würden diese negativen Sequenzen auf ein mehrfaches Zurückweichen des Meeres hinweisen. H. E. REINECK et al. (1968, 303) erklären die Entstehung ähnlicher Sequenzen durch ein Vorwachsen von der Küste her.

Die marine bis lagunär-brackische Sedimentation geht dabei in eine mehr kontinentale über. Die Überdeckung mit schelfwärts transprotierten kontinentalen Sedimenten bildet den Abschluß einer Sequenz. WOLBURG (1969) bezeichnet diese Schicht als Superfusionsphase.

In den südöstlich — Plateau von Burmerange — und nordwestlich — Rébiërg, Schwebach, Kapweiler — von der Schwellenregion gelegenen Gebieten ist das mächtigere untere Rät in Form von positiven Sequenzen ausgebildet.

Im Profil Remich-Scheierbiërg (siehe Anlage 1) sind vier Sequenzen abzugrenzen, die jeweils mit einer Konglomeratlage einsetzen:

1. Basale Sequenz: mit einer Kornverfeinerung innerhalb der Schichten 30.079 bis 30.108
2. Zweite Sequenz: mit den Proben 30.080 und 30.109
3. Dritte Sequenz: mit den Proben 30.081 und 30.110
4. Die vierte, stark kondensierte Sequenz setzt sich am Top des unteren Rät aus dünnen Lagen von Geröllen, Sandsteinen und einer abschließenden Kalkbank zusammen.

Auch in der Bohrung Rébiërg (siehe Anlage 6) sind positive Sedimentationsrhythmen nachzuweisen:

Die Stufe beginnt mit einer 5 cm starken, basalen konglomeratischen Lage. In der auflagernden Schicht 30.127 erreicht die klastische Zufuhr mit mehr als 60% Mittelsand ihr Maximum. Zu den jüngeren Schichten hin verfeinert sich das Korn. Diese erste positive Sequenz endet mit dem Kalkstein 30.115. Die mittlere tonige Sequenz schließt gleichfalls mit einem Kalkstein (Schicht 30.117) ab. Es folgen zwei sandige Sequenzen, in der oberen nimmt der Mittelsandanteil von der Schicht 30.120 mit 50% zur Schicht 30.122 auf 10% ab.

Im oberen Rät läßt sich einheitlich für das ganze Untersuchungsgebiet eine Kornverfeinerung feststellen. Hierbei sind sogar an der Basis der Mergel von Levallois, in den Profilen Junglinster-Bourglinster (siehe Anlage 2), Gerölle nachzuweisen.

HETTANGIEN — IN LOTHRINGISCHER FAZIES

In den kalkigen Basisschichten des Hettangien tritt im Profil Junglinster/Roosbour (siehe Anlage 2, Schichten 11.146-11.151) im klastischen Anteil rd. 70% Feinsand und etwa 10% Mittelsand auf. Die jüngeren Schichten geben bezüglich der Feinsandfraktion eher Hinweise für einen positiven Sequenzverlauf. Der Feinsand sinkt aber nicht unter 20%. Dabei nimmt der Grob- und Mittelsilt sogar von 28% (Schicht 11.153) auf 60% (Schicht 11.162) zu. In den jüngsten untersuchten Proben kann der Feinsand wieder bis zu 90% des klastischen Anteils ausmachen (Schicht 11.165).

Die feinsandige Ausbildung der *Planorbis*-Zone ist im ganzen Untersuchungsgebiet zu belegen gewesen. In der Bohrung Medingen (vergleiche Anlage 4) ist zu erkennen, daß dieser Sandgehalt sich in Form einer negativen Sequenz oberhalb des oberen Rät aufbaut (Schichten 3.056 bis 11.031).

Die Tonanteile nehmen von 92 auf 28% ab. Die Siltanteile sowie die Feinsandfraktion verhalten sich unstetig. Die Probe 11.031, am Top der Sequenzentwicklung, enthält 39% Mittelsand.

Der negative Sequenzverlauf in der *Planorbis*-Zone ist ebenfalls in der Bohrung Mont Créqui bis zur Schicht 11.020 (23% Mittelsand und 25% Feinsand im klastischen Anteil) zu belegen. In der Bohrung Bloëbiërg - F 4 wird in Schicht 11.043 (34% Feinsand) und in der Bohrung Bloëbiërg - F 3 in der Schicht 11.015 (34% Mittelsand und 35% Feinsand) das Maximum der klastischen Zufuhr erreicht.

Das sandige Maximum der *Planorbis*-Schichten klingt im Profil Bous-Dalheim (vergleiche Anlage 1) in Form einer positiven Sequenz ab. Von 51% in der Schicht 11.083 fällt der Feinsandanteil auf 6% in der Schicht 11.088. Auch in der Bohrung Rébiërg (vergleiche Anlage 6) ist die Basis des Hettangien durch eine Abnahme des Feinsandes gekennzeichnet (Schicht 11.166: 50% Feinsand, Schicht 11.168: 2% Feinsand).

In der Bohrung Mont Créqui - F 5 (vergleiche Anlage 4) ist oberhalb der *Planorbis*-Zone in mehrfacher Wiederholung festzustellen, daß Schichten mit Mittel- und Feinsandkomponenten allmählich in feinkörnige Schichten übergehen. Der Übergang von der feinkörnigen zu den grobkörnigen Lagen vollzieht sich dagegen relativ schnell. Es liegen also positive oder transgressive Sequenzen vor.

Sie können folgendermaßen abgegrenzt werden:

	Feinsilt plus Tonfraktion %
1. Schichten 11.020	37
bis 11.111	72
(ein Zwischenmaximum liegt mit Schicht 11.104 vor)	68
2. Schichten 11.112	50
bis 11.121	71

Im feinsandigen Abschnitt der letztgenannten Sequenz bleibt der Feinsand mit 43% in der Schicht 11.114 und 29% in der Schicht 11.119 erst relativ konstant. In den jüngeren Schichten der Sequenz nimmt er anschließend bis zur Probe 11.121 auf 4% ab.

Die Sandeinschwemmungen in das nunmehr vollmarine Becken setzen jeweils mehr oder minder unvermittelt ein und klingen innerhalb des Sequenzverlaufs allmählich aus. Das Volumen der zugeführten Sande nimmt von Sequenz zu Sequenz ganz deutlich zu. In der Schicht 11.021 macht der Feinsandanteil 26% aus, höher in der Schicht 11.114 liegt 43% vor und die Schicht 11.023 besteht zu 48% aus Feinsand. Dieserart leitet die stetig zunehmende Feinsandzufuhr zur Ablagerung des Luxemburger Sandsteins über.

In der Bohrung Rébiërg verhält sich die Art der Feinsandzufuhr analog. Wie erwähnt schwächen sich die Feinsandeinschwemmungen der *Planorbis*-Zone innerhalb einer positiven Sequenz ab. Der Feinsandgehalt liegt in dieser Sequenz bei rd. 20% (Schicht 11.178). Die Sequenz besitzt ihr Ton-Maximum in der Schicht 11.184.

Bei negativer Sequenzentwicklung steigert sich anschließend die Sandzufuhr und erreicht in der Schicht 11.187 31% Mittelsand sowie 27% Feinsand. Diese Lage weicht als einziger mittelsandführende Schicht von den üblichen, siltigen-feinsandigen Sedimenten dieser Serie ab.

In ihrem Hangenden lassen sich die Proben bis 11.213 zu einer Serie zusammenfügen, in welcher eine Kornvergrößerung zu den jüngeren Schichten erfolgt. Das Maximum dieser Entwicklung stellt sich mit 50% Feinsand in der Schicht 11.212 ein.

Feinsand tritt in den jüngeren Lagen vorerst merklich zurück. In der Probe 11.221 sind jedoch noch 11% und in Probe 11.222 sogar 21% des in HCl-unlöslichen Rückstands Feinsand.

Die Proben, welche in der Bohrung Rébiérg als Basisschichten des Luxemburger Sandsteins angesehen werden, bestehen aus Feinsand. Dieser liegt für die Proben 12.407 bis 12.409 noch unterhalb von 10%. Mit 12.410 überschreitet der Feinsand die 20% Anteilgrenze des klastischen Gesteins. In den noch jüngeren Lagen schwankt die feinsandige Komponente zwischen 30 und 40%, die jüngsten untersuchten Proben (12.417 und 12.418) setzen sich dann hauptsächlich aus Feinsand zusammen.

Die Lage 12.417 (Tafel 9, Fig. 3) hat einen Karbonanteil von 60%. Er ist hauptsächlich auf Muschelschalen und Crinoidensteilglieder zurückzuführen. Der HCl-unlösliche Rückstand besteht zu 80% aus Feinsand. In der Schicht 12.418 (Tafel 9, Fig. 4) geht der Karbonanteil auf 13% zurück. Die Schichten zeigen hier extreme bioturbate Umlagerung.

Während in den Bohrungen Ost-Luxemburgs die Kornvergrößerung verhältnismäßig schnell innerhalb der Schichtenfolge vor sich ging und die Kornverfeinerung sich sehr allmählich vollzog, können in der Bohrung Rébiérg beide Entwicklungen stetig ablaufen. Kornvergrößerung und Kornverfeinerung sind also jeweils über mehrere Proben zu erfassen. Der Sequenzaufbau ist zyklisch.

e) DEUTUNG UND VERGLEICHE

Die Ergebnisse der petrologischen Faziesanalyse ermöglichen die sehr unterschiedlichen aber in sich einheitlichen Ablagerungsbedingungen innerhalb der einzelnen Sedimentserien: Steinmergelgruppe, unteres Rät, oberes Rät und Hettangien zu erfassen.

STEINMERGELGRUPPE

Die Sedimentation wurde in erster Hinsicht durch die Karbonatfällung, auf die in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen wurde, beherrscht. Die klastische Zufuhr erfolgte hauptsächlich in den Klassen Silt und Ton. Nur im obersten Teil der Gruppe — in der Zone argilo-dolomitique — wurde Fein- und untergeordnet Mittelsand in das Becken geschüttet. Die Ablagerungsbedingungen in der oberen Steinmergelgruppe waren durch weit verbreitete *Sedimentumlagerungen* gekennzeichnet. So wurden im Bonebed von Medernach (siehe Seite 26) die Steinmergel im noch plastischen Zustand zu Geröllen aufbereitet, in deren Oberfläche Fischschuppen und Knochenbruchstücke eingedrückt wurden. Höher, in der Zone argilo-dolomitique, führten schnell vor sich gehende Umlagerungen zu dolomitischen oder zu mergeligen Brekzien. Auch hier waren die Komponenten noch in der Schichtung auf Auslängung ansprechbar. Mit diesen Resedimentationserscheinungen konnten gleichzeitig Sandeinschwemmungen erfolgen. Diese vollziehen sich jedoch genau so oft ohne Zufuhr größerer Klastika. Die beckeninterne Erosion und Wiederablagerung ist der Sandzufuhr übergeordnet.

In den Steinmergelschichten waren keine bioturbate Gefüge zu erkennen.

UNTERES RÄT

Die Korngrößenverteilung der Sedimente umfaßt Gerölle, Sande und Tone. Das energetische Niveau war entsprechend weiten Schwankungen unterworfen. So findet man im unteren Rät Anzeichen der Erosion des Steinmergelsubstratums in Form von Geröllen. Erosionsflächen sind innerhalb der linsenförmigen oder schräggeschichteten Sande ausgebildet. Mechanisch hervorgerufene Sandgängchen, vor allem aber an Schichtflächen gebundene bioturbate Gefüge durchdringen die schwarzen Tone. Im einzelnen gleichen diese Schichtungstypen auffallend jenen, die von H. E. REINECK et al. (1968) aus der inneren Deutschen Bucht beschrieben wurden. So könnten markant durchgehende Sandlagen ohne innere Textur als Sturmflutlagen gedeutet werden (vergleiche z. B. Taf. 3, Fig. 4). Dieser Sand wird bei den rezenten Beispielen anlässlich schwerer Sturmweatherlagen von der Küste her ins Sedimentationsgebiet transportiert, dem bei normalen Weatherlagen nur pelitisches Material zugeführt wird. Andeutungen an die Küstenfazies weisen analog zu den genannten Faziesuntersuchungen die Schichten mit erheblichem Mittelsandanteil auf. Die Schichten 3.022 (siehe Taf. 2, Fig. 3) und 30.118 (Taf. 6, Fig. 1) zeigen dazu noch Ansätze zu den in diesem Faziesbereich typischen Rippelschichten. Insgesamt betrachtet, ist für das untere Rät eine weitgehende Übereinstimmung mit der Übergangsfazies, die in der Deutschen Bucht zwischen 25 und 35 km vom Festland und zwischen 13 und 23 km vom Wattrand entfernt anzutreffen ist, festzustellen. Diese rezente Fazies ist bei Wassertiefen von -15 und -10 m ausgebildet (H. E. REINECK et al., op. cit., 298).

OBERES RÄT

Über das Ablagerungsmilieu der Mergel von Levallois gehen die Meinungen weit auseinander. Diese Pelite können nämlich entweder Sedimente tieferen Wassers sein oder Ablagerungen seichter, stark geschützter Bereiche. Die petrologischen Untersuchungen haben gezeigt, daß das obere Rät oft in Form einer transgressiven Sequenz vorliegt. Die klastische Phase an der Basis kann sich aus Grob- und Mittelsilt (E-Luxemburg) aber auch aus Geröllen (Raum Junglinster) zusammensetzen. Diese Gerölle « schwimmen » in den roten Tönen und lassen demnach an die Ablagerung aus zähflüssigen Schlammströmen denken. Den Ausführungen der mikrofazialen Untersuchungen vorausgreifend, soll hier schon darauf hingewiesen werden, daß diese Tone eine marine, wenn auch sehr spärliche, Mikrofauna führen.

HETTANGIEN

In diesen Schichten schalten sich typischerweise zu den Silt- und Tonfraktionen Feinsande. Ebenschichtige Sedimente belegen die ruhigeren Ablagerungszeiten; Flaserschichtung, wellige Wechselschichtung und Schrägschichtung stehen für dynamischere Bildungsbedingungen. Die biologische Aktivität im Ablagerungsraum ist aus dem Muschelschill oder aus den Crinoidenstielgliedern abzuleiten.

Zusammenfassend ist hervorzuheben:

1. Zwischen den Schichten der Steinmergelgruppe und den jüngeren Ablagerungen besteht ein grundlegender Schnitt. Erstere sind noch durch die karbonatische Sedimentation der Trias gekennzeichnet; letztere sind klastische Sedimente, deren Zusammensetzung direkt von der unterschiedlichen Schutzzufuhr abhängig ist.
2. Unteres Rät, oberes Rät und Hettangien bilden in ihrer Aufeinanderfolge im Sinne von LOMBARD eine transgressive Groß-Sequenz. Tatsächlich läßt sich die petrologische Zusammensetzung dieser Schichten von oben nach unten folgendermaßen globalisieren:

Mergelige Kalke und Mergel (Hettangien),
Mergel und Tone (Oberes Rät),
Tone, Sande und Gerölle (Unteres Rät).

Der Abschluß dieser Entwicklung ist, sieht man hier von der Sonderentwicklung des Luxemburger Sandsteins ab, die kalkreichere Schichtenfolge des Sinémurien, die man in Luxemburg als Mergel und Kalke von Straßen (Marne de Strassen) bezeichnet (A. MULLER, 1967).

B. DIE AMMONITENFAUNA

Im unteren Lias von Luxemburg sind die Ammoniten in der lothringischen Fazies verhältnismäßig häufig. Ihr Erhaltungszustand ist jedoch generell schlecht. Man findet sie im allgemeinen mehr oder weniger stark parallel zur Schichtung abgeplattet. Suturlinien sind höchst selten zu erkennen.

Diesen Ammoniten kommt dennoch als biostratigraphischen Zeitindikatoren und als Fazieszeugen in einem sonst fossilarmen Milieu erstrangige Bedeutung zu. Es ist demnach zweckmäßig, die rezenten Bestimmungen, die vom Autor vorliegen oder an denen er beteiligt war, zusammenzustellen. Hierbei wird auch auf das jeweilige Gestein, in dem die Ammoniten vorkommen eingegangen. Die letztgenannten bibliographischen Referenzen verweisen auf die ursprünglichen ausführlichen Diagnosen.

PSILOCERATIDAE

Gattung *Psiloceras* HYATT 1867

Weitgenabelte Formen mit glatter Externseite, Rippen fehlen entweder gänzlich oder sind als Einfachrippen auf die Flanken beschränkt.

Psiloceras psilonotum (QUENSTEDT, 1849)

Taf. 1, Abb. 1.

1849 *Ammonites psilonotus laevis* QUENSTEDT; F. A. Quenstedt, 73, Tafel 3, Fig. 18.

1965 *Psiloceras psilonotum* QUENSTEDT; S. Elmi & R. Mouterde, 106, Tafel 3, Abb. 2, 3, Tafel 10, Abb. 5.

1970 *Psiloceras psilonotum* (QUENSTEDT); I. Feuth-Siedek, S. Guérin-Franiatte & A. Muller, 111, Tafel 3, Fig. 1.

1970 *Psiloceras psilonotum* (QUENSTEDT); J. Bintz, S. Guérin-Franiatte, R. Mouterde & A. Muller, 46, Tafel 1, Fig. 1a,b.

Untersuchtes: Material:

Aus dem Profil Bous-Dalheim (siehe Anlage 1) sind aus den Schichten 11.084 und 11.086 fünf Exemplare beschrieben worden (I. FEUTH-SIEDEK et al., 1970, 111). Sie treten in dünnplattigen Kalken auf, die sich hauptsächlich aus Muschelschill zusammensetzen. Von Medingen liegt diese Form aus einem Gestein vor, welches aus sehr dünnen Lagen von mikritischem und sandigem Kalk besteht (A. MULLER, 1970, 396). Im Profil Schwebach wurde dieser Ammonit aus blauen siltigen Kalksteinen (Schicht 11.261, vergleiche Anlage 3) beschrieben. In NE-Luxemburg stammen acht Exemplare aus dünnplattigen Kalksteinen, die im Straßeneinschnitt der E 42 westlich von Gonderange und als Leseesteine im alten Bahneinschnitt zwischen Bourglinster und Junglinster gesammelt wurden. Weitere Exemplare werden in feinsandigen Kalken der Bohrung Medingen (Schicht 11.027) und der Bohrung Bloëberg - F 1 (11.012) (vergleiche Anlage 4) gefunden. In der Bohrung Rébierg sind es zwischen den Proben 11.170 und 11.176 sechs Exemplare (vergleiche Anlage 6), die hierher zu stellen sind.

Beschreibung: Es handelt sich um evolute Ammoniten mit kaum umfassenden, langsam anwachsenden, glatten Umwindungen. Die Mehrzahl der Formen liegt um 3 cm, nur selten wird der größte Durchmesser von 7 cm erreicht. Die relative Nabelweite schwankt von 0,36 zu 0,65. Allerdings wurden Werte unter 0,48 ausschließlich in NE-Luxemburg nachgewiesen. Man

weiß, daß S. GUERIN-FRANIATTE (S. GUERIN, 1961) zwischen weaternabeligen Formen (48-60%), die der deutschen Form *Psiloceras psilonotum* QUENSTEDT entsprechen, und engernabeligen Formen (N/D: 40%), welche zu *Psiloceras planorbis* SOWERBY tendieren, unterscheidet. In Luxemburg und in Lothringen war bislang hauptsächlich *Psiloceras psilonotum* gefunden worden. Da die *Planorbis*-Formen nur in Lesesteinen nachgewiesen wurden, kann nicht dazu Stellung genommen werden, ob *Ps. planorbis* unterhalb von *Ps. psilonotum* auftritt, so wie S. BUCKMANN dies aus Schottland beschrieben hat (S. ELMI & R. MOUTERDE, 1965, 207).

Stratigraphisches Niveau: Die Schichten mit *Ps. psilonotum* und mit *Ps. planorbis* bilden am NE-Rand des Pariser Beckens das erste Niveau, welches mit Ammoniten im unteren Hettangien zu datieren ist.

Psiloceras plicatum (QUENSTEDT, 1883)

Taf. 1, Abb. 2.

1879 *Ammonites planorbis* (var. *Johnstoni*) SOWERBY; P. Reynès, Tafel 1, Fig. 5.

1965 *Psiloceras plicatum* (QUENSTEDT); S. Elmi & R. Mouterde, 207, Tafel 1, Fig. 1, 2, 6.

1970 *Psiloceras plicatum* (QUENSTEDT); I. Feuth-Siedek, S. Guérin-Franiatte & A. Muller, 111, 112, Tafel 3, Fig. 2.

Untersuchtes Material:

In dem mittelsandigen Kalkstein (11.030) der Bohrung Medingen (siehe Anlage 4) wurde ein Ammonitenbruchstück, welches die Hälfte einer Umwindung ausmacht, angetroffen. Der Gehäusedurchmesser ist auf rd. 9 cm zu schätzen. Die Flanken zeigen pro halbe Umwindung fünfzehn radiale, wenig erhabene, stumpfe Rippen, welche bis zu 4 mm breit sind und sowohl zur Naht als auch zur Außenseite hin abflachen. Diese Bestimmungsmerkmale treffen für *Ps. plicatum* (QUENSTEDT) zu.

Im Profil Bous-Dalheim wurden in der Schicht 11.084 (siehe Anlage 4) zwei Exemplare dieser Art gemeinsam mit *Ps. psilonotum* gefunden (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 111, 112).

Stratigraphisches Niveau: *Ps. psilonotum* und *Ps. plicatum* treten in Luxemburg gemeinsam auf. In den mächtigeren Schichtserien des Hettangien in der Ardèche ist es möglich, ein Niveau mit *Ps. plicatum* oberhalb des Niveaus mit *Ps. psilonotum* abzutrennen (S. ELMI & R. MOUTERDE, op. cit., 209). In Luxemburg, wie auch in Lothringen, fallen beide Horizonte an der Basis des Hettangien zusammen.

Untergattung *Caloceras* HYATT 1970

Stark evolute Formen mit rundem Querschnitt und starken Rippen.

Psiloceras (Caloceras) johnstoni (SOWERBY, 1825)

Taf. 1, Abb. 3.

1825 *Ammonites Johnstoni* SOWERBY; Sowerby, 70, Tab. 449, Fig. 1.

1963 *Psiloceras (Caloceras) johnstoni* (SOWERBY); W. Blind, 51, Tab. 1, Fig. 4.

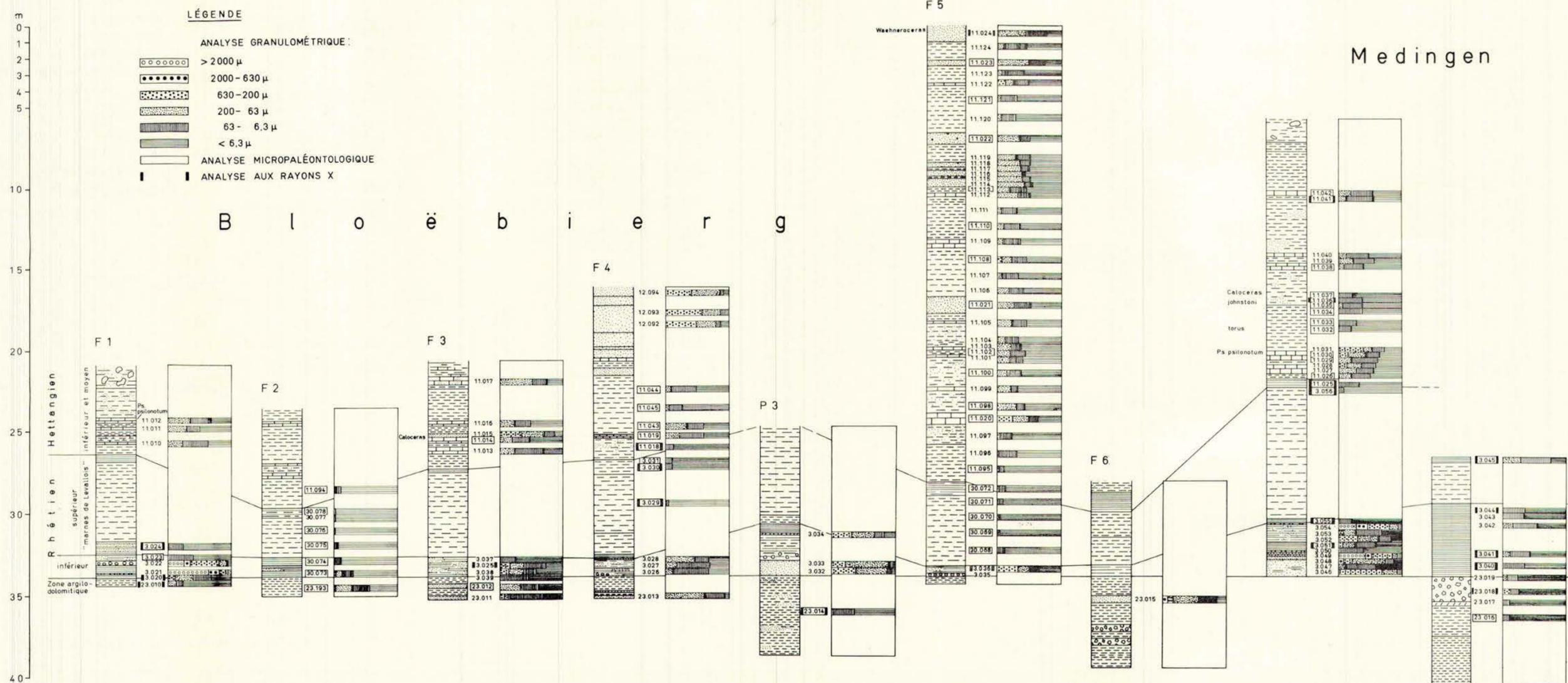
Untersuchtes Material:

Vier teilweise zerstörte und zwei vollständig erhaltene Exemplare treten in einem blau-grauen, sandigen Kalkstein im alten Bahneinschnitt zwischen Bourglinster und Junglinster auf. In der Bohrung Medingen (siehe Anlage 4) führen die Mergelschichten 11.034, 11.035 und 11.036 zahlreiche Ammonitenbruchstücke mit Windungshöhen bis zu 1,5 cm. Außerdem liegen aus diesen Schichten zwei vollständige Gehäuse vor.

Beschreibung: Die erwähnten Ammoniten gehören alle derselben Art an. Es handelt sich um evolute Formen (N/D: 0,46-0,49) mit leicht hochovalem Querschnitt. Die kräftigen Rippen erreichen ihre größte Erhebung auf der Flankenmitte und flachen zur Nabelseite bzw. zur Externseite hin ab. Diese ist völlig glatt. Die Rippen sind radial bis leicht provers ausgebildet.

Mont Créqui

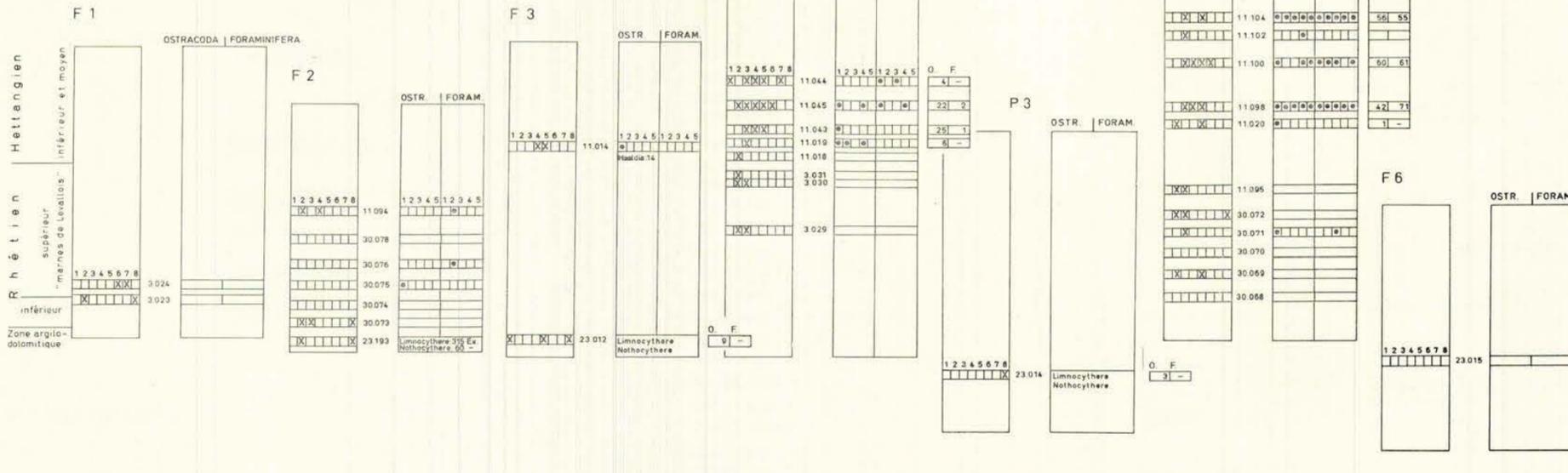
Medingen



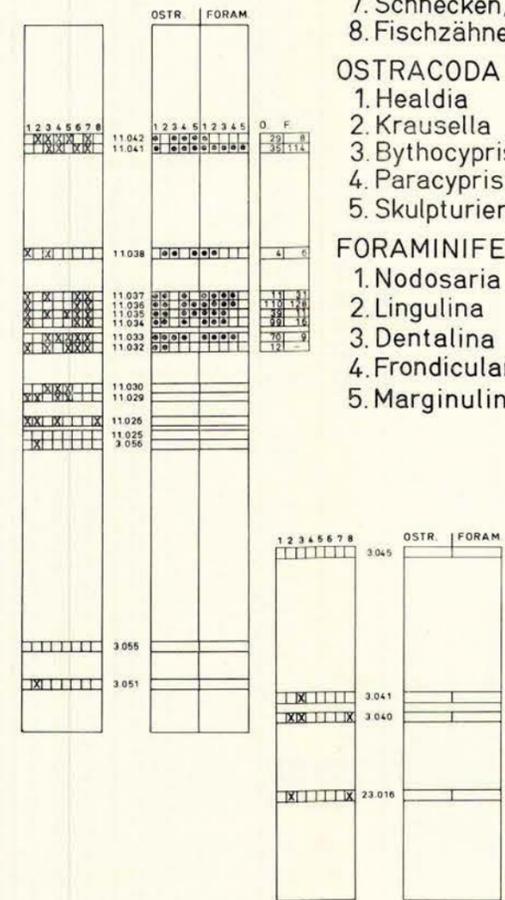
Mont Créqui

ANLAGE 5

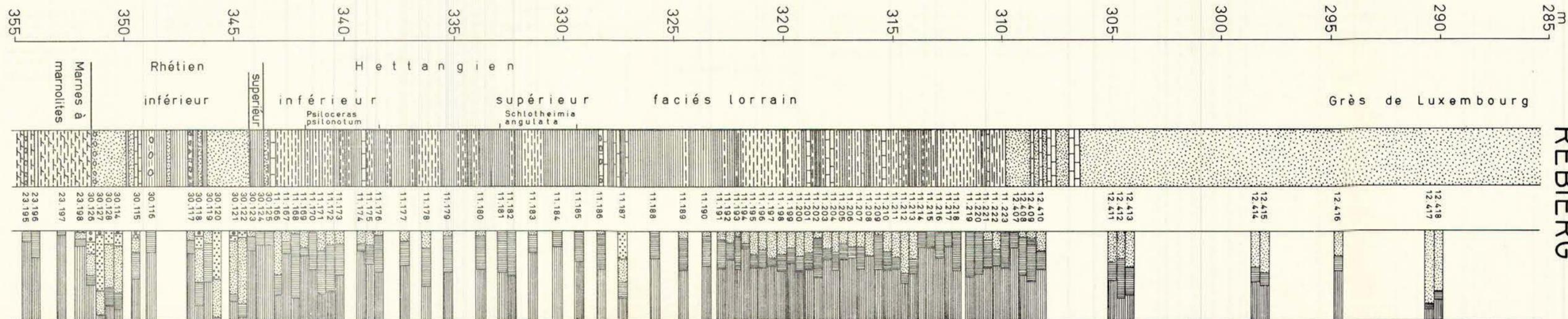
B l o ë b i e r g



Medingen



ANLAGE 6 W LUXEMBURG



MIKROFAZIES:

1. Pyritrogenstein
2. Pyritinkrustationen
3. Pflanzenreste
4. Muschelschill
5. Crinoidenstielglieder
6. Ophiuren
7. Schnecken, Kleinmuscheln
8. Fischzähne, -Schuppen

OSTRACODA:

1. Healdia
2. Krausella
3. Bythocypris
4. Paracypris ?
5. Skulpturierte Formen

FORAMINIFERA:

1. Nodosaria
2. Lingulina
3. Dentalina
4. Frondicularia
5. Marginulina

Stratigraphisches Niveau: *Psiloceras (Caloceras) johnstoni* tritt im oberen Teil des unteren Hettangien auf. S. ELMI & R. MOUTERDE (op. cit., 153) bezeichnen diesen Ammoniten als Zonenfossil oberhalb von *Psiloceras planorbis*.

Psiloceras (Caloceras) torus (D'ORBIGNY, 1844)

1844 *Ammonites torus* D'ORBIGNY; A. D'Orbigny, 212, Tafel 53.

1965 *Psiloceras (Caloceras) torus* (D'ORBIGNY); I. Feuth-Siedek, S. Guérin-Franiatte & A. Muller, 112, 113, Tafel 3, Fig. 3.

Untersuchtes Material:

In der Bohrung Medingen (siehe Anlage 4) wurde in den dunkelgrauen Mergeln (Probe 11.032) oberhalb der *Planorbis*-Zone ein Exemplar gefunden. Ein zweites Exemplar stammt aus einem mergeligen Kalkstein, der als Lesestein bei Schengen vorkommt (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 112).

Beschreibung: Das Exemplar aus der Bohrung Medingen hat einen Durchmesser von 1,4 cm. Es ist evolut (N/D: 0,47) und läßt nur ein langsames Anwachsen der Windungen erkennen (H/D: 0,21). Der Windungsquerschnitt ist rundlich. Die Flanken tragen pro halbe Umwindung 12 mittelstark ausgeprägte Rippen. Diese Form ist trotz ihres schlechten Erhaltungszustandes zu *Ps. (Caloceras) torus* (D'ORBIGNY) zu stellen.

Stratigraphisches Niveau: *Caloceras torus* tritt im unteren Hettangien in der *Johnstoni*-Zone auf.

Psiloceras (Caloceras) belcheri (SIMPSON, 1843)

1843 *Ammonites belcheri* SIMPSON; M. Simpson, 12, 1885, 43; 1884, 72.

1954 *Psiloceras (Caloceras) belcheri* (SIMPSON); D. T. Donovan, 29.

Untersuchtes Material:

Im Profil Remich-Mondorf wurde diese Art mit einem Exemplar in einem mergeligen Kalkstein angetroffen. Drei schlecht erhaltene Exemplare wurden in dünnplattigen, blaugrauen, sandigen Kalksteinen im alten Bahneinschnitt zwischen Bourglinster und Junglinster gesammelt.

Beschreibung: Es sind involute Formen (N/D: 0,42), die etwa 2 cm groß sind. Sie unterscheiden sich von *Psiloceras (Caloceras) johnstoni* durch die engere Nabelweite und durch ihre geringere Anzahl der schärfer ausgeprägten Rippen.

Stratigraphisches Niveau: Im Untersuchungsgebiet tritt *Caloceras belcheri* gemeinsam mit *Caloceras johnstoni* auf. Nach S. ELMI & R. MOUTERDE (op. cit., 152) charakterisiert *C. belcheri* den oberen Bereich der *Johnstoni*-Zone.

Gattung *Alsatites* HAUG 1894

Sehr evolute Formen mit einem deutlichen, aber nicht von Furchen begrenzten Kiel; einfache, eng aufeinanderfolgende Rippen.

Alsatites cf. galbergensis LANGE 1941

Taf. 1, Abb. 7

1941 *Proarietites (Alsatites) galbergensis* LANGE; W. Lange, 176, Tafel 20, Fig. 7.

1970 *Alsatites cf. galbergensis* LANGE; J. Bintz, S. Guérin-Franiatte, R. Mouterde & A. Muller, 47, Tafel 1, Fig. 2, 3.

Untersuchter Material:

In dem Profil Schwebach (siehe Anlage 3) sind aus dickbankigen, sandigen Kalksteinen fünf abgeplattete, mehr oder weniger vollständige Exemplare, sowie vier Bruchstücke beschrieben worden (J. BINTZ et al., op. cit., 47).

Beschreibung: Es sind Formen mit einem Durchmesser von 3 bis 16 cm. Sie zeigen regelmäßig stehende, radiale bis leicht proverse Rippen, die etwa so breit sind, wie der Abstand zwischen den Rippen. Sie sind schon deutlich ab 5 mm Durchmesser zu erkennen. Ab 5 mm Durchmesser sind die Rippen feiner und stehen dichter. In ihrem letzten Drittel biegen sie an der Externseite deutlich nach vorn. Gleichzeitig wird der Windungsquerschnitt leicht hochoval und der Nabel enger (N/D: 0,6-0,68).

Stratigraphisches Niveau: W. LANGE nennt *A. galbergensis* gemeinsam mit *Saxoceras costatum* und *Alsatites laqueus*. Diese Formen bestimmen die *Liasicus*-Zone des mittleren Hettangien.

Alsatites quedlinburgensis LANGE, 1941

Taf. 1, Abb. 5, Abb. 6.

1941 *Proarietites (Alsatites) quedlinburgensis* LANGE; W. Lange, 161, Tafel 19, Fig. 10-13.

1970 *Alsatites quedlinburgensis* LANGE; J. Bintz, S. Guérin-Franiatte, R. Mouterde & A. Muller, 47, 48, Tafel 1, Fig. 4; Tafel 2, Fig. 1.

Untersuchtes Material:

NW-Luxemburg: Vier teilweise deformierte Exemplare liegen aus sandigen Kalksteinen der Schichtenfolge Schwabach vor (J. BINTZ et al., op. cit., 47, 48). E-Luxemburg: Vier vollständig erhaltene Exemplare und ein Bruchstück sind aus einem gut sortierten kalkigen Mittelsand von Medingen beschrieben worden (A. MULLER, 1970, 396, 397).

Beschreibung: Die Formen sind 3 bis 4,5 cm groß und besitzen eine kräftigere und weitständigere Berippung als die vorher beschriebene Art. Die Nabelweite (N/D: 0,58-0,64) bleibt für beide Arten etwa gleich. Die flachen, rundlichen Rippen (N/2: 17) erreichen auf der Flankenmitte ihre höchste Erhebung und flachen sich zur Nabel- sowie zur Externseite hin ab. Sie stehen allgemein radial.

Stratigraphisches Niveau: *A. quedlinburgensis* kommt gemeinsam mit *Alsatites galbergensis* und mit *Saxoceras* sp. (A. MULLER, 1970, 397) im mittleren Hettangien, *Liasicus*-Zone, in Luxemburg vor.

SCHLOTHEIMIIDAE

Gattung *Waehneroceras* HYATT 1889

Evolute Formen mit abgeflachten Flanken. Die Ringrippen greifen abgeschwächt auf die Externseite über.

Waehneroceras tenerum (NEUMAYR, 1879)

Taf. 1, Abb. 4.

1952 *Psiloceras (Tenoceras) tenerum* (NEUMAYR); W. Lange, 98, Tafel 12, Fig. 4.

1970 *Waehneroceras tenerum* (NEUMAYR); I. Feuth-Siedek, S. Guérin-Franiatte & A. Muller, 114, Tafel 3, Fig. 5.

Untersuchtes Material:

Diese Form wurde relativ häufig angetroffen. Im Profil Remich-Mondorf wurde sie in siltigen Mergeln gefunden (I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 114); in Medingen-Witteschbiarg enthält ein mikritischer Kalkstein fünf Exemplare (A. MULLER, 1970, 396); die jüngste Schicht (11.024) der Bohrung Mont-Créqui — F 5 (siehe Anlage 5) führte ebenfalls diesen Ammoniten. In Waelen (Anlage 2, Profil Bourglinster) wurden 3 relativ gut erhaltene Formen aus der Lage 11.079 beschrieben (I. WALZ, 1971, 24).

Beschreibung: Es sind durchwegs kleinwüchsige Formen (2,7-0,9 cm) mit ovalem Mündungsquerschnitt. Das relativ evolute Gehäuse (N/D: 0,4-0,5) zeigt radiale, mittelweitstän-

dige Rippen (N/2: 6-9), welche auf der Externseite abgeschwächt aber eindeutig nach vorne gebogen sind.

Stratigraphisches Niveau: *Waehneroceras tenerum* tritt in der *Portlocki*-Zone des mittleren Hettangien auf.

Waehneroceras (Stortoceras) curvionatum (WAEHNER, 1882)

1882 *Aegoceras curvionatum* WAEHNER; F. Wachner, 75, Tafel 16, Fig. 2-4.

1963 *Psiloceras (Stortoceras) curvionatum* (WAEHNER); W. Blind, 55, Tafel 1, Fig. 11.

Untersuchtes Material:

Vier Ammoniten wurden im Profil Waelen, Schicht 11.079, gesammelt. Ein Exemplar lag schichtparallel, die drei übrigen waren zur Schichtung verkippt (I. WALZ, 1971, 25).

Beschreibung: Evolute Formen (N/D: 0,5) mit kräftigen Rippen (N/2: 15), die s-förmig geschwungen sind. Nahe an der Ventralseite zeigen sie ihre höchste Erhebung und flachen dann relativ schnell zur Ventralseite hin ab, wo sie sich andeutungsweise fortsetzen.

Stratigraphisches Niveau: Im Handstück trat *W. curvionatum* gemeinsam mit *Waehneroceras tenerum* auf. Beide belegen die *Portlocki*-Zone des mittleren Hettangien.

Gattung *Schlotheimia* BAYLE 1878

Mehr oder wenig weit genabelte Ammoniten mit gerundeter Externseite. Der Querschnitt ist chochoval. Die kräftigen Einfachrippen stoßen auf der Ventralseite zu einem nach vorne gezogenen Winkel zusammen.

Schlotheimia angulata (SCHLOTHEIM, 1820)

Taf. 1, Abb. 8, Abb. 9.

1820 *Ammonites angulatus* SCHLOTHEIM; E. F. Schlotheim, 70.

1951 *Schlotheimia (Scamnoceras) angulata* (SCHLOTHEIM); W. Lange, 31, Tafel 1, Fig. 1-8, 14-15.

1970 *Schlotheimia angulata* (SCHLOTHEIM); J. Bintz, S. Guérin-Franiatte, R. Mouterde & A. Muller, 49, 50, Tafel 2, Fig. 3.

1970 *Schlotheimia angulata* (SCHLOTHEIM); I. Feuth-Siedek, S. Guérin-Franiatte & A. Muller, 115, Tafel 3, Fig. 6.

Untersuchtes Material:

SE-Luxemburg: Etwa zehn verschieden große z. T. pyritisierte Bruchstücke wurden im Profil Bous-Dalheim (siehe Anlage 1) in blauen Mergeln (Schicht 12.403) über dem Luxemburger Sandstein gesammelt (A. MULLER, 1966, 265, 266; I. FEUTH-SIEDEK et al., op. cit., 115).

NW-Luxemburg: Aus dem Profil Schwebach wurden im Anstehenden sechs Exemplare gefunden, von denen fünf in blauen Mergeln und ein Exemplar in sandigem Kalkstein, alle im Liegenden des Luxemburger Sandsteins vorkamen. Im Profil Kapweiler stammen vier Exemplare aus einer Kalkbank, die ungefähr 4 m unterhalb des Luxemburger Sandsteins auftritt. (J. BINTZ et al., op. cit., 49, 50). In der Bohrung Rébiérg (siehe Anlage 6) setzten diese Formen ab 332,90 m Tiefe ein, d. h. 23 m unterhalb der Faziesgrenze zum Luxemburger Sandstein. Diese Formen wurden in fünf verschiedenen Niveaus angetroffen.

Beschreibung: Es handelt sich um kleine Ammoniten, die nicht größer als 6-7 cm sind. Bei einem Durchmesser von 4 cm beträgt das Verhältnis N/D: 0,38-0,4. Der Querschnitt ist hochoval und an der Externseite abgerundet. Die Art ist gekennzeichnet durch scharfe, regelmäßige Rippen. Auf den Flanken verlaufen sie radial. An der Externkante biegen sie scharf nach vorne und verlaufen so über die Ventralseite. Jede Rippe bildet also mit der gegenüberliegenden einen nach vorne gezogenen Winkel. Dieser ist im allgemeinen durch einen glatten Streifen, der eine mittlere Furche bildet, unterbrochen. Das hier untersuchte Material fällt durch seine geringe Berippungsdichte auf (N/2: 15-20). Man weiß, daß die Zahl der Rippen von einem Individuum zum andern bei dieser Art sehr unterschiedlich sein kann (W. LANGE, 1951, 37).

Das Exemplar, welches in der Bohrung Rébierg (siehe Anlage 6) in der Schicht 11.182 — dunkelgraue, muskowitzführende Mergel — 23 m unterhalb der Faziesgrenze zum Luxemburger Sandstein auftritt, besitzt den Durchmesser von 2,2 cm. Es ist gekennzeichnet durch rasch anwachsende Windungen und engen Nabel (N/D: 0,3). Die Anzahl der Rippen liegt um 30 pro Umwindung. Sie sind scharf ausgeprägt und unregelmäßig s-förmig geschwungen. Diese Merkmale unterscheiden sie von den üblich gefundenen Schlotheimien. Eine definitive Zuordnung kann nicht erfolgen, da die Suturlinie und die Ventralseite nicht zu beobachten sind.



Abb. 5: *Schlotheimia angulata* (SCHLOTHEIM) (Schicht 11.182)

Stratigraphisches Niveau: *Schlotheimia angulata* wird als Index-Fossil im oberen Hettangien benutzt.

Aus der makrofaunistischen Analyse ergibt sich:

1. Die klassischen Niveaus des Hettangien sind alle durch Ammonitenfunde nachzuweisen. Diese belegen marine Sedimentation, zumindest der ammonitenführenden Schichten des Hettangien.
2. In zwei Niveaus — in den *Planorbis*-Kalken und
— in der *Curvionatum*-Schicht

liegt es nahe anzunehmen, daß die Ammonitengehäuse angeschwemmt wurden oder sich wegen ihrer größeren Schwere in Kondensationshorizonten anreicherten. Diese Schichten zeigen Sub-solutionserscheinungen und tierischen Bewuchs. *Psiloceras psilonotum* wurde allgemein in ganz Luxemburg in dieser Fazies angetroffen. *Waehneroceras* kommt dieser Art im Profil Waelen vor.

3. Die beschriebenen Arten treten in Schichten mit unterschiedlicher lithologischer Zusammensetzung auf. So liegen Schlotheimien aus Kalken oder aus Mergeln vor. *Alsatites* kommt in NW-Luxemburg häufig in siltigen Kalken, in SE-Luxemburg dagegen in mittelsandigen Lagen vor.

C. MIKROFAZIELLE ANALYSE

In den Bohrungen Bloëbiërg, Mont Créqui, Medingen wurden 57 Proben mikrofaunistisch aufbereitet. Der Schwerpunkt der Untersuchung wurde auf die Bohrung Medingen (20 Proben) und Mont Créqui - F 5 (17 Proben) gelegt. Auf die einzelnen Stufen bezogen wurden insgesamt aus

der Zone argilo-dolomitique	4 Proben,
dem unteren Rät	7 Proben,
dem oberen Rät	14 Proben,
dem Hettangien	32 Proben

ausgelesen.

Die Aufbereitung erfolgte durch ein- oder mehrmaliges Einwirken von Wasserstoffsperoxyd auf 50 g Probenmaterial. Der zu untersuchende Rückstand ergab sich durch Auswaschen auf dem 63-Mikronsieb. Die auftretenden Foraminiferen und Ostracoden sind in der Regel nur gattungsmäßig bestimmt worden. Anlage 5 enthält rechts von der Probennummer Angaben über das mengenmäßige Auftreten der ausgezählten Ostracoden und Foraminiferen sowie die Zuordnung zu den typischen Gattungen des unteren Lias.

Zur Festlegung des mikrofaziellen Bildes wurde das Vorkommen von acht Gruppen von Mineralien und Fossilresten mit herangezogen. Es sind dies:

1. Pyritrogensteine	5. Crinoidenstielglieder und Seeigelstachel
2. Pyritinkrustationen	6. Ophiuren
3. Pflanzenreste und Megasporen	7. Schnecken und zweiklappige Kleinmuscheln
4. Muschelschill	8. Fischzähne, Schuppen, zerbrochene Knochenplatten.

Das Auftreten einer dieser Gruppen wird in Anlage 5 durch Ankreuzen der entsprechenden Spalte angezeigt.

AUSWERTUNG

ZONE ARGILO-DOLOMITIQUE

In der Zone argilo-dolomitique war nur in der Bohrung Bloëbiërg - F 2 (Schicht 23.193) eine relativ reiche Ostracodenfauna auszulesen. Eindeutig bestimmbar ist *Limnocythere keupera* WILL (1969, 56-57, Taf. 1, Fig. 3a-d, 4). Weniger häufig sind verschiedene Arten von *Notbocythere*, wahrscheinlich *N. media prima* WILL (op. cit., 63, 64, Taf. 1, Fig. 7a-d) und *N. hechti longa* WILL (op. cit., 71, 72, Taf. 2, Fig. 5a-d). Diese Formen sollen limnisch-brackisch sein und kommen in den *Postera*-Schichten (Steinmergelgruppe) NW-Deutschlands vor. In den sonstigen untersuchten Proben der Zone argilo-dolomitique wurden diese Ostracoden ebenfalls vereinzelt angetroffen. Schuppen und Zähnen von *Saurichthys*, *Hybodus*, *Sargodon* und *Acrodus* sind reichlich zu finden. Pyrit tritt in Form von kleinen Kugeln auf, die häufig durch Rhombenflächen begrenzt sind.

UNTERES RÄT

In dieser Gruppe wurde keine Mikrofauna angetroffen. Vertebratenreste, Pyritinkrustationen und verkohlte Pflanzenreste bestimmen das mikrofazielle Bild. Ophiuren, die R. LAUGIER (1961, 3024-3026) z. B. aus Lelling (Moselle) erwähnt, konnten also in Luxemburg bislang nicht nachgewiesen werden.

OBERES RÄT

Foraminiferen und Ostracoden treten sehr vereinzelt in den Mergeln von Levallois auf. In dre Bohrung Mont Créqui - F 5 wurde je ein Exemplar von *Dentalina* und *Healdia* gefunden.

In der Bohrung Bloëbiërg - F 2 führen die Schichten 30.075, 30.076 und 30.078 wenige Lingulinen und Ostracoden. Diese Formen sind stets gut erhalten. Möglicherweise ist das spärliche Auftreten der Mikrofauna im oberen Rät nur auf eine erhebliche Sedimentationsrate zurückzuführen.

HETTANGIEN

In der Bohrung Medingen sind die Veränderungen in der Zusammensetzung der Mikrofauna besonders beachtlich. In den basalen Lagen des Hettangien (11.025 bis 11.030) konnten keine Mikrofossilien nachgewiesen werden. In der Probe 11.032 sind die ersten Ostracoden zu finden; diese bleiben bis 11.035 zahlreicher als die Foraminiferen. Ab Schicht 11.036 überwiegen dann im jüngeren Profilabschnitt die Foraminiferen. In der Kalksteinbank 11.042 herrschen die Ostracoden wieder vor.

In der lothringischen Fazies des Hettangien kommen die in ihrer Form himbeerähnlichen Pyritkonkretionen vor, von denen LOVE (1964) annimmt, daß sie syndimentär bis frühdiagenetisch entstanden sind. Die reichere Mikrofauna liegt jedoch in den Sedimenten vor, die Ophiuren und Schnecken enthalten.

Die Foraminiferenfauna kann sich aus 7 bis 10 verschiedenen Gattungen zusammensetzen. Hierbei ist *Lingulina* eine häufig auftretende Form. Im unteren Teil der Schichtenfolge ist *Nodosaria*, insbesondere *N. prima* d'ORB., 1850, bezeichnend. Auch *Planularia inaequistriata* (TERQUEM, 1864) und *Fronicularia dubia* (BORNEMANN, 1854) treten in diesem Niveau schon auf.

Die Ostracodenfauna besteht hauptsächlich aus *Healdia aspinata* DREXLER, 1959 und aus *Paracypris semidisca* DREXLER, 1959. Kostulierte Formen, die *Procytheridea luxuriosa* APOSTOLESCU, 1959 nahe stehen, sind stark verbreitet.

In den Proben der Bohrung Mont Créqui - F 5 wurden im wesentlichen ähnliche Formen angetroffen, wobei die Foraminiferen schon in der Probe 11.098 mit 7 verschiedenen Gattungen einsetzen.

In den Bohrungen Bloëbiërg, Mont Créqui, Medingen ist für die Zone argilo-dolomitique eine triadische Mikrofauna typisch. Im Hettangien liegt eine völlig anders geartete Mikrofauna vor, in welcher sowohl Ostracoden als auch Foraminiferen vertreten sind. Die ersten spärlichen Vertreter dieser Zusammensetzung finden sich ab oberen Rät.

III. AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

1. STATISTISCHE PARAMETER DER KORNGROSSENVERTEILUNG

A. ALLGEMEINES

G. M. FRIEDMAN (1967) charakterisiert rezente Fluß- und Strandablagerungen nach einer Auswahl unterschiedlicher, nach der Momentmethode errechneter Korngrößenparameter. Werden diese Werte in zweidimensionalen Diagrammen gegeneinander aufgetragen, so bilden die Proben der beiden Ablagerungsmilieus eindeutig abgrenzbare Felder.

G. M. FRIEDMAN (op. cit., 354) macht anhand seiner empirischen Untersuchungen geltend, daß die Ablagerungsdynamik im fluviatilen- und im Strandmilieu durch einfache Überlegungen über Transport und Sedimentation zu erfassen ist. Der Transport der Körner im Wasser erfolgt im wesentlichen nach drei Arten. Die Körner zwischen 250-500 Mikron werden durch Gleiten und Rollen, jene der Klassen zwischen 63-500 Mikron springend und Körner kleiner 63 Mikron schwebend bewegt.

In Flüssen kann der Sedimenttransport gemäß dieser drei Arten stattfinden. Im Strandbereich des Meeres bewegen sich Sande mittlerer Kornklassen springend, während der feinere Anteil durch die Brandung immer wieder ausgewaschen und in Suspension tieferen Bereichen zugeführt wird. Hier sedimentiert er schließlich ab. Die größten Körner (größer 63 Mikron) bleiben aufgrund ihrer Schwere an der Küste liegen. Durch diese Trennung der Kornklassen ist der Sand im Strandbereich gut sortiert. Außerdem bedingen diese Zusammenhänge, daß in diesem Milieu abgelagerter Sand allgemein eine Schiefe größer 1 besitzt. Anders verhält es sich bei Sanden der Flüsse aber auch des Schelfes, wo die Feinfraktion neben anderem Material mitsedimentiert ist. Hier ist die Schiefe dann kleiner eins.

Da die einzelnen Felder sich in alleiniger Abhängigkeit der hydraulischen Umweltbedingungen im Ablagerungsmilieu abzeichnen, müßte es prinzipiell möglich sein, Diagramme fossiler Sedimente mit jenen rezenter Sedimente nach G. M. FRIEDMAN zu vergleichen.

Hierbei muß allerdings beachtet werden, daß diagenetische Prozesse die ursprünglichen Kennwerte verändern können. Auch ist zu bedenken, daß FRIEDMAN mit der Untersuchung rezenter Faziesräume nicht die Vielfalt der fossilen Faziesausbildungen erfassen konnte und wollte. Diagrammen nach G. M. FRIEDMAN für fossile Sedimente kommt demnach vorerst nur spekulativer Wert zu. Die Diskussion der Trias-Lias-Grenzschichten in zweidimensionalen Korngrößenverteilungsdiagrammen bot sich insofern an, als die Proben durch eingehende lithologische und paläontologische Untersuchungen abgrenzbaren Faziesräumen zugeordnet werden können. Außerdem liegen zu diesem Unterfangen zahlreiche Vergleichswerte vor, die sich auf den Luxemburger Sandstein beziehen (A. MULLER & P. RASCHE, 1971; I. WALZ, 1971).

B. KORNGROSSENVERTEILUNGSDIAGRAMME DER TRIAS-LIAS-GRENZSCHICHTEN

Mittels zweidimensionaler Parameter-Diagramme, die sich im wesentlichen aus den TRASKschen Kennwerten ergeben, wird versucht, Rückschlüsse auf die Ablagerungsverhältnisse der Trias-Lias-Grenzschichten zu ziehen. Hierzu wurden ausgewertet:

aus dem Luxemburger Sandstein	16 Proben, hiervon sind 5 sandig,
aus dem unteren Hettangien	128 Proben, hiervon sind 55 sandig,
aus dem Rät	87 Proben, hiervon sind 59 sandig.

sowie 16 Proben aus der Steinmergelgruppe, von denen die sandigen Proben nicht weiter in Betracht gezogen werden.

Vier Verteilungsparameter:

1. Percentil,
- Gewichtsprozent der Fraktion kleiner 63 Mikron,
- die TRASKSche Sortierung So,
- die TRASKSche Schiefe Sk

wurden in drei verschiedenen Auswertungsverfahren benutzt (siehe Abb. 6, 8 und 9). Zusätzlich sind die sandigen Proben in DOEGLAS-Diagrammen dargestellt (Abb. 7).

a) DIAGRAMME 1% [Mikron] /
GEWICHTSPROZENT DER FRAKTION KLEINER 63 MIKRON

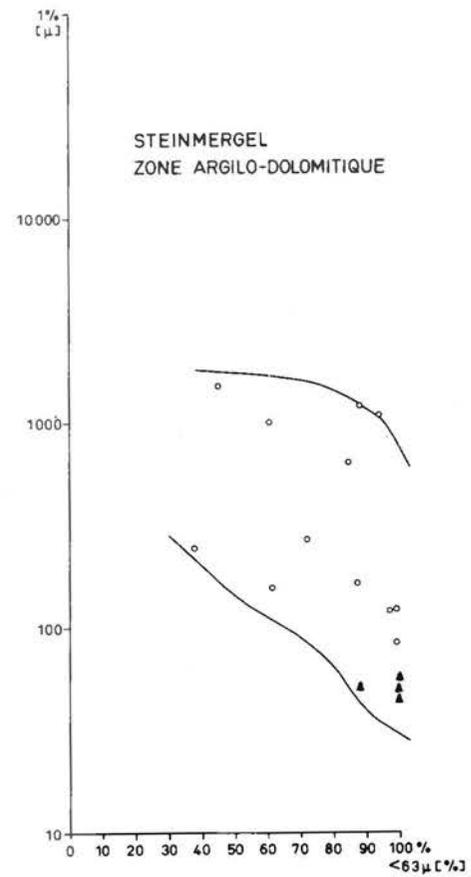
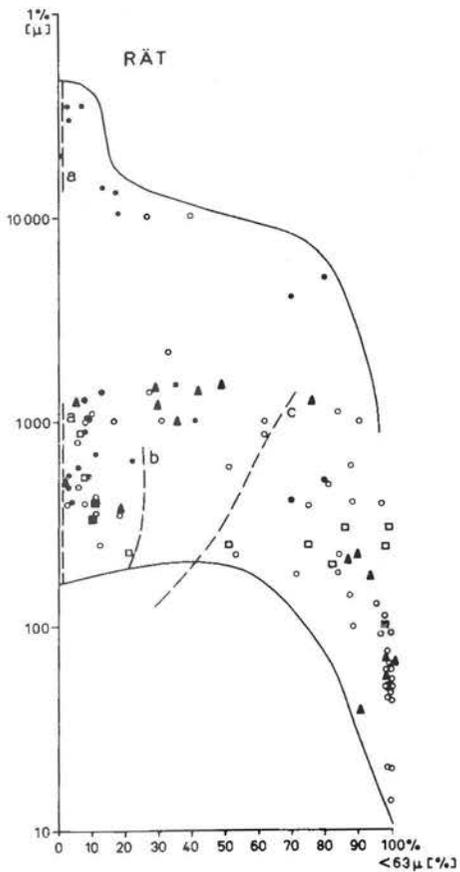
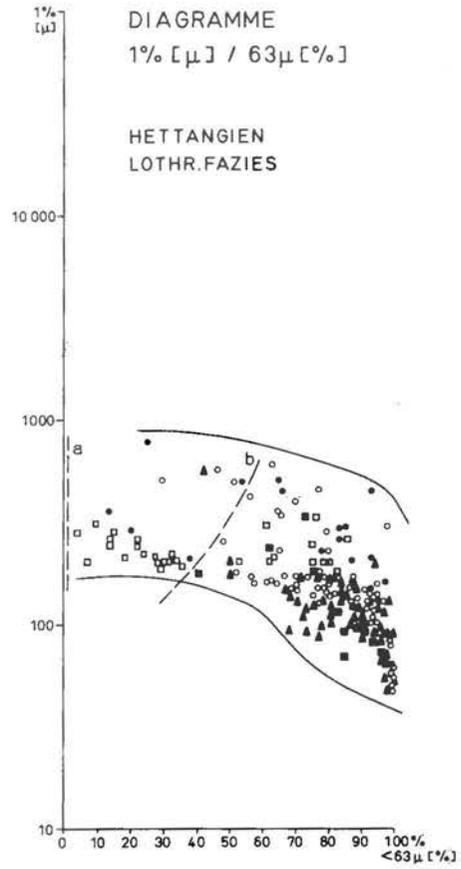
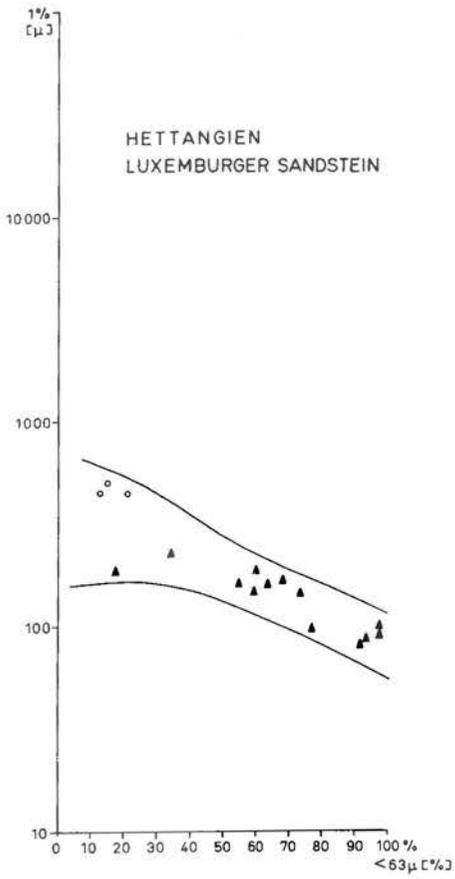
Im ersten Verfahren ist der Gewichtsanteil der Körner kleiner 63 Mikron gegen das erste Percentil aufgetragen. Beides sind Größen, die eindeutig zu ermitteln sind. Der Gewichtsanteil der Körner kleiner 63 Mikron ergibt sich aus der Gewichts Differenz der ausgewaschenen Fraktion größer 63 Mikron zu dem gesamten in HCl-unlöslichen Rückstand. Die Meßgenauigkeit des 1. Percentils ist statistisch gesehen für die hier betrachteten Sedimente größer als für grobkörnige Klastika.

Diese Diagramme erfassen die Gesamtheit der untersuchten Proben (siehe Abb. 6). In FRIEDMANS Darstellung rezenter Fluß- und Strandsedimente (FRIEDMAN, op. cit., 338, Fig. 12) verläuft die Trennungslinie zwischen beiden Milieus parallel zur Ordinate und schneidet die Abzisse bei 0,2% Körner kleiner 63 Mikron.

Aus der Zone argilo-dolomitique wurden 16 Proben dargestellt, und zwar 4 Proben aus der Bohrung Rébiérg und 12 Proben aus E Luxemburg. Sie zeigen einen großen Schwankungsbereich für den 1%-Wert, und zwar von 300 bis 2000 Mikron: der Silt- und Tonanteil macht stets mehr als 30 Gewichtsprozent des klastischen Anteils aus. Hier liegen also auf keinen Fall Sedimente eines anhaltend hoch energetischen Milieus vor.

Auch die Rät-Schichten beanspruchen ein großes Spektrum der 1%-Werte. Im oberen Teil des Diagrammes bilden sich mit einem 1%-Wert von 4 cm die Konglomerate aus SE Luxemburg ab. Im unteren Teil liegt dieser Wert für Proben aus E Luxemburg bei rd. 10 Mikron. Erinnern wir daran, daß die Ordinate und die parallel zu ihr gezogene Linie a bei FRIEDMAN das Feld der rezente n Strandsedimente begrenzt. Für die r ä t i s c h e n Sedimente zeichnet sich eine auffallende Punktanhäufung ab, die bis zur Linie b reicht. Bei ihren Untersuchungen über den Luxemburger Sandstein haben A. MULLER & P. RASCHE (1971, 19) eine auffallende Punktanhäufung zwischen der Ordinate und der Linie c nachgewiesen und haben vermutet, daß das Feld eventueller Strandsedimente wahrscheinlich von der Ordinate bis zur Linie c auszudehnen sei.

Abb. 6



Noch weiter rechts folgen im Diagramm der Abb. 6 die restlichen Proben in einem großen Streubereich.

Die in lothringischer Fazies ausgebildeten Schichten des Hettangien konzentrieren sich in einem schmalen Feld. Die 1%-Werte bewegen sich zwischen 40 und 1000 Mikron. Das durch die Linie a begrenzte Feld der rezenten Strandsedimente ist nicht besetzt. Die Linie b verläuft zwischen zwei stark besetzten Feldern. Sie entspricht der Trennlinie Strand - Schelf nach A. MULLER & P. RASCHE (1971); es wären hiernach hauptsächlich Proben aus NE Luxemburg, die als Strandsedimente anzusprechen sind.

Da mit abnehmender Größe des 1%-Wertes die Silt- und Tonanteile zunehmen, dürfte es sich bei den übrigen Proben wahrscheinlich um Schelfablagerungen handeln. Man sollte erwarten, daß bei korrelierten Flußsedimenten der 1. Percentil-Wert gleich oder größer sein müßte, als bei den hier angesprochenen Strandablagerungen.

Die Zunahme des Silt- und Tonanteils bei abnehmender Größe des 1%-Wertes wirkt sich in besonders enger Brandbreite für den Luxemburger Sandstein aus. Es stimmt zwar, daß hier mög-

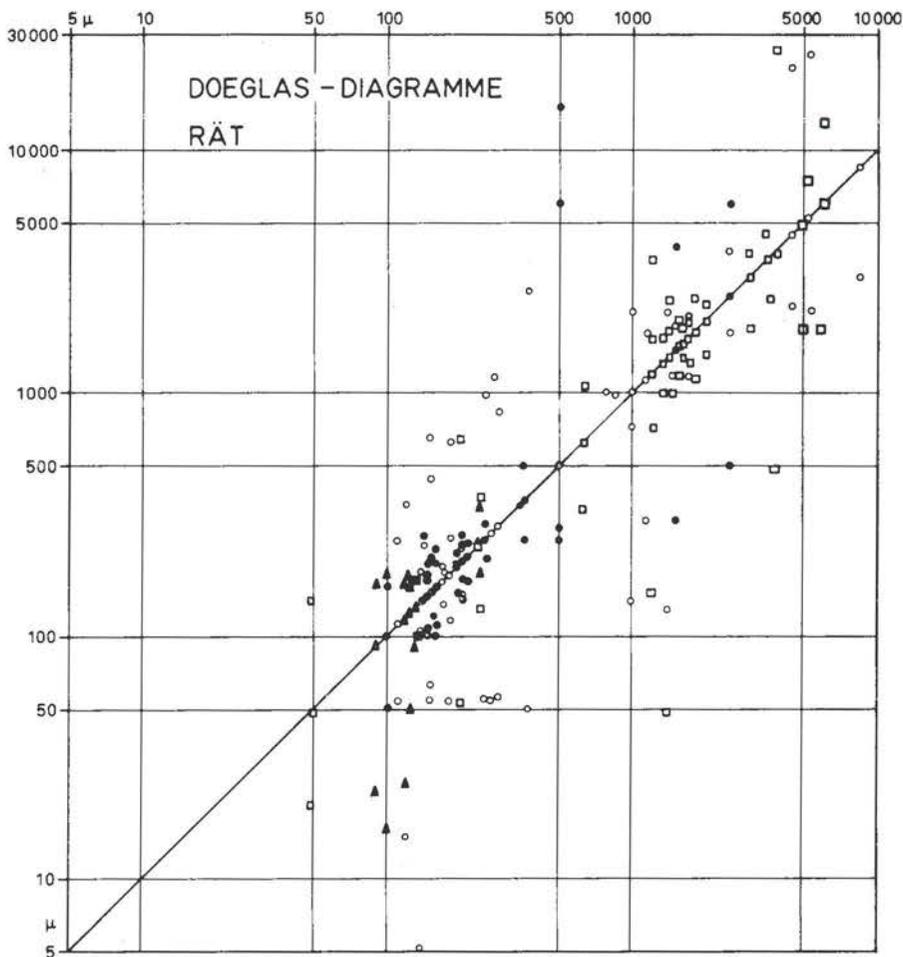


Abb. 7a: DOEGLAS-Diagramm, Rät

licherweise eine nicht repräsentative Probenzahl vorliegt, A. MULLER & P. RASCHE (op. cit., 19) kommen jedoch für 140 untersuchte Proben zu einem ähnlichen Bild. Bei I. WALZ (1971, Anlagen 19, 20) ordnen sich die rd. 200 Proben gleicherweise an.

Die stark unterschiedlichen Ablagerungsbedingungen der oberen Trias werden ab Unter-Hettangien stets einheitlicher und lassen dann in dem Diagramm 1% [Mikron] / 63 Mikron [%] eine einfache Abhängigkeit erkennen.

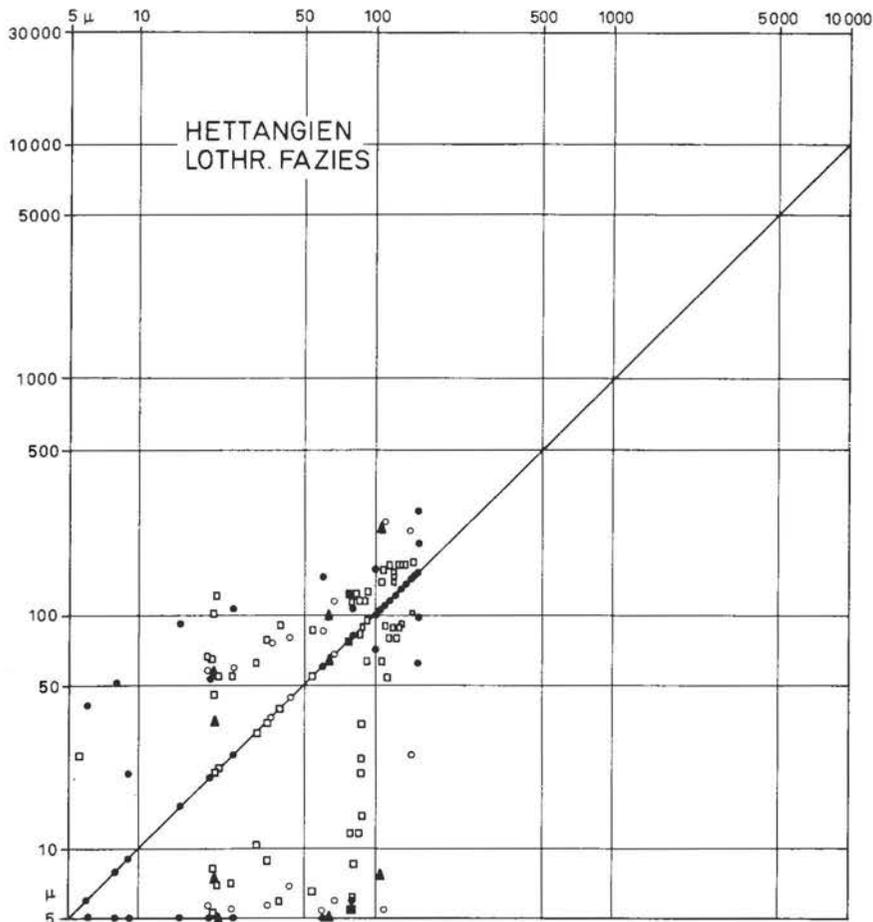


Abb. 7b: DOEGLAS-Diagramm, Hettangien, Lothringische Fazies

b) DOEGLAS-DIAGRAMME

Die granulometrische Untersuchung ergab ,daß je nach stratigraphischer Serie 30 bis 68% der untersuchten Proben sandig bis siltig sind. Von diesen Proben konnten folglich die Korngrößen der 25%-, 50%- und 75%-Durchgänge der Summenkurve ermittelt werden und die Koeffizienten der Sortierung und der Schiefe nach TRASK berechnet werden.

Die DOEGLAS-Diagramme veranschaulichen graphisch diese Kennwerte. Hierbei sind Abzisse und Ordinate in Korngrößen eingeteilt. Der Md-Wert wird stets auf der Winkelhalbierenden abgetragen und senkrecht darüber bzw. darunter Q1 und Q3.

Die Rätproben (siehe Abb. 7a) bilden zwei Punktanhäufungen

a) im Bereich des Feinkieses mit einer optimalen Sortierung für Proben mit einem Medianwert um 2000 Mikron,

b) im Bereich des Sandes mit optimaler Sortierung bei Medianwerten um 200 Mikron.

Auf diese bimodale Verteilung in den rätischen Klastika wurde wiederholt hingewiesen (A. MULLER, 1964, 280; 1970, 394). Auffallenderweise besitzen eine ganze Reihe von Proben aus E-Luxemburg eine schlechte Sortierung.

Die in lothringischer Fazies ausgebildeten Proben des Hettangien überschneiden sich im DOEGLAS-Diagramm (siehe Abb. 7b) nur geringfügig im Bereich zwischen 100 und 200 Mikron mit den rätischen Proben. Hier liegt für die Hettangiangschichten die beste Sortierung vor. Mit kleineren Medianwerten verschlechtert sich die Sortierung und die Schiefe wird eindeutig kleiner 1.

c) DIAGRAMME NACH TRASKSCHEN KENNWERTEN

DIAGRAMME S_o/S_k (siehe Abb.8)

Das Rät gibt ein schwierig zu deutendes Diagramm ab. Die Mehrzahl der Proben konzentriert sich in dem engen Feld mit guter Sortierung und einer Schiefe um 1. A. MULLER & P. RASCHE (op. cit., 17) ziehen innerhalb dieser Punktanhäufung für den wesentlich besser sortierten Luxemburger Sandstein die Grenze Schelf-Strand. Im Rät erstreckt sich zusätzlich hierzu ein weites, schwach besetztes Feld schlecht sortierter Proben sowohl in den Bereich der Schiefe kleiner als auch größer 1.

In der lothringischen Fazies des Hettangien sind es im Gegensatz dazu weniger Proben, die gut sortiert sind und eine Schiefe um 1 besitzen. Die schlechter sortierten Proben sind generell durch eine Schiefe kleiner 1 gekennzeichnet.

DIAGRAMME S_k / SILT- UND TONANTEIL

Diese Diagramme lassen enge Beziehungen zwischen den beiden Parametern erkennen. Die rätischen Proben (siehe Abb. 9a) zeigen bei geringen Silt- und Tonanteilen S_k -Werte, die größer als 1 sind. Hier sollten die im Strandbereich aufbereiteten Sedimente anzutreffen sein. Mit zunehmender Feinfraktion erreicht S_k für Silt- und Tonanteile zwischen 30 und 40% ein Minimum.

Nimmt die Feinfraktion weiter zu, so errechnet sich die Schiefe wieder zu größeren Werten, die schließlich größer 1 werden. Es wäre wichtig zu überprüfen, ob sich in diesem rechts aufsteigenden Ast fluviatile Ablagerungen abbilden.

Ein angelaufenes Untersuchungsprogramm der Quarzkornoberflächen unter dem Raster-elektronenmikroskop wird voraussichtlich hierzu Auskunft geben können.

Die Linien a liegen in einem schwach besetzten Gebiet zwischen zwei Punktanhäufungen. A. MULLER & P. RASCHE (op. cit., 19) sehen für den Luxemburger Sandstein in der Linie a die Grenze zwischen Strand (links oben) und Schelf (rechts unten).

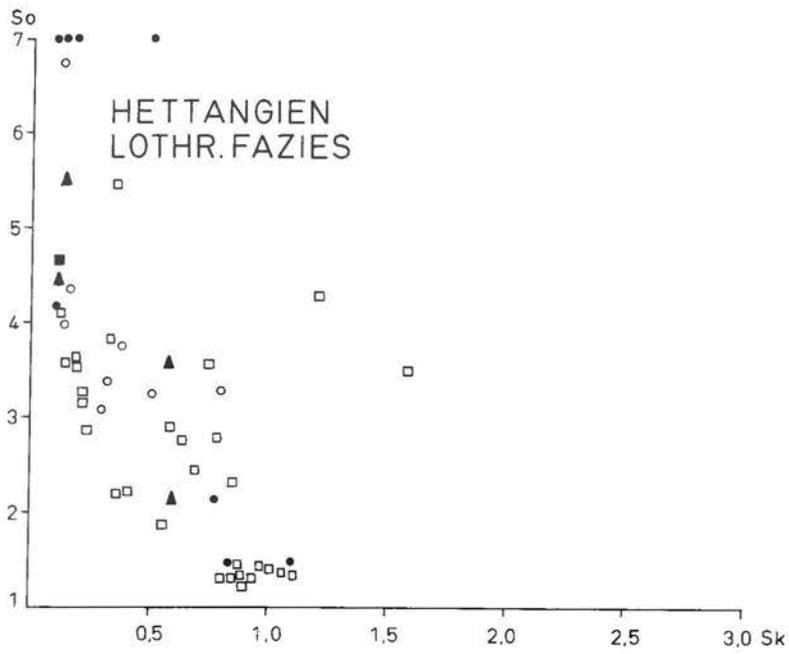


Abb. 8b: Diagramm So/Sk, Hettangien, Lothringische Fazies

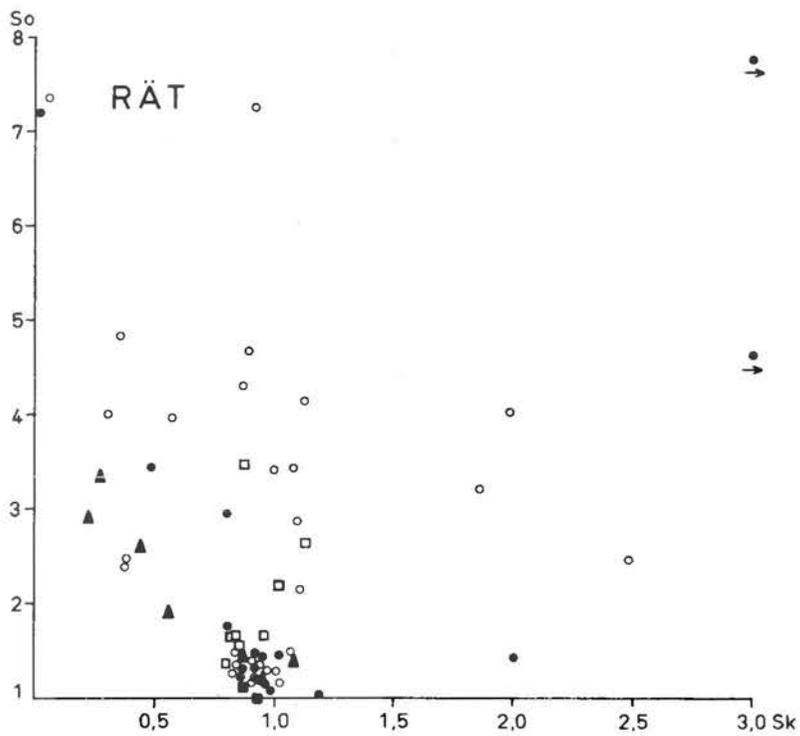


Abb. 8a: Diagramm So/Sk, Rät

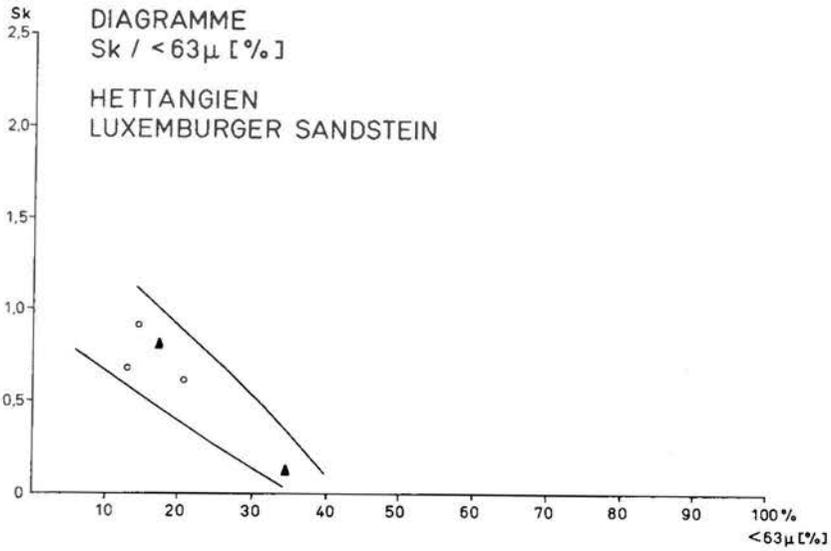


Abb. 9c:

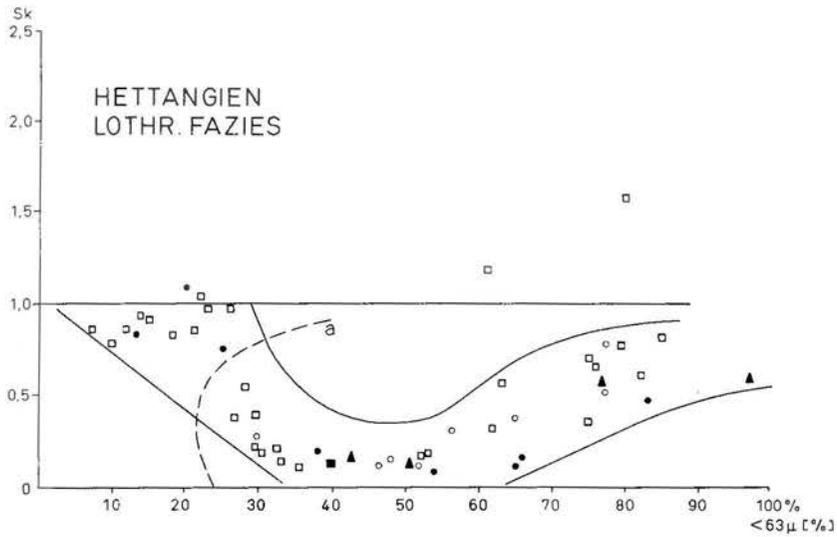


Abb. 9b:

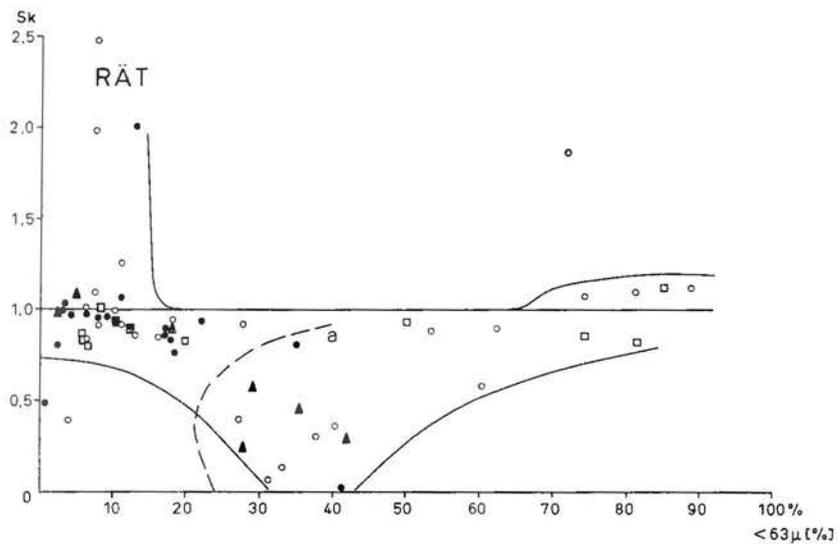


Abb. 9a:

In der lothringischen Fazies des Hettangien sind die beiden Äste dieser Kurve prägnanter ausgebildet. Der Abschnitt mit minimalen Sk-Werten reicht hier von 40 bis 60% Feinsandanteile. Sk-Werte größer 1 werden nur selten erreicht. Es ist anzunehmen, daß im Hettangien weder die Strand-, noch die terrestrischen Bedingungen in dem Ausmaß wie im Rät verwirklicht waren.

Die wenigen Proben aus dem Luxemburger Sandstein befinden sich im links aufsteigenden Feld (siehe Abb. 9c). In den Arbeiten über den Luxemburger Sandstein (A. MULLER & P. RASCHE, op. cit., I. WALZ, 1971) wurde stets festgestellt, daß der Luxemburger Sandstein nicht mehr als 30% Silt- und Tonanteile enthält und sich dieser Anteil mit höheren Sk-Werten abbaut.

2. DIE TRIAS-LIAS-GRENZSCHICHTEN:

STRATIGRAPHISCHER INHALT UND VERSUCH EINER GENETISCHEN DEUTUNG

a) DIE STEINMERGELGRUPPE

Beckenkonfiguration: Während der Ablagerungszeit der Schichten der Steinmergelgruppe griff das triadische Sedimentationsbecken, welches sich bis dahin im wesentlichen in Verlängerung der Eifeler Nord-Süd-Zone auf E-Frankreich beschränkte, in südöstliche Richtung ins Innere des gallo-ardennischen Festlandes vor.

Schichtenfolge: Am NE-Rand des Pariser Beckens wird die Schichtenfolge rd. 60 m mächtig. Die Basis-Schichten zeigen keine faziellen Merkmale, die auf die oben genannte beträchtliche Meeresextension schließen lassen. Diese ergibt sich aber eindeutig aus der Mächtigkeitsverteilung der Schichten in den Bohrungen, die anlässlich der Erdölprospektionskampagne in E-Frankreich durchgeführt wurden.

Die Gruppe schließt mit 20 m mächtigen, hellfarbigen Ablagerungen ab. Diese setzen oberhalb einer 40 cm-starken Dolomitbank — Repère Lucius — ein. Die obere Schichtenfolge ist verschiedentlich durch Aufbereitungs- und Umlagerungserscheinungen gekennzeichnet, die in dem obersten Schichtenpaket auffallend häufig sind. Der übliche, siltig-tonige Anteil der klastischen Fraktion kann hier in Fein- und Mittelsand übergehen. R. LAUGIER (1961a) hat für diese Schichten in der oberen Steinmergelgruppe den Begriff *Zone argilo-dolomitique* eingeführt. Im Profil Remich-Scheierbiertg ist diese Schichtenfolge 7 m mächtig.

Erosionserscheinungen an der Basis des Rät: Die Schichten der Zone argilo-dolomitique sind am NE-Rand des Pariser Beckens weit verbreitet. An verschiedenen Stellen können sie jedoch an der Basis des Rät nicht nachgewiesen werden. Steinmergelgerölle im basalen Rätkonglomerat sind durch die Aufbereitung liegender Schichten anlässlich der Rättransgression zu erklären. Es ist demnach naheliegend anzunehmen, daß auch die Zone argilo-dolomitique von der Rät-Transgression abgetragen werden konnte.

Alter der Zone argilo-dolomitique: Eine charakteristische Ostracodenfauna ermöglicht die Korrelation mit den *Postera*-Schichten NW-Deutschlands (WILL 1969), die altersmäßig den Sedimenten der Steinmergelgruppe entsprechen. Diese Einstufung wird auch dadurch bestätigt, daß in Luxemburg-Lothringen diese Schichten im Liegenden von *Avicula contorta* vorkommen. In der Gegend von Langres dagegen, im SE des Pariser Beckens, führen die Schichten, die in der Fazies der Zone argilo-dolomitique ausgebildet sind, *A. contorta* und sind demzufolge dort rätisch.

Ablagerungsmilieu: Das Ablagerungsmilieu der Steinmergelgruppe war marin-brackisch. In der Zone argilo-dolomitique ist die auftretende Ostracodenfauna ein Hinweis für ein limnisch-brackisches Milieu. Diese Fazies verschob sich am NE-Rand des Pariser Beckens von N nach S, d. h. von Luxemburg-Lothringen zum Plateau von Langres. Die Rättransgression setzte dementsprechend im NE früher ein als im SE. Auch diese Überlegung spricht für die Überflutung des Pariser Beckens von NE her.

b) DAS UNTERE RÄT

Beckenkonfiguration: Das NE-SW gestreckte rätische Sedimentationsbecken ähnelt in seiner Anlage durchaus jenem der Steinmergelgruppe. Durch die Überflutung der Armorikanischen Schwelle wurde im Rät die Verbindung zum englischen Becken hergestellt. Die strukturelle Anlage, die paläogeographischen Verbindungen sowie die Schüttung detritischen Materials aus NE, definieren das Pariser Becken vollends ab der unteren Rätzeit.

Schichtenfolge: Die Liegend-Grenze des unteren Rät ist nur dann eindeutig zu erfassen, wenn die Gruppe mit einer basalen Konglomeratlage beginnt, wie z. B. in Remich-Scheierbiert, Bourglinster, Junglinster oder Rébiert. Oftmals setzt sich der rätische Habitus nur allmählich durch und es ist dann entsprechend schwierig, das Rät von der Zone argilo-dolomitique abzugrenzen, wie dies in Syren, Bloëbiert, Medingen und Mont Créqui der Fall ist.

Das untere Rät zeigt in Abhängigkeit von Schwellen- und Beckengebieten eine Faziesdifferenzierung, die bewirkt, daß Konglomeraten, Sandsteinen, schwarzen Blätter-Tonen und Kalken eine eigentümliche Verbreitung zukommt.

Die NE-SW ausgerichtete Schwellenregion von Junglinster-Echternach zeichnet sich durch geringmächtige Sedimente aus. Gerölle und schwarze Tone überwiegen, während der Sandstein zurücktritt. Die aufsteigende Tendenz der Schwelle ist durch regressiven Sequenzverlauf zu belegen.

Im SE von Luxemburg (Remich-Scheierbiert z. B.), sowie im NW des Landes (Schwebach, Kapweiler) sind die Sandsteine relativ mächtig entwickelt (rd. 10 m) und können durch vier Geröllagen untergliedert werden. Die Sequenzen sind hier eindeutig transgressiv ausgebildet.

Die schwarzen Tone sind stets anzutreffen. Besonders mächtig sind sie entwickelt in Dalheim und Remerschen zwischen der dritten und der abschließenden Geröllage, sowie im Profil Rébiert im mittleren Abschnitt des unteren Rät.

Kalkiges Bindemittel ist für die jüngsten unterrätischen Schichten der Profile Remich und Loevelange charakteristisch. In der Bohrung Rébiert wurden in den Proben 30.115 und 30.117 jeweils rd. 70% HCl-lösliche Anteile bestimmt.

Alter der unterrätischen Schichten: Das lithologisch ausgeschiedene untere Rät im NE des Pariser Beckens ist durch *Avicula contorta* zu datieren. Jüngeres Alter ist anhand von Fossilien nicht nachzuweisen.

Milieu: Das marine Milieu des unteren Rät ergibt sich aus dem Vorkommen der erwähnten Muscheln. Zahlreiche Vertebratenreste, sowie Ophiurenfunde in Lothringen (R. LAUGIER, 1961 b) erhärten diese Zuordnung. Die Schichtungstexturen sind jene eines stark durchbewegten Flachmeeres.

c) DAS OBERE RÄT

Beckenkonfiguration: Die Mergel von Levallois lassen sich am Ostrand des Pariser Beckens von Luxemburg durch Lothringen bis in die Franche-Comté in gleichbleibender Fazies verfolgen. Über die Ausdehnung des Beckens und die Mächtigkeitsverteilung im Becken liegen nur wenige genaue Informationen vor. Den Mergeln von Levallois kommt aber sicherlich eine geringere, horizontale Verbreitung als den unterrätischen Schichten zu.

Schichtenfolge: Das obere Rät ist allgemein als positive Sequenz ausgebildet. Diese setzt im Gebiet Junglinster sogar mit Geröllen ein. Höher folgen generell graue Mergel. Im jüngeren Profilabschnitt liegen die typischen roten, kalkigen Tone vor. Die Mächtigkeit der Mergel von Levallois beträgt in Luxemburg zwischen 2 und 3 m, kann aber wie in der Gegend der Bohrungen Bloëbiërg und Mont Créqui auf 8 m ansteigen. Das obere Rät der Bohrung Rébiërg weicht mit seiner geringen Mächtigkeit von 0,70 m und seiner lithologischen Ausbildung als dunkelgraue Tone von der üblichen Fazies ab.

Ablagerungsmilieu: Ein kontinentales Bildungsmilieu für die Mergel von Levallois, so wie M. LUCIUS (1952, 194) es vertreten hat, ist nach den neueren Untersuchungen nicht sehr wahrscheinlich. P. L. MAUBEUGE (1962, 82) hat ein lagunäres Milieu mit marinen Einflüssen geltend gemacht. Das obere Rät fügt sich folgerichtig in eine positive Sequenz nach A. LOMBARD ein. Es besitzt zumindest lagunären Charakter. Das spärliche Auftreten der Mikrofauna läßt sich möglicherweise durch schnelle Sedimentation in einem marinen Milieu erklären.

Alter der Mergel von Levallois: Die seltenen Foraminiferen und Ostracoden des lithologischen oberen Rät besitzen liassischen Einschlag. Zusätzliche faunistische Altersangaben liegen nicht vor. Die Mergel von Levallois könnten demnach das obere alpine Rät²⁾ vertreten oder sie bilden die ersten spärlich datierten Ablagerungen des Hettangien. Wir werden weiter unten näher auf diese Möglichkeit eingehen.

d) DAS HETTANGIEN

Beckenkonfiguration: Wie zur Ablagerungszeit der Steinmergelgruppe und des Räts sind die Linien gleicher Sedimentmächtigkeiten im NE des Pariser Beckens NE-SW ausgerichtet. Hier liegen für das Hettangien die größten Sedimentmächtigkeiten des gesamten Beckens vor. Diese Tatsache ist auf die umfangreiche Zufuhr detritischen Materials aus der Eifeler Nord-Süd-Zone, zum andern auf die anhaltende Subsidenz dieses Gebietes zurückzuführen.

Datierung der Schichtenfolge: In den nordöstlichen Randgebieten des Pariser Beckens sind die Zonen des unteren, mittleren und oberen Hettangien durch Ammoniten zu belegen. Wir haben darauf hingewiesen, daß an der Basis des Hettangien in Luxemburg und in Lothringen in geringmächtigen, dünnplattigen Kalken hauptsächlich *Ps. psilonotum* gefunden wird und nicht die etwas ältere englische Form *Ps. planorbis*. Auch treten *Ps. psilonotum* und *Ps. plicatulum* im gleichen Niveau auf. Beides deutet auf eine Schichtkondensation an der Basis des Hettangien hin. Das Auftreten der liassischen Mikrofauna in den Mergeln von Levallois macht es nicht

²⁾ Nach brieflicher Mitteilung stellt M. URLICHS in Frage, ob es Rät überhaupt gibt. Eine Untergliederung in Unter-, Mittel- und Oberrät ist nach ihm in den Alpen auf jeden Fall unmöglich.

abwegig zu überlegen, ob die chronostratigraphische Grenze Rät-Hettangien nicht innerhalb der Mergel von Levallois zu suchen ist. Die hierzu vorliegenden Indizien sind bislang nicht ausreichend, um sich schlüssig zu dieser Frage zu äußern.

Faziesdifferenzierung im Hettangien: Das Hettangien der nordöstlichen Randgebiete des Pariser Beckens besteht aus einer liegenden Serie in lothringischer Fazies — Mergel und mergelige Kalksteine — und aus einer hangenden Serie, die in der Fazies des Luxemburger Sandsteins ausgebildet ist.

Die lothringische Fazies des Hettangien: Ein stark sandiger Anteil in den Schichten der *Planorbis*-Zone, von H. JOLY (1908, 125) aus der Gegend von Muno am Ardennenrand beschrieben, ist generell in ganz Luxemburg anzutreffen. Die Mächtigkeit der lothringischen Fazies beträgt in Kapweiler 25 m und in der Bohrung Rébierg 34 m. Entsprechend große Mächtigkeiten liegen auch in der Bohrung Mont Créqui - F 5 vor, wo die Schichtenfolge von der Basis bis ins mittlere Hettangien schon 28 m ausmacht. Die außergewöhnlich starken Mächtigkeiten für die in lothringischer Fazies ausgebildeten Schichten fallen sowohl nach W als nach S ab (vergleiche Abb. 10); sie belegen schon ab Unter- und Mittel-Hettangien die Sonderstellung des NE-Sektors im Pariser Becken.

Die Entwicklung zum Luxemburger Sandstein: Die Mergel-Kalk-Sequenzen des lothringischen Hettangien zeigen häufig transgressiven Charakter, indem sie mit Feinsandanreicherungen einsetzen. Im Verlauf des Hettangien steigert sich diese klastische Zufuhr zu Beginn der Sequenzen und findet ihren Höhepunkt in der Schüttung des Luxemburger Sandsteins. Dieser lagert den älteren Bildungen also keineswegs mit einer Erosionsfläche auf, sondern entwickelt sich allmählich aus der lothringischen Fazies. Es kommt an der Basis des Sandsteins nicht zum Ausfall von einzelnen Schichtgliedern.

Heterochronie der Basis des Luxemburger Sandsteins: Im Profil Bous-Dalheim tritt der Luxemburger Sandstein in der tiefsten *Angulata*-Zone, wenn nicht schon im mittleren Hettangien auf. Generell nimmt man an, daß in der Umgebung der Stadt Luxemburg die unteren Grenzen des Luxemburger Sandsteins und der *Angulata*-Zone zusammenfallen. Im NW von Luxemburg setzt der Sandstein aber erst 5 m oberhalb der ersten Schlotheimien ein, die also noch in Schichten lothringischer Faziesausbildung gefunden wurden. In der Bohrung Rébierg treten mehrere Schlotheimien sogar rd. 20 m unterhalb des Luxemburger Sandsteins auf.

Hieraus ergibt sich, daß die liegende Grenze des Luxemburger Sandsteins, genauso wie seine hangende Grenze, heterochron ist. Im NW von Luxemburg reicht die lothringische Fazies in höhere Schichten des Hettangien hinein als im SE, westlich der Linie Ellange-Emerange. Die Schüttung des Luxemburger Sandsteins verlagerte sich auch für seine Basis von SE nach NW in jeweils jüngere Schichten.

A. MULLER & P. RASCHE (1971) haben im Luxemburger Sandstein positive und negative Sequenzen durch allmähliche Kornverfeinerung bzw. Kornvergrößerung nachweisen können. Sie entstanden durch alternierendes Senken und Heben des Sedimentationsbeckens, wobei sich im Ablagerungsmilieu entsprechend mehr schelf- oder mehr strandähnliche Bedingungen einstellten. Im Prinzip wird im Verlauf einer positiven Sequenz die Sortierung allmählich schlechter, und die Schiefe entwickelt sich von Werten größer eins zu Werten kleiner eins.

Der Abschluß des Luxemburger Sandsteins wird oft durch eine Omissionsfläche gebildet, die sogenannte « surface taraudée » der lothringisch-luxemburgischen Geologen. Oberhalb setzt die lothringische Fazies wieder ein; es kommt zur Ablagerung der Mergel und Kalke von Straßen, die ins Sinémurien gehören.

3. DER NE-RAND DES PARISER BECKENS, SEINE STELLUNG IN DER NW-EUROPAISCHEN LIAS-PROVINZ

« Le Trias du bassin de Paris n'est connu que par les sondages pétroliers, dont toutes les données n'ont pas encore été publiées. Aucun argument décisif ne permet malheureusement de dater les assises transgressives, totalement azoïques... Les arguments lithologiques sont d'un faible poids stratigraphique mais tendent à suggérer un déplacement de la subsidence d'E en W au cours du Keuper, de la Lorraine vers le bassin de Paris. Ce dernier s'est donc individualisé au Keuper et principalement au Keuper supérieur » (L. COUREL, 1970, 311).

Die Ergebnisse der hier durchgeführten Faziesanalyse stimmen mit der obigen Aussage überein. Das triadische Sedimentationsbecken war bis in den mittleren Keuper am E-Rand des gallo-ardennischen Festlandes auf die Eifeler Nord-Süd-Zone und auf seine südliche Fortsetzung beschränkt. In diesem Becken erfolgen ab mittleren Buntsandstein mit dem Vogesensandstein die ersten fluviatilen Ablagerungen. Mit der Schüttung des Voltziensandsteins im oberen Buntsandstein wurde das Gebiet mariner Ablagerungsraum.

Die in diesem Gebiet entstandenen Trias-Schichten lassen sich in gleichbleibender Ausbildung weit nach Norden und nach Süden verfolgen. Sie belegen die durchaus ähnlichen Faziesbedingungen in den Randmeeren der Tethys. Nach Westen aber, am Rand des gallo-ardennischen Festlandes, geht diese Fazies über nur wenige km in grobklastische Littoralis sedimente über. Generell greifen diese Geröllzonen in den jüngeren stratigraphischen Abteilungen jeweils weiter nach Westen auf das Festland vor. Diese Strandfazies wurde allerdings in der Steinmergelgruppe nicht mehr ausgebildet. Die Küstennähe wirkte sich nur in der Reduktion der Schichtenmächtigkeit aus. Das Festland war wahrscheinlich weitgehend eingeebnet; das marinbrackische Sedimentationsbecken war von geringer Wassertiefe. So läßt es sich erklären, daß die Extension des Meeres an der Basis der Steinmergelgruppe nicht durch Sandzufuhr in der Faziesanalyse zu erfassen war.

In der oberen Steinmergelgruppe belebten epirogenetische Bewegungen das Relief des Festlandes. Im Sedimentationsbecken erodierten episodische Ströme z. T. mit Sandfracht, Rinnen, deren Böschungen nachstürzten. Eine typische Ostracodenfauna datiert diese Vorgänge als prä-rätisch und gibt dem Milieu limnisch-brackischen Charakter.

Im Rät setzen sich die Hebungen des Festlandes im N und NE fort. In die seit der Steinmergelkeuper-Zeit benutzten Strukturen des gallischen Festlandes drang das Meer von NE nach SW vor. Dort, wo die Eifeler Nord-Süd-Zone den E-Rand dieses Beckens berührte, dehnte sich im Rät ein durch Schwellen gegliedertes Flachmeer aus. Im Hettangien lagerten sich hier die durch die Eifeler N-S-Zone zugeführten Schuttmassen, insbesondere der Luxemburger Sandstein ab.

Aus der Reduktion der Schichtenmächtigkeiten nach Süden ergibt sich, daß das detritische Material nur in verschwindendem Ausmaß weiter in dieser Richtung verfrachtet wurde. So fällt die Mächtigkeit für die gleichen, nachgewiesenen Zonen des Hettangien von mehr als 100 m in Luxemburg auf 0,5 m bei Torcenay auf dem Plateau von Langres.

BURGUND

In B u r g u n d , in südlicher Fortsetzung des Pariser Beckens, ist das Hettangien ebenfalls geringmächtig entwickelt. Im Aufschluß V i c s / s T h i l l lagert das 7 m mächtige Hettangien unmittelbar dem kristallinen Sockel auf. R. MOUTERDE (1953, 225) konnte durch Ammonitenfunde — *Schlotbeimia cf. extranodosa* und *Coroniceras rotiforme* — die Grenze Hettangien/Sinémurien einengen. Sie fällt mit einer ausgeprägten Erosionsfläche zusammen.

Das Profil gliedert sich nach J. GAUTHIER (1962, 58-60) von oben nach unten in:

3. obere Kalksteine	: 0,49 m
2. Wechsellagerung von Mergeln und mergeligen Kalksteinen	: 3,37 m
1. Muschelschillagen	: 3,32 m

Nur in den unteren drei Metern ist die Sandzufuhr beachtlich gewesen. Sie nimmt vom Liegenden, mit maximal 40%, zum Hangenden hin ab und macht dann ungefähr 1% von dem HCl-unlöslichen Rückstand aus.

Im Aufschluß P o n t d e C h e v i g n y , nördlich von Semur, (J. GAUTHIER, op. cit., 30-32) setzt das Hettangien gleichfalls über dem granitischen Sockel mit Muschelschillagen ein. Diese werden hier 1.09 m mächtig.

Die Mergel mit eingeschalteten Kalkbänken sind über 5 m aufgeschlossen. Die Grenze zum Sinémurien ist dagegen nicht zu erfassen. Auch in dieser Schichtenfolge beschränkte sich die Sandzufuhr auf die Muschelschillagen, d. h. auf den unteren Meter der Ablagerungen.

J. GAUTHIER (op. cit., 53) schildert das Hettangien-Meer am Rande des Morvans als sehr flach und intensiv durchbewegt. Für die Zufuhr detritischen Materials macht er eine lokale Herkunft geltend; sie wurde auf dem Festland durch klimatische Einflüsse gesteuert.

Das burgundische Hettangien, welches sich am Rande des festländischen französischen Zentral-Massives ablagerte, wirft für die nordöstlichen Randbereiche des Pariser Beckens, die sich am Ardennen-Festland in einer vergleichbaren paläogeographischen Lage befanden, die doppelte Frage nach dem Ursprung des umfangreichen detritischen Materials und nach der Ursache seiner Ablagerung in Luxemburg-Lothringen auf.

Aus der Mächtigkeitsverteilung der Schichten im NE des Pariser Beckens muß man wohl auf eine Sediment-Zufuhr aus der Eifeler N-S-Zone schließen. M. LUCIUS (vergleiche S. 20) ist darüber hinaus der konsequente Verfechter einer Verbindung mittels der Eifeler N-S-Zone zwischen dem Pariser Becken und der Niederrheinischen Bucht. Versuche, das stratigraphische Geschehen am NE-Rand des Pariser Beckens zu erklären, müssen demnach auf die Verhältnisse in der Niederrheinischen Bucht eingehen.

NIEDERRHEINISCHE BUCHT

In der Niederrheinischen Bucht ist Lias nur vom Nordostrand — im deutsch-holländischen Grenzgebiet — bekannt. Ein kleines Unterlias-Vorkommen wurde auch am Südweststrand bei Drove unweit Düren entdeckt. Im Raum von Bislich wurde schon um die Jahrhundertwende in einigen Kohle- und Salzbohrungen Lias durchsunken. Die Bohrtätigkeit setzte im Jahre 1950 wieder ein. K. HOFFMANN (1962, 105-184) hat die in diesem Raum verfügbaren Informationen zu einer umfassenden stratigraphischen Analyse verarbeitet.

Demnach ist das Standardprofil des Hettangien folgendermaßen aufzustellen:

Alle neueren Bohrungen haben im Liegenden des Lias das Oberrät angetroffen:

Bunte — grünliche und rotbraune — Tonmergelsteine mit eingelagerten z. T. kreuzgeschichteten sandigen Lagen stehen in ihrer Faziesausbildung den Mergeln von Levallois des Pariser Beckens nahe.

Das Hettangien ist in tonig-mergeliger Fazies entwickelt. Kleinzyklen der Folge:

Kalkstein
Mergelstein
Bituminöser Mergelstein
Mergelstein
Kalkstein

sind wiederholt nachzuweisen.

Unteres und mittleres Hettangien.

In den Bohrungen Bislich 1/56 und Bislich 5/57 zeigt diese Schichtenfolge eine sehr geringe Mächtigkeit (1,8-2,0 m), erwies sich aber als äußerst fossilreich. Durch zahlreiche Ammonitenfunde konnten alle Subzonen W. LANGE's nachgewiesen werden.

Das untere Hettangien beginnt mit dunkelgrauen, schluffig bis feinsandigen, bituminösen und schillreichen, gut geschichteten marinen Mergelsteinen. Diese sind ca. 0,12 m mächtig und enthalten zutiefst nur Weischaler. K. HOFFMANN (op. cit., 112-113) bringt diese Schichten mit den wesentlich mächtigeren Tonen des NW-Deutschen Liasbeckens in Verbindung. Diese führen dort eine sehr bezeichnende Lamellibranchiatenfauna mit *Pleuromya tatei* und werden, ähnlich wie in England, als *Pleuromya tatei*-Zone oder als Präplanorbis-Schichten an die Basis des Hettangien gestellt.

Die oben genannten Mergelsteine führen oberhalb der Lamellibranchiaten die ersten Ammoniten der Gattung *Neophyllites*. Die Gattung *Neophyllites* W. LANGE 1941 wurde erstmalig aufgrund der reichen Ammonitenfunde in einer Kalkbank nicht ganz sicherer Stellung aus der schon erwähnten alten Brunnenbohrung von Drove bei Düren begründet. Die Bohrungen Bislich 1/56 und 5/57 erwiesen, daß die eigentliche *Antecedens*-Subzone unterhalb der *Pylonotum*-Subzone liegt (K. HOFFMANN, op. cit., 112). Bei Bislich scheint *Neophyllites* sich auf die *Antecedens*-Subzone zu beschränken.

In beiden Bohrungen Bislich 1/56 und 5/57 ist die *Pylonotum*-Subzone etwa 0,4 m mächtig und besteht im wesentlichen aus feinschichtigen, bituminösen Mergelsteinen, die an der Basis

S a n d führen. Die Bohrung Bislich 5/57 durchteufte die *Johnstoni*-, *Portlocki*- und *Liasicus*-Zonen über insgesamt rd. 2 m.

Oberes Hettangien

Am Niederrhein unterscheidet sich die fazielle Ausbildung des oberen Hettangien kaum von jener des unteren und mittleren Hettangien. Ton- bis Mergelsteine, feinschichtige bituminöse Mergelsteine und eingelagerte detritogene, mitunter auch etwas s a n d i g e Kalkmergelsteinbänke setzen die Schichtenfolge zusammen. Die Mächtigkeit der *Angulata*-Zone s. str. kann in der Bohrung Bislich 5/57 auf 40 - 50 m geschätzt werden (K. HOFFMANN, op. cit., 118).

Nach Osten nimmt die Mächtigkeit des gesamten Hettangien ab. Nach Mikroproben aus Spültgut zu urteilen, sinkt dieser Wert auf rd. 20 m (Bohrung Borkenwirthe). Von Bislich aus schwillt die Mächtigkeit des Unterlias dagegen in nordwestlicher Richtung erheblich an.

Nach K. HOFFMANN (op. cit., 153) kam das Meer zu Beginn der Lias-Zeit von Nordwesten und überflutete weite Gebiete Nordwest-Deutschlands. Das detritische Material der Lias-Sediment der Niederrheinischen Bucht wurde hauptsächlich an der R h e i n i s c h e n M a s s e abgetragen.

In der Niederrheinischen Bucht ist die Basis des Hettangien durch Ammonitenfunde früher zu erfassen als im Pariser Becken. Die Umweltbedingungen, die das Auftreten von Ammoniten voraussetzten, stellten sich im Untersuchungsgebiet folglich später ein. Es liegt nahe anzunehmen, daß das Meer, von Norden weiter fortschreitend, durch die Eifeler N-S-Zone ins Pariser Becken eindrang. Diese Transgression erfolgte an der Basis der *Psilonotum*-Zone, die in beiden Gebieten durch das Auftreten von basalen Sanden charakterisiert ist. Oberhalb der *Psilonotum*-Zone war die Sedimentationsrate der Ablagerungen in lothringischer Fazies für Luxemburg-Lothringen um ein vielfaches größer als in der Niederrheinischen Bucht, wo sich erst im oberen Hettangien erhebliche Schichtenmächtigkeiten in lothringischer Fazies nachweisen lassen. Diese Ablagerungen sind aber wesensverschieden vom Luxemburger Sandstein. Vor allem da sie feinkörniger sind, ist es schwierig, sich einen Transit-Transport der Sande durch das Becken der Niederrheinischen Bucht vorzustellen.

SÜDDEUTSCHER RAUM

Die «pfälzische Depression» (R. SCHOENENBERG, 1964) vermittelte während der T r i a s-Zeit zwischen dem lothringischen und dem s ü d d e u t s c h e n R a u m. R. LAUGIER (1964, 89) bezeichnet diesen Verbindungsweg während des Räts als «Synclinal von Sarreguemines». Diese Senke befindet sich s ü d l i c h des Saarbrückener Hauptsattels. In den L i a s-Schichten Luxemburgs werfen zumindest drei Eigentümlichkeiten die Frage nach der Fortsetzung des Sedimentationsraumes nach E und SE auf:

1) In der Gegend von Thionville (siehe Abb. 1) steigt die Mächtigkeit der Lotharingenschichten, die in Lothringen zwischen 20 und 40 m schwankt, in einer relativ schmalen W-E-Zone auf über 60 m an. Das Lotharingien behält diese Mächtigkeit bis zu seinem östlichen Erosionsrand (O. HORON, 1961).

2) Im unteren Lias von Luxemburg treten zahlreiche Karbonsporen auf (H. HAGEMANN, 1967). Es liegt nahe, die entsprechenden Abtragungsschichten im saarländisch-lothringischen Karbon zu suchen.

3) In der Schichtenbeschreibung des Lotharingen von Luxemburg fallen wiederholt Ähnlichkeiten mit der Faziesausbildung in der Langenbrückener Senke auf, die aus Zentral-Lothringen nicht beschrieben sind.

Eine Verbindung zwischen Luxemburg und der Langenbrückener Senke durch die « Depression von Thionville », die südlich des Hunsrücks aber n ö r d l i c h des Saarbrückener Sattels verlief, bringt die drei oben erwähnten Fakten im Lotharingen ursächlich in Zusammenhang (A. MULLER, 1967, 100).

Die Metzter Störung könnte die Südbegrenzung einer derartigen Meeresstraße bilden. Sie stellt nämlich eine Strukturlinie dar, die schon vor der Entstehung des Saarbeckens eine größere Schollengrenze markierte. Bei allen bedeutenden geologischen Vorgängen des Raumes spielte diese Störungszone die Rolle eines maßgeblichen Strukturelementes (G. KNEUPER, 1971, 146).

In der Langenbrückener Senke liegt das geringmächtige Hettangien in lothringischer Fazies vor. Das Profil Rettigheim (K. HOFFMANN, 1965, 116) gliedert sich folgendermaßen:

0,15 m	Kalkbank mit <i>Proarietites</i>
0,20 m	Tonstein und Mergelstein, grau
0,35 m	Kalkbank, blaugrau mit sehr unebener Unterseite, fossilreich. <i>Saxoceras spp.</i> , Lamellibranchiaten usw.
0,10 m	Mergelstein, etwas sandig, Bruchschill
0,10 m	Kalkstein, blaugrau mit Proarieten
0,75 m	Mergel- und Tonstein mit Bruchschillagen, <i>Plesiosaurus</i>
0,20 m	Kalkbank, horizontal rasch in Mergelstein übergehend (Kalklinsen), viele Zweischaler, selten <i>Psilophyllites hagenowi</i> (DUNK.)
0,73 m	Tonsteine und Mergelsteine
0,46 m	Kalkbank, unten deutlich geschichtete Bruchschillage mit viel Pyrit und Limonit, flachgedrückte <i>Caloceras sp.</i> , Fisch- und Saurierreste; in der Kalkbank häufig <i>Caloceras torus</i> (d'ORB.) mit z. T. phosphoritischer Kammerfüllung
Schichtlücke	
	(<i>Psiloceras psilonotum</i> (Qu.) fehlt)
2.00 m	gelbliche, hellblaue und braungefleckte plastische Tone, fossilleer (Oberrät)

Diese Beobachtungen werden durch neuere Untersuchungen bestätigt: (Herrn Dr. Karl Hoffmann bin ich für das Überlassen der folgenden unveröffentlichten Mitteilungen zu Dank verpflichtet.)

a) Das Hettangien des nördlichen Oberrheingebietes zeigt die gleiche biostratigraphische Gliederung wie in Nordwestdeutschland (W. LANGE, 1941).

b) Die *Psilonotum*-Subzone fehlt im Untersuchungsgebiet. Unmittelbar über den Tonen des Oberrät liegt eine ziemlich mächtige, oft durch ein schwach mergeliges Zwischenmittel unterteilte Kalkbank, die unten deutlich Aufarbeitungserscheinungen, wie Gerölle, Fisch- und Saurierreste zeigt.

c) Die Subzone des *Psilophyllites hagenowi* (DUNKER) ist in der ersten Kalkbank über der *Torus*-Bank in der Langenbrückener Senke und bei Siebeldingen durch die Leitform belegt.

d) Aus den Subzonen der Saxoceraten und Proarieten liegt ebenfalls reiches noch nicht bearbeitetes Ammonitenmaterial von beiden Fundpunkten vor.

e) Das untere Hettangien ist nördlich von Karlsruhe ungefähr 3-4 m mächtig und enthält 6-7 Kalkbänke.

Falls die Schichten der *Pylonotum*-Subzone in der Langenbrückener Senke nicht abgelagert wurden, ist eine Verbindung zwischen Luxemburg und Süddeutschland durch die oben genannte Depression von Thionville im unteren Hettangien auszuschließen. Das Fehlen der *Pylonotum*-Zone kann jedoch ebenso gut auf eine nachträgliche Erosion zurückgeführt werden. In diesem Falle wäre es möglich, daß das Hettangien-See mit seiner Sandfracht von E durch die Depression von Thionville ins Pariser Becken vorgedrungen ist. Dies wäre jedoch erstaunlich, da in der Schichtenfolge der Bohrung Mingolsheim (1968) außer der Sandführung im O. Lotharingen kein anderer Schichtbereich im ganzen Lias auch nur eine Andeutung sandiger Partien zeigt (M. HETTICH, 1970, 64).

Bis auf weiteres ist deshalb anzunehmen, daß die Sedimentmassen, die sich im NE des Pariser Beckens sowohl in lothringischer Fazies als auch in jener des Luxemburger Sandsteins abgelagerten, ihren Ursprung auf der Ardenno-Rheinischen Masse hatten.

DORSET - KÜSTE

Ein letzter Vergleich bezieht sich auf das südwestenglische Lias-Becken (Dorset-Küste), welches über die armorikanische Schwelle mit dem Pariser Becken verbunden war.

In Dorset schließt das Rät mit dem White Lias ab. Es handelt sich hierbei um 8 m mächtige, weiße, feinkörnige Kalksteine. Zahlreiche Sedimentstrukturen in diesen Ablagerungen deuten auf eine Entstehung in extrem flachen Wasser hin. So sind Umlagerungs- und Rutscherscheinungen, Trockenrisse und Priele häufig anzutreffen (A. HALLAM, 1960). Unter den seltenen Fossilien ist *Liostrea hisingeri* zu nennen. Der Top der Serie bildet eine prägnante, angebohrte Erosionsfläche (=Nicht-Sequenz im englischen Sprachgebrauch).

Oberhalb dieser Schichtenlücke setzt der Blue Lias ein. Die 29 m mächtige Schichtenfolge umfaßt das Hettangien und Teile des Sinémurien.

An der Basis liegen 4 m Prä-Planorbis- oder Ostrea-Schichten. Sie enthalten keine Ammoniten, wohl tritt aber noch *Liostrea hisingeri* auf. Da D. T. DONOVAN (1956) nachweisen konnte, daß in Großbritannien die untersten Ammoniten-führenden Schichten nicht zeitgleich sein müssen, stellt man mangels genauerer Altersangaben die Prä-Planorbis Schichten an die Basis der Planorbis-Zone. In den jüngeren Ablagerungen belegen Leitfossilien die Planorbis-, *Johnstoni*, *Portlocki*-, *Angulata*-, *Bucklandi*- und Teile der *Semicostatium*-Zonen.

Nach A. HALLAM (1964) bildeten sich die äußerst klar gegliederten Sequenzen des Blue Lias in einem schwach energetischen Milieu, in dem periodisch an der Sedimentoberfläche anaerobe Bedingungen auftraten. Im Becken lagerten sich im wesentlichen Calcitkörner und zugeführtes detritisches Material ab. Dabei war die Kalksedimentation in erster Hinsicht an flaches Wasser gebunden; aber auch in tieferer See bildeten sich kalkreichere Sedimente, wenn die Anlieferung detritischen Materials nachließ.

Die Wechsellagerung von mehr und weniger kalkreichen Lagen in der Schichtenfolge führt A. HALLAM (1964, 168) hauptsächlich auf unterschiedliche Meerestiefen zurück und mißt klimatischen Veränderungen eine untergeordnete Bedeutung zu. Diagenetische Mobilisation von

CaCO₃ in den Tonen und Mergeln und die Anlagerung an schon primär kalkreichere Zonen verstärkt die ursprünglichen Unterschiede in der Schichtenfolge.

Zwischen White Lias und der Zone argilo-dolomitique fallen, trotz der unterschiedlichen stratigraphischen Stellung, die analogen Faziesbedingungen auf.

Die Sedimente, die in Luxemburg dem Blue Lias entsprechen, sind mindestens ebenso mächtig entwickelt, wie jene an der Dorset-Küste. Zu den bislang erwähnten Werten sind nämlich jeweils wenigstens 8 m Sinémurien-Schichten hinzuzurechnen.

Bemerkenswert ist der Sequenzaufbau, der in vergleichbarer Ausbildung in sämtlichen erwähnten Becken angetroffen wurde. Am NE-Rand des Pariser Beckens mag der Sedimentationsmechanismus durch Meeresspiegelschwankungen gesteuert worden sein. Diese kann man sich als Auswirkung tektonischer Bewegungen der Ardenno-Rheinischen Masse vorstellen. Nachweislich wurde in diesem Gebiet der Sequenzablauf jedoch auch von der Verteilung der Meeresströmungen beeinflusst (A. MULLER, 1967, 76-78).

Zusammenfassend lassen sich die Lagerungsverhältnisse am NE-Rand des Pariser Beckens aus der Abbildung 10 entnehmen. Sie zeigt einen geologischen Schnitt durch den NE-Rand des Pariser Beckens. Die Profilinie verläuft in Französisch-Lothringen Nord-Süd, in Luxemburg NE-SW, d. h. quer zur Schüttungsrichtung der liassischen Sedimente, und in Belgisch-Lothringen Ost-West und schneidet die Auflagerung der mesozoischen Sedimente am Ardennen-Festland. Die in der vorliegenden Arbeit erwähnten Aufschlüsse liegen auf dieser Profilinie oder sind auf sie projiziert worden.

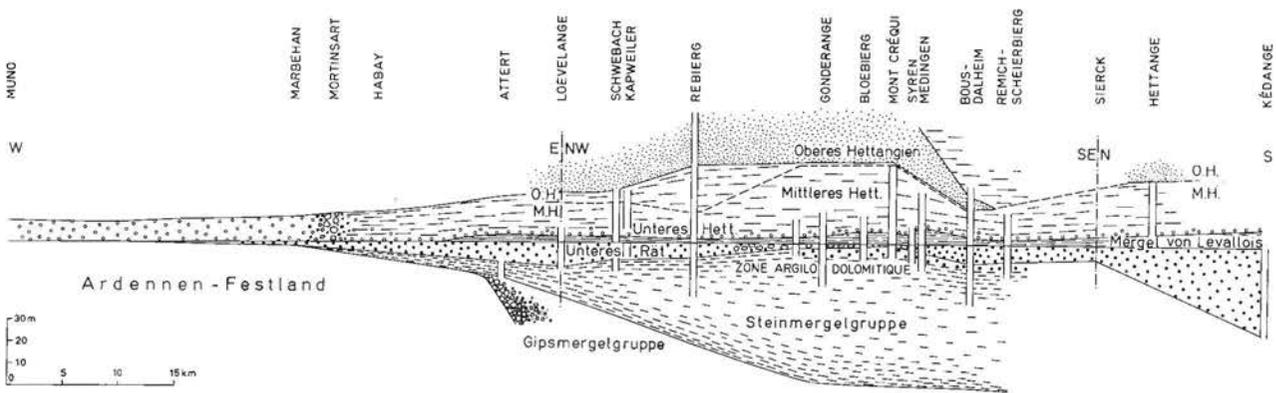


Abb. 10: Geologisches Profil durch den NE des Pariser Beckens

Der Profildarstellung ist zu entnehmen:

1. In der Gipsmergelgruppe der oberen Trias ist am Ardennen-Festland eine grobe Küstenfazies nachzuweisen.
2. Die Schichten der Steinmergelgruppe, des Rät und des Hettangien greifen jeweils weiter nach Westen auf die Ardennen vor, es liegen jedoch keine grobklastischen Litoralsedimente mehr vor, wie dies in der Trias üblich ist.

3. In unteren Rät Luxemburgs nehmen nordwestlich und südöstlich der Schwelle von Junglinster-Echternach die Sedimentmächtigkeiten zu, ohne allerdings jene von Kédange zu erreichen.

4. Die Mergel von Levallois reichen weniger weit nach Westen als die unterrätischen Schichten.

5. Die datierten Ablagerungen der *Planorbis*-Zone beginnen mit basalen Sanden. Am Ardennenrand sind die Schichten insgesamt sandig und stellenweise konglomeratisch ausgebildet. Östlich von Habay stellt sich die typische lothringische Fazies ein.

6. Im Bereich der Ortschaften Medingen-Gonderange läßt das Profil besonders mächtige Ablagerungen für das untere und mittlere Hettangien in lothringischer Fazies erkennen. Im oberen Hettangien ist ein vergleichbares Anschwellen der Schichten in lothringischer Fazies im Gebiet Rébierg-Schwebach auszumachen.

7. Der Luxemburger Sandstein ist von NW nach SE bis Bous-Dalheim zu verfolgen. Dort keilt er nordwestlich von Remich aus. Das südliche Vorkommen des Stratotyps ist nur durch die Projektion von Hettange auf die Profillinie Kédange-Sierck bedingt. Auf die Schüttungsrichtung des Sandes bezogen, ist Hettange etwa in südwestlicher Verlängerung von Medingen anzutreffen.

8. Die untere Faziesgrenze des Luxemburger Sandsteins fällt südöstlich von Gonderange mit der stratigraphischen Grenze Oberes- / Mittleres Hettangien zusammen. Weiter westlich ist der Sandstein stratigraphisch jünger.

Aus vergleichenden Untersuchungen mit den angrenzenden Sedimentationsbecken ist anzuführen:

1. Der Transgressionsweg des Hettangien ist von der Niederrheinischen Bucht durch die Eifeler Nord-Süd-Zone ins Pariser Becken zu verfolgen.

2. Das Alter der Mergel von Levallois, die an der Basis des datierten Hettangien liegen, ist nur schlecht zu erfassen. Diese Schichten können zumindest teilweise Äquivalente der Prä-Planorbis-Schichten sein.

3. Das detritische Material, welches sich in lothringischer Fazies während des unteren und mittleren Hettangien am NE-Rand des Pariser Beckens abgelagerte, ist umfangreicher als in den anstossenden Becken.

4. Die Ablagerungs-Großform dieser Sedimente, entspricht einem länglich gestreckten Delta-Kegel, der sich aus der Eifeler Nord-Süd-Zone ins Pariser Becken verbaut. Hierbei verlagern sich die größten Mächtigkeiten der Schüttungskörper mit den jüngeren Schichten nach NW.

5. Für die Herkunft des detritischen Materials sind zwei Möglichkeiten in Betracht zu ziehen:

a) Die Sedimente haben einen weiten Transportweg zurückgelegt. Nach Verlassen der Meerenge der Eifeler N-S-Zone vermindert sich die Strömungsgeschwindigkeit und das Material lagert sich deltaähnlich im Pariser Becken ab. Die Untersuchungen in der Niederrheinischen Bucht lassen nicht auf einen derartigen «Transit-Transport» schließen. Im Gegenteil, dort nimmt man an, daß das detritische Material an der Rheinischen Masse abgetragen wurde.

b) Das detritische Material wurde auf der Ardenno-Rheinischen Masse erodiert und durch die Eifeler N-S-Zone dem Pariser Becken zugeführt. Für diese Möglichkeit spricht die Tatsache, daß in Luxemburg-Lothringen die sandigen Ober-Hettangien-Sedimentation sich allmählich aus

der lothringischen Fazies entwickelt. Es bleibt jedoch schwierig für das obere Hettangien, die Sortierung der Erosionsprodukte: Ton nach Norden in die Niederrheinische Bucht und Sand nach Süden ins Pariser Becken, plausibel zu erklären.

6. Das Aufeinanderfolgen der einzelnen Gesteinstypen in den Unter-Lias-Schichten läßt sich für die Nordwesteuropäische Liasprovinz auf einen ziemlich regelmäßigen Sequenzaufbau zurückführen. Hierbei wirken sich die unterschiedlichen Meerestiefen und die Verteilung der Strömungen im Becken auf die Zusammensetzung der Ablagerungen aus. Am NE-Rand des Pariser Beckens liegt es nahe, als Steuerung dieser Faktoren tektonische Bewegungen anzunehmen. Sie können allerdings allein die Übereinstimmung zwischen den Lias-Vorkommen der nordwesteuropäischen Provinz nicht erklären. Hierzu wird man wahrscheinlich entweder auf großräumigere Bewegungen oder auf klimatische Einflüsse zurückgreifen müssen.

SCHRIFTENVERZEICHNIS

- ANTUN, P.: Sur la lithologie des conglomérats rhétiens du Luxembourg et les caractères de leurs galets siliceux pseudoolithiques. — Inst.-Gr. D. de Luxembourg, Sect. des Sciences, Archives, **27**, 25-55, Luxembourg 1960.
- APOSTOLESCU, V.: Ostracodes du Lias du Bassin de Paris. — Revue de l'Inst. fr. du Pétrole, **14**, 6, 795-826, Paris 1959.
- BINTZ, J.: Les possibilités de renforcement de notre alimentation en eau par forages-captages d'eaux souterraines. — Bull. Soc. des Naturalistes Luxembourg., **70**, 90-108, Luxembourg 1969.
- BINTZ, J. & S. GUERIN-FRANIATTE & R. MOUTERDE & A. MULLER: Résultats des recherches géologiques faites sur la tranchée du S.E.B.E.S.: Tronçon Eschdorf-Nospelt, Nospelt-Rébiérg, Nospelt-Bridel. — Publ. Serv. géol. du Luxembourg, **20**, 1-83, Luxembourg 1970.
- BINTZ, J. & A. MULLER: Sur la représentation du « Grès de Luxembourg » sur la nouvelle carte géologique générale du Grand-Duché. — Inst. Gr.-D. de Luxembourg, Sect. Sc. natur. phys. et math. Archives, **31**, 241-258, Luxembourg 1966.
- BLIND, W.: Die Ammoniten des Lias alpha aus Schwaben, vom Fonsjoch und Breitenberg (Alpen) und ihre Entwicklung. — Palaontographica, A, **121**, 38-131, Stuttgart 1963.
- COUREL, L.: Trias et Rhétien de la bordure nord et est du Massif Central français. Modalités de la transgression mésozoïque. — Thèse, Bd. 1, Texte, 358; Bd. 2, Anlagen, 248; Bd. 3, Abbildungen, 52 Abb., 8 Taf., Dijon 1970.
- DEWALQUE, G.: Note sur les divers étages de la partie inférieure du Lias dans le Luxembourg et les contrées voisines. — Bull. Acad. Belg., annexe **1**, 143, Bruxelles 1854.
- : Note sur les divers étages de la partie inférieure du Lias dans le Luxembourg et les régions voisines. — Bull. Soc. Géol. de France, **11**, 234, Paris 1854.
- DOEGLAS, D. J.: Grain-Size Indices, Classification and Environnement. — Sedimentology, **10**, 83-100, Amsterdam 1968.
- DONOVAN, D. T.: Synoptic supplement to T. Wright's « Monograph on the Lias Ammonites of the British Islands » (1878-86). — Palaeont. Soc., Bd. **107**, 54, London 1954.
- : The Zonal Stratigraphy of the Blue Lias around Keynsham. — Somerset. Proc. Geol. Ass. London, **66**, 182-212, London 1956.
- DREXLER, E.: Foraminiferen und Ostracoden aus dem Lias alpha von Siebeldingen/Pfalz. — Geol. Jb., **75**, 475-554, 8 Taf., 25 Abb., Hannover 1958.
- DUMONT, A. H.: Mémoire sur les terrains triasique et jurassique de la province de Luxembourg. — Nouv. mém. de l'Acad. roy. des sciences et belles lettres de Bruxelles, **15**, 42, Bruxelles 1842.
- ELMI, S. & R. MOUTERDE: Le Lias inférieur et moyen entre Aubenas et Privas (Ardèche). — Trav. Lab. Géol. Fac. Sc., Lyon, N. S., n° **12**, 143-246, 31 fig., 6 tab., pl. I-X, Lyon 1965.
- FEUTH-SIEDEK, I. & S. GUERIN-FRANIATTE & A. MULLER: Les Lias inférieur sur le plateau de Burmerange. — Publ. Serv. géol. de Luxembourg, **20**, 85-127, Luxembourg 1970.
- FRANKE, A.: Die Foraminiferen des deutschen Lias. — Abh. der Preuss. Geol. Landesanstalt, N. F. **169**, 138., 12 Tafeln, 2 Abb., Berlin 1936.
- FRIEDMAN, G. M.: Dynamic Processes and Statistical Parametres Compared for Size Frequency Distribution of Beach and River Sands. — Journal of Sedimentary Petrology, **37**, 327-354, 1967.
- FUECHTBAUER, H. & G. MUELLER: Sedimente und Sedimentsgesteine. — Stuttgart 1970.
- GAUTHIER, J.: Matériaux pour une étude sédimentologique et micropaléontologique, du Lias inférieur et moyen de l'Auxois (Côte d'Or). — Thèse 3e cycle, Université de Dijon, Bd. 1, 227; Bd. 2, Taf. II-XXXII, Dijon 1962.

- GRESSLY, A.: Observations géologiques sur le Jura soleurois. — *Nouv. Mém. Soc. Helv. Sc. Nat.*, **2**, Neuchâtel 1838.
- GUERIN, S.: Les Ammonites du Lias inférieur en France. — *Mém. B.R.G.M. n° 4*, Coll. sur les Lias français, 1-10, Chambéry 1961.
- GUILLAUME, L.: Contribution à la Stratigraphie et à la Tectonique du Lias dans la région de Thionville, Le «Fossé de Thionville». — *Bull. Soc. géol. de France*, **11**, 35-73, Paris 1941.
- HAGEMANN, W.: Umgelagerte Karbonsporen aus den Rät-Lias-Schichten SE-Luxemburgs. — *Publ. Serv. géol. du Luxembourg*, **17**, 207-221, Luxembourg 1967.
- HALLAM, A.: The White Lias of the Devon coast. — *Proc. Geol. Ass. London*, **71**, 47-60, London 1960.
—: Origin of the limestone-shale rhythm in the Blue Lias of England: a composite theory. — *J. Geol.*, **72**, 157-169, London 1964.
- HÄNTZSCHEL W. & H. E. REINECK: Faziesuntersuchungen im Hettangium von Helmstedt (Niedersachsen). — *Mitt. Geol. Staatsinst. Hambg.*, **37**, 5-39, Taf. 1-16, Hamburg 1968.
- HARY, A. & A. MULLER: Zur stratigraphischen Stellung des Bondebeds von Medernach (Luxemburg). — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **6**, 333-341, Stuttgart 1967.
- HETTICH, M.: Rhät-Lias der Langenbrückener Senke aufgrund einer Kernbohrung und einer Kartierung im Maßstab 1 : 25 000. — Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 149, Heidelberg 1970.
- HOFFMANN, K.: Über den unteren Lias der Langenbrückener Senke. — *Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver. N.F.*, **23**, 107-181, Stuttgart 1934, desgl., **24**, 50-81, Stuttgart 1935.
—: Lias und Dogger im Untergrund der Niederrheinischen Bucht. — *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **6**, 105-184, 5 Abb. 4 Tab., Krefeld 1962.
—: Der Oberrhein-Graben zwischen Heidelberg und Offenburg während der Lias-Zeit. — *Z. Dtsch. Geol. Gesellschaft*, **118**, 236, Hannover 1966.
- HORON, O.: Rapport sur le Bassin parisien au Colloque sur le Lias français. — *Mém. Bur. Rech. géol. et min.*, n° **4**, 7-33, Paris 1961.
- JOLY, H.: Etudes géologiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure Nord-Est du bassin de Paris. — 468, 44 Fig., 12 Taf., Nancy 1908.
- KNEUPER, G.: Das Saar-Nahe-Gebiet. a) Abgrenzung und Genese. — *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **19**, 143-148, Krefeld 1971.
- KRAMP, J.: Faziesuntersuchungen in den Rhät-Lias Grenzschiechten bei Junglinster. — Unveröffentl. Diplomarbeit R.W.T.H. Aachen, Aachen 1965.
- LANGE, W.: Die Ammonitenfauna der Psiloceras-Stufe Norddeutschlands. — *Palaeontographica*, A **93**, 1-192, 138 Abb., Taf. 1-20, Stuttgart 1941.
—: Die Schlotheimiinae aus dem Lias alpha Norddeutschlands. — *Palaeontographica*, **100**, 1-128, 109 Fig., Taf. I-XX, Stuttgart 1951.
—: Der Untere Lias am Fonsjoch (östliches Karwendelgebirge) und seine Ammonitenfauna. — *Palaeontographica*, **102**, Abt. A, 49-162, 76 Abb., Taf. 8-18, Stuttgart 1952.
- LAUGIER, R.: Observations sur le contact du Rhétien et du Keuper dans le quart nord-est du bassin de Paris. — *Coll. sur le Lias français, Mém. Bur. Rech. géol. et min.* n° **4**, 605-616, Paris 1961 a.
—: Existence d'Ophiures dans le Rhétien de Lorraine. — *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **253**, 25, 3024-3026, Paris 1961 b.
—: Le Lias inférieur et moyen du Nord-est de la France. — Thèse, Nancy 1964.
- LEINE, L.: Rauhacken und ihre Entstehung. — *Geol. Rdschau.*, **60**, 488-524, Stuttgart 1971.

- LEVALLOIS, J.: Les couches de jonction du Trias et du Lias dans la Lorraine et dans la Souabe. — Bull. Soc. géol. Fr. 2e série, **21**, 284, Paris 1865.
- LOMBARD, A.: Géologie sédimentaire: Les séries marines. — 722, Paris und Lüttich 1956.
- LOVE, L. G.: Early diagenetic pyrite in fire-grainde sediments and the genesis of sulphide ores. — *Sedimentology and ore genesis*, 11-17, Amsterdam 1964.
- LUCIUS, M.: Geologie Luxemburgs. Das Gutland. — Publ. Serv. Géol. du Luxembourg, **5**, 405, Luxembourg 1948.
 —: Übersicht über die Geologie Luxemburgs. — *Zeitschrift der Deutschen Geol. Gesellschaft*, **103**, Hannover 1952.
 —: Les faciès gréseux et conglomératique du Trias dans l'aire de sédimentation du pays de Luxembourg. — *Inst. G.-D. de Luxembourg. Sect. Sc. natur. phys. et math. Archives*, **26**, 245-256, Luxembourg 1959.
- MAUBEUGE, P. L.: Données stratigraphiques nouvelles sur le Rhétien dans le Bassin de Paris. — *Acad. royale de Belgique, Classe de Sciences, 5e série*, **46**, 79-88, Bruxelles 1960.
 —: Un Contact Rhétien-Hertangien dans le Grand-Duché de Luxembourg. — *Bull. de l'Acad. et soc. Lorraines des Sciences*, **5**, 123-127, Nancy 1965.
- MONTEYNE, R.: Paléogéographie du Bas-Luxembourg au Jurassique inférieur. — *Pays gaumais*, **27** et **28**, 21-41, Virton 1967.
 —: Une coupe de référence dans le Rhétien du Bas-Luxembourg belge. — *Serv. Géol. de Belgique, Professional Paper* **2**, 3, Bruxelles 1969.
- MOUTERDE, R.: Etudes sur le Lias et le Bajocien des Bordures nord et nord-est du Massif central français. — *Bulletin du Service de la Carte géologique de la France*, **50**, 460, Paris 1953.
- MOUTERDE, R. & H. TINTANT: Le détroit morvano-vosgien a-t-il existé au Lias? — *Bull. Soc. géol. de France*, 7e série, **10**, 293-302, Paris 1968.
- MUELLER, A. H.: Lehrbuch der Paläozoologie. Bd. 2 Invertebraten, Teil 2 Mollusca 2. — *Arthropoda* **1**, 502, 668 Abb., VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1965.
- MULLER, A.: Untersuchungen über das Rät in Luxemburg. — *Publ. Serv. géol. du Luxembourg*, **14**, 255-282, Luxembourg 1964.
 —: Les affleurements de couches de passage du Trias au Jura le long de la route nat. 13 entre Welfrange et Rollingen-lès-Bous. — *Inst. G.-D. de Luxembourg, Sect. Sc. natur. phys. et math. Arch.*, **31**, 259-267, Luxembourg 1966.
 —: Die Mergel und Kalke von Straßen. — *Publ. Serv. Géologique de Luxembourg*, **17**, 1-136, Luxembourg 1967.
 —: Paysage géologique du Luxembourg: Le quadrilatère Dalheim, Medingen, Hassel, Altwies. — *Inst. G.-D. de Luxembourg, Sect. des Sciences natur. phys. et math. Archives*, **34**, 383-417, Luxembourg 1970.
- MULLER, A. & P. RASCHE: Der Luxemburger Sandstein im Gebiet Syren, Munsbach, Sandweiler, Itzig, Hassel (Luxemburg). — *Publ. Serv. géol. du Luxembourg, Bull.* **4**, 1-28, Luxembourg 1971.
- ORBIGNY, A. D': Paléontologie française. Terrains jurassiques. — I Céphalopodes, 642, Atlas 234 Taf., Masson, Paris 1842-51.
- PETTIJOHN, F. J.: *Sedimentary Rocks*. — Harper & Brothers, 2nd edition, New York 1957.
- QUENSTEDT, F. A.: Die Ammoniten des Schwäbischen Jura. Bd. 1, Der Schwarze Jura (Lias). 440, Atlas 53 Taf., — Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1883-85.
- REINECK, H. E. & J. DOERJES & S. GADOW & G. HERTWECK: Sedimentologie, Faunenzonierung und Faziesabfolge vor der Ostküste der inneren Deutschen Bucht. — *Senckenbergiana lethaea*, **49**, 261-309, Frankfurt am Main 1968.
- REINECK, H. E. & F. WUNDERLICH: Classification and origin of flaser and lenticular bedding. — *Sedimentology*, **11**, 99-104, Amsterdam 1968.

- RUGET, Ch. & J. SIGAL: Les Foraminifères du sondage de Lancueville-devant-Nancy. — Le Lotharingien de Lorraine, 33-69, 9 Taf., C.N.R.S., Paris 1967.
- : Les Foraminifères. — Le Lias moyen de Sao Pedro de Mucl. Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal, 54, 79-108, 1-6 Taf., Lisboa 1970.
- SCHLOTHEIM, E. F. VON: Die Petrefactenkunde. — LVIII, 437, Becker, Gotha 1820.
- SCHOENENBERG, R.: In EINSELE G. & R. SCHOENENBERG: Epirogen-tektonische Grundzüge des süddeutschen Beckens und seiner süd-östlichen Randgebiete im Mesozoikum. — Publ. Serv. géol. du Luxembourg, 14, 137-164, Luxembourg 1964.
- : Einführung in die Geologie Europas. — 300, Rombach/Freiburg 1971.
- SIMPSON, M.: A Monograph of the Ammonites of the Yorkshire Lias. — 60, London 1843.
- STEININGER, J.: Essai d'une description géognostique du Grand-Duché de Luxembourg. — Mém. Acad. roy. des Sciences et belles lettres, 7, Bruxelles 1828.
- TRICART, J. L.-F.: La Partie Orientale du Bassin de Paris. Etude morphologique. Tome I: La Genèse du Bassin. — 210, 30 Abb., Paris 1949.
- URLICHS, M.: Ostracoden aus den Kössener Schichten und ihre Abhängigkeit von der Ökologie. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21, 661-719, Innsbruck 1972.
- VILLEMEN, J.: Trias des Sondages du Bassin de Paris de la Régie Autonome des Pétroles. — Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes, Mémoires du B.R.G.M., n° 15, 89-122, Paris 1963.
- WALZ, I.: Die Trias-Lias-Grenzschichten im Raum Bourglinster-Junglinster (Luxemburg). — Unveröffentlichte Diplomarbeit R.W.T.H. Aachen, Aachen 1971.
- WATERLOT, G.: Trias du Bassin de Paris. — Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes, Mémoires du B.R.G.M., n° 15, 73-78, Paris 1963.
- WERVEKE, L. VAN: Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der südlichen Hälfte des Großherzogtums Luxemburg. — Comm. für die geologischen Landesuntersuchung von Elsaß-Lothringen, 89, 2 Taf., Straßburg 1887.
- WILL, H.-J.: Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese des Oberkeupers in Nordwestdeutschland. — Beihefte zum Geol. Jb., 54, 240, 50 Abb., 4 Taf., Hannover 1969.
- WOBBER, F. J.: Microsedimentary Analysis of the Lias in South Wales. — Sedimentary Geology, 2, 13-49, Amsterdam 1968.
- WOLBURG, J.: Die epirogenetischen Phasen der Muschelkalk- und Keuper-Entwicklung Nordwestdeutschlands, mit einem Rückblick auf den Buntsandstein. — Geotekt. Forsch., 32, I-II, 1-97, Stuttgart 1969.
- WURSTER, P.: Krustenbewegungen, Meeresspiegelschwankungen, und Klimaänderungen der Deutschen Trias. — Geol. Rundschau, 54, 224-240, 11 Abb., Stuttgart 1965.
- : Paläogeographie der deutschen Trias und die paläogeographische Orientierung der Lettenkohle in Südwestdeutschland. — Eclogae geol. Helv., 61, 157-166, 7 Textfig., Basel 1968.
- YAPAUDJIAN, L.: Essai de caractérisation des sédiments permien et triasques dans le Bassin de Paris. — Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes, Mémoires du B.R.G.M., n° 15, 123-142, Paris 1963.
- ZIEGLER, B.: Ammoniten-Ökologie am Beispiel des Oberjura. — Geol. Rundschau, 56, 439-464, 20 Abb., Stuttgart 1967.

ERKLÄRUNGEN ZU TAFEL I

	Seite
Fig. 1: <i>Psiloceras psilonotum</i> (QUENSTEDT, 1849)	47
Profil Schwebach	
D: 43 mm, N: 19 mm, H: 12 mm, N/D: 0,44, H/D: 0,30	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg N° 170 li	
Fig. 2: <i>Psiloceras plicatulum</i> (QUENSTEDT, 1883)	48
Profil Bous-Dalheim	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg, N° 223 li	
Fig. 3: <i>Psiloceras</i> (<i>Caloceras</i>) <i>johnstoni</i> (SOWERBY, 1825)	48
Profil Alter Bahneinschnitt zwischen Bourglinster und Junglinster	
Coll. NE des Pariser Beckens, Geol. Inst. T. H. Aachen	
Fig. 4: <i>Wachneroceras tenerum</i> (NEUMAYR, 1879).	50
Profil Remich-Mondorf	
D: 11 mm, N: 4,5 mm, H: 4,5 mm, N/D: 0,40, H/D: 0,40	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg N° 225 li	
Fig. 5: <i>Alsatites quedlinburgensis</i> LANGE, 1941	50
Profil Witteschbierg, Medingen	
D: 48,3 mm, N: 29,8 mm, H: 10,5 mm, N/D: 0,62, H/D: 0,22	
Coll. NE des Pariser Beckens, Geol. Inst. T. H. Aachen	
plus <i>Saxoceras</i> sp. LANGE	
Fig. 6: <i>Alsatites quedlinburgensis</i> LANGE, 1941	50
Profil Schwebach	
D: 35 mm, N: 22,5 mm, H: 7 mm, N/D: 0,64, H/D: 0,20	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg N° 174 li	
Fig. 7: <i>Alsatites</i> cf. <i>galbergensis</i> LANGE, 1941.	49
Profil Schwebach	
D: 44 mm, N: 30 mm, H: 8 mm, N/D: 0,68, H/D: 0,18	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg N° 173 li	
Fig. 8: <i>Schlotheimia angulata</i> (SCHLOTHEIM, 1820)	51
Profil Schwebach	
D: 47 mm, N: 20 mm, H: 17 mm, N/D: 0,46, H/D: 0,34	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg N° 178 li	
Fig. 9: <i>Schlotheimia angulata</i> (SCHLOTHEIM, 1820)	51
Profil Bous-Dalheim	
Coll. Serv. Géol. Luxembourg, N° 227 li	

TAFEL 1



8



9



7



6



4



5



3



2



1

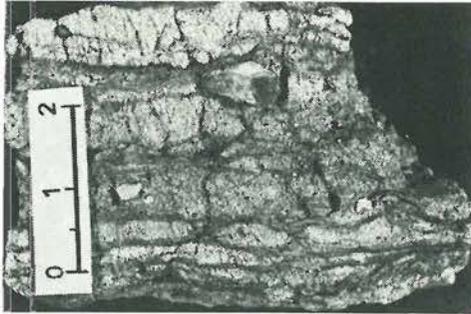


Fig. 3:
Bohrung Bloëbjerg-F1 - Schicht 3.022

Unteres Rät:
Dünne Lagen von schwarzen Tonen umschließen
sandige Dicklinsen, in denen Gerölle vorkommen.

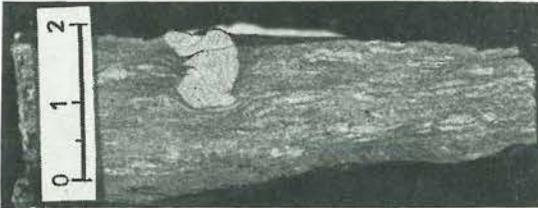


Fig. 2:
Bohrung Bloëbjerg-F1 - Schicht 3.020

Unteres Rät:
Eingeschnürte, sandige Wühlgänge reichen cm-tief in ge-
schlossene Flachlinsenschichten und beulen diese nach
unten durch.

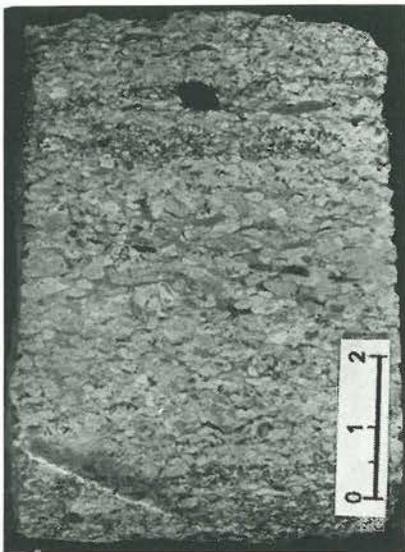


Fig. 1:
Bohrung Medingen - Schicht 23.018

Zone argilo-dolomitique:
Die einzelnen Komponenten sind in der Schichtung ausge-
längelt; diese wird zusätzlich durch mehrere 0,5 cm starke,
dunkle Lagen mit Sandkörnern hervorgehoben.

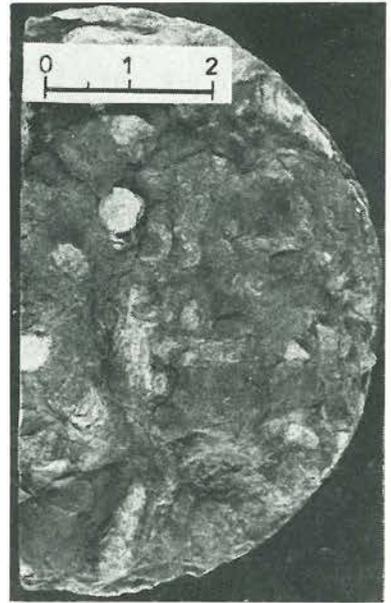


Fig. 4:
Bohrung Bloëbjerg-F3 - Schicht 3.025

Unteres Rät:
Rundliche bioturbate Sandgänge schnei-
den flach Schichten aus schwarzem Ton.
Sie sind auch in der Schichtung oder
senkrecht zu ihr anzutreffen.

TAFEL 3

BOHRUNG MEDINGEN

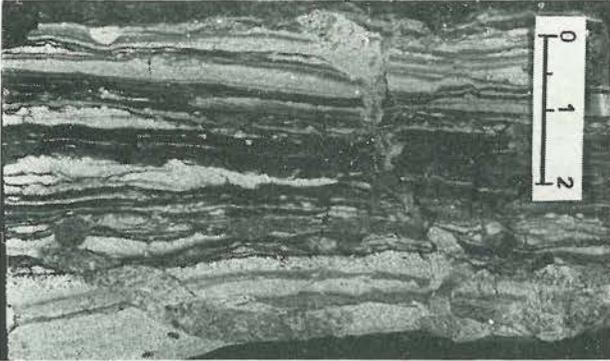


Fig. 4:
Schicht 3.053

Unteres Rät:
Die Wechsellagerung von geschlossenen, flachen Sandlinsen mit schwarzen Tonen ist stark durch bioturbates Gefüge gestört.

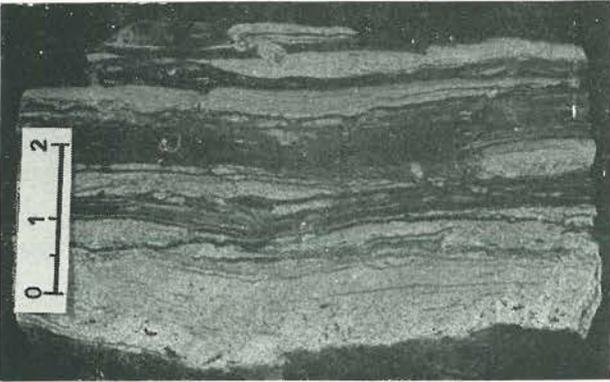


Fig. 3:
Schicht 3.052

Unteres Rät:
Im unteren Teil helle Mittelsande mit schwarzen Tonen in dünnen Fasern; im oberen Teil schwarze Tone und helle Sande in geschlossenen Flachlinsen.



Fig. 2:
Schicht 3.051

Unteres Rät:
Eine 2 mm starke ebenschichtige Sandlage tritt in schwarzen Tonen auf. Höher folgen unregelmäßige, bioturbate Sandlinsen, zwischen denen dünne Sand- und Tonbänder durchhängen.

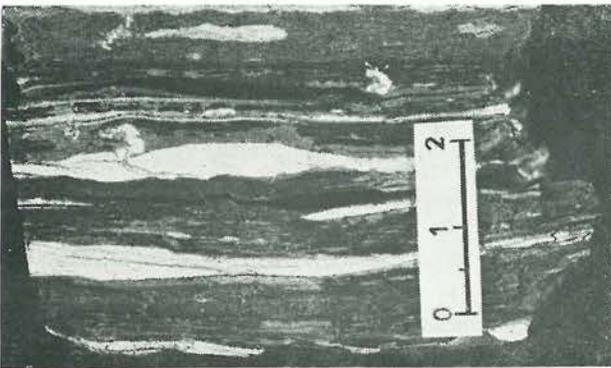


Fig. 1:
Schicht 3.047

Unteres Rät:
Welligen Sandlagen mit Schrägschichtung sind schwarze, dünnblättrige Tone zwischengeschaltet. Der Sand ist vielfach in parallelen, senkrecht zur Schichtung angeordneten Gängen abwärts gedrun- gen. Diese Gänge zeigen eine Fältelung parallel zu B.

TAFEL 4

BOHRUNG REBIERG



Fig. 3
Schicht 30.128
Unteres Rät:
Dünne, schwarze Tonbänder
umschließen sandige Dicklin-
senschichten.

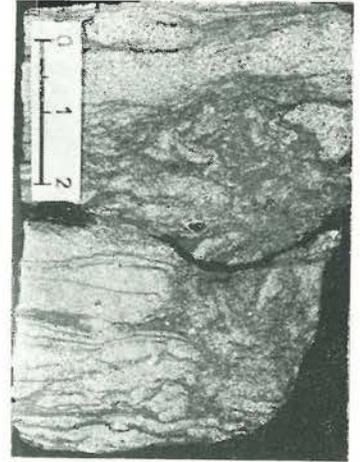


Fig. 4
Schicht 30.114
Unteres Rät:
Schwarzer Ton mit Sand vermischt
verfüllt Wühlgefüge in sandigen
Dicklinsenschichten.



Fig. 2
Schicht 30.126
Unteres Rät:
Basiskonglomerat des unter-
en Rät mit dunklen Quarzit-
geröllen. Das größere, helle
Geröll besteht aus Steinmer-
gel.



Fig. 1
Schicht 23.196
Zone argilo-dolomitique:
Brekziöser Steinmergel.

TAFEL 5

BOHRUNG REBIERG

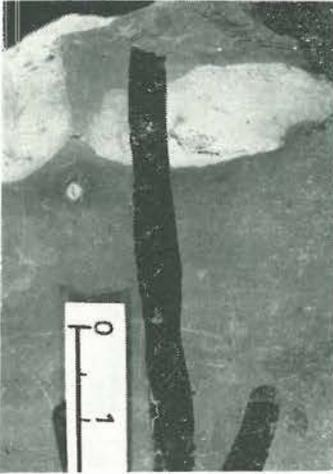


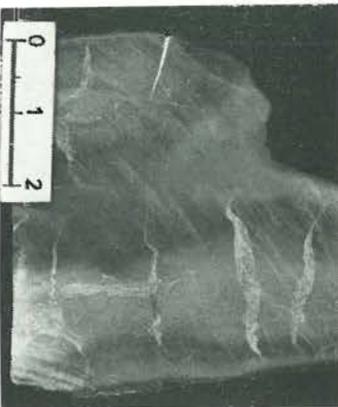
Fig. 3
Schicht 30.116
Unteres Rät:
Karbonatische Konkretionen
in dunklen, blätterigen To-
nen.



Fig. 4
Schicht 30.117
Unteres Rät:
Kalkstein mit lagig angeordneten
Schwermineralien und kantigen
Quarzitfragmenten.



Fig. 1 und 2
Schicht 30.115
Unteres Rät:
Bankrechte Gänge von Pyrit
Barytin und Calcit in einem
mikritischen Kalkstein. Die
Vererzung hat den Kalkstein
teilweise mylonitisiert.



BOHRUNG REBIERG

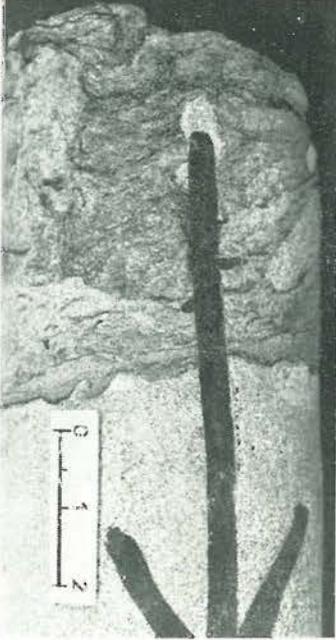


Fig. 2:
Schicht 30.121

Unteres Rät:
Geröllführender, toniger Sandstein liegt einer Erosionsfläche auf.



Fig. 1:
Schicht 30.118

Unteres Rät:
Heller Sandstein als Verfüllung von kleinen Rinnen.

TAFEL 7

BOHRUNG MEDINGEN

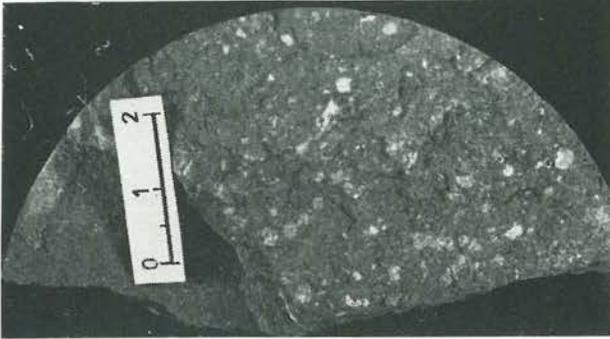


Fig. 3:
Schicht 11.026
Unteres Hettangien:
Schichtfläche mit feinem Schalendetritus.



Fig. 4:
Schicht 11.026
Unteres Hettangien:
Feinsandige Mergel mit
einem Zahnchen auf der
Schichtfläche.



Fig. 2:
Schicht 11.026
Unteres Hettangien:
Wechselagerung von hellen Sandsteinlagen mit dunkelgrauen,
bituminösen Tonen.

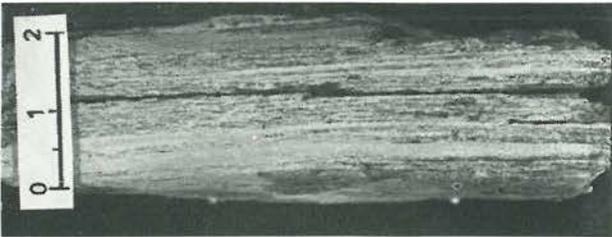


Fig. 1:
Schicht 3.055
Oberes Rät:
Dunkelgraue, dünnblättrige Mergel, in denen flachlinsenartige
Feinsande eingelagert sind.

BOHRUNG REBIERG



Fig. 3:
Schicht 11.171
Hettangien in lothringischer Fazies:
Übergang von welligen Wechsel-
schichten zu ebenen Sand-Tonlagen.

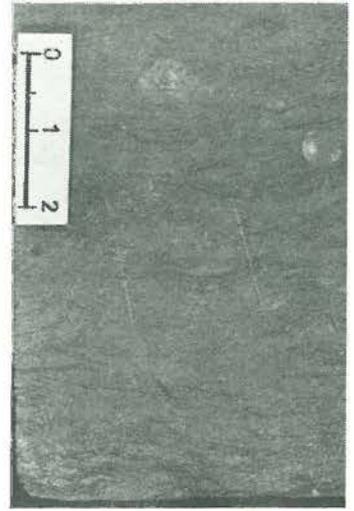


Fig. 4:
Schicht 11.200
Hettangien in lothringischer Fazies:
Kleindimensionale Rippelschichten.



Fig. 2:
Schicht 11.169
Hettangien in lothringischer Fazies:
Wellige Wechsellagerung mit Muschelschalen.

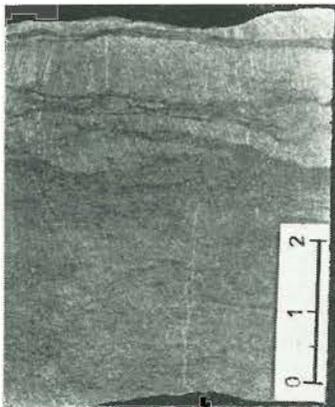


Fig. 1:
Schicht 11.166
Hettangien in lothringischer Fazies:
Basisschichten des Hettangien.

TAFEL 9

BOHRUNG REBIERG



Fig. 3:
Schicht 12.417
Hettangien,
Luxemburger Sandstein:
Kalkiger Sandstein mit
Crinoidenstielgliedern.



Fig. 4:
Schicht 12.418
Hettangien, Luxemburger Sandstein:
Extreme Bioturbation im Sandstein.

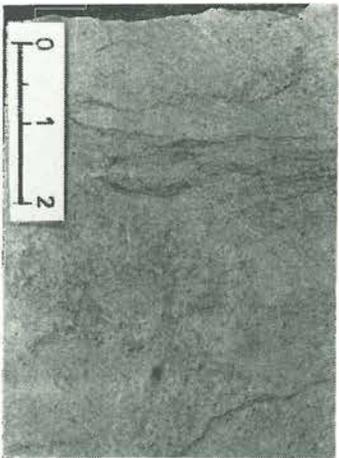


Fig. 2:
Schicht 12.415
Hettangien, Luxemburger Sandstein:
Weitständige Tonfaser im feinsandigen Luxemburger Sandstein.

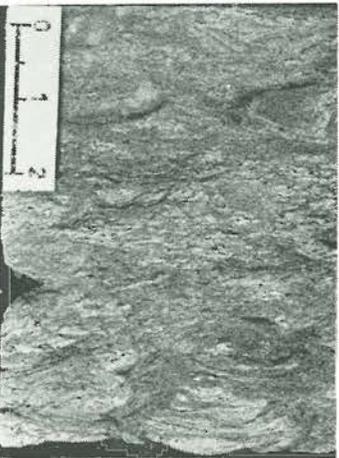


Fig. 1:
Schicht 12.414
Hettangien, Luxemburger Sandstein:
Rinnenfüllung, Flaser- und kleindimensionale Schrägschichtung an
der Basis des Luxemburger Sandsteins.

INVENTAIRE DES TRACES D'ACTIVITÉ ANIMALE DANS LES SÉDIMENTS MÉSOZOIQUES DU TERRITOIRE LUXEMBOURGEOIS

AVEC 7 FIGURES, 2 TABLEAUX ET 20 PLANCHES

par
ARMAND HARY*
Grevenmacher

*Adresse de l'auteur:
A. HARY, professeur d'Enseignement Moyen,
45, rue de Trèves, Grevenmacher

RESUME

L'étude se propose de donner un inventaire des traces d'activité animale dans les sédiments mésozoïques du territoire du Luxembourg. Les descriptions des différentes espèces sont groupées en plusieurs associations de traces de vie (ichnocénoses): passage Buntsandstein/Muschelkalk, Muschelsandstein (Muschelkalk inférieur), Muschelkalk supérieur, Grès de Luxembourg (Lias inférieur), Marnes et Calcaires de Strassen (Sinémurien).

Dans les Couches à entroques du Muschelkalk supérieur une nouvelle espèce du genre *Calciroda* MAYER est décrite sous l'appellation *Calciroda tubulata* n. sp. Il s'agit de tubulures dans des creux laissés par des tests épais de Mollusques dissous pendant la diagénèse.

Pour les deux ichnocénoses les plus riches en espèces, à savoir celle du Muschelsandstein et celle du Grès de Luxembourg, des ichnospectres sont dressés, permettant de conclure sur quelques caractéristiques du milieu marin dans lequel ces deux ichnocénoses se sont développées.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, eine möglichst umfassende Zusammenstellung der Lebensspuren zu geben, welche in den mesozoischen Sedimenten des Luxemburger Territoriums zu finden sind. Die Beschreibungen der einzelnen Arten werden in verschiedenen Spurengemeinschaften gruppiert (Ichnocoenosen): Übergang Buntsandstein/Muschelkalk, Muschelsandstein (Unterer Muschelkalk), Hauptmuschelkalk, Luxemburger Sandstein (Unterer Lias), Mergel und Kalke von Strassen (Sinemurium).

In den Trochitenschichten des Oberen Muschelkalks wird eine neue Art von dem Genus *Calciroda* MAYER unter der Bezeichnung *Calciroda tubulata* n. sp. beschrieben. Es handelt sich um millimeterdicke Röhrchen in Hohlräumen, welche durch das diagenetische Auflösen von dicken Molluskenschalen zum Vorschein kamen.

Für die zwei artenreichsten Ichnocoenosen, Muschelsandstein und Luxemburger Sandstein, werden Ichnospektren aufgestellt, welche es ermöglichen, einige Rückschlüsse auf die Charakteristiken des marinen Lebensraumes zu ziehen, in welchem die Spurengemeinschaften sich entwickelten.

TABLE DES MATIERES

	page
I: Introduction	97
II: Qu'est-ce que les traces d'activité animale et quelle est la valeur de leur étude?	99
1) Signification systématique	99
2) Signification écologique	99
3) Classification stratigraphique	100
III: Aperçu sur la répartition des traces de vie dans les sédiments mésozoïques du Luxembourg	102
1) Buntsandstein supérieur	102
2) Muschelsandstein	102
3) Couches à <i>Myophoria orbicularis</i>	102
4) Muschelkalk moyen	102
5) Muschelkalk supérieur	103
6) Keuper	103
a) Keuper inférieur	103
b) Grès à roseaux	104
7) Lias inférieur	104
a) Grès de Luxembourg	104
b) Surface taradée au toit du Grès de Luxembourg	104
c) Marnes et Calcaires de Strassen	104
8) Lias moyen	104
9) Lias supérieur	104
10) Jurassique moyen	105
IV: Description systématique de quelques ichnocénoses des sédiments mésozoïques luxembourgeois	106
1) Ichnocénose A: Couches de transition Buntsandstein/Muschelkalk (?)	106
a) Niveau stratigraphique	106
b) Relevé des affleurements	106
c) Faciès des sédiments	106
d) Description systématique des traces de vie	106
e) Considérations écologiques	108
2) Ichnocénose B: Muschelsandstein	108
a) Niveau stratigraphique et faciès	108
b) Relevé des affleurements	109
c) Description systématique des traces de vie	110
d) Considérations écologiques	113

3) Ichnocénose C: Couches à entroques	113
a) Remarques préliminaires	113
b) Niveau stratigraphique et faciès	113
c) Relevé des affleurements	113
d) Description des traces d'activité animale	114
4) Ichnocénose D: Couches à Cératites	116
a) Niveau stratigraphique et faciès	116
b) Affleurements à traces de vie	116
c) Inventaire des traces de vie rencontrées	116
5) Ichnocénose E: Grès de Luxembourg.	118
a) Niveau stratigraphique et faciès	118
b) Relevé des affleurements	118
c) Description systématique des traces de vie	119
d) Quelques considérations écologiques et facielles	124
e) Niveau des horizons à ichnofaune dans le Grès de Luxembourg	124
6) Ichnocénose F: Surface taraudée au sommet du Grès de Luxembourg	125
7) Ichnocénose G: Marnes et Calcaires de Strassen	126
a) Affleurements	126
b) Description des traces d'activité animale	127
V: Quelques considérations sur les ichnospectres des diverses ichnocénoses . .	128
VI: Liste des publications consultées	131
VII: Planches photographiques	135

I. INTRODUCTION

Quoique faisant depuis plusieurs années des recherches sur les traces d'activité animale dans les séries sédimentaires luxembourgeoises, l'idée d'un inventaire systématique et de sa publication m'est venue seulement en lisant la note de P. L. MAUBEUGE sur quelques traces de vie du Grès de Luxembourg, note publiée dans les Archives de l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, Section des Sciences (MAUBEUGE 1970). Dans les sédiments de notre territoire, ces traces de vie sont en effet beaucoup plus nombreuses que l'on pourrait le penser en considérant les quelques publications éparses à ce sujet. Aussi l'étendue de ces surfaces affectées par des « arrêts de sédimentation » est souvent assez importante.

Avant de commencer la description des faits observés j'aimerais remercier ceux qui m'ont aidé dans les recherches et dans les déterminations. MM. J. Bintz, Chef du Service Géologique du Luxembourg et Ad. Muller, Dr. en géologie à l'Université d'Aix-la-Chapelle, m'ont rendu attentif à bien des niveaux de traces d'activité animale dans les sédiments luxembourgeois. MM. O. Linck, Dr. h. c., de Güglingen, et le professeur Ad. Seilacher de l'Université de Tübingen ont mis à ma disposition tout un tas de littérature concernant leurs recherches personnelles. M. W. Müller d'Esslingen m'a donné de nombreux échantillons avec traces de vie bien déterminées du Jurassique wurtembergeois. Au Dr. Atzbach de Mayence je dois la photo d'un Astériacite de Rosport et à M. G. Mayer de Karlsruhe des photos, des publications et bien des indications utiles sur les traces de vie du Muschelkalk.

Dans cet inventaire, qui n'a nullement la prétention d'être complet, je me propose de suivre le plan de travail suivant:

- quelques observations générales sur les traces d'activité animale,
- un aperçu sur la répartition de telles traces dans les sédiments mésozoïques du territoire luxembourgeois,
- la description systématique de quelques ichnocénoses de ces mêmes sédiments,
- quelques conclusions écologiques.

II. QU'EST-CE QUE LES TRACES D'ACTIVITE ANIMALE ET QUELLE EST LA VALEUR DE LEUR ETUDE ?

Les observations palichnologiques occupant bien des études éparses et souvent assez difficilement accessibles il me paraît utile d'exposer quelques faits fondamentaux sur cette branche assez récente de la paléontologie qu'on appelle palichnologie et qui se propose d'étudier les traces fossiles d'activité animale ainsi que leur signification paléobiologique.

1) Signification systématique

La signification systématique des traces d'activité animale est assez précaire et il est assez rare que l'on puisse attribuer des pistes ou des terriers à tel ou tel animal précis. Les causes de ce manque de précision sont diverses. D'une part l'animal et la trace de vie produite par lui ne sont conservés ensemble que dans des cas exceptionnels. Puis un même animal peut produire des traces de types bien différents en relation avec son mode de déplacement et avec les divers sédiments qu'il traverse, qu'il habite ou sur lesquels il se déplace. Enfin des animaux très éloignés dans la classification systématique peuvent laisser des traces sensiblement identiques p. ex. les tubes en U des Annélides et des Entéropeustes, les traces en étoile des Crustacés, des Mollusques et des Poissons.

2) Signification écologique

La signification écologique, malgré bon nombre de restrictions, est heureusement bien plus explicite. Forme et structure d'une trace ou d'une piste peuvent renseigner sur le mode de locomotion, sur la nutrition, le logement et le travail constructeur de l'animal en cause. SEILACHER (1953a), un des principaux promoteurs de la palichnologie, met cependant en garde devant une trop grande confiance en la signification écologique de bon nombre de traces de vie. Les observations actuelles dans les milieux marin, saumâtre et limnique contredisent parfois les hypothèses fondées sur les constats palichnologiques. Si les traces de vie sont généralement d'assez bons indicateurs de faciès ils ne sont qu'un pis aller, voir même sans aucune valeur, en stratigraphie.

SEILACHER (1954) essaye de classer les associations de traces de vie fossiles en « ichnocénoses ». De telles ichnocénoses constituent les traces physiologiques d'authentiques biocénoses et sont spécifiquement bien différentes dans les divers milieux : marin, saumâtre ou limnique. SEILACHER et d'autres auteurs vont jusqu'à conclure sur une distinction des ichnocénoses non seulement d'après la salinité, mais également d'après la bathymétrie du milieu de vie des organismes de ces ichnocénoses. Ils mettent cependant en garde devant des conclusions trop hâtives et surtout trop étroites.

3) Classification stratinomique

La classification stratinomique des traces de vie est illustrée par le tableau 1 et la figure 1:

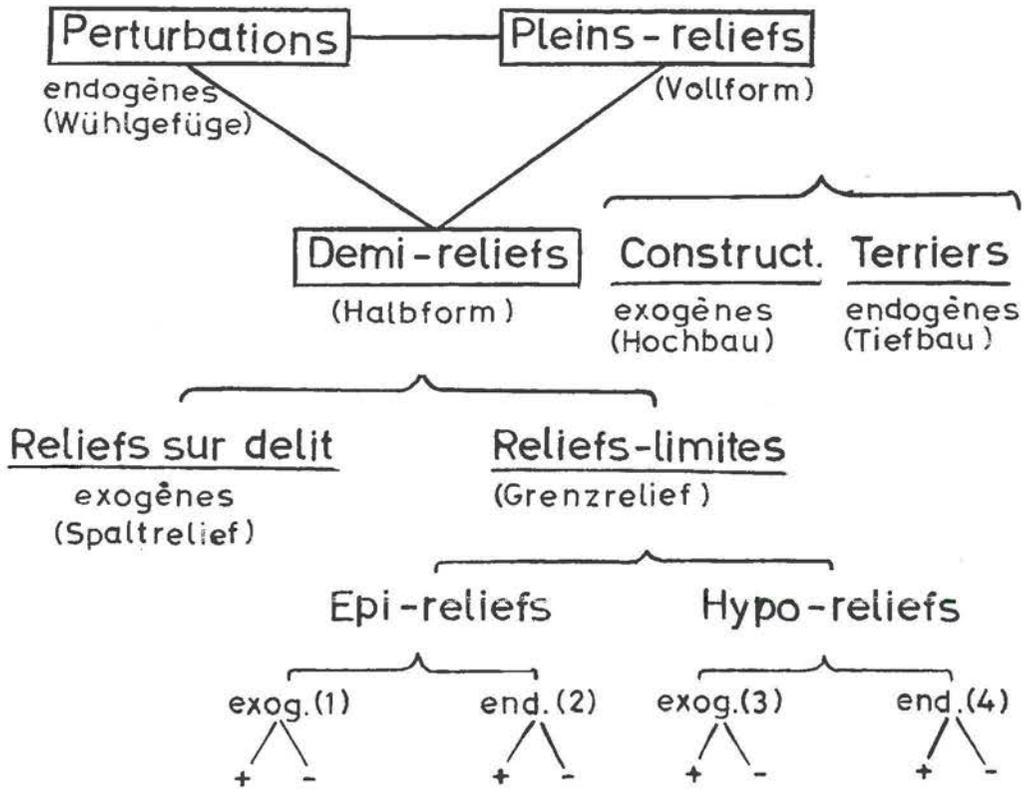


Tableau 1: Classification stratinomique des traces de vie (d'après SEILACHER 1953a pour le tableau et les termes allemands, d'après LESSERTISSEUR 1955 pour la traduction en français des termes de SEILACHER et pour la légende).

Perturbation: dérangement local des couches, sans contour défini, dû à une action de fouissage ou de forage.
Relief-limite: à la surface de séparation de deux couches. Les traces sont nommées et figurées par rapport à la surface de grès.

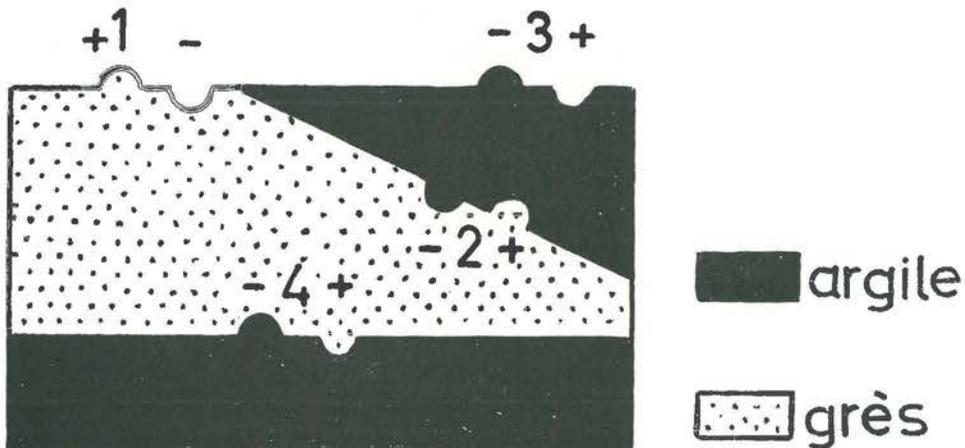


Figure 1: Coupe explicative du tableau 1 (d'après SEILACHER 1953a).

On distingue deux grands groupes: les traces superficielles et pseudo-superficielles ainsi que les traces profondes.

Les traces superficielles se rencontrent en principe comme des impressions en creux à la partie supérieure des couches, éventuellement comme moulages à la face inférieure de la couche immédiatement au-dessus. SEILACHER (1953b) admet que beaucoup de traces superficielles étaient originellement des traces internes sur un délit argileux couvert par une mince couche de sable servant de protection.

Les traces profondes pénètrent plus ou moins profondément dans le sédiment et sont par conséquent perpendiculaires ou obliques au plan de stratification.

Dans le présent inventaire je considérerai également les perforations dans les corps durs dans ou sur le sédiment (coquillages et cailloux perforés) ainsi que des remplissages de telles perforations, durcis par la diagénèse (moulages naturels).

Le tableau 2, également d'après SEILACHER (1953a), donne encore une fois un aperçu sur la systématique en paléontologie.

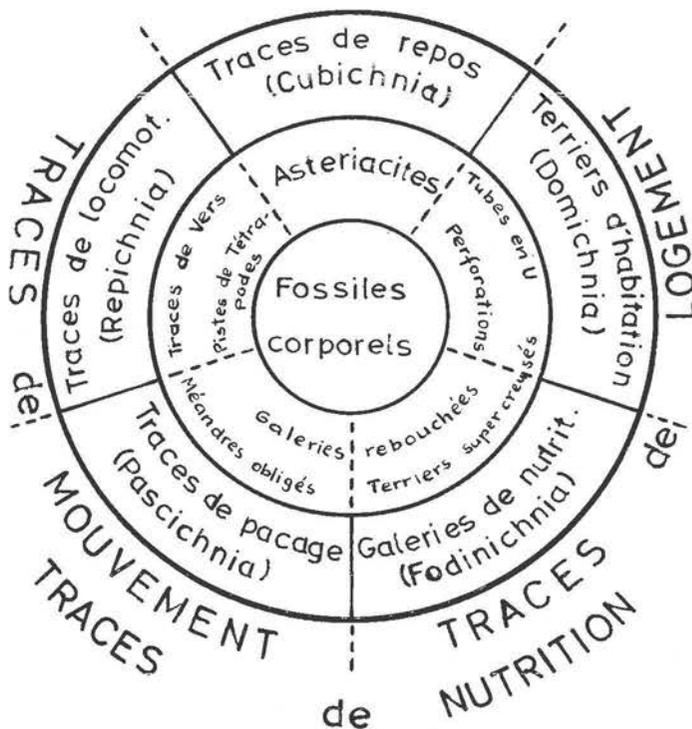


Tableau 2: Classification des traces organogènes (d'après SEILACHER 1953a).

III. APERÇU SUR LA REPARTITION DES TRACES DE VIE DANS LES SEDIMENTS MESOZOIQUES DU LUXEMBOURG

Dans le chapitre qui suit, les niveaux stratigraphiques des sédiments mésozoïques du territoire luxembourgeois seront passés rapidement en revue du point de vue sédimentologique, paléontologique et surtout ichnologique. Les ichnocénoses les plus intéressantes seront reprises plus loin et examinées en détail. Dans l'ordre chronologique on rencontre les niveaux stratigraphiques suivants :

1) **Buntsandstein supérieur**

Ce sont des grès rouge-brun à gris-brun en gros bancs, plus ou moins micacés, surtout sur les plans de stratification et les plans de clivage. Des bancs plus argileux s'intercalent et deviennent prédominants vers le passage Buntsandstein/Muschelkalk. Comme fossiles on ne trouve que quelques restes de plantes terrestres, et vers le haut, des Bivalves indéterminables. Les couches de transition de la région de Schengen (Moselle) renferment une ichnocénose A (décrite plus bas) qui est peut-être à placer déjà dans les Muschelsandstein, niveau stratigraphique inférieur du Muschelkalk. Le passage entre les deux étages, Buntsandstein et Muschelkalk, est insensible et il est impossible de déterminer le niveau stratigraphique exact de l'ichnocénose.

2) **Muschelsandstein**

Au Luxembourg, le Muschelsandstein est le niveau inférieur de l'étage du Muschelkalk. Il s'agit d'une alternance de grès, de dolomies et de marnes. Les grès grisâtres, violacés et verdâtres dominent vers la base et passent vers le haut à des niveaux plus argileux et plus ou moins dolomitiques. La roche est assez micacée, surtout sur les joints. C'est ici qu'apparaissent, pour notre territoire, les premiers fossiles marins du Mésozoïque. Certains niveaux sont caractérisés par des « ripple-marks », par une stratification oblique et entrecroisée, par des « load-structures » et par d'autres structures sédimentaires. Il existe des bancs complètement bioturbés. Une riche ichnofaune a été fournie par les affleurements de la région de Grevenmacher et des environs de Rosport; elle sera décrite dans l'ichnocénose B.

3) **Couches à *Myophoria orbicularis***

Les bancs dolomitiques et marneux des Couches de *Myophoria orbicularis* renferment des articles de tiges d'*Encrines* ainsi que des moules internes et des empreintes de Bivalves, surtout de *Myophoria* sp., mais n'ont livré jusqu'ici aucune trace de vie fossile.

4) **Muschelkalk moyen**

La partie inférieure du Muschelkalk moyen, le Groupe de l'anhydrite, est constituée en majeure partie par une suite uniforme de marnes et argiles feuilletées et bariolées avec de minces intercalations de gypse fibreux. A partir du milieu, la suite est caractérisée surtout par des gisements de gypse plus importants et par des pseudomorphoses de sel gemme. Ces caractéristiques d'un milieu sursalé expliquent le manque de fossiles et de traces de vie (excepté quelques dents et écailles de Poissons).

Vers le haut, le Muschelkalk moyen se termine par la Dolomie à *Lingula*, avec quelques rares exemplaires de *Lingula tenuissima* BRONN et avec, par endroits (« Heselberg » près de

Moersdorf), des perforations ramifiées ou non, verticales et obliques, d'un diamètre de 5 à 10 mm. Les perforations sont généralement creuses, rarement remplies d'un sable dolomitique gris-brun.

5) Muschelkalk supérieur

Le Muschelkalk supérieur comprend, en bas, une masse dolomitique, bourrée par endroits d'articles de tiges d'*Encrinus liliiformis* SCHLOTHEIM avec de rares calices du même fossile. Il s'agit des Couches à entroques, qui sont souvent oolithiques (oolithes recristallisées) et comprennent, surtout dans les parties oolithiques, de nombreux restes de Brachiopodes, de Lamellibranches et de Gastéropodes. A l'exception de grosses perforations (0,5 à 1 cm de diamètre) peu caractéristiques et de quelques exemplaires de *Rhizocorallium* sp. ces gros bancs dolomitiques ne contiennent pas de traces de vie dans le sens usuel du mot. Il y a cependant une autre variante d'association (ichnocénose C) qui comprend avant tout un grand nombre de perforations diverses et de remplissages de telles perforations, consolidés par diagénèse. S'y ajoutent de nombreux Coprolithes minuscules de formes diverses. Il faut citer comme structures sédimentaires des aires étendues avec « ripple-marks ».

Les Couches à Cératites qui suivent se présentent sous la forme d'une alternance de bancs dolomitiques et de couches marneuses. A côté de rares Cératites et de Mollusques divers assez fréquents on rencontre par endroits des structures sédimentaires associées à des traces de vie diverses aussi bien sur les plans supérieur et inférieur qu'à l'intérieur des bancs dolomitiques (ichnocénose D).

Dans la région de Reisdorf à Diekirch (cours moyen de la Sûre) les 5 à 8 m au sommet des Couches à Cératites se présentent sous un faciès gréso-dolomitique, appelé « Grès de Gilsdorf ». A côté d'une dizaine de Cératites THIELEN (1969) a cité des structures sédimentaires: stratification oblique et ripple-marks », ainsi que des structures circulaires, dépression en forme de calotte sphérique au milieu (diamètre 2 cm, profondeur 1 cm), avec autour de cette dépression des stries plus ou moins concentriques jusqu'à un diamètre total d'environ 10 cm. On pourrait considérer ces marques circulaires et concentriques soit comme des stries dues à des plantes balayées par le vent (« Scharrkreise » des auteurs allemands), mais avec plus de vraisemblance, vu le faciès franchement marin du sédiment, à des traces de vie du type produit par *Scolecopsis squamata* en eau calme, c.-à-d. d'une embouchure de terrier au milieu et de stries circulaires dues à la recherche de la nourriture par les tentacules de l'animal (SEILACHER 1953a, fig. 5, p. 430). Les plans de stratification montrent en outre des pistes de diamètres divers ainsi que des hypo-reliefs endogènes positifs mais conservés rappelant *Pelecypodichnus* sp.

6) Keuper

Dans les sédiments du Keuper, en majeure partie argilo-marneux, avec des intercalations dolomitiques et sableuses, les niveaux à traces de vie sont rares.

Il faut citer cependant:

- Des cratères sur la face supérieure d'un banc dolomitique du Keuper inférieur, dans la carrière « Walch » près de Bettendorf, se sont probablement formés par l'enfoncement de météorites ou d'impacts provoqués par les produits d'explosion d'un météorite. Si l'origine n'est pas encore sûre, il ne s'agit sûrement pas de traces de vie.

- Dans les grès tendres du Keuper inférieur près de Dillingen, Grundhof et Bollendorf HURLER (1968) a décrit des perforations grèles (environ 1 mm de diamètre, plusieurs cm de profondeur) à la partie supérieure d'un banc de grès.
- Le Grès à roseaux (Keuper moyen), si riche en traces de vie dans sa partie inférieure au Wurtemberg (LINCK 1942, 1948, 1970), n'a fourni jusqu'ici ni faune ni traces de vie sur le territoire du Luxembourg.

7) Lias inférieur

Dans le Lias inférieur il faut distinguer le faciès lorrain à marnes et calcaires et le faciès « Grès de Luxembourg ». L'Hettangien inférieur est développé sur le territoire luxembourgeois en une série de marnes grises sableuses avec intercalations de bancs de calcaire et de calcaire gréseux. Les quelques traces de vie sont peu caractéristiques, sauf *Kulindrichnus* sp. qui sera décrit pour le Sinémurien.

L'Hettangien supérieur est développé dans la majeure partie du Grand-Duché sous un faciès spécial, le Grès de Luxembourg. Ce grès à ciment calcaireux présente, à côté des fossiles habituels du niveau, plusieurs horizons très riches en traces de vie, horizons qui seront décrits et discutés en détail dans la partie systématique de la présente étude (ichnocénose E).

Le Grès de Luxembourg se termine par une surface taraudée. Les quelques types de taraudages seront décrits sous l'appellation ichnocénose F.

Le Sinémurien luxembourgeois est développé, soit en faciès lorrain, calcaro-argileux, soit en faciès sableux. Le faciès lorrain du Sinémurien inférieur se présente sous la forme d'une série de 6 à 10 mètres de marnes sombres avec plusieurs bancs de calcaire. Ces couches sont particulièrement riches en Gryphées arquées et renferment plusieurs types de traces de vie qui n'ont pas de rapport direct sous la forme d'une biocénose, mais qui, pour des besoins d'ordre, seront décrits sous le nom ichnocénose G.

8) Lias moyen

A part les taraudages de Liogryphées, décrits dans l'ichnocénose G, et des Chondrites grèles (environ 1 mm de largeur pour les pistes) dans le Pliensbachien supérieur (Domérien), faciès du Macigno d'Aubange, à Hautcharage, les dépôts du Lias moyen ne renferment que des traces de vie peu spécifiques.

9) Lias supérieur

Dans le Lias supérieur on trouve d'abord les argilites feuilletées grises, schistes bitumineux des anciens auteurs. Ces argilites, ainsi que les niveaux à gros nodules calcaireux, renferment les fossiles habituels de l'étage ainsi que les traces de vie habituelles que l'on trouve en masse dans les « Schistes à Posidonies » du Wurtemberg, à savoir *Chondrites bollensis* GRIPP (planche 19, figure 3) et *Chondrites furcata* STERNBERG.

Pour le Grès supraliasique je ne connais que des tubulures peu caractéristiques.

Dans les dépôts ferrifères de la *M i n e t t e* ce sont surtout les bancs d'arénites argileuses qui sont très riches en traces de vie. Certains bancs sont pétris de remplissages de perforations qui effacent presque complètement la stratification. Les espèces bien déterminables sont rares, à part de très beaux exemples de *Rhizocorallium* sp. et d'un type proche de *Harlania* sp. ou de *Rhysophycus* sp. Cette ichnocénose, que je n'ai pas examinée en détail, se compose presque exclusivement de terriers d'habitation (*Domichnia*) et de galeries de nutrition (*Fodinichnia*).

10) Jurassique moyen

Pour le Jurassique moyen je ne citerai de nouveau que quelques traces éparses, de véritables ichnocénoses n'existant pas sur le territoire luxembourgeois:

- Pour tous les niveaux ce sont les *t a r a u d a g e s* habituels des coquillages d'Huitres et des Belemnites.
- Les surfaces d'arrêt de sédimentation (*s u r f a c e s t a r a u d é e s*) se caractérisent par les Huitres fixées, par les Serpules, les Bryozoaires et par les perforations habituelles déjà citées pour la surface taraudée terminale du Grès de Luxembourg.
- Enfin c'est *Cancellophycus scoparius* DE THOLLIÈRE qui donne même le nom à une partie du Jurassique moyen, les *M a r n e s à C a n c e l l o p h y c u s*.

IV. DESCRIPTION SYSTEMATIQUE DE QUELQUES ICHNOCENOSSES DES SEDIMENTS MESOZOIQUES LUXEMBOURGEOIS

1) ICHNOCÉNOSE A: PASSAGE BUNTSANDSTEIN/MUSCHELSANDSTEIN

a) Niveau stratigraphique

Ce niveau n'est pas tout à fait certain: il s'agit peut-être des Couches de transition (Letten-region) du Buntsandstein supérieur, mais avec une probabilité plus grande déjà de Muschelsandstein (Muschelkalk inférieur), le passage Buntsandstein/Muschelsandstein se faisant en cette région sans limite marquée. M. v. HOYER (1967), qui a fait les levés géologiques de cette région comme mémoire de licence, exprime les mêmes hésitations et pense lui-aussi plutôt à du Muschelkalk inférieur. Le faciès typique des « Grenzletten » fait défaut, enlevant ainsi la possibilité d'une détermination lithologique du niveau stratigraphique exact.

b) Relevé des affleurements

1^o Talus droit de la route Schengen - Contz-les-Bains par le bord de la Moselle (x. 94 26; y. 57 06).

2^o Carrière abandonnée en face de l'affleurement 1, entre Sierck-les-Bains et Apach, sur territoire français (x. 94 83; y. 57 25).

Dans cet affleurement les couches argilo-gréseuses en question s'appuient contre un écueil de Dévonien.

c) Faciès des sédiments

Il s'agit d'une alternance de grès rouges et jaune-verdâtre, micacés et à grain fin, ainsi que d'argiles rouges et vertes, de calcaires et de dolomies gréseuses rouge-brun. Les traces de vie, décrites ci-après, se rencontrent toujours dans les bancs gréseux jaune-verdâtre, généralement à la base inférieure, plus rarement à la face supérieure et dans la roche. Les bancs gréseux, épais de 2 à 8 centimètres, présentent à la face supérieure généralement des « ripple-marks », parfois des « mud-cracks », ainsi que les embouchures circulaires de terriers d'Invertébrés vivant dans le sédiment. La majeure partie des marques dues à des objets transportés par l'eau des courants (« groove-casts ») ainsi que des traces de vie se présentent en relief positif à la base des bancs de grès. Il s'agit là des moulages naturels des traces et des marques qui se trouvaient dans le sédiment argileux, mais qu'il est impossible d'observer dans les couches argileuses, trop meubles pour être extraites des affleurements.

d) Description systématique des traces de vie

1^o *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER

Type de trace de vie décrit par SEILACHER (1953b, p. 105, pl. 10, fig. 1 et pl. 12) pour le Keuper (?) et le Dogger bêta du Wurtemberg/Allemagne, le grès du Rhétien de Ramlösa en Suède. Décrit également par HADDING (1929) comme « casts of *Pillastras elongata* » ainsi que par RIETSCHEL (1965) du Lias de Schonen/Scandinavie. SEILACHER cite ce genre encore pour le Grès à roseaux (Keuper moyen) de Bade/Allemagne et pour le Flysch éocène de la Toscane/Italie.

Pour SEILACHER (1953b, p. 105) il s'agit de traces de repos (Cubichnia) de Lamellibranches enfouis dans le sédiment en position verticale (position de vie.) Les traces se présentent comme relief-limite: hypo-relief endogène positif (tableau 1 et figure 1). RIETSCHEL (1965) prouve cette hypothèse de SEILACHER à l'aide de coupes verticales à travers les plaques de grès. D'une part ces coupes ne montrent aucune trace de test d'une Lamellibranche, ce qui contredit l'opinion

de HADDING, qui pensait à des Lamellibranches enfouis dans le sédiment et morts sur place. D'autre part le sédiment des plaques est bioturbé dans le relief amygdaloidal et au-dessus. Pour les moulages alignés ces bioturbations relient les différents hypo-reliefs ce qui semble prouver que toute une série de ces empreintes sont dues souvent à un même animal qui se déplaçait de temps en temps. Après son départ, le creux dans la roche argileuse et celui dans le sable au-dessus fut rempli par le sable, plus meuble que l'argile, de ce niveau supérieur.

Décrivons brièvement les exemplaires de la région de Schengen et Sierckles-Bains. A la face inférieure de minces plaques de grès se présentent des reliefs en forme de moitiés d'amandes ou de coquillages (pl. 1 fig. 1-4, pl. 2 fig. 4). L'empreinte en creux dans les argiles sous-jacentes existe sûrement, mais n'est jamais observable puisqu'on ne trouve en affleurement que les plaques de grès dégagées. Parfois ces moulages d'empreintes sont isolés, plus souvent ils se rencontrent en groupe (pl. 1 fig. 2). Il existe des alignements de 2, 3 ou plusieurs empreintes, reliées exceptionnellement par des moulages de stries moins profondes que les empreintes (pl. 1 fig. 4 en bas). D'après RIETSCHÉL (1965) les traces de repos seraient donc reliées ici par une trace de locomotion du Lamellibranche qui se déplaçait. Les exemplaires groupés sont souvent orientés (dans le sens du courant?) comme le montre la figure 3 de la planche 1.

Les mesures de hypo-reliefs en question sont assez constantes: 10 à 12 mm de longueur, 3 à 5 mm de largeur, 10 à 15 mm de hauteur (= profondeur des empreintes dans l'argile sous-jacente). Extérieurement il n'existe aucune différence entre le sédiment de la roche et celui des moulages. Je n'ai pas eu le temps de faire des coupes verticales d'après la méthode de RIETSCHÉL pour prouver une éventuelle bioturbation intérieure. Il y a cependant un indice qui permet une parallélisation avec les constatations de RIETSCHÉL: Si les bancs gréseux de nos deux affleurements sont très minces (1 cm environ), alors on constate souvent de faibles dépressions en creux à la face supérieure, juste au-dessus des reliefs positifs en bas.

2^o *Phycodes* sp.

Deux plaques de grès portent un type de traces de vie que je mettrai provisoirement, à défaut d'une interprétation sûre, dans le groupe *Phycodes* sp.

La trace du premier échantillon (pl. 2, fig. 1) est portée par un mince banc de grès de 3 cm d'épaisseur et forme un relief positif à la face inférieure du banc. Les hypo-reliefs se répandent en un réseau plus ou moins branchu. Les reliefs sont composés, visible surtout aux bords (pl. 2, fig. 2), par des corps ronds allongés (forme de petits saucissons) de 5 à 8 mm de longueur et d'un diamètre très constant de 1,8 à 2 mm. Ces corps se terminent en demi-calottes sphériques et montrent parfois des stries peu marquées. La plaque montre encore, à la face supérieure, plusieurs sorties rondes (2 à 3 mm de diamètre) de terriers verticaux. Sans faire des coupes verticales il n'est pas possible de constater une relation entre les deux types de traces de vie, le système ramifié à la base inférieure et les ouvertures circulaires à la base supérieure.

La deuxième plaque est un peu plus mince que la précédente et présente non pas un grand système ramifié de ces bourrelets en relief, mais deux petits systèmes (pl. 2, fig. 3, les systèmes sont indiqués par des flèches). Là encore il existe des entrées de galeries verticales à la face supérieure du banc de grès, mais une relation entre les deux types de traces n'est pas non plus prouvée. Il reste à dire que, du point de vue sédiment, les reliefs et la plaque de grès sont identiques.

SEILACHER (1963) montre une plaque du Grès à pseudomorphoses (Keuper moyen) de Neckar-gemünd en Allemagne avec des hypo-reliefs à la face inférieure qui ressemblent largement à mon premier échantillon (pl. 2, fig. 1 et 2). SEILACHER admet une ressemblance avec *Phycodes pedum* des mers cambriennes peu profondes, mais pense qu'il s'agit plutôt d'une attitude semblable de deux mangeurs de sédiment que de terriers du même type.

3° Cf. *Trypanites* MAEGDEFRAU

Sous ce nom MAEGDEFRAU (1932, p. 151) décrit des perforations verticales d'un diamètre de un à plusieurs millimètres et d'une profondeur allant jusqu'à 4 cm.

Sur les échantillons de Schengen et de Sierck les perforations du genre *Trypanites* apparaissent comme des ouvertures, généralement bouchées, comme des sections circulaires ou comme des bâtonnets arrondis en bas des minces bancs gréseux. Dans ce dernier cas il s'agit de remplissages des extrémités inférieures de terriers d'habitation. Les terriers primitifs se terminaient dans les sédiments argilo-sableux au-dessous des plaques gréseuses. Le diamètre des terriers varie de 1 à 4 mm.

Rarement on voit deux trous de même diamètre à petite distance l'un de l'autre, rendant probable un terrier en U à l'intérieur du banc de grès.

4° Empreintes irrégulières à dessin géométrique

Ces hypo-reliefs de forme plus ou moins tétraédrique se présentent comme relief positif à la base inférieure d'une plaque de grès. Il s'agit probablement de pseudomorphoses de sel gemme (pl. 2, fig. 4). L'interprétation comme empreintes de pattes d'oiseaux, malgré quelques ressemblances, me paraît douteuse.

5° Pistes diverses non caractéristiques

En relief positif à la face inférieure de plusieurs plaques de grès. La largeur de ces pistes varie de 2 à 30 mm.

6° Les stries en relief à la base des mêmes plaques sont des moulages naturels des marques inorganiques en creux dans les couches argilo-gréseuses sous-jacentes.

e) Considérations écologiques sur l'ichnocénose A

La pauvreté en fossiles corporels et en ichnoespèces ne permet pas des conclusions bien affirmatives sur l'un ou l'autre milieu. Il y a cependant quelques indications très nettes pour une formation sous faible couverture d'eau dans un bassin soit marin, soit limnique, soit lacustre. Il y a d'abord le très grand nombre de traces de repos, même s'il ne s'agit que d'une seule espèce: *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER, puis de très nombreuses surfaces à « ripple-marks » du type dû à des courants telles qu'on les voit sur les plages soumises aux marées. Il y a enfin plusieurs empreintes de *Myophoria*. Tout cela me fait penser à une formation marine (éventuellement limnique) sous faible couverture d'eau. L'alternance rapide de minces bancs gréseux et de plus minces délits argilo-gréseux concorde assez bien avec cette hypothèse, en tout cas ne la contredit pas.

2) ICHNOCÉNOSE B: MUSCHELSANDSTEIN

a) Niveau stratigraphique et faciès

Les niveaux extrêmement riches en traces de vie et en structures sédimentaires occupent la moitié supérieure du Muschelsandstein, une alternance de minces bancs de grès et de délits argilo-

gréseux. La partie inférieure du Muschelsandstein, en gros bancs, fut exploitée comme pierre de construction (pl. 3, fig. 1: niveau de l'exploitation souterraine « Deisermühle » entre Grevenmacher et Machtum). Surtout la partie supérieure présente de nombreuses structures sédimentaires dont les « load-structures » sont les plus apparentes (pl. 3, fig. 1). Les couches de l'ichnocénose B suivent immédiatement au-dessus des gros bancs. Le faciès des niveaux à ichnofaune ressemble largement à celui de l'ichnocénose A.

La roche est formée par une alternance de grès dolomitique et d'argile gréseuse avec beaucoup de paillettes de mica qui se concentrent surtout sur les plans de stratification, de même qu'entre les empreintes extérieures et les moules intérieurs des fossiles. La teinte gris-verdâtre prédomine, alternant avec le gris-brun et le gris-violet.

La stratification très tourmentée et parfois complètement bioturbée (pl. 3, fig. 2) indique l'influence d'un milieu soumis à des courants assez violents et caractérisé par une riche faune sédentaire (pl. 4, fig. 1 et 2). De très nombreux plans de stratification portent des « ripple-marks » de deux types différents: petites surfaces avec rides très régulières de l'ordre de plusieurs millimètres et grands plans avec ripples de 10 à 20 centimètres. Dans tous les affleurements indiqués plus bas, les plans inférieurs des bancs gréseux portent en relief (hypo-relief endogène positif) des moulages de stries diverses qui ne permettent pas une mise en rapport certaine avec des êtres vivants. S'y ajoutent de nombreuses traces de vie, décrites ci-après, ainsi que d'assez nombreux moules internes et moules extérieurs de Bivalves (affleurements 1, 3, 4, 6, 8). Il s'agit avant tout de *Myophoria* sp. et de *Gervilleia* sp. S'y ajoutent pour l'affleurement 4 des Gastéropodes et des articles de tiges d'Encrines.

b) Relevé des affleurements

- 1^o Tranchée du canal d'aménée de l'usine hydro-électrique au lieu dit « Held », au SE de Rosport, pl. 5, fig. 1, (x. 104 70; y. 96 10/30).
- 2^o Tranchée de la route entre Edingen et Minden (sur territoire allemand), à peu près en face de l'affleurement précédent (x. 102 80; y. 98 30/40).
- 3^o Tranchée de la route au bord de la Sûre entre Ralingen et Godendorf (territoire allemand), juste en face du pont de Rosport (x. 104 70; y. 97 15/25).
- 4^o Ancienne carrière à exploitation souterraine, au bord de la route de la Moselle, au lieu dit « Deisermühle » entre Machtum et Grevenmacher, pl. 3, fig. 1, (x. 98 58; y. 80 72).
- 5^o Lit du ruisseau dit « Boursdorferbach » (x. 103 20/50; y. 93 00/15).
- 6^o Lit d'un ruisseau au lieu dit « Giesebour », près de Rosport (x. 103 15; y. 97 45/55).
- 7^o Affleurement entre les lieux dits « Hockelberg » et « Homburg », entre Bettendorf et Gilsdorf (x. 83 03; y. 103 88).
- 8^o Tranchée de la route qui monte de Diekirch au Camp militaire du « Häreberg », après le grand tournant en épingle à cheveux (x. 79 12; y. 104 84).

Cette liste comprend pratiquement tous les affleurements de ce niveau (moitié supérieur du Muschelsandstein) le long de la Moselle et de la Sûre, du côté luxembourgeois aussi bien que du côté allemand. Si le titre propose de parler des traces de vie du territoire luxembourgeois, il paraît cependant peu logique d'exclure les affleurements intéressants du territoire allemand qui sont séparés des affleurements luxembourgeois par le seul lit d'une rivière.

L'affleurement 1, celui de « Held », est de loin le plus riche et son ichnofaune résume en quelque sorte, un seul type mis à part, les constatations paléontologiques des 8 affleurements.

c) Description systématique des traces de vie :

1^o *Rhizocorallium jenense* ZENKER

Tubes en U, avec traverses complètes entre les deux branches. Les dimensions des exemplaires normaux dépassent généralement les 20 cm pour les deux branches plus ou moins parallèles. La disposition peut être oblique ou parallèle au plan de stratification (pl. 4, fig. 2 et pl. 5, fig. 2). Sur le véritable type de *Rhizocorallium jenense* ZENKER on observe toujours des traces de grattement sur les parois du tube ou de son moulage (pl. 5, fig. 3 et 4). Cette trace, à ranger parmi les traces d'habitation (*Domichnia*) est très commune dans l'affleurement « Held » et présente dans tous les autres affleurements cités pour le Muschelsandstein. *Rhizocorallium* est d'ailleurs un très mauvais indicateur stratigraphique puisqu'on rencontre ces terriers depuis le Dévonien jusqu'au Pliocène.

Souvent les coupes horizontales des bancs de grès ne montrent que les deux trous des tubes parallèles ou leurs remplissages. Le tube en U traverse alors plusieurs des bancs gréseux et des intercalations argilo-marneuses. Sur les plaques de grès détachées n'apparaissent que les couples d'ouvertures circulaires (pl. 7, fig. 2 et 5), plus rarement des stries dues aux traverses.

2^o *Rhizocorallium parallelum* TORELL

Type ressemblant au précédent, mais il est vertical et les deux branches sont strictement parallèles. SEILACHER (1955) en montre un modèle des exemplaires du Lias alpha 2 de Plochingen et de Hüttlingen (Wurttemberg). Des terriers de ce type ont été rencontrés dans le Muschelsandstein à « Deisermühle » (affleurement 4) et à Rosport (affleurement 1).

3^o Cf. *Taonurus ruellensis* DE SAPORTA

Il s'agit d'un type de trace apparenté à *Rhizocorallium* sp., mais sous forme de 2 tubes en U qui communiquent entre eux. Des formes pareilles ont été décrites par HOESIUS (1893) et désignées comme des « tripodes » ou « trépieds » (*Dreibeine*). Une plaque de « Deisermühle » montre de nombreux exemplaires de traces pareilles (pl. 4, fig. 3). Un tel système a une dimension totale moyenne de 10 à 15 cm.

4^o Trace de nutrition rayonnante

La face supérieure d'un banc de grès porte une trace en relief positif (pl. 7, fig. 3) ressemblant à *Scrobularia plana* des plages actuelles. Il s'agit de traces produites par le rejet de déchets de nourriture (sédiment) d'un animal vivant dans un terrier vertical. Ces traces étoilées sont souvent circulaires; la nôtre ne rayonne que de trois côtés.

5^o Fouillis non spécifié de tubes de nutrition

(remplissage durcis par diagenèse). De tels tubes ont été décrits, entre autres, par LINCK (1948) et par MAYER (1958a), pour le Grès à roseaux dans le premier cas, pour le Muschelkalk supérieur dans l'autre.

Des traces pareilles, de divers diamètres (5 à 15 mm), avec ou sans sculpturation, se rencontrent à profusion dans les affleurements de « Deisermühle » (pl. 3, fig. 2) et de « Held », causant une

bioturbation quasi complète de certaines zones du sédiment. L'altération de la roche met en évidence les remplissages durcis de ces tubes, généralement un peu plus résistants que le reste de la roche.

6° Scolicia DE QUATREFAGES

Galerie du type *Scolicia* DE QUATREFAGES (1849), cf. *Subphyllocorda* et *Palaeobullia* GOETZINGER et BECKER (1932).

La face inférieure d'un banc de grès de la tranchée « Held » porte une piste trilobée en hypo-relief endogène positif, formant le remplissage d'une piste-galerie. Ce remplissage (pl. 7, fig. 1) se détache et l'on peut voir un autre hypo-relief négatif, sans sculpturation, à part quelques stries. La largeur du remplissage est de 23 mm (= en même temps la largeur de la piste), l'épaisseur de 8 mm. Roche et remplissage sont gréseux et visiblement pareils du point de vue pétrographique. La figure 2, ci-dessous, donne une vue sur la base inférieure de la plaque de grès, une coupe du remplissage ainsi qu'un modèle concernant la genèse des pistes-galeries du type *Scolicia* d'après SEILACHER (1955).

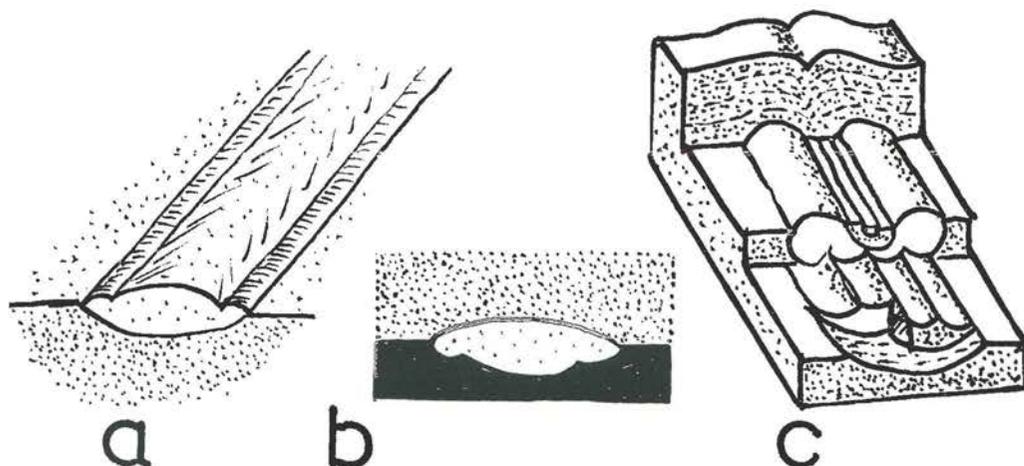


Figure 2: Vue sur la base inférieure d'une plaque de grès (a) et coupe (b) en grandeur naturelle d'une trace du type *Scolicia* de QUATREFAGES (1849), *Subphyllocorda* et *Palaeobullia* GOETZINGER et BECKER (1932). Le dessin (c) reproduit le modèle d'un exemplaire de *Scolicia* cf. *sardoa* (d'après SEILACHER, 1955, fig. 1, p. 375. Voir aussi planche 7, fig. 1.)

Vu le remplissage je suis enclin à penser à une piste en galerie, remplie par l'animal dès son passage. A l'une de ses extrémités, le remplissage (moule) de la galerie commence à faire corps avec le banc de grès, puis disparaît. Il est donc admissible que l'animal cheminait à l'intérieur du sédiment, à la limite entre un sédiment gréseux (en haut) et un substrat plus argileux (en bas). L'animal rejetait derrière lui le sédiment traversé, puis pénétra entièrement dans le sédiment gréseux où la trace de son passage se perd.

7° Pistes lisses

A la base inférieure du grès on constate assez souvent des pistes aplaties lisses (pl. 6, fig. 1) de 8 à 12 mm de largeur. Ces pistes se présentant partiellement en hypo-relief endogène positif, puis, un peu plus loin, en hypo-relief endogène négatif, il pourrait s'agir aussi d'un galerie d'un animal cheminant entre deux couches sédimentaires.

8° Pistes d'aspect noduleux

A la base inférieure des bancs de grès, et faisant corps avec le grès, on voit plusieurs remplissages de pistes d'aspect noduleux, sous forme d'hypo-relief endogène positif. Ce type ressemble vaguement aux galeries tapissées de Coprolithes de Vers ou de Gastéropodes, type décrit plus bas pour le Muschelkalk supérieur. Voir pl. 6, fig. 2.

9° Trace bilobée, sans sculpturation, à sillon médian

Hypo-relief endogène positif, à la face inférieure d'une plaque de grès, faisant corps avec le grès (pl. 6, fig. 3). Cette trace de locomotion est large de 3 mm et ressemble un peu à *Gyrochorda*, abstraction faite du manque de sculpturation, mais s'en distingue par sa situation à la face inférieure du banc de grès. Les reliefs positifs de *Gyrochorda* se rencontrent presque exclusivement au sommet des bancs de grès, les rares reliefs positifs en bas n'ont pas de sillon médian. Cette trace de vie me fait penser au moulage d'une piste bilobée d'un Gastéropode.

10° Piste en forme de tresse

Cette piste, large de 4 mm, se trouve sur la même plaque de grès que la piste-galerie de *Scolicia* (pl. 7, fig. 1, détail pl. 6, fig. 4) et forme un hypo-relief endogène positif avec passage vers un relief négatif à un moment donné. Malgré quelques ressemblances avec *Gyrochorda* je suis d'avis qu'il s'agit d'un autre type. D'abord les tresses sont beaucoup plus marquées ici que chez *Gyrochorda*. Puis le relief est positif à la base inférieure, contrairement à *Gyrochorda*. Là enfin où le relief devient négatif les tresses restent bien marquées, ce qui est encore une fois contraire au type de *Gyrochorda* où les sillons creux n'ont qu'une crête médiane, mais pas de sculpturation en tresses.

11° *Asteriacites lumbricalis* SCHLOTHEIM

Connues depuis 1755, et généralement considérées comme des Ophiures, ce n'est que depuis 1940 que ces formes de traces de vie ont été reconnues comme des traces de repos (*Cubichnia*) soit d'Ophiures soit d'Auluroïdes. SEILACHER (1953b) en donne la description détaillée. Cette ichnoespèce est décrite pour les grès du Burdigalien, du Lias, du Rhétien, du Trias inférieur et de l'Ordovicien.

L'affleurement « Held » près de Rosport en a fourni un exemplaire (pl. 7, fig. 4) qui se trouve dans les collections du Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz à Mayence. Je dois la photo au Dr. Atzbach du même Service Géologique et je l'en remercie bien sincèrement. L'exemplaire, hypo-relief endogène positif, a un diamètre d'environ 15 mm.

12° *Asteriacites quinquefolius* QUENSTEDT

Trace moins fine que la précédente, rendant assez bien la forme des Astéroïdes, connue jusqu'ici seulement pour les grès du Dogger moyen du Wurtemberg et pour les grès burdigaliens de Bäch non loin de Zurich, décrite en détail par SEILACHER (1953b).

L'affleurement « Held » a fourni un exemplaire (pl. 7, fig. 5) qui correspond assez bien à la description de SEILACHER en ce qui concerne la forme, mais qui est moins grand que les empreintes décrites par cet auteur. L'exemplaire de Rosport a un diamètre de 23 mm.

13° *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER

Dans la tranchée « Held » j'ai vu quelques reliefs positifs de cette trace de vie qui a été décrite plus haut pour l'ichnocénose A.

14^o *Muensteria* sp.

Une mince plaque de grès de l'affleurement « Held » montre une trace de vie du type *Muensteria*, galeries de rembourrage qui seront décrites pour l'ichnocénose du Grès de Luxembourg.

d) Considérations ichnologiques sur l'ichnocénose B

Ici le caractère de l'ichnocénose ne fait pas de doute. A part d'autres indices moins probants, Mollusques marins, Encrines ainsi que la trace de vie *Asteriacites* sont des indicateurs certains du milieu marin. Quant à la décision s'il s'agit d'une mer épicontinentale ou d'une mer profonde, ou même d'une plage, il faut considérer non pas une seule trace de vie, mais toute l'ichnocénose. On peut distinguer avec une certitude assez prononcée des ichnocénoses d'eaux profondes et celles des mers épicontinentales en dressant des graphiques que SEILACHER (1955) appelle des ichnospectres. A la fin du présent travail je comparerai les ichnospectres de certaines ichnocénoses luxembourgeoises avec celles décrites par SEILACHER. Pour le moment on peut déjà dire que l'association de l'ichnocénose B, ensemble avec les structures sédimentaires et le caractère pétrographique du sédiment lui-même, plaident en faveur d'une mer très peu profonde, bien aérée, soumise à des courants assez violents.

3) ICHNOCÉNOSE C: COUCHES A ENTROQUES

a) Remarques préliminaires

D'abord il faut relever qu'il ne s'agit pas d'une ichnocénose dans le sens propre du terme, c.-à-d. d'une association de traces laissées par des animaux vivant ensemble en un même endroit. Puis ce ne sont pas que des traces vivant à l'intérieur ou à la surface du sédiment, mais surtout des traces de taraudages et de perforations à l'intérieur des tests de Mollusques. Encore ces perforations ne sont elles pas conservées en creux, mais sous forme de moulages intérieurs constitués par les remplissages durcis par diagénèse. Ce dernier fait, vu la dissolution des tests de Mollusques, rend l'observation et la description plus aisées. S'y ajoutent quelques traces dans la roche même.

b) Niveau stratigraphique et faciès

Les perforations et les taraudages en question se rencontrent pratiquement sur toute la hauteur des Couches à entroques (division inférieure du Muschelkalk supérieur). La roche est en majeure partie une dolomie spathique, par endroits formée en tout ou en partie par des oolithes recristallisées. S'y ajoute par endroits de la glauconie en grains isolés ou en quantité. A côté du fossile caractéristique *Encrinus liliiformis* SCHLOTHEIM on trouve les Brachiopodes, les Lamellibranches et les Gastéropodes habituels de l'étage, conservés presque toujours sous la forme d'empreinte extérieure et de moule interne, le test ayant été dissous lors de la diagénèse.

c) Relevé des affleurements :

1^o Carrière en exploitation au « Heselbiert » près de Moersdorf (x. 103 40/60; y. 89 00/15).

2^o Carrière abandonnée du « Kelsbach » entre Grevenmacher et Machtum (x. 98 25/28; y. 81 25/40)

3^o Carrière abandonnée « Alewerweiher » près d'Echternach (x. 94 15; y. 95 90).

Il faut ajouter, pour des exemplaires isolés, presque tous les affleurements des Couches à entroques dans les vallées de la Moselle et de la Basse-Sûre.

d) Description des traces d'activité animale

La plupart des traces en question ont été citées ou même brièvement décrites dans une étude sur les Couches à entroques du « Heselberg » (HARY 1969a). La description sera reprise ici et une espèce, décrite sans appellation, sera redécrite sous le nom de *Calciroda tubulata* n. sp. Deux espèces, décrites par MAYER (1965 et 1971), seront également recitées ici.

1° *Rhizocorallium commune* SCHMID

Les tiges en U ou simplement serpentant sont conservés comme remplissages, soit é l'intérieur de la roche, soit sur les plans de stratification. L'ensemble ressemble à *Rhizocorallium jenense* ZENKER, mais d'une part les stries de sculpturation des branches (primitivement tubes) manquent, d'autre part les traverses sont bien moins apparentes. Le diamètre des tubes varie de 1 à 3 cm. (Moersdorf, Grevenmacher, Schengen).

2° *Arenicolites franconicus* TRUSHEIM

Canaux (ici remplissages) en forme d'U, tout comme *Rhizocorallium*, mais sans traverses (pl. 10, fig. 2).
(Moersdorf, Grevenmacher).

3° Tubes divers

Tubes de diamètres divers (5 à 15 mm), non ramifiés, à parois lisses ou tapissées de *Coprulus* sp. (pl. 8, fig. 1).

4° *Coprulus* sp.

Certains échantillons de roche, mais surtout les moules intérieurs de fossiles ainsi que les remplissages de perforations dans la roche (pl. 8, fig. 1) montrent des grains sphériques ou ovoïdes de 0,5 à 1 mm de diamètre. Quand ces corps sont réguliers on pourrait y voir des Coprolithes de Vers ou de Gastéropodes, décrits par MAYER (1958, 1965) et W. SCHAEFER (1962) sous les noms de *Coprulus oblungus* et *Coprulus sphaeroideus*. Vu le faciès oolithique de certaines parties de la roche, il est difficile de distinguer entre les oolithes et *Coprulus* sp., quoique certains remplissages de terriers sont sûrement d'origine organique.
(Schengen, Moersdorf, Echternach).

5° *Coprulus bacilliformis* MAYER

Un banc gréso-dolomitique de la partie supérieure des Couches à entroques du « Heselberg » a fourni plusieurs échantillons portant des grains allongés en forme de petits saucissons (longueur moyenne 4 mm, diamètre 0,8 à 1 mm) qui ressortent soit par leur couleur (échantillon 1) soit par leur forme (échantillon 2).

L'échantillon 1 (Sammlungen für Naturkunde, Karlsruhe) a été déterminé et décrit par G. MAYER (1971). La photo (pl. 9, fig. 2) de même que deux autres photos citées plus bas ont été mis à ma disposition par M. G. Mayer, ce dont le remercie sincèrement.

L'échantillon 2 (pl. 9, fig. 1), moule interne d'un terrier du genre *Rhizocorallium commune*, est entièrement tapissé de la même espèce de Coprolithes. Les dimensions sont les mêmes (4 mm sur 0,8 à 1 mm), la largeur du moule interne est de 19 mm. De tels tapissages des terriers d'habitation sont assez communs.

6° *Calciroda kraichgoviae* MAYER

Sous ce nom MAYER (1952) décrit des filaments pleins, attachés aux moules internes ou aux empreintes extérieures de Mollusques. Il s'agissait primitivement de perforations dans les tests de Mollusques. Plus tard, ces fines tubulures ont été remplies de sédiment. Après le durcissement de ces moulages, la dissolution chimique des coquillages a fait apparaître les moulages sous forme de filaments.

Les filaments — en dolomie spathique — qui ne sont que rarement ramifiés ont un diamètre variant entre 0,5 et 1 mm. Parfois ces filaments sont comme collés sur les moules internes ou sur les empreintes extérieures du fossile dissous (type I), parfois on les trouve dans une sorte de géode (type II).

Les exemplaires du type I (pl. 8, fig. 3 et 4) sont tout à fait pareils au type décrit par MAYER (1952).

Pour les filaments du type II qui remplissent des creux plus développés (pl. 8, fig. 2, voir aussi HARY 1969a) il s'agit probablement d'une formation analogue, avec la seule différence que le test du fossile dissous était plus gros, test d'Huitre p. ex.

Les remplissages de perforations du genre *Calciroda* se rencontrent en masse dans les 3 carrières citées plus haut (Kelsbach, Heselberg, Alewerweiher), en exemplaires isolés un peu partout dans les autres affleurements des Couches à entroques. Comme fossiles-substrats certains j'ai pu identifier des Huitres, des Gastéropodes, des Lamellibranches et des Brachiopodes.

7° *Calciroda tubulata* n. sp.

Niveau stratigraphique : Partie moyenne des Couches à entroques.

Localité : Carrière du « Heselberg » près de Moersdorf.

Description de l'échantillon-type :

Dans un creux (pl. 8, fig. 5) de 6 cm de longueur et de 4 cm de largeur, creux laissé probablement par un test de Mollusque dissous, il existe des tubes d'un diamètre de 0,5 à 1 mm. Les parois sont très minces, lisses, formées de minuscules cristaux de dolomie.

Diagnose :

On peut s'expliquer la genèse de ces tubes à peu près de la même manière comme pour *Calciroda kraichgoviae* MAYER, avec quelques petites différences cependant. Pour *Calciroda tubulata* les étapes de la genèse seraient les suivantes :

- Perforation dans le test d'un Mollusque;
- tapissage du tube par de minuscules grains de sédiment à l'aide d'une sécrétion de l'animal, ou bien formation d'une gaine à l'aide d'une réaction entre cette sécrétion et le test du Mollusque;
- durcissement de cette gaine et éventuellement recristallisation lors de la dolomitisation;
- dissolution du test de Mollusque, faisant apparaître les tubes.

8° *Cliona (Vioa) lenticula* GRUBER

Il s'agit de petits corpuscules en dolomie, de l'ordre de 1 à 2 mm, en forme de massue aplatie, qui se rencontrent dans des creux laissés par des tests de Mollusques dissous. Ces corpuscules,

décrits par SCHMIDT (1938) et MAYER (1965), seraient les moules intérieurs des taraudages de l'éponge perforante *Cliona*.

Les détails des corpuscules sont donnés par les 2 photos de M. G. Mayer de Karlsruhe (pl. 9, fig. 4 et 5). Tout comme *Calciroda*, *Cliona lenticula* se rencontre avant tout dans les creux laissés par de gros tests de Mollusques dissous (pl. 9, fig. 3). Les corpuscules sont fixés soit à l'empreinte extérieure, soit au moule intérieur. Le deuxième cas indique avec certitude une mise en place des perforations après la mort du Mollusque. Les remplissages de perforations fixés à l'empreinte extérieure admettent également un taraudage du test de « l'animal porteur » du vivant de cet animal.

Cliona (Vioa) lenticula GRUBER se rencontre en grand nombre dans les affleurements du « Heselberg » près de Moersdorf et de l'« Alewerweiher » près d'Echternach, en exemplaires isolés le long de la route de Manternach à Berbourg. En ce dernier endroit, les perforations de *Cliona* se rencontrent exclusivement dans une colonie de Brachiopodes (*Terebratula vulgaris* SCHLOTHEIM). Les corpuscules de *Cliona* se rencontrant toujours fixés aux empreintes extérieures de *Terebratula* et les Térébratules étant apparemment en position de vie, il pourrait s'agir d'une véritable biocénose de *Cliona* et de *Terebratula*.

Souvent *Calciroda* et *Cliona* se trouvent ensemble dans un seul test de Mollusque (pl. 10, fig. 1).

4) ICHNOCÉNOSE D: COUCHES A CÉRATITES

a) Niveau stratigraphique et faciès

Le deuxième niveau du Muschelkalk supérieur, les couches à Cératites, se présentent soit sous un faciès de dolomie spathique à grain fin (le long de la Moselle, de Schengen à Grevenmacher), soit comme une alternance de bancs dolomitiques et de couches marneuses (le long de la Moselle et de la Sûre, de Grevenmacher jusqu'à Ettelbruck). Il existe un troisième faciès, le « Grès de Gilsdorf », décrit brièvement dans la première partie de cette étude.

Les fossiles sont assez rares; il en est de même des traces de vie. Si en Lorraine, p. ex. dans les Carrières Lafarge à Héming, certains bancs des Couches à Cératites sont complètement bioturbés, il n'en est pas de même pour le territoire luxembourgeois.

b) Affleurements à traces de vie :

1^o Carrière du « Heselberg » près de Moersdorf (partie supérieure), (x. 103 40/60; y. 89 00/15).

2^o Carrière abandonnée « Alewerweiher » près d'Echternach, partie supérieure (x. 94 15; y. 95 90).

3^o Carrière abandonnée du « Lâfbach » entre Grevenmacher et Mertert, partie supérieure (x. 100 81; y. 84 26/31).

c) Inventaire des traces de vie rencontrées :

Cet inventaire sera fait rapidement car, à part *Rhizocorallium* qui existe dans les trois affleurements, il y a une ichnocénose peu variée pour la carrière du « Heselberg » seulement. Ce sont donc les traces de vie de la partie supérieure de cet affleurement qui seront décrites.

1^o *Rhizocorallium jenense* ZENKER

Ce type de *Rhizocorallium*, décrit déjà pour le Muschelsandstein, se rencontre aussi avec les parois et les traverses tapissées de petits corpuscules arrondis (*Coprulus* sp.). Un exemplaire du « Hesel-

biert » (pl. 10, fig. 4) montre ce type de *Rhizocorallium*, décrit par MAYER (1958) et FREYBERG (1963).

2° *Arenicolites franconicus* TRUSHEIM

Type vu plusieurs fois au « Heselbiert », aussi bien dans les Couches à entroques que dans les Couches à Cératites. La photo de la planche 10, figure 2, montre la courbure en U d'un tel terrier ensemble avec un autre terrier non identifiable. Sur la photo les deux terriers ont l'air de n'en former qu'un seul. Le diamètre du tube d'*Arenicolites* est de 20 mm en moyenne.

3° *Serpentinichnus bruchsaliense* MAYER

Il s'agit de demi-reliefs serpentant à la face supérieure de bancs calcaires (description MAYER 1956) ou dolomitiques (« Heselbiert »), faisant corps avec la roche, sans sculpturation ni traverses. Les branches ont des diamètres de 1 à 3 cm. Ce sont les fameux « serpents fossilisés » des carriers.

4° Pistes sans sculpturation apparente

Hypo-relief endogène positif à la face inférieure d'un banc dolomitique marno-sableux. Tout le plan de stratification est couvert des moulages en relief positif (pl. 10, fig. 3) de pistes généralement lisses. Ces pistes, larges de 5 à 12 mm, mais d'un diamètre constant pour une même piste, ressemblent complètement aux pistes sans sculpturation du Gastéropode *Littorina* des plages actuelles. Je suis enclin à considérer des Gastéropodes comme auteurs de ces pistes; la roche contient du reste par endroits de petits nids de Gastéropodes, *Natica* sp. en majeure partie.

5° Cf. *Phycodes pedum* SEILACHER

Le même plan de stratification porte un exemplaire d'un autre type de trace (pl. 10, fig. 3 flèche) qui ressemble beaucoup à *Phycodes pedum* décrit par SEILACHER (1955, p. 397, fig. 4a et 4b). La figure 3 qui suit compare l'exemplaire de SEILACHER (a) à celui du « Heselbiert » (b).

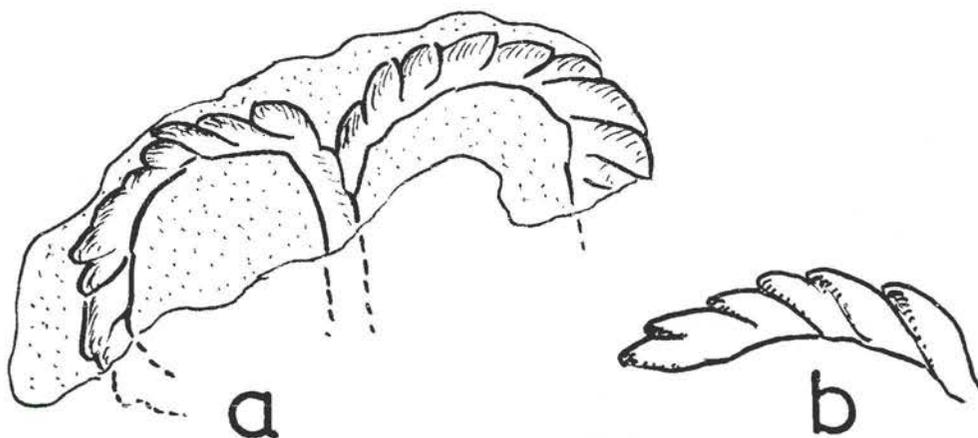


Figure 3: (a) *Phycodes pedum* SEILACHER (d'après SEILACHER 1955, fig. 4a). (b) cf. *Phycodes pedum* SEILACHER des Couches à Cératites de la carrière du « Heselbiert » près de Moersdorf. (Voir aussi pl. 10, fig. 3.)
Echelle: (a) à peu près grandeur naturelle; (b) échelle 1 : 2.

D'une piste principale, longue de 24 mm, partent, d'un même côté, des pistes secondaires longues de 5 mm. Ces pistes secondaires sont pratiquement parallèles et se touchent sans se traverser, le point de rencontre commun étant donné par la branche de 24 mm. La piste se présente comme un hypo-relief endogène positif.

Ce qui apparaît ici comme une piste fut probablement une galerie de nutrition d'un animal qui cherchait sa nourriture dans le sédiment, en partant d'une galerie principale.

5) ICHNOCÉNOSE E: GRÈS DE LUXEMBOURG

a) Niveau stratigraphique et faciès

Dans la majeure partie du territoire luxembourgeois, l'Hettangien supérieur est développé dans le faciès « Grès de Luxembourg ». Ce grès à ciment calcaireux affleure sur un quadrilatère Mondorf - Oberpallen - Bigelbach - Echternach - Mondorf. C'est dans l'aire de ce quadrilatère, surtout à l'Est, au centre et au Sud, que se situent les affleurements qui ont fourni les traces de vie de l'ichnocénose E.

Le faciès sableux n'est pas limité à l'Hettangien supérieur, mais dans certaines régions, notamment à l'Ouest du territoire luxembourgeois, ce faciès monte dans le Sinémurien.

Le Grès de Luxembourg se termine par une surface taraudée. Dans la partie centrale du Luxembourg, cette surface est directement recouverte par les Marnes et Calcaires de Strassen du Sinémurien inférieur. Tous les affleurements cités ci-après se trouvant dans cette aire, la surface taraudée est prise, autant que possible, comme niveau-répère. Les traces de vie de la surface taraudée elle-même seront décrites dans l'ichnocénose F.

b) Relevé des affleurements avec traces de vie

1^o Carrière en exploitation au lieu dit « Rammeldénger Knäppchen », à gauche de la route Senningerberg-Grünewald (x. 83 95 - 84 15; y. 80 18/48). Cette carrière sera prise comme carrière-type de l'ichnocénose, vu sa profusion en traces de vie sur plusieurs horizons. L'exploitation de la carrière se fait en plusieurs étages, dont le deuxième d'en haut, 8 à 18 m au-dessous du sommet (pl.11, fig. 1) est le plus riche en faune ichnologique. La figure 2 de la même planche montre un détail du front d'abattement de la carrière avec trois niveaux (flèches) à ichnofaune.

1^o Carrière en exploitation au lieu dit « Rammeldénger Knäppchen », à gauche de la route Senningerberg-Grünewald (x. 83 95 - 84 15; y. 80 18/48). Cette carrière sera prise comme carrière-type de l'ichnocénose, vu sa profusion en traces de vie sur plusieurs horizons. L'exploitation de la carrière se fait en plusieurs étages, dont le deuxième d'en haut, 8 à 18 m au-dessous du sommet (pl. 11, fig. 1) est le plus riche en faune ichnologique. La figure 2 de la même planche montre un détail du front d'abattement de la carrière avec trois niveaux (flèches) à ichnofaune.

2^o Carrière abandonnée près des fermes du « Kuebebour » à l'W d'Hersberg (x. 89 78/92; y. 91 20/22).

(3^o à 6^o: carrières de la région Mondorf - Altwies - Aspelt.)

3^o Carrière abandonnée « Nangeroni » près d'Altwies (x. 86 19/24; y. 64 64).

4^o Carrière abandonnée au lieu dit « Kaaschemillen », à droite de la route Mondorf - Altwies (x. 86 75/90; y. 63 60/85).

5^o Carrière abandonnée au lieu dit « Beckeschmillen », à droite de la route Altwies - Aspelt (x. 85 70/90; y. 63 85/92).

6^o Carrière abandonnée au lieu dit « Haed », à droite de la route Altwies - Aspelt (x. 85 32/50; y. 64 35/85).

(7° à 10°: carrières de la région Gonderange - Bourglinster.)

7° Carrière abandonnée au lieu dit « Huscht », à gauche de la route Gonderange - Bourglinster (x. 84 48/52; y. 84 76/84).

8° Carrière abandonnée un peu au Nord de la précédente, à droite de la même route (x. 84 50; y. 85 10/13).

9° Carrière abandonnée qui suit immédiatement la précédente, au point 406 de la carte top. (x. 84 50; y. 85 18/24).

10° Carrière en exploitation, immédiatement à l'E de la précédente (x. 84 60/62; y. 85 20/25).

(11° à 13°: carrières du Widdenberg entre Roodt/Syr - Mensdorf - Flaxweiler.)

11° Carrière abandonnée au N du Widdenberg (x. 91 00/15; y. 81 00/08).

12° Carrière abandonnée au SW de la précédente, pl. 17, fig. 1, des flèches indiquent les deux niveaux à ichnofaune, (x. 90 68/88; y. 80 70/85).

13° Carrière abandonnée de la partie sud du Widdenberg (x. 91 00/15; y. 79 56/96).

14° Tranchée d'une nouvelle route au lieu dit « Schaedhaff » à l'W de Sandweiler (x. 82 20/30; y. 75 00/20).

Toute une série d'autres affleurements ont été visités, mais ne sont pas cités, n'ayant fourni que des traces non typiques, p. ex. des perforations sans sculpturation.

c) Description systématique des traces de vie

1° *Gyrochorda comosa* HEER

C'est peut-être la plus connue des traces de vie dans les sédiments gréseux du Jurassique. Les fameuses « pistes de tresses » ont fait l'objet de nombreuses interprétations, dont nous retiendrons celle de WEISS (1941) et SEILACHER (1955), voir figure 4.

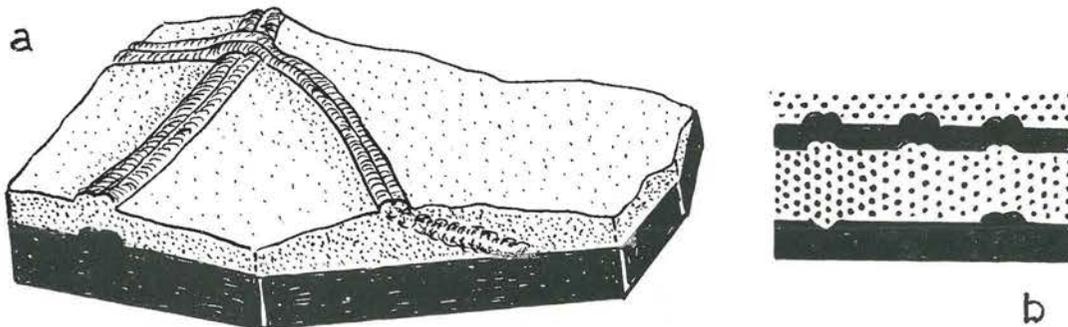


Figure 4: (a) *Gyrochorda* d'après WEISS (1940) présentation et mode de croisement; (b) coupes en profil de *Gyrochorda* d'après SEILACHER (1955).

Echelle: à peu près grandeur naturelle. (Voir aussi pl. 12, fig. 1-4.)

Il s'agit de pistes en relief positif (bourrelets en tresses) à la face supérieure des bancs gréseux (pl. 11, fig. 3 et pl. 12, fig. 1 et 3), en relief négatif (sillon à crête médiane) à la face inférieure (pl. 12, fig. 2 et 4). La largeur est de 2 à 3 mm. Les bourrelets font corps avec le sédiment. Parfois, mais assez rarement, on constate le passage d'un sillon à un bourrelet non sculpté à la face inférieure des bancs de grès.

WEISS (1941) admet comme auteur des pistes en tresses un animal allongé (Vers) avec des cils disposés en deux rangées, causant ainsi l'aspect tressé lors du passage dans le sédiment. SEILACHER (1955) admet lui aussi un animal allongé (Vers?) qui traversait le sédiment obliquement, sans le transformer en apparence. C'est pourquoi la piste ne montre pas un plein-relief, mais seulement une déformation en demi-relief positif. On peut constater une relation entre les traces en relief positif du plan de stratification supérieur et les sillons du plan de stratification inférieur. Les traces de la face inférieure sont moins courbées que les bourrelets du plan de stratification supérieur. Là où la partie postérieure de l'animal traînait derrière, dans le plan de stratification inférieur, le sillon se change pendant un moment donné en un bourrelet à relief inversé.

Gyrochorda comosa HEER se rencontre dans les 14 affleurements cités plus haut. Il est probable que cette ichnoespèce existe aussi dans d'autres affleurements du Grès de Luxembourg.

2° *Bolonia lata* MEUNIER

La détermination a été faite d'après SEILACHER (1955) où cette piste, qui se présente en relief positif aussi bien sur les plans de stratification supérieurs qu'à la base inférieure des bancs (fig. 5), est citée pour les grès du Lias et du Dogger au Wurtemberg.

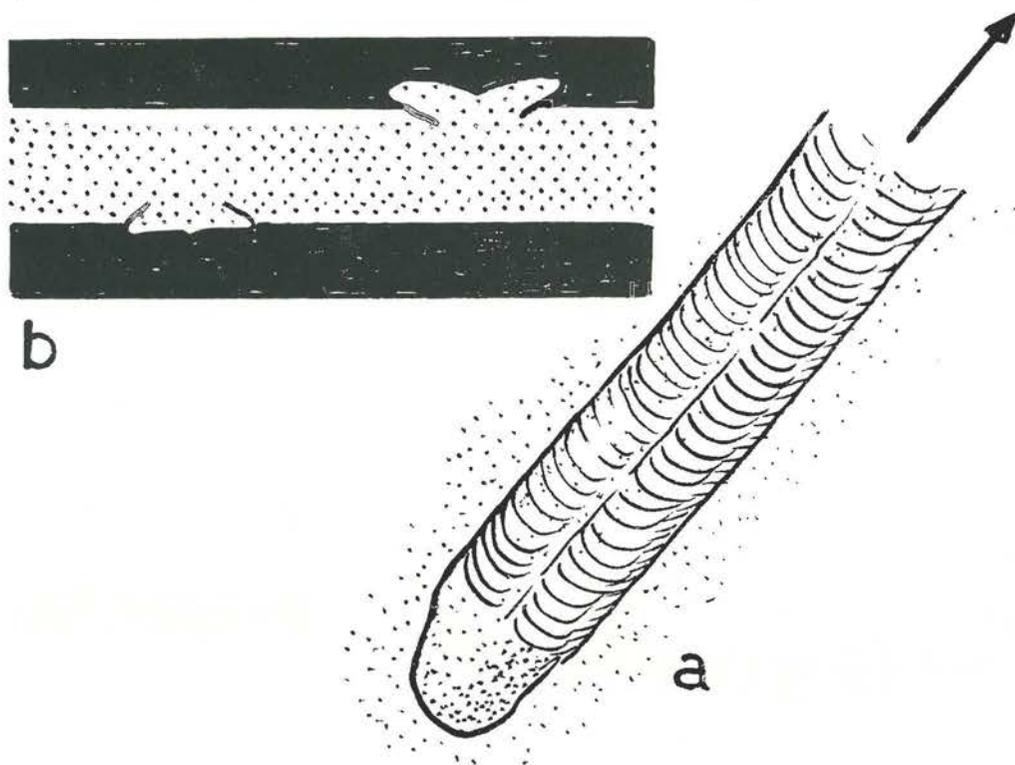


Figure 5: *Bolonia lata* MEUNIER, trace bilobée de Gastéropode, vue d'en haut (a) et coupe schématique du profil (b), la coupe d'après SEILACHER (1955, fig. 5, no. 44).
Echelle: à peu près grandeur naturelle. (Voir aussi pl. 14, fig. 1-3.)

MAUBEUGE (1970) range ce type de piste dans l'ichnogène *Gyrochorda*. Je pense cependant plutôt à *Bolonia lata* MEUNIER qui, d'une part a des dimensions sensiblement égales à la description de SEILACHER, d'autre part se présente en relief positif sur les deux plans de stratification. Les

figures 1 et 3 de la planche 14 montrent la trace *Bolonia* à la face supérieure de bancs de grès, la figure 2 de la même planche montre un exemplaire à la face inférieure.

Bolonia lata MEUNIER (1886, p. 567, pl. 30, fig. 8), que l'auteur décrit du Jurassique supérieur du Pas-de-Calais en France, est d'après SEILACHER (1955, p. 374) une piste bilobée de reptation et de fouissage d'un Gastéropode qui vivait dans le sédiment. Cette piste serait à mettre, toujours d'après SEILACHER, dans l'ichnogroupe très variable *Scolicia* DE QUATREFAGES. Ce groupe comprendrait comme synonymes *Nemertilites* SAVI et MENEHINI 1870, *Bolonia* MEUNIER 1886, *Tetraichnites* DE STEFANI 1895, *Curvolithus* FRITSCH 1908, *Subphyllochorda* et *Paleobullia* GOETZINGER et BECKER 1932. SEILACHER est d'avis que ces types justifient des ichnoespèces différentes, mais sont néanmoins trop proches l'une de l'autre pour justifier des ichnogènes différents. Si je conserve le nom de *Bolonia*, c'est pour ne pas devoir créer une nouvelle espèce du genre *Scolicia*.

La piste *Bolonia lata* MEUNIER se rencontre en masse dans la carrière du « Rammeldénger Knäppchen » ainsi que dans les affleurements entre Gonderange et Bourglinster.

3° *Rhizocorallium* sp.

Au « Rammeldénger Knäppchen », il existe d'assez nombreux terriers de *Rhizocorallium* sp. verticaux ou subverticaux, protrusifs ou retrusifs. Vu l'état trop frais des coupes verticales, les terriers ne sont pas très apparents (pl. 15, fig. 4). La profondeur des terriers est de 20 à 40 cm, la largeur de 6 à 10 cm.

4° Sorties de terriers

Si les terriers en U, *Rhizocorallium* et autres, ne s'observent que difficilement, les plans de stratification montrent à profusion les entrées (et sorties) de tels terriers verticaux (pl. 12, fig. 4 et pl. 13, fig. 1). Les diamètres les plus usuels varient de 4 à 20 mm. Souvent on constate un très net groupement en paires d'ouvertures de même diamètre (pl. 12, fig. 4); il s'agit donc bien de tubes en U, même si l'observation des terriers à l'intérieur de la roche est impossible.

Après comparaison à l'aide d'autres traces de vie sur les mêmes plans de stratification j'ai constaté que ces ouvertures présentent des différences morphologiques suivant le plan de stratification, supérieur ou inférieur, sur lequel ils se trouvent.

Les véritables ouvertures se trouvent bien entendu à la face supérieure des bancs. On constate alors une légère dépression au centre — le remplissage du tube n'est généralement pas complet — et autour un bourrelet circulaire peu élevé (pl. 13, fig. 1).

Si une nouvelle couche de sédiment couvre une des faces décrites dans l'alinéa précédent, alors les dépressions circulaires apparaissent comme élévations en forme de bouchons, le bourrelet circulaire cause un sillon de la même forme (pl. 12, fig. 4).

5° Terrier vertical d'un Lamelibranche

Dans les coupes verticales de gros bancs de grès on voit parfois des Lamelibranches qui vivaient dans le sédiment et qui ont été fossilisés sur place. Le test du fossile a été conservé avec le canal d'alimentation par lequel sortait le syphon (pl. 14, fig. 4). Le trou d'alimentation a été rempli plus tard par un bouchon de sable, conservé sous la forme d'un cylindre de grès. L'exemplaire représenté sur la planche 14 a les dimensions suivantes: Lamelibranche: 20 mm de largeur, 30 mm de hauteur; le trou d'alimentation a un diamètre de 5 mm et une profondeur de 16 cm. Les terriers de ce type ne sont pas rares dans la carrière du « Rammeldénger Knäppchen ».

6° *Gordia* sp.

EMMONS (1844) décrit sous cette appellation des pistes (de Vers?) lisses, à ondulations irrégulières. Les pistes, laissées en creux sur le sédiment, apparaissent en relief (hypo-relief endogène positif) à la base du banc de grès susjacent. Une trace de ce type a été photographiée au « Kuebour » près d'Hersberg (pl. 13, fig. 2), une autre entre Gonderange et Bourglinster (pl. 13, fig. 5). La largeur des pistes est de 2 mm au maximum. La piste de la figure 2 ressemble tout à fait aux pistes d'*Eteone longo* des plages sableuses actuelles.

7° *Muensteria* sp.

Il s'agit encore une fois d'une trace de vie à interprétations multiples. SEILACHER (1959, p. 1070) comprend par *Muensteria* des galeries de nutrition simples avec rembourrages en forme de verres de lunettes.

A cette définition correspond tout à fait une galerie au « Rammeldénger Knäppchen » (pl. 15, fig. 2). Le diamètre de la galerie est de 5 mm. Deux autres plaques du même affleurement montrent des systèmes ramifiés de telles galeries qui se rencontrent en un point central (pl. 15, fig. 3). La disposition des rembourrages des galeries est identique à la figure 2, les diamètres des galeries dans les deux systèmes sont de 5 mm et de 7 mm. A part les deux différences citées plus haut, ramifications et point central, il existe une troisième différence: l'exemplaire non ramifié se trouve à l'intérieur de la roche, apparaissant sur un plan de clivage, les 2 exemplaires ramifiés sont visibles sur un plan de stratification.

8° Galeries lisses ramifiées

Les plans de clivage plus ou moins altérés montrent des galeries de toutes sortes, allant jusqu'à une bioturbation complète (pl. 13, fig. 3). Un type me semble quand même assez caractéristique pour être cité. Il s'agit de grosses galeries (1 à 2 cm de diamètre) ramifiées (pl. 13, fig. 4 et fig. 3 au milieu, flèche). Les galeries sont un peu aplaties par la compression diagénétique.

9° *Chondrites* sp.

Certains bancs de grès très minces (1 à 2 cm) sont complètement couverts et pétris de tiges ramifiées d'un diamètre d'un millimètre à peu près. Il ne peut s'agir que de galeries de nutrition du type *Chondrites*, galeries remplies par du sédiment, gréseux lui aussi (pl. 15, fig. 1).

10° Cf. *Palaeophycus kochi* LUDWIG

Quoique RICHTER (1927, p. 201) affirme que *Palaeophycus kochi* ne correspond pas à la définition de *Palaeophycus* HALL (1847), j'ai quand même gardé ce nom, parce que les traces en question correspondent assez bien à la description de LUDWIG (1886, p. 110), même si *Palaeophycus kochi* n'est pas un véritable *Palaeophycus*. Les traces du Grès du Luxembourg sont des pistes lisses à boucles irrégulières. Les traces se trouvent à la face supérieure des bancs de grès, dans le plan de stratification. La largeur des pistes en relief négatif est de 1 à 2 mm, très constante pour un plan de stratification donné. J'ai rencontré ce type sur un bloc isolé du « Rammeldénger Knäppchen » (pl. 17, fig. 3 et 4) ainsi qu'en place au Widdenberg (endroit indiqué par la flèche inférieure de la figure 1, planche 17).

11° *Phycodes* cf. *palmatum* HALL

Les traces de vie du type *Phycodes palmatum* sont des galeries de nutrition à la base inférieure de bancs de grès et ont été décrites par SEILACHER et par d'autres auteurs pour l'Ordovicien.

Quoique beaucoup plus jeunes, les trois exemplaires du Grès de Luxembourg au « Rammeldénger Knäppchen » (pl. 16, fig. 1 et 2) ressemblent beaucoup aux figures 3 et 4 de la planche 23 de SEILACHER (1955). Les bourrelets arqués de *Phycodes* représenteraient la partie inférieure de terriers en U et seraient dus aux déplacements, autour d'un point central, de l'animal qui creuse chaque fois un nouveau terrier, tandis que le terrier abandonné est rempli de sédiment.

12^o *Phycodes* sp.

Un banc d'une carrière abandonnée entre Gonderange et Bourglinster (affleurement no. 8) montre deux exemplaires d'un autre type de galeries que je considère également comme *Phycodes* sp. Les systèmes qui se trouvent à la base inférieure du banc de grès (pl. 16, fig. 3 et 4) sont sûrement à considérer comme des galeries creusées par un animal à la recherche de sa nourriture.

13^o *Asteriacites lumbricalis* SCHLOTHEIM

Un banc surplombant de la carrière du Widdenberg (pl. 17, fig. 1, flèche supérieure) montre à sa base inférieure deux moulages d'empreintes pareilles à celles décrites plus haut pour le Muschel-sandstein de Rosport. Mais les 2 empreintes-ci (pl. 17, fig. 2), de mêmes dimensions et probablement dues au même animal, sont nettement plus grandes que l'empreinte de Rosport (5 cm de diamètre).

14^o *Calciroda* sp.

Remplissages des perforations dans des creux laissés par des tests dissous de Lamellibranches, probablement de Cardinies (pl. 18, fig. 1). La genèse de ces remplissages a été décrite pour les exemplaires du Muschelkalk supérieur.

15^o Piste d'enfouissement (?)

La figure 2 de la planche 18 montre une trace qui se trouve à la face supérieure d'un banc de grès du « Rammeldénger Knäppchen ». Des deux côtés d'une partie centrale plus ou moins cylindrique se trouvent deux bourrelets latéraux qui font penser à du sédiment rejeté lors de l'enfouissement d'un animal. Cela indiquerait alors une direction du haut vers le bas.

16 Terrier ou trace d'enfouissement (?)

Un bloc de la région Bourglinster - Gonderange (affleurement 10) montre sur un plan de stratification (impossible de décider s'il s'agit d'une face supérieure ou d'une face inférieure) deux traces d'activité animale, formés par des bourrelets demi-circulaires qui s'encastrent les uns dans les autres (pl. 18, fig. 3). Les diamètres des 2 traces sont de 3 cm et de 4 cm. S'agit-il d'un terrier en U à traverses ou d'une trace d'enfouissement semblable à celles des Crabes sur les plages actuelles? Ne reconnaissant aucun tube ou remplissage de tube en U, je crois plutôt à la deuxième hypothèse.

17^o « Crescent-mark »

moulage à la base du banc au-dessus de celui qui portait la marque primitive (pl. 18, fig. 5).

Pour cette dernière plaque de grès il ne s'agit pas d'une trace de vie, mais d'une figure sédimentaire. J'ai voulu l'ajouter à cette étude puisque, d'une part, c'est une figure assez rare dans nos sédiments, d'autre part c'est une marque qui coïncide très bien avec le milieu caractérisé par les traces de vie décrites plus haut.

Cette figure en croissant ou fer à cheval est due à un courant assez faible qui heurte un obstacle, creuse un sillon en arrière et des deux côtés et amoncelle du sédiment du côté de l'obstacle opposé au courant. Notre marque de courant est conservée en moulage, c.-à-d. en relief inverse, à la base inférieure d'un banc de grès.

d) Quelques considérations écologiques et facielles

Il est peut-être intéressant de comparer l'ichnocénose du Muschelsandstein et celle du Grès de Luxembourg. La comparaison concernant les ichnocénoses sera faite plus tard, à la fin de cette étude. La comparaison de cet alinéa-ci concerne donc plutôt le milieu et le faciès pétrographique.

Le Muschelsandstein est un grès argileux aleuritique avec beaucoup de mica, tandis que le Grès de Luxembourg est un grès calcaireux, à grain moyen, plus grossier que le Muschelsandstein.

Les bancs du Muschelsandstein sont minces — un centimètre à plusieurs décimètres — dans la partie moyenne et supérieure, partie de l'ichnocénose décrite. Pour le Grès de Luxembourg l'ichnocénose E se situe aux deux faces, et plus rarement à l'intérieur, de bancs dont l'épaisseur varie de 2 à 6 décimètres. Il existe quelques rares bancs de l'ordre du centimètre. Pour le Muschelsandstein, la faune sédimentaire persistait pratiquement d'une manière continue, les organismes fouisseurs remontant ou descendant au rythme de la sédimentation positive ou négative. Dans le Grès de Luxembourg, les niveaux à ichnofaune sont parfois très éloignés l'un de l'autre. Quant au faciès, les couches favorisées par la vie sur et dans le sédiment sont les bancs de grès plus friables, donc plus argileux que le reste. Les bancs grésocalcaireux, plus durs, renferment plus rarement de l'ichnofaune. Les quelques bancs complètement bioturbés (« Kuebebour ») montrent un grès très friable. *Rhizocorallium* préfère aussi des grès assez friables, tandis que *Gyrochorda* et *Bolonia* se rencontrent indifféremment sur les deux variantes du Grès de Luxembourg. Pour *Asteriacites* et *Muensteria* ce sont de nouveau des bancs friables.

Tandis que pour le Muschelsandstein la même faune à l'air d'être continue — malgré une sédimentation assez mouvementée — les niveaux à ichnofaune du Grès de Luxembourg sont presque toujours séparés par un ou plusieurs mètres de roche sans traces de vie. Ces bancs montrent généralement une stratification oblique bien marquée et des plans de stratification très bombés; on doit donc admettre une sédimentation bien mouvementée et des courants très forts, l'adduction massive de sédiment tuant les organismes de l'ichnofaune. Les intervalles assez grands entre les niveaux bioturbés rendent probable un laps de temps d'une certaine importance nécessaire pour la réimmigration des organismes sédimentaires à partir d'un endroit plus ou moins éloigné. Les niveaux à ichnofaune semblent assez localisés, mais couvrent néanmoins des aires dépassant plusieurs kilomètres carrés: région d'Aspelt à Mondorf, de Gonderange à Bourglinster. Une corrélation à plus grande distance est impossible à cause de la discontinuité des affleurements et du manque de persistance dans l'épaisseur et dans le caractère lithologique des bancs de grès.

e) Niveau des horizons à ichnofaune dans le Grès de Luxembourg

Là encore, sauf trois cas, il est difficile de localiser ces niveaux avec précision, soit par rapport à la base, toujours cachée par des éboulis des pentes, soit par rapport à la surface taraudée du sommet du grès, souvent disparue par l'érosion dans les affleurements sur les plateaux, p. ex. au Senningerberg, au Widdenberg, entre Bourglinster et Gonderange. Les indications de niveau qui

suivent restent donc forcément assez vagues. Je reprendrai les affleurements cités plus haut, au début du chapitre sur l'ichnocénose E, tout en les groupant :

1^o « Rammeldénger Knäppchen », entre Senningerberg et Grünewald :

4 niveaux à traces de vie très diverses et à perforations dans la partie située entre 8 et 18 m à partir du sommet de la carrière, ce qui équivaut plus ou moins à la partie centrale du corps gréseux appelé Grès de Luxembourg. Les 8 m qui forment l'étage supérieur de cette carrière renferment quelques terriers verticaux peu caractéristiques. La partie inférieure de l'affleurement n'a pas fourni des traces de vie.

2^o Affleurements de la région Gonderange - Bourglinster :

Ces deux bancs à traces de vie se trouvent à peu près au même niveau que ceux du « Rammeldénger Knäppchen ».

3^o Les affleurements du Widdenberg montrent un horizon à ichnofaune dans la carrière 11 (*Gyrochorda* et tubulures diverses), deux horizons dans la carrière 12 (*Asteriacites* plus *Gyrochorda* et diverses autres traces à la base inférieure d'un banc, cf. *Palaeophycus kochi* sur une base supérieure, un mètre plus bas) et un horizon dans la carrière 13 (*Gyrochorda*). Il est impossible de corréliser les trois bancs à *Gyrochorda*, mais ils se trouvent sensiblement au même niveau, à 10 m au maximum de la base inférieure du Grès de Luxembourg.

Pour les affleurements qui suivent, cette fixation du niveau peut se faire avec précision puisque la surface taraudée (en ces régions à la limite Hettangien/Sinemurien) existe dans les affleurements.

4^o Dans la carrière du « Kuebebour » près d'Hersberg, les 7 à 8 derniers mètres au-dessous de la surface taraudée (tout ce qui affleure) sont très bioturbés. On rencontre tous les types de traces décrits plus haut, sauf *Asteriacites*, *Palaeophycus* et *Calciroda*.

5^o Les carrières de Mondorf (3 à 6) montrent plusieurs niveaux à *Gyrochorda* qui se situent entre 2 et 10 m au-dessous de la surface taraudée.

6^o La tranchée de la route au « Schaedhaff » près de Sandweiler montre un niveau à *Gyrochorda* à 2 m au-dessous de la surface taraudée.

Les bancs qui portent de l'ichnofaune sont probablement encore beaucoup plus nombreux, mais on ne les localise que très difficilement dans les parois verticales de la plupart des affleurements. Ils n'ont donc pratiquement aucune valeur stratigraphique, mais peuvent compléter utilement les autres indices de faciès concernant le milieu marin dans lequel ces ichnocénoses se sont formées.

En grandes lignes les constatations ichnologiques confirment les hypothèses actuelles concernant le milieu de dépôt du faciès Grès de Luxembourg : « un, ou plusieurs, off shore bar disposé parallèlement à l'ancien continent gallo-ardennais » (BINTZ et autres, 1973). Le milieu marin était en tout cas très bien aéré et à eau peu profonde, parfois probablement proche de l'exondation.

6) ICHNOCENOSE F: SURFACE TARAUEE AU SOMMET DU GRES DE LUXEMBOURG

Les « surfaces taraudées » sont des surfaces d'arrêt de la sédimentation, souvent avec érosion et ravinement plus ou moins prononcé. La présence d'une véritable surface taraudée présume un substrat dur, soit de la roche, soit un sédiment plus ou moins durci par un début de diagenèse.

Parfois on utilise encore le terme de « hard-ground » pour de telles surfaces. L'« Essai de nomenclature et caractérisation des principales structures sédimentaires » de la Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production du Pétrole et du Gaz naturel (1966, p. 13) propose le terme de « discontinuité par ravinement ».

La surface terminale du Grès de Luxembourg dans la partie centrale du pays, à l'intérieur de la masse gréseuse en direction de la frontière belge, ressemble largement à toutes les nombreuses surfaces pareilles des sédiments jurassiques du Bassin de Paris. C'est avec l'intention d'être aussi complet que possible que je décris brièvement la surface taraudée du Grès de Luxembourg.

A côté des ravinements, des cailloutis et des croûtes ferrugineuses, comme caractères sédimentologiques, il y a comme fossiles attachés des Huitres, des Serpules et quelques Bryozoaires, puis de nombreuses perforations (taraudages) comme ichnoespèces. Ces perforations affectent aussi bien le sédiment durci (la roche actuelle) que des galets plats sur cette discontinuité par ravinement. Ces galets, généralement gréseux, sont souvent taraudés sur les deux faces. Dans ce qui suit je vais décrire brièvement les 3 principaux types de perforations.

1^o Tubes ramifiés

dans la roche même, avec une ou plusieurs ouvertures à la surface de discontinuité.

Le diamètre est de 5 à 7 mm, la profondeur va jusqu'à 20 cm (pl. 19, fig. 1). Ce type se rencontre un peu partout dans la surface taraudée du Grès de Luxembourg, mais seulement en pleine roche. Il s'agit probablement de terriers de Vers.

2^o Perforations dues à des Lithodomes

Creux de forme ovoïde dont le diamètre varie de 3 à 6 mm, la profondeur de 6 à 10 mm. Les perforations de ce genre se rencontrent aussi bien en pleine roche que dans les galets de grès (pl. 19, fig. 2).

3^o Perforations verticales grèles du type *Trypanites* sp.

Les tubes verticaux, de 1 à plusieurs mm de diamètre, et jusqu'à 4 cm de profondeur, ont déjà été décrits pour l'ichnocénose A.

Les autres surfaces taraudées qui existent dans les sédiments de notre territoire, surtout dans le Jurassique moyen, ne seront pas décrites puisqu'au fond c'est toujours la même chose.

7) ICHNOCÉNOSE G: MARNES ET CALCAIRES DE STRASSEN

Tout comme pour le Muschelkalk supérieur, les traces d'activité des divers organismes ne forment pas une ichnocénose dans le sens propre du terme, c.-à-d. des traces d'organismes sur un même substrat. Toutes les traces d'activité animale du faciès Marnes et Calcaires de Strassen (Sinémurien) seront décrites, qu'elles se rencontrent dans les marnes, dans les bancs de calcaire, ou dans les tests des fossiles.

1) Affleurements

1^o Talus gauche de la route Schengen - Burmerange (x. 92 59; y. 59 49).

2^o Talus gauche de la route CR. 150 entre Mondorf et Remich (x. 90 32; y. 65 64).

3^o Talus gauche de la route CR. 192 entre Ellange et Elvange (x. 90 11; y. 64 44).

- 4^o Talus gauche et droit de la même route, près du réservoir d'eau (x. 90 50; y. 64 04).
- 5^o Talus droit de la route E. 42, Remich - Luxembourg, peu avant Sandweiler (x. 84 70; y. 74 40).
- 6^o Talus droit de la même route, un peu plus en direction de Sandweiler (x. 84 66; y. 74 50).
- 7^o Talus gauche et droit de la même route, juste à l'entrée de Sandweiler (x. 84 78; y. 74 92).
- 8^o Lit rocheux d'un petit ruisseau près de Marienthal, à gauche de la route vers Klaushof (x. 86 40; y. 94 72).
- 9^o Tranchée SEBES au lieu dit « Ditzebierg », au S de Kapweiler.
- 10^o Tranchée d'une nouvelle route au « Schaedhaff » à l'W de Sandweiler (x. 82 50/70; y. 64 62/80).
- 11^o Tranchée SEBES au S du « Schaedhaff » (x. 75 - 82 15; y. 74 42).

b) Description des traces d'activité animale

1^o Chondrites sp.

Galeries de nutrition ramifiées qui forment des systèmes étendus. Les couches du Sinémurien luxembourgeois, faciès Marnes et Calcaires de Strassen, ont fourni jusqu'ici deux types de *Chondrites*:

- un vaste système de remplissage pyritisés des galeries primitives (pl. 20, fig. 4) de la tranchée SEBES au lieu dit « Ditzebierg ». L'échantillon provient des marnes.
- remplissages gris-jaune dans les calcaires gris-bleu du talus de la route entre Schengen et Burmerange.

Dans les deux cas les galeries ont un diamètre d'un peu plus d'un millimètre.

2^o *Kulindrichnus langi* HALLAM

HALLAM (1960, p. 64, pl. 15) a décrit ces corps à la forme de cylindre ou parfois de tronc de cône, arrondis en calotte du côté inférieur (pl. 20, fig. 1 à 3). La partie supérieure est parfois évasée (pl. 20, fig. 1). Le tout est entouré d'une gaine (pl. 20, fig. 2) épaisse de 5 à 6 mm. Le diamètre, gaine comprise, varie entre 20 et 35 mm, la hauteur totale, zone évasée comprise, dépasse 10 cm.

Ces corps, souvent décrits comme Coprolithes (p. ex. FIRTIION 1938) sont considérés aujourd'hui comme des terriers creusés dans le sédiment (HALLAM 1960, HAENTZSCHEL 1965). Une sécrétion de l'animal aurait consolidé une partie du sédiment, formant ainsi les parois du terrier, ce qui expliquerait la gaine des exemplaires fossiles.

Kulindrichnus langi est connu pour le Lias de l'Angleterre, de l'Ecosse, de la Lorraine et du Wurtemberg. Au Luxembourg il a été trouvé dans le Sinémurien du « Ditzebierg » (affleurement 9), près d'Ellange (affleurement 3) et au « Schaedhaff » (affleurement 10).

Les trois genres de traces de vie qui suivent n'ont pas été creusés dans le sédiment, mais se présentent comme taraudages des très nombreuses Liogryphées de tous les affleurements cités plus haut. Parmi ces taraudages il y a trois types caractéristiques:

3° *Zapfella pattei* DE SAINT-SEINE

Taraudages dans les tests de Mollusques en forme de petits sacs d'environ 1 mm de largeur, de plusieurs millimètres de longueur et de profondeur, ouverture en forme de virgule (DE SAINT-SEINE 1955, CODEZ et DE SAINT-SEINE 1958).

Zapfella se rencontre dans toutes les populations de Liogryphées du Luxembourg (HARY 1969b). Le pourcentage des Liogryphées taraudées par *Zapfella* s'étend de 5 jusqu'à 67% du total des exemplaires examinés.

4° Taraudages de Bryozoaires lithophages

Creux en forme de filaments ramifiés, accompagnés généralement sur les deux côtés de minuscules trous ronds (HARY 1969b). La largeur des filaments est à peu près de 0,2 mm, le diamètre des trous est du même ordre. Il s'agit des loges de Bryozoaires lithophages. Ce type de taraudages est également très répandu dans les populations de Liogryphées du Luxembourg. Les pourcentages des exemplaires de Liogryphées qui portent des taraudages de ce type vont jusqu'à 51%.

5° Perforations cylindriques

Quelques Liogryphées, une vingtaine en tout, portent des perforations cylindriques, à ouverture circulaire et à base en forme de calotte sphérique. Cette perforation se retrouve toujours au crochet de la Liogryphée et rappelle les perforations (inachevées) causées par le Gastéropode *Natica* des plages actuelles.

V. QUELQUES CONSIDERATIONS SUR LES ICHNOSPECTRES DES DIVERSES ICHNOCENOSSES

« Le caractère des associations de traces de vie change avec le milieu de formation. Abstraction faite de la constatation que la plupart des traces de vie nous sont transmises par des couches gréseuses à bancs peu épais, le nombre de traces semble augmenter en général avec le facteur marin croissant. Les grès du Keuper, à faciès principalement non marin, ne renferment que peu de types qui d'habitude ne se trouvent pas ensemble, mais isolés en associations d'une seule espèce quoique riches en individus. Les grès marins du Jurassique souabe ou, à plus forte raison, le Flysch renferment un bien plus grand nombre de formes, et une même plaque peut montrer des types les plus divers.

« A côté des différences quantitatives il y a aussi des différences qualitatives entre les associations de traces de vie. Il va de soi que des traces d'Echinodermes sont absentes dans les associations continentales. Mais à part cela les formes plus caractéristiques semblent bornées à des sédiments marins p. ex. *Gyrochorda*, les Chondrites et la plupart des terriers à traverses.

« La coupure écologique la plus marquée n'existe pas entre associations de traces de vie continentales et marines, mais à l'intérieur du secteur marin... Des ichnocénoses du type Flysch sont toujours liées à des sédiments typiques aux géosynclinales. Un autre ichnofaciès par contre — caractérisé également du côté ichnologique par des traces de repos épipsammitiques comme formation d'une eau peu profonde et bien éclairée — est lié toujours à des sédiments formés dans les eaux épicontinentales, paraliques ou continentales. » (SEILACHER 1955).

La comparaison se fait assez facilement à l'aide des « ichnospectres », c.-à-d. de représentations graphiques des ichnocénoses dans un histogramme où l'on note en abscisse les différents types de traces de vie, en ordonnée le nombre d'espèces pour chaque type. La figure 6, d'après SEILACHER (1955) montre de tels spectres pour le Grès à roseaux du Wurttemberg (à prépondérance continentale), les grès du Lias et du Dogger au Wurttemberg (milieu marin d'une eau peu profonde), le Flysch éocène (milieu marin de géosynclinale) et la Molasse marine suisse.

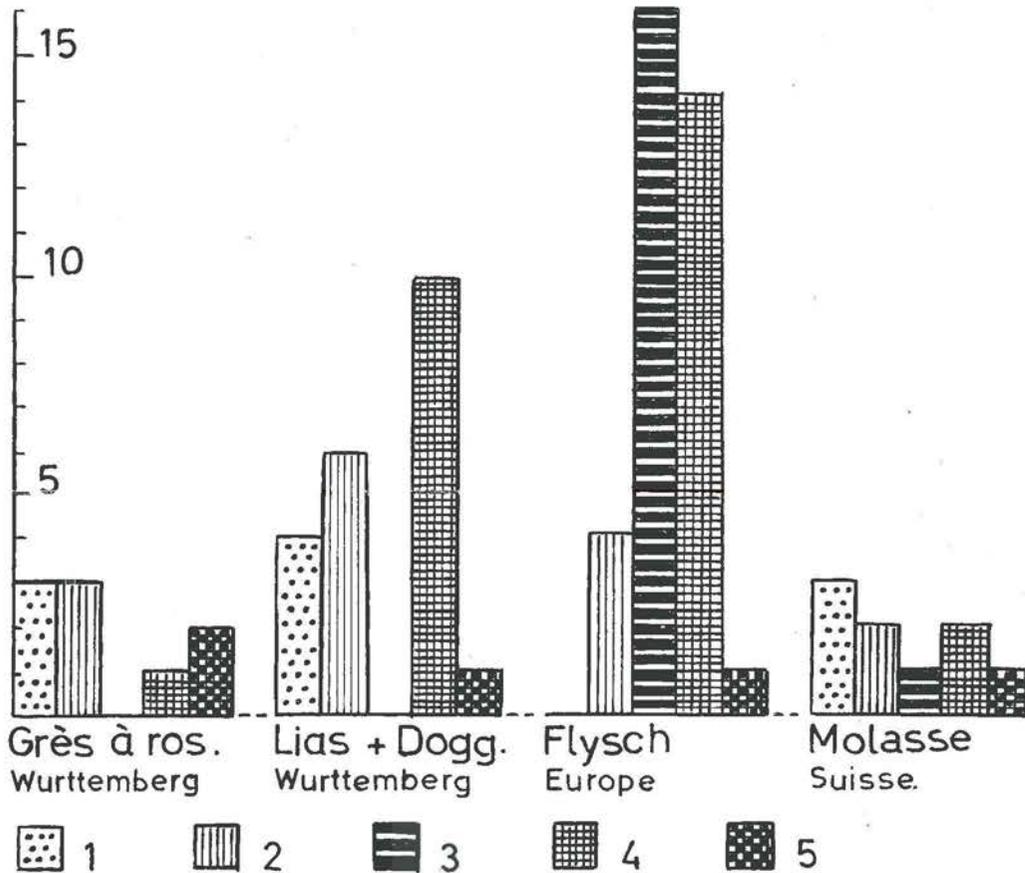


Figure 6: Représentation graphique en histogramme de quelques spectres de traces de vie (ichnospectres) d'après SEILACHER (1955, fig. 6, p. 392). Il s'agit d'associations du Grès à roseaux (Keuper moyen) du Wurttemberg, des grès du Lias et du Dogger du Wurttemberg, du Flysch européen et de la Molasse suisse. En abscisse on donne les différents groupes de traces de vie: 1) traces de repos (Cubichnia); 2) traces de locomotion (Repichnia); 3) traces de pacage (Pascichnia); 4) galeries de nutrition (Fodinichnia); 5) terriers d'habitation (Domichnia). En ordonnée on donne le nombre d'espèces pour chaque groupe.

La figure suivante donne les spectres des ichnocénoses du Muschelsandstein (Muschelkalk inférieur) et du Grès de Luxembourg (Lias inférieur).

Pour le Grès de Luxembourg on constate une nette ressemblance avec les grès jurassiques du Wurttemberg.

Traces de repos: 1 espèce (4 au Wurttemberg),
traces de locomotion: 5 espèces (6),
traces de pacage: aucune (aucune),

galeries de nutrition: 9 (10),
terriers d'habitation: 1 (1).

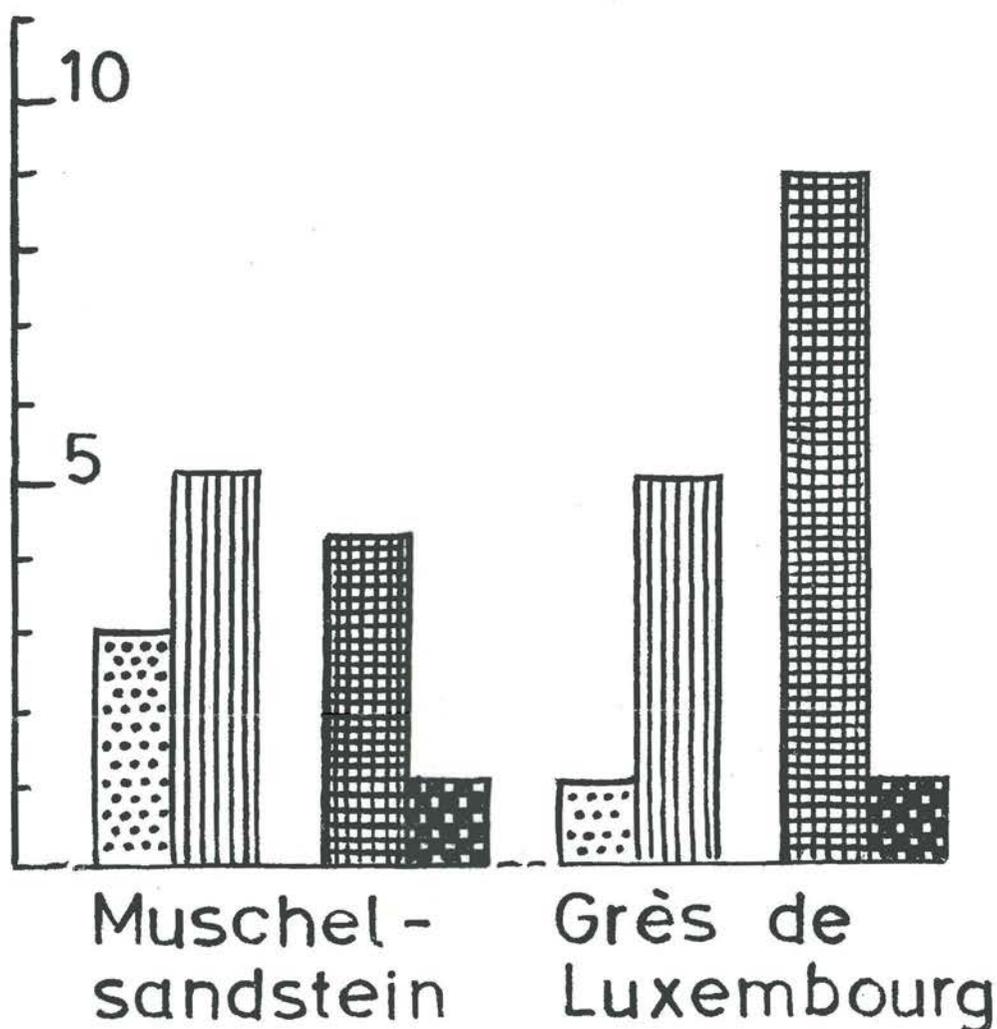


Figure 7: Deux ichnospectres luxembourgeois concernant les ichnocénoses du Muschelsandstein (Muschelkalk inférieur) et du Grès de Luxembourg (Lias inférieur) décrites plus haut. En comparant avec les ichnospectres de SEILACHER de la figure 6 on voit une nette similitude avec les ichnospectres des grès jurassiques du Wurtemberg.

En comparant avec les observations de SEILACHER notre Grès de Luxembourg aurait donc été mis en place dans une mer bien aérée, bien éclairée, peu profonde, paraliq ue ou épicontinentale. Nous avons vu plus haut que ces constatations sont tout à fait conformes aux constatations sédimentologiques.

L'ichnospectre du Muschelsandstein montre un type intermédiaire entre le faciès paracontinental (?) du Grès à roseaux et le faciès épicontinental du grès liasique. La présence d'ichnoespèces franchement marines permet de le ranger avec une assez grande probabilité dans le type des mers peu profondes, paraliq ues ou épicontinentales.

LISTE DES PUBLICATIONS CONSULTÉES:

- ABEL, O. 1935: Vorzeitliche Lebensspuren. — Fischer, Jena.
- BACHMAYER, F. et PAPP, A. 1951: Lebensspuren aus dem französischen Jura und dem Schlier Oesterreichs. — Sitzungsb. Oesterr. Ak. Wiss., math.-nat. Kl., T. 160, p. 199-206, Vienne.
- BINTZ, J. et HARY, A. 1967: Profil dans le groupe du Muschelkalk de la région mosellane luxembourgeoise... — Inst. Gr.-D. du Lux., Sect. Sc. nat., phys. et math., Archives T. 32, n. s., p. 61-74, Luxembourg.
- CODEZ, J. et SAINT-SEINE, R. 1958: Révision des Cirripèdes acrothoraciques fossiles. — Bull. Soc. Géol. France, T. 7, p. 699-719, 4 fig., 3 pl., 3 tbl., Paris.
- DERICHS, F. 1928: Ueber FLYSCH-Chondriten. — Senckenbergiana, T. 10, p. 214-219, Frankfurt/Main.
- FIEGE, F. 1953: Lebensspuren aus dem Muschelkalk NW-Deutschlands. — N. Jb. f. Min. etc. Abh. Abt. B., T. 88, p. 401-426, 6 fig., Stuttgart.
- FIRTION, F. 1938: Coprolithes du Lias inférieur d'Alsace et de Lorraine. — Bull. Serv. de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine, T. 3, p. 27-43, Strasbourg.
- FISCHER, P. et PAULUS, B. 1969: Spurenfossilien aus den Oberen Nöhner Schichten der Blankenheimer Mulde. — Senck. leth., T. 50, p. 81-101, Frankfurt/Main.
- FREYBERG, B. 1963: Rhizocorallium in Schillfazies und das Rhizocorallium-Problem. — Geol. Bl. NO-Bayern, T. 13, p. 22-26, Erlangen.
- GUBLER, Y. et al. 1966: Essai de nomenclature et caractérisation des principales structures sédimentaires. — Ed Technip, Paris.
- HÄNTZSCHEL, W. 1955a: Lebensspuren als Kennzeichen des Sedimentationsraums. — Geol. Rundschau, T. 43, p. 551-562, 2 fig. Stuttgart.
- HÄNTZSCHEL, W. 1955b: Rezente und fossile Lebensspuren, ihre Deutung und geologische Auswertung. — Experientia, T. 11, p. 373-416, Bâle.
- HÄNTZSCHEL, W. 1962: Trace fossils and problematica. — Dans: Treatise on Invertebrate Paleontology, par R. C. MOORE, éd. T. W, p. 177-245, Lawrence.
- HÄNTZSCHEL, W. 1965: Vestigia invertebratorum et problematica. — Dans: Fossilium Catalogus, par F. WESTPHAL, éd., p. 1-137, 's-Gravenhage.
- HÄUSEL, W. 1965: Hinterlassenschaften einstiger « wurmförmiger » Organismen auf unterdevonischen Fossilien. — Natur u. Museum, T. 95, p. 388-398, Frankfurt/Main.
- HALLAM, A. 1960: *Kulindrichnus langi*, a new trace-fossil from the Lias. — Palaeontology, T. 3, p. 64-68, pl. 15, 1 fig., Londres.
- HARY, A. 1969a: Recherches biostratigraphiques et petrographiques dans les couches à entroques au « Heselberg » près de Moersdorf. — Bull. Soc. des Naturalistes Lux., T. 70, p. 109-138, 17 fig., Luxembourg.
- HARY, A. 1969b: Note préliminaire sur la valeur stratigraphique et l'écrologie des Liogryphées du territoire luxembourgeois. — Bull. 2/1969 du Serv. Géol. du Lux., Luxembourg.
- HOYER, M. v. 1967: Geologische Kartierung der Trias zwischen Remich und Sierck-les-Bains. — Mémoire de licence de l'Université de Tübingen.
- HURLER, H. 1968: Geologische Kartierung der Trias zwischen Echternach und Reisdorf. — Mémoire de licence de l'Université de Tübingen.
- JUX, U. et STRAUCH, F. 1965: Angebohrte Spiriferen-Klappen: ein Hinweis auf palökologische Zusammenhänge. — Senck. leth. T. 46, p. 85-125, Frankfurt/Main.
- KREJCI-GRAF, K. 1932: Definition der Begriffe Marken, Spuren, Fahrten, Bauten, Hieroglyphen und Fucoïden. — Senckenbergiana, T. 14, p. 19-39, Frankfurt/Main.
- LESSERTISSEUR, J. 1955: Traces fossiles d'activité animale et leur signification paléobiologique. — Mém. Soc. Géol. France, T. 34, n.s., mém. 74, p. 1-150, Paris.

- LINCK, O. 1942: Die Spur *Isopodichnus*. — Senckenbergiana, T. 25, p. 232-255, Frankfurt/Main.
- LINCK, O. 1948: Lebensspuren aus dem Schilfsandstein NW-Württembergs und ihre Bedeutung für die Bildungsgeschichte der Stufe. — Jh. des Vereins für Vaterl. Naturk. Württemberg, T. 97-101, années 1941-1945, p. 1-100, Stuttgart.
- LINCK, O. 1970: Eine neue Deutung der Schilfsandstein-Stufe. — Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, T. 12, p. 63-99, Freiburg/Brigau.
- MÄGDEFRAU, K. 1932: Über einige Bohrgänge aus dem Unteren Muschelkalk von Jena. — Pal. Zeitschr., T. 14, p. 150-159, Berlin.
- MAUBEUGE, P. L. 1970: Pseudo-plantes et fonds marins fossilisés dans le « Grès de Luxembourg », — Arch. de l'Inst. Gr.-D. de Lux., Sect. sciences nat., phys. et math., T. 34, n.s., p. 469-483, Luxembourg.
- MAYER, G. 1952: Lebensspuren von Bohrorganismen aus dem Unteren Hauptmuschelkalk (Trochitenkalk) des Kraichgau. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh. p. 450-456, 9 fig., Stuttgart.
- MAYER, G. 1955a: Angebohrte Gerölle aus der Unteren Lettenkohle vom Enzberg. — Ver. varel. Naturk. Württemb., T. 110, p. 114-117, Stuttgart.
- MAYER, G. 1955b: Kotpillen als Füllmasse in Hoernesien und weitere Kotpillenvorkommen im Kraichgauer Hauptmuschelkalk. — Neues Jb. Geol. Paläont., Mh., p. 531-533, 6 fig., Stuttgart.
- MAYER, G. 1956: Eine Schichtfläche mit Biocönosen, Strömungsmarken und Lebensspuren aus dem Mittleren Hauptmuschelkalk von Bruchsal. — Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, T. 15, p. 6-10, tbl. 2-3, Stuttgart.
- MAYER, G. 1957: Beobachtungen an einer *Arenicolites*-Platte. — Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, T. 16, p. 37-38, tbl. 5, Stuttgart.
- MAYER, G. 1958a: Eine Lebensspur von stratigraphischer Bedeutung im Gervillienkalk des Kraichgau. — Der Aufschluß, 1958, p. 81-82, Karlsruhe.
- MAYER, G. 1958b: Rhizicirallien mit Wandkörperchen. — Der Aufschluß, 1958, p. 314-316, Karlsruhe.
- MAYER, G. 1960: Wurmkörperabgüsse aus dem Oberen Muschelkalk. — Der Aufschluß, 1960, p. 295-297, Karlsruhe.
- MAYER, G. 1965: Über einige Lebensspuren aus dem Muschelkalk. — Der Aufschluß, 1965, p. 57-60, Karlsruhe.
- MAYER, G. 1971: Über einige bemerkenswerte Lebensspuren aus dem Muschelkalk. — Der Aufschluß, 1971, p. 206-211, Karlsruhe.
- MEUNIER, S. 1886: Sur quelques empreintes problématiques des couches boloniennes du Pas-de-Calais. — Bull. Soc. Géol. France, T. 14, p. 564-568, pl. 29-30, Paris.
- MÜLLER, A. H. 1950: Stratonomische Untersuchungen im Oberen Muschelkalk des Thüringer Beckens. — Geologica 4, Akademie-Verlag, Berlin.
- PLESSMANN, W. 1961: Strömungsmarken in klastischen Sedimenten und ihre geologische Auswertung. — Geol. Jb. T. 78, p. 503-566, Hannover.
- RICHTER, R. 1924: Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie: VII. *Arenicola* von heute und « *Arenicoloides* », eine Rhizikorallide des Buntsandsteins, als Vertreter verschiedener Lebensweisen. — Senckenbergiana, T. 6, p. 119-165, Frankfurt/Main.
- RICHTER, R. 1926: Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie: XII. Bau, Begriff und paläogeographische Bedeutung von *Corophioides luniformis*. — Senckenbergiana, T. 8, p. 185-218, Frankfurt/Main.
- RICHTER, R. 1927: Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer. — Pal. Zeitschr., T. 9, p. 193-240, Berlin.
- RIETH, A. 1932: Neue Funde spongeliomorpher Fucoiden aus dem Jura Schwabens. — Geol. u. Pal. Abh., T. 19, n.s., Jena.
- RIETSCHEL, S. 1965: Muschelspuren aus dem Lias von Schonen. — Natur und Museum, T. 95, p. 447-454, Frankfurt/Main.

- SAINT-SEINE, R. 1955: Les Cirripèdes acrothoraciques échenicoles. — Bull. Soc. Géol. France, T. 5, n.s., p. 299-303, pl. 16-17, Paris.
- SCHÄFER, W. 1962: Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee. — W. Kramer éd., Frankfurt/Main.
- SCHMIDT, M. 1938: Die Lebewelt unserer Trias (Nachtrag). — Oehringen.
- SEILACHER, A. 1953a: Studien zur Palichnologie I: Über die Methoden der Palichnologie. — Neues Jb. Geol. u. Paläont., T. 96, p. 421-452, Stuttgart.
- SEILACHER, A. 1953b: Studien zur Palichnologie II: Die fossilen Ruhespuren (Cubichnia). — Neues Jb. Geol. u. Paläont., T. 98, p. 87-124, Stuttgart.
- SEILACHER, A. 1954: Die geologische Bedeutung fossiler Lebensspuren. — Z. Deutsch. Geol. Ges., T. 105, p. 213-227, pl. 7-8, 3 fig., Hannover.
- SEILACHER, A. 1955: Dans: SCHINDEWOLF u. SEILACHER: Beiträge zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan). — Abh. Wiss., Math.-naturw. Kl., T. 1955/10, Wiesbaden.
- SEILACHER, A. 1958: Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und Molasse. — Eclogae geol. Helv., T. 51, p. 1062-1078, Bâle.
- SEILACHER, A. 1960: Lebensspuren als Leitfossilien. — Geol. Rundschau, T. 49, p. 41-50, 3 fig., 2 tbl., Stuttgart.
- SEILACHER, A. 1963: Lebensspuren und Salinitätsfazies. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., T. 10, p. 81-94, Krefeld.
- SEILACHER, A. 1964: Sedimentological Classification and Nomenclature of Sedimentary Structures. — Sedimentologie, T. 1964/3, p. 253-256, Amsterdam.
- SEILACHER, A. 1967: Bathymetry of Trace Fossils. — Marine Geol., T. 5, p. 413-428, Amsterdam.
- THIELEN, I. 1969: Geologische Kartierung der Trias zwischen Reisdorf, Ermsdorf und Gilsdorf. — Mémoire de licence de l'Université de Tübingen.
- VJALOV, O. S. 1966: Les traces d'activité des organismes et leur signification paléontologique (en russe). — 164 p., 53 pl. et 51 fig., Kiev.
- WATERLOT, G., BEUGNIES, A., BINTZ, J. et al. 1973: Guide géologique Ardenne-Luxembourg. — Masson éd., Paris.
- WEISS, W. 1940: Beobachtungen an Zopfplatten. — Z. D. Geol. Ges., T. 92, p. 333-349, pl. 11-14, Berlin.
- WETZEL, W. 1937: Die koprogenen Beimengungen mariner Sedimente. — N. Jb. Min. etc., T. 78, p. 109-122, Stuttgart.

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

TEXTE DE LA PLANCHE 1

- Figure 1: 2 exemplaires de *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER avec deux moulages de stries à la base inférieure d'un mince banc de grès.
Couches de transition Buntsandstein / Muschelkalk (?). Talus de la route de la Moselle entre Schengen et Contz-les-Bains (x. 94 26; y. 57 06).
Collections du Service Géologique à Luxembourg ,no. ha. 001.
- Figure 2: Souvent les hypo-reliefs de *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER sont groupés.
Même affleurement que l'exemplaire de la figure 1. Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 002.
- Figure 3: Généralement les exemplaires groupés de *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER sont orientés en une même direction.
Carrière abandonnée en face de l'affleurement cité plus haut, entre Sierck et Apach, sut rrrritoire français (x. 94 83; y. 57 25).
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 003.
- Figure 4: Il existe des alignements de 2, 3 ou plusieurs empreintes de *Pelecypodichnus amygdaloides* SEILACHER, reliés par des stries moins profondes que l'empreinte. Il s'agit d'une trace de déplacement du Lamellibranche qui est l'auteur des traces de repos du type *Pelecypodichnus*. Même affleurement que l'exemplaire de la figure 3.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 004.

Planche 1



1cm Fig.1



1 cm
Fig.3



1cm Fig.2

Fig.4

1cm



TEXTE DE LA PLANCHE 2

- Figure 1: Cf. *Phycodes* sp. Trace de nutrition d'un mangeur de sédiment. Hypo-relief endogène positif à la face inférieure d'un banc de grès.
Couches de transition Buntsandstein/Muschelkalk (?). Carrière abandonnée entre Sierck et Apach (94 83; y. 57 25).
Coll. de l'auteur no. ha. 005.
- Figure 2: Détail de la figure 1, montrant le détail des bourrelets à la face inférieure du banc de grès.
- Figure 3: Plaque du même affleurement que celle des figures 1 et 2 avec deux petits systèmes de bourrelets en relief. Vus de près ces systèmes ressemblent à celui de la figure 1.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 006.
- Figure 4: Plaque de grès avec, à sa face inférieure, trois exemplaires de *Pelecypodichnus amygdaloïdes* SEILACHER ensemble avec des moulages plus ou moins tétraédriques qui pourraient s'apparenter aux pseudomorphoses de sel gemme que l'on connaît du Muschelkalk moyen et du Keuper.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 007.
L'échelle des figures 1, 3 et 4 est donnée par un petit rectangle de 2 sur 1 cm.

Planche 2



Fig. 1

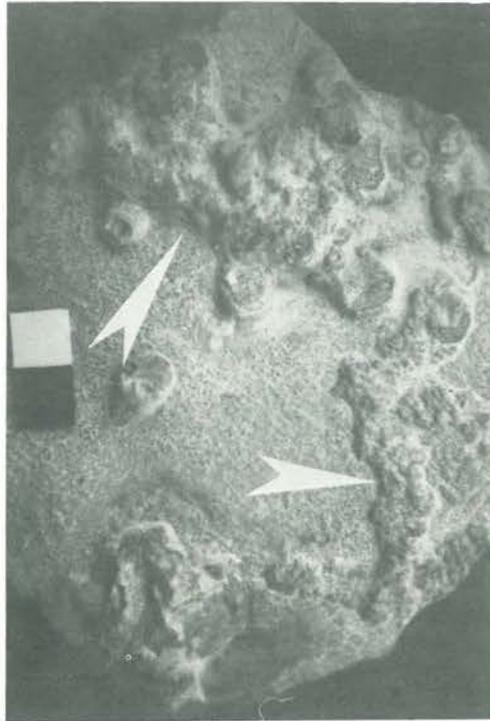
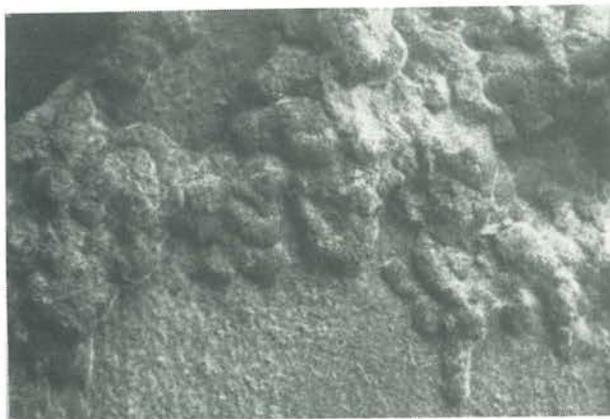


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 2



TEXTE DE LA PLANCHE 3

Figure 1: Ancienne carrière à exploitation souterraine au bord de la Moselle, au lieu dit « Deisermühle » entre Grevenmacher et Machtum (x. 98 50; y. 80 72). Il s'agit d'un affleurement de Muschelsandstein (Muschelkalk inférieur). Le plafond de la galerie est formé par un banc à « load-structures », les couchés bien lités au-dessus renferment les traces de vie.

La photo présente une partie de l'affleurement haute de 4 m.

Figure 2: Une plaque complètement bioturbée du même affleurement. Le plan de stratification montre tout un fouillis de remplissage de tubes de nutrition.

Echelle 1 : 10.

Planche 3

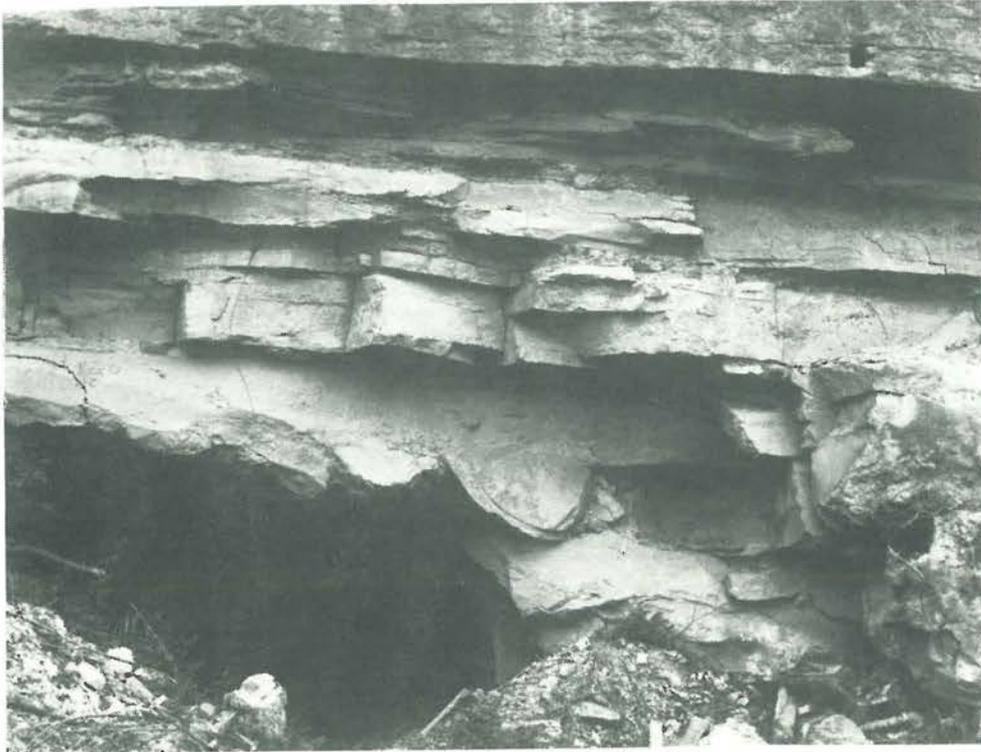


Fig. 1

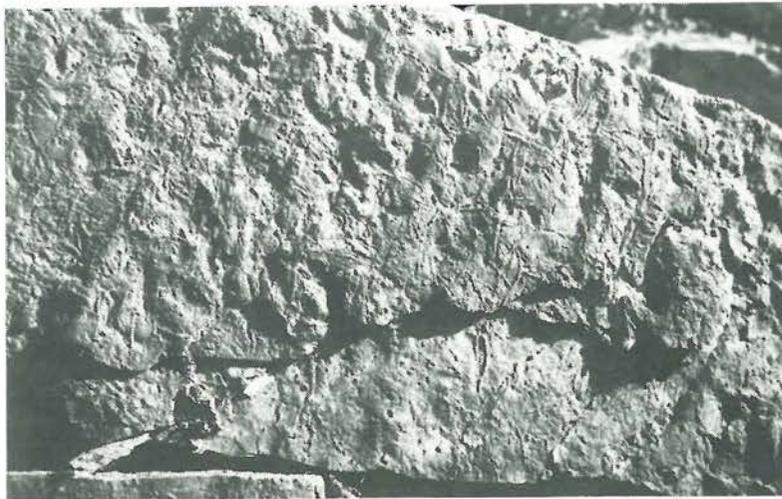
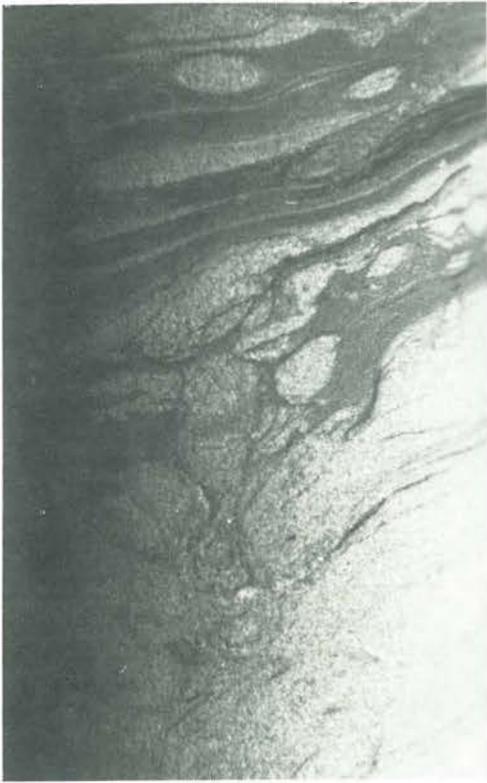


Fig. 2

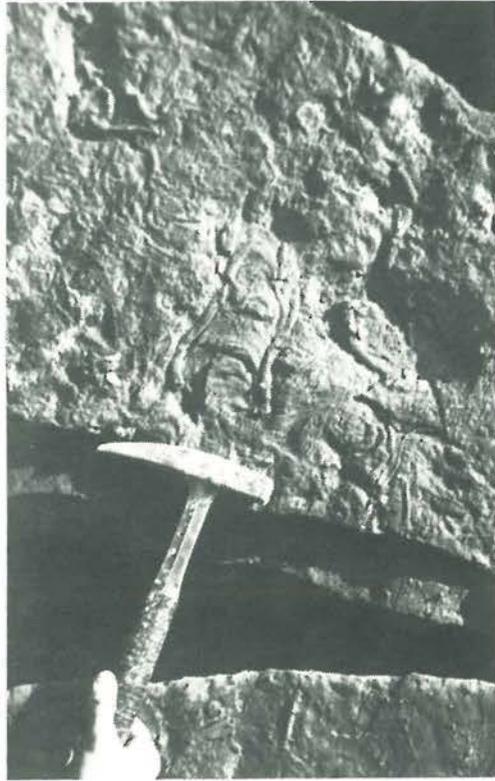
TEXTE DE LA PLANCHE 4

- Figure 1: Carotte de forage montrant la bioturbation (avec un terrier abandonné) dans la partie moyenne du Muschel-sandstein.
Affleurement « Deisermühle » entre Grevenmacher et Machtum.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 008.
- Figure 2: *Rhizocorallium jenense* ZENKER du même affleurement.
- Figure 3: Cf. *Taonurus ruellensis* DE SAPORTA, un type apparenté à *Rhizocorallium* sp., mais sous forme de deux tubes en U qui communiquent entre eux. Ce type s'apparente également aux « trépieds » (Dreibeine) de HOE-SIUS (1893). Le sens ichnologique des quatre empreintes groupées en bas de la figure n'est pas connu.

Planche 4



1cm Fig. 1



10 cm Fig. 2



20 cm
Fig. 3

TEXTE DE LA PLANCHE 5

- Figure 1: Tranchée du canal d'aménée de l'usine hydro-électrique au lieu dit « Held » au SE de Rosport.
(x. 104 70; y. 10/30).
- Figure 2: *Rhizocorallium jenense* ZENKER: exemplaire qui montre clairement le type protrusif du terrier ainsi que les traverses. Le terrier est oblique à la stratification, sa largeur est de 9 cm.
Affleurement « Held ».
- Figure 3: Cf. *Rhizocorallium jenense* ZENKER. Les traverses ne sont pas visibles. Le tube en U, horizontal dans le plan de stratification, large de 6 cm, atteint une longueur de 40 cm.
Affleurement « Held ».
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 009.
- Figure 4: Détail de *Rhizocorallium jenense* ZENKER montrant les traces de grattement dues aux extrémités de l'animal en question.
Affleurement « Held »; échelle 2 : 3.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 010.

Planche 5

Fig.1



Fig.2



Fig.3



Fig.4

TEXTE DE LA PLANCHE 6

Cette planche présente quatre types de pistes de reptation (éventuellement galeries de fouissage) du Muschelsandstein de la tranchée du canal d'aménée de l'usine hydro-électrique « Held » près de Rosport.
Echelle: le petit rectangle mesure 2 cm sur 1 cm.

Figure 1: Piste lisse à la base inférieure d'un banc de grès. La piste se présente partiellement en hypo-relief endogène positif, partiellement en hypo-relief endogène négatif.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 011.

Figure 2: Piste d'aspect noduleux à la base d'un banc de grès, et faisant corps avec le grès, en hypo-relief endogène positif.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 012.

Figure 3: Piste sans sculpturation, mais à sillon médian, à la base d'un banc de grès, et faisant corps avec le grès.
Hypo-relief endogène positif; largeur de la piste 3 mm.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 013.

Figure 4: Piste en forme de tresse à la base d'un banc de grès (détail de la figure 1 de la planche 7); hypo-relief endogène, en partie positif et en partie négatif.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 014.

Planche 6



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

TEXTE DE LA PLANCHE 7

Toutes les traces de vie fossiles de cette planche proviennent de l'affleurement « Held ».

Figure 1: Galerie du type *Scolicia* DE QUATREFAGES (1849), *Subphyllocorda* et *Palaeobullia* GOETZINGER et BECKER (1932), sur le plan de stratification inférieur d'un banc de grès. La piste-galerie à gauche, en forme de tresse, est représentée en détail à la planche 6, figure 4.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 014.

Figure 2: Galerie du type *Muensteria* sp. (galerie à rembourrage) avec ouvertures de terriers en U. Les trous (ou bouchons de trous) sont groupés deux à deux. Base inférieure d'un banc très mince (5 mm) de grès.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 015.

Figure 3: Trace de nutrition rayonnante, ressemblant à *Scrobularia plana* HAENTZSCHEI des Vers actuels. Face supérieure d'un banc de grès: épi-relief exogène positif.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 016.

Figure 4: *Asteriacites lumbricalis* SCHLOTHEIM. Trace de repos en hypo-relief endogène positif à la base inférieure d'un mince banc de grès.
Collections du Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz à Mayence. Je dois la photo au Dr. Atzbach de Mayence.

Figure 5: Cf. *Asteriacites quinquefolius* QUENSTEDT. Trace de repos en hypo-relief endogène positif à la base inférieure d'un mince banc de grès.
Coll. de l'auteur no. ha. 017.

Planche 7



2 cm

Fig. 1



1 cm

Fig. 2



2 cm

Fig. 3

1 cm

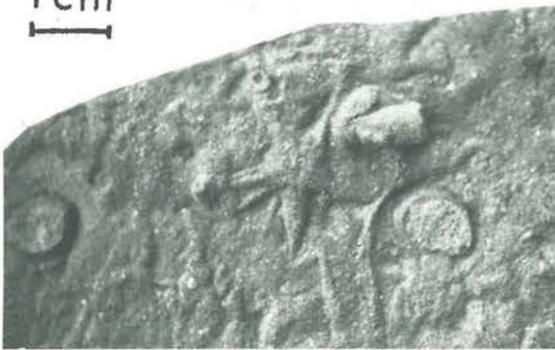
Fig. 4

1 cm



1 cm

Fig. 5



TEXTE DE LA PLANCHE 8

- Figure 1: Galeries creuses verticales dans la roche. Les galeries, assez irrégulières, sont remplies de *Coprulus* sp. Banc dolomitique des couches à entroques (Muschelkalk supérieur); carrière abandonnée du « Kelsbach » entre Grevenmacher et Machtum (x. 9825/28; y. 81 25/40).
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 018.
- Figure 2: *Calciroda* sp. qui remplit un creux dans la roche dolomitique. Carrière « Kelsbach »
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 019.
- Figure 3: Filaments de *Calciroda kraichgoviae* MAYER attachés au moule interne d'un grand Mollusque. Carrière en exploitation au « Heselberg » près de Moersdorf (x. 103 40/60; y. 89 00/15).
Coll. Soc. Géol. Lux. no. ha. 020.
- Figure 4: Filaments de *Calciroda kraichgoviae* MAYER attachés au moule interne d'un Gastéropode du genre *Chemnitzia bebli* V. ZIETHEN.
Même carrière que figure. 3.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 021.
- Figure 5: *Calciroda tubulata* n. sp. Tubes d'un diamètre de 0,5 à 1 mm dans un creux dû probablement à un test de Mollusque dissous.
Même carrière que figure 3.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 022.

Planche 8



1cm Fig. 1



Fig. 2 1cm



1cm Fig. 4



1cm Fig. 3



1cm
Fig. 5

TEXTE DE LA PLANCHE 9

Figure 1: Moule interne d'un terrier du genre *Rhizocorallium commune* SCHMID tapissé de *Coprulus bacilliformis* MAYER.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 023.

Figure 2: *Coprulus bacilliformis* MAYER.
Collections des Landessammlungen für Naturkunde, Karlsruhe.

Figure 3: Creux laissé par le test dissous d'un grand Mollusque. Ce creux est tapissé de nombreux exemplaires de *Cliona (Vioa) lenticula* GRUBER. Il s'agit des remplissages de perforations d'une Eponge perforante.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 024.

Figure 4: *Cliona (Vioa) lenticula* GRUBER ensemble avec *Calciroda kraichgoviae* MAYER dans le creux laissé par le test dissous d'un Mollusque.
Collections des Landessammlungen für Naturkunde, Karlsruhe.

Figure 5: Détail de 3 exemplaires de *Cliona (Vioa) lenticula* GRUBER.
Coll. Landessammlungen für Naturkunde, Karlsruhe.

Tous les échantillons de la planche 9 proviennent des Couches à entroques (Muschelkalk supérieur) de la carrière en exploitation du « Heselberg » près de Moersdorf. Les photos des figures 2, 4 et 5 m'ont été transmises par M. Gaston Mayer de Karlsruhe. Les fossiles y représentés ont été décrits par le même auteur (MAYER 1965 et 1971).

Planche 9

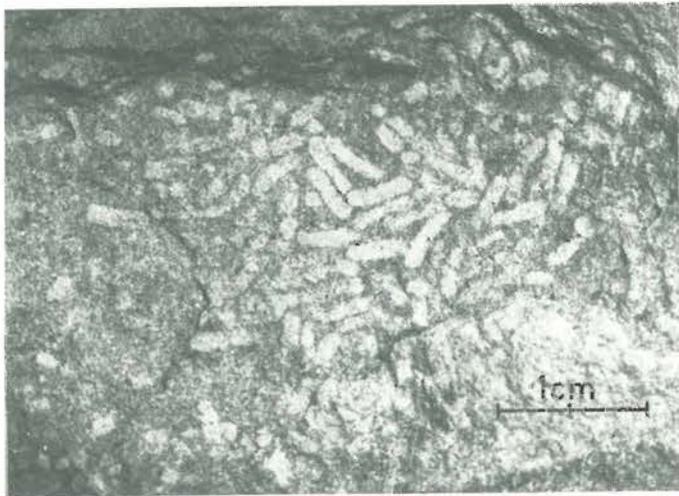


Fig. 2



1cm Fig. 1

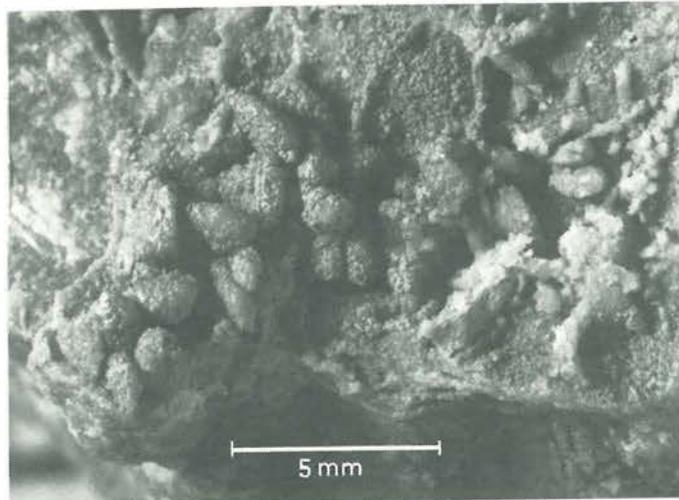
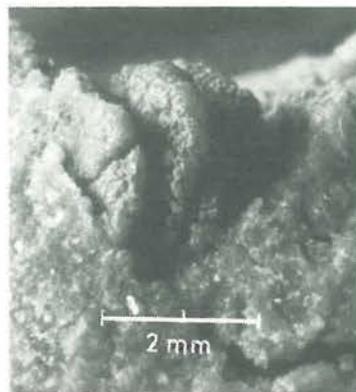


Fig. 4

Fig. 5



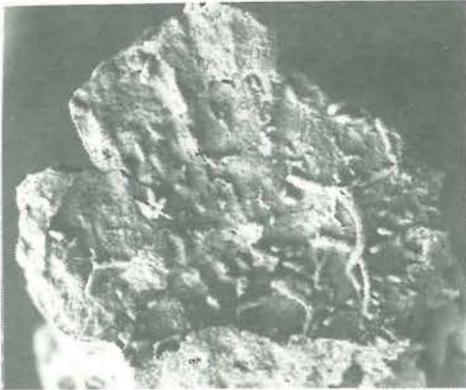
1cm
Fig. 3



TEXTE DE LA PLANCHE 10

- Figure 1: *Calciroda kraichgoviae* MAYER et *Cliona (Vioa) lenticula* GRUBER ensemble dans un creux laissé par le test dissous d'un grand Mollusque (Huitre?).
Couches à entroques (Muschelkalk supérieur).
Carrière abandonné au lieu dit « Alewerweiher » près d'Echternach (x. 94 15; y. 95 90).
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 025.
- Figure 2: Coude d'un tube en U du genre *Arenicolites franconicus* TRUSHEIM, ensemble avec un autre terrier non identifiable. Sur la photo les deux terriers ont l'air de n'en former qu'un seul.
Couches à Ceratites (Muschelkalk supérieur).
Carrière en exploitation du « Heselbiereg » près de Moersdorf. (x. 103 40/60; y. 89 00/15).
- Figure 3: *Phycodes pedum* SEILACHER. Hypo-relief endogène positif à la base inférieure d'un banc dolomitique légèrement sablo-marneux.
Couches à Ceratites du Muschelkalk supérieur; carrière du « Heselbiereg ».
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 026.
- Figure 4: *Rhizocorallium jenense* ZENKER, terrier tapissé ici de petits corpuscules arrondis, coprolithes dy tupe *Coprullus oblungus* MAYER.
Plan de stratification des Couches à Cératites.
Carrière du « Heselbiereg ».
Coll. de l'auteur no. ha. 027.

Planche 10



1 cm Fig. 1



1 cm Fig. 2



1 cm Fig. 3



5 cm Fig. 4

TEXTE DE LA PLANCHE 11

- Figure 1: Etage moyen de la carrière en exploitation au lieu dit « Rammeldénger Knäppchen », à gauche de la route Senningerberg-Grünwald (x. 83 95 - 84 15; y. 80 18/48). La partie du front d'abattement montrée ici est la plus riche en traces de vie: 4 niveaux ont pu être repérés, il peut en exister d'autres. La carrière est ouverte dans le Grès de Luxembourg, Lias inférieur.
- Figure 2: Détail de la même paroi avec trois plans de stratification bourrés de traces de vie. (Ces plans de stratification sont indiqués par des flèches.)
- Figure 3: Plan de stratification, face supérieure d'un banc de grès, avec « ripple-marks » et *Gyrochorda comosa* HERB (relief positif de *Gyrochorda* sp., normal pour la face supérieure des bancs de grès).

Planche 11



0
1
2m

Fig.1



20 cm

Fig. 2



2 cm

Fig. 3

TEXTE DE LA PLANCHE 12

Toutes les traces de vie de cette planche ont été photographiées dans la carrière du « Rammeldénger Knäppchen », à gauche de la route Senningerberg-Grünewald (x. 83 95 - 84 15; y. 80 18/48).
Le niveau stratigraphique est le Grès de Luxembourg (Lias inférieur).
L'échelle est environ de 2 : 5.

Figure 1: *Gyrochorda comosa* HEER, relief positif à la face supérieure d'un gros banc de grès (50 cm).

Figure 2: *Gyrochorda comosa* HEER, relief négatif à la face inférieure d'un banc de grès.

Figure 3: Mode de croisement de *Gyrochorda comosa* HEER, relief positif, ensemble avec une piste peu apparente de *Bolonia lata* MEUNIER. Face supérieure d'un banc de grès.

Figure 4: *Gyrochorda comosa* HEER en relief négatif, avec sorties de terriers en U, à la face inférieure d'un banc de grès. On remarque clairement le groupement en paires des ouvertures de terriers et l'empreinte en sillon du bourrelet positif autour du bouchon de sédiment à la place de l'ouverture primitive.

Planche 12



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

TEXTE DE LA PLANCHE 13

- Figure 1: Sortie d'un terrier vertical à la face supérieure d'un banc de grès. On voit nettement le bourrelet autour de l'ouverture. A côté: *Bolonia lata* MEUNIER.
Grès de Luxembourg (Lias inférieur).
Carrière abandonnée au lieu dit « Huuscht » entre Gonderange et Bourglinster (x. 84 48/52; y. 84 76/84).
- Figure 2: *Gordia* sp.: piste lisse à ondulations plus ou moins régulières. Le sillon de la piste fossile ressemble aux pistes d'*Eteone longa* des plages actuelles.
Carrière abandonnée dans le Grès de Luxembourg, au « Kuebebour » à l'W d'Hersberg (x. 89 78/92 y. 91 20/22).
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 028.
- Figure 3: Galerie lisse ramifiée dans un banc de grès complètement bioturbé.
Carrière du « Kuebebour ».
- Figure 4: Galerie lisse ramifiée de la carrière « Huuscht ».
- Figure 5: *Gordia* sp.: piste lisse à ondulations irrégulières. Les pistes, laissées en creux dans le sédiment, apparaissent en relief à la base du banc de grès susjacent.
Carrière « Huuscht ».
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 029.

Planche 13



3 cm

Fig. 1



1 cm

Fig. 2



3 cm

Fig. 4



10 cm

Fig. 3



1 cm

Fig. 5

TEXTE DE LA PLANCHE 14

Les 4 traces fossiles de la planche 14 proviennent du Grès de Luxembourg du « Rammeldénger Knäppchen ». L'échelle est de 1 : 2 environ.

- Figure 1: Exemplaire peu apparent de *Bolonia lata* MEUNIER sur le plan de stratification supérieur d'un banc de grès.
- Figure 2: Piste du type *Bolonia lata* MEUNIER sur un plan de stratification inférieur. Une extrémité de la piste est trilobée, mais ne présente pas de sculpturation en cet endroit.
- Figure 3: Deux pistes du type *Bolonia lata* MEUNIER qui sont peut-être dues à un seul animal, la fin de la première piste (en bas) coïncidant avec le commencement de la deuxième.
- Figure 4: Terrier vertical d'un Lamellibranche vivant dans le sédiment. Le test du Mollusque est conservé; le canal d'alimentation vertical est partiellement rempli par un bouchon de grès.

Planche 14



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

TEXTE DE LA PLANCHE 15

Les 4 traces de vie proviennent du Grès de Luxembourg du « Rammeldénger Knäppchen ».

Figure 1: *Chondrites* sp.: fouillis de tiges ramifiées d'un diamètre d'un millimètre à peu près.
Coll. de l'auteur no. ha. 029.

Figure 2: *Muensteria* sp.: galerie rebouchée à rembourrages en forme de verres à lunettes.
Coll. de l'auteur no. ha. 030.

Figure 3: *Muensteria* sp.: système de galeries du même type que l'exemplaire de la figure 2. Les deux exemplaires se trouvent sur des plans de clivage.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 031.

Figure 4: Terrier vertical de *Rhizocorallium parallelum* TORELL.

Planche 15



1cm

Fig. 1



1cm

Fig. 2



1cm

Fig. 3



10cm

Fig. 4

TEXTE DE LA PLANCHE 16

- Figure 1: Base inférieure d'un banc de grès avec 2 exemplaires de *Phycodes cf. palmatum* HALL.
Carrière de Grès de Luxembourg au « Rammeldénger Knäppchen ».
- Figure 2: Détail d'un troisième exemplaire de *Phycodes cf. palmatum* HALL sur un autre plan de stratification de la même carrière.
- Figure 3: *Phycodes* sp. à la base inférieure d'un banc de grès.
Carrière en exploitation entre Gonderange et Bourglinster (x. 84 60/62; y. 85 20/25).
- Figure 4: Un autre exemplaire de *Phycodes* sp. dans le même affleurement.

Planche 16



1cm

Fig. 1



1cm

Fig. 2



1cm

Fig. 3



1cm

Fig. 4

TEXTE DE LA PLANCHE 17

Les 4 photos de la planche 17 proviennent d'une carrière abandonnée au Widdenberg près de Flaxweiler (x. 90 68/88; y. 80 70/85) ouverte dans le Grès de Luxembourg.

Figure 1: Vue de la carrière citée et située plus haut avec 2 niveaux à ichnoespèces (flèches).

Figure 2: *Asteriacites lumbricalis* SCHLOTHEIM en hypo-relief positif à la face inférieure d'un banc de grès.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 032.

Figure 3: Fouillis de cf. *Palaephyeus kochi* LUDWIG, sillons sur la face supérieure d'un banc de grès. Les sillons forment des méandres irréguliers qui ne se croisent que rarement.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 033.

Figure 4: Quelques pistes isolées de cf. *Palaephyeus kochi* LUDWIG du même banc.

Planche 17



1cm

Fig.1



1cm

Fig.2



1cm

Fig.3



1cm

Fig.4

TEXTE DE LA PLANCHE 18

- Figure 1: *Calciroda* sp. dans un creux laissé par le test dissous d'un Mollusque, probablement d'une Cardinie.
Carrière de Grès de Luxembourg au « Rammeldénger Knäppchen ».
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 034.
- Figure 2: Piste d'enfouissement (?) d'un organisme non identifiable (base inférieure d'un banc de grès).
Même niveau stratigraphique et même affleurement que la figure 1.
- Figure 3: Terrier ou trace d'enfouissement (?) dans le Grès de Luxembourg de la carrière « Hauscht » entre Gonderange et Bourglinster.
- Figure 4: Traces non identifiées à la base inférieure d'un banc de grès du « Rammeldénger Knäppchen ».
- Figure 5: « Crescent-mark » en relief inversé à la base inférieure d'un banc de grès.
Figure sédimentaire dans le Grès de Luxembourg du « Rammeldénger Knäppchen ».

Planche 18



1cm Fig.1



2cm Fig.2



2cm Fig. 3



1cm Fig.4

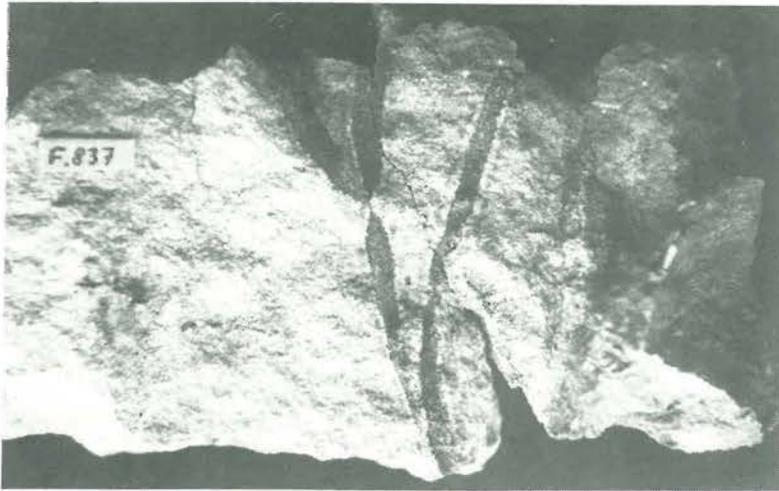


1cm Fig.5

TEXTE DE LA PLANCHE 19

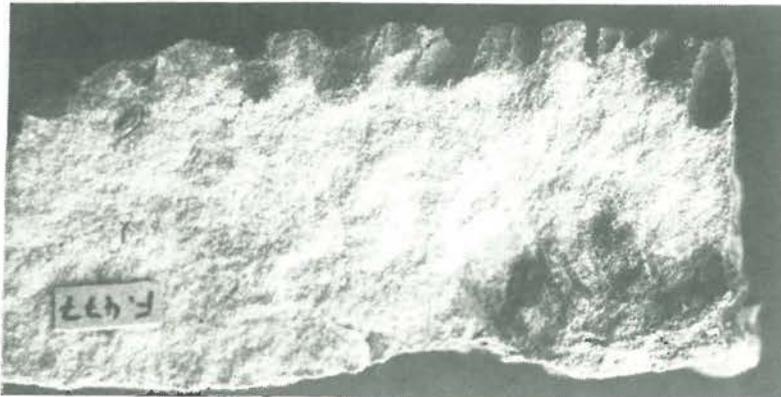
- Figure 1: Tubes ramifiés dans la surface taraudée du Grès de Luxembourg à la gare de Luxembourg-Ville.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 035.
- Figure 2: Perforations dues à des Lithodomes dans un galet de grès plat sur la surface taraudée du Grès de Luxembourg.
Tranchée SEBES près de Septfontaines.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 036.
- Figure 3: *Chondrites bollensis* GRIPP dans les Schistes à Posidonies de la marnière de Bettembourg.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. ha. 037.

Planche 19



1 cm

Fig.1



1 cm

Fig.2



1 cm

Fig.3

TEXTE DE LA PLANCHE 20

- Figure 1: *Kulindrichnus langi* HALLAM. Terrier d'habitation, complet, avec évasement à la partie supérieure.
Marnes et Calcaires de Strassen du Sinémurien.
Tranchée SEBES au lieu dit « Ditzebierg » au S de Kapweiler.
Coll. Serv. Géol. Lux.
- Figure 2: *Kulindrichnus langi* HALLAM: section d'un terrier avec la gaine et le noyau de sédiment.
Même niveau et même affleurement que la figure 1.
Coll. Serv. Géol. Lux.
- Figure 3: *Kulindrichnus langi* HALLAM: vue d'en bas, montrant la calotte hémisphérique.
Même niveau et même affleurement que la figure 1.
Coll. Serv. Géol. Lux.
- Figure 4: *Chondrites* sp. sous forme de filaments pyritisés.
Même niveau et même affleurement que la figure 1.
Coll. Serv. Géol. Lux.
- Figure 5: *Rhysophycus* sp. (?) dans la couche terminale de la Minette (Jurassique Moyen).
Ciel-ouvert du « Hutberg » à Rumelange.
Coll. Serv. Géol. Lux. no. Ꞥa. 038.



2 cm Fig. 1



1 cm

Fig. 2



1 cm

Fig. 3



1 cm

Fig. 4



1 cm

Fig. 5

