

50376
1962
26

50376
1962
26

UNIVERSITÉ DE LILLE

FACULTÉ DES SCIENCES

DIPLOME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
(Géologie)



**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
GÉOLOGIQUE DU QUART NORD EST
DE LA FEUILLE DE QUINGEY**

Présenté à Lille en 1962
par J. HOLEF

AVANT - PROPOS

Ce travail a été commencé au cours de l'été 1959 sur les conseils de MM. Dreyfuss, Bonte et Celet.

M. Dreyfuss, Professeur à la Faculté des Sciences de Besançon, Directeur de l'Institut de Géologie, a bien voulu accepter d'orienter mes recherches dans la région commune aux feuilles d'Ornans et de Quingey, de façon à raccorder les levés au 50.000^e entrepris depuis quelques années sur ce territoire par lui-même et MM. Bonte et Celet. C'est un accueil amical et paternel qu'il m'a réservé aussi bien dans le laboratoire de la Faculté des Sciences de Besançon que sur le terrain où j'ai pu bénéficier de sa connaissance approfondie du Jura.

M. Bonte, Professeur de Géologie appliquée à la Faculté des Sciences de Lille, a mis toute sa documentation à ma disposition et m'a permis de travailler sur la feuille de Quingey dont il fut chargé, durant plusieurs années, d'effectuer les levés géologiques. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de mes sentiments reconnaissants.

Avec M. Celet, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille, j'ai travaillé sur le terrain et j'ai profité de ses conseils éclairés pour compléter les levés et corriger certains points demeurés obscurs en raison de mon manque d'expérience.

Il a suivi et guidé mes recherches durant la période qui a précédé la présentation de ce mémoire et lors de

la rédaction, bien que très préoccupé à cette époque,
M. Celet n'a jamais ménagé son temps pour me faire profiter
de son expérience et de ses propres idées sur le Jura.
Qu'il soit assuré de ma profonde gratitude et du souvenir
reconnaissant que je lui garderai.

Je considère comme une insigne faveur de la part de
M. le Professeur Delattre d'avoir accepté de distraire de
ses multiples occupations le temps nécessaire pour faire
partie de mon jury.

I - INTRODUCTION

La région étudiée dans ce mémoire fait partie de la zone des plateaux comprise entre le faisceau bisontin et le faisceau salinois (Jura externe). Notre secteur est limité au Nord par les villages de Tarcenay et de Merey-sous-Montrond, au Nord-Ouest par les localités de Montrond-le-Château et Rurey; l'extrémité ouest est bordée par la Loue et son affluent le Lison dont la direction générale d'écoulement est, dans cette partie, orientée du Sud vers le Nord; la limite méridionale est constituée par les villages de Malans et de Fertans; à l'Est nous n'avons guère dépassé la route nationale N° 67, au delà de laquelle nous avons raccordé nos accidents à ceux qui ont été cartographiés récemment par M. Dreyfuss sur la feuille d'Ornans.

Cette zone des plateaux est profondément entaillée, d'Est en Ouest, par la vallée de la Loue, et du Nord au Sud par les affluents de cette dernière (ruisseaux de Valbois, des Norveaux, d'Amondans sur la rive gauche, et le ruisseau d'Epeugney sur la rive droite).

Nous nous proposons de retracer ici les principaux caractères lithologiques des différentes formations sédimentaires observables; puis nous tenterons de raccorder les accidents qui traversent obliquement notre région à la faille de Mamirole et ses "satellites" dont l'évolution constitue l'intérêt majeur de notre travail.

II - STRATIGRAPHIE

A) GENERALITES

L'ensemble des formations que nous avons rencontrées appartient au Jurassique moyen et supérieur.

Bien que, à l'échelle régionale, la stratigraphie des terrains jurassiques du Jura soit classique et solidement étayée sur différentes zones d'Ammonites, à l'échelle locale nous nous sommes heurtés très souvent à l'extrême pauvreté en fossiles des principales formations sédimentaires de l'édifice mésozoïque constituant la zone des plateaux. Nous avons, étant donné la carence en Ammonites (seuls fossiles pouvant permettre de préciser de façon rigoureuse les limites d'étages) dû choisir des coupures lithologiques facilement cartographiables. Une telle stratigraphie "faciologique" nous a rendu de grands services mais garde un caractère purement descriptif, à usage limité, et de valeur locale.

Voici, brièvement résumés, les ensembles que nous avons distingués et que nous décrirons ensuite :

1) Une série calcaire inférieure que nous diviserons en :

Bathonien supérieur : calcaire gris en dalles J I

Bathonien moyen : calcaire blanc compact J II

Bathonien inférieur : calcaire roux en dalles J III

2) Une série marneuse intermédiaire comprenant :

L'Argovien marno-calcaire au sommet J2b

Le Callovo-Oxfordien marneux à la base J2 - 1

3) Une série supérieure calcaire comprenant :

A la partie supérieure le Séquanien à l'état de calcaires marneux surmontés des calcaires en plaquettes J4;

A la partie inférieure le Rauracien oolithique suivi du Rauracien compact J3.

B) ETUDE de la série calcaire inférieure - Le Bathonien

1) Le Bathonien inférieur

Le Bathonien inférieur affleure largement dans la vallée de la Loue ainsi que dans la partie sud-ouest de la région étudiée où il apparaît à la faveur d'un pli monoclinal dans lequel s'encaisse profondément cette rivière.

Suivant les endroits les affleurements de Bathonien inférieur présentent des aspects très variés :

- Dans la vallée de la Loue, il se présente en falaises grisâtres sous l'escarpement calcaire du Bathonien moyen. Cet aspect massif est dû à une croûte d'altération épaisse, très dure, qui recouvre uniformément la roche et en cache la véritable nature lithologique.

- En aval de la Loue, sur la route de Lizine où des travaux récents ont découvert de beaux affleurements, le Bathonien inférieur se présente sous forme d'un calcaire roux, à stratification entrecroisée, contrastant avec l'aspect massif des falaises de la vallée encaissée de la Loue en amont.

L'épaisseur des strates varie de quelques centimètres à 20 centimètres, rarement davantage, suivant les niveaux (Pl. 1, fig.1) Cette stratification relativement fine rend

la roche altérable, ce qui explique la rareté des affleurements et la densité forestière.

Ajoutons d'ailleurs que, bien que nous ne l'ayons jamais observé, en raison de la couverture végétale, le Bathonien inférieur pourrait recéler des lits marneux de faible puissance.

a) Aspect microscopique de la roche

A la base, le Bathonien inférieur apparaît sous la forme d'un calcaire roux par altération, bleu en profondeur, montrant des oolithes et des gravelles en relief, à cause de la faible résistance à l'érosion du ciment.

Les oolithes sont, de façon générale, rares et fines; les gravelles atteignent la taille d'un petit pois. On y voit également des tiges d'Encrines à cassures spathiques brillantes ainsi que de nombreux cristaux de calcite qui occupent parfois une place prépondérante dans la roche.

A la partie supérieure, et ceci est très net dans la région de la ferme des Iles (x: 880,55 - y : 238,7), nous avons rencontré un Bathonien inférieur à structure plus compacte, mais également formé de fines oolithes (seulement visibles au microscope) et riche en tiges d'Encrines.

Le passage du Bathonien inférieur au Bathonien moyen se fait par ces calcaires roux, toujours en dalles mais plus fines.

b) Examen microscopique

L'examen en lames minces révèle une sédimentation homogène et continue. Le caractère peu profond d'une mer agitée se retrouve à chaque niveau dans l'abondance de

gravelles et d'oolithes; seule la taille des éléments fondamentaux varie suivant les horizons.

Les oolithes montrent des noyaux bien cristallisés, parfois entourés d'une à trois enveloppes concentriques de calcite. Rarement juxtaposées, oolithes et gravelles sont mal consolidées par un ciment légèrement coloré contenant des cristaux de calcite de néoformation (Pl.1, fig.2). Il semble donc que la roche n'ait pas été remaniée, contrairement à ce que nous verrons dans les passées oolithiques du Bathonien moyen.

c) Critères paléontologiques

Nous n'avons guère rencontré de fossiles bien conservés dans ces formations; à l'exclusion de quelques huîtres peu caractéristiques, la faune est réduite à l'état de débris non identifiables. Au microscope nous avons pu observer de rares Foraminifères, quelques plaques d'Echinodermes, des Gastéropodes.

Signalons, dans la partie supérieure, la présence de très beaux Bryozoaires (Pl. 1, fig. 3). L'absence de fossiles caractéristiques ne permet pas de donner un âge bien précis à ces formations. Cependant, on peut les comparer aux couches à Parkinsonia parkinsoni de la région de Chenecey - Charnay (N. Théobald et J. Bourquin 1959) qui contiennent une faune typique du Bajocien supérieur.

Ne pouvant préciser à quel niveau cartographiable correspondent les rares spécimens des Parkinsonia parkinsoni, nous avons préféré ne pas fixer de limite arbitraire dans la Grande Oolithe. Notre limite Bajocien supérieur, Bathonien inférieur se trouve donc reportée au sommet des marnes vésuliennes qui constituent un niveau plus aisément repérable pour un lever de carte.

2) Le Bathonien moyen

a) Limites d'affleurements et morphologie

Le Bathonien moyen affleure dans toute la vallée de la Loue depuis la limite de la feuille d'Ornans jusqu'à l'autre extrémité du secteur étudié, sous la forme d'une falaise massive blanchâtre dont l'aspect est également imputable à une patine d'altération. Sur la route de Cléron à Amondans, des travaux de voirie ont mis à nu la roche saine. Le Bathonien moyen apparaît sous l'aspect d'un calcaire blanc compact; il se présente en bancs massifs de deux à trois mètres de puissance, nettement séparés par de larges joints de stratification et débités en blocs parallélépipédiques par un réseau de diaclases; ces joints et ces diaclases sont soulignés par des infiltrations d'argile rouge de décalcification.

Très sensible à la dissolution par les eaux, le Bathonien moyen est le siège d'une altération karstique intense. Suivant les endroits, on peut distinguer les aspects suivants :

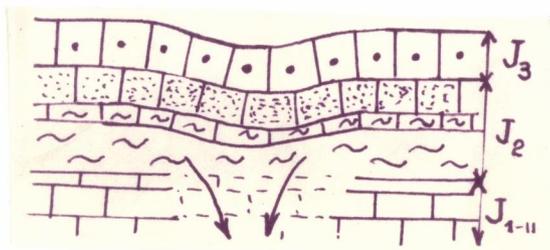
- Altération superficielle et profonde

1) En régions boisées et dans les fourrés de buis, le Bathonien moyen se présente sous une forme chaotique due aux lapiez qui le guillochent profondément. Notons que ces lapiez suivent de façon régulière la direction des diaclases. (Pl. II - Fig.1)

2) Dans les pâturages, sa surface est perforée par une multitude de dolines circulaires ou légèrement ovalisées à bords dissymétriques. Le bord septentrional est toujours plus abrupt que l'extrémité méridionale.

3) C'est aussi à des phénomènes de dissolution que nous attribuons la formation de "pseudosynclinaux". Au lieu-dit "les Vieilles Vignes" à Cléron, nous avons observé

que les couches calcaires rauraciennes affectent l'allure d'un petit synclinal alors que la limite Bathonien moyen - Bathonien supérieur, niveau très précis dans la région, indique une structure tabulaire. Il semble qu'à la suite de la dissolution des calcaires bathoniens, les marnes sans support solide, aient dû fluer dans des gouffres souterrains



et par suite, les couches du Rauracien par appel au vide auraient pris la forme d'un petit synclinal par affaissement lent des terrains sous-jacents;

ce serait donc un phénomène tectonique d'origine karstique.

Le Bathonien offre donc partout de nombreux affleurements et il constitue un repère important qui facilite le lever de carte. Malheureusement, les lapiez, les diaclases et les chaos qui en résultent s'opposent souvent à la mesure correcte des pendages.

- Circulation souterraine des eaux

1) Nous avons pu voir, à la suite de fortes pluies, une résurgence dans le lit de la Loue à Cléron, qui se traduisait par un brusque gonflement des eaux au-dessus de l'orifice de la source située dans la zone d'affleurement du Bathonien moyen.

2) Le ruisseau des Norveaux, faiblement alimenté en saison sèche, se perd totalement dans les calcaires du Bathonien moyen; en remontant le lit desséché d'aval en amont, nous avons constaté un débit croissant à mesure que nous nous éloignons de la zone d'affleurement du Bathonien moyen.

b) Nature des terrains à l'affleurement

Le Bathonien moyen présente une texture relativement monotone. Nous avons pu distinguer dans la masse de 60 mètres d'épaisseur de calcaire uniformément blanc (coupe A) :

- à la base; un calcaire compact avec de nombreuses passées oolithiques et brèchiques;
- au milieu : des bancs calcaires compacts;
- au sommet : des calcaires compacts avec, à nouveau des passées brèchiques peu nombreuses.

c) Caractères généraux

Quels que soient les niveaux, oolithiques ou compacts, le Bathonien moyen est un calcaire blanc, très dur, à cassure esquilleuse, à bords tranchants. On y remarque souvent des points rosés (principalement dans les niveaux compacts).

Nous avons effectué trois analyses chimiques suivant la méthode du Complexon III.

Ces dernières ont donné une teneur de 56% en Ca O et se sont révélées négatives en ce qui concerne la dolomie (A. Bonte et P. Celet 1954). La présence de traces de fer, qui est un élément inhibiteur dans les réactions du complexon III, rend ces analyses peu précises et les résultats ne peuvent donner qu'un ordre de grandeur; néanmoins, le calcaire bathonien moyen se révèle extrêmement pur.

Le calcaire compact - Outre les caractères signalés précédemment, le calcaire compact offre peu de particularités. Comme la

plupart des calcaires lithographiques, il recèle de très fréquents stylolithes souvent soulignés par un dépôt ferrugineux de couleur rouille.

La macrofaune est très pauvre : les niveaux fossilifères sont rares. Signalons un gîte de Rhynchonella decorata, accompagné d'une espèce plus petite dans le virage de la sortie de Cléron (x 882,25; y 238,1).

Les passées oolithiques - Le calcaire oolithique ou brèchique se trouve toujours en passées au sein des bancs compacts. Nous avons affaire à un calcaire compréhensif où il n'y a aucune solution de continuité dans la sédimentation. Seuls de légers mouvements du fond marin ont pu être à l'origine des variations de microfaciès observés. Il s'agit donc de dépôts peu profonds.

Ces calcaires contiennent généralement de nombreux filons de calcite et des petites géodes qui les rendent moins résistants au choc.

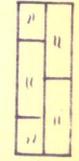
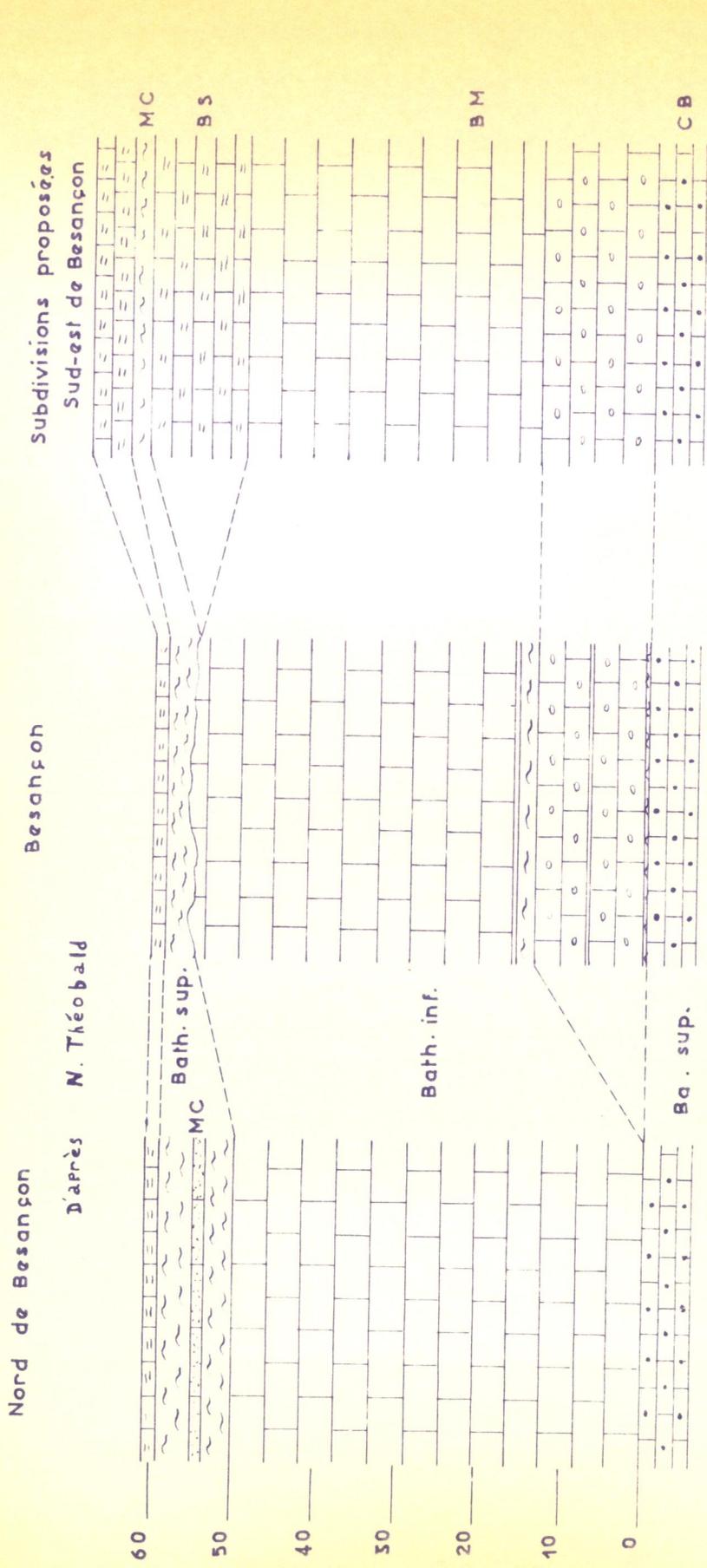
d) Microfaciès

Le calcaire compact contient de nombreux Foraminifères (Textularia sp. Pl. II, fig. 2) dont les loges, contenant de la calcite cristallisée, se détachent sur le fond uniformément sombre du calcaire amorphe.

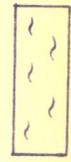
Le calcaire oolithique - L'examen au microscope révèle un agrégat de gravelles, d'oolithes et de débris organiques. Les oolithes comportent souvent, en guise de noyau, un Foraminifère ou un article d'encrine, entouré d'une à trois enveloppes de calcite. Le ciment pur, transparent, est souvent entièrement cristallisé (Pl. II; fig. 3).

PLANCHE A

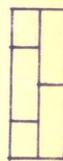
LE BATHONIEN



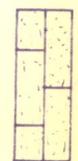
DALLE
NACREE



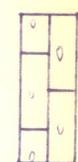
MARNES



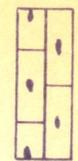
CALCAIRES
COMPACTS



CALCAIRES
GRESEUX



CALCAIRES
COLITHIQUES



CALCAIRES
COLITHIQUES ROUX

ET GRAVELEUX BLANCS



MC = Marnes de
Champfongeron

CB = Calcaires oolithiques
à Bryozoaires

B = Bathonien

De nombreux indices laissent penser que ces sédiments ont subi un léger remaniement après leur dépôt, avant la diagénèse et les phénomènes de lapidification; parmi ces indices, citons :

- de nombreuses oolithes cassées;
- la présence de galets formés d'une oolithe et d'un débris d'encrine, d'une oolithe et d'un Foraminifère ou même de plusieurs oolithes. Ces "micro-galets" sont elliptiques et leur ciment est une substance calcaire amorphe, alors que le ciment de la roche dans son ensemble est totalement recristallisé.

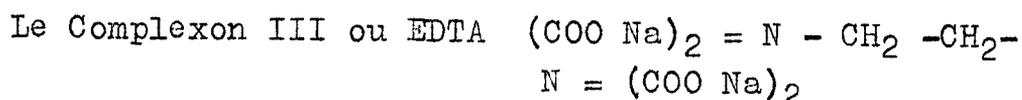
e) Critères paléontologiques

La faune des calcaires blancs se révèle également très pauvre : elle se réduit à quelques Polypiers roulés et des restes de Nérinées dans les calcaires oolithiques. (N. Théobald 1959) et à quelques Rhynchonella decorata dans les calcaires compacts.

A la suite de travaux effectués dans l'ensemble du Jura, N. Théobald (1959) a fixé, dans la région de Besançon, la limite inférieure de l'étage Bathonien au "banc à momies" situé au sommet des calcaires oolithiques blancs; quant à la limite supérieure, elle correspond à celle des marnes de Champforgeron à Obovothyris obovata SOW, niveau inconstant qui se situe au-dessus des calcaires blancs compacts, et de la "Dalle nacrée" à Macrocéphalites macrocéphalus qui constitue donc le Callovien inférieur (Pl.A).

Notre Bathonien moyen correspond donc en fait à la totalité des calcaires blancs compris entre la "Grande Oolithe" que nous avons cartographiée Bathonien inférieur et la "Dalle Nacrée" qui, dans notre secteur

est beaucoup plus épaisse qu'à Besançon et dont la partie inférieure, située sous le niveau marneux que nous assimilons aux marnes de Champforgeron, appartient au Bathonien supérieur.



est un composé organique qui a la propriété de former avec certains cations comme le fer, l'aluminium, le cobalt, le nickel, le calcium, le magnésium, des complexes ou chélates.

La formation de ces chélates se fait à des pH très précis.

Détermination de la teneur en calcium et en magnésium d'un calcaire contenant en impuretés le fer et l'aluminium :

- 1) à pH 10, le calcium et le magnésium sont complexés par le Complexon III; l'indicateur coloré est le Noir Eriochrome T rouge, qui passe au bleu en présence de calcium et de magnésium non complexés.
- 2) à pH 12, seul le calcium est complexé ; le magnésium, le fer et l'aluminium sont précipités à l'aide de TEA ($\text{N} = (\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \text{OH})_3$); l'indicateur coloré est le NB Cr (Noir Bleu au chrome) bleu, qui vire au rouge en présence de calcium libre.

La différence entre les résultats de (1) et (2) permet d'avoir la teneur en magnésium.

3) Le Bathonien supérieur "Dalle nacrée"

Nous avons rencontré la "Dalle nacrée" dans toute la vallée de la Loue où elle constitue une plateforme structurale (Pl. III; fig.1), sur le plateau, au Nord de Malbrans et entre Tarcenay et Epeugney.

a) Extension et Subdivisions

La "Dalle nacrée" est altérable, elle donne une terre rouge de décalcification abondante qui porte les cultures les plus riches et ses affleurements, copieusement arrosés par le ruissellement des marnes oxfordiennes, sont couverts de prairies. Grâce aux multiples carrières, nous avons pu observer de nombreux affleurements. D'autre part la netteté du contact Bathonien moyen - Bathonien supérieur (A. Bonte et P. Celet 1954) facilite beaucoup le travail cartographique.

Dans le paysage de la "Dalle nacrée" il existe aussi de petites dolines; mais nous n'avons presque jamais rencontré d'ovens à bords abrupts. Ceci tient au fait que la roche donne une proportion importante d'argile de décalcification qui, mélangée aux marnes sus-jacentes, obture les poches de dissolution (Pl.III, fig.2).

Les affleurements de Cléron (sur la R.N. 473) aux abords de la Halte de Scey-en-Varais), les carrières de Notre-Dame du Chêne (x: 886,5; y: 241,5), les travaux routiers de Cadémène (x : 880,6; y: 240,9), ainsi que la tranchée creusée au Sud de Tarcenay pour la pose des conduites d'eau, nous ont permis d'établir les distinctions suivantes : de bas en haut (Pl.A) :

- 1) calcaires roux en dalles avec une passée marneuse de 2 m dans la partie supérieure.
- 2) calcaires marneux lumachellaires auxquels succède le Callovien à Reineckeia anceps) et à oolithes ferrugineuses.

b) Description détaillée des différents niveaux

1) Les calcaires roux en dalles :

Ils constituent la presque totalité du Bathonien supérieur (22 à 23 m sur les 25 m). C'est un calcaire, analogue au Bathonien inférieur en strates d'épaisseur variable, tantôt très fines comme à la Halte de Scey-en-Varais, tantôt de l'ordre du décimètre comme à la carrière de Notre-Dame du Chêne (Pl. III; fig.2). Les joints de stratification sont soulignés par des dépôts d'argile rouge. La stratification est fortement entrecroisée, notamment à la partie supérieure (Halte de Scey-en-Varais), ce qui rend les mesures de pendages très délicates.

Le calcaire bathonien supérieur, en profondeur, lorsque la roche est fraîche, a une teinte bleuâtre, mais cette coloration vire très rapidement au rouille en surface (transformation chimique du fer). Suivant les horizons nous avons rencontré : tantôt un calcaire essentiellement oolithique, très compact et résistant, notamment sur le plateau au Nord-Est d'Epeugney, tantôt un calcaire graveleux et oolithique; ces niveaux contiennent des Encrines de petite taille. Les éléments (oolithes et gravelles) sont unis par un ciment résistant, ce qui fait qu'ils cassent en même temps que la roche.

A la surface des strates, on distingue souvent des Bryozoaires et des radioles d'Oursins (Pl.IV; fig.3).

Au microscope on observe des oolithes à structure concentrique et des gravelles (Pl.IV; fig.1) noyées dans un ciment à nombreux cristaux de néoformation.

La microfaune est très riche : débris de Bryozoaires, plaques d'Oursins, Foraminifères, etc...

Les marnes : Elles sont rarement visibles en raison de leur altérabilité et de leur faible épaisseur (2m). Nous avons pu les observer à deux reprises au carrefour de Cadémène (x: 880,6 y: 240,&) et dans la région de Tarcenay, lors de l'ouverture d'une tranchée pour installer une conduite d'eau potable (voir sa situation et sa description p.19)

Epaisses de 2m, entre deux niveaux de calcaires roux en dalles, ce sont des marnes bleues, feuilletées, à schistosité irrégulière. Elles se débitent en plaquettes friables.

Nous y avons trouvé une faune très riche, notamment dans la tranchée de Tarcenay; citons de nombreuses Pholades (Pholadomya bellona d'ORB ? espèce décrite par A. Riche-1893 dans le Bathonien supérieur du Jura méridional), des Encrines, des Bryozoaires très bien conservés, Alectryonia sp. (la légende de la carte au 1/80.000^e signale Alectryonia costata), deux espèces d'Oursins : Hemicidaris sp. et Pygurus cf. fungyformis décrit par J. Mercier (1932) et caractéristique du Bathonien supérieur de la bordure occidentale du bassin de Paris (Pl.IV;fig.5).

Citons également Rhynchonella sp. (Pl.IV;fig.4) et Zeilleria digona (Pl.IV;fig.6). Il semble donc que nous puissions assimiler ce niveau marneux contenant une faune caractéristique du Bathonien supérieur aux marnes de Champforgeron décrites par N. Théobald (1959), marnes qui constituent le sommet du Bathonien dans la région de Besançon (Pl.A). Dans ce cas, la partie supérieure des calcaires roux en dalles qui succèdent à ces marnes, correspondrait au Callovien inférieur de M. Dreyfuss (1956) à Macrocephalites macrocephalus.

Ce niveau marneux n'étant pratiquement jamais observable dans notre secteur, nous avons rattaché toute la "Dalle nacrée", y compris la zone à Macrocephalus, au Bathonien supérieur (A. Bonte 1945).

2) Le calcaire lumachellaire : Il constitue le dernier terme du Bathonien supérieur; souvent, en raison de sa faible épaisseur, il est confondu avec le Callovien sous les marnes glissées de l'Oxfordien. Nous ne l'avons observé qu'à la Halte de SCEY. C'est un véritable "cimetière" de Mollusques et de Bryozoaires bien conservés, unis par un ciment calcaire marneux relativement tendre, jaune et facilement altérable (A. Bonte et P. Celet 1954).

3) Caractères distinctifs du Bathonien inférieur et du Bathonien supérieur :

Les principaux critères permettant de distinguer ces deux étages sur le terrain sont les suivants :

- Le Bathonien inférieur supporte, en surplomb, le calcaire bathonien moyen.
- A la "Dalle nacrée" succède la combe marneuse callovo-oxfordienne.
- La "Dalle nacrée" n'atteint que 25 mètres alors que le Bathonien inférieur dépasse 60 mètres.
- Le Bathonien inférieur est généralement plus grossier quant à la structure de la roche. Des gravelles de la taille d'un pois apparaissent en relief, alors que la "Dalle nacrée" n'offre jamais que des éléments sectionnés et de rares gravelles de très petite taille .
- Dans la région étudiée, le Bathonien inférieur ne contient guère de fossiles bien conservés, alors que les surfaces

structurales de la "Dalle nacrée" offrent, surtout dans leur partie supérieure, des lits de fossiles bien conservés, notamment des petites Rhynchonelles, des radioles de Cidaris sp et des Bryozoaires (Pl.IV; fig.3), ainsi que des perforations de Mollusques lithophages.

- La "Dalle nacrée" comporte, à sa partie supérieure, des oolithes ferrugineuses et des calcaires lumachellaires très caractéristiques mais malheureusement souvent cachés par les glissements de marnes oxfordiennes.

4) Conclusions relatives au Bathonien

Nous avons vu que le Bathonien comprenait deux termes extrêmes à caractères néritiques, séparés par des dépôts plus fins, moins soumis aux influences littorales qui correspondent au Bathonien moyen.

Au Bathonien inférieur a donc succédé une sédimentation marine plus calme, mais l'instabilité du fond est quand même marquée par des passées oolithiques et graveleuses. Un régime littoral s'installe à nouveau dans cette région à la fin du Bathonien moyen : c'est un très bel exemple de récurrence de faciès. Les marnes du Bathonien supérieur précèdent de peu et annoncent un nouveau cycle qui va succéder au Bathonien.

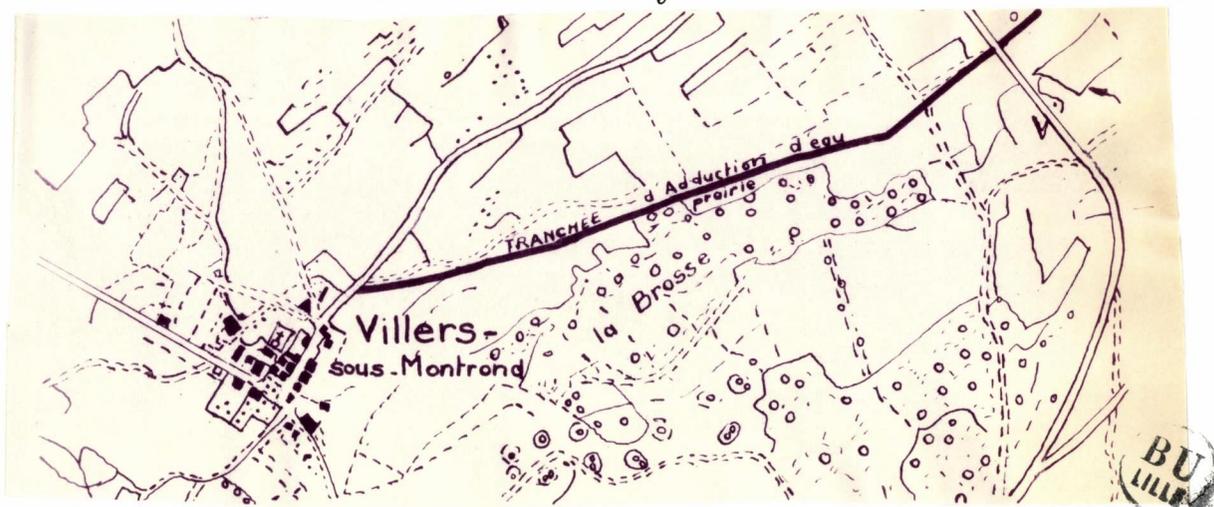
c) Etude de la série marneuse intermédiaire

1) La série callovo-oxfordienne

a) Le Callovien - Comme nous l'avons signalé plus haut, le Callovien n'est pratiquement jamais observable à cause des glissements de terrains qui affectent les marnes plastiques sus-jacentes. Nous n'avons pu l'étudier qu'à la faveur de travaux effectués pour la pose des conduites d'eau

potable entre les localités de Tarcenay et de Villers-sous-Montrond, à la lisière du Bois de la Brosse.

- Coupe dans la région de Tarcenay -



Situation de la tranchée au Sud-Ouest de TARCENAY -

La tranchée s'élevant doucement d'un point situé à une centaine de mètres en contrebas d'une pépinière de sapins, jusqu'au coin de la prairie encastrée dans le bois de la Brosse (voir fig. ci-jointe), elle passait nécessairement à travers l'ensemble du Callovien, ce qui nous a permis de faire les observations suivantes :

- a) Dans la section ouest de la tranchée, correspondant à la base du Callovien (puisque nous trouvons à un niveau plus bas des terres rouges de décalcification de la "Dalle nacrée"), nous avons trouvé, dans une terre jaune, des blocs calcaires marneux grisâtres. Ces calcaires marneux à oolithes ferrugineuses réparties au hasard dans la masse argileuse, contenaient de nombreuses Ammonites et Belemnites. Ces fossiles, disséminés sans orientation précise, étaient plus nombreux dans les blocs plus tendres; malheureusement, beaucoup d'entre eux ont été déformés, écrasés et ne sont pas entiers. La planche V montre quelques-uns des spécimens découverts dans cette partie de la tranchée; nous citons, sous réserve d'une détermination ultérieure

plus précise : Peltoceras sp, Parapeltoceras sp, et Reineckeia sp. A Bonte (1945) signale dans ces calcaires marneux à oolithes ferrugineuses 41 espèces différentes de la zone à Reineckeia anceps. A. Bonte a constaté, dans la région bisontine, la lacune de la zone à P. konigi et la discontinuité des calcaires marneux à oolithes ferrugineuses.

- b) Dans la section est de la tranchée, nous avons relevé :
- des blocs calcaires, marneux, moins nombreux et de taille inférieure à ceux rencontrés dans la section ouest;
 - une terre jaune, très argileuse qui, par lessivage, donnait des oolithes ferrugineuses. Les Céphalopodes se faisaient plus rares mais, en revanche, nous avons rencontré une faune banale plus importante, notamment des Pholades et des Gastéropodes en très mauvais état.

Il semble qu'à la partie supérieure du Callovien à oolithes ferrugineuses, l'importance des marnes se développe au détriment des bancs calcaires marneux.

- Etude microscopique

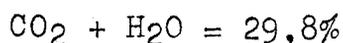
L'observation au microscope permet de voir des oolithes de limonite à multiples pellicules concentriques, bien individualisées dans un calcaire marneux pétri de fins débris de Lamellibranches (on pourrait dire une "microlumachelle") et de grains de quartz corrodés en grand nombre (Pl.V;fig.1). Notons que la présence d'oolithes cassées confirme l'idée de remaniements possibles, idée envisagée d'après l'état des Ammonites (souvent des moules internes) et leur disposition irrégulière dans la roche.

A. Bonte (1945) signale la présence de deux sortes d'oolithes, les unes composées de limonite, les autres noires, probablement silicatées; la lame mince que nous avons étudiée ne contenait que des oolithes de limonite : il y aurait donc des niveaux différents, les uns à oolithes silicatées, les autres à oolithes ferrugineuses.

Analyses chimiques (effectuées sur un échantillon finement broyé et passé à l'étuve 24 heures)

1) Perte au feu, destinée à connaître la teneur en gaz carbonique et en eau de constitution de certains minéraux, la limonite par exemple.

a) Après 24 heures dans un four dont la température oscillait entre 900 et 1.000°, l'échantillon avait perdu 29,8% de son poids.



b) Dosage de l'eau de constitution.

Nous avons exposé à une température de 1.000° un échantillon d'un gramme de poudre dans un four tubulaire parcouru par un courant d'oxygène rigoureusement anhydre. (Cet oxygène anhydre était destiné à chasser la totalité des gaz extraits de la roche sans apporter d'eau).

Les gaz récupérés à la sortie du four, composés d'oxygène, de gaz carbonique et de vapeur d'eau, étaient conduits, par l'intermédiaire d'une courte tubulure, dans un récipient contenant de l'acide sulfurique concentré par où ils étaient forcés de barboter avant de pouvoir sortir. L'eau était le seul des trois gaz retenu par l'acide sulfurique : la différence de poids du flacon à acide sulfurique avant et après l'opération nous a donné le poids d'eau de constitution.

Nous avons trouvé 55 milligrammes soit 5,5% d'eau de constitution.

NB : Avant cette mesure, nous nous étions assurés de l'absence totale de soufre dans la roche; le soufre dans

cette méthode aurait pu fausser les résultats par formation de composés ($\text{SO}_3 \text{H}_2$ et $\text{SO}_4 \text{H}_2$).

2) Dosage par voie humide.

- a) Après attaque à l'acide chlorhydrique étendu (attaque destinée à doser le fer dans la roche, à l'exclusion du fer des silicates que nous considérons comme inattaqués par un acide étendu) et après calcination du résidu, nous avons trouvé :

$$\text{Si O}_2 + \text{Silicates} = 20,3\%.$$

Nous avons dosé les sels ferriques (réduits à l'état de sels ferreux à l'aide de chlorure stanneux) par manganimétrie. Nous avons trouvé une teneur en fer de 11,40%.

- b) Après fusion pendant 45 minutes dans un creuset de platine avec un fondant carbonaté ($\text{CO}_3 \text{Na}_2 + \text{CO}_3 \text{K}_2$), nous avons fait une attaque à l'acide chlorhydrique concentré. La solution obtenue a été totalement évaporée et reprise à l'acide chlorhydrique étendu.

Dans cette liqueur obtenue, la silice était en suspension à l'état colloïdal. Nous avons filtré et lavé ce résidu insoluble que nous avons pesé après calcination. Le poids du résidu obtenu vient du quartz (silice libre) et des silicates (silice combinée).

$$\text{Si O}_2 = 16,5\%.$$

Nous avons ensuite précipité dans la liqueur filtrée contenant tous les ions solubles, le fer (à l'état ferrique) et l'aluminium par l'ammoniaque; ce précipité, filtré et lavé, puis passé à la calcination a donné :

$$\text{Fe}_2 \text{O}_3 + \text{Al}_2 \text{O}_3 = 22,50\%.$$

Nous avons redissout ce précipité dans l'acide chlorhydrique pour doser le fer total (provenant des silicates et des oolithes) par la manganimétrie; nous avons trouvé :

$$\text{Fer total} = 11,8\% \text{ soit exprimé en } \text{Fe}_2 \text{O}_3 = 16,87\%.$$

Il y a donc, par comparaison avec la première analyse, 0,57% de $Fe_2 O_3$ provenant des silicates et 5,63% d' $Al_2 O_3$ au total.

Ensuite, dans la liqueur primitive, nous avons précipité le calcium par l'oxalate d'ammonium. Le précipité, calciné pendant 3 heures a donné :

Ca O : 31%

Sur le reste de la liqueur, le phosphate d'ammonium a montré la présence de traces de magnésium. Cette faible teneur a été confirmée par la réaction à l'hypoiodite (cette réaction est peu sûre mais confirme le résultat précédent), mais il ne nous a pas été possible de mesurer cette teneur en Mg O.

Donc, en résumé dans un échantillon de calcaire marneux à oolithes uniquement limoniteuses, nous avons trouvé :

S	.....	Néant
H ₂ O	.....	5,5%
C O ₂	.....	24,30%
Si O ₂	.....	16,50%
Al ₂ O ₃	.....	5,63%
Fe ₂ O ₃	.....	0,57% (provenant des silicates)
Fe ₂ O ₃	.....	16,30% (provenant des oolithes)
Ca O	.....	31,00%
Mg O	.....	traces

Total :		99,80%

REMARQUE : de la comparaison de ces résultats, il ressort que toute l'alumine ne peut provenir des silicates; il est probable que les oolithes contiennent en impuretés un peu d'alumine.

CONCLUSIONS SUR LE CALLOVIEN

Le callovien calcaro-marneux, y compris les marnes

à oolithes ferrugineuses, est peu épais : il ne doit guère excéder 3 m dans la région de Tarcenay (d'après A. Bonte - 1945, ce niveau est discontinu).

Du point de vue cartographique, ce niveau serait excellent et il ne pourrait être confondu avec aucun autre niveau de la région; malheureusement, il n'est pas cartographiable pour les raisons déjà évoquées : aussi nous ne l'avons reporté que sous la notation J₂ - 1, Callovo-Oxfordien.

b) Les marnes oxfordiennes

A la puissante série calcaire du Jurassique moyen (Dogger) dont nous venons de donner les principales caractéristiques, succèdent les marnes oxfordiennes et les marnocalcaires à faciès argovien.

La partie inférieure est constituée par des marnes uniquement, toujours désignées sous le nom de "marnes oxfordiennes".

I - CONDITIONS D'AFFLEUREMENT

Les marnes oxfordiennes constituent la base de la seconde falaise, généralement en pente douce au-dessus de la surface structurale de la "Dalle nacrée" parfaitement horizontale (Pl. III; fig. 1).

Sur le plateau, l'érosion intense a souvent dégagé de très beaux affleurements et mis à jour des gîtes fossilifères célèbres; citons les marnières d'Epeugney, de Merey-sous-Montrond, de "la Tuilerie" (sur la route Besançon - Ornans) et de Tarcenay. Mais là aussi, à l'exclusion de ces marnières correspondant à d'anciennes exploitations ou à des déboisements inconsidérés, les zones où affleurent les marnes sont couvertes de bois et de taillis. Notons toutefois que,

sur le plateau où les couches sont parfois en structure monoclinale, les marnes correspondent à une combe, la combe oxfordienne, encadrée d'une part par l'Argovo-Rauracien et, d'autre part, par le Bathonien; dans ce cas, les marnes et l'Argovien inférieur, qui sont en place au coeur de la dépression, portent quelques cultures.

Néanmoins, si l'on excepte les marnières qui constituent l'affleurement exceptionnel, il faut souvent se contenter des taupinières susceptibles de fournir des fossiles pyriteux.

- INFLUENCE DES MARNES SUR LA MORPHOLOGIE

Les eaux de ruissellement effectuent dans les marnes un véritable travail de "sape" sous l'Argovo-Rauracien, ce qui entraîne des éboulements importants, notamment dans le fond des bassins de réception. Citons le cas du Hameau des Norveaux, au Sud-Est de Cléron abandonné et détruit par un effondrement de la falaise rauracienne. Nous avons couramment rencontré des pans de cette falaise, glissés de plusieurs mètres dans le Sud du secteur, où la structure est horizontale (Pl. VII; fig.1)

- INFLUENCE DES MARNES DANS LA TECTONIQUE

Il s'agit des failles affectant uniquement la couverture. Dans les zones tectonisées, telle la pincée de Cléron, l'érosion dans les marnes peut avoir causé des cassures transversales par rapport à la vallée, dans les bancs de l'Argovien et du Rauracien. Ces cassures, bien nettes, n'affectent pas les calcaires inférieurs ni le niveau repère du Bathonien moyen - Bathonien supérieur, ce qui souligne à nouveau son importance.

2) STRATIGRAPHIE

D'après les auteurs de la carte au 1/80.000^e (2ème éd. 1922) les marnes sont réparties en cinq zones qui sont, de haut en bas :

- zone e : couche à chailles et à Pholadomya exaltata.
- zone d : couche à Cardioceras cordatum, Pentacrinus pentagonalis et partie supérieure des marnes à Creniceras renggeri.
- zone c : couche à Quenstedticeras praecordatum, Quenstedticeras mariae, Oppelia calcarata, Sowerbyceras tortisulcatum, Aspidoceras perarmatum, Creniceras renggeri, Pentacrinus pentagonalis.
- zone b : couche à Quenstedticeras lamberti, Quenstedticeras mariae, Quenstedticeras subterlandiae, Aspidoceras perarmatum, Hecticoceras Svevum, Crenaticeras renggeri.
- zone a : couche à Cosmoceras ornatum, Quenstedticeras cf. lamberti.

La base n'est guère facile à différencier; les marnières, qui sont les meilleurs affleurements, donnent un mélange des différents horizons, mélange occasionné par la plasticité de la roche. Les marnes grises ou bleues, suivant les niveaux, jaunes lorsqu'elles sont altérées, sont très ravinées par les eaux superficielles, et les fossiles : Ammonites pyriteuses, Rhynchonelles, Gastéropodes, Pentacrines, des différentes zones, sont entraînés dans les rigoles et déposés pêle-mêle au bas de la marnière avec des nodules de pyrite. Mais, s'il est possible de différencier

les zones par un examen minutieux des marnes en place dans les marnières, leur distinction est impossible dans les régions couvertes. Pour cette raison, nous avons cartographié l'ensemble des marnes en J2-1 Callovo-Oxfordien, la zone a contenant encore des Ammonites caractéristiques du Callovien supérieur.

La zone e est mieux repérable; ce sont, à la base, des marnes à sphérites calcaires d'une vingtaine de centimètres de diamètre.

Nous avons placé la limite supérieure de l'Oxfordien à la base de la zone e : cette limite, facilement cartographiable, se trouve une dizaine de mètres en contrebas de la limite paléontologique déterminée par M. Rollet (1959) lequel a trouvé dans les marnes à sphérites Trimarginites du groupe henrici (d'ORB), Cardioceras sp. du groupe costicardia ou alphacodatum, Périsphinctes sp. et Cardioceras costelatum qui sont des Ammonites de l'Oxfordien.

Quelques mètres au-dessus du niveau à Cardioceras costelatum, M. Rollet a trouvé Cardioceras excavatum (SOW) et Dichomosphinctes sp, "association typique de l'Argovien inférieur".

3) ETUDE DES MARNES OXFORDIENNES

Lorsque l'affleurement est récent, les marnes se présentent en lits bien réguliers, mais elles s'altèrent rapidement en surface et se présentent souvent en masses terreuses jaunâtres.

Sur un échantillon sain, nous avons effectué un lavage à l'essence (l'échantillon avait été au préalable desséché lentement dans une étuve) afin d'éviter de devoir écraser la marne dans l'eau et ne pas détruire les fossiles

éventuels. Bien que l'échantillon de marne fût de poids important (1 kg) nous n'avons eu qu'un résidu minime (quelques grammes) dans les tamis les plus fins.

Au binoculaire, nous avons distingué dans l'ordre d'importance quantitative décroissante :

- des grains de quartz corrodés;
- des débris de matière charbonneuse;
- des Foraminifères parmi lesquels les Lagénidès et une autre espèce à forme enroulée;
- des spicules d'éponges (à 6 branches);
- Nous n'avons pu distinguer les cristaux de gypse, signalés par A. Caire (1953).

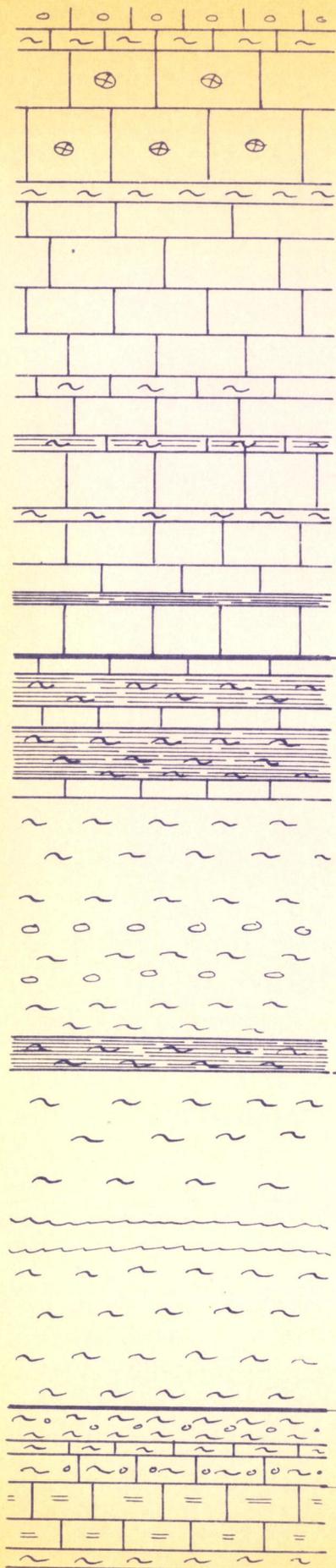
II - LA SERIE ARGOVIENNE (50 à 55 m.)

Dans la Vallée de la Loue, l'Argovien succède de façon continue aux marnes oxfordiennes. Il forme la partie supérieure de la côte, en pente plus abrupte que celle correspondant aux marnes sous-jacentes. La limite supérieure est beaucoup mieux marquée dans la topographie par la falaise blanche du calcaire rauracien qui domine toute la vallée (Pl.VII; fig.1). Dans les zones à structure monoclinale que nous avons parfois rencontrées sur le plateau, l'Argovien inférieur se confond avec l'Oxfordien dans les combes; l'Argovien supérieur, plus résistant, forme une cuesta avec le Rauracien.

Autrefois, l'Argovien était le terrain de prédilection pour l'implantation des vignobles; on trouve sur la carte, en de nombreux endroits exposés à l'ensoleillement,

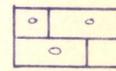
PLANCHE B
LA SERIE MARNEUSE INTERMEDIAIRE

SCHEMA

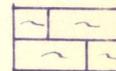


ARGOVIEN
à = ARGOVIEN SUPERIEUR
CHAILLES

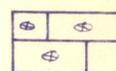
ARGOVIEN
sans = ARGOVIEN INFERIEUR
CHAILLES



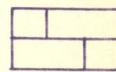
Calcaires pisolithiques



Calcaires Marneuse



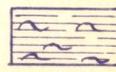
Calcaires à Polypiers



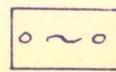
Calcaires



Marnes à Sphériles



Marnes Feuilletées



Marnes + Oolithes



Marnes

35m

MARNES
OXFORDIENNES

CALLOVIEN

BATHONIEN
SUP

les noms de : "les Vignes", "les Vieilles Vignes", "la Baraque des Vignes".

Nous avons pu faire deux coupes à peu près complètes de l'Argovien le long des routes de Cléron à Fertans et de Cléron à Amondans.

a) ETUDE STRATIGRAPHIQUE détaillée :

Nous avons pu faire les distinctions suivantes (Pl.B) :

- Un Argovien calcaire, où les bancs marneux sont rares et peu épais, au sommet, sous la falaise rauracienne;
- Un Argovien à chailles dans la partie moyenne;
- Un Argovien à prédominance marneuse à la base.

I) L'Argovien à prédominance marneuse (25 m. environ)

A la base, des marnes gris-bleu qui ressemblent aux marnes oxfordiennes et contiennent des sphérites calcaires à la base, puis des bancs calcaires de faible épaisseur (20 à 30 cm); cette assise subit des glissements comme les marnes oxfordiennes sous-jacentes.

Les sphérites, d'un décimètre de diamètre environ, présentent une cassure bleutée, entourée d'une pelure d'altération jaune sale; les éclats de la roche présentent d'ailleurs souvent une cassure arrondie séparant la roche saine de la roche altérée.

En lames minces, nous avons trouvé des spicules d'éponges et une faible quantité de grains de silice (Pl.VI; fig.2).

Au-dessus des marnes à sphérites, nous avons observé des marno-calcaires à pâte grumeleuse, jaune sale,

en bancs plus épais (50 cm) et des marnes schistoïdes grises, se débitant en plaques plus ou moins régulières. Dans ces niveaux, nous avons recueilli de nombreuses Pholades (Pholadomya exaltata) et M. Rollet (1959) signale, au-dessus des niveaux à Ammonites citées précédemment (zone e de l'Oxfordien), la présence de Perisphinctes du sous-genre Aligatoceras et Perisphinctes ou (Arysphinctes).

2) L'Argovien à chailles (une vingtaine de mètres)

Il contient des chailles noires, à altération jaune sale; ces chailles montrent en lames minces de nombreux spicules d'éponges (Pl.VI; fig.3).

La silicification de ces chailles est incomplète.

Le second terme est marqué par la tendance au développement des bancs calcaires et des calcaires marneux au détriment des marnes.

Les bancs calcaires sont plus massifs et s'altèrent plus difficilement en blocs à contours arrondis comme nous l'avons vu pour les calcaires de l'Argovien inférieur (Pl.VI; fig.1).

L'aspect en lames minces est semblable aux calcaires précédents; ce sont des calcaires grumelleux avec toutefois une certaine teneur en silice.

Une analyse par la méthode du Complexon III a donné 43,85% de Ca O, soit 78,3% de CO₃ Ca et 20,1% de silice et silicate.

Il n'y a pas de traces de Mg O dans l'Argovien et le pourcentage manquant (1,6%) correspond probablement aux oxydes de fer et d'aluminium.

La faune de cette série moyenne (d'après M. Rollet-1959) est constituée de Gastéropodes, de Lamellibranches :

Pholadomya paucicosta (Roem) et Pholadomya caniculata (Roem) Pecten sp, Chlamys sp; de Brachiopodes, d'Ammonites : Arysphinctes du groupe cotovui (Simionescu) et Dichotomosphinctes marnesiaie (de Loriol).

3) L'Argovien supérieur

L'Argovien supérieur calcaire est représenté par des calcaires siliceux en bancs massifs, sans intervalles marneux. Cette partie de l'Argovien se présente parfois sous l'aspect d'une petite falaise ruiniforme sur laquelle se détachent de grosses Pholades (Ph. paucicosta dont nous avons trouvé de nombreux spécimens le long de la route de Cléron à Epeugney (x: 881,7; y : 240).

C'est un calcaire siliceux, roux en surface, grisâtre en profondeur, souvent caverneux. Sur la roche, apparaissent en relief des Polypiers silicifiés que nous n'avons pu déterminer, ainsi que des Crinoïdes (Pl.VI; fig.4) pour cette raison, on le désigne souvent sous le nom de "calcaire roux à points blancs". Notons qu'il est possible de rencontrer des passées oolithiques (à Besançon l'Argovien supérieur est souvent oolithique).

M. Rollet (1959) signale Cidaris blumbachii, Millericrinus cf. horridus (Münst), Pentacrinus sp. dans ces niveaux.

Au sommet de l'Argovien supérieur, un banc calcaire, plus tendre et plus altérable, porte en surplomb la falaise rauracienne. Ce banc est riche en fossiles: nous y avons trouvé des Serpules (très nombreuses), des tiges d'encrines, (Millericrinus) des Polypiers, des Gastéropodes (Phasianella sp). C'est probablement de ce niveau que proviennent les

nombreux spécimens de Dysaster sp. que nous avons trouvés fréquemment, mais jamais en place.

b) CONCLUSION sur l'ARGOVIEN

L'Argovien, tel que nous l'avons figuré sur nos cartes, correspond à l'ensemble des marnes et calcaires compris entre les marnes oxfordiennes à fossiles pyriteux et les calcaires pisolithiques; notre limite inférieure est liée à l'apparition des sphérites calcaires : nous avons dit précédemment que cette limite, facile à cartographier, se trouve une dizaine de mètres sous le dernier niveau paléontologiquement daté de l'Oxfordien supérieur (M. Rollet 1959); quant à la limite supérieure, elle correspond à la disparition totale de la silice : elle se situe à une dizaine de mètres au-dessus du dernier niveau connu à Ammonites caractéristiques de l'Argovien et n'est fondée sur aucune donnée paléontologique certaine, laquelle ne pourrait être que la présence de Peltoceras bimammatum dans les calcaires pisolithiques que nous attribuons arbitrairement au Rauracien inférieur.

D) ETUDE DE LA SERIE SUPERIEURE CALCAIRE

I - LE RAURACIEN

Au-dessus de la côte formée par l'Oxfordien et l'Argovien - en pente douce à la base, puis de plus en plus raide à mesure qu'on s'élève dans la série - se situe la corniche calcaire du Rauracien. Très marquée dans la topographie, elle couronne la série et fait la beauté de la vallée de la Loue.

Sur le plateau qui succède à cette corniche, le calcaire rauracien donne une argile de décalcification assez abondante pour permettre des cultures (Vies de Fertans) ou des exploitations forestières.

Comme c'était le cas pour le Bathonien moyen, les plateaux calcaires du Rauracien sont le siège d'une érosion karstique intense : on y rencontre des avens profonds (région ouest de Malbrans : combe Martin). Notons également que dans le Rauracien supérieur en bancs très diaclasés, l'altération karstique est très développée. Le Rauracien inférieur, récifal et très massif, ne présente jamais des zones de lapiez ni des avens ouverts, sauf dans les régions où des plissements ou des cassures sont susceptibles d'avoir modifié la structure de la roche; en revanche, lorsque l'érosion n'a pas encore décapé la surface des bancs récifaux des calcaires compacts supérieurs, les avens s'ouvrent dans ces derniers et se poursuivent dans les récifs.

a) Subdivisions lithologiques

Nous avons pu distinguer :

- Un Rauracien supérieur compact en bancs au sommet.
- Un Rauracien inférieur récifal, oolithique à la base.

1) LE RAURACIEN INFÉRIEUR

Le Rauracien a un aspect massif (Pl.VII;fig.1 ET 2) les joints de stratification sont peu marqués, les diaclases mal individualisées voire inexistantes (Pl.VII;fig.2). Sur le plateau, il affleure sur de grandes surfaces blanches séparées par des zones couvertes d'argile de décalcification; ces surfaces correspondent souvent à des zones plus difficilement solubles de calcite recristallisée autour des Polypiers.

Suivant les endroits, la roche a des faciès variables :

- le plus souvent, c'est un calcaire grossier à oolithes, pisolithes et gravelles (virage de la route de Fertans - x: 883; y: 235); tous ces éléments, de grosseur variable, sont disposés sans aucun classement, dans un ciment solide qui entraîne leur cassure (différence avec le Bathonien inférieur).

En lames minces, les oolithes montrent, autour d'un nucléus souvent constitué d'un débris d'Oursin ou de Crinoïde, de nombreuses pellicules de calcite bien distinctes. Le ciment pur, en calcite cristallisée, contient une faune riche : Polypiers en colonies isolés, débris d'Oursins, de Crinoïdes, de Lamellibranches, des Foraminifères à tests encroûtés (Pl. VII; fig.3)

Signalons également de nombreux Pectens dans les joints de stratification, ainsi que de nombreuses radioles d'Oursins. (La légende de la carte au 1/80.000^e - 2^{ème} édition - signale Glypticus hieroglyphicus et Cidaris florigemma). La plupart des fossiles à l'intérieur des bancs se trouvent dans des passées de calcaire saccharoïde.

- Le calcaire "crinoïdique" : Nous avons trouvé ce calcaire à l'entrée de Fertans (x : 883; y : 235,9) C'est un calcaire à belle stratification entrecroisée (Pl. VIII; fig.1) très friable, blanc, brillant. En lames minces, on y observe quelques gravelles et des oolithes associées à une forte proportion de débris et de radioles d'Oursins, le tout très dispersé dans un ciment de calcite pure (Pl. VIII; fig.2). La dispersion des éléments et l'importance du ciment qui occupe le tiers de la surface, expliquent la friabilité de la roche, d'autant qu'au clivage facile du ciment vient

s'ajouter la cassure spathique des débris d'Echinodermes.

2) LE RAURACIEN SUPERIEUR

Il est formé par des calcaires dont les nombreux affleurements sont parsemés de lapiez à peine cachés par l'argile de décalcification et percés d'avens profonds; les marmites de géants qui ponctuent le cours du ruisseau de Valbois, au lieudit "le Cul de la Pise" (x : 886,3 ; y : 236,8), illustrent remarquablement sa dissolubilité.

Le Rauracien supérieur se présente en bancs puissants de un à deux mètres, parfois séparés par des intercalations marneuses de faible épaisseur. Ces bancs sont débités en blocs prismatiques par des diaclases régulières bien nettes.

Le calcaire, couleur beige "café au lait" est très dur; il a une structure lithographique et se débite en éclats à cassure conchoïdale.

En lames minces, il se révèle très pauvre en organismes; la seule faune peu caractéristique que nous ayons observée se trouve à la surface des bancs et est constituée de quelques radioles d'Oursins et de rares tests d'Echinodermes non identifiables.

b) Conclusions

Cette fois encore, nous ne pouvons que constater l'absence totale de fossiles caractéristiques : nous avons déjà précisé que notre limite inférieure, qui est celle proposée par M. Rollet (1959), correspondait au premier niveau des calcaires pisolithiques non siliceux; quant à la limite supérieure Rauracien - Séquanien dont il sera

question ultérieurement, nous l'avons placée au sommet des calcaires compacts et à la base des calcaires graveleux contenant des lits marneux et dans lesquels nous avons trouvé des Astartes.

II - Le SEQUANIEN

Au Rauracien compact et karstique, succède une zone généralement cultivée où les affleurements sont rares.

Dans le paysage apparaissent deux zones bien distinctes :

- à la base, une zone de prairies grasses, soulignée par de multiples sources, correspondant au Séquanien inférieur marneux;
- au sommet, une zone moins humide, couverte de cultures, correspondant au Séquanien supérieur plus calcaire.

a) LE SEQUANIEN INFÉRIEUR

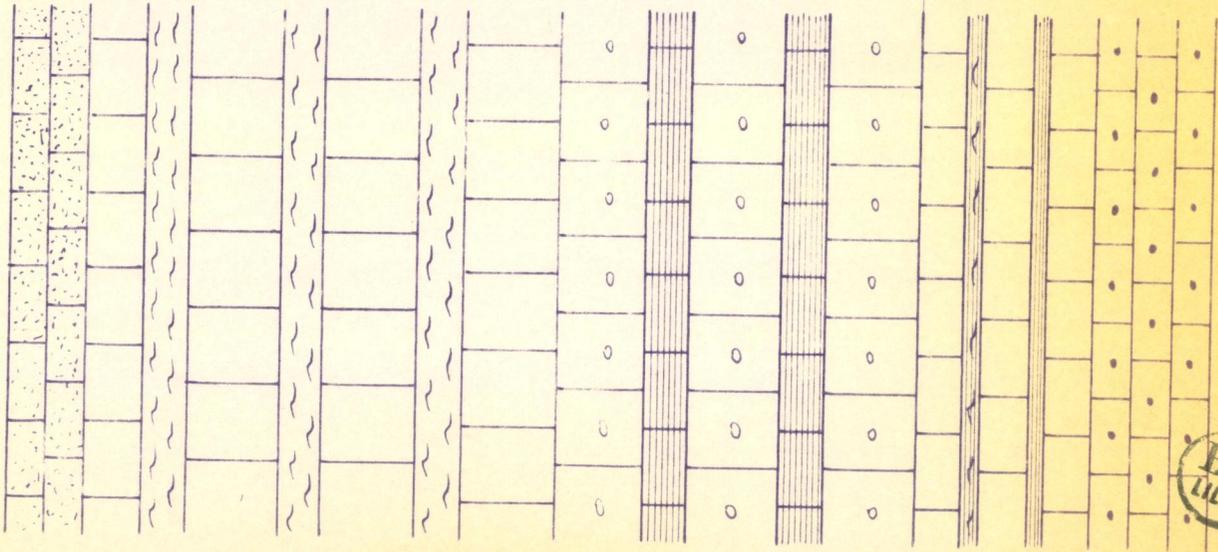
- A la base, les calcaires marneux se débitent en plaquettes (Pl. IX; fig.1); ce sont des calcaires graveleux, blancs crayeux, à ciment tendre et altérable, qui laissent apparaître des gravelles en relief et de rares oolithes.

Ces calcaires graveleux contiennent des niveaux de calcaire marneux, en plaquettes également, dans lesquels nous avons trouvé des empreintes d'Astartes.

- Au sommet, nous avons observé des marnes grises, feuilletées, contenant des plaquettes de calcaire marneux riche en Gastéropodes de petite taille non identifiables.

Schéma de la limite Rauracien - Séquanien

CLERON



Calcaires gréseux
(assimilés à ceux
de A. BONTE)

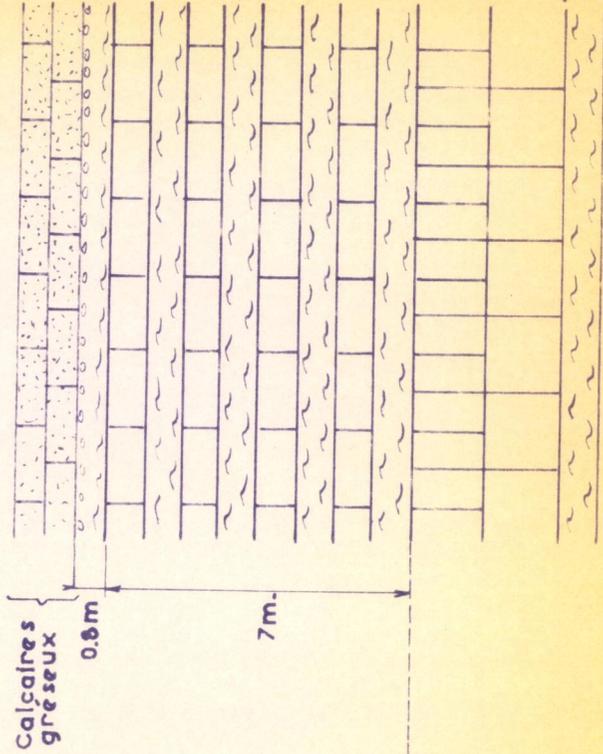
20 à 25m.

Séquanien
inférieur

1^{er} Astartes

Rauracien

BESANÇON



Calcaires
gréseux
0.8m

7m.

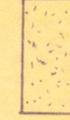
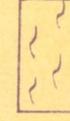
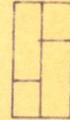
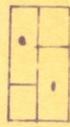
(Limite de
A. BONTE)

Marno - calcaires

(Limite de la
carte au 1/80000)
Banc prismatique

1^{er} Banc marneux
épais (Limite de
M. DREYFUSS)

Equivaient du
banc prismatique



Calcaires pisolithi. (Rauracien)

Calc. compacts (Rauracien)

Calcaires (Rauracien)

Marnes

Calc. à grains

Calc. pisolithiques



Les lits marneux peu épais (de l'ordre du décimètre) alternent avec des bancs massifs de calcaires lithographiques à cassures écailleuses et tranchantes, ou avec des calcaires pisolithiques blancs tachetés de points rouilles et d'aspect très compact.

En lames minces, ces calcaires pisolithiques ont une teinte uniforme, tant pour le ciment que pour les pisolithes; ces dernières, en calcite, et d'aspect terne montrent un nombre considérable de couches concentriques parfaitement circulaires. Signalons dans le ciment, des débris de Gastéropodes et des Miliolidés (Pl. IX; fig.2).

- Limite Rauracien - Séquanien (Pl.C)

Au-dessus du Séquanien marneux que nous venons de décrire, nous avons observé des calcaires compacts à nombreux grains microscopiques de silice (Pl. X; fig.2) analogues à ceux décrits dans la région de Besançon où ils font suite (Pl. C) à un conglomérat de galets calcaires situé au-dessus des marnes. (Bonte, 1944). A. Bonte a fait de ce conglomérat la base du Séquanien (8 m. au-dessus du premier banc prismatique). Nous n'avons pas trouvé ce conglomérat mais, si nous admettons l'équivalence des deux niveaux de calcaires à grains de quartz, la base de notre Séquanien (= Astartien) se trouve 20 à 25 m en-dessous de la limite inférieure fixée par A. Bonte. Il y aurait donc une sensible variation d'épaisseur entre Besançon et notre secteur (8 m. à Besançon, 20 à 25 m. dans la région de Chassagne) mais il faudrait pour cela être certain que le dernier banc des calcaires compacts que nous avons placés dans le Rauracien corresponde au premier banc prismatique de Besançon.

D'autre part, notre limite inférieure serait légèrement au-dessus de celle que donne M. Dreyfuss

(rens. oral) qui la place au premier lit marneux, dans les calcaires compacts que nous avons inclus dans le Rauracien supérieur.

b) LE SEQUANIEN SUPERIEUR

- A la partie inférieure, nous avons observé des calcaires compacts de couleur crème et des calcaires compacts blancs à points ocres. Nous n'y avons trouvé aucun fossile; en lames minces, on distingue, dans un ciment uniforme, des micrograins de silice dont le nombre varie d'un horizon à l'autre.

Nous avons trouvé des "brèches péricoralliennes" interstratifiées dans ces niveaux. Ces brèches sont les témoins de la survivance des récifs au Séquanien; elles ont, en fait, l'allure de poudingues dont les galets atteignent la taille d'une dragée. Le ciment, composé de calcite très pure, qui s'effrite au choc laissant les éléments roulés en relief, constitue la partie la plus importante de la roche. La faune, dans les éléments roulés, est constituée de débris de Lamellibranches et surtout de Polypiers (Pl. IX; fig.3).

- Au sommet du Séquanien, nous avons rencontré des calcaires en plaquettes, blancs crayeux (Pl. X; fig.1), à cassure rugueuse. L'aspect de la roche nous avait fait croire à la présence de marnes mais l'analyse chimique de la roche n'a révélé que des traces infimes, impondérables d'argile. Dans la région de Besançon, et au Sud de la feuille de Quingey, ces calcaires sont riches en Astartes; nous n'en avons pas trouvé dans la région, en raison du petit nombre d'affleurements rencontrés.

III - CONCLUSIONS RELATIVES A LA SERIE SUPERIEURE

La plupart des sédiments de la série supérieure sont d'origine récifale ou périrécifale; au Rauracien supérieur les calcaires compacts et les bancs marneux semblaient marquer la fin du régime récifal.

M. Dreyfuss (1954) explique de la façon suivante la présence de marnes et marno-calcaires dans le Rauracien Séquanien:

Comme au Rauracien, le relief sous-marin pendant le Séquanien est dominé par la présence de récifs et de formations périrécifales occupant une vaste surface. Un massif principal est peut-être parcouru par quelques chenaux, ainsi que le fait supposer l'existence de marnes et marno-calcaires en différents points "internes" par rapport à l'ensemble : ceci est particulièrement net dans le Jura.

Ce n'est qu'au Séquanien supérieur, représenté par les calcaires en plaquettes, que les reliefs disparaissent définitivement.

E) LES SEDIMENTS POST-SEQUANIENS

Les derniers termes du Jurassique supérieur, le Crétacé et le Tertiaire, ne sont pas représentés dans le secteur. Il faut aller loin au Sud pour trouver le Kimmeridgien à l'état de calcaires alternant avec des lits marneux très fossilifères.

Le Crétacé est visible dans le synclinal de Haute-pierre au Sud du plateau d'Ornan: ce sont des calcaires graveleux, glauconieux et des marnes noires.

Quant au Tertiaire, il présente des affleurements importants à l'Ouest dans la forêt de Chaux.

Il débute par des brèches de Cinnamomum discordantes sur le Secondaire (L. Glangeaud et A. Bonte - 1944) et est constitué de sédiments grossiers : poudingues, brèches et sables surtout.

De tous ces sédiments post-séquaniens, il ne subsiste aucun témoin dans la région que nous avons parcourue.

Aussi ne nous reste-t-il qu'à donner quelques précisions sur des sédiments récents que nous avons rencontrés dans la vallée de la Loue et sur le plateau.

1) Alluvions anciennes

a) Alluvions d'origine glaciaire

Nous n'en avons rencontrées qu'une seule fois, au lieudit "la Trappe" (x : 879,7; y : 235,9) sur la route n° 135 Amondans - Lizinne. Elles se présentent sous forme de blocs calcaires, pour la plupart provenant des roches de la région environnante, plus ou moins bien ovalisés et de tailles très différentes. La disposition de ces blocs ne montre aucun classement ni aucune orientation privilégiée. Cependant, l'absence de stries sur les éléments fait penser à des alluvions fluvio-glaciaires plutôt qu'à un dépôt glaciaire typique.

b) Alluvions d'origine fluviale

- Sur le plateau, nous avons fréquemment trouvé des galets isolés, témoins d'une érosion fluviale ancienne. Citons en particulier un galet de micaschiste dans la région sud de Tarcenay et des morceaux de grès très altérés au-dessus des marnières de Villers-sous-Montrond (x : 884,6; y : 243,9).

- Dans la vallée de la Loue à Maizières-Notre-Dame, nous avons observé dans une ancienne carrière (x : 885,15; y : 240,70), un dépôt abondant de galets à dix mètres environ au-dessus du niveau actuel de la Loue. Ces galets, surtout formés des roches provenant de la région, et de dureté sensiblement égale, ont une forme ellipsoïdale légèrement aplatie. Leur taille, à peu près constante, souligne l'origine fluviatile. Parmi eux, figurent en nombre très restreint des galets de forme beaucoup plus plate et de taille inférieure à la moyenne : ce sont des éléments de micaschiste dont la provenance est plus lointaine.

A Cléron, à une centaine de mètres du Moulin de la Cude (x : 882,15; y : 238,70) en remontant vers Amondans, se trouvent les restes d'une terrasse d'alluvions anciennes identiques aux précédentes et situées au même niveau que celles de Maizières (les deux terrasses précédentes ont été citées par A. Bonte et P. Celet - 1954).

Dans la descente de Lizinne vers la Loue (x:877,5; y: 236,7) nous avons trouvé des témoins d'une terrasse, témoins qui ont échappé à l'érosion en raison de leur enfouissement dans des avens. Parmi les éléments, nous avons remarqué un gros galet (20 cm) de gneiss oeilé dont l'origine n'a pu être précisée.

2) Alluvions récentes de la Loue

Le long des rives de la Loue, sur une largeur de dix à cinquante mètres, lorsque la rivière n'est pas encaissée entre les falaises du Bathonien, nous avons observé des alluvions argilo-sableuses très fines.

Nous ne les avons pas reportées sur la carte en raison de leur trop faible extension horizontale.

III - ETUDE TECTONIQUE

A) Situation structurale de la région étudiée.

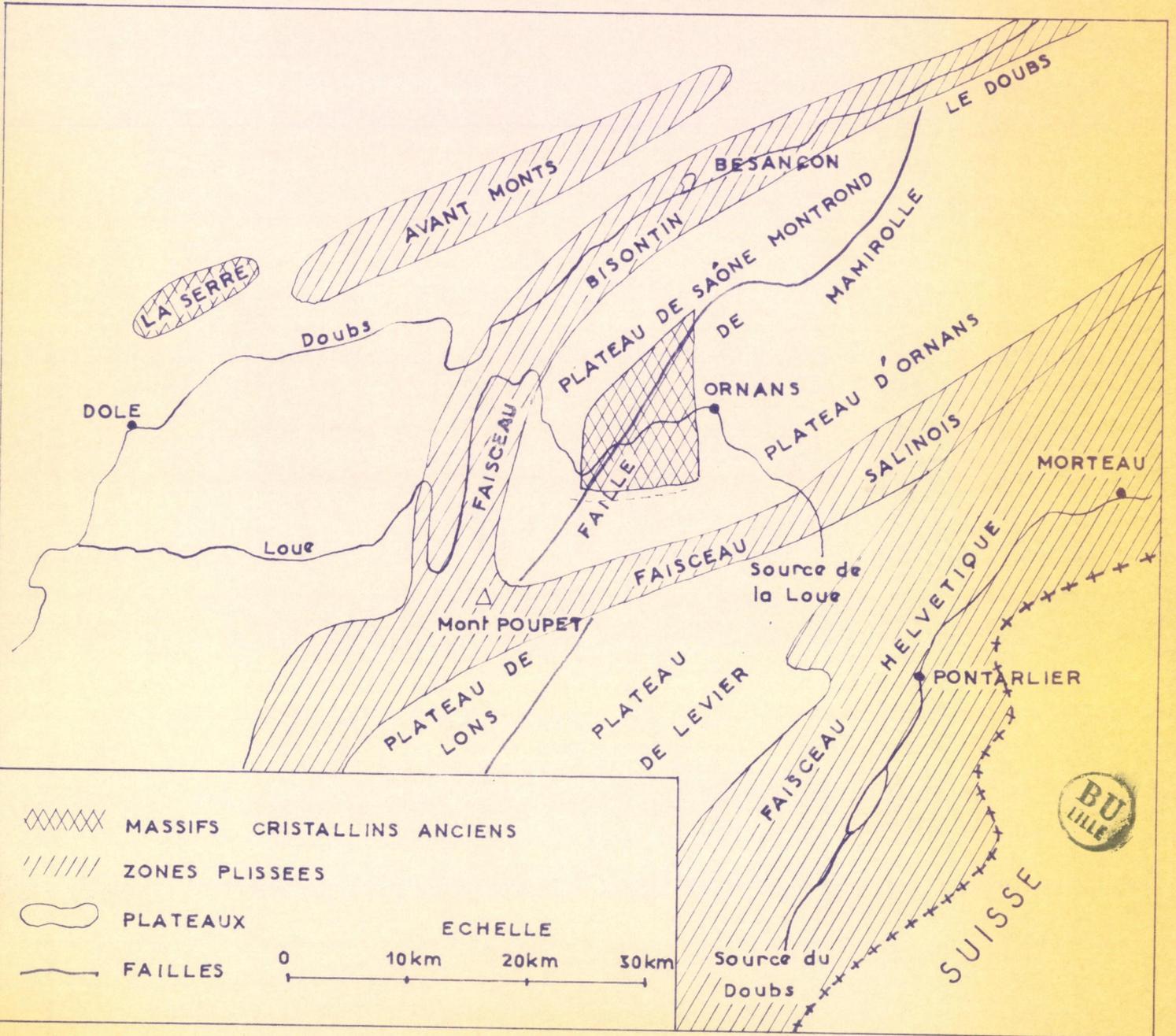
La carte schématique ci-jointe permet de replacer la région étudiée dans le cadre structural du Jura.

Notre secteur est compris entre le faisceau bisontin, d'abord orienté Nord-Est - Sud-Ouest, qui prend ensuite une direction Nord-Sud et le faisceau salinois orienté Ouest-Nord Ouest - Est-Sud Est. Ces deux faisceaux se raccordent au Sud du Mont Poupet au faisceau lédonien, tandis que vers l'Est le faisceau salinois vient se greffer sur le faisceau helvétique qui constitue le Jura interne.

Tous ces faisceaux constituent des zones plissées qui sont séparées par des plateaux très étendus : le plateau d'Ornans, divisé en surface de Montrond et en surface d'Ornans par une zone accidentée, s'insère entre le faisceau bisontin et le faisceau salinois; plus au Sud les plateaux de Levier et de Lons-le-Saulnier s'intercalent entre les faisceaux salinois et helvétique. Ces zones tabulaires possèdent chacune un style qui leur est propre. Ainsi, le plateau de Lons-le-Saulnier est affecté de plissements de style extrusif : de courts anticlinaux aigus et très allongés auxquels correspondent des combes liasiques, succèdent à de vastes zones tabulaires calmes.

Le plateau d'Ornans, celui qui nous intéresse au premier chef, est séparé du faisceau bisontin par une zone peu plissée, à pendages faibles et comporte, au Sud de la vallée de la Loue, une zone strictement tabulaire.

CARTE SCHEMATIQUE DES PRINCIPALES UNITES TECTONIQUES DU JURA



Ces deux régions sont séparées par un accident que nous allons étudier en détail.

B) Historique.

Les éditions de la carte géologique au 1/80.000^e, celles de M. Bertrand (1880) et de E. Fournier (1922), faisaient déjà état, dans la zone des grands plateaux, de la "fracture complexe de Mamirolle, Foucherans, Grotte de Scey, Lizine, Doulaize, etc..." G. Chabot (1927) résume de cette façon l'accident : " nous nous trouvons en présence d'un pli-faille, l'anticlinal se révolvant à l'Ouest par une cassure comme il arrive si souvent dans le Jura!"

Il faut ensuite attendre 1954, date à laquelle MM. A. Bonte et P. Celet effectuèrent une première reconnaissance sur la feuille de Quingey au 1/50.000^e, dans la région de Cléron, pour obtenir une information plus complète et plus détaillée sur cette zone de fractures. A. Bonte et P. Celet l'ont qualifiée "d'effondrement complexe et dissymétrique dont le bord oriental a été ultérieurement déformé", ce qui était déjà visible sur la carte au 1/80.000^e; mais ils ajoutaient, contrairement à ce que montre la carte, que "le relèvement vers le Sud ne correspond pas à la terminaison du coin. L'accident de Cléron se poursuit certainement assez loin car, à trois kilomètres au Sud, il traverse vraisemblablement le ruisseau d'Amondans, si on en croit la topographie".

Ce "fossé" rejoint au Nord de Malbrans, la faille de Mamirolle tandis que se développe au Sud de cette faille un étroit fossé d'effondrement que nous désignerons sous le nom d'accident de "La Tuilerie" (x : 886,3; y: 243,8).

C) Etude des accidents au Nord-Est de Malbrans.

1) Observations dans la région nord-est de Malbrans (à l'Est du méridien x : 883.

Ces observations ont été résumées sur les trois coupes XI, X et IX (voir coupes sériées) La situation de ces coupes est indiquée sur la carte géologique schématique au 1/25.000^e adjointe à ce mémoire.

La région située au Nord-Est de Malbrans est affectée de failles orientées suivant deux directions :

- des failles Nord Est - Sud Ouest que nous désignerons, suivant leur importance, par le symbole F_M ou f , f_1 , f_2 , f_3 .
- deux failles, transversales par rapport au réseau précédent, orientées Nord-Sud et que nous désignerons par les symboles F_t et f_t .

a) Coupe n° XI passant par la grotte du Mottier, la Tuilerie, et le bois de Narpent.

- A l'Ouest de Tarcenay, s'étend la surface de Montrond à structure subhorizontale.
- Au Sud du parallèle y : 245,8, la surface d'Ornans domine d'une vingtaine de mètres la surface de Montrond; elle débute par un synclinal dissymétrique. Nous n'avons jamais pu l'observer en coupe mais nous en déduisons l'existence pour les raisons suivantes :

- Flanc nord :

Les limites Argovien - Rauracien et Oxfordien - Bathonien ne sont pas parallèles aux courbes de niveau.

Le talus correspondant à l'Oxfordo-Argovien ne constitue pas une dénivellation suffisante pour contenir la totalité de la série marneuse en structure horizontale.

- Flanc sud :

A l'Est de la coupe l'Argovien réapparaît à un niveau plus haut que le fond de la grotte du Mottier, où affleure le Rauracien, ce qui s'explique par un pendage Nord dû au rebroussement des couches au contact de la faille de Mamirolle (Il est possible que ce pendage soit moins fort à cet endroit que sur la coupe suivante où nous avons mesuré un pendage de 80°).

- La faille de Mamirolle FM : Le contact est observable au gouffre du Mottier; la grotte elle-même s'enfonce dans des calcaires récifaux réduits à l'état de brèche de faille où l'on ne peut plus observer ni diaclases ni pendages. Le bord sud de l'aven est constitué par le Bathonien blanc compact couvert de lapiez, auquel succède la "Dalle nacrée" inclinée à 45° Sud-Est.
- Au lieudit "la Tuilerie", nous entrons dans la combe oxfordienne où les accidents f_1 , f_2 , f_3 limitant des niveaux durs, sont parfaitement dégagés de leur contexte marneux.

Du Nord au Sud, nous notons :

- Le passage de la faille f_3 , soulignée par un vif escarpement, qui met en présence le Rauracien inférieur avec l'Argovien sus-jacent aux marnes de la combe (rejet : 20 à 25 m.)

- Quelques dizaines de mètres plus loin, la faille f_1 relève l'Argovien supérieur au niveau des calcaires pisolithiques à Polypiers du Rauracien.
 - La faille f_2 met en contact l'Argovien avec le Rauracien inférieur dont les couches sont légèrement inclinées vers le Sud dans le bois de Narpent; au niveau de la Loue la structure est horizontale.
- b) Coupe n° X passant par la Charmotte, le Bois du Mont et se terminant à la Parchaude
- Dans la région de Villers-sous-Montrond, s'étend la surface de Montrond, couverte de cultures, correspondant à la "Dalle nacrée" en structure horizontale. Au niveau de l'extrémité nord du village (y : 245,15) le Callovien, que nous avons pu observer grâce à la tranchée, puis l'Oxfordien marneux, succèdent normalement au Bathonien supérieur.
 - Au niveau de la pépinière de sapins (x : 885,4; y : 245,5) la "Dalle nacrée" affleure à nouveau, rebroussée à 30° Nord, au contact du talus marneux : cela implique un faible rejet (10m). Cette faille se poursuit ou fait place à une flexure dans la région sud de Tarcenay. (Le passage de cet accident est observable dans une petite carrière le long de la route D. 102 en x : 886,6; y : 246,4).
 - Le talus marneux représente l'extrémité septentrionale du synclinal dissymétrique de la Charmotte dont le coeur est rauracien; son flanc nord est incliné vers le Sud-Sud-Est, à pendage 10°; au Nord les couches sont très redressées à pendage Nord-Nord-Ouest 75 - 80° ce qui donne de forts

escarpements dus aux calcaires à Polypiers du Rauracien (ligne de crête du Rocher de Punay, x : 885,6; y : 244,5).

- En contrebas de cette ligne de crête, les marnes oxfordo-argoviennes redressées et laminées, viennent au contact de l'anticlinal de calcaire bathonien moyen. Ce dernier semble coupé en biseau par la faille de Mamirolle, car à l'Est de cette coupe la série marneuse bute contre la "Dalle nacrée" qui a subi des rebroussements. Au point x : 885,15; y : 243,65, nous avons mesuré un pendage 50° Sud, pendage inconciliable avec l'inclinaison vers le Nord des calcaires blancs bathoniens qui constituent le coeur de l'anticlinal.
 - Au Sud de l'anticlinal, au niveau du parallèle y : 243,2, la "Dalle nacrée" est mise au contact des marnes oxfordiennes par la faille dont le tracé est souligné par la combe oxfordienne.
 - A cette combe succède un talus marneux qui se poursuit dans l'Argovien jusqu'au sommet où nous observons un nouveau contact de faille : le calcaire rauracien, abaissé par la faille f₁, sert de soutien au bloc marneux situé au Nord.
 - A la lisière du bois du Mont, une série d'avenues marque le passage de la faille f₂, mettant en contact le Rauracien avec le Séquanien légèrement incliné vers le Sud.
- c) Coupe IX, passant par les Mottes, le pré Rousselot, la statue de la Vierge et se terminant à la Pièce Devant
- A partir du lieudit "les Mottes", nous quittons

la "Dalle nacrée", nous traversons ensuite successivement, en montant vers le "Pré Rousselot", les marnes et marno-calcaires oxfordo-argoviens, puis le Rauracien dont la base est soulignée par un léger ressaut dans la topographie. Il semble que ce Rauracien soit en série normale sur les couches précédentes : la faille F_1 (coupe VIII) n'existe pas à ce niveau.

- Au-dessus du "Pré Rousselot", nous observons la faille F_2 mettant en présence le Rauracien inférieur avec les marno-calcaires argoviens inclinés vers le Nord (nous avons mesuré à l'Est de cette coupe un pendage de 15° Nord, au point x : 884,8; y : 243,8). Cette faille F_2 , dont le rejet au niveau de la coupe VIII est de 130 m, s'affaiblit nettement et cela pour deux raisons :

- Le compartiment sud est lui-même abaissé, à cause de la faille de Mamirolle.

- Dans ce compartiment, les couches ont une structure monoclinale orientée vers le Nord. Le contact Rauracien inférieur Argovien inférieur donne un rejet voisin de 40 m.

- A cette zone régulièrement inclinée vers le Nord succède une combe allongée d'Est en Ouest. Cette combe marque le passage de la faille de Mamirolle; à cet endroit son rejet est faible et les pendages des compartiments mis en présence permettent de la localiser : l'Oxfordo-Argovien du compartiment nord à pendage 15° Nord s'oppose à la "Dalle nacrée" à pendage 30° Nord du compartiment sud. Son rejet ne doit pas excéder une vingtaine de mètres au voisinage de cette coupe.

- Au Sud de la faille de Mamirolle se développe un anticlinal dont le coeur est formé de Bathonien moyen. Son flanc nord s'incline à 30° Nord; sur son versant sud nous rencontrons la "Dalle nacrée" puis la combe oxfordienne limitée par une cuesta argovienne où nous avons pu mesurer un pendage 25 à 30° Sud.
 - En contrebas de l'escarpement de la Vierge affleure le Rauracien séparé de l'Argovien par la faille f_I dont le passage est nettement visible dans la morphologie. Le contact Rauracien inférieur = Argovien inférieur fixe le rejet à 50 m.
 - Au Sud de Malbrans la faille f_2 met en regard le Rauracien et le Séquanien inférieur (rejet 20 mètres)
- d) Les failles transversales (voir carte géologique schématique 1/25.000^e et coupes sériées)
- La faille f_t : Cette faille constitue l'extrémité est du synclinal de la Charmotte. Au niveau du parallèle y : 245,3, elle met en présence le Rauracien avec l'Argovien. Cette faille, de faible extension longitudinale (nous ne l'avons pas repérée dans la "Combe de Bouté" au Sud de Tarcenay) a pour origine l'exagération des pendages du flanc sud du synclinal de la Charmotte qui se trouve ainsi isolé de la région est à structure monoclinale à faible pendage.
 - La faille F_t : Cette faille, également orientée Nord-Sud, se situe entre les coupes IX et X. Si nous n'avons jamais pu observer le contact franc des différentes couches mises en présence, cette faille est cependant commode à suivre car elle a fortement influencé le modelé de la surface topographique.

Au niveau du village de Villers-sous-Montrond s'étend une zone argileuse. Ces argiles se trouvent à une altitude identique à celle de la "Dalle nacrée" à l'Est en allant vers Tarcenay. Entre Villers-sous-Montrond et la combe livrant passage à la faille de Mamirolle, une vallée sèche, rectiligne, où subsistent des alluvions anciennes, s'étire le long de son parcours en se rétrécissant. En remontant cette vallée du Nord au Sud nous avons noté :

- à l'Est, l'Argovien supérieur correspondant à des prairies humides, et auquel succède le Rauracien inférieur, aride, couvert de buissons épineux, puis le Rauracien supérieur dont les affleurements sont profondément entaillés de lapiez.

- à l'Ouest, nous restons constamment dans l'Argovien supérieur. Le rejet de la faille va en croissant à mesure que nous avançons vers le Sud, et au niveau du parallèle y : 244, le Rauracien supérieur se trouve à la même altitude que l'Argovien supérieur, ce qui permet d'évaluer à 30 - 40 m le rejet du compartiment effondré.

Au niveau de la faille de Mamirolle la faille F_t imprime à la combe oxfordienne un tracé en baïonnette : la section est de la combe s'arrête brutalement face à un escarpement calcaire bathonien. La cuesta argovienne qui limite la combe au Nord, est nettement décalée vers le Sud dans le compartiment est.

Au Sud de la faille de Mamirolle, la largeur du pli anticlinal se réduit considérablement à l'Est d'une ligne marquée par des escarpements et des dolines qui jalonnent le passage présumé de la faille. Signalons que la roche ne présente jamais une structure bréchique à laquelle est si propice le Bathonien moyen le long des fractures.

D'autre part, si le décalage des cuesta argoviennes pouvait faire penser à une faille de décrochement, la diminution de largeur du pli anticlinal dans le compartiment est, nous permet d'affirmer que la faille F_t est une faille d'effondrement.

Au Sud-Est de Malbrans, la faille qui est responsable d'un cran profond dans la surface du plateau, s'amortit rapidement; au niveau du village, grâce à des travaux exécutés pour le montage d'une ligne électrique, nous avons pu voir qu'il existait une différence de niveau de l'ordre d'une quinzaine de mètres entre deux horizons identiques affleurant de part et d'autre de la faille. Celle-ci ne traverse cependant pas la vallée de la Loue, fait facilement contrôlable grâce au niveau repère Bathonien moyen - Bathonien supérieur.

2) La faille de Mamirolle

- a) Rejet - Suivons la faille de Mamirolle d'Est en Ouest; nous observons les contacts suivants :
- A l'Est de la faille f_t , l'Oxfordien inférieur et la "Dalle nacrée" se trouvent au contact de

- l'Oxfordien supérieur; rejet 35 m.
- A la grotte du Mottier (coupe XI), le Bathonien moyen vient buter contre l'Argovo-Rauracien; rejet : 90 à 110 m.
 - Au rocher de Punay, la "Dalle nacrée" affronte le Rauracien puis l'Argovien supérieur; rejet : 90 m (maximum).
 - Au niveau de la coupe X, le Bathonien supérieur s'appuie sur l'Oxfordien : rejet 25 m.
 - Au niveau du méridien x : 885,1, le Bathonien moyen bute contre l'Oxfordien : rejet 40 m.
 - A proximité de la faille F_t , la "Dalle nacrée" affronte l'Oxfordien; à ce niveau le rejet est difficilement estimable.
 - A l'Ouest du puits de Vauvourgier, le rejet augmente; la "Dalle nacrée" est en contact avec l'Argovien inférieur; rejet 40 - 45 m (coupe IX).

b) Tracé de la faille -

- A l'Est de la faille F_t , la faille de Mamirolle a un tracé sinueux; au Nord de la grotte de Mottier, son tracé s'incurve régulièrement jusqu'à prendre une direction Nord tout en restant parallèle à la direction des plis.
- A l'Ouest de la faille F_t , la faille est parallèle mais son tracé est rectiligne.

c) Allure de la faille de Mamirolle -

Nous sommes en présence d'une faille

directionnelle dont le rejet s'accroît et s'atténue alternativement et dont l'inclinaison est inconstante. Nous serions tentés de ranger la faille de Mamirolle dans la catégorie des "failles-plis"; elle serait donc une faille d'effondrement reprise et déformée en même temps que les couches par un mouvement de compression postérieur à la phase cassante.

Une telle hypothèse est corroborée par les faits suivants :

- 1 - La faille est tantôt inclinée, tantôt verticale suivant que son plan a subi des déformations.
- 2 - Le rejet varie constamment suivant que le compartiment surélevé chevauche ou non le compartiment effondré.
- 3 - Des mouvements ont eu lieu après la formation de la faille :
 - a) La faille F_t , recoupant la faille de Mamirolle, lui est nécessairement postérieure.
 - b) Le rebroussement de la "Dalle nacrée" (x : 885,15; y : 243,65) au contact de la faille a un pendage Sud : un tel pendage ne peut être la conséquence de l'effondrement du compartiment nord et son origine la plus vraisemblable ne peut être qu'une poussée postérieure à l'effondrement.
 - c) Les sédiments marneux du compartiment nord ont été laminés et le Rauracien à la grotte du Mottier (coupe XI) a été réduit à l'état de brèche, ce qui montre qu'il y a eu des mouvements de compression postérieurs à la faille.

3) L'accident de la Tuilerie

a) Etude des trois failles f_1 , f_2 , f_3 .

Au Sud de la faille de Mamiroлле, nous avons distingué un accident comportant trois failles.

- La faille f_3 , mettant en regard, d'Est en Ouest, le Rauracien avec l'Argovien inférieur du compartiment nord, l'Argovien et les marnes oxfordiennes puis l'Oxfordo-Argovien avec la "Dalle nacrée", a un rejet constant de 30 à 35 m. Son tracé montre qu'elle est légèrement inclinée; elle rejoint la faille f_1 en profondeur comme le montre l'extrémité est de l'accident.
- La faille f_1 : A l'Est de la Tuilerie, le compartiment au Nord de la faille f_1 est effondré par rapport au compartiment sud; le contact Argovien moyen - Rauracien inférieur fixe le rejet à 30 m.

En suivant cet accident vers l'Ouest, on constate que le rejet diminue (Argovien vis-à-vis de l'Argovien) puis s'inverse; au niveau de la coupe X, le contact se fait entre l'Argovien inférieur (au Nord) et le Rauracien inférieur (au Sud) ce qui donne un rejet de 40 à 50 m.

A l'Ouest de la faille F_t le rejet reste constant : 40 à 50 m (les contacts sont : Argovien inférieur - Rauracien, Marnes oxfordiennes - Argovien supérieur, "Dalle nacrée" - Argovien moyen).

Le tracé de la faille f_1 montre qu'il s'agit d'une faille subverticale également.

- La faille f_2 est une faille verticale de faible rejet, 20 m maximum (Argovien supérieur vis-à-vis du Rauracien inférieur).

b) Hypothèses sur l'accident de la Tuilerie

Au Sud de la faille de Mamirolle, nous traversons successivement :

- le Bathonien (moyen et supérieur) en structure monoclinale à pendage Sud-Est 45° ;
- les trois failles f_3 , f_1 et f_2 groupées en gradin;
- le monoclinale au Sud de l'accident de la Tuilerie à pendage 15° Sud.

Les trois failles se trouvent précisément à l'endroit où il y a rupture de pendage entre les deux monoclinaux; à l'Ouest de la faille F_t le même phénomène se reproduit : la faille f_1 , unique à cet endroit, sépare le flanc sud de l'anticlinal bathonien du monoclinale au Sud de Malbrans. Il est donc possible que l'accident de la Tuilerie, non déformé par le mouvement de compression qui a affecté la faille de Mamirolle, soit un effondrement contemporain ou consécutif à la phase de compression; d'autre part, l'accident de la Tuilerie est antérieur à une dernière phase, celle qui a produit les failles orientées Nord-Sud puisqu'il est recoupé par la faille F_t .

4) Conclusion sur la région nord-est de Malbrans

Nous pouvons, dès à présent, émettre l'hypothèse suivante :

la région de Malbrans a été affectée :

- par une phase cassante qui a provoqué "l'effondrement de Mamirolle";
- par une phase de compression qui déforme la faille de Mamirolle et la transforme en "faille-pli"; le gradin de la Tuilerie se serait formé à cette époque;
- une troisième phase aurait provoqué les failles Nord-Sud. Il nous restera ultérieurement à confronter cette hypothèse avec l'histoire de cette région du Jura.

D) Etude de l'accident à l'Ouest de Malbrans

Au Sud-Ouest de Malbrans et au Nord de Cléron, la vallée de la Loue offre une coupe naturelle des accidents qui prolongent ceux que nous venons d'étudier (A. Bonte et P. Celet - 1954).

1) Observations dans la vallée de la Loue.

a) Coupe V, recoupant la vallée de la Loue et traversant la Gouleuse au niveau de la route de Nahin.

- Entre le moulin d'Ecoutot et Nahin, nous observons le Bathonien moyen en structure horizontale; au niveau de Nahin, une petite faille f_n met en contact la "Dalle nacrée" et le Bathonien moyen : rejet 5 à 10 m.
- Au point x : 881,5; y : 239,2 les calcaires du Bathonien moyen viennent buter contre les marnes oxfordiennes, la faille F_1 a un rejet de 40 m environ.

- Nous traversons ensuite une zone marneuse, elle-même découpée en deux compartiments par la faille F'_1 d'une dizaine de mètres de rejet; on l'observe au niveau de la Loue grâce à la "Dalle nacrée" et dans la Gouleuse par une différence de niveau des falaises du Rauracien. En poursuivant notre route sur le chemin de Nahin à Cléron, nous rencontrons à nouveau la "Dalle nacrée" à pendage Ouest - Nord-Ouest 51° . Ce Bathonien ne peut appartenir au compartiment précédent, ce qui implique une faille F'_2 dont le rejet est voisin de 30 m ("Dalle nacrée" contre Oxfordien supérieur).

Cent mètres plus loin (x : 881,9; y : 239,5) la route fait un coude pour éviter une barre de Bathonien moyen à pendage Sud-Est 35° : faille F_2 , rejet 110 m (ce rejet est évaluable grâce au contact Bathonien moyen - Rauracien inférieur dans la Gouleuse).

- Avant de quitter le chemin de Nahin (x : 882; y : 239,4), le monoclinal bathonien moyen entre en contact avec la "Dalle nacrée" horizontale (faille f; rejet 10 m).

Au Sud de cette faille la structure est horizontale.

b) Coupe VI. du "Revers de grand Sept" à la Halte de Scey et vue panoramique de l'accident (Pl. XI; fig.3)

A l'Ouest de la faille F_1 nous observons toujours le Bathonien moyen et la "Dalle nacrée" en structure horizontale.

- Au niveau du virage de la Route Nationale n° 473

(x: 881,5; y: 240) la falaise de calcaire bathonien moyen s'arrête brutalement au contact de l'Oxfordo-Argovien : faille F_1 (F_1 et F'_1 réunies), qui met en contact le Bathonien supérieur et l'Argovien supérieur - rejet 70 m.

- En poursuivant le long de la route, à quelques dizaines de mètres, nous observons un bloc de Rauracien descendu au niveau de l'Argovien supérieur: nous pensons qu'il s'agit d'un glissement car, nous n'avons pu repérer, ni au Sud ni au Nord, le passage des deux petites failles qui devraient encadrer ce compartiment.

La route recoupe l'ensemble de l'Argovien et traverse ensuite une zone terrigène qui se termine par la "Dalle nacrée" à pendage Ouest-Nord-Ouest 30° (x: 882,05; y: 239,9) : à la limite de ce compartiment, où les sédiments marneux semblent avoir subi un laminage, passe la faille F'_2 bien visible dans le bois des Pierrottes où on observe une brusque interruption de la falaise rauracienne; son rejet est de l'ordre de 30 m, le contact se faisant entre la "Dalle nacrée" et l'Oxfordien supérieur.

- Après une combe couverte orientée Nord-Sud, nous trouvons à nouveau la "Dalle nacrée" qui bute contre le Bathonien moyen blanc : à cet endroit (x: 882,1; y: 239,9) passe la faille F_2 dont le rejet est de l'ordre de 20 à 25 m (au Nord de cette coupe, la partie supérieure de la "Dalle nacrée" arrive presque vis-à-vis du niveau repère Bathonien moyen - Bathonien supérieur.

- La route fait une boucle pour contourner un anticlinal bathonien moyen (à pendage Ouest-Nord-Ouest 50° puis Est-Sud-Est 30°) pincé entre les failles F₂ et f.
- A l'Est de la faille f, la structure redevient horizontale.

CONCLUSIONS - D'après les observations précédentes, nous pouvons distinguer un fossé d'effondrement limité par deux accidents majeurs : à l'Est les failles F₂ et F'₂, à l'Ouest la faille F₁.

MM. A. Bonte et P. Celet (1954) ont décrit l'accident de la façon suivante :

L'ensemble se résout donc en un effondrement complexe et dissymétrique formé de plusieurs blocs séparés par les failles f₂, f₃, f₄ " (f₂ correspondant à F'₂ et f₃ et f₄ sont les deux petites failles que nous n'avons pu suivre et que nous avons attribuées à un glissement) ", et compris entre F₁ et F₂. Le bord du compartiment oriental a été déformé ultérieurement par poussée tangentielle avec formation d'un petit anticlinal. - Le compartiment effondré, dissymétrique dans le sens transversal, présente des rejets variables dans le sens longitudinal.

Au droit de la vallée de la Loue, on peut constater une plongée axiale vers le Nord où les rejets étant plus forts, le coin effondré de calcaire argovien se dégage beaucoup mieux de la masse des marnes callovo-oxfordiennes. (Pl. XI; fig.3).

(Notons que l'allure dissymétrique n'apparaît vraiment que sur la coupe VI; sur la coupe V la structure était horizontale pour la plus grande partie du fossé).

2) Etude du prolongement de l'accident de Cléron vers l'Est

a) La faille F₁

- Au Nord de la coupe VI, au niveau de la falaise du Souillet, le passage de la faille est bien marqué (Pl. XI; fig.3); le rejet, évalué précédemment, était de l'ordre de 70 m.
- Au niveau de la coupe VII, nous observons un contact Rauracien inférieur = calcaires à Polypiers - Séquanien = calcaires à Solénopores.
- Entre les parallèles y: 241,5 et y: 243, les compartiments mis en présence par la faille F₁ sont certainement en structure monoclinale à léger pendage Sud (5° environ) : en effet, au niveau du "Prés de Scey", l'Argovien et le Rauracien supérieur affleurent à une altitude plus élevée que le Rauracien inférieur et le Séquanien observables dans le Souillet et les "Combes", le rejet diminue certainement : le contact Argovien supérieur - Rauracien, calcaire crinoïdique et calcaire compact, indique un rejet de 50 m maximum.
- Au niveau du parallèle y: 243, la faille F₁ s'arrête, nous n'avons pas fait d'observations justifiant son prolongement vers le Nord; elle est relayée par une faille F''₁, de direction Nord-Est, de rejet faible : aux Entes (coupe VIII) le contact Argovien supérieur - Rauracien inférieur, donne un rejet de 30 m environ.
- Vers l'Est le rejet diminue et au "Pré Rousselot"

(coupe IX), la faille F''_1 n'existe plus; le Rauracien affleure en série normale, au-dessus de l'Argovien.

Allure de la faille F_1 (et de son prolongement F''_1)

Le tracé de la faille F_1 est droit: il s'agit là d'une faille subverticale, faille d'effondrement typique.

b) Les failles F_2 et F'_2

- La faille F'_2 qui met en présence sur le plateau, à l'Ouest des "Combes", deux niveaux du Séquanien (coupe VII) est difficile à suivre: nous ne l'avons guère observée qu'au point x : 880,2; y : 240,2, le long du chemin de Malbrans où elle est marquée par un vif escarpement.

Plus au Nord, la combe séquanienne se rétrécissant, il est probable que le compartiment entre F'_2 et F_2 se rétrécisse simultanément et que F'_2 se confonde avec la faille F_2 .

- La faille F_2

Nous avons vu qu'au niveau de la coupe VI le rejet de la faille F_2 était de 20 à 25 m. Sur la coupe VII, l'anticlinal ainsi que la faille F n'existent plus, mais le compartiment à l'Ouest de F_2 est beaucoup plus effondré: le contact Séquanien inférieur - Argovien moyen entraîne un rejet d'environ 100 m : cette observation montre que le compartiment entre F'_2 et F_2 plonge vers le Nord plus tardivement que l'ensemble du fossé, à l'Ouest de la faille F'_2 .

- Au Nord du parallèle y : 241,5, nous ne trouvons plus trace de la faille : elle est relayée par une faille orientée Nord-Sud, facilement repérable à la "Chapelle du Croc", au Nord du "Rocher de Colonne" qui se trouve isolé, par la faille F₂, à l'Ouest, et au Nord, par la faille relayant la faille F₂ (la figure 1, Pl XI montre que le "Rocher de Colonne" à structure horizontale ne peut être le prolongement logique du plateau à structure monoclinale, à pendage 12° Sud, visible légèrement plus au Nord). La présence de ce rocher au milieu de la zone plissée montre que la faille F₂ et celle qui la relaie sont antérieures aux plissements.
- Suivons la faille vers le Nord (nous continuerons à la désigner par "F₂") : les contacts Rauracien supérieur - "Dalle nacrée", puis Rauracien - Bathonien, montrent que le rejet s'accroît; il est de 130 à 140 m à la "Combe Martin". A ce niveau, la faille prend une direction Nord-Est et met en contact le Séquanien, calcaire compact à points ocres avec le Bathonien moyen.

Au point x : 883,15; y : 242,85, (coupe VIII) des calcaires pisolithiques à Polypiers du Rauracien à pendage 80° Nord, sont pincés entre le Séquanien et le Bathonien en structure subhorizontale.

Au Nord-Est de cette pincée, au Bois du Lochet, la faille F₂ rencontre la faille de Mamirole, après quoi son rejet s'atténue rapidement : il est d'environ 20 m au "Pré Rousselot" où le contact Rauracien inférieur - Argovien supérieur est encore visible; nous n'avons

prolongé la faille F_2 jusqu'au Sud de Villers-sous-Montrond que parce que la morphologie milite en faveur d'une telle continuation et que des niveaux identiques ne se trouvent pas à une même altitude de part et d'autre de la faille présumée.

Allure des failles F_2 :

D'après leurs tracés rectilignes, les failles du type F_2 sont des failles subverticales, probablement légèrement inclinées vers l'Ouest en raison des plis qui les bordent et qui leur sont postérieurs. De plus, elles possèdent un caractère de la faille de Mamirolle à laquelle elles servent de relais : leurs rejets varient suivant que les compartiments mis en présence sont plissés ou non; il se pose donc un problème : les failles F_2 sont-elles identiques à la faille de Mamirolle et, dans ce cas, le fossé d'effondrement a-t-il joué un rôle compensateur qui expliquerait que les plans de ces failles aient été peu déformés au point de conserver un style d'effondrement typique ? ou bien, seconde éventualité, la poussée responsable des plis bordant les failles aurait-elle été moins forte à mesure que nous nous éloignons vers le Sud-Ouest ?

3) Le prolongement de l'accident de Cléron vers le Sud-Ouest

a) La faille F'_2 -

Au Sud de la coupe V, la faille F'_2 n'est plus visible : au niveau de "la Gouleuse", le monoclinial compris entre F_2 et F'_2 n'existe pas; la faille F'_2 a rejoint la faille F_2 .

b) La faille F₂ au Sud de "la Gouleuse"

- On peut suivre la faille F₂ tout au long de "la Grande côte"; elle met en contact la "Dalle nacrée" à pendage 50° Sud-Est (ce monoclin al n'existe qu'entre la faille F₂ et la faille f; au Sud-Est de la faille f la structure est horizontale) et le Rauracien inférieur. Le rejet reste pratiquement constant : 90 m environ (=épaisseur de la série marneuse oxfordo-argovienne).
- Au niveau de "la Haute Craie" le contact se fait entre la "Dalle nacrée" et l'Argovien horizontal (coupe III), puis entre la "Dalle nacrée" et l'Oxfordien : le rejet s'affaiblit rapidement; il passe de 90 m à 35 - 40 m maximum. La petite faille f s'est amortie et la "Dalle nacrée", toujours à pendage 50° Sud-Est, supporte l'Oxfordo-Argovien et le Rauracien également à pendage Sud-Est (au point x : 880,6; y : 236,9 le Rauracien a un pendage 15° Sud-Est).
- Au Sud, en allant vers "la Trappe", le compartiment effondré s'incline vers le Nord-Est (pendage non mesurable), ce qui entraîne un amoindrissement du rejet. Simultanément, le long de la faille F₂ apparaît une faille secondaire F"₂ : entre ces deux failles affleure le Bathonien moyen complètement broyé (coupe II) A "la Trappe" les rejets sont difficilement évaluables, nous ne connaissons pas la position stratigraphique des calcaires du Bathonien moyen..
- Entre "la Trappe" et "les Sept Fontaines" le fossé se rétrécit rapidement, la faille F"₂ se confond avec la faille F₂ et en même temps le monoclin al

bathonien supérieur disparaît : la faille F₂ met en contact le Rauracien et les marnes oxfordiennes le tout en structure subhorizontale.

- Au Sud des "Sept Fontaines", la faille F₂ rejoint la faille F₁; il n'existe plus qu'une seule faille F mettant en contact le Rauracien inférieur horizontal et le Bathonien moyen incliné légèrement vers le Sud-Ouest (coupe I). Le passage de la faille sur le plateau est souligné par une petite dépression, et dans la vallée du Lison, il est marqué par un vif escarpement.

c) La faille F₁ -

- Au niveau de la coupe V, la faille F₁ mettait en présence des compartiments à structure horizontale; entre cette coupe et le hameau de Nahin nous n'avons pu faire d'observation, cette zone étant envahie par des éboulis de pente.

Au Sud de Nahin (coupe IV), en sortant de la vallée de la Loue, on traverse le Bathonien moyen, puis la "Dalle nacrée" à laquelle succède une zone humide, couverte, correspondant sans doute aux marnes oxfordiennes. Au-dessus de ces marnes, dans le chemin conduisant de Nahin à la "Combe d'Enfer" nous retrouvons la "Dalle nacrée", à pendage 60° Ouest-Nord-Ouest : entre ces marnes et le Bathonien supérieur passe la faille de Nahin f_n.

La "Dalle nacrée", qui n'affleure que sporadiquement dans les ornières du chemin, est surmontée par des éboulis dans lesquels on reconnaît des blocs de calcaires blancs du Bathonien moyen : ces blocs prouvent l'existence de cet étage à un niveau plus élevé. (c'est probablement

la disparition du substratum bathonien vers le Nord qui entraîne l'abondance des éboulis de pente dont nous avons parlé précédemment).

- Plus au Sud, on peut suivre la faille F_1 pas à pas: le contact se fait entre l'Argovien horizontal et le Bathonien moyen incliné vers le Sud-Ouest. Le rejet s'est considérablement accru depuis la vallée de la Loue où il n'était que de 40 m environ : nous avons ici un minimum de 120 m.
- Sur la coupe III, le monoclinal entre les failles F_1 et f_n a un pendage 12° Sud-Ouest, mais le rejet de la faille f_n augmente : à la "Combe d'Enfer" il y a une dénivellation de 60 m entre les limites inférieures du Bathonien moyen affleurant de part et d'autre de la faille; elle s'amortit rapidement vers le Sud et au "Bois des Serpents" nous n'avons fait aucune observation justifiant son prolongement. La faille F_1 , mettant en regard le Bathonien moyen et l'Oxfordo-Argovien (Pl. XI; fig.2) a un rejet décroissant, 90 m environ, à cause du relèvement vers le Sud-Est du compartiment effondré : à "la Trappe" on observe un contact Bathonien moyen (bréchique) - Bathonien supérieur, ce qui implique un rejet de 50 m maximum.
- A la "Combe au Lard" (x : 235,2 ; y : 878,8) les failles F_1 et F_2 se rejoignent pour former une faille unique F, comme nous l'avons vu précédemment.

Allure des failles F_1 et F_2 :

D'après le tracé des failles au Sud-Ouest de la coupe V, nous sommes en présence de failles subverticales. La figure 2 montre la

faible inclinaison de la faille F_1 vers le Sud-Est. La poussée, postérieure à l'effondrement, est responsable de la formation des monoclinaux le long des failles F_1 et F_2 et parfois du plissement ou du broyage du premier compartiment du fossé d'effondrement (coupe III et coupes V et VI); malgré cela et comme c'était déjà le cas au Nord de la vallée de la Loue, la faille F_2 n'a été que peu déformée par les plissements qui lui sont postérieurs. Cette non déformation la distingue de la faille de Mamirolle. Il reste maintenant à expliquer pour quelles raisons deux failles ayant portant subi une même poussée présentent des caractères différents.

E) Age des plissements et des accidents

Nous avons déjà insisté au début de notre travail sur l'absence, dans la région de Cléron, de sédiments d'âge plus récent que ceux du Jurassique, les terrains crétacés et tertiaires ayant été totalement érodés.

La datation des accidents que nous venons de décrire ne peut donc être résolue en se limitant à l'âge des couches mises en contact par nos failles, le dernier étage affecté par celles-ci étant le Séquanien.

Nous sommes donc contraints de nous reporter à des ouvrages anciens portant sur l'étude des "Plateaux du Jura Central" de G. Chabot (1927) et à des publications récentes de L. Glangeaud (1948) et de M. Dreyfuss (1949). Ce dernier a étudié la faille de Mamirolle dans la région du Mont Bon, au Nord-Est de notre secteur.

Seules des considérations géomorphologiques peuvent nous permettre d'étayer nos hypothèses quant à l'âge approximatif des plissements.

I - Rappel des idées émises récemment en ce qui concerne la chronologie des accidents et des plissements au Nord-Est de la région étudiée.

Premier cycle d'érosion : La surface d'Ornans -

La région située au Sud d'une ligne Rurey-Tarcenay appartient à une ancienne surface d'érosion : la surface d'Ornans, aujourd'hui profondément entaillée par la Loue et ses affluents.

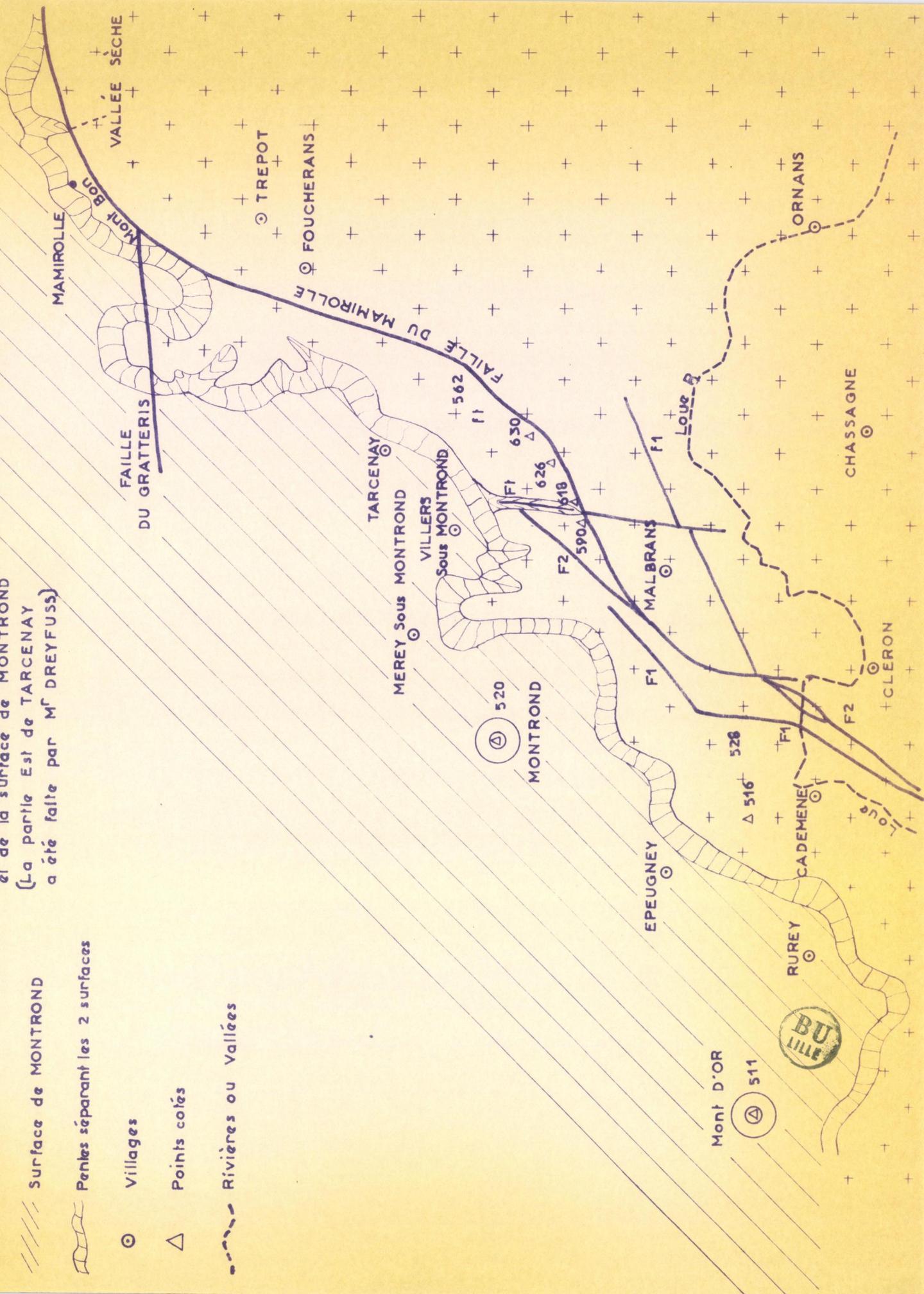
En divers endroits, au Sud de Scey-en-Varais et au Nord de Fertans, les couches inclinées passagèrement de 15 à 20° sont tranchées obliquement par la surface du plateau; celle-ci ne dépend donc pas de la structure du sous-sol. Même la région fortement plissée comprise entre Nahin et Cléron (coupes V et VI) n'apparaît pas sur l'étroite bande de plateau épargnée par l'érosion, seule la coupe de la vallée de la Loue permet de constater l'existence de pentes fortes qui affectent cette zone (Notons d'ailleurs qu'à cet endroit le plateau correspondant à une structure plissée est à la même altitude que le plateau en structure subhorizontale)

- D'autre part, une vue d'ensemble que la Loue, au parcours sinueux, évoque nettement un fleuve de pénéplaine comme l'a fait remarquer G. Chabot : " La Loue est restée fidèle au tracé que dessinait autrefois le fleuve de pénéplaine".

Le long de la bordure nord de la surface d'Ornans mais sans jamais en former la limite, la bande plissée

Raccord de la surface d'ORNANS
 et de la surface de MONTROND
 (La partie Est de TARCENAY
 a été faite par M^r DREYFUSS)

- + + Surface d'ORNANS
- //// Surface de MONTROND
- ~~~~~ Pentes séparant les 2 surfaces
- ⊙ Villages
- △ Points cotés
- - - - - Rivières ou Vallées



localisée autour de la faille de Mamirolle constitue une ligne de hauteurs que G. Chabot (1927) a désignée sous le nom de "Chaîne du Mont-Bon". Dans notre secteur, cette "chaîne" n'apparaît qu'entre les localités de Malbrans et de Tarcenay, elle est marquée par la barre rocheuse de Punay. Au Nord de cette ligne de hauteurs, la surface d'Ornans se poursuit comme l'a montré G. Chabot (1927, p.51 et suivantes) mais elle s'interrompt au niveau d'une ligne Rurey-Tarcenay.

Deuxième cycle d'érosion : La surface de Montrond -

La surface d'Ornans est limitée au Nord par une seconde surface située en contrebas, celle de Montrond. Cette dernière s'est élaborée aux dépens de la surface d'Ornans, le talus qui nous permet de passer de l'une à l'autre a été façonné par l'érosion : les buttes témoins et les éperons, qui représentent les reliquats de la plate-forme démantelée, sont à la même altitude que la surface d'Ornans. Ainsi, par exemple, le Mont d'Or près de Rurey a une altitude de 511 m et le point culminant le plus voisin est à 516 m. La surface de Montrond est donc plus récente que celle d'Ornans.

Troisième cycle d'érosion (ou cycle actuel).

Il a causé l'enfoncement des rivières et il fait réapparaître les reliefs sur le plateau, notamment les combes oxfordiennes de la Tuilerie, le long de la faille de Mamirolle et à "La Trappe". Au cours de ce cycle se seraient formées des surfaces structurales comme celle de Lizinne.

1) Considérations géomorphologiques (d'après G. Chabot)

G. Chabot (1927) a étudié en détail la région du Mont Bon où la faille de Mamirolle traverse un anticlinal dont la surface d'affleurement correspond à une zone surélevée par rapport à l'ensemble du plateau.

G. Chabot (1927) a d'abord supposé que la "chaîne du Mont Bon" serait due à des accidents postérieurs à la formation de la surface d'Ornans; mais il abandonne cette hypothèse pour les raisons suivantes :

Il est impossible d'admettre que le pli-faille soit postérieur à la formation du plateau d'Ornans parce qu'il ne marque pas exactement la limite du plateau. L'examen de la faille de Mamirolle montre que cette faille existait avant la formation du plateau (les reliefs de faille ne sont en effet marqués qu'à certains endroits). On passe des surfaces de l'Est à celles de l'Ouest de façon continue en contournant les hauteurs du Mont Bon... Il est impossible, dans ces conditions, d'admettre que le plissement du Mont Bon puisse être postérieur au nivellement de la surface du plateau au milieu duquel il se trouve.

A la suite de l'abandon de cette hypothèse, G. Chabot (1927) opina dans le sens d'un monadock structural, cette idée était corroborée par la morphologie, elle-même justifiée par la dureté de la roche constituant l'anticlinal (calcaire blanc compact).

2) Considérations morphologiques et géologiques d'après M. Dreyfuss.

M. Dreyfuss (1949), effectuant des travaux dans

la région de Mamirolle, prit position contre l'hypothèse d'un relief dont l'origine serait uniquement structurale.

a) Argument morphologique

M. Dreyfuss (1949) envisage l'action érosive en tête des rivières dans l'élaboration de la surface de Montrond aux dépens de la surface d'Ornans : l'une de ces vallées est occupée en deux par un abrupt qui serait dû au rejeu de la faille de Mamirolle; ce rejeu se serait produit alors que la surface de Montrond s'élaborait aux dépens de la surface d'Ornans.

b) Argument géologique

M. Dreyfuss (1949) fait état d'une faille dans la région du Gratteris, un peu au Nord de notre secteur :

" Au Nord du bois aux Cordes (1 km à l'Ouest du Gratteris) cette faille met en contact la Grande Oolithe plongeant de 45° au Sud, avec une série Oxfordien-Argovien-Auracien inclinée au Nord. Dans une carrière, le long du chemin du Gratteris à la "Baraque des Violons", 200 mètres avant la bifurcation allant à la ferme du Rocheret, les couches de la "Grande Oolithe" sont affectées de laminages qui, certainement, ont été produits par des efforts orientés E-W; ce qui témoigne de mouvements postérieurs à ceux auxquels est dû le pendage de la formation".

c) Chronologie

Ces considérations, tant morphologiques que géologiques, nous permettent d'établir la chronologie suivante :

- Les failles et les plissements sont antérieurs à la formation de la pénéplaine d'Ornans.
- Ces plissements ont été repris en une seconde phase de plissements qui s'est effectuée alors que la surface de Montrond était en cours d'élaboration, cette surface de Montrond étant elle-même due à une élévation qui se situe entre les deux phases de plissements.
- Une seconde surélévation provoque une érosion différentielle.

M. Dreyfuss (1949) a établi la succession chronologique suivante :

- 1- Une phase tectonique cassante (anté-oligocène d'après ce qu'on connaît de la géologie générale du Jura, aurait donné simultanément les failles de Mamirolle et du Gratteris.
- 2- Une poussée orogénique correspondant à la formation de la ride anticlinale de Mamirolle, aux froissements observés dans la "Grande Oolithe" à l'Est du Gratteris daterait, sans doute, de la fin de l'Oligocène.
- 3- La surface d'Ornans -Trépot a nivelé les accidents précédents. Elle résulterait probablement, comme l'a montré L. Glangeaud (1949) de l'action érosive de cours d'eau tributaires de la mer qui occupa, vers l'Est, la plaine suisse et le faisceau helvétique pendant le Miocène inférieur et moyen.
- 4- Un mouvement d'ensemble ou de bascule, atteignant une centaine de mètres d'amplitude dans le secteur qui nous intéresse, se situerait au début du Pontien : de nouveaux cours d'eau s'établissent, commençant à dégager la nouvelle surface qui deviendra la plateforme de Montrond; les vallées conservées depuis cette époque, témoignent d'un drainage vers le Nord ou le Nord-Ouest.

- 5- Au cours de l'élaboration de la plateforme de Montrond (pendant le Pontien probablement) intervient le rejeu de la faille de Mamirolle auquel on doit :
 - a) l'assèchement de la partie supérieure de la vallée à l'Est du village;
 - b) la falaise correspondant à la faille, l'accentuation de la déformation anticlinale et l'altitude relative atteinte par les sommets des environs de Mamirolle.
- 6- Pendant tout le temps de l'élaboration de la plateforme de Montrond, la différence d'altitude entre la surface d'Ornans-Trépot et le niveau de base provoqua un enfouissement des eaux. Les circulations souterraines qui en ont résulté, ont été rejointes par l'érosion subaérienne régressive, qui a respecté çà et là quelques galeries (exemple: La Baume aux Bassoudes entre Saône et Mamirolle).
- 7- Un mouvement d'ensemble correspondant à une surélévation de la région, qui atteint à peu près son altitude actuelle, se situe à la fin du Pontien et au début du Pliocène : l'élaboration de la plateforme de Montrond est interrompue.
- 8- Pendant le Pliocène et le Quaternaire, les eaux s'enfoncent à nouveau, dégageant éventuellement des surfaces d'érosion locales comme le plateau de Saône, donnant naissance à la circulation souterraine active visible actuellement (entonnoirs absorbants du Gratteris). En même temps, les niveaux imperméables sont attaqués par l'érosion, ce qui engendre localement des formes de relief structurales plus ou moins associées à une pénétration des eaux en profondeur .

II - Etude des accidents du secteur étudié dans le cadre d'ensemble de la région.

1) A l'Est de Malbrans

La région située à l'Est de Malbrans est

dominée par une ligne de hauteurs (Pl. XI, fig.1) correspondant, comme dans la région de Mamirolle, à la zone la plus plissée.

Certes, nous ne pouvons mettre en évidence toutes les phases de plissement comme l'a fait M. Dreyfuss (1949) à l'Est de Mamirolle, nous ne disposons à cet effet d'aucune vallée recoupant le prolongement de la faille de Mamirolle (F_M) et capable de présenter le même phénomène. Cependant, nous avons pu relever les faits suivants :

- Un rejeu de la faille F_M qui expliquerait le relief accentué de cette partie de notre secteur.

- En même temps que la faille de Mamirolle décrit des sinuosités pour prendre une direction Nord, les pendages s'accroissent jusqu'à atteindre 80° Nord et à ces pendages forts correspondent les reliefs les plus marqués.

- Simultanément apparaissent les failles transversales F_t et f_t , orientées Nord-Sud (les seules que nous ayons rencontrées dans la région) qui recoupent toutes les failles orientées Nord-Est Sud-Ouest et qui peuvent être soit de la fin de l'Oligocène soit du Pontien, mais certainement postérieures à la faille de Mamirolle et à l'accident de "la Tuilerie".

Ces trois faits, notamment l'exagération des pendages qui coïncident avec le seul relief subsistant dans une vieille surface d'érosion, s'accroissent très bien de mouvements plus récents que ceux de la fin de l'Oligocène. On pourrait objecter cependant qu'au Sud-Est de Tarcenay, vers Foucherans, le profil topographique correspondant à la bande plissée

est peu marqué et ne comporte pas d'escarpements comme à proximité de Malbrans, ce qui n'est pas en faveur d'un rejeu au Ponthien; mais comment un escarpement pourrait-il subsister alors que les formations marneuses de l'Argovien et de l'Oxfordien seules entrent en contact ? L'escarpement de la faille de Mamirolle dans la portion comprise entre les deux accidents transversaux ne longe jamais la faille elle-même mais se trouve en retrait, le long du Rauracien; tout conduit donc à penser que les deux failles F_t et f_t , en abaissant ce niveau dur, ont permis la conservation d'un escarpement; et s'il en est ainsi, il semble logique d'attribuer cet escarpement à des mouvements pontiens puisqu'il serait postérieur à la surface d'Ornans. La faille de Mamirolle est donc une faille d'effondrement dont l'évolution en faille-pli est due à deux poussées, l'une à l'Oligocène orientée du Sud vers le Nord, et une seconde, orientée Est-Ouest (M. Dreyfuss (1949) qui produit une accentuation des plis au Pontien.

Cette hypothèse d'une faille-pli admise, qu'advient-il du gradin de "la Tuilerie" ? Il est difficile d'admettre que les plissements qui ont affecté la faille de Mamirolle, aient épargné ces trois failles dont le tracé rectiligne contraste avec le tracé sinueux de la faille de Mamirolle. Cependant, d'après la morphologie, cet accident de la Tuilerie existait déjà lors de la formation de la surface d'Ornans : ces failles se seraient donc formées à la fin de la poussée oligocène et n'auraient subi que celles du Pontien; ce n'est là

qu'une hypothèse mais elle est appuyée sur deux faits :

- les failles qui n'ont subi qu'une poussée sont peu déformées et ont conservé leur caractère de failles d'effondrement;
- ces failles se situent à l'endroit précis où il y a un changement brusque de l'inclinaison des couches entre les deux monoclinaux qu'elles séparent.

En résumé, nous pouvons envisager l'évolution tectonique suivante à l'Est de Malbrans :

- 1- A l'Oligocène, la phase cassante provoque l'effondrement de Mamirolle (Pl. E; fig.1).
- 2- A la fin de l'Oligocène une poussée orogénique déforme la faille de Mamirolle; au cours de la poussée et probablement dans la phase terminale de cette poussée, le gradin de "la Tuilerie" se forme (Pl. E; fig.2).
- 3- Au cours du Miocène et jusqu'au Pontien, les surfaces d'Ornans, puis de Montrond, nivellent tous les accidents; l'élaboration de la surface de Montrond est interrompue par la seconde poussée qui provoque le rejeu de la faille de Mamirolle et accentue la déformation du plan de cette faille; en même temps, les pendages des monoclinaux augmentent et cette augmentation provoque des failles transversales orientées Nord-Sud (Pl. E; fig.3).

2) A l'Ouest de Malbrans

A l'Ouest de Malbrans, nous avons vu qu'un fossé d'effondrement faisait suite à la faille de Mamirolle.

EVOLUTION TECTONIQUE DE
LA REGION EST DE MALBRANS

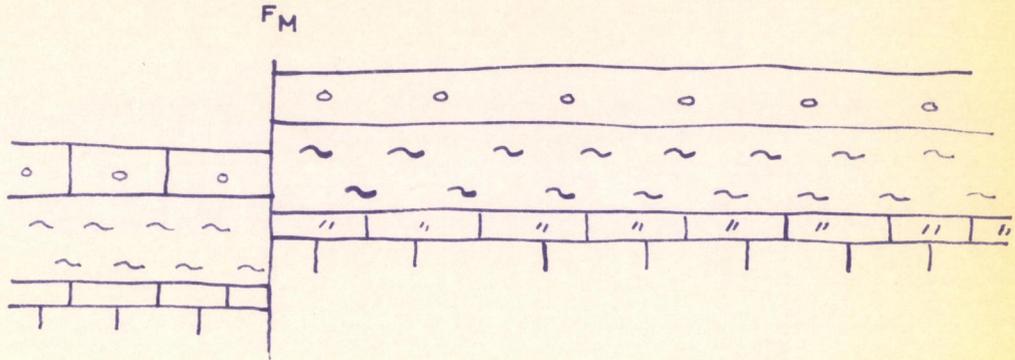


Fig. 1

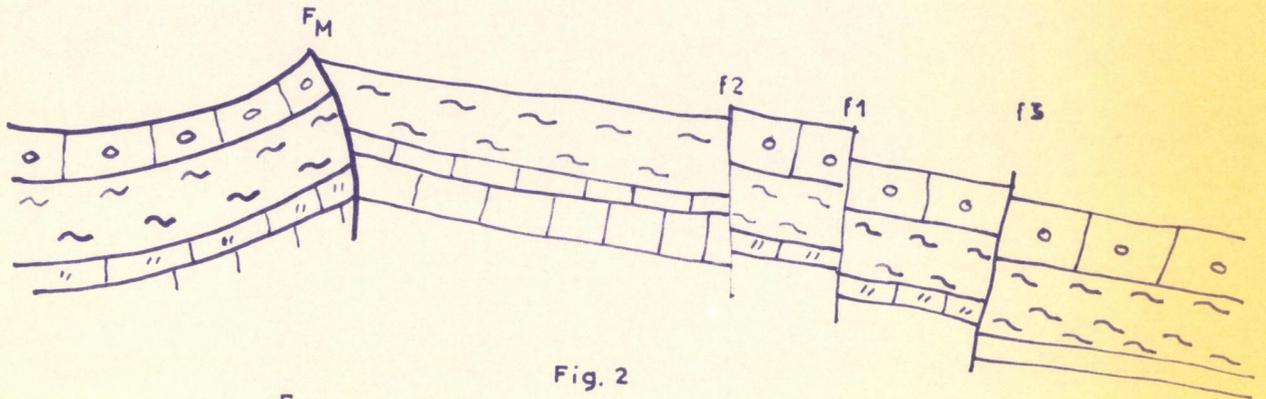


Fig. 2

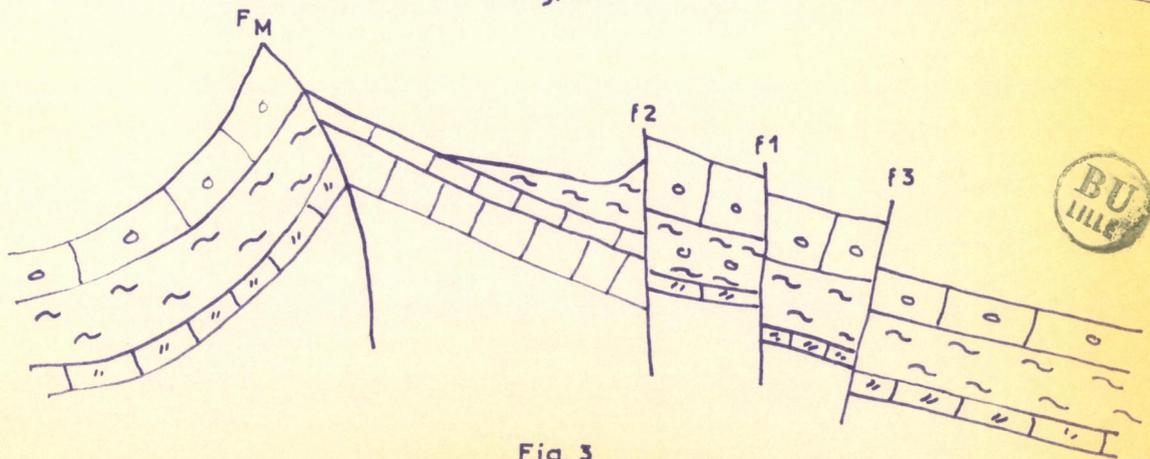


Fig. 3

BU
LILLE

Avec l'apparition du fossé, la bande plissée se rétrécit rapidement et les plissements se localisent le long ou à l'intérieur de ce dernier (voir pl. F) :

- Au niveau de Nahin, seule la lèvre est de la faille F2 est plissée.

- Au Sud-Ouest de Nahin, les lèvres des failles F₁ et F₂ sont plissées; la structure du fossé lui-même est horizontale (Fig.2).

- A "la Trappe", seul l'étroit compartiment le plus méridional est broyé (Fig.3).

- Dans la vallée de la Loue seulement, donc à proximité de Malbrans, le fossé a subi des déformations plus importantes sur toute sa largeur, mais malgré tout, peu comparables à celles visibles à l'Est de Malbrans (Fig.4).

D'autre part, nous n'avons jamais observé d'escarpements à la surface du plateau, ce qui semble montrer que les failles du fossé de Cléron n'ont pas rejoué après le nivellement de la surface d'Ornans; bien au contraire, la bande plissée et le fossé se confondent avec la surface du plateau sans apporter de perturbations dans la topographie, et la structure n'est visible que grâce aux vallées encaissées. Qu'en conclure, sinon que la région à l'Ouest de Malbrans n'a pas été affectée par la dernière phase de plissements, celle de la fin du Pontien qui est responsable du rejeu de la faille de Mamirolle?

Nous pouvons cependant affirmer que cette phase a eu lieu, les plissements observables à l'Ouest de notre secteur, dans le faisceau bisontin en témoignent et la poussée, dirigée d'Est en Ouest qui les

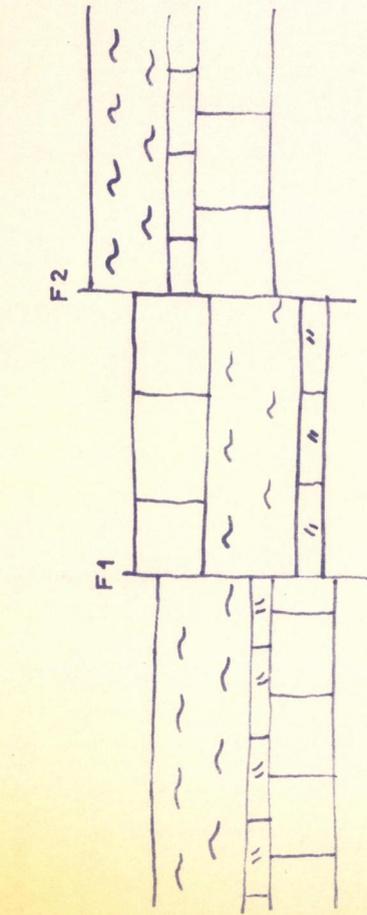


Fig. 1

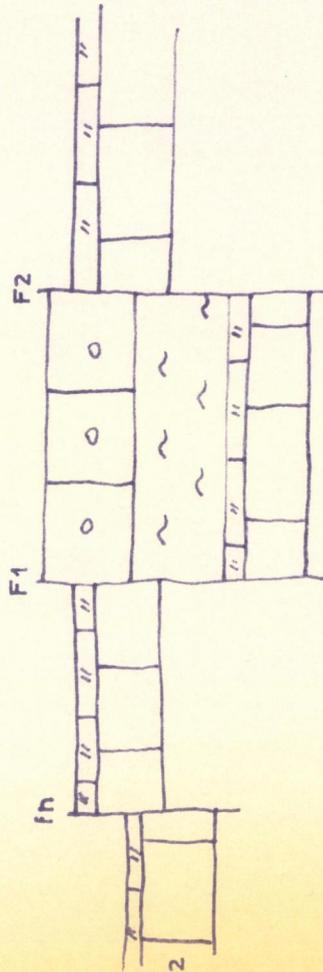


Fig. 2

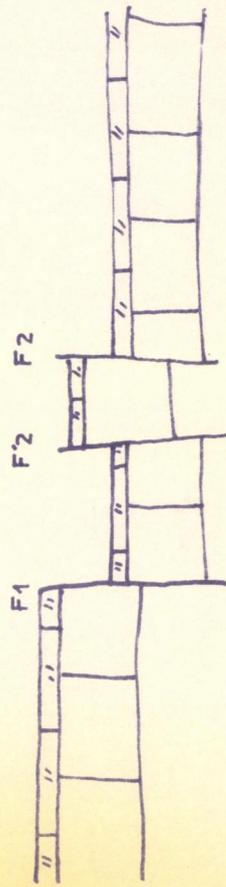


Fig. 3

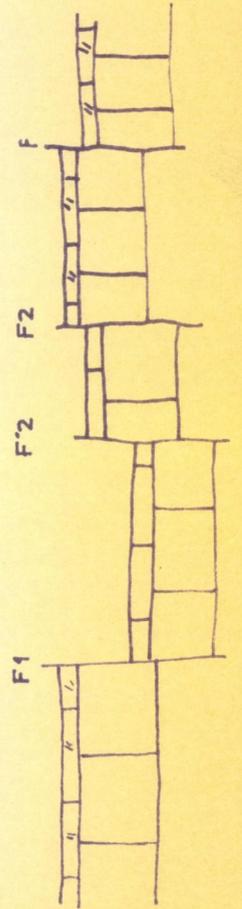
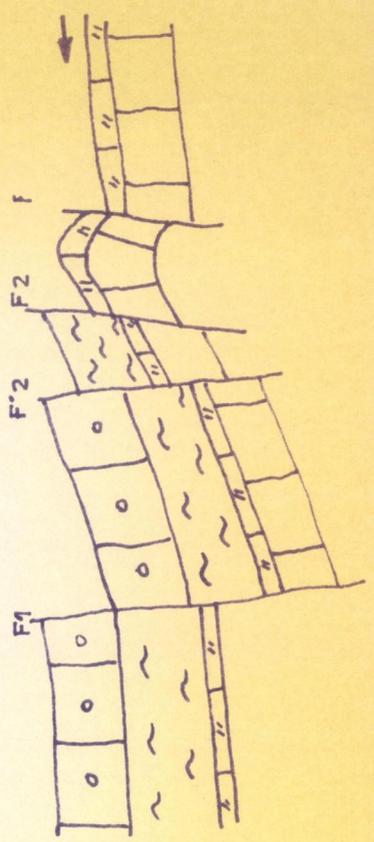
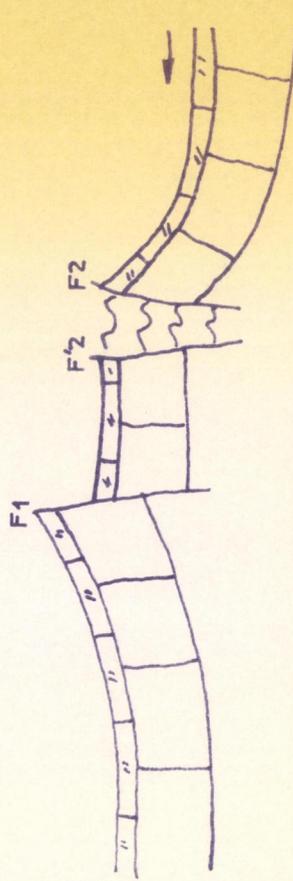
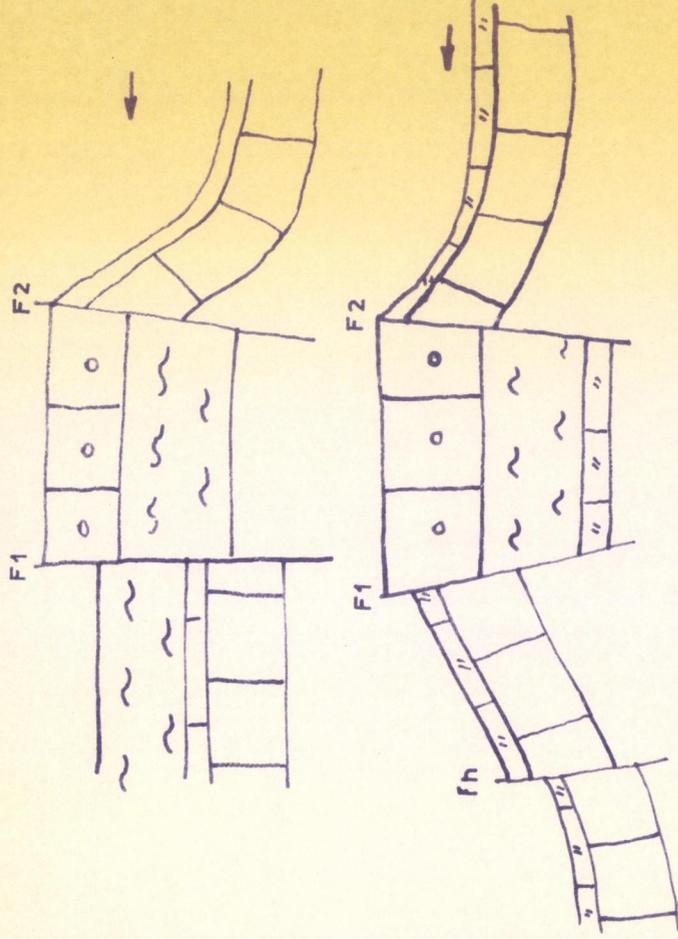


Fig. 4



a formés, s'est exercée à travers la zone des plateaux dont notre secteur fait partie.

Dans ces conditions, nous sommes conduits à admettre que le fossé et la zone plissée qui lui est superposée, ont été rendus plus rigides par la poussée orogénique de la fin de l'Oligocène; J. Goguel (1948) admet que dans les régions déjà plissées, une seconde poussée orogénique ne peut causer qu'une accentuation des plis. Contrairement donc à la faille de Mamirolle, le fossé de Cléron dont la direction est peu oblique par rapport à la direction de la poussée du Pontien, et la zone tabulaire qui l'entoure, auraient formé un ensemble résistant et se seraient déplacés en bloc, ce qui explique, tout au moins en surface, que les failles aient gardé leurs caractères de failles subverticales.

III - CONCLUSION : Evolution tectonique

Les failles à l'Ouest de Malbrans ont été légèrement déformées par un mouvement de compression oligocène qui a plissé leurs lèvres et a pincé par place le premier compartiment du fossé. Epargnées par la phase paroxysmale du Pontien, ces failles ont conservé leurs caractères de failles d'effondrement. Vers l'Est la faille de Mamirolle possède un style plus mouvementé souligné par l'élargissement de la bande plissée et des reliefs accentués; faille unique, elle n'a pu profiter du rôle d'amortisseur que joue le fossé pour les failles de Cléron, c'est, sans doute, pour cette raison que son caractère de faille-pli, est plus net.

Cette évolution longitudinale, que G. Chabot (1927) qualifiait de "classique dans cette région

du Jura", se précise vers l'Est à mesure qu'on se rapproche du faisceau bisontin où les mouvements pontiens sont très marqués.

Dans le cadre de notre secteur, le fossé de Cléron et la faille de Mamirolle, bien qu'étonnants dans une région tectoniquement aussi calme, restent néanmoins un accident localisé : les failles qui sont antérieures aux poussées, constituaient une ligne de moindre résistance où se sont "cristallisés" les effets des poussées et principalement ceux de la poussée oligocène. Mais cette poussée oligocène en créant des plis d'axe Est-Ouest, a consolidé en grande partie cette zone de moindre résistance; d'autre part, le basculement du Pontien a entraîné une érosion intense au Nord des Plateaux, mettant à nu, à l'emplacement actuel du faisceau bisontin, les niveaux plastiques du Lias et même parfois du Trias. Lorsque la phase paroxysmale du Pontien est intervenue, la poussée a trouvé une résistance bien moindre au Nord des Plateaux que le long de la faille de Mamirolle et du fossé de Cléron. C'est probablement pour cette raison que la faille de Mamirolle et le fossé de Cléron, qui ont fait bloc avec le plateau, sont restés des accidents mineurs; ils ont subi la poussée pontienne, mais, constitués de matériaux en majeure partie rigides, ils n'ont fait que la transmettre à une zone plus faible qui a donné naissance au faisceau bisontin.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTRAND M. (1880) - Carte Géologique au 1/80.000^e.
BESANCON N° 126 (1^{ère} Edition)
- BONTE A. (1944) - Sur la limite du Rauracien et du
Séquanien aux environs de BESANCON
C.R.S.G.F., p. 165
- BONTE A. (1945) - Sur le Callovien des environs de
BESANCON B.S.H.N.D., n° 51.
- BONTE A. (1945) - Les horizons du Callovien dans les
environs de BESANCON C.R.S.G.F, p.17.
- BONTE A. et CELET P.(1953) - Observations géologiques dans la
région de CLERON (Doubs) (Feuille
de QUINGEY au 50.000^e). Bull. Serv.
Carte Géol.France, t.L 11, n° 241.
- CAIRE A. (1951) - Les rapports entre Oxfordien,
Argovien et Glypticien dans le
Jura salinois B.S.H.N.D., n° 55.
- CAIRE A. (1953) - Note de stratigraphie jurassienne.
I - Sur la présence de *Creniceras*
crenatum Brug. dans les marnes
oxfordiennes (zone à *Cardiocer-*
ras praccordatum) de CLUCY
(Jura) et de TARCENAY (Doubs).
II - Contribution à l'étude des
marnes de Champforgeron dans
la région bisontine.
B.S.H.N.D., n° 57.

- CAIRE A. (1955) - Découverte de trois nouveaux échantillons de *Creniceras crenatum* dans la marnière de TARCENAY (Doubs) B.S.H.N.D., n° 58.
- CELET P. (1955) - Partie méridionale du faisceau de QUINGEY, région de la Chapelle-By-Ivrey (feuille de QUINGEY au 1/50.000^e). Bull. Serv. Carte géol. France t 53 n° 246.
- CHABOT G. (1927) - Les plateaux du Jura central, étude morphogénique, Thèse.
- DREYFUSS M. (1949) - Quelques observations géologiques et morphologiques aux environs de Mamirolle B.S.H.N.D. n° 53.
- DREYFUSS M. (1949) - Surfaces d'aplanissement et déformations aux environs de Mamirolle C.R.S.G.F., n° 11.
- DREYFUSS M. (1950) - Remarques sur l'Argovien du Jura B.S.H.N.D. n° 54.
- DREYFUSS M. (1954) - Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur. Essai sur la sédimentation et la paléogéographie dans leurs rapports avec les déformations. Mem. S.G.F., t.33, n° 69.
- DREYFUSS M. (1956) - Lexique stratigraphique international; Vol. I, fasc. 4a v, Jurassique s. str.
- FOURNIER E. (1922) - Carte géologique au 1/80.000^e BESANCON n° 126 (2ème Edition).

- GLANGEAUD L. et BONTE A. - Le diapir d'Aiglepierre, ventre
(1944) d'interférence des plis bisontins
et salinois. C.R. As. Sc., 219.
- GLANGEAUD L. (1948) - Les nouvelles théories sur la
formation du Jura B.S.H.N.D., N° 52.
- GOGUEL J. (1948) - Traité de tectonique.
- JEANNET A. (1951) - Die Eisen und Manganerze der
Schweiz.
- MERCIER J. (1932) - Etude sur les Echinodermes de la
bordure occidentale du bassin de
Paris - Caen.
- RICHEA (1893) - Etude stratigraphique sur le
Jurassique inférieur du Jura
méridional - Paris.
- ROLLET M. (1959) - Etude de deux coupes de l'Argovien
à BESANCON et à FERTANS. B.S.H.N.D.
- THEOBALD N. (1959) - Variations de faciès du Bathonien
du Jura franc-comtois entre
BELFORT et BESANCON. An. Sc. de
l'Université de BESANCON.
- THEOBALD N. & BOURQUIN J. - Récentes découvertes d'Ammonites
(1959) dans le Bajocien du Jura franc-
comtois An. Sc de l'Université
de BESANCON.

PLANCHE I

BATHONIEN INFÉRIEUR

Fig. 1 : Affleurement de Bathonien inférieur au Nord de Lizine.
Notez la stratification entrecroisée et la structure
en dalles

Fig. 2 : Vue au microscope des calcaires finement oolitiques
du sommet du Bathonien inférieur (x 50)

Fig. 3 : Bryozoaires des calcaires du sommet du Bathonien
inférieur (x 40)

1



2



3

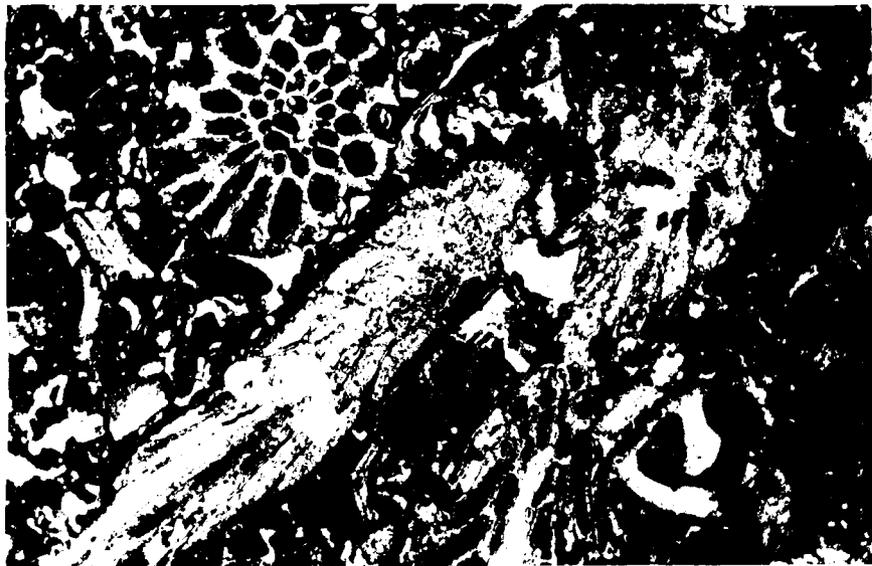


PLANCHE II

BATHONIEN MOYEN

Fig. 1 : Affleurement de calcaire blanc bathonien moyen
couvert de lapiez au nord de la Trappe.

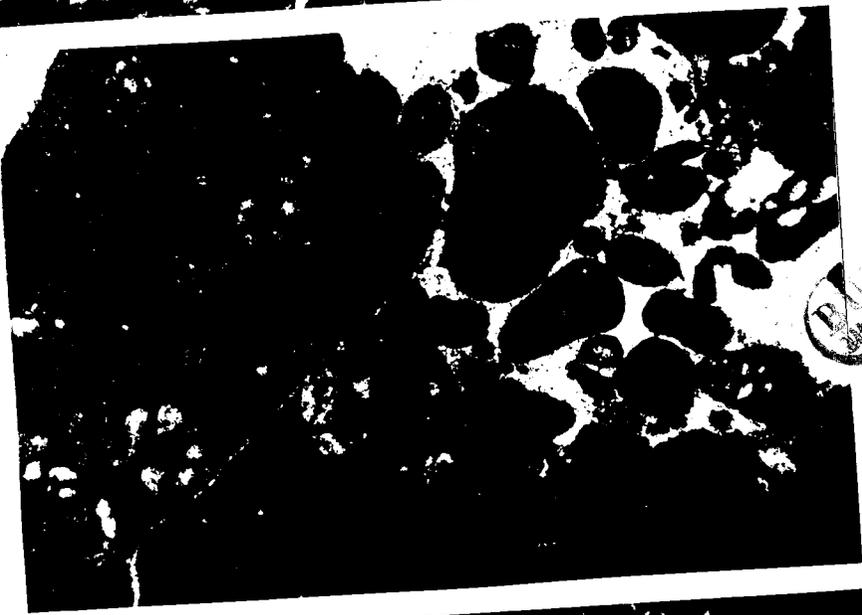
Fig. 2 : Microphotographie du calcaire compact à
Textularia sp (X 50)

Fig. 3 : Calcaire blanc graveleux et oolithique à ciment
de calcite cristallisée. (X 50)

1



2



3

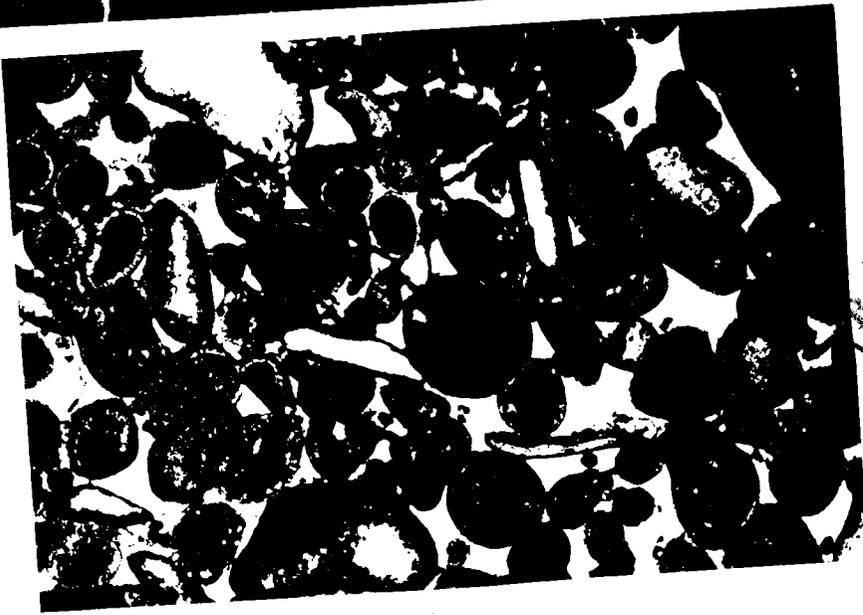
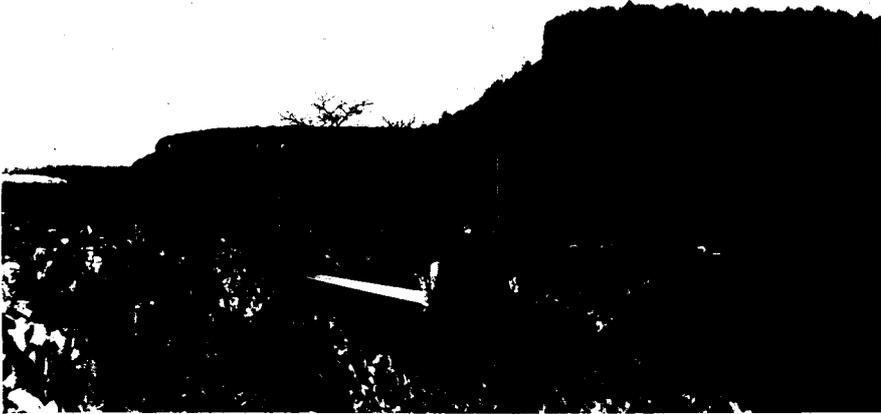


PLANCHE III

BATHONIEN SUPERIEUR

Fig. 1 : Influence de la "Dalle nacrée" dans la morphologie :
vue de la surface structurale qui lui correspond
(Vallée de la Loue au Nord-Ouest d'Ornans).

Fig. 2 : Affleurement de calcaires en dalles dans la carrière
de Notre-Dame du Chêne : l'épaisseur des dalles est
de l'ordre de 15 à 20 cm; à droite, une poche de
dissolution comblée d'argile de décalcification.



1



2

PLANCHE IV

BATHOMIEN SUPERIEUR

Fig. 1 : Microphotographie d'un échantillon de "Dalle nacrée" montrant des oolithes et des gravelles; au centre, un débris d'Echinoderme; on devine quelques Foraminifères dans les gravelles (X 40)

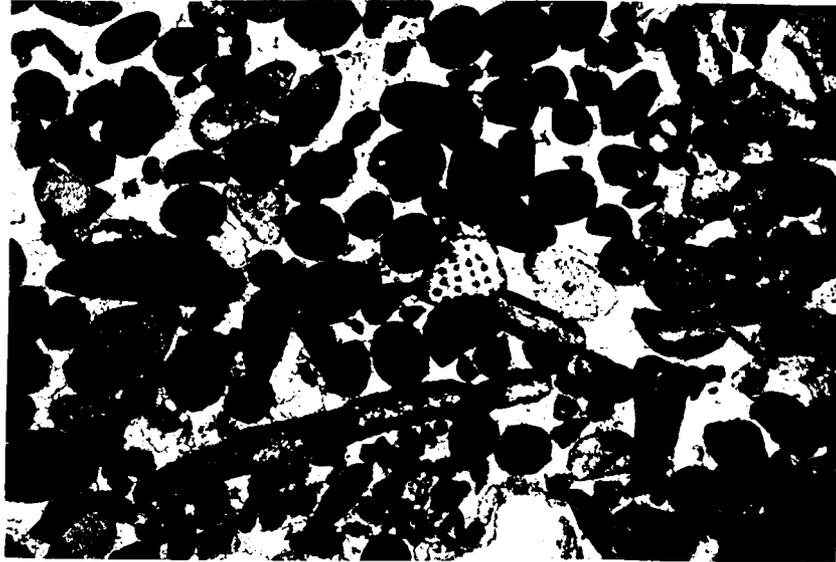
Fig. 2 : Affleurement de calcaires en dalles à proximité de la Trappe, le long de la faille F₂.

Fig. 3 : Radioles de Cidaris et Bryozoaires apparaissant en relief à la surface de la "Dalle nacrée"

Fig. 4 : Zeilleria digona

Fig. 5 : Pygurus cf. fungyformis

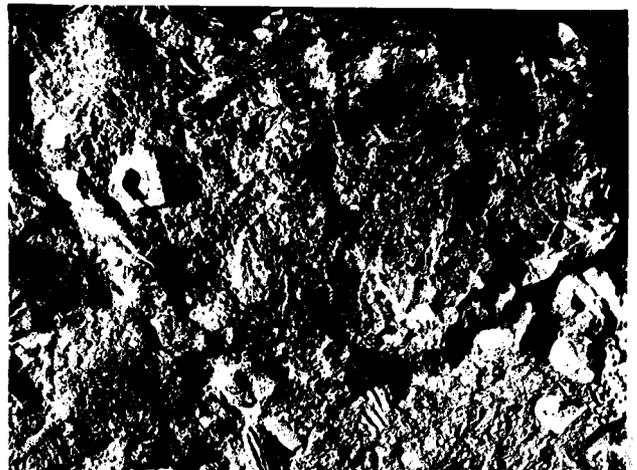
Fig. 6 : Rhynchonella sp.



1



2



3



4a



4b



5



6a



6b

PLANCHE V

CALLOVIEN

Fig. 1 : Microphotographie du calcaire marneux à oolithes ferrugineuses. Notons l'abondance de grains de silice et de débris de Lamellibranches.

Fig. 2 : Collotites sp.

Fig. 3 : Peltoceras sp.

Fig. 4 : Parapeltoceras sp.

Fig. 5 : Parapeltoceras sp.

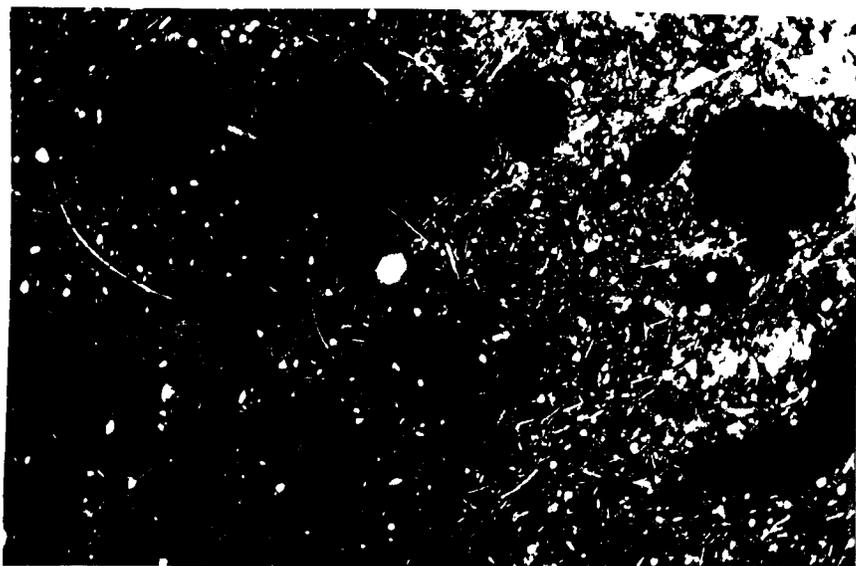
Fig. 6 : Reineckeia sp.

Fig. 7 : Peltoceras sp.

Fig. 8 : Collotites sp.



2



1



3



4



5a



5b



6a



6b



7



8

PLANCHE VI

ARGOVIEN

Fig. 1 : Affleurement de marno-calcaires et de marnes à la limite de l'Argovien inférieur et de l'Argovien moyen; l'altération en boules, observable dans les bancs inférieurs n'affecte pas les bancs plus massifs de l'Argovien moyen.

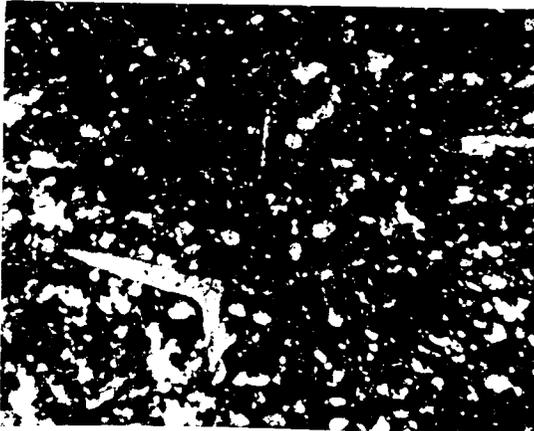
Fig. 2 : Microphotographie d'un échantillon de calcaire de l'Argovien inférieur (en sphérites) (X 50).

Fig. 3 : Vue au microscope d'une chaille (X 50); les spicules y sont plus nombreuses que dans les calcaires.

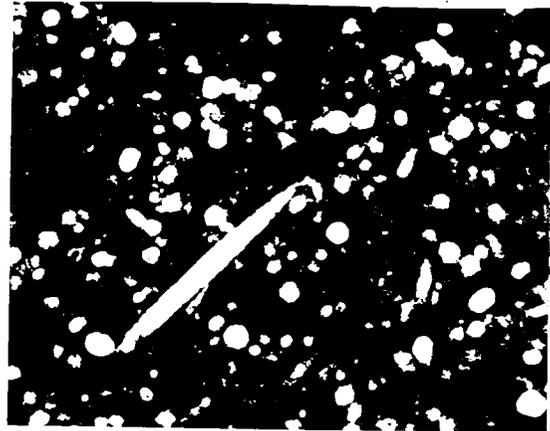
Fig. 4 : Calcaire à débris d'Echinodermes de l'Argovien supérieur (X 50)



1



2



3



4

PLANCHE VII

RAURACIEN

Fig.1: Vue panoramique de la falaise du Rauracien au Sud de Chassagne.

Fig.2: Affleurement du Rauracien inférieur à l'entrée du village de Fertans (x : 883; y : 235).

Fig.3: Microphotographie du calcaire oolithique du Rauracien inférieur (x 40)

1



2



3



PLANCHE VIII

RAURACIEN

Fig. 1 : Affleurement de "calcaire crinoïdique" à stratification entrecroisée à l'entrée de Fertans.

Fig. 2 : Microphotographie du même calcaire. Notons l'abondance de débris d'Oursins et l'importance de la place occupée par le ciment de calcite cristallisée.



1



2

PLANCHE IX

SEQUANIEN

Fig. 1 : Affleurement des calcaires graveleux en plaquettes du Séquanien inférieur. Noter la végétation typique des affleurements de ces sédiments marneux.

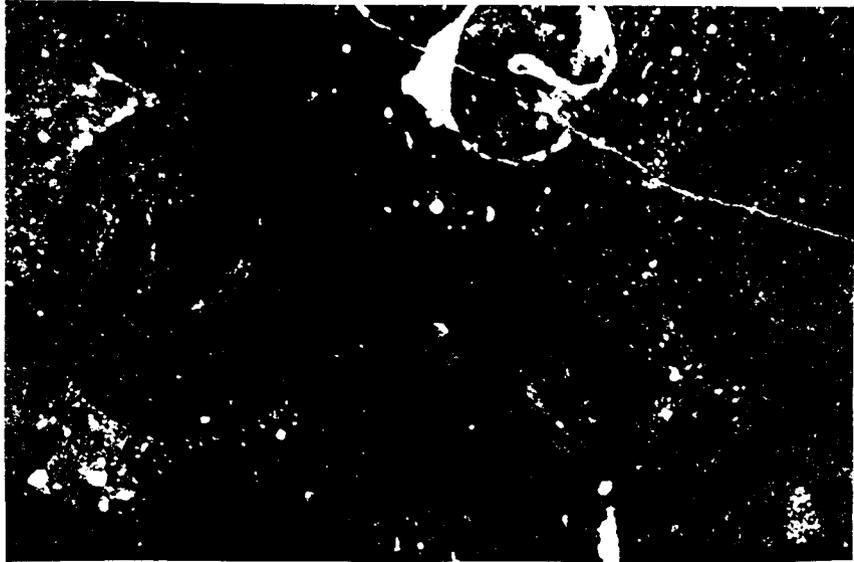
Fig. 2 : Microphotographie des calcaires oolithiques blancs à Gastéropodes (x 40)

Fig. 3 : "Brèche péricorallienne" du Séquanien supérieur (X 40)

1



2



3



PLANCHE X

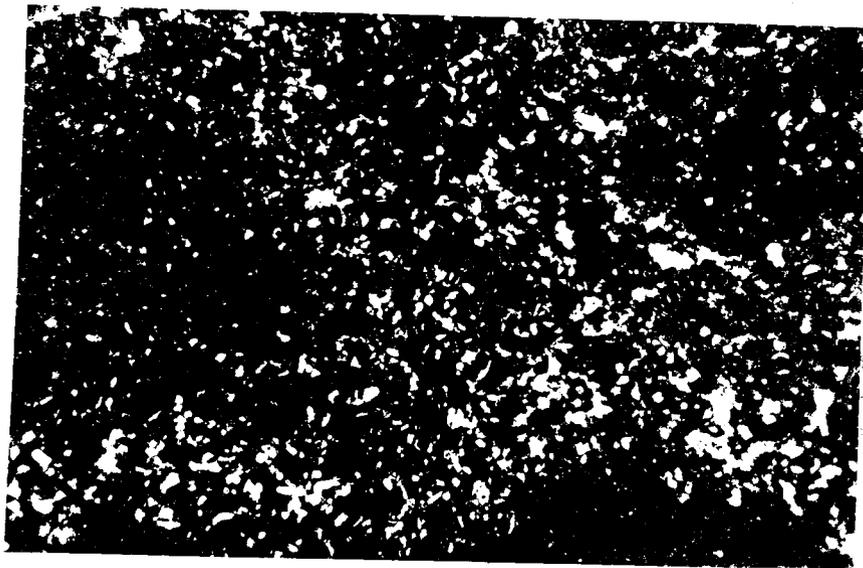
SEQUANIEN

Fig. 1 : Affleurement de calcaire du Séquanien supérieur.

Fig. 2 : Microphotographie du calcaire compact à grains de silice (X 50).



1



2

PLANCHE XI

Fig. 1 : Vue panoramique de la vallée de la Loue; à l'horizon se profilent les hauteurs situées à l'Est de Malbrans. Le "Rocher de Colonne" se détache nettement du monoclinal situé plus au Nord et incliné vers la vallée.

Fig. 2 : Escarpement de la faille F_1 à proximité de "la Trappe"

Fig. 3 : Vue panoramique de l'accident de Cléron (coupe de la vallée de la Loue)



2



1



3



- S O M M A I R E -

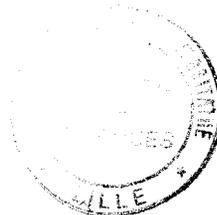
AVANT-PROPOS	
I - INTRODUCTION	3
II - STRATIGRAPHIE	4
A - GENERALITES	4
B - ETUDE DE LA SERIE CALCAIRE INFERIEURE	5
1) Le Bathonien inférieur	5
a) Aspect microscopique de la roche	6
b) Examen microscopique	6
c) Critères paléontologique	7
2) Le Bathonien moyen	8
a) Limites d'affleurements et morphologie ...	8
b) Nature des terrains à l'affleurement	10
c) Caractères généraux	10
d) Microfaciès	11
e) Critères paléontologiques	12
3) Le Bathonien supérieur	13
a) Extension et subdivisions	14
b) Description détaillée des différents niveaux	15
1) Les calcaires roux en dalles	15
Les Marnes	16
2) Le calcaire lumachellaire	17
3) Caractères distinctifs du Bathonien inférieur et du Bathonien supérieur ...	17
4) Conclusions relatives au Bathonien	18
C - ETUDE DE LA SERIE MARNEUSE INTERMEDIAIRE	18
I) La série callovo-oxfordienne	18
a) Le Callovien	18

b)	Les marnes oxfordiennes	24
1)	Conditions d'affleurement	24
2)	Stratigraphie.....	26
3)	Etude des marnes oxfordiennes	27
II)	La série argovienne	28
a)	Etude stratigraphique détaillée	29
1)	L'Argovien à prédominance marneuse	29
2)	L'Argovien à chailles	30
3)	L'Argovien supérieur	31
b)	Conclusion sur l'Argovien	32
D -	ETUDE DE LA SERIE SUPERIEURE CALCAIRE	32
I -	Le Rauracien	32
a)	Subdivisions lithologiques.....	33
1)	Le Rauracien inférieur	33
2)	Le Rauracien supérieur	35
b)	Conclusion	35
II -	Le Séquanien	36
a)	Le Séquanien inférieur	36
b)	Le Séquanien supérieur	38
III -	Conclusions relatives à la série supérieure..	39
E -	LES SEDIMENTS POST-SEQUANIENS	39
1)	Alluvions anciennes	40
2)	Alluvions récentes	41
III -	ETUDE TECTONIQUE	42
A -	SITUATION STRUCTURALE DE LA REGION ETUDIEE	42
B -	HISTORIQUE	43

C - ETUDE DES ACCIDENTS AU NORD-EST DE MALBRANS	44
1) Observations dans la région N-E de MALBRANS..	44
a) coupe XI	44
b) coupe X	46
c) coupe IX	47
d) les failles transversales	49
2) La faille de MAMIROLLE	51
a) Rejet	51
b) Tracé	52
c) Allure	52
3) L'Accident de la TUILERIE	54
a) Etude des trois failles f_1 , f_2 , f_3	54
b) Hypothèse sur l'accident de la Tuilerie ..	55
4) Conclusion sur la Région Nord-Est de MALBRANS	55
D - ETUDE DE L'ACCIDENT A L'OUEST DE MALBRANS	56
1) Observations dans la Vallée de la Loue	56
a) coupe V	56
b) coupe VI	57
2) Etude du prolongement de l'accident de CLERON vers l'Est	60
a) La faille F_1	60
Allure de la faille F_1	61
b) Les failles F_2 et F'_2	61
Allure de la faille F_2	63
3) Le prolongement de l'accident de CLERON vers le S-W	63
a) La faille F'_2	63
b) La faille F_2 au Sud de "la Gouleuse"	63
c) La faille F_1	65
Allure des failles F_1 et F_2	66

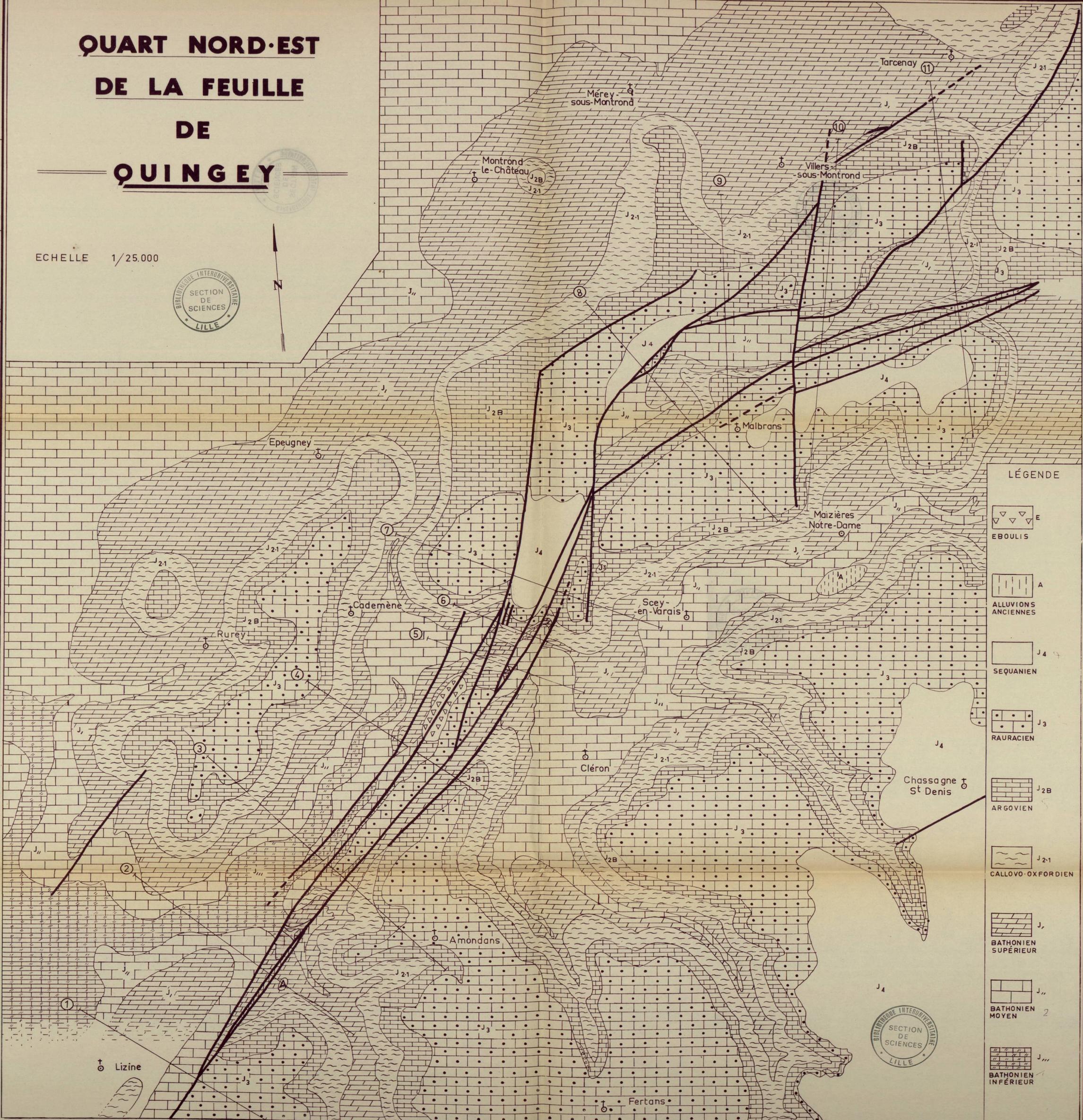
E - AGE DES PLISSEMENTS ET DES ACCIDENTS	67
I) Considérations géomorphologiques	68
II) Etude des accidents du secteur étudié dans le cadre d'ensemble de la région	73
1) à l'Est de Malbrans	73
2) à l'Ouest de Malbrans	76
III) Conclusion : évolution tectonique	78
BIBLIOGRAPHIE	80

-----oOo-----



QUART NORD-EST DE LA FEUILLE DE QUINGEY

ECHELLE 1/25.000



LÉGENDE

- EBOULIS
- ALLUVIONS ANCIENNES
- SEQUANIEN
- RAURACIEN
- ARGOVIEN
- CALLOVO-OXFORDIEN
- BATHONIEN SUPERIEUR
- BATHONIEN MOYEN
- BATHONIEN INFÉRIEUR



