

Stratigraphie et Paléogéographie du Buntsandstein

dans

le SW de l'Allemagne et le NE de la France

par Nicolas THÉOBALD

I. INTRODUCTION

A. GÉNÉRALITÉS

Le **Trias** du type germanique comprend les subdivisions classiques suivantes :

- Le **Keuper** ou **marnes irisées**,
- Le **Muschelkalk** ou **calcaire coquillier**,
- Le **Buntsandstein** ou **grès bigarré**.

En réalité, les différents termes n'ont pas la même signification selon les auteurs. Il y a notamment de très grandes différences entre les subdivisions utilisées par les auteurs allemands et les auteurs français. Pour remédier à cet état de choses, G. Dubois avait proposé des dénominations nouvelles (G. Dubois 1949) destinées à apporter plus de clarté dans les discussions sur les problèmes stratigraphiques du Trias germanique.

Je définirai ici les limites et les divisions du **Buntsandstein** (= **Vogésien** de G. DUBOIS) telles qu'elles semblent les plus conformes à la paléogéographie de ce dépôt.

B. LIMITE INFÉRIEURE

La limite du Permien et du Trias est très difficile à tracer.

La **phase palatine** de H. Stille qui se placerait à la limite Permien-Trias ne peut être mise en évidence que très difficilement. Qu'elle ait existé, ressort du caractère transgressif du Buntsandstein sur le vieux socle hercynien dans la Forêt-Noire, dans les Vosges ou en bordure du Massif ardennais. Mais dans ces régions, la partie inférieure du Buntsandstein manque et la limite Permien-Trias ne peut en conséquence y être établie.

Même dans le Palatinat la limite entre le Permien et le Trias est excessivement difficile à tracer. Cela n'est pas dû à la continuité de la sédimentation qui ne semble pas avoir été réelle, mais à la nature continentale des sédiments du sommet du Permien et de la base du Trias qui ne permet pas toujours de tracer une limite nette.

En certains endroits il existe une **argile-limite** atteignant parfois 1-2 m permettant de tracer avec précision une limite entre l'Oberrotliegendes et le Buntsandstein. En d'autres régions, dans le Nord du Palatinat surtout, des traces de la mer du Zechstein permettent aussi de placer une limite nette. Ainsi que je le montrerai, les mers du Zechstein ont dû avoir une plus grande exten-

sion vers le Sud que les dépôts actuellement conservés. Mais, par suite des mouvements de la phase palatine, la région a été soulevée. Le caractère transgressif du Buntsandstein montre que ce soulèvement a été plus important à l'emplacement des massifs anciens (Vosges, Schwarzwald) qu'au Nord dans la région du Palatinat. Les dépôts de la mer du Zechstein, s'ils y ont existé, ont dû être enlevés et les grès de l'Oberrotliegendes mis à jour. Par suite de l'action des agents atmosphériques se déposait un produit en grande partie éluviale, l'argile-limite du sommet du Permien. Notons que dans les régions non envahies par la mer du Zechstein, cette argile-limite a déjà commencé à se former dès l'Oberrotliegendes.

A l'orée des temps triasiques s'est installée une sédimentation de caractère continental analogue à celle de l'Oberrotliegendes. Là où les traces du Zechstein ou de l'argile-limite ont été enlevées, il s'est produit un remaniement des sables dits grès de l'Oberrotliegendes rendant impossible le tracé d'une limite précise. C'est pourquoi les auteurs sont souvent en désaccord quand il s'agit de fixer l'âge de ces formations.

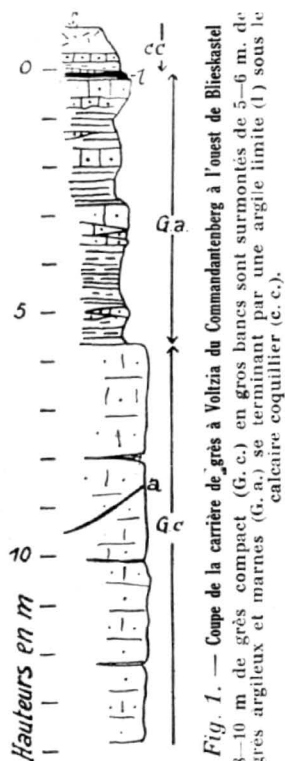


Fig. 1. — Coupe de la carrière de Voltzia du Commandantsberg à l'ouest de Blieskastel 8-10 m de grès compact (G. c.) en gros bancs surmontés de 5-6 m. de grès argileux et marnes (G. a.) se terminant par une argile limite (l) sous le calcaire coquillier (c. c.).

C. LIMITE SUPÉRIEURE

Il n'existe pas de difficulté sur la limite du Buntsandstein-Muschelkalk. Au sommet du grès à Voltzia, terme supérieur du Buntsandstein, on trouve, en général, une **argile-limite** (= **Grenzletten**), formant un horizon-limite facile à reconnaître. Le Muschelkalk débute avec les grès coquilliers (= Muschelsandstein) qui le surmontent.

La coupe ci-contre (fig. 1), observée dans les carrières du Commandantsberg à l'W de Blieskastel, peut servir de profil type.

Les grès à Voltzia y montrent à la base 10-15 m de grès compacts en très gros bancs séparés par des minces lentilles de marnes bleues. Des filets de marnes recoupent les assises de grès selon des tracés très irréguliers apparaissant en coupe sous forme de lignes fortement ondulées. Vers le haut, les grès prennent une teinte plus rouge et forment des bancs irréguliers séparés par des marnes bleues, rouges ou violacées. Les marnes dominent par rapport aux grès.

Les grès coquilliers de la base du Muschelkalk sont représentés par des grès violacés ou gris-violacé avec des intercalations argileuses. Les coquilles y sont abondantes.

II. DIVISIONS DU TRIAS INFÉRIEUR (BUNTSANDSTEIN OU VOGESIEN)

Il est possible de subdiviser le Buntsandstein en trois séries débutant par un conglomérat de base plus ou moins bien développé.

— une **série supérieure** comprenant le grès à Voltzia, les **Zwischenschichten**, et débutant par le **conglomérat principal**, dit encore **poudingue de Sainte-Odile**, **Hauptkonglomerat** ou **Oberer Geröllhorizont**.

— une **série moyenne** comprenant le **Hauptbuntsandstein** et débutant par le **conglomérat d'Eck** (= **Ecksche Konglomerat** ou **Unterer Geröllhorizont**).

— une **série inférieure** comprenant les **grès d'Annweiler** en Palatinat, les **Tigersandsteine** de l'Odenwald.

Remarque : La série supérieure seule est facile à identifier et à limiter. Formé de grès riches en muscovite, avec nombreuses intercalations argileuses roses ou grises se séparant en dalles (Plattensandsteine), riches en fossiles, il constitue un horizon facile à caractériser et apparaissant toujours très nettement dans la morphologie entre les assises conglomératiques, parfois avec intercalations de cornaline et de dolomies à sa base et les argiles-limites qui le séparent des grès coquilliers dolomitiques de couleur jaune par lesquels débute le Muschelkalk.

La série moyenne est un complexe épais de plusieurs centaines de mètres formé de sables grossiers parfois cimentés en grès.

La série inférieure est formée de grès à ciment argileux ou carbonaté de teinte violacée ou rougeâtre dont l'aspect varie rapidement.

III. SÉRIE INFÉRIEURE DU BUNTSANDSTEIN

A. TYPES

Le maximum d'épaisseur (100 m) est réalisé dans le Spessart. Le complexe gréseux débute par des schistes argileux et sableux de couleur rouge-brun foncé (= **Bröckelschiefer**). Cet ensemble plus argileux que gréseux, riche en mica et renfermant des nodules de dolomies y atteint 70 m. Au sommet se développent 25—30 m de grès analogues aux **Tigersandsteine** de l'Odenwald.

Dans l'Odenwald, les **Bröckelschiefer** atteignent 60 m et les **Tigersandsteine** 30 m. Ce sont des grès de teinte claire et rose, à grain fin et à aspect tacheté, d'où leur nom. Ces grès à ciment calcaire, riches en oxyde de fer et de manganèse, sont souvent décalcifiés et apparaissent tachetés de brun et de rouge. Les nodules d'oxyde de manganèse, souvent friables, se délitent et la roche prend un aspect caverneux.

Dans le Palatinat (Haardt) ce sont les grès **d'Annweiler**. En bordure orientale de la Haardt, le Permien est surmonté de 25—50 mètres de schistes sableux, bariolés (= **Leberschiefer**) finement feuilletés avec lentilles dolomitiques jaunâtres. Puis viennent

20—25 m de grès moellons violacés se terminant par des grès tendres, argileux, d'un rouge intense (= **grès d'Annweiler** ou **Leisbühl**).

B. EXTENSION

Dans le Spessart, l'Odenwald et le Palatinat, le Buntsandstein est souvent concordant sur le Permien. Il débute alors par des sédiments argileux très fins.

Mais vers le Sud, il est souvent transgressif sur le Permien et sur les formations antérieures. Lorsqu'il surmonte le socle ancien, il débute par une brèche de base, résultant du remaniement du soubassement et pouvant atteindre 2 m. On y trouve fréquemment des nodules de dolomie et des fragments de cornaline.

Les schistes argileux (Leberschiefer resp. Bröckelschiefer) disparaissent rapidement vers le Sud. A Heidelberg p. ex. on en relève encore 3—6 m. Ils ne semblent pas dépasser la frontière alsacienne. Plus au Sud, le Figersandstein seul représente le Buntsandstein inférieur. Il diminue aussi rapidement vers le Sud. Il mesure 70 m dans le Nord de la Forêt-Noire, 37 m près de Lahr (Sauer). Il disparaît entre Emmendingen et Freiburg à l'Ouest, dans la région de Schramberg à l'Est de la Forêt-Noire. En Alsace, le Buntsandstein inf. atteint 60 m dans le Jäbertal, on le connaît encore dans la région de Niederbronn, mais il n'atteint pas la vallée de la Bruche.

Vers l'Ouest, le Buntsandstein inférieur a pu être identifié jusque dans la région de Waldmohr et de St. Ingbert. Il ne semble pas dépasser l'anticlinal de Sarrebruck. Les placages de grès vosgien qui couvrent l'anticlinal de Sarrebruck montrent souvent à leur base un conglomérat aux teintes rouges, brunes et jaunâtres, contenant des intercalations gréseuses. Les galets, très aplatis, sont surtout du quartz blanc, des quartzites, des rhyolithes et des mélaphyres, parfois des granites, des grès. Ce conglomérat, transgressif sur le Permien, le Carbonifère ou le Dévonien est l'équivalent latéral du conglomérat d'Eck avec lequel débute le Buntsandstein moyen.

Par contre, le **Staufer Konglomerat** qui s'étend de la ruine Stauf en direction SW vers Neunkirchen, formé de conglomérats rouges avec lentilles de dolomies, serait d'après L. von Ammon et Forche un équivalent côtier des grès d'Annweiler. Les galets, mal roulés, sont formés d'éléments du voisinage (porphyre du Donnersberg, galets du Permien).

C. PALÉOGÉOGRAPHIE

Les sédiments du Buntsandstein inférieur, surtout formés d'éléments fins et argileux, se sont déposés sous une eau tranquille dans un bassin peu profond de direction SW-NE dépassant à peine vers le SW les limites de la mer du Zechstein. Le maximum de profondeur se trouvait dans la région d'Annweiler et vers l'embouchure du Main où l'on trouve les sédiments les plus fins. Vers le Sud, la grosseur des grains augmente rapidement, quoique irrégulièrement.

IV. SÉRIE MOYENNE DU BUNTSANDSTEIN OU HAUPTBUNTSANDSTEIN

A. DÉVELOPPEMENT DANS LA HAARDT

Dans la Haardt, le **Hauptbuntsandstein** peut être subdivisé en trois séries :

- **Oberer Hauptbuntsandstein** = **Trippstadt ou Karlstalschichten** 130—140 m.
- **Mittlerer Hauptbuntsandstein** = **Rehbergsschichten** 90—110 m.
- **Unterer Hauptbuntsandstein** = **Trifelsschichten** 75—90 m.

1^o Les **grès de Trifels** sont souvent exploités comme grès à moellons. Après 15 m de grès tendres viennent 70 m de grès feldspathiques, compacts, consolidés en bancs formant une ligne rocheuse continue. La base des grès de Trifels est souvent conglomératique et renferme des galets de quartz laiteux, de quartzites gris compacts et de porphyres. C'est l'équivalent latéral du **conglomérat d'Eck** (Ecksche Konglomerat) du Schwarzwald, de l'Odenwald et du Spessart.

Les grès de teinte violacée sont souvent micacés et renferment de nombreux nodules d'oxyde de manganèse dont le départ leur donne un aspect caverneux.

La grosseur moyenne du grain permet de distinguer les grès du Hauptbuntsandstein de ceux du Buntsandstein inférieur. Tandis que le grain du Buntsandstein inf. varie de 0,05—0,2 mm, celui du Hauptbuntsandstein, plus grossier, varie de 0,2—0,5 mm. Le grès du Hauptbuntsandstein se distingue encore des grès d'Annweiler par la réduction du ciment argileux et ferrugineux, par sa teinte plus claire, par l'absence de dolomie, par la plus grande richesse en feldspath, par la fréquence des galets et par la stratification plus irrégulière, souvent entrecroisée.

2^o Les **grès de Rehberg**, plus pauvres en galets que les grès de Trifels, forment moins facilement des rochers. Un banc rocheux se trouve à 30 m sous le sommet. Ces grès ne renferment que de rares nodules d'oxyde de manganèse, les intercalations argileuses sont plus fréquentes et la couleur rouge est plus intense.

3^o Les **grès de Trippstadt** ou **Karlstal** sont à stratification plus régulière. Les galets sont rares. Des rochers n'apparaissent qu'à la base et au sommet de l'assise. Les grès sont en dalles minces; leur teinte varie du rouge vif au blanc jaunâtre. Les grès sont pauvres en feldspath et le mica est très rare. Leur grain est régulier. Les intercalations argileuses sont très fines et présentent souvent des fentes de retrait et des pistes d'animaux. Des ripple-marks ne dépassant guère 5 cm de longueur s'observent souvent à la surface des dalles gréseuses. La ligne rocheuse du sommet montre parfois une désagrégation en boules (= **Kugelfelshorizont** : 4—6 m dans le Palatinat)

B. EXTENSION VERS L'OUEST

A l'Ouest de Homburg (Sarre), la subdivision en trois n'a pu être poursuivie. Sur le terrain, il n'est possible d'identifier que deux divisions.

A la partie inférieure (= **Untere Abteilung** des Hauptbuntsandsteines correspondant aux assises de Trifels et Rehberg) dominent les grès riches en feldspath dont les teintes vont du rouge brique au rose et gris avec pseudomorphoses de calcite remplies d'oxyde de manganèse. A la base se trouve un horizon riche en galets, équivalent latéral du conglomérat d'Eck que l'on peut poursuivre sur tout l'anticlinal de Sarrebruck. Ce sont des galets de quartz laiteux, quartzites, porphyre, mélaphyre, lydienne et grès (1). Ces grès mesurent plus de 100 mètres à Dudweiler. Le puits Ste-Stéphanie près de Stiring en a traversé plus de 140 m.

A la partie supérieure (= équivalent des assises de Trippstadt) le grès est à grain grossier, rouge brique et jaune contenant de très rares galets. Les grains de quartz conservent souvent leurs facettes de cristallisation et donnent un aspect miroitant à la roche. Le mica manque. Les grès sont très peu exploités pour la construction. Quelques bancs résistent à l'érosion et forment une corniche irrégulière de rochers. Les grès très tendres du sommet se délitent très facilement et sont souvent exploités comme sables. Dans la région de Forbach, la partie supérieure a une épaisseur de 150 m environ.

Le Hauptbuntsandstein mesure 330 m dans la Haardt, 400 m au Sud de Dudweiler, 330 m près de Forbach, 290 m près de Cocheren, 150 m près de Creutzwald.

Vers l'Ouest, la partie inférieure semble manquer. Le conglomérat de base remonte vers le haut. Le grès vosgien semble donc transgressif vers l'Ouest. Le Hauptbuntsandstein dépasse l'anticlinal du Hunsrück dont il comble en partie les dépressions. Il a été identifié dans les environs de Thionville, dans les sondages de Mondorff et de Longwy, mais ne semble pas avoir atteint le bord SE des Ardennes.

Notons qu'on trouve souvent des filons de limonite dans le grès vosgien et parfois aussi quelques minerais de plomb et de cuivre.

C. EXTENSION VERS LE SUD

En Alsace, le Hauptbuntsandstein ne peut guère être subdivisé qu'en deux régions. La partie inférieure correspondant aux Trifels et aux Rehbergschichten est plus riche en feldspath et en kaolin que la partie supérieure correspondant aux Karstalschichten. Cette dernière est à stratification plus régulière que la partie inférieure. Une assise se décomposant en boules s'observe encore au Nord de Saverne.

(1) L. VAN WERVEKE Erl. Bl. Busendorf, 1889 cite 18 m de conglomérat à la base du grès vosgien dans le sondage de Falk et 31 m de conglomérats et grès à la base du grès vosgien dans le sondage de Berviller. Ces conglomérats sont à considérer comme l'équivalent des conglomérats à la base du Hauptbuntsandstein.

Alors que le Hauptbuntsandstein mesure près de 400 m dans la région de Wissembourg, il n'en a plus que 270 m au Climont et 150 m au Hohneck. Le conglomérat de base équivalent du conglomérat d'Eck n'y a été identifié que localement.

La subdivision en deux devient de plus en plus difficile au fur et à mesure qu'on s'éloigne vers le Sud. Les pseudomorphoses qui, dans la Haardt, sont localisées à la partie inférieure du complexe, envahissent aussi la partie supérieure.

Les différentes coupes observées s'expliquent si on admet que le grès vosgien est transgressif du Nord vers le Sud et que cette transgression est marquée par le développement d'un conglomérat de base, brèche à cornaline, resp. conglomérat d'Eck suivi du dépôt de grès à pseudomorphoses (grès tachetés ou Tigersandstein) et de grès grossiers (faciès du Hauptbuntsandstein).

Près d'Epinal, le Hauptbuntsandstein mesure encore 15 m ; près de Plombières il disparaît ; plus au SW le conglomérat principal repose directement sur la surface ondulée du socle ancien.

Par contre, le Hauptbuntsandstein reparait sporadiquement au Sud des Vosges. Dans la région de Ronchamp, MIEG (1897) a cité 3 m de grès vosgien compris entre le conglomérat principal et le Permien supérieur à dolomies et cornaline.

Dans le massif de la Serre, le Buntsandstein est représenté par 10—15 m de conglomérats à éléments anguleux, un horizon à cornaline et des grès micacés, complexe qui est à identifier avec le Buntsandstein supérieur.

Il apparaît donc qu'à l'époque du Hauptbuntsandstein, l'aire de sédimentation ne semble guère avoir dépassé vers le Sud la zone culminante des Vosges du Sud.

D. EXTENSION VERS L'EST ET LE S.-E.

VOLLRATH (Zentralbl. f. Min. 1939) a suivi les assises conglomératiques de la base du Hauptbuntsandstein dans tout le Spessart. Il les identifie avec le conglomérat d'Eck que l'on connaît jusque dans le Schwarzwald méridional : région de Königsfeld, Triberg, Haslach (Frank.). En réalité, on le connaît encore dans la région de la Wutach. R. P. Brunnsweiler (1948), pl. IV, le cite de la région du Klettgau.

Les grès le surmontant sont pauvres en galets. Dans l'Oderwald, ce sont les grès à pseudomorphoses (**Pseudomorphosensandstein**) (60—150 m.) surmontés de grès fins et de grès grossiers se terminant par un horizon en boules (**Kugelhorizont**). Les grès grossiers sont souvent plus ou moins conglomératiques (**Mittlerer Geröllhorizont**).

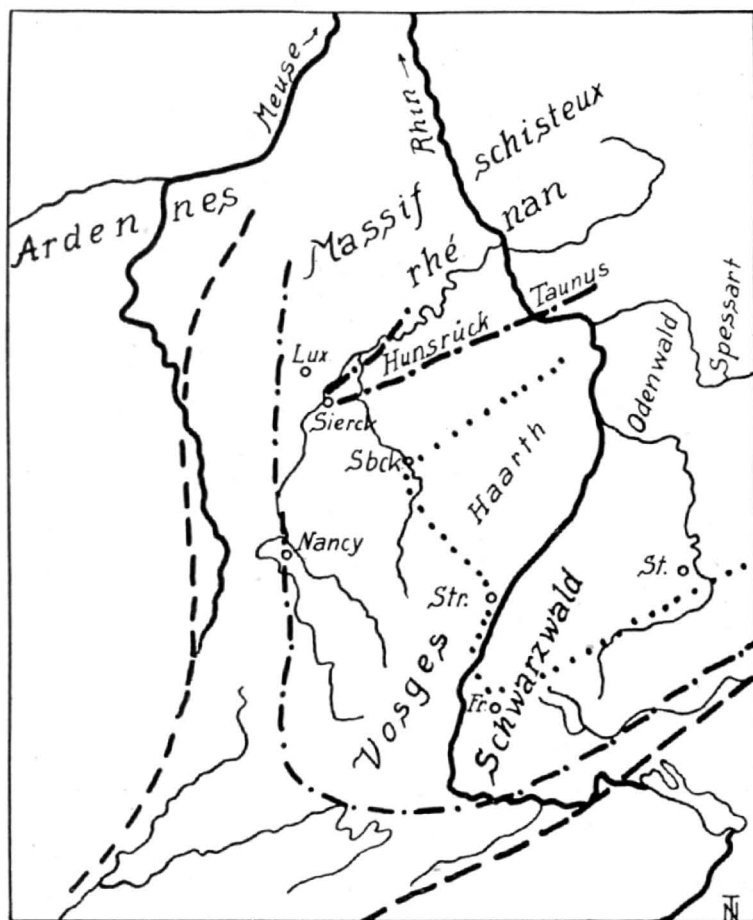
Dans le Schwarzwald méridional, le Hauptbuntsandstein disparaît, le conglomérat d'Eck qui s'est relevé progressivement du N au S, se joint au Hauptkonglomerat.

D'après Strigø (1), le Hauptkonglomerat repose directement

(1) Cet auteur parle notamment (p. 14) d'une lacune allant du Permien au Conglomérat principal.

Pourtant (v. p. 15) sur le bord du Schwarzwald le grès bigarré serait presque uniquement représenté par sa division supérieure. Près de Waldshut l'auteur cite une brèche de base surmontée des grès à meules très silicifiés, puis des assises argilo-sableuses à cornaline, puis des grès siliceux à cornaline avec taches

sur le socle ancien, de telle sorte que le complexe de grès vosgien du Schwarzwald méridional appartient en totalité au Buntsandstein supérieur.



Fr = Fribourg, Lux = Luxembourg, Sbck = Sarrebruck, St = Stuttgart, Str = Strasbourg

Fig. 2. — Carte montrant les limites d'extension des grès du Buntsandstein inférieur moyen - - - et supérieur - - - dans le NE de la France et le SW de l'Allemagne.

E. PALÉOGÉOGRAPHIE

Pétrographiquement, le grès vosgien inférieur se distingue du Hauptbuntsandstein par la présence de ciment argileux, qui manque presque totalement dans ce dernier. Le premier s'est sans doute déposé sous une eau tranquille, le second montre des indices très nets de remaniement fluvial. L'usure des galets, la pureté des sables toujours bien lavés et la stratification torrentielle sont très démonstratives; les siple-marks montrent l'existence, à certains moments, d'une sédimentation plus calme.

Pourtant, les galets à facettes et les grains de sable à faces usées montrent l'importance de l'action éolienne et indiquent un climat aride.

Les conditions climatiques ont donc dû être assez variables. D'une façon générale, le climat désertique a dû dominer, mais il a été interrompu fréquemment par des pluies torrentielles provoquant un remaniement profond du matériel meuble déposé auparavant.

La figure 2 donne les courbes d'égale épaisseur du Hauptbuntsandstein.

F. FORCHE et SEITERT ont procédé à des mesures de l'inclinaison du plan de stratification des grès. Ces mesures permettent de se faire une idée générale de la direction des cours d'eau ayant remanié le Hauptbuntsandstein.

V. SÉRIE SUPÉRIEURE DU BUNTSANDSTEIN

Le Buntsandstein supérieur comprend :

- les grès à *Voltzia* ou **Voltziensandstein**,
- les couches intermédiaires ou **Zwischenschichten**,
- le **conglomérat principal** ou **Hauptkonglomerat** ou **poudingue de Sainte-Odile**.

A. LE CONGLOMÉRAT PRINCIPAL OU POUNDINGUE DE SAINTE-ODILE

1° Position stratigraphique du poudingue de Sainte-Odile

Il semble d'abord indispensable de préciser la position stratigraphique du **poudingue de Ste-Odile**, que je propose de considérer comme conglomérat de base du Buntsandstein supérieur, alors que les ouvrages classiques en font le terme final du Hauptbuntsandstein.

DUFRENOY et Elie de BEAUMONT (Mémoires pour servir à une description géologique des Vosges t. I. Paris 1830 p. 185-186) firent

résultant sans doute d'anciennes inclusions dolomitiques et enfin des argiles sableuses du Rôt.

Il apparaît qu'on aurait ici :

1° une brèche de base; 2° le grès à meules : Hauptbuntsandstein; 3° les conglomérats à cornaline et finalement, 4° les argiles du Rôt.

Si on considère les conglomérats à cornaline comme représentant la base du Buntsandstein supérieur, il en résulterait une interprétation conforme à celle donnée par A. O. Brunschweiler. Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses. Zürich, 1948, pl. IV.

débuter leur grès bigarré des environs de Forbach avec les bancs à nodules de dolomie.

DAUBREE (Description géologique et minéralogique du dép. du Bas-Rhin, Paris 1851 p. 86 et 108) termine le grès des Vosges avec le conglomérat.

Il est certain que le poudingue de Ste-Odile couronne morphologiquement les buttes de grès des sommets vosgiens, tels que Hohneck, Climont, Donon, etc. C'est la raison pour laquelle de Beaumont et Daubrée le considéraient comme terme final de leur grès des Vosges (c. à d. de notre Hauptbuntsandstein actuel).

Il faut observer que cet argument morphologique ne s'applique qu'à des surfaces très restreintes des sommets vosgiens. Dès que les sommets ont quelque étendue, le poudingue porte toujours un placage protecteur réduit des *Zwischenschichten* qui les surmontent immédiatement.

Mais il faut surtout observer avec LEPLA (Mitt. Geol. L.E.L., Bd. I. 1888, u. 35) que le conglomérat principal a plus de rapports avec le Buntsandstein supérieur qu'avec le Hauptbuntsandstein. Il apparaît brusquement dans la série sédimentaire. Il n'a guère de rapport avec le Hauptbuntsandstein, tandis que les assises conglomératiques se poursuivent encore dans le terme supérieur appelé pour cela **couches intermédiaires** ou **Zwischenschichten**.

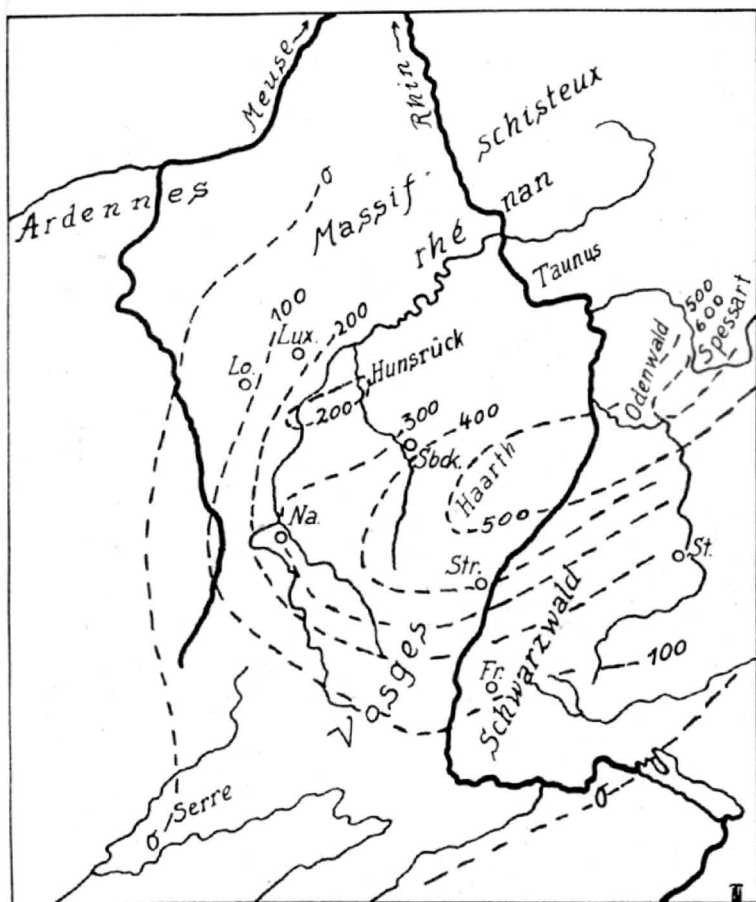
SCHUMACHER (Erl. zu Blatt Bitsch, Str. 1890) observe les mêmes faits et précise en outre que l'extension du conglomérat principal est davantage en rapport avec celle du Buntsandstein supérieur qu'avec celle du Buntsandstein moyen.

L. van WERVEKE (1905) se rallia aussi à cette façon de voir. Il fit observer que tandis que le Hauptbuntsandstein diminue d'épaisseur du Nord au Sud, le conglomérat principal diminue d'épaisseur du Sud au Nord (Donon 25 m, Phalsbourg 15—20 m, Bouxwiller 15—17 m, Sarreinsberg 4 m). Il attribue à des mouvements tectoniques ayant eu lieu avant le dépôt du Hauptkonglomerat. La limite Hauptkonglomerat-Hauptbuntsandstein correspond à des mouvements tectoniques et se justifie donc.

Mais il convient surtout d'insister sur un autre argument, de nature paléogéographique entrevu par Schumacher. L'extension du Hauptkonglomerat est en effet bien plus considérable que celle du Hauptbuntsandstein, elle se trouve étroitement liée à celle du Buntsandstein supérieur.

Alors que le Buntsandstein moyen n'a guère dépassé la latitude de Thionville vers l'Ouest, le Hauptkonglomerat atteint le bord Sud des Ardennes.

Dans le Schwarzwald, le Hauptkonglomerat et les Plattensandsteine qui les surmontent dépassent la latitude de Villingen vers le Sud et recouvrent tout le massif schwarzwaldien, ce que n'avait pu réaliser le Hauptbuntsandstein. Dans les Vosges, tandis que le Hauptbuntsandstein est limité à la latitude de Plombières, le Hauptkonglomerat est largement transgressif vers le Sud, dépasse le massif vosgien. On le connaît dans le massif de la Serre. R. P. CHARLES (B. S. G. F. 1948) a mis en parallèle du poudingue de Sainte-Odile le conglomérat à galets quartzeux par lequel débute le Trias de Provence. Ici comme dans le massif de la Serre, le Buntsandstein supérieur est seul représenté et le conglomérat en forme de faciès de transgression.



Fr. = Fribourg; Lo. = Longwy; Lux. = Luxembourg; Na. = Nancy;
Sbck. = Sarrebuck; St. = Stuttgart; Str. = Strasbourg.

Fig. 3. — Carte montrant les courbes d'égal épaisseur
de l'ensemble des grès du Buntsandstein.

(En partie d'après F. FORCHÉ.)

Or, la répartition du Buntsandstein supérieur montre une image paléogéographique absolument nouvelle. Le Hauptkonglomerat en étant le conglomérat de base, il est logique de l'y rattacher.

Le poudingue de Sainte-Odile ou Hauptkonglomerat doit donc

être considéré comme le terme inférieur du Buntsandstein supérieur.

2° Développement du poudingue de Sainte-Odile.

L'extension et l'épaisseur du poudingue de Sainte-Odile ont déjà été exposées dans le paragraphe précédent.

On observera que son épaisseur est maxima vers le centre du massif vosgien et qu'elle diminue tant vers l'Est et le Nord que vers l'Ouest et le Sud.

3° Paléogéographie.

F. Forche a relevé dans le domaine des Vosges et du Schwarzwald les diamètres des galets les plus gros que l'on trouve dans le poudingue. Les plus gros galets s'observent sur le versant SW des Vosges dans la région de Darney (longueur du plus grand axe : 32 cm) et dans la région de Remiremont (23 cm), Bruyères (22 cm), Saint-Dié (21,5 cm). La grosseur diminue vers le N (Lutzembourg : 18,5 cm ; Pirmasens : 15 cm ; Wolmunster : 10 cm) ; vers l'Est Lauw : 10 cm ; Guebwiller : 14 cm ; Mutzig : 14 cm).

En Forêt-Noire, les galets ne dépassent guère 10 cm au plus grand axe (Lahr : 9 cm). Sur les bords E et W de la Forêt-Noire, les dimensions sont encore moindres (G. Rieck).

Forche a aussi procédé à des mesures de l'inclinaison des plans de stratification des conglomérats.

Il est remarquable de constater que les directions relevées en Forêt-Noire coïncident avec celles des Vosges. Elles ont une direction ouest-est. Le matériel a donc été transporté de l'ouest vers l'est. Il semble provenir d'une terre émergée, le domaine gallique (gallische Provinz), qui devait s'étendre des Ardennes au Massif Central.

Il apparaît que le seuil vindélicien, qui dans la suite jouera un rôle considérable, n'existait pas encore à cette époque. Aucun matériel ne semble provenir d'une terre émergée située au SE du domaine du Buntsandstein.

D'autre part, les Vosges et la Forêt-Noire ont été complètement recouvertes par le poudingue de Sainte-Odile. Ces massifs n'ont pas fourni le matériel le constituant.

B. LES ZWISCHENSCHICHTEN

Au-dessus des poudingues de Sainte-Odile se développent des grès fins, tendres, riches en mica, se divisant parfois facilement en moellons. Ces grès renferment parfois des conglomérats et forment ainsi transition entre les poudingues de Sainte-Odile sous-jacents et les grès à Voltzia les surmontant; ce caractère mixte leur a valu le nom de **Zwischenschichten** ou **grès intermédiaires**.

A la partie inférieure se développent souvent des bancs à dolomie et à cornaline (**Karneolhorizont**). Dans la région de Darney ce sont 3—4 m de grès verdâtres et violacés, de lentilles d'argiles bariolées avec quelques galets de 3—4 cm de diamètre. Des nodules de dolomie et de cornaline sont épars dans la masse et forment parfois des bancs continus. La cornaline remplit les fissures et les cavités de la dolomie et sa formation est donc postérieure à celle de la dolomie.

Le banc à cornaline est connu dans tout le Palatinat et en

Sarre. On peut l'identifier de Hombourg à Forbach. Il n'est pas connu entre Deux-Ponts et la région de Bouxwiller, plus au Sud entre Epinal, Remiremont, Plombières et Bruyères. Mais il est bien développé dans la région de Phalsbourg, dans la région de Darney, de Lauw et le massif de la Serre. Il prend aussi un beau développement dans le Sud du Schwarzwald, dans la région de la Wutach il atteint 2-3 m.

Il n'est pas toujours exact que le banc à cornaline est bien développé dans les régions où le poudingue de Sainte-Odile l'est moins. Les deux peuvent coexister.

Les Zwischenschichten renferment des bancs irréguliers de grès à galets se plaçant à des hauteurs variables. Entre Volmunster et Phalsbourg, on les trouve sur une dizaine de mètres vers le milieu de la série.

Les Zwischenschichten sont riches en feldspath comme le poudingue de Sainte-Odile. Ils renferment beaucoup de mica comme les grès à Voltzia.

Les Zwischenschichten se distinguent aisément des grès à Voltzia par leur richesse en argile, leur teinte rouge foncée à violacée et la présence de nodules de manganèse et d'ocre brune ou noirâtre. Lorsque ces derniers se délitent, les grès prennent un aspect caverneux.

Les Zwischenschichten renferment des bancs de grès dolomitiques souvent très étendus. Dans le Palatinat, on en relève parfois trois à quatre dont l'un atteint 0,50 m. On le connaît jusque dans la région de Volmunster et de Phalsbourg. Cette assise semble correspondre à un sol de steppe dans lequel se concentre du calcaire à la surface. L'enrichissement en CO₃Mg serait d'origine secondaire.

Les Zwischenschichten mesurent environ 60 m dans la région de Deux-Ponts, 50 m près de Bénning, 30-40 m près de Spicheren. A Longwy, on en relève 40 m. Dans le massif vosgien, l'épaisseur oscille entre 30-50 m dans la région de Belfort (22 m), de Ronchamp (20 m).

Notons que ces assises renferment des filons de galène dans les environs de Saint-Avold.

C. LES GRÈS A VOLTZIA

Ce sont des grès bien lités, parfois en bancs très épais, de teinte rouge ou jaune clair, parfois tachetés, riches en mica, fournissant une pierre de taille très exploitée. De nombreuses intercalations marneuses donnent une stratification irrégulière. Leur épaisseur varie entre 12 et 18 m. Il comprend en général :

- 1-2 m d'argile-limite,
- 4 m de grès irréguliers et d'argiles,
- 7-10 m de grès à bâtir.

La stratification est plus tranquille que dans les grès du Hauptbuntsandstein.

Ces grès ont fourni une flore de Conifères dont la forme-guide **Voltzia heterophylla**, des Equisetacées -- **Equisetum mougeoti** BROGN, des fougères : **Anomopheris mougeoti** BROGN, **Neuropteris**, etc., ainsi qu'une faune de Crustacés, de Limules et des poissons.

Récemment, Grauvogel a trouvé une importante faune de Crustacés, d'Insectes et de Vertébrés.

L. Grauvogel a montré qu'au début du dépôt des grès à Voltzia des cours lents à écoulement NW-SE (1) étaient bordés de sortes de roseaux (**Aetophyllum**), alors que plus loin poussaient des buissons de **Voltzia**, **Albertsia** et des Fougères. Plus tard se développent des Equisétinées. Au sommet de la série, on rencontre surtout des **Voltzia**, **Schizoneura**, **Equisetum** et **Neuropteridium**.

La faune est très riche. Les Coelentérés, les Spongiaires, les Echinodermes et les Céphalopodes n'y ont pas été rencontrés, le milieu laguno-lacustre ne devait pas leur convenir. Les Vers sont voisins des **Eunice** et **Spirorbis**. Des restes de **Lingula** représentent les Brachiopodes. Les Mollusques sont représentés par des formes d'eau douce, **Anoplophora**, lagunaires ou marins, **Myophoria**, **Pecten**. Les Arthropodes sont représentés par des Mérostomes, des Arachnides, des Crustacés et des Insectes. Ces derniers, très nombreux, appartiennent surtout aux Blattoïdes et aux Coléoptères. Les Poissons sont des Dipneustes et des Ganoïdes. Un squelette de Sauropterygien et des traces de *Chirotherium* y ont été découverts.

Paléogéographie.

La structure du grès à Voltzia montre que le grès a été déposé par des cours d'eau lents divaguant dans une région non accidentée, occupée par endroits de lacs plus ou moins saumâtres. L'ensemble formait un bassin affecté de subsidence dans lequel les influences maritimes venues du NE se faisaient sentir à des intervalles répétés et avec de plus en plus d'insistance et en s'étendant davantage vers le SW au fur et à mesure de l'écoulement des temps. Le Rôth du SW de l'Allemagne montre très nettement les influences laguno-marines annonçant les mers du Muschelkalk.

Morphologie.

Dans la morphologie, le conglomérat principal, les Zwischen-schichten et le grès à Voltzia forment en général une ligne rocheuse unique dominant le grès vosgien. Mais souvent la côte se subdivise en plusieurs gradins correspondant aux poudingues de Sainte-Odile, puis aux bancs à galets des Zwischenschichten couronnés par les grès à Voltzia.

VI. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

(v. tableau et fig. 4)

Le Trias inférieur ou **Buntsandstein** (= **Vogésien**) montre son maximum de développement dans une zone située entre le Massif ardenno-schisteux rhénan au NW et les chaînes et plateaux du Jura suisse et du Jura souabe au SE.

On peut diviser le Trias inférieur en trois termes :

1^o Le **Buntsandstein inférieur** (= **Anvillien** de G. DUBOIS), transgressif sur le Permien et les terrains hercyniens, débute par

(1) Cette observation ne se rapporte qu'aux Vosges gréseuses qui seules ont fait l'objet de recherches de L. Grauvogel.

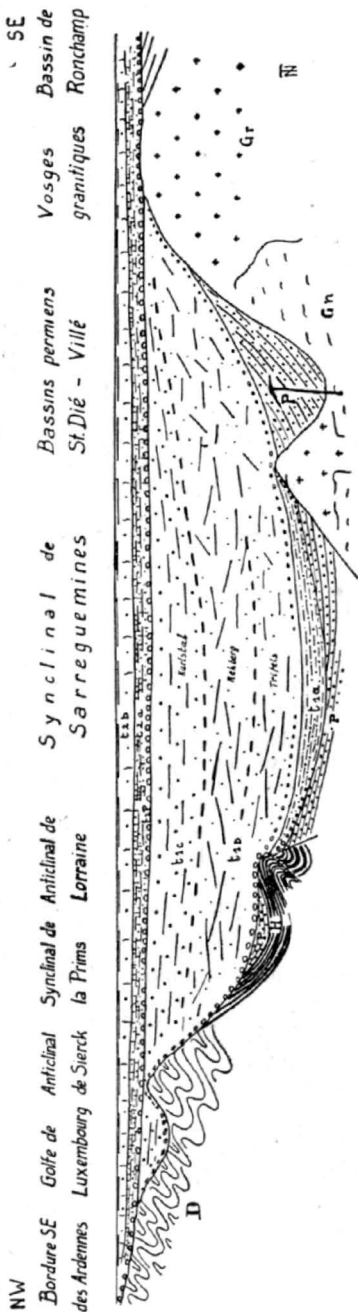


Fig. 4. — Coupe Schématique NW—SE allant de la bordure SE des Ardennes au versant S des Vosges granitiques pour montrer la disposition relative des différentes assises du Buntsandstein.

D = Dévonien; H = Houiller; P = Permien; Gn = Gneiss; Gr = Granites; t1a = Buntsandstein inférieur; t1b = série inférieure du Hauptbuntsandstein; t1c = série supérieure du Hauptbuntsandstein; t2p = poudingue de Sainte-Odile; t2a = Zwischenschichten; t2b = grès à Voltzia.

un **conglomérat de base** formé d'éléments remaniés du soubassement. En bordure de l'anticlinal de Sarrebruck se développe un faciès de bordure à galets peu aplatis, le **conglomérat de Staufen**. L'épaisseur est maxima dans le Spessart. La sédimentation, où dominent les éléments fins et argileux, correspond au remplissage détritique d'un bassin en voie de comblement, dont les limites dépassent légèrement celles des dépôts connus de la mer du Zechstein. Vers le Sud notamment, les grès du Buntsandstein inférieur s'étendent jusqu'aux environs d'Emmendingen au Nord de Fribourg (voir fig. 2).

2° Le **Buntsandstein moyen** (= **Hauptbuntsandstein** des auteurs allemands, = Savernien moins le poudingue de Sainte-Odile d'après G. Dubois) débute par un conglomérat à galets bien roulés, dit **conglomérat d'Eck** dans le Nord du Schwarzwald. Ce conglomérat est appelé encore **Unterer Geröllhorizont** (= conglomérat inférieur) dans le Schwarzwald. Il a été identifié dans tout le Spessart et peut être suivi jusque dans la région de Marburg. Vers l'Ouest, il est représenté à la base des grès de Trifels et s'étend par-dessus l'anticlinal de Sarrebruck jusque dans la région de Bouzonville.

Dans le Palatinat, la masse du Hauptbuntsandstein, épaisse de 350 m, peut être subdivisée en trois assises correspondant aux **grès de Trifels, de Rehberg et de Trippstadt** (= **Karlstal**).

En Sarre et en Alsace, on ne peut les subdiviser qu'en

— une **série inférieure** (correspondant aux assises de Trifels et Rehberg) à stratification irrégulière et à pseudomorphoses de calcite.

— une **série supérieure** (correspondant aux assises de Trippstadt) à stratification régulière, formée de grès à grain grossier ou de sables.

Vers l'Ouest, le Hauptbuntsandstein dépasse l'anticlinal du Hunsrück, mais n'atteint pas le bord des Ardennes. Vers le Sud, il ne dépasse guère la zone culminante des Vosges et du Schwarzwald.

La sédimentation uniquement détritique a dû se faire sous un climat aride soumis à de fréquentes pluies torrentielles donnant lieu à de fréquents et importants remaniements fluviaux.

3° Le **Buntsandstein supérieur** débute par le **poudingue de Sainte-Odile (conglomérat principal ou Hauptkonglomerat)**. Alors que le Hauptbuntsandstein diminue d'épaisseur du Nord au Sud, le conglomérat principal montre son maximum d'épaisseur dans les Vosges centrales. Il est largement transgressif tant vers l'Ouest que vers le Sud, il dépasse le massif vosgien et schwarzwaldien vers le Sud, il est connu dans le massif de la Serre. Il serait représenté dans le Trias de Provence.

Des mouvements du sol semblent avoir lieu devant le dépôt du poudingue de Sainte-Odile.

Paléogéographiquement, le poudingue de Sainte-Odile se rattache au Buntsandstein supérieur. Dans le NE de la France et le SW de l'Allemagne, la sédimentation se fait en direction sensiblement W-E, le matériau ayant été fourni par une terre émergée, la province gallique, qui devait s'étendre des Ardennes au Massif Central.

La sédimentation se poursuit avec les **grès intermédiaires** (= **Zwischenschichten**) formés de grès et de conglomérats, renfermant par endroits des dolomies et de la cornaline, et présentant des caractères de passage entre le poudingue de Sainte-Odile et les grès à Voltzia.

Les **grès à Voltzia** correspondent à une sédimentation détritique plus fine avec grès à plantes d'origine encore continentale passant finalement à une sédimentation de plus en plus argileuse et subaquatique avec nombreux fossiles. Un bassin de sédimentation de direction SW-NE s'établit progressivement; sa formation annonce les mers du Muschelkalk dont l'invasion se fait à partir des mers germaniques. La faune des argiles du Rôth décèle déjà des influences marines. Une **argile-limite**, correspondant à une émerision locale et temporaire, est considérée comme la limite supérieure du Buntsandstein.

L'ensemble du Buntsandstein apparaît donc comme une série détritique correspondant à son début au comblement du bassin de la mer du Zechstein, comprenant ensuite une phase essentiellement continentale et se terminant par un faciès de transgression annonçant la venue des mers du Muschelkalk.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

(*Consulter la bibliographie ancienne dans F. Forche.*)

- L. von AMMON. — Erläuterungen zu dem Blatt Zweibrücken-München 1903.
- L. Elie de BEAUMONT. — Observations géologiques sur les différentes formations qui, dans le système des Vosges, séparent la formation houillère de celle du Lias. **Ann. Mines**, Paris, 2^e série, tome I, 1827, p. 393—468, pl. V-VI, t. 4, 1828, p. 3—82, pl. I.
- E.-W. BENECKE. — Ueber die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg. **Abh. geol. Land. Els.-Lothr.** I, 4, 1877.
- M. BLANKENHORN. — Die Trias am Nordrande der Eifel zwischen Commern, Zulpich und dem Roertale. **Abh. geol. Spezialk. Preussen** VI, 2, Berlin 1885, p. 7 et 20.
- M.-A. BRACONNIER. — Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle, Nancy 1883.
- R. BRINKMANN. — Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken, **Z. deutsch. geol. Ges.** 78, 1926.
- R.-P. CHARLES. — Note paléontologique sur le Trias de Provence. **B. S. G. F.** (5), XVIII, 1948, p. 347—358.
- G. CORROY. — Etude stratigraphique et tectonique des régions Nord du seuil de Bourgogne. **Ann. Fac. Sciences Marseille**, 7, 1934.
- G. DUBOIS. — Succession stratigraphique des terrains secondaires, tertiaires et quaternaires de la dépression alsacienne de Saverne. **Gap.** 1933.
- G. DUBOIS. — Subdivisions et Nomenclature nouvelles du Trias de la région NE de la France. **Livrets du Service de la Carte géol. d'Alsace et de Lorraine**, 2, Strasbourg, 1949.

- F. FORCHE. — Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsandsteines im Umkreis der Vogesen. **Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg**, XV, 1935, p. 15—55.
- M. FRANCK. — Ergebnisse neuer Untersuchungen über Fazies und Bildung von Trias und Jura in Südwestdeutschland. **Geol. Rundschau**, 28, 1937.
- L. GRAUVOGEL. — Contribution à l'étude du grès à Voltzia. **C.R.S.G.F.** 1947, p. 35—37.
— Note préliminaire sur la Flore du Grès à Voltzia **ibid.** 1947, p. 64—66.
— Note préliminaire sur la Faune du Grès à Voltzia **ibid.** 1947, p. 90—92.
- M. LUCIUS. — Die Geologie Luxemburgs in ihren Beziehungen zu den benachbarten Gebieten. **Veröff. Luxemb. Geol. LandesaufnahmeDienste**, 1, 1937.
- G. MEYER. — Ueber die Lagerungsverhältnisse der Trias am Südrande des Saarbrücker Steinkohlengebirges.
- K.SAUER. — Neue Profile und Beobachtungen aus dem Unteren Buntsandstein der Ortenau und des Breisgautes. **Mitteilungsblatt geol. Landesanstalt** 1949, p. 16—23.
- M. SCHMIDT. — Die Lebewelt unserer Trias, Oehringen 1928. Nachtrag 1938.
- E. SCHUMACHER. — Erläuterungen zu Blatt Pfalzburg der geol. Spezialkarte von E.-L. Strassburg, 1902.
- A. SEIFERT. — Schrägschichtung im mittleren Buntsandstein des Saarlandes und angrenzender Gebiete. **Zeitsch. deutsch. geol. Ges.** 94, «1942, p. 489—510.
- H. STEINLEIN. — Das Buntsandsteingebiet zwischen Kulmbach und Bayreuth. **Abh. preuss. geol. Landesanstalt**, Berlin, N. F. 180, 1938.
- A. STRIGEL. — Perm und Trias am Südrande des Schwarzwaldes. **Mitt. bad. Land.**, 1949, p. 16—23.
- A. STRIGEL. — Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. **Verh. Naturh. Mediz. Vereins**, Heidelberg, N. F. 16, 1929.
- N. THEOBALD. — Le Pays de Sierck. Description géologique. **Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle**, 1932, 33, p. 1—45.
- A. VOLLRATH. — Der Untere Buntsandstein zwischen Odenwald und Oberhessen. **Zentralbl. Mineral**, B. 1939, p. 263—277.
- L. van WERVEKE. — Die Küstenausbildung der Trias am Südrande der Ardennen. **Mitt. geol. Land. Els.-Lothr.** X, 2, 1916, p. 151—239.
- L. van WERVEKE. — Erläuterungen zu dem Blatt Saarbrücken, Strassburg 1906.
-

Tableau montrant les principales divisions du Buntsandstein ou Vogésien

Termes représentés dans le domaine du Massif Vosgien		Termes représentés dans le					
Divisions d'après G. DUBOIS, 1949	Dénominations françaises classiques	Divisions proposées	Divisions allemandes classiques	Désignation sur la carte allemande 1/25.000'	Palatinat	Spessart et Odenwald	Schwarzwald
Vaslé-nien	Grès bigarré à Voltzia	t2b	Voltzien-sandstein	so2	Voltziensandstein	Röth	Röth
	Argile et grès de Wasselfone	t2a	Zwischenschichten	Sol	Zwischenschichten Carneol-konglomerat	Carneol-konglomerat	Carneol-konglomerat
Saver-nien	Poudingue de Ste-Otilie	t2p	Hauptkonglomerat	h	Hauptkonglomerat	Hauptkonglomerat	Oberer Geröllhorizont
	Grès des Vosges	t1c	Hauptbuntsandstein	sm2	Trippstadt ou Karlstal-schichten Rehberg-schichten Trifelschichten avec Unterer Felshorizont	Pseudo-morphosen-sandstein	Hauptbunt-sandstein
Annvil-lien	Grès d'Annweiler	t1a	Unterer Buntsandstein	su	Annweiler Sandstein Leberschiefer Stauffer Konglomerat	Tigersandstein Bröckelschiefer	Tigersandstein Basis-konglomerat