

## CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE À 1/50 000

# LURE

par  
D. CONTINI



## LURE

La carte géologique à 1/50 000  
LURE est recouverte par les  
coupures suivantes de la Carte  
géologique de la France à 1/80 000 :  
au Nord : LURE (N° 100)  
au Sud : MONTBÉLIARD (N° 114)

Luxeuil-les-Bains	Giremagny	Thann
Vesoul	LURE	Belfort
Baume-les-Dames	Montbéliard	Delle

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,  
DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE  
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE,  
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE  
BRGM - SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - FRANCE



**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE  
LURE À 1/50 000**

*par*

**D. CONTINI**

*avec la collaboration de A. BOULLIER, D. MORIN*

**2000**

**Editions du BRGM  
Service géologique national**

**Références bibliographiques.** Toute référence en bibliographie à ce document doit être faite de la façon suivante :

- *pour la carte* : CONTINI D. (2000) - Carte géol. France (1/50 000), feuille **Lure** (443). Orléans : BRGM. Notice explicative par D. Contini et al(2000), 67 p.

- *pour la notice* : CONTINI D. (2000) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille **Lure** (443). Orléans : BRGM, 68 p. Carte géologique par D. Contini (2000).

© BRGM, 2000. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 2-7159-1443-1

## SOMMAIRE

	<i>Pages</i>
<b>RÉSUMÉ</b>	5
<b>ABSTRACT</b>	6
<b>INTRODUCTION</b>	9
<i>SITUATION GÉOGRAPHIQUE</i>	9
<i>CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL - PRÉSENTATION     DE LA CARTE</i>	9
<i>TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT     DE LA CARTE</i>	10
<b>DESCRIPTION DES TERRAINS</b>	11
<i>PALÉOZOÏQUE</i>	11
Dévonien	11
Dinantien : faciès Culm	13
Houiller	15
Permien	17
<i>MÉSOZOÏQUE</i>	20
Trias	20
Jurassique	25
<i>CÉNOZOÏQUE</i>	35
Formations tertiaires (Éocène)	35
Formations quaternaires et superficielles	36
<b>CONDITIONS DE FORMATION DES ENTITÉS GÉOLOGIQUES</b>	40
<i>FORMATIONS PALÉOZOÏQUES</i>	40
Socle gneissique	40
Dévonien	40
Dinantien	41
Houiller	42
Permien	42
<i>FORMATIONS MÉSOZOÏQUES</i>	43
Trias	43
Jurassique	46
<i>FORMATIONS CÉNOZOÏQUES</i>	50

<i>ÉVOLUTION TECTONO-MÉTAMORPHIQUE</i>	50
<i>SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE</i>	53
<i>GÉODYNAMIQUE RÉCENTE</i>	55
<i>GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT</i>	55
<i>OCCUPATION DU SOL</i>	55
<i>ÉLÉMENTS DE GÉOTECHNIQUE</i>	57
<i>RISQUES NATURELS</i>	57
<i>RESSOURCES EN EAU</i>	57
<i>SUBSTANCES UTILES, EXPLOITATIONS ET RESSOURCES</i> <i>MINIÈRES ACTUELLES ET ANCIENNES</i>	60
<i>DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE</i>	63
<i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>	63
<i>SITES CLASSÉS ET ITINÉRAIRES</i>	63
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	65
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	65

Fig. 1 - Situation géologique de la feuille Lure à 1/50 000 8

## **RÉSUMÉ**

La carte Lure couvre une région aux paysages variés.

Au Nord-Ouest, la plaine de l'Ognon, qui s'étend au Sud de Lure est couverte de prairies, mais ces dernières font place à la zone industrielle de Lure et aux gravières car la vallée renferme des sables et des graviers siliceux de bonne qualité, ainsi qu'une nappe aquifère.

Le quart nord-est est occupé par une zone déprimée, découpée par un réseau hydrographique ramifié et couvert de nombreux étangs. La couleur rouge lie-de-vin des terres est caractéristique des terrains permien.

Plus à l'Ouest, les terrains permien sont coiffés par les grès du Trias inférieur qui forment les reliefs couverts par de grandes forêts (Chérimont, Bois du May, Grand Bois, Bois Saint-Georges et Forêt des Granges). C'est sous les terrains du Trias et du Permien que se trouve le bassin houiller de Ronchamp qui a été exploité entre Ronchamp et Magny Danigon.

Les terrains les plus anciens de la région forment de petits horsts également boisés alignés suivant une direction NE-SW s'étendant de Belfort jusqu'au Sud de Courmont (massif du Salbert et massif de Chagey-Courmont).

Dans la partie sud-est de la carte de Belfort à Mélecey, les collines préjurassiennes montrent une morphologie plus complexe. Les couches de nature variée, dont l'âge s'étale du Trias inférieur au Jurassique supérieur, sont inclinées vers le Sud-Est et découpées par de nombreuses failles. On observe une succession de cuestas séparées par des dépressions marnées, du Nord au Sud : la cuesta des grès du Trias inférieur, la cuesta des calcaires du Trias moyen assez peu marquée, la cuesta infra-liasique, la cuesta médio-jurassique la plus résistante à l'érosion formant des reliefs boisés et enfin la cuesta des calcaires du Jurassique supérieur.

L'histoire géologique de la région se divise en trois grandes parties.

Une histoire ancienne paléozoïque dont on ne retrouve que des traces très partielles dans les massifs anciens qui sont des témoins de l'ancienne chaîne hercynienne. Les structures principales datent du Carbonifère inférieur ; les produits d'érosion des reliefs ainsi formés se sont accumulés dans le bassin houiller de Ronchamp et dans le bassin permien de Giromagny.

Une deuxième étape débute au Mésozoïque par la transgression de la mer sur la région, mer qui va déposer des sédiments variés : grès, marnes, sel, gypse et calcaires jusqu'à la fin du Jurassique.

La dernière étape est continentale, la région émerge et de ce fait est soumise à l'érosion. Des contraintes vont donner naissance à des failles et rajeunir les reliefs. C'est pendant les dernières centaines de milliers d'années que se met en place le réseau hydrographique actuel et que les glaciers occupent la partie nord de la carte.

### ***ABSTRACT***

The Lure map area covers a region of varied landscapes. In the northwest the Ognon plain, extending to the south of Lure, is covered with grassland ; this gives way to the Lure industrial zone and also to gravel pits as the valley contains good-quality silica sands and gravel as well as a groundwater resource.

The northeastern sector is a depressed zone cut by a branched drainage system and containing abundant ponds. The dark wine-red colour of the earth is typical of the Permian terrane.

Farther to the west, the Permian is capped by Lower Triassic sandstone, which forms a relief covered by large forests (Chérimont, Bois du May, Grand Bois, Bois Saint-Georges and Forêt des Granges). Beneath the Permian and Triassic terranes lies the Ronchamp coalfield, which was worked between Ronchamp and Magny Danigon.

The region's oldest rocks form small wooded horsts aligned in a NE-SW direction from Belfort to the south of Courmont (Salbert and Chagey-Courmont massifs).

In the southeastern sector of the map area, from Belfort to Mélecey, the pre-Jurassic hills show a more complex morphology. The strata, of a varied nature and with ages ranging from Early Triassic to Late Jurassic, dip to the southeast and are cut by numerous faults. The sector contains a series of cuestas separated by marl basins ; from north to south these are the Lower Triassic sandstone cuesta, the little marked Middle Triassic limestone cuesta, the infra-Lias cuesta, the Middle Jurassic cuesta, which is the most resistant to erosion and forms wooded hills, and lastly the Upper Jurassic limestone cuesta.

The geological history of the region can be divided into three major stages.

An ancient Palaeozoic stage of which only rare traces can be found in the oldest massifs that represent reliefs of the Hercynian belt. The main structures date from the Early Carboniferous with the erosional products of the relief accumulating in the Ronchamp coalfield and the Permian Giromagny basin.

A second stage began in the Mesozoic with a regional marine transgression leading to the deposition of varied sediments (sandstone, marl, salt, gypsum and limestone). This continued until the end of the Jurassic.

The last stage was continental. The region emerged and was subjected to erosion, as well as to stress-related faulting that rejuvenated the relief. It was during the last few hundreds of thousands of years that the present drainage pattern was established and that glaciers covered the northern part of the map area.



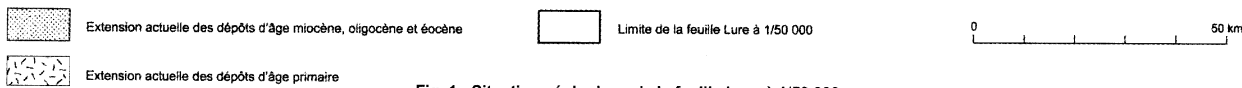
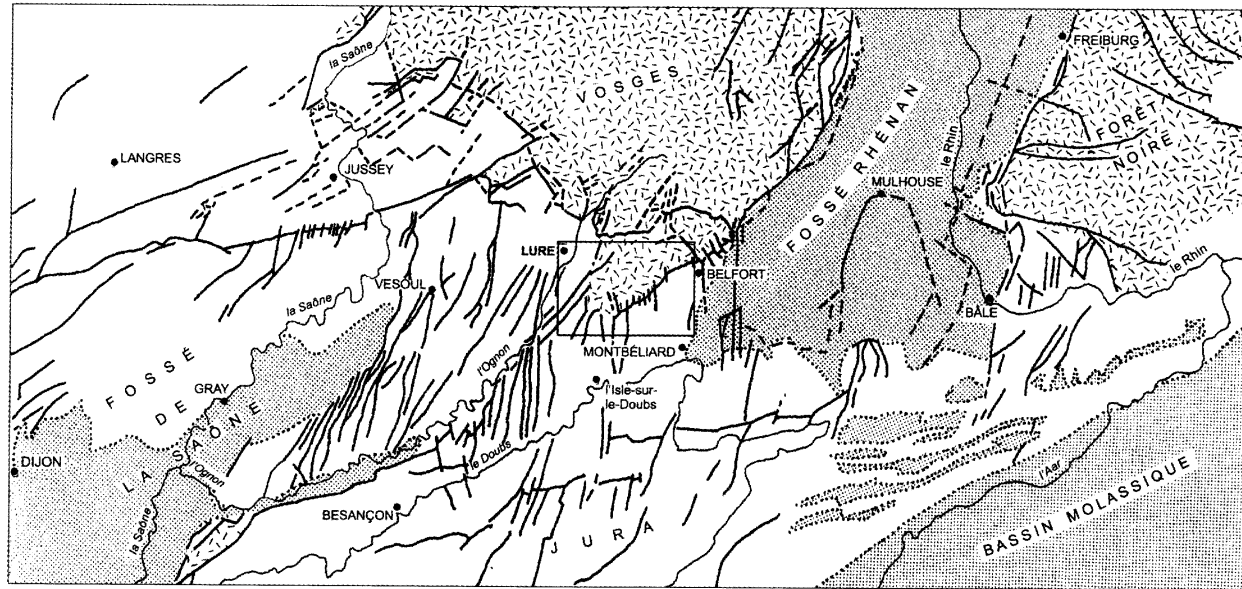


Fig. 1 - Situation géologique de la feuille Lure à 1/50 000

## INTRODUCTION

### SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La feuille Lure à 1/50 000 couvre une région située entre les Massifs vosgiens et jurassiens à la limite des départements du Doubs, de la Haute-Saône et du Territoire de Belfort (fig. 1).

La feuille Lure située en bordure méridionale des Vosges, intéresse une partie du bassin permien de Giromagny, les massifs primaires de Chagey et de l'Arsot et une partie des collines préjurassiennes. Les terrains rencontrés sont variés puisqu'ils s'étalent du Dévonien au Quaternaire. C'est une région tabulaire très faillée car située sur la zone cisailante reliant le fossé de la Saône au Fossé rhénan.

Elle est drainée au Nord-Ouest par l'Ognon et ses affluents le Rahin et le Rognon et à l'Est par la Lizaine et la Savoureuse.

Elle s'étend donc depuis la région de Lure à l'Ouest jusqu'à Belfort à l'Est.

Le relief est varié :

- à l'Ouest on trouve une région aplanie par l'Ognon et ses affluents qui ont laissé d'importants placages alluviaux,
- au Nord-Est une région mamelonnée découpée par un réseau hydrographique superficiel important. C'est là que sont situés les points les plus élevés avec le Salbert qui culmine à 630 m et le Chérimont à 591 m,
- au Sud la carte comprend des reliefs contrastés dominés par une ligne de collines orientée NE-SW s'étendant de Belfort à Marvelise.

C'est une région très boisée, les forêts couvrant les terrains gréseux d'âge paléozoïque et triasique, ainsi que les plateaux calcaires du Jurassique ; les terrains marneux sont au contraire cultivés ou laissés en prairie.

### CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL - PRÉSENTATION DE LA CARTE

Dans cette région intermédiaire entre les Vosges et le Jura affleurent des terrains d'âges et de natures très variés, allant du Dévonien au Quaternaire.

On distingue les unités structurales suivantes :

- **les contreforts des Vosges** n'apparaissent qu'à la limite septentrionale de la carte, à l'Est de Champagny. Ce sont des séries volcano-sédimentaires d'âge dinantien,

- **le bassin permien de Ronchamp-Giromagny**, limité par des failles, est partiellement masqué dans sa partie ouest par la couverture triasique. Le Permien recouvre en discordance le Houiller de Ronchamp qui n'est connu qu'en sondages,

- **le horst sud-vosgien** qui comprend de l'Est vers l'Ouest :

- le massif du Salbert et le massif de Chagey-Courmont où affleurent des terrains dévono-dinantiens,

- le horst de Mignafans en Trias inférieur et qui se poursuit sur les feuilles voisines par le horst de Villersexel et par le petit horst de Chazelot en Muschelkalk,

- **les collines préjurassiennes** : zone où les couches inclinées vers le S SE forment de belles cuestas séparées par des zones déprimées. Les terrains variés vont du Keuper au Jurassique supérieur.

Les quatre unités précédentes orientées NE-SW sont recoupées par des structures N-S :

- le **fossé de l'Ognon** à l'Ouest bordé par la faille de Moffans-La Côte et au Nord de la carte par les failles du mont de Vannes. Les terrains secondaires abaissés dans ce fossé sont en grande partie masqués par les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires de la vallée de l'Ognon ;

- le **golfe de Montbéliard** au Sud-Est, petit diverticule du Fossé rhénan où affleurent des terrains tertiaires.

#### *TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE*

Les éditions de la feuille Lure à 1/80 000 ont été publiées en 1911 (1<sup>re</sup> édition : Michel-Lévy et Velain), 1940 (2<sup>e</sup> édition : Cousin et Michel-Lévy) et 1965 (3<sup>e</sup> édition : Théobald).

La première édition de la feuille Lure à 1/50 000 a été publiée en 1967 (Théobald et al).

La révision pour la deuxième édition a porté essentiellement sur :

- les terrains primaires : les massifs dévono-dinantiens étudiés par M. Dressler, ont été revus par l'auteur ; le bassin permien a été dessiné d'après les travaux de J. Creuzot ;

- certains secteurs des collines préjurassiennes (région de Géorfans et tout le secteur situé à l'Est d'Arcey) ;

- les formations superficielles.

**Remarque** : les affleurements sont actuellement moins nombreux qu'à l'époque du lever de la première édition, car maintes carrières ont disparu.

## DESCRIPTION DES TERRAINS

### PALÉOZOÏQUE

#### Dévonien

##### d6C. Calcaires de Chagey (Frasnien) : calcaires fins parfois recristallisés.

L'affleurement le plus important est une ancienne carrière ouverte à 2,2 km au Nord de l'église de Chagey, en bordure ouest de la route reliant Chagey à Chenebier, qui est actuellement envahie par la végétation et en partie comblée.

Ce sont des calcaires à pâte fine, de couleur gris-bleu, recristallisés par endroits. Ces calcaires ayant livré *Calceola sandalina* ont été rapprochés des Calcaires de Russ de la vallée de la Bruche.

La mauvaise qualité et la rareté des affleurements n'ont pas permis d'effectuer une étude détaillée de cette formation. Les Calcaires de Chagey ont cependant livré une faune de conodontes du Frasnien (Dressler, 1989). Ils sont très facturés, car situés au contact d'un accident chevauchant important. Ces calcaires se sont déposés dans un domaine épicontinental relativement calme.

d7C. « Schistes troués » de Chagey (Famennien) : pélites micacées jaune verdâtre. Ils surmontent les Calcaires de Chagey et n'affleurent que dans des chemins forestiers. Ce sont des pélites jaune verdâtre, micacées, à nodules carbonatés renfermant des empreintes de brachiopodes, des restes d'échinodermes, des lamellibranches et des trilobites.

Les fossiles sont la plupart du temps dissous et on ne retrouve que des moules externes vides, d'où le nom de « Schistes troués » donné à cette formation.

Les mauvaises conditions d'affleurement et la tectonique ne permettent pas d'estimer l'épaisseur de la formation. Il est d'ailleurs difficile de dire si les sédiments qui la recouvrent sont en contact discordant ou en contact tectonique.

La faune récoltée a un cachet famennien (Asselberghs, 1926) : *Phacops laevis*, *Orthoceras* sp., *Spirifer hystericus*, *Spirifer verneuilli*, *Orthis michellini*.

La faune montre que ce sont des sédiments de plate-forme épicontinentale et de mer ouverte.

d7s. Schistes du Salbert (Dévonien supérieur) : épaisse série gréseuse et pélitique. Cette formation non datée qui forme le massif du

Salbert vers Belfort ne renferme pas de roches volcaniques, mais des faciès sédimentaires variés :

- séries grossières résistant à l'érosion, riches en grès ;
- séries pélitiques ou argileuses rougeâtres ou noirâtres, dans lesquelles aucun fossile n'a été récolté.

Les Schistes du Salbert témoignent d'une sédimentation détritique et renferment, par endroits, des séquences flyschoïdes granoclassées.

Ils sont fortement tectonisés, affectés d'une schistosité et de nombreux replis. Bien que certains faciès soient très proches, ils ont été séparés de la série flyschoïde du Bois de la Gigoutte qui elle n'est pas affectée par une schistosité.

D'après R. Maass (1988) et J.L. Schneider (1990), le bassin dévonien comprend dans sa partie sud une plate-forme carbonatée peu profonde au Frasnien, qui s'approfondit au Famennien et où se déposent les « Schistes troués » de Chagey qui, vers le Nord, passeraient aux Schistes du Salbert et plus au Nord encore aux Schistes du Treh.

Étant donné la proximité des deux affleurements (massif de Chagey et massif du Salbert) et la différence importante de faciès, il est plus logique de penser que les « Schistes troués » de Chagey et les Schistes du Salbert ne sont pas contemporains, mais se succèdent dans le temps.

Ils ont été rangés au sommet du Famennien parce qu'ils sont affectés par une schistosité qui témoigne de l'influence d'une phase de compression tardi-dévonienne.

**d-h. Série flyschoïde du Bois de la Gigoutte (Dévono-Dinantien)-(1) bancs conglomératiques.** Cette série est constituée de conglomérats, grès et pélites.

Au-dessus des « Schistes troués » de Chagey on trouve une épaisse série de sédiments détritiques débutant par des conglomérats et formée de séquences flyschoïdes.

Ils forment toute la partie septentrionale du massif de Chagey et en particulier le substratum du Bois de la Gigoutte.

Les conglomérats renferment des galets carbonatés provenant du démantèlement de la plate-forme frasnienne de Chagey (Schneider, 1990), mais également des roches métamorphiques inconnues à l'affleurement dans la région.

Les faciès varient depuis des poudingues jusqu'à des silts très fins et ils s'organisent en séquences de type flysch.

L'épaisseur importante de la série montre que l'on se trouve non seulement en bordure d'une pente sous-marine, mais également dans un bassin subsident.

D'après le dessin cartographique réalisé à partir des affleurements on peut penser que cette formation est discordante sur les Calcaires et les « Schistes troués » de Chagey, mais la mauvaise qualité des affleurements ne permet pas de trancher entre un contact discordant ou un contact tectonique.

Bien qu'ayant des affinités lithologiques avec les Schistes d'Étueffont et avec les Schistes du Salbert de la région de Belfort, ils en diffèrent par l'abondance des bancs conglomératiques et par l'absence de schistosité.

La série flyschoïde du Bois de la Gigoutte possède des ressemblances avec la série du Markstein (sédimentation de type flysch et absence de volcanisme). C'est pourquoi elle est placée à l'extrême sommet du Dévonien.

Un bassin sédimentaire d'origine tectonique s'individualise au Sud des Vosges et c'est sur la bordure sud de ce bassin que se dépose la série du Bois de la Gigoutte. C'est une série détritique alimentée par l'érosion de la plate-forme carbonatée de Chagey et du substratum métamorphique plus ancien qui n'affleure plus actuellement (Schneider, 1990).

### **Dinantien : faciès Culm**

**h2P. Série volcano-sédimentaire de Plancher-Bas (Viséen inférieur) pélites, arkoses, grauwackes.** La limite Dévonien-Carbonifère étant en contact faillé dans le massif de Chagey, le Tournaisien est inconnu.

La série de Plancher-Bas n'affleure qu'à l'extrême Nord de la feuille Lure, à l'Est du bassin de Champagne ; mais plus au Nord elle forme le substratum de la région située entre le mont de Vannes et la Chapelle-sous-Chaux (voir feuille Giromagny). Elle est constituée de pélites noires litées, d'arkoses, de grès, de grauwackes traversés par des intercalations volcaniques : tufs, coulées de spilites et de kératophyres.

C'est une période à sédimentation marine associée à un volcanisme sous-marin.

h2C. **Série volcano-sédimentaire de Courmont-Chagey (Viséen supérieur) : grauwackes, tuffites, basalte, andésites, dacites, rhyolites, microgranites.** Cet ensemble complexe non daté a été placé, suivant les auteurs, dans le Dévono-Dinantien (Théobald et *al*, 1967), dans le Dinantien (Creuzot, 1983) ou partiellement dans le Dévonien et partiellement dans le Permien (Dressler, 1989).

Il est formé de trois grands ensembles dont les deux premiers peuvent être contemporains :

- **Premier ensemble : /es andésites de Chagey et de Courmont** (h2Cp). Ce sont des laves massives, parfois bréchiques, qui forment des massifs importants au Nord de Chagey (Bois du Prosey, Bois de la Perchelle) et au Ssud de Courmont.

- **Deuxième ensemble : le matériel volcano-sédimentaire.** Ce sont des grauwackes, siltites, tuffites granoclassées, qui s'organisent parfois en séquences turbiditiques mises en place dans un environnement aquatique littoral avec des coulées interstratifiées d'andésites et de dacites.

Ces deux premiers ensembles renferment des roches volcaniques calco-alcalines.

Rangés dans le Dévonien par M. Dressler, nous pensons plutôt que le volcanisme rappelle le volcanisme andésitique de la série de Thann qui est contemporain de la mise en place du granite des Ballons et de la phase de plissement qui entraîne l'émersion de la région.

- **Troisième ensemble** : il comprend d'importants **massifs de rhyolites** (h2Cp) **associées à des microgranites** (h2Cμγ) au Sud des Basses Valettes (La Voie Rouge, le Grand Bois, la Raie du Cul).

Ces formations recoupent les précédentes ; elles ont été rangées dans le Permien (Théobald et *al*, 1967 ; Dressler, 1989). Elles rappellent cependant le volcanisme du premier ensemble de la série de Giromagny.

C'est pourquoi nous avons regroupé ces trois ensembles dans le Viséen supérieur en les plaçant en équivalence de la série moyenne et du premier ensemble de la série supérieure de J.L. Schneider (1990) (séries de Thann et de Giromagny définies sur la feuille Thann).

Sur les feuilles Giromagny et Thann, les plis E-W sont déversés vers le Sud ; il en est de même dans une partie du massif du Salbert. Dans le massif de Chagey, la série volcano-sédimentaire de Courmont-Chagey est chevauchée par la série dévonienne affleurant dans la partie nord-est du massif ; les structures sont également à vergence sud. Ce chevauchement a ensuite été recoupé par des cisaillements N20° senestres.

## Volcanites viséennes du massif de Chagey

### • Les « *Roches vertes* »

On range sous ce vocable toute une série de roches de nature calco-alcaline. Ce sont d'importantes intrusions et coulées de composition variable, mais la plupart du temps de nature andésitique qui se sont mises en place dans des matériaux volcano-sédimentaires : des tuffites granoclassées formées d'après M. Dressler (1989) dans un environnement subaquatique turbiditique :

$h_2\text{C}\beta$  : basalte andésitique ;

$h_2\text{C}\rho\alpha$  : dacites à texture fluidale à quartz libre dont les coulées sont associées à des pyroclastites et des tuffites granoclassées ;

$h_2\text{C}\alpha$ : andésites en intrusions massives ou en coulées : ce sont des laves vacuolaires ou bréchiques qui forment le substratum des Bois de la Gigoutte, du Prosey, de la Perchelle et d'Apremont ; elles sont exploitées dans la carrière de Courmont.

Dans une pâte fine à structure microlitique on trouve des phénocristaux de plagioclases plus ou moins altérés et des pyroxènes.

Les données géochimiques indiquent que ces volcanites font partie d'une série calco-alcaline.

### • Les *rhyolites*

$h_2\text{C}\rho$ . Les rhyolites se présentent soit en intrusions soit sous forme d'ignimbrites soudées ou de tufs cendreaux. Généralement de texture microlitique elles peuvent passer à une texture de microgranite au Sud des Hautes Valettes.

Au Sud de Courmont elles forment le substratum du Bois de Beauvillard, du Bois du Triage et du Grand Bois.

La pâte de couleur rosâtre englobe des phénocristaux de quartz et de feldspath parfois corrodés ou altérés. Près des Hautes Valettes et dans le Bois du triage, la structure est sphérolitique.

## Houiller

**h5. Stéphanien. Les terrains houillers du bassin de Ronchamp n'affleurent pratiquement pas sur la feuille Lure** où ils ont été rencontrés dans de nombreux sondages. Deux petits affleurements ont été interprétés comme Houiller : au-lieu-dit « La Revenue » ( $x = 928,6$  ;  $y = 302,10$ ), au Nord du massif de Chagey et au Bois de la Ture ( $x = 928,05$  ;  $y = 300,72$ ).



## Extension

Le Houiller affleure au Nord de Ronchamp, mais il ne s'est pas déposé au mont de Vannes où le Trias repose directement sur le Dinantien. Vers l'Ouest, le Houiller a été reconnu en sondage jusque dans la région de Lure ; vers le Sud, il a été suivi sous le Permien du bassin de Giromagny jusqu'en bordure du massif de Chagey ; vers l'Est, il affleure également vers Belfort au Sud du massif de l'Arsot.

## Stratigraphie

Dans le Houiller, discordant sur le Dinantien, on distingue deux assises :

• **l'assise de la Mourière** = étage « talqueux » (75 à 125 m) qui comprend

de bas en haut : un conglomérat à gros galets, des grès arkosiques, des silts, des schistes et des niveaux de cinérites et de tufs volcaniques. Elle renferme cinq couches de houille dans la région de Mourière et à Froideterre. Son épaisseur maximale atteint 75 m, mais elle disparaît totalement dans la partie est du bassin de Ronchamp. Les pollens indiquent un âge westphalien D à stéphanien A.

• **l'assise de Ronchamp** formée de sédiments détritiques (conglomérats, grès, silts) a une épaisseur de 150 m et renferme trois couches de houille qui étaient les plus productrices du bassin. Vers le Sud, les veines s'aminçissent à partir de Chenois et se dispersent en minces filets charbonneux (queue de cheval) dans des schistes bitumineux.

La flore donne un âge stéphanien moyen ; elle comprend :

- de nombreuses feuilles de fougères : *Pecopteris polymorpha*, *Odontopteris reichii*, *Aletopteris grandini*, *Neuropteris cordata*, *Callipteris pteridium* ;
- des restes d'équisétacées : *Calamites undulatus*, *Sphenophyllum oblonguifolium*, *Annularia stellata* ;
- des lépidophytes : *Lepidodendron obovatum* ;
- des cordaïtes.

Des argilolites rouges et vertes marquent le passage entre Stéphanien et Permien ; G. Mathieu (1947) y a trouvé une flore du Stéphanien et J. Doubinger leur attribue à partir des pollens un âge stéphanien terminal à autunien basai (Creuzot, 1983).

## Milieu de sédimentation

Les restes de poissons d'eau douce (*Amblypterus*) indiquent un milieu aquatique d'eau douce ; le mur des veines de houille ne renferme pas de *Stigmaria* ; les végétaux fossiles sont abondants et bien conservés dans la

partie nord du bassin, mais ils sont plus rares et moins bien conservés au Sud. Les végétaux ont été transportés et ont subi un tri avant leur dépôt.

## Structure

Le bassin houiller de Ronchamp est ondulé en un vaste « synclinorium » à l'intérieur duquel on peut distinguer trois axes « anticlinaux » qui sont en réalité des horsts : les « horsts-anticlinaux » du puits Saint-Paul, de Belverne et des Massifs du Belfortais, ce dernier bombement ne forme pas la limite sud du bassin houiller car le Houiller existe encore au Sud de l'Arsoit.

L'épaisseur du Houiller augmente du Nord (35 m) vers le Sud (244 m au sondage de la Pissotte) et d'Est (0 m à Champagny) en Ouest (113 m au puits du Magny).

Le Houiller est discordant sur le Dinantien qui est très redressé aussi bien au mont de Vannes que dans le massif de Chagey et il est recouvert lui-même en discordance par le Permien tabulaire.

L'exploitation de la houille a débuté au Nord, puis s'est déplacée vers le Sud. Le puits Arthur foncé en 1907-1908 a atteint le Stéphanien sous 700 m de morts-terrains. Au Sud, les sondages de Lomont ont recoupé le Houiller entre 1000 et 1100 m de profondeur. Une faille sépare le bassin houiller du massif de Chagey.

Le Houiller est affecté de structures qui ne touchent pas le Permien. Il a donc été affecté par des mouvements anté-permiens, qui ont pu débiter dès le Stéphanien.

## Permien

Le Permien de la feuille Lure fait partie du bassin de Giromagny qui couvre au Sud des Vosges une superficie de 250 km<sup>2</sup>. Le Permien est particulièrement épais vers le Sud ; les sondages en ont traversé 900 m à Courmont et 947 m à Lomont.

Dans le bassin permien de Giromagny, G Creuzot (1983) distingue six unités stratigraphiques.

**rA. Cône de déjection : conglomérats, grès et argilites** (60 m). Il est situé au Nord-Ouest de Ronchamp. Cette unité affleure peu, on la rencontre autour du massif de la Chaillée et du massif de Chagey. Dans le Nord, le contact avec le socle est presque toujours tectonique.

À la sortie nord-est de Chagey, une quinzaine de mètres de grès conglomératiques renferment des éléments de socle (allant de schistes verts

à des granites) et des éléments d'origine volcanique (rhyolites) reliés entre eux par un ciment siliceux parfois ferrugineux.

En sondage, cette unité débute le plus souvent par des conglomérats ou des grès grossiers à éléments mal classés ; vers le sommet, les faciès silteux et pélitiques prédominent, alternant avec des niveaux plus grossiers et des niveaux volcano-sédimentaires (cinérites, tufs) peu épais.

**rB. Silts et pélites rouges** (250 à 450 m). Ces silts et pélites rouges renferment quelques bancs et quelques nodules calcaires.

Très argileuse et très épaisse, cette unité affleure largement et donne une morphologie fortement éoussée dans la région de Frahier et Châtebier.

En sondages, l'unité est composée essentiellement de silts et de pélites rouges avec quelques bancs de grès interstratifiés. Elle est caractérisée par la présence de carbonates.

**rC. Grès et conglomérats** (50 à 100 m). Ces grès mal classés, parfois conglomératiques présentent des intercalations silto-pélitiques. Cette unité affleure aux environs de Champagny. Dans les conglomérats, les éléments, anguleux ou éoussés, sont des galets de roches volcaniques, de roches détritiques et de granites.

**rD. Grès conglomératiques feldspathiques** (jusqu'à 200 m). Cette formation débute par un niveau très grossier qui affleure vers le Ban de Champagny et vers Belverne. Les conglomérats renferment des éléments anguleux ou subarrondis dont la taille peut atteindre jusqu'à 15 cm. Ce sont des galets de roches volcaniques, de grès permien remaniés et de granites.

**rE. Silts et pélites rouges** (150 à 200 m). L'épaisseur, faible au Nord, augmente rapidement vers le Sud. Cette unité très argileuse forme les pentes du Chérimont, du Château d'Etobon et affleure jusqu'à Courmont et Saulnot. Elle a été traversée sur 156 m au Puits Arthur de Buyer et sur 201 m au sondage de Lomont.

**rE-F. Silts et pélites rouges et grès** (0 à 40 m). L'unité sommitale dans laquelle les faciès gréseux dominant fait souvent défaut. C'est la raison pour laquelle elle a été regroupée sous la notation rE-F. Cette unité atteindrait 39 m dans le sondage du Puits A. de Buyer et 37,5 m dans celui de Lomont.

Le Permien s'est déposé sous un climat tropical avec alternance de saisons sèches et de saisons humides. Au Permien, les paléocourants sont orientés du Nord vers le Sud. La destruction des massifs hercyniens induit une sédimentation détritique fluvio-lacustre qui s'accumule dans un bassin

de piedmont. La limite nord faillée du bassin est à peu près conservée même si certaines failles ont joué postérieurement. Au Sud, les massifs du Salbert et de Chagey formaient une ride qui, par endroits, n'a été recouverte que par l'unité rE.

Le volcanisme permien est important autour du massif de Chagey, comme en témoignent les nombreux éléments volcaniques parfois anguleux dans les conglomérats permien.

### **Volcanites permiennes**

De minces couches volcano-sédimentaires sont interstratifiées dans les sédiments permien et de nombreux galets de roches volcaniques acides se trouvent dans les conglomérats. Mais dans les sondages de Courmont et de Belverne les grès et argiles verdâtres permien sont surmontés par une forte épaisseur de roches volcaniques (500 m à Courmont et 300 m à Belverne).

Ces formations volcaniques forment un demi-cône accolé au horst de Chagey. Il n'y en a plus dans le sondage de Lomont.

### **Cinérites**

Plusieurs niveaux de cinérites, peu épais, sont visibles dans les formations rA et rB.

Ils affleurent à l'intérieur du bassin de Champagne (visibles en période de basses eaux) et aux Granges Goday à l'Est de ce bassin.

Dans une carrière ouverte au Bois de la Ture ( $x = 927,65$  ;  $y = 300,85$ ) de gros blocs éboulés montrent des niveaux cinéritiques fins, blanchâtres dont l'épaisseur maximale atteint 10 cm.

### **rp. Rhyolites (volcanites permiennes)**

- **Volcanite du Bois de la Tête Pelée** : en limite nord-est du massif de Chagey, elle forme le sommet de la Tête Pelée ( $x = 930,33$  ;  $y = 301,91$ ). La pâte renferme des phénocristaux millimétriques de quartz et de feldspaths et quelques paillettes de biotite.

- **Rhyolite du Bois d'Apremont** : ( $x = 928,60$  ;  $y = 299,85$ ). C'est une roche dure, rougeâtre à petits phénocristaux blanchâtres de quartz, sanidine et oligoclase automorphes. La pâte microcristalline est pigmentée en rouge avec des structures sphérolitiques.

- **Rhyolite du Bois des Creux** : ( $x = 926,24$  ;  $y = 299,20$ ). Elle renferme des cristaux de quartz corrodés noyés dans une pâte microcristalline. Elle est interprétée comme une ignimbrite-lave dévitrifiée (Creusot, 1983).

## MÉSOZOÏQUE

### Trias

t2A. Grès de l'Arsot, Conglomérat principal et Zone-limite violette (Induen-Olénekien) : grès grossiers à niveaux conglomératiques (15 à 20 m).

- **Les grès grossiers** sont souvent mal cimentés avec des niveaux à galets éolisés.

La partie inférieure des grès du Trias est formée de 12 à 17 m de grès grossiers, très mal cimentés (certains niveaux très friables ont été exploités comme sable au Nord de Saulnot) et renferment des couches riches en galets de quartzites. Ils sont coiffés d'un banc conglomératique discontinu, bien cimenté sur quelques mètres d'épaisseur, interprété comme l'équivalent du « Conglomérat principal » bien individualisé plus au Nord.

Les grès de l'Arsot renferment des niveaux noirs et violacés riches en manganèse témoins d'une ancienne pédogenèse et des niveaux à galets éolisés. À l'intérieur des corps sédimentaires lenticulaires, le litage est fortement oblique : c'est une sédimentation de chenaux fluviaux. Leur épaisseur de 17 m à Lomont diminue vers le Nord de la carte (12 m) et plus au Nord encore, au Mont de Vannes, ils disparaissent. Les Grès de l'Arsot, friables, forment un bon aquifère car ils reposent souvent sur des terrains permien imperméables.

- **Le conglomérat** est un niveau bien cimenté dont l'épaisseur varie de 0 à 4 m ; il est bien individualisé dans la partie nord entre Ronchamp et Magny Danigon où il renferme des galets de grande taille, certains atteignant 18 cm dans la région de Recologne. La taille des galets diminue du Nord au Sud. Le conglomérat forme un petit ressaut dans la morphologie et on trouve souvent des blocs éboulés de conglomérat sur les pentes du Permien.

- **La Zone-limite violette**, niveau plus argileux, riche en manganèse et renfermant des petits bancs dolomitiques, surmonte les couches précédentes. Des traces de racines témoignent d'anciens sols. Ce niveau-repère forme le sommet du Buntsandstein moyen sur la feuille Lure.

### Conditions de mise en place

La première séquence du Trias comprend :

- les Grès de l'Arsot, dépôts de chenaux fluviaux à litage oblique qui indiquent une direction des courants vers l'ENE (Durand, 1978) ;
- le conglomérat principal réduit forme de très vastes lentilles avec des directions de courant allant du Nord vers le Sud : il semble que le bassin

permien formait déjà à l'époque une zone déprimée par rapport aux terrains viséens affleurant plus au Nord et jouait le rôle de drain.

Ces dépôts proviennent d'une rivière à « chenaux en tresses » ; entre les chenaux, les surfaces émergées sont affectées par l'érosion éolienne (Durand, 1978) ;

- un paléosol : la « Zone-limite violette », témoin d'une lacune, termine cette séquence.

**t2. Couches intermédiaires (Olénékien) : grès grossiers avec quelques galets** (20 à 25 m). Ces grès de couleur grise à rougeâtre avec des taches ou des niveaux violacés, présentent parfois un aspect caverneux.

À la base, un niveau de grès grossiers à petits galets a été observé vers Granges-la-Ville. La partie moyenne plus friable est légèrement micacée. Ce niveau affleure mal ; il est généralement couvert de forêts ou d'éboulis de Grès à *Voltzia*. La limite inférieure est parfois soulignée dans le paysage par un petit niveau de sources qui se forment au-dessus de la Zone-limite violette.

Dans les Grès intermédiaires, les corps sédimentaires forment de très vastes lentilles à litage oblique tabulaire. Après l'arrêt de sédimentation généralisé marqué par la Zone-limite violette, un rajonissement du relief des provinces nourricières provoque une reprise de sédimentation dans la partie aval du réseau fluvial.

**t2GV. Grès à *Voltzia* (Olénékien) : grès fins micacés** (10 à 15 m). De nombreuses carrières étaient ouvertes dans cette formation sur le territoire de la feuille Lure, mais elles sont toutes abandonnées, parfois remblayées ou fermées comme celles de Granges-la-Ville. Elles ont fourni de nombreuses pierres de construction qui donnent un cachet particulier aux villages de la région. Ce sont des grès fins, micacés, bien lités, de couleur rougeâtre à jaunâtre. Les carrières de Magny-Jobert et de Granges-la-Ville exploitaient : 6 à 7 m de grès en gros bancs massifs les « grès à meules » surmontés par 5 m de grès en dalles séparées par des lits silteux ou argileux « les grès argileux ».

Les grès à *Voltzia* ont livré une flore abondante avec *Cladophlebis rhombifolia*, *Anomopteris mougeotti*, *Equisetites mougeotti*, *Yucites vosgeciacus* et *Voltzia heterophylla*, flore identique à celle des Grès à *Voltzia* d'Alsace. On y trouve également des empreintes de tétrapodes.

Les paléocourants sont orientés au Sud. Ce sont des dépôts de chenaux à faible sinuosité.

Les bancs supérieurs, les « Grès argileux » renferment également des coquilles de lamellibranches marins. La régularité des bancs et la présence

de silts et de niveaux argileux fait penser à des dépôts de plaine d'inondation qui pourrait être envahie temporairement par la mer.

Plus au Nord, les niveaux supérieurs des grès à *Voltzia* ont été datés de l'Anisien.

**t3GS. Grès coquilliers (Anisien) : grès fins et silts argileux (15 m), et Marnes ondulées de Saulnot (Wellenkalk), Dolomie à *Myophoria orbicularis* (Anisien inférieur) : marnes et calcaires dolomitiques finement laminés gris clair (20 m).**

• **Les grès fins** en petits bancs sont séparés par des lits plus silteux et plus argileux.

Ces grès renferment des fossiles marins : lamellibranches (*Myophoria*, pectens), gastéropodes peu abondants, mais formant parfois de véritables lumachelles comme au réservoir de Magny Danigon. Ce niveau plus tendre affleure rarement et forme de beaux replats structuraux dans la partie nord-ouest de la carte et donne de bonnes terres de cultures vers Lomont.

C'est un faciès franchement marin indiquant que la transgression amorcée à l'époque des Grès argileux s'est accentuée.

• **Les marnes ondulées de Saulnot et la Dolomie à *Myophoria orbicularis*** sont finement laminés de couleur gris clair.

Cette formation n'est visible à l'affleurement que dans la région de Saulnot où elle semble atteindre une vingtaine de mètres d'épaisseur, mais cette dernière diminue rapidement vers le Nord puisqu'elle n'est plus que de 6 m à Magny Danigon (sondage 116c) et de 2,50 m à La Côte (sondage 83f). Les Marnes ondulées disparaissent au Nord-Ouest de Lure sur la feuille Luxeuil-les-Bains. N. Théobald et al (1967) les ont interprétées comme l'équivalent du Wellenkalk.

Ce faciès s'est déposé dans une mer pelliculaire, très peu profonde, mais calme. Les bancs carbonatés sont formés de lamines cryptoalgaires de milieu protégé.

Des niveaux argileux du Muschelkalk inférieur étaient exploités pour la poterie au Nord de Magny Danigon.

**t3. Couches rouges et Couches grises (Anisien moyen) : marnes à gypse (70 m).** Le Muschelkalk moyen est classiquement divisé en trois formations baptisées de bas en haut :

- couches rouges : marnes rouges ;
- couches grises : marnes grises à gypse et anhydrite ;
- couches blanches : marnes et dolomie.

- **Les couches rouges** ne sont pas toujours distinctes : la base de la série marneuse montre 7 à 10 m de marnes rougeâtres ou bariolées sans gypse.
- **Les couches grises** atteignent une soixantaine de mètres d'épaisseur ; ce sont des marnes grises renfermant des nodules ou des petits bancs de gypse.

A environ 5 m du sommet, on trouve une masse de gypse d'environ 10 m d'épaisseur qui était exploitée à la Côte près de Lure.

Certains sondages ont traversé plusieurs couches de gypse ou d'anhydrite.

- **Les couches blanches** débutent par une dizaine de mètres de marnes grises renfermant de petits bancs dolomitiques. La partie supérieure formée de 7 à 8 m de dolomie massive a été cartographiée avec le calcaire coquillier.

La mer se confine temporairement ce qui provoque par endroits des dépôts d'évaporites.

Les marnes grises étaient autrefois exploitées en carrière à Palente.

**t3-4. Couches blanches, Calcaires coquilliers (Anisien supérieur-Ladinien) : calcaires et dolomies** (60 à 70 m). Cet ensemble essentiellement calcaire et dolomitique forme une crête monoclinale que l'on peut suivre de Chalonvillars à Géorfans et de Senargent à Beveuge.

- A la base, la partie supérieure des **Couches blanches** est formée de 6 à 8 m de dolomies blanches finement cristallisées souvent poreuses, mal cimentées et constituant un niveau aquifère donnant de nombreuses sources à débit parfois important, mais irrégulier.
- **Le Calcaire coquillier principal** peut, comme en Lorraine, être divisé en deux parties :

- les calcaires à entroques à la base : une dizaine de mètres de calcaires en gros bancs riches en débris d'encrines. Ces débris sont souvent bien conservés, peu usés, quelquefois en connexion. Ce sont des packstones à litage légèrement oblique, mais les entroques sont para-autochtones ;

- les calcaires à cératites sont formés de bancs de calcaire fin plus minces. Certains bancs granoclassés à base ravinante sont interprétés comme des tempestites.

La **Lettenkohle** (10 m) est dans cette région très dolomitique. C'est pourquoi elle a été cartographiée avec le Calcaire coquillier.

Cette formation comprend un niveau dolomitique épais de plusieurs mètres à la base, des marnes schistoïdes noirâtres à lignites et un niveau dolomitique au sommet.



De nombreuses carrières étaient ouvertes dans le Calcaire coquillier mais actuellement seule la carrière de Vellechevreux est encore exploitée.

Les faciès du Muschelkak supérieur sont les premiers faciès de mer franche du Trias ; on y trouve, outre les enclines, des algues (dasycladacées) ; des brachiopodes (*Coenothyris*), des lamellibranches fouisseurs (*Myophoria*) et de rares cératites. Les Calcaires à cératites sont datés du Ladinien. La Lettenkohle correspond à un épisode régressif temporaire.

**t5M. Marnes irisées inférieures (Carnien) : marnes à sel gemme et à gypse** (100 m). Ces marnes bariolées ou grisâtres renferment des évaporites. Le sel a été exploité à Gouhenans et à Mélecey ; le gypse et l'anhydrite ont été exploités à Vellechevreux et à Corcelles.

L'eau des sources salées de Saulnot peut provenir de ces marnes.

Les séquences sédimentaires comprenant deux membres (un niveau marneux et un niveau d'évaporites) se succèdent sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

Le milieu de sédimentation est confiné et subsident.

**t5-6. Grès à roseaux, Marnes rouges intermédiaires, Dolomie-mœllon (Carnien - Norien) : grès argileux à lignites, marnes rouges, dolomie** (20 à 25 m).

• **Les Grès à roseaux** épais de quelques mètres à 12 m sont des grès argileux, très friables, gris verdâtre. Ils donnent naissance à un niveau de petites sources. Ils renferment des niveaux de lignite qui étaient exploités à Gouhenans et au Nord de Gémonval, au lieu-dit « la Houillère ». La Houillère a été abandonnée en 1854. A Corcelles l'exploitation se poursuit jusqu'en 1925. Les couches de lignites peuvent atteindre de 60 à 80 cm d'épaisseur. Ces couches renferment des empreintes d'équisétales.

Les Grès à roseaux ont été interprétés parfois comme un faciès fluvatile (Palain, 1966 ; Courel et *al.*, 1980) qui témoigne donc d'une régression temporaire de la mer pendant le Keuper.

• **Les Marnes rouges intermédiaires** sont absentes dans le secteur de Corcelles.

• **La Dolomie-mœllon**, compacte, détermine un ressaut dans la morphologie. Elle est formée de petits bancs à stratifications planes parallèles parfois finement laminés.

Dolomie blanchâtre ou grise, tendre, elle était exploitée autrefois pour la construction.

C'est un dépôt lié à une transgression qui s'effectue dans une mer pelliculaire et dans un milieu protégé .

t6M. **Marnes irisées supérieures (Norien) : marnes rouges, marnes vertes dolomitiques** (30 à 40 m). Les marnes bariolées de couleurs vives à la base, renferment des petits bancs de dolomie dans les 10 m supérieurs.

t7. **Marnes de Levallois (0 à 5 m) ; Grès rhétiens (marnes schistoïdes noires, grès) (15 m) (Rhétien).**

- **Les Grès rhétiens** (15 m) sont formés de bancs de grès gris ou jaunâtres, alternant avec des lits de marnes schistoïdes noirâtres à la base et par des bancs de grès plus épais au sommet.

Les bancs de base renferment des dents de poissons et de reptiles. La partie supérieure contient des coquilles de lamellibranches (*Aviculà*).

Ces grès donnent de petites sources de faible débit, mais dont la qualité de l'eau est assez bonne.

- **Les Marnes de Levallois** (0 à 5 m) sont des marnes verdâtres ou rouge lie-de-vin d'épaisseur variable ; on les trouve au Nord de Courchaton et vers Gonvillars.

Les séquences du Rhétien comprennent généralement deux termes : grès à la base, marnes finement laminées au sommet, parfois trois lorsqu'elles se terminent par un petit niveau dolomitique laminé.

## Jurassique

**I1-2. Calcaires bleus à gryphées (Hettangien - Sinémurien) (10 m).**

- **L'Hettangien** est toujours très réduit dans la région. Il affleure essentiellement dans les collines préjurassiennes. Il est formé de quelques bancs de calcaires riches en lamellibranches. Les ammonites récoltées dans la région de Fallon-Mélecey montrent que les trois zones à Planorbis, Liasicus et Angulata peuvent être présentes sous forme de flaques, mais la zone la plus constante est la zone à Angulata.

Son épaisseur est souvent inférieure à 1 m et il n'est pas possible de séparer l'Hettangien du Sinémurien.

Par rapport au faciès du Rhétien sous-jacent, l'Hettangien tranche par ses faciès de mer ouverte riche en faune marine (lamellibranches et céphalopodes).

- **Le Sinémurien** comprend une dizaine de mètres de calcaires bleus, en bancs à stratifications noduleuses, riches en gryphées. Les bancs supérieurs renferment des amas blanchâtres phosphatés et la surface terminale de la formation est rubéfiée et parfois taraudée.

Les ammonites récoltées montrent que les zones à Bucklandi et à Semicostatum sont les mieux représentées ; la zone à Rotiforme est moins riche en ammonites. Le dernier banc du Calcaire à gryphées renferme suivant les gisements des *Microderoceras* ou des *Caenisites*, mais les deux genres ne coexistent pas. Comme ces deux genres sont caractéristiques de la zone à Turneri, cette répartition peut être stratigraphique (ils ne sont pas exactement contemporains) ou bien écologique (ces deux genres ne vivent pas dans le même biotope).

Les Calcaires bleus à gryphées, bien que peu épais, forment de beaux replats structuraux dans la morphologie des régions tabulaires qui se terminent par une cuesta dominant les talus formés par le Keuper et le Rhétien, la cuesta infra-liasique.

12. **Marnes bleues (Lotharingien inférieur) (20 m)**. La partie inférieure du Lotharingien comprend une vingtaine de mètres de marnes gris-bleu renfermant de rares *Asteroceras* et quelques *Arnioceras* de la zone à Obtusum.

La séquence lotharingienne constitue la première séquence klüpfélienne du Lias de cette région avec des marnes à la base et les calcaires marneux du Lotharingien supérieur au sommet.

12-3. **Marno-calcaires à *Gryphea dilatata*, Calcaire à bélemnites (Lotharingien supérieur - Carixien) : alternances calcaires-marnes (10 m)**. Cet ensemble est formé de bancs de calcaires grisâtres se débitant en moellons séparés par des lits marneux.

- **Le Lotharingien supérieur** ne dépasse pas 10 m et renferme des bancs à nodules phosphatés riches en ammonites des zones à Oxynotum et Raricostatum ; cette dernière zone est particulièrement riche en *Gleviceras* et *Echioceratidae*. Il faut également signaler la présence d'un niveau riche en *Zeillera (Cincta) cor* qui ont été confondues avec *Z (Cincta) numismalis* dans la première édition de la feuille. Le dernier banc est parfois recouvert d'un encroûtement ferrugineux.

- **Le Carixien** est toujours très réduit, son épaisseur oscillant entre 20 et 50 cm. La zone à Jamesoni est parfois présente sous forme de flaques de quelques centimètres d'épaisseur comme vers Fallon à la limite sud-ouest de la feuille. La zone à Ibex n'a jamais été mise en évidence. Le niveau le plus constant est la partie supérieure de la zone à Davoei qui est très riche

en ammonites et en bélemnites : c'est le « Calcaire à Bélemnites » où abondent les *Productylioceras* et les *Lytoceras*.

Le Carixien est caractérisé par l'importance des lacunes de sédimentation. La séquence carixienne n'est représentée que par son extrême sommet.

**l3. Marnes à amalthées, calcaires marno-sableux à *Pleuroceras* (Domérien)** (30 m environ). L'épaisseur du Domérien est difficile à estimer car la partie inférieure de cette série marneuse est très plastique et peut subir des réductions tectoniques.

Le Domérien comprend :

- un niveau marno-calcaire légèrement ferrugineux de 0,50 à 0,80 m d'épaisseur et renfermant *Amaltheus stockesi* et des *Becheiceras*, ainsi que de nombreuses bélemnites ;
- une vingtaine de mètres de marnes à petits nodules calcaires renfermant *Amaltheus margaritatus*, *A. gibbosus* et des terriers de type *Tysoa siphonalis* ;
- une dizaine de mètres d'une alternance de bancs de calcaires argilo-sableux et de marnes sableuses à *Plicatula spinosa* et *Pleuroceras spinatum*.

C'est la séquence la plus complète de tout le Lias. Séquence klüpfélienne typique, elle débute par un niveau condensé à *A. stockesi*, se poursuit par des marnes et se termine par des calcaires marneux. Le sommet est toujours marqué par un arrêt important de la sédimentation.

**l4S. « Schistes carton » (Toarcien inférieur)** (20 m). Ces marnes schistoïdes gris foncé renferment de la matière organique.

Dans les collines préjurassiennes, ils forment un petit ressaut dans la morphologie du talus liasique et vers Échenans et Buc, ils dessinent des replats sur lesquels sont construits ces deux villages.

Les « Schistes carton » sont en fait des marnes finement laminées (lamines millimétriques) formées d'une alternance de couches argileuses foncées riches en matière organique et de couches plus grossières silteuses, carbonatées.

À 1 m de la base s'individualisent deux bancs de calcaires laminés épais de 10 à 20 cm et séparés par quelques décimètres de « schistes ».

Au Sud de la feuille, dans la région de Courchaton, les bancs calcaires renferment des ammonites : *Harpoceras pseudoserpentinum*, *Harpoceratoides* sp. et des restes de poissons : *Leptolepis*. Les ammonites indiquent que la base du Toarcien est absente, la sédimentation ne reprend qu'avec la zone à *Serpentinum* (sous-zone à *Pseudoserpentinum*).

Plus haut, les « Schistes carton » renferment des lamellibranches (posidonies, inocérames), des traces de pacage (chondrites) et de grandes ammonites : *Harpoceras serpentinum*.

Le sommet de la formation est coiffé par un banc de miches calcaires à *Hildoceras lusitanicum*, *Dactyloceras curvicosta* et *Harpoceras* du gr. *mulgravium*.

#### 14. Marnes avec quelques bancs de calcaires (10 m), marnes et silts micacés (60 m) (Toarcien moyen et supérieur).

• **Le Toarcien moyen**, dans les collines préjurassiennes, est relativement réduit à une dizaine de mètres d'épaisseur.

Il débute par un niveau rouille à encroûtements stromatolitiques ferrugineux de quelques décimètres à *Hildoceras bifrons*, surmonté par de petits bancs calcaires séparés par des lits marneux à *Hildoceras semipolium*, *Haugia variabilis*, *Cœloceras*, *Lytoceras*, le dernier banc étant riche en *Grammoceras penestriatulum* et *Esericeras*.

Vient ensuite un niveau marneux de 5 à 6 m à *Pseudogrammoceras fallaciosum*, le tout étant coiffé par quelques bancs de calcaires marneux se débitant parfois en miches arrondies à *Hammatoceras insigne* et *Phlyseogrammoceras*.

• **Le Toarcien supérieur** est au contraire très développé, surtout les couches à *Dumortiera* dont l'épaisseur dépasse 50 m. Il est caractérisé par d'importants apports terrigènes : argiles et silts fins micacés.

Au sommet, dans les couches à *Pleydellia*, les bancs silteux à ciment carbonaté sont plus abondants.

#### j1. Minerai de fer supra-liasique, Calcaires sableux d'Aresches, Calcaires oolitiques de Vellefaux (Aalénien) : calcaires roux, sableux à la base, oolitiques et bioclastiques au sommet avec des niveaux ferrugineux (15 m).

• **Le minerai de fer supra-liasique** qui n'existe que sporadiquement sur la feuille Lure, renferme des *Pleydellia* du groupe *buckmanni*, il est donc d'âge toarcien terminal, mais il a été cartographié avec l'Aalénien. Lorsqu'il est absent, la base de l'Aalénien coïncide avec l'apparition des faciès carbonatés.

• **Les Calcaires sableux d'Aresches** dont l'épaisseur augmente de l'Ouest vers l'Est, de 5 à 10 m, sont formés de bancs de calcaires roux à stratification plane parallèle qui témoignent d'un milieu de sédimentation calme dans un milieu marin franc. La faune comprend des formes

benthiques endobiontes (pholadomyes) et des formes nectoniques (ammonites : *Leioceras opalinum*, *L. lineatum*).

• **Les Calcaires oolitiques de Vellefaux** forment le premier escarpement de la cuesta du Dogger et comprennent une dizaine de mètres de calcaires roux, oolitiques et bioclastiques à stratifications obliques. Plus au Sud-Est, vers Bournois et Grammont, ils ont livré des *Brasilia* du sommet de la zone à Murchisonae.

Au Nord-Est d'Héricourt, le Calcaire oolitique de Vellefaux s'enrichit en quartz dans sa partie supérieure et passe à un grès à ciment calcaire vers Belfort.

Ces trois formations représentent la partie supérieure de la séquence aaléno-toarcienne qui montre le passage d'un milieu de sédimentation à énergie moyenne à un milieu de haute énergie. C'est l'apparition du haut-fond nord jurassien sur lequel se construit la première plate-forme carbonatée.

L'Aalénien supérieur est absent ou représenté par un niveau condensé de calcaires noduleux parfois ferrugineux à l'Ouest d'Héricourt et par un niveau de calcaires marno-sableux à l'Est.

**j2V. Calcaires à entroques de Vesoul (Bajocien inférieur) : calcaires bioclastiques à entroques à stratifications obliques** (30 m). La limite inférieure du Bajocien est nette dans la partie orientale de la carte à partir d'Héricourt où se développe un niveau de calcaires argileux noduleux renfermant de nombreux lamellibranches et quelques colonies de polypiers.

Les Calcaires à entroques de Vesoul sont des sparites riches en débris de crinoïdes et de bryozoaires souvent usés et triés. Ils ont subi un transport. Les corps sédimentaires de 0,4 à plus de 2 m d'épaisseur forment de très vastes lentilles à l'intérieur desquelles le litage est fortement oblique ce qui témoigne d'un milieu de sédimentation agité.

Épais de 25 à 30 m à l'Ouest d'Héricourt, ils diminuent de puissance entre Héricourt et Belfort et il n'y en a plus que 13 m dans la carrière de l'ancien four à chaux « Sous le Mont » à l'extrémité orientale de la carte.

La séquence du Bajocien inférieur se termine par une surface perforée.

Les Calcaires à entroques de Vesoul forment les falaises de la cuesta médio-jurassique.

**j2C. Calcaires à polypiers de Frotey, Calcaires oolitiques de Dampvalley, Calcaires compacts de Courchaton (Bajocien moyen)** (30 à 50 m). Ce groupe de formations montrent des variations de faciès à la fois dans l'espace et dans le temps.

- **Les Calcaires à polypiers de Frotey** débutent par des lits de calcaires argileux à *Monsardithyris ventricosa* et se poursuivent par des biostromes à polypiers alternant avec des bancs de calcaires bioclastiques et parfois oolitiques (une dizaine de mètres d'épaisseur).

Ce niveau renferme *Stephanoceras humphriesianum* vers Belfort.

- **Les Calcaires oolitiques de Dampvalley** sont en fait des calcaires à bioclastes roulés, usés parfois micritisés et souvent encroûtés par des algues ou des nubéculaires. Ils renferment également des colonies de polypiers isolées dans les épandages bioclastiques.

- **Les Calcaires compacts de Courchaton** terminent le Bajocien moyen. Ce sont des calcaires fins pauvres en débris de bioclastes, les éléments sont des pelletioïdes de petite taille noyés dans une micrite ; on y rencontre également des oncolites algaires. Les bancs supérieurs prennent un aspect pseudo-bréchrrique : les éléments anguleux provenant du démantèlement de bancs micritiques de couleur blanchâtre sont noyés dans un ciment roux riche en dolomie ferrifère. Ce niveau exploité en carrières vers Courchaton et Onans disparaît à l'Est d'Arcey.

C'est le premier faciès de lagon qui apparaît sur la plate-forme carbonatée du Dogger.

Les formations du Bajocien inférieur et moyen forment une vaste séquence sédimentaire qui débute par un petit niveau de calcaire marneux, se poursuit par des faciès de haute énergie et se termine par endroits par un faciès de lagon.

j2M-O. **Marnes vésuliennes, Grande oolite (Bajocien supérieur) : niveau marno-calcaire lenticulaire, calcaire oolitique et bioclastique à stratifications obliques** (30 à 40 m).

- **Les Marnes vésuliennes**, n'apparaissent que dans la région orientale à partir d'Héricourt et vers Cravanche où leur épaisseur dépasse 6 m. Les Marnes vésuliennes sont formées d'une alternance de bancs de calcaires argileux à débris de coquilles et de lits de marnes.

- **La Grande oolite** bien développée à l'Ouest d'Onans (30 à 40 m) diminue d'épaisseur vers Héricourt et Belfort. A partir d'Héricourt se développent des niveaux marneux non seulement à la base (Marnes vésuliennes), mais également dans la partie supérieure (niveau marneux qui rappelle les Marnes de Movelier du Jura suisse). C'est également à partir d'Onans que le sommet de la Grande oolite est coiffé d'une surface durcie, perforée sur laquelle reposent les Marnes de Bavilliers du Bathonien inférieur. À Cravanche la partie inférieure de la Grande oolite renferme des oncolites algaires.

La Grande oolite est un calcaire oolitique et bioclastique déposé en corps sédimentaires à litage oblique plan qui correspondent à d'anciens cordons oolitiques.

**j3B-M. Marnes de Bavilliers (1 à 5 m), Calcaires de Mailley (15 à 25 m) (Bathonien inférieur).**

- Entre La Guinguette près d'Arcey et Belfort, le Bathonien débute par le niveau des **Marnes de Bavilliers**. D'épaisseur très variable, ce niveau est bien développé dans l'ancienne carrière du tissage à Bavilliers où il atteint 5 m.

Ce sont des marnes blanchâtres alternant avec de petits bancs calcaires. À Bavilliers les niveaux marneux sont bien développés et renferment quelques *Parkinsonia* cf. *schloenbachi* et *P* cf. *neuffensis* qui datent ce niveau de la base du Bathonien. Vers Arcey les niveaux calcaires sont plus importants et renferment des térébratules (*T. veziani*), des pholadomyes ainsi que de grosses oncolites algaires.

- **Les Calcaires de Mailley** sont des calcaires fins, micritiques, bien développés vers Onans (20 à 25 m). Ils renferment de petites colonies de polypiers et des oncolites algaires.

Vers l'Est et ce dès Arcey, l'épaisseur diminue à une quinzaine de mètres puis vers Héricourt, apparaissent des bancs oolitiques qui deviennent prédominants à Bavilliers.

Les Calcaires de Mailley se terminent par une surface durcie, perforée et rubéfiée, couverte d'huîtres.

Entre Arcey et Bavilliers on passe latéralement d'un faciès de lagon protégé à l'Ouest (calcaires fins) à un faciès de haute énergie à l'Est (calcaire oolitique).

**j3Be. Marnes à rhynchonelles de Belfort (Bathonien supérieur) (20 m).**

Les Marnes à Rhynchonelles se développent à partir d'Arcey et forment une dépression dans le paysage.

Elles débutent par un niveau condensé de calcaires argileux noduleux en bancs irréguliers renfermant de petites oncolites à nubéculaires. Ces bancs très riches en faune renferment de nombreux brachiopodes et lamellibranches et quelques ammonites : de grands *Procerites* de la base du Bathonien supérieur. Épais de 0,40 à 1,20 m ce niveau condensé se termine par une surface irrégulière légèrement rubéfiée.

Viennent ensuite une dizaine de mètres de marnes et de calcaires argileux riches en lamellibranches et en brachiopodes : *Pholadomya* sp., *Ostrea*



*knorri*, *Terebratula (Arceythyris) diptycha*, *Rhynchonelloidella alemanica*, *Acanthothiris spinosa*.

La série se termine par des marnes et des calcaires argileux sableux plus pauvres en faune, on y rencontre encore quelques fousisseurs (pholadomyes).

Dans la région de Bavilliers, où la Dalle nacrée est réduite à quelques bancs, le sommet de ces marnes pourrait représenter une partie du Callovien inférieur.

**j4. Dalle nacrée (quelques dm à 15 m), oolite ferrugineuse (quelques dm) (Callovien inférieur et moyen) : calcaires bioclastiques et oolitiques.**

Entre Arcey et Héricourt, la Dalle nacrée comprend une quinzaine de mètres de calcaires bioclastiques et oolitiques à stratifications fortement obliques. Elle renferme des restes d'huîtres, des entroqués et des radioles d'oursins relativement bien conservés dans de petits lits marneux développés vers le sommet de la formation où l'on trouve *Digonella marcoui*.

Un niveau à silex est visible depuis la région d'Arcey jusque vers Banvillars. Entre ces deux localités, l'épaisseur de la Dalle nacrée reste à peu près constante ; plus à l'Est entre Banvillars et Bavilliers, elle diminue très rapidement et il ne reste que quelques bancs de calcaires bioclastiques. Le passage des faciès Dalle nacrée de haute énergie aux faciès marneux se fait donc très rapidement sur une distance de 2 à 3 km seulement. Dans la Dalle nacrée, le litage fortement oblique, indique un sens des courants assez constant vers le Sud-Est.

Le sommet est marqué par une surface fortement rubéfiée, la croûte ferrugineuse à structure stromatolitique peut atteindre 1 ou 2 cm d'épaisseur. Cette dernière est surmontée par quelques décimètres de marnes à oolites ferrugineuses renfermant des ammonites de la zone à *Coronatum* du Callovien moyen.

**j4-5. Calcaires marneux de Bucey-lès-Gy, Marnes d'Arc-sous-Montenot (Callovien supérieur - Oxfordien inférieur) (30 m).** Cette série marneuse épaisse d'une trentaine de mètres forme des combes dans le paysage. Elle débute par 5 à 6 m d'une alternance de calcaires et de marnes jaunâtres d'âge callovien supérieur et se poursuit à partir du sommet de la zone à *Lamberti* par des marnes bleu-noir à fossiles pyriteux très riches en ammonites (Marnes à *Rengeri*) : cardiocératidés, oppeliidés, périsphinctidés ; la faune benthique plus pauvre est dominée par une petite crinoïde : *Balanocrinus pentagonalis*.

La sédimentation des Marnes d'Arc-sous-Montenot s'est effectuée dans un milieu de mer ouverte, dans un bassin épicontinental assez profond (une

centaine de mètres). La présence de pyrite indique un milieu réducteur, euxinique dans le sédiment.

**j5B. Calcaires marneux de Bonnevaux-le-Prieuré (Oxfordien moyen faciès argovien) : alternance marno-calcaire, calcaires à silex (50 m).** Baptisé « Argovien » sur les anciennes cartes, ce faciès comprend une alternance de bancs de calcaires marneux et de lits marneux de couleur gris-beige ; les bancs calcaires deviennent de plus en plus épais et abondants de la base vers le sommet de la formation. À la partie supérieure certains bancs calcaires renferment de gros silex gris noirâtres et les restes fossilifères sont partiellement épigénisés par de la silice (calcédonite) qui forme de petits points blancs sur les tests.

Ils renferment des ammonites (cardiocératidés et périssphinctidés de la zone à Plicatilis et de la base de la zone à Transversarium), des brachiopodes (*Thurmanella obtrita*, *Galliennithyris galliennei*), des crinoïdes pouvant atteindre de grandes tailles (*Apiocrinus* et *Millericrinus*) et de nombreux lamellibranches fouisseurs (*Pholadomya exaltata*). L'observation microscopique permet de voir des spicules d'éponges, des foraminifères et des ostracodes.

La sédimentation s'est effectuée dans un milieu marin ouvert, relativement calme au niveau du fond mais bien oxygéné comme le montre la richesse et la diversité de la faune benthique.

**j5P. Oolite corallienne de Pagnoz (Oxfordien moyen faciès rauracien) : calcaires oolitiques, bioclastiques à polypiers (40 m).** Cette formation calcaire épaisse de 40 à 50 m est constituée de faciès très variés que l'on peut regrouper en trois unités qui se succèdent dans le temps :

- à la base on trouve une dizaine de mètres de calcaires jaunâtres en gros bancs, riches en coquilles de lamellibranches (huîtres, pectens, trigonies) de brachiopodes (*Galliennithyris bourgueti*), en débris de tiges de crinoïdes, en fragments de tests d'oursins et en tubes de serpules ; certains bancs sont riches en microsolenidés formant des colonies plates. Tous ces restes d'organismes sont en partie silicifiés. Les microsolenidés, s'installent sur un sédiment fin (une boue à pelleteoïdes et à débris de coquilles) et stabilisent le fond ;

- au milieu on trouve 20 m de calcaires oolitiques, bioclastiques et à polypiers. Sur le fond stabilisé peuvent s'installer des madréporaires. L'absence de boue et la taille des éléments indiquent un milieu agité de haute énergie ;

- au sommet, une vingtaine de mètres de calcaires fins ou crayeux renferment des colonies isolées de polypiers ou de petits biohermes séparés par des dépôts fins. Ils renferment les premiers *Diceras* et des nérinées.

La sédimentation s'est effectuée dans un milieu d'arrière-récif, beaucoup plus calme que le précédent.

**j5C1. Calcaires de Clerval (Oxfordien moyen, faciès séquanien) : calcaires fins** (20 m). Cette formation comprend les Calcaires de l'Isle-sur-le-Doubs et les Tidalites de Mouchard. C'est le Séquanien inférieur des cartes géologiques antérieures.

Ce sont des calcaires fins, micritiques, à stratifications planes parallèles ; certains bancs très gélifs se découpent en petits parallélépipèdes. Très pauvres en organismes (faune monospécifique à petits lamellibranches (astartes), ils renferment des oncolites algaires et certains bancs de la partie supérieure sont formés de lamines crypto-algaires découpées parfois par des fentes de dessiccation.

C'est un dépôt de milieu calme, protégé, peu profond avec des faciès intertidaux. Il termine la 1<sup>re</sup> séquence klüpfélienne de l'Oxfordien.

j5P et j5C/ représentent les dépôts de la première plate-forme carbonatée du Jurassique supérieur, la « Plate-forme rauracienne ».

**j5M. Marnes de Besançon (Oxfordien supérieur)** (30 m). Souvent recouvertes de végétation, les Marnes de Besançon (ou marnes « séquaniennes » des anciennes cartes) forment de petites combes dans le paysage. Ce sont des marnes très carbonatées laminées qui se débitent en plaquettes et qui renferment des bancs plus indurés de faciès variables :

- calcaires fins, micritiques, à *Thalassinoides* ;
- calcaires lumachelliques à nombreux petits lamellibranches (astartes) ou petits gastéropodes (*Rissoa*) ;
- plaquettes silteuses riches en grains de quartz.

A la base de la séquence supérieure de l'Oxfordien on note une reprise de la sédimentation terrigène fine (marnes, silts). Les sédiments finement laminés, parfois bioturbés indiquent que le milieu reste calme. Les bancs silteux renfermant du matériel détritique légèrement plus grossier sont les témoins de tempêtes (tempestites) qui viennent troubler la sédimentation de milieu calme de la « Vasière séquanienne ».

**j5C. Calcaires de Besançon (Oxfordien supérieur) : calcaires fins** (30 à 35 m). C'est le « Séquanien supérieur » des anciennes cartes. Ce sont des calcaires de couleur claire, en bancs à stratification plane qui dans la région de Montbéliard comprend deux ensembles superposés :

- à la base, des calcaires fins gris clair en petits bancs séparés parfois par des délits marneux et renfermant des zeilleries : *Zellerina astartina* (Calcaire à térébratules de Contejean) ;

- au sommet domine un faciès crayeux à cardiums, nérinées, *Diceras* (Calcaire à *Cardium* de Contejean).

Ces calcaires se sont déposés dans un milieu protégé sur une plate-forme carbonatée peu profonde, la « Plate-forme séquanienne ».

**j6C. Calcaires et Marnes de Chargey (Kimméridgien inférieur, faciès ptérocériens)** (20 m). Ce sont les Calcaires et Marnes à ptérocères de Contejean.

Cet ensemble de calcaires et de marno-calcaires est riche en débris de coquilles en bancs à stratification noduleuse. On y rencontre des niveaux glauconieux. Dans la partie inférieure, les calcaires très bioturbés renferment de nombreux lamellibranches fouisseurs, des ptérocères et des natices ainsi que quelques térébratules. A Grand-Charmont ils ont livré une *Pachypictonia* de la zone à *Hypselyocyclum*.

Au sommet on trouve un niveau de marnes de 2 à 4 m d'épaisseur très riche en térébratules.

**j6N. Calcaires des Gorges de Noailles (Kimméridgien inférieur et supérieur pars.) : calcaires blancs, fins, renfermant un niveau crayeux** (20 m). Ce sont les Calcaires à *Corbis* de Contejean. Ces calcaires renfermant un niveau crayeux en bancs massifs riche en nérinées et en *Diceras* sont coiffés par des bancs à lamines crypto-algaires. Ils renferment des ammonites de la zone à *Divisum* à la base et de la zone à *Acanthicum* au sommet.

**j6S. Calcaires marneux de Savoyeux (Kimméridgien supérieur, faciès virgulien) : alternance marno-calcaire à *Exogyra virgula*** (15 à 20 m). Cette formation n'affleure que très peu dans l'angle sud-est de la carte. Au mont Chevis on observe des bancs calcaires fins jaunâtres séparés par des lits de marnes blanchâtres riches en petites huîtres, lamellibranches fouisseurs et térébratules. Dans la région de Montbéliard, la base de cette formation est soulignée par la présence d'un niveau glauconieux de quelques décimètres d'épaisseur surmonté par un banc marno-calcaire riche en *Orthaspidoceras*. Dans la partie supérieure de la formation on trouve des *Aspidoceras* et des *Aulacostephanus* de la zone à *Eudoxus*.

## CÉNOZOÏQUE

### Formations tertiaires (Éocène)

Les terrains paléocènes n'affleurent qu'au Sud-Est de la feuille Lure dans le golfe de Montbéliard et sont nettement discordants sur le Jurassique.

**eA. Argiles rouges à pisolites ferrugineux : argiles sidérolithiques (Éocène continental).** Les argiles sidérolithiques étaient exploitées autrefois au Nord de Montbéliard. Le lavage permettait de trier les pisolites ferrugineux d'origine pédologique. Elles renferment également des grains de quartz dont certains d'origine éolienne. Elles sont conservées dans des poches karstiques.

Sur des feuilles voisines, ces argiles ont livré des faunes de mammifères éocènes, mais elles ont pu se former pendant toute la période continentale pré-rift qui va du Crétacé terminal à l'Eocène moyen. Pendant toute cette période, la région a été soumise à une altération ferrallitique et à une intense karstification.

**eC. Calcaires lacustres (Éocène lacustre).** Des calcaires lacustres se trouvent entre Grand-Charmont et Béthoncourt ; ce sont de petits bancs calcaires séparés par des lits argileux. Une ancienne exploitation ouverte pour une briqueterie a livré *Planorbis pseudodammonius* et des limnées.

Un début de subsidence s'amorce dès l'Eocène moyen dans le Fossé rhénan et sa partie sud est envahie par un lac d'eau douce qui s'étend jusque dans la région de Montbéliard.

**e7. Marnes, grès, conglomérats et calcaires lacustres (Ludien) : système de Bourogne.** Bien développé sur la feuille Belfort, il n'existe que dans l'angle sud-est de la feuille Lure et peut être subdivisé en :

- série conglomératique inférieure : sables, marnes et conglomérats de couleur grise ou rosée ;
- marnes grises et calcaires marneux à *Mytilus* et cyrènes ;
- série conglomératique supérieure : grès et calcaires ;
- marnes bariolées et calcaires à *Helix*.

Les conglomérats forment un relief apparent dans le paysage. Ils renferment essentiellement des galets de calcaires du Jurassique supérieur dont la taille est assez grosse.

L'effondrement du rift rhénan à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène va donner naissance à des reliefs importants sur ses marges et l'érosion de ces reliefs alimente la sédimentation conglomératique côtière. La faune a toujours un cachet lacustre.

### **Formations quaternaires et superficielles**

**GxL. Arc morainique de Lure : Glaciaire rissien.** Des dépôts morainiques forment les hauteurs situées au Nord de Lure et les collines situées

au Nord de la vallée du Rahin (lieu-dit le Fays sur la feuille Lure).

Ce sont des dépôts très altérés, très argileux renfermant des quartzites et des roches volcaniques, les roches granitiques sont rares et altérées. Ils renferment de gros blocs erratiques.

Cet arc morainique qui barre la vallée de l'Ognon est attribué au Riss.

#### **F. Alluvions anciennes**

Un certain nombre de placages alluviaux n'ont pas été rattachés aux systèmes de hautes et basses terrasses que l'on suit de chaque côté des principales vallées (Ognon, Lizaine). Ce sont des alluvions qui sont ou trop éloignées de ces dernières ou bien qui se trouvent à des altitudes très importantes.

Il faut signaler en particulier, à l'Ouest de la Lizaine, dans le Bois de Montevillars des placages situés à 100 m au-dessus de la plaine actuelle et qui renferment de très gros galets siliceux dont certains peuvent atteindre 30 à 40 cm. Ces éléments de grande taille font penser à une origine fluvio-glaciaire ; mais les moraines les plus proches se trouvent vers le bassin de Champagne à près de 20 km plus au Nord.

#### **Fx. Alluvions anciennes, hautes terrasses**

Des terrasses élevées situées entre 20 et 30 m au-dessus des plaines actuelles s'étendent au Sud-Est de la vallée de l'Ognon sur une grande superficie depuis les Bois de la Noye Jeannin au Nord jusqu'au Val de Gouhenans au Sud. Ces alluvions très argileuses et très altérées se raccordent à la moraine de Lure. Cette terrasse est découpée par de nombreux thalwegs et les alluvions altérées ont soliflué. On retrouve des placages jusque vers Moffans, Lyoffans, Andorney.

Un ancien cône de déjection se trouve en bordure du Rognon vers Étroitefontaine.

Des placages de haute terrasse jalonnent les bords de la vallée de la Lizaine. Ils renferment des galets siliceux d'origine vosgienne. On peut suivre ces placages au Nord de Chenebier et jusque vers le bassin de Champagne. Ils proviennent du Rahin supérieur qui auparavant s'écoulait vers le Sud en empruntant la vallée de la Lizaine.

#### **Fy. Alluvions anciennes, basses terrasses**

Les basses terrasses sont bien développées dans les zones où les vallées s'élargissent, où elles sont les témoins d'anciens cônes de déjection ; c'est le cas en bordure de la Savoureuse à Sermamagny et surtout de l'Ognon et du Rahin aux environs de Lure et de Roye.

La morphologie plane de ces terrasses est très bien conservée et c'est sur l'une d'elles qu'est installé l'aérodrome de Lure-Malbouhans.

La basse terrasse recoupe la moraine glaciaire de Lure, elle lui est donc postérieure ; elle se raccorde d'ailleurs plus en amont à la moraine de Montessaux qui est rangée dans le Würm.

Il y aurait donc au Würm deux épisodes sédimentaires Fy et début de Fz séparés par un épisode de creusement.

Ces deux épisodes correspondent respectivement aux moraines de Montessaux et aux moraines de Melisey de la vallée de l'Ognon.

### **Fz. Alluvions récentes**

Les alluvions de l'Ognon, du Rahin et de la Savoureuse, rivières qui descendent des Vosges, renferment des galets et des sables à éléments siliceux. Il n'y a pas de limons argileux en surface comme on en observe dans la vallée de l'Ognon à l'aval de Villersexel.

L'épaisseur de ces alluvions est de 6 à 8 m, mais près de Lure dans la vallée de l'Ognon et dans la vallée du Rahin, elle peut atteindre 12 à 15 m. Certains sondages effectués par les platrières de l'Est à l'aval de la Côte en ont traversé plusieurs dizaines de mètres ; mais ces sables se trouvent peut-être dans des poches de dissolution du gypse.

Dans les sablières ouvertes au Sud de Lure, on trouve des dents de mammoth, ce qui date le début du remplissage des plaines alluviales actuelles de la dernière période glaciaire (Würm).

Les alluvions du Rognon et de la Lizaine sont beaucoup plus argileuses et celles de la Lizaine à l'aval d'Héricourt renferment des galets calcaires.

Les plaines de l'Ognon et du Rahin renferment une nappe aquifère de bonne qualité et pouvant fournir de bons débits, mais le développement des sablières rend difficile l'implantation de nouveaux puits dans la région de Lure.

### **C. Colluvions**

Les vallées des ruisseaux qui circulent sur les séries imperméables et les vallées sèches des régions calcaires sont remplies de colluvions. C'est en fait un mélange d'éléments apportés par les ruisseaux et d'éléments soliflués le long des flancs des vallées. Les colluvions très argileuses, souvent décalcifiées, peuvent atteindre des épaisseurs de l'ordre de 5 à 6 m. Sur substratum marneux, elles donnent naissance à des sols hydromorphes à pseudogley.

## S. Dépôts soliflués

Les alluvions anciennes et les marnes ont soliflué le long des pentes et de ce fait, ces formations ont des épaisseurs apparentes beaucoup trop fortes.

**E. Éboulis.** Les principaux épandages d'éboulis se répartissent ainsi :

- **Éboulis de grès du Trias inférieur sur les talus permien.** Lorsqu'il est différencié, c'est le conglomérat principal qui donne des blocs éboulés de grande taille ; les autres formations gréseuses donnant de petits éléments.

- **Éboulis de calcaire coquillier.** Les couches de gypse situées sous les calcaires coquilliers sont partiellement dissoutes à l'affleurement et cela détermine un ploiement des couches calcaires, un pseudopendage, ce qui leur donne une épaisseur d'affleurement importante.

- **Éboulis de grès rhétien sur les marnes irisées supérieures.** Les éboulis de Rhétien sont toujours de petite taille, mais peuvent être entraînés très loin par le ruissellement ou la solifluxion. Comme ils sont très peu épais, ils n'ont pas été dessinés à l'échelle du 1/50 000.

- Les talus d'éboulis les plus importants sont **ceux rencontrés à la base de la corniche mésojurassique.** Les calcaires du Jurassique moyen et principalement les calcaires aalénien et bajocien inférieur forment des cônes d'éboulis sur le sommet des marnes du Lias.

Ces éboulis sont très variés.

On trouve des accumulations d'éléments de petite taille dus à la gélifraction, certains sont anciens et datent de la dernière période glaciaire (les groizes), mais également des pans de falaise de grande taille qui ont soit basculé, soit glissé sur le talus liasique.

À la base de ces éboulis sortent de petites sources à débit irrégulier.

- **Éboulis des calcaires « rauraciens » sur les marnes et calcaires marneux de l'Oxfordien.**

## X. Dépôts anthropiques (terrils)

Les exploitations de houille dans le bassin de Ronchamp ont laissé de nombreux terrils dans les environs des puits du Magny, du Chanois et Arthur de Buyer.

Ces terrils ont d'ailleurs été exploités depuis d'une part comme matériaux d'empierrement pour les chemins de défrètement et d'autre part pour récupérer par flottaison les morceaux de charbon qu'ils renfermaient.



## **CONDITIONS DE FORMATION DES ENTITÉS GÉOLOGIQUES**

### **FORMATIONS PALÉOZOÏQUES**

#### **Socle gneissique**

Les terrains correspondant à l'histoire anté-dévonienne ne sont pas visibles sur la feuille Lure. Plus au Nord-Ouest, vers Luxeuil, ils sont représentés par des gneiss. Dans toutes les Vosges méridionales les séries anté-dévonniennes ont subi une structuration siluro-dévonienne : phase orogénique ligérienne qui a affecté la zone interne des Hercynides (Arverno-vosgienne ou Moldanubienne) et qui serait due à la fermeture de l'Océan médio-européen.

Sur la feuille Lure on ne rencontre ces formations métamorphiques que sous forme de galets dans les conglomérats de la Série flyschöide du Bois de la Gigoutte.

#### **Dévonien**

##### **Les Calcaires de Chagey (Frasnien) et les « Schistes troués » de Chagey (Famennien)**

Ce sont des formations sédimentaires de plate-forme épicontinentale. Au Frasnien, une plate-forme carbonatée peu profonde s'édifie dans le Sud des Vosges ; la profondeur de la mer augmente au Famennien pendant le dépôt des « Schistes troués » de Chagey. Cette période est caractérisée par l'absence de détritique grossier.

##### **Les Schistes du Salbert (Dévonien supérieur)**

Considérés parfois comme des faciès latéraux des formations précédentes (Schneider, 1990), les Schistes du Salbert et plus au Nord, les Schistes du Treh sont vraisemblablement plus récents. Ce sont des formations détritiques déposées dans une zone subsidente. Les niveaux gréseux témoignent d'un rajeunissement des reliefs bordant le bassin et d'une reprise de l'érosion. Les Schistes du Salbert ont été déformés et schistosés au cours d'un épisode tectonique tardi-dévonien (Schneider *et al.*, 1990).

##### **La Série flyschöide du Bois de la Gigoutte**

Les conglomérats témoignent de mouvements tectoniques correspondant à une « phase bretonne » précoce (fin Dévonien). L'épaisseur de la série montre que l'on se trouve non seulement en bordure d'une pente sous-marine mais également dans un bassin subsident. Cette série semble discordante sur les deux précédentes. Les conglomérats sont interprétés comme des cônes alluviaux par J.L. Schneider (1990). Ils sont interstratifiés dans la partie inférieure d'une épaisse série turbiditique.

Au Nord du massif de Chagey se forme un bassin sédimentaire tectonique qui couvre la partie méridionale des Vosges et c'est en bordure sud de ce bassin subsident que se dépose la Série flyschöide du Bois de la Gigoutte, série détritique alimentée par l'érosion de la plate-forme carbonatée de Chagey et de roches plus anciennes qui n'affleurent plus actuellement dans la région de Lure.

### Dinantien

Le bassin formé dans la partie méridionale des Vosges est l'objet d'une sédimentation importante dans un milieu marin peu profond mais subsident. C'est une série volcano-sédimentaire détritique qui a reçu le nom de Culm et qui est interprétée comme une molasse provenant de l'érosion des reliefs de la Zone morvano-vosgienne.

Le Culm du Sud des Vosges montre des faciès variés qu'il n'est pas facile de dater. Dans la région il comprend :

- **une phase de sédimentation marine au Viséen inférieur (séries de Malvaux et de Plancher-Bas).** Elle est représentée par des schistes et grauwackes avec de nombreuses roches volcaniques interstratifiées.

Le volcanisme montre d'une part, des faciès basiques : roches à grain fin de teinte vert foncé ; et d'autre part des faciès acides : les kéraatophyres, roches claires, roses ou vert pâle. Sur le terrain on rencontre tous les intermédiaires entre des laves homogènes et des pyroclastites à grands cristaux brisés.

Plus au Nord sur les feuilles Giromagny et Thann, les roches sédimentaires renferment des fossiles marins (encrines, brachiopodes, polypiers) ainsi que des plantes flottées. De plus les roches volcaniques montrent des caractères d'épanchement sous-marin (vacuoles, *pillow-lavas* à Melisey) ;

- **une phase de sédimentation du Viséen supérieur (séries de Thann et de Giromagny).** Le volcanisme très important dans le massif de Chagey comprend des séries pyroclastiques, des trachy-andésites ; d'abord sous-marin, le volcanisme devient ensuite aérien. C'est une sédimentation en milieu paralique avec des niveaux marins, littoraux et lagunaires. La région a été soumise à une succession d'émersions et de submersions.

*En résumé*, un épisode tectonique tardi-dévonien (phase bretonne précoce) plisse les terrains dévoniens qui acquièrent une schistosité. Elle donne naissance à des reliefs bordant un bassin subsident dans le Sud des Vosges, bassin envahi par la mer dans lequel se dépose tout d'abord une épaisse série détritico-dévonienne, puis des formations volcano-

sédimentaires viséennes. L'importance du volcanisme calco-alcalin ne semble pas lié ici à une subduction océanique puisque l'Océan médio-européen était fermé depuis longtemps (depuis le Dévonien inférieur) mais se développe en domaine continental dans un bassin dû à des mouvements transcurrents lors du stade d'hyper-collision de la Chaîne hercynienne (Schneider, 1990). C'est dans cette zone en distension que se mettent en place les roches volcaniques du Viséen supérieur du massif de Chagey qui sont liées génétiquement à la mise en place du monzogranite des Ballons (Stussi, 1977). Le bassin est ensuite structuré par une phase tectonique carbonifère supérieur qui détermine des plis et des chevauchements WSW-ENE, à vergence sud dans le massif de Chagey, accidents qui ont été décrochés postérieurement.

## Houiller

### Milieu de sédimentation

Les restes de poissons d'eau douce (*Amblypterus*) montre un milieu lacustre ; le mur des veines de houille ne renferme pas de *Stigmaria* ; les végétaux fossiles ont été transportés et ont subi un tri avant leur dépôt. On distingue dans ce bassin deux séquences de remblaiement fluvio-lacustres qui débutent par des conglomérats.

### Structure

Le Houiller est discordant sur le Dinantien qui est très redressé aussi bien au mont de Vannes que dans le massif de Chagey et en bordure nord du bassin, il est recouvert lui-même en discordance par le Permien tabulaire.

## Permien

### Sédimentation

Les faciès sont continentaux fluvio-lacustres. La couleur rouge dominante des sédiments indique des conditions très oxydantes. Le bassin permien au Sud de Ronchamp est dissymétrique avec un approfondissement progressif de Ronchamp à Courmont et une remontée brutale du socle au niveau du massif de Chagey. Le contact socle-Permien est toujours faillé et comme au Nord des failles bordières le Trias repose directement sur le socle (mont de Vannes) il semble que la limite nord actuelle du bassin corresponde à la limite permienne et que les failles bordières soient synsédimentaires. Le bassin montre une subsidence beaucoup plus active dans le secteur de Lomont-Courmont que plus au Nord et c'est cet enfoncement tectonique qui va donner au Houiller sa structure en « pseudo-synclinal ».

## Climat

La coloration rouge, le quartz ferruginisé, les agrégats silico-ferrugineux, les micas altérés, le peu de plagioclases, l'abondance d'illite témoignent d'une arénisation rubéfiante qui s'est effectuée sous un climat tropical avec une alternance de saisons pluvieuses et de saisons sèches.

## Volcanisme

Le volcanisme est abondant à la base du Permien autour du massif de Chagey, les produits très acides sont de nature rhyolitique.

## FORMATIONS MÉSOZOÏQUES

### Trias

#### Buntsandstein

Les sédiments de la base du Trias sont continentaux et ce n'est qu'au sommet du Buntsandstein qu'apparaissent les premiers faciès marins.

- **Grès de l'Arsof.** Ils sont formés de corps sédimentaires lenticulaires à l'intérieur desquels le litage est fortement oblique. Ces faisceaux à stratification oblique arquée correspondent à des remplissages de chenaux. Entre Belfort et Lure, les courants sont orientés vers le Nord-Est. M. Durand (1978) souligne la grande régularité des directions d'écoulement et compare le milieu de dépôt à un réseau anastomosé de chenaux fluviaux en tresse.

Dans ces dépôts de nombreux galets de quartzites sont éolisés. La région devait être soumise à un climat chaud avec alternance de périodes pluvieuses pendant lesquelles les oueds charriaient des sédiments détritiques parfois grossiers et de périodes sèches subdésertiques pendant lesquelles les sédiments étaient soumis à des vents de sable (Durand, 1978).

- **Conglomérat principal.** Bien que d'épaisseur très réduite sur la feuille Lure, le Conglomérat principal renferme de gros galets. Le sens d'écoulement des courants du Nord vers le Sud est également particulier à cette région ; cela serait dû à une paléotopographie post-hercynienne locale, le socle dinantien plus résistant à l'érosion reste en relief, tandis que les dépôts du bassin permien plus tendres forment une dépression (Durand, 1978).

- **Zone-limite violette.** Témoin d'un ancien sol, elle surmonte le Conglomérat principal et correspond à une lacune de sédimentation.

- **Couches intermédiaires.** Elles proviennent d'une deuxième décharge détritique qui correspond à l'érosion d'un nouveau manteau d'altération. Le paléorelief lié au bassin permien ne se fait pas sentir et la direction des courants est à peu près constante, orientée vers le Sud-Est (Durand, 1978). Ces sédiments sont interprétés comme des dépôts de plaine alluviale à chenaux à faible sinuosité (Durand, 1978).

- **Grès à Voltzia**

- *Les Grès à meules.* Ces grès, moins grossiers que les précédents, sont disposés en unités de dépôt moins épaisses ; le pendage des feuillet obliques est également plus faible que celui des unités antérieures.

La dispersion relativement faible des directions de courants a conduit M. Durand (1978) à interprété les Grès à Voltzia comme des dépôts de chenaux à faible sinuosité.

- *Les Grès argileux.* L'abondance des lentilles argilo-silteuses à litage horizontal interstratifiées dans des bancs de grès fins est due à la présence de vastes étendues d'eau calme. Ce sont des dépôts de plaine d'inondation (Durand, 1978) ou d'étangs.

Mais certains bancs des Grès argileux renferment des fossiles marins qui témoignent d'oscillations transgressives de la mer.

## **Muschelkalk**

- **Transgression aniso-ladinienne.** Elle débute par les Grès coquilliers. Ces grès argileux renfermant de nombreuses coquilles de lamellibranches marins sont des dépôts littoraux.

Ensuite se dépose une alternance de marnes et de calcaires dolomitiques : les Marnes et Calcaires ondulés qui témoignent d'un arrêt des arrivées de détritique grossier peut être lié à une accentuation de la transgression.

Au Muschelkalk moyen se dépose une épaisse série marneuse renfermant de l'anhydrite qui par endroits a été transformée en gypse. C'est à partir de cette période que les faciès deviennent homogènes sur l'ensemble de la Franche-Comté du Sud des Vosges au Jura.

Au Muschelkalk supérieur, la sédimentation devient carbonatée avec à la base des gros bancs calcaires bioclastiques à débris d'enchrines et au sommet une alternance de bancs calcaires et de petits lits marneux renfermant quelques cératites.

- **Faciès.** Ce sont des faciès marins de plate-forme épicontinentale. Les couches à évaporites sont des sédiments riches en éléments terrigènes déposés dans un milieu confiné sursalé.

Les calcaires sont essentiellement micritiques avec à la base des bioclastes d'animaux marins (crinoïdes, lamellibranches, brachiopodes). La stratification plane, régulière et l'abondance d'éléments terrigènes fins montrent qu'ils se sont déposés en milieu calme.

- **Paléogéographie.** Le Muschelkalk représente la base d'un cycle sédimentaire marin qui débute par une transgression de la mer sur la région. La mer peu profonde va se confiner dans les zones subsidentes où se forment des évaporites.

Une accentuation de la transgression au Muschelkalk supérieur est soulignée par l'apparition de faciès marins francs à crinoïdes et à cératites.

### Trias supérieur

- **Faciès**

- *Les marnes à évaporites* : ce faciès domine durant le Trias supérieur, il indique l'abondance des apports terrigènes et un confinement du milieu marin. La finesse des matériaux déposés témoigne d'un milieu de sédimentation calme ; l'épaisseur des formations est la conséquence d'une subsidence du fond. La précipitation d'évaporites nécessite une évaporation intense, condition qui n'est réalisée que sous climat aride.

- *Les niveaux dolomitiques* sont généralement bien lités, même souvent finement laminés montrant des ripples-marks et des fentes de dessiccation. Ce sont des dépôts de milieu calme et peu profond.

- *Les Grès à roseaux* renferment des restes de végétaux continentaux et des lignites. Ils sont interprétés comme un dépôt fluviatile de chenaux anastomosés ou méandrés (Palain, 1966) qui témoigne d'une régression.

- *Les Grès rhétiens* renferment au contraire une faune marine. Ce sont des grès fins, à stratification horizontale déposés dans un milieu marin restreint, relativement calme.

- **Séquences sédimentaires.** Le Trias supérieur peut être divisé en deux cycles sédimentaires (Bourquin et Guillocheau, 1993). Après une régression durant laquelle se déposent les couches à lignites de la Lettenkohle, la mer pelliculaire transgresse et dépose les Marnes irisées inférieures puis se retire à la base des Grès à roseaux.

Une nouvelle transgression donne naissance aux Marnes rouges intermédiaires, à la Dolomie-mœllon, aux Marnes irisées supérieures et aux Grès rhétiens. Ce deuxième cycle se termine par une phase régressive marquée par les Marnes de Levallois.

## Jurassique

Le Jurassique est divisé ici en séquences sédimentaires séparées par des discontinuités qui se traduisent dans la sédimentation soit par des lacunes, soit par des changements de faciès importants.

L'histoire sédimentaire du Jurassique se divise en quatre grandes étapes :

- la sédimentation terrigène du Lias ;
- l'installation des plates-formes carbonatées du Dogger ;
- la sédimentation terrigène callovo-oxfordienne ;
- l'installation des plates-formes carbonatées du Malm.

### Sédimentation terrigène du Lias

Les faciès du Lias sont assez uniformes sur de grandes distances et les séquences et les discontinuités sont relativement bien datées grâce aux ammonites. Le cycle liasique comprend une partie à tendance transgressive englobant le Lias inférieur et moyen et une partie à tendance régressive correspondant au Lias supérieur.

• **Lias inférieur et moyen.** La transgression liasique s'est effectuée en cinq étapes.

- Les niveaux lenticulaires, condensés et très variés de l'*Hettangien* sont séparés par de nombreuses lacunes de sédimentation. Dans les collines préjurassiennes, l'*Hertangien* ne peut pas être divisé en séquences car il est très réduit ; il peut être considéré comme un niveau condensé de cortège transgressif.

- *La séquence sinémurienne* est caractérisée par une homogénéité de la sédimentation ; le faciès Calcaire à gryphées envahit tout l'Est de la France. Dans les collines préjurassiennes une importante discontinuité située au sommet de la zone à Birchi termine cette séquence. Elle est matérialisée par une surface perforée et rubéfiée.

- *La séquence lotharingienne* débute par des marnes et se termine par une alternance de bancs calcaires et de lits marneux dont le sommet renferme des niveaux à nodules phosphatés.

- *Le Carixien* très réduit n'est représenté que par quelques flaques lentilles datées de la zone à Jamesoni et par un niveau plus constant mais très peu épais, le banc à Davoei. La zone à Ibex n'a jamais été mise en évidence dans la région. Comme l'*Hettangien*, il correspond à un faciès de cortège transgressif.

- *La séquence domérienne* est la plus épaisse. Typiquement klupfélienne, elle débute par des marnes et se termine par des calcaires marneux

surmontés d'une importante discontinuité d'extension européenne et qui est matérialisée par une lacune (Contini et Lamaud, 1978) accompagnée d'un bouleversement paléogéographique.

• **Lias supérieur.** Après une lacune du Toarcien basai, le Lias supérieur, caractérisé par une tendance générale régressive est formé de trois séquences.

- La plus inférieure, très homogène sur l'ensemble de la région, comprend la formation des « Schistes carton ». C'est un dépôt finement laminé, de milieu calme et relativement profond. Les conditions euxiniques qui régnaient dans le sédiment ont permis la conservation de nombreux fossiles sans coquille comme les poissons et d'une partie de la matière organique.

- Au Toarcien moyen la paléogéographie se diversifie, la sédimentation tout en restant à dominante marseuse devient plus irrégulière entrecoupée de lacunes et de niveaux condensés comme par exemple au sommet de la zone à Bifrons ou dans la zone à Thouarsence.

- La dernière séquence aaléno-toarcienne, débute à la zone à Pseudoradiosa et se poursuit jusque dans la zone à Murchisonae. Elle se termine par la première formation carbonatée de milieu peu profond et de haute énergie (les Calcaires oolitiques de Vellefaux). Cet embryon de plate-forme carbonatée prend naissance sur le haut-fond nord jurassien (Contini, 1970). Sur la feuille Lure, l'Aalénien moyen change latéralement de faciès, il s'enrichit en particules détritiques (quartz) et devient franchement gréseux en allant vers l'Est, vers Belfort.

### **Plates-formes carbonatées du Dogger**

• **Partie inférieure du Dogger.** La première plate-forme carbonatée s'est ébauchée à l'Aalénien moyen autour du haut-fond nord-jurassien.

Après la régression de la fin du Lias, la sédimentation sur le haut-fond nord-jurassien est lenticulaire et lacunaire : les zones à Concavum, à Discites et à Ovalis ne sont représentées que par quelques dépôts lenticulaires peu épais.

Ce n'est qu'avec les zones à Sauzei et Humpriesianum que la sédimentation reprend et que s'édifie une plate-forme carbonatée qui s'étend sur tout le Nord-Est de la France, sauf le Nord de l'Alsace. Elle donne naissance à des accumulations bioclastiques (Calcaires à entroques de Vesoul), à quelques constructions récifales (biostromes) et même à des faciès de lagon dans la région d'Onans et de Courchaton ; c'est la *première plate-forme du Dogger (plate-forme bajocienne)*. La sédimentation sur cette plate-forme se termine par une des plus importantes discontinuités du Jurassique, discontinuité accompagnée de modifications paléogéographiques dues à des mouvements tectoniques (Contini et Mangold, 1980).



- **Partie moyenne du Dogger.** À tendance transgressive au Bajocien supérieur, elle devient régressive au Bathonien.

Après une lacune de la base du Bajocien supérieur, une succession de petites séquences reconstruisent la *deuxième plate-forme du Dogger* au cours du Bajocien supérieur et du Bathonien inférieur et moyen. Les plus épaisses dans la région étudiée sont la séquence de la zone à Parkinsoni (Grande oolite) et la séquence inférieure du Bathonien (Calcaires de Mailley).

Des interruptions de sédimentation accompagnées d'indices d'émersion (structures fenestrées) et d'une surface rubéfiée terminent cette première étape qui est suivie d'un envasement partiel de la plate-forme par la vasière à *Rhynchonella alemanica*.

### **Sédimentation terrigène bathono-oxfordienne**

La sédimentation débute par de petites séquences à tendance transgressive d'âge bathonien supérieur à callovien supérieur et se termine par une grande séquence klupfélienne à tendance régressive : la séquence inférieure de l'Oxfordien.

- **Complexe transgressif bathono-callovien.** Au Bathonien supérieur on assiste dans la région à une disparition des plates-formes carbonatées qui sont noyées par une transgression marine et en même temps à une modification radicale de la paléogéographie due à des mouvements tectoniques.

Sur la feuille Lure, la sédimentation carbonatée s'interrompt au Bathonien supérieur. Les Marnes à rhynchonelles représentent le terme inférieur d'une séquence qui se termine au Callovien inférieur avec la « Dalle nacrée ». La sédimentation carbonatée disparaît totalement du Callovien moyen à l'Oxfordien inférieur, période pendant laquelle on trouve beaucoup de niveaux condensés (oolites ferrugineuses du Callovien moyen).

- **Séquence inférieure de l'Oxfordien.** Cette grande séquence débute au Callovien terminal (sommet de la zone à Lamberti) et se termine au sommet de l'Oxfordien moyen. Après une sédimentation marneuse au Callovien supérieur et à l'Oxfordien inférieur, on assiste à un changement radical de la paléogéographie à la base de la zone à Transversarium : c'est la naissance de la *plate-forme carbonatée rauracienne*.

### **Plates-formes carbonatées du Malm**

- **Plate-forme rauracienne** (Enay et *al*, 1988 ; Contini, 1990). Elle prend naissance au sommet de la séquence précédente, c'est la première plate-forme carbonatée du Malm, elle occupe la région située au Nord-Ouest du

Faisceau salinois et s'étend jusqu'au Sud du Fossé rhénan. Elle comprend des formations récifales, des épandages oolitiques et bioclastiques (Oolite corallienne de Pagnoz) ainsi que des faciès de lagon (Calcaires de Clerval).

Progressivement la paléogéographie de cette plate-forme carbonatée peu profonde se diversifie, les accumulations bioclastiques et oolitiques forment des « barrières » à l'abri desquelles se déposent des matériaux fins. Dans la région située entre Héricourt et Montbéliard, au Sud-Est de la carte, les faciès de lagon sont relativement épais.

- **Plate-forme séquanienne.** La plate-forme rauracienne disparaît complètement à la base de l'Oxfordien supérieur laissant la place à la vasière séquanienne dont la naissance résulte d'une transgression. Les Marnes de Besançon, renferme des lumachelles de lamellibranches et de gastéropodes de très petites tailles riches en individus mais oligospécifiques (comprenant deux ou trois espèces) parfois même monospécifiques. Cela témoigne d'un milieu confiné très sélectif.

Au sommet de l'Oxfordien, une nouvelle plate-forme carbonatée se reforme : la plate-forme séquanienne caractérisée par le grand développement des faciès de lagon protégé et peu profond (Calcaires de Besançon).

- **Plate-forme ptérocérienne.** Dans toute la région, la plate-forme séquanienne disparaît sous la vasière ptérocérienne. Les Calcaires et Marnes de Chargey renferment des faunes de milieu marin franc : brachiopodes et quelques rares ammonites.

Mais très rapidement se reforme une plate-forme encore plus étendue que la précédente : la plate-forme ptérocérienne. Elle possède des faciès variés : calcaires oolitiques, calcaires à stromatoporidés et se termine par des calcaires finement laminés, des tidalites à nombreux indices d'émersion.

- **Plate-forme portlandienne.** La plate-forme ptérocérienne va disparaître à son tour sous les faciès marneux de la vasière virgulienne au cours de la zone à Mutabilis. Au Nord-Ouest du faisceau salinois la vasière virgulienne persiste presque jusqu'au sommet du Kimméridgien. On peut considérer cette vasière comme un milieu marin assez calme où les lamellibranches sont très nombreux. Leur activité de filtration favorise le dépôt des particules fines.

La dernière plate-forme carbonatée du Jurassique (portlandienne) n'affleure pas sur la carte Lure. Elle se termine par une émersion au Portlandien supérieur.

Il n'y a aucune trace de dépôts crétacés dans les conglomérats tertiaires du golfe de Montbéliard, mais le Crétacé est présent au Sud-Ouest de la carte dans la dépression de l'Ognon.

### *FORMATIONS CÉNOZOÏQUES*

#### **Argiles sidérolithiques**

Ce sont des formations continentales d'origine pédologique. Elles sont formées :

- de produits d'altération des roches,
- de produits exogènes d'origine éolienne,
- de grains ferrugineux d'origine pédologique.

Pendant une longue période s'étendant du Crétacé terminal à l'Eocène, la région émergée a été soumise à l'altération ferrallitique et à la karstification. Ces anciens sols ont ensuite été érodés et une partie des produits a été entraînée et piégée dans des cavités karstiques. Les traces de ces phénomènes sont conservées sur les plateaux calcaires au Nord de Montbéliard.

#### **Calcaires lacustres**

Ces calcaires finement laminés, se sont formés dans un milieu calme. La région sud du Fossé rhénan commence à s'affaisser et des lacs s'installent dans la dépression.

#### **Système de Bourogne**

Dans la région de Montbéliard, il est en grande partie conglomératique, formé de galets arrondis de Jurassique supérieur.

A l'Eocène supérieur, la tectonique rhénane donne naissance au Fossé rhénan qui sera occupé par un lac dont la géographie sera différente du précédent. En bordure de ce lac, les reliefs de failles attaqués par l'érosion alimentent les conglomérats du Système de Bourogne.

### *ÉVOLUTION TECTONO-MÉTAMORPHIQUE*

#### **Orogenèse varisque**

- **Structure de la croûte.** Au niveau de la carte Lure, la croûte continentale montre un amincissement de l'ordre de 4 à 5 km.

Cette zone à croûte amincie relie les bassins carbonifères du Morvan aux bassins carbonifères du Sud des Vosges. Elle semble avoir joué un rôle

important dans l'évolution paléogéographique et tectonique de la région depuis le Paléozoïque jusqu'au Cénozoïque.

- **Tectonique siluro-dévonienne.** Le Sud des Vosges fait partie de la zone arveno-vosgienne, structurée et métamorphisée au Siluro-Dévonien. Les séries antérieures à cet événement n'affleurent pas sur la feuille Lure, mais les conglomérats du massif de Chagey interstratifiés dans la Série flyschöide du Bois de la Gigoutte renferment des galets de roches métamorphiques antérieures au Dévonien supérieur, qui témoignent de la présence de cet ancien socle métamorphique.

- **Tectonique fini-dévonienne « phase bretonne ».** J.L. Schneider (1990) signale une tectonique tangentielle tardi-dévonienne qui aurait donné naissance à la schistosité observée dans les Schistes du Salbert rangés dans le Famennien.

Dans le massif du Salbert, les terrains sont très plissés (plis anisopaques) et affectés d'une schistosité.

On peut distinguer deux ensembles séparés par une faille matérialisée par un filon de quartz :

- un ensemble nord à pendage nord et formant une structure anticlinale très plissotée ;
- un ensemble sud à pendage sud.

Ces structures induites par des contraintes N-S sont décalées par des cisaillements N 150.

À la suite de cette phase s'ouvre le bassin dinantien des Vosges du Sud, bassin transcurrent contrôlé par d'importants phénomènes distensifs qui induisent une subsidence active et un magmatisme abondant au Viséen.

- **Tectonique viséenne.** Dans le massif de Chagey, les terrains dévoniens sont chevauchants sur les séries volcano-sédimentaires viséennes. Ce chevauchement à vergence SSW est contemporain des plissements qui ont affecté le Sud des Vosges sur les feuilles Giromagny et Thann. Ces structures sont recoupées par des cisaillements N40 et N150.

Les éléments structuraux liés à la tectonique carbonifère comportent deux directions principales d'accidents :

- les chevauchements N110-130 et les plis à vergence SSW qui affectent le Viséen, mais pas le Houiller,
- les cisaillements N40 recoupant ces plis.

Sur la feuille Thann, F. Ménillet et *al* (1989) ont mis en évidence une discordance entre le Viséen inférieur et le Viséen supérieur. La tectonique viséenne provoque l'émersion de la région et est accompagnée d'un important magmatisme.

- **Tectonique carbonifère supérieur.** Le bassin houiller de Ronchamp, comme celui de Blanzky, est situé dans la zone d'amincissement crustale. Cette zone a pu jouer en cisaillement et donner naissance à de petits bassins sédimentaires lacustres en régime transcurent.
- **Tectonique permienne.** Le bassin permien est limité au Nord par des failles dont certaines sont synsédimentaires. La limite sud n'est pas connue, car elle est cachée sous les terrains secondaires.

La structuration du bassin est en grande partie contemporaine de la sédimentation ; en effet, alors qu'en surface les terrains permien sont subhorizontaux, le fond du bassin, c'est-à-dire les terrains houillers forment une cuvette « synclinale » compliquée de petits bombements « anticlinaux » qui sont en fait des horsts. La structuration permienne a provoqué des érosions puisque dans certains sondages (Belverne, Lomont) et près du massif de Chagey, le Permien semble reposer directement sur le Dévono-Dinantien.

### Orogenèse alpine

- **Tectonique rhénane (Paléocène).** La région se trouve dans une zone ayant fonctionné en transduction interprétée comme une « zone transformante » (Contini et Théobald, 1972 ; Vialon et *al*, 1976 ; Bergerat, 1977).

C'est au Paléocène que se forment les accidents rhénans qui ont contrôlé la sédimentation éocène supérieur (système de Bourogne), mais également les accidents de l'Ognon que l'on suit depuis le massif de la Serre au Sud-Ouest, jusqu'au Nord de Belfort.

Les accidents de l'Ognon jalonnent une zone de cisaillement senestre reliant le fossé de la Saône au Fossé rhénan. Ils ont donné naissance à des zones soulevées en horsts, des extrusions (ou poissons) comme le massif de la Serre, le horst de Chazelot, et sur la feuille Lure les massifs de Chagey et du Salbert, mais également à des zones effondrées en petits fossés de type *pull-apart* comme la zone baptisée « des synclinaux de l'Ognon ».

Sur la feuille Lure, on ne trouve que des régions soulevées en horst que l'on suit du Sud-Ouest vers le Nord-Est depuis le horst muschelkalk de Villersexel jusqu'au horst dévonien du Salbert. Ces horsts sont décalés par des accidents subméridiens senestres.

- **Tectonique jurassienne (Néogène).** Dans cette région, la tectonique jurassienne va provoquer une compression donnant naissance à des

cisaillements dans les formations compétentes comme dans le socle, les grès du Trias inférieur, les calcaires du Jurassique moyen, tandis que les niveaux incompétents subissent des réductions d'épaisseur ou des ondulations, de petits plis mis en évidence dans le Rhétien et le Sinémurien de la région de Fallon (Théobald et Contini, 1960) et dans la Dalle nacrée vers Argiesans.

En résumé les accidents tertiaires les plus fréquents sont des failles :

- les unes N60 qui limitent les horsts et provoquent dans la couverture des suppressions de séries,
- les autres N40 qui déterminent des zones de horsts et de fossés dans la partie ouest de la carte,
- enfin les collines préjurassiennes sont découpées par de nombreuses failles N0 et N160.

## SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE

### Histoire hercynienne

Dans le Sud des Vosges comtoises, toutes les roches plus anciennes que le Dévonien supérieur sont fortement métamorphisées ou magmatiques. Ce sont par exemple les Gneiss de la région de Luxeuil. La région a été structurée très précocement par une *phase paroxismale siluro-dévonienne* qui correspond à la fermeture de l'Océan hercynien médio-européen.

Sur cette région tectonisée s'installe une mer épicontinentale dans laquelle se forme une *plate-forme carbonatée* vers Chagey au début du Dévonien supérieur (dépôt des Calcaires de Chagey et des « Schistes troués »).

À la suite d'une tectonique tangentielle mise en évidence dans la Ligne des klippes dans les Vosges méridionales (Schneider, 1990) il se forme un bassin sédimentaire subsident : *le bassin volcano-sédimentaire dévono-dinantien des Vosges du Sud* (Schneider et Gall, 1992). Il se remplit de matériel détritique et même conglomératique vers Chagey ; ces dépôts sont interprétés comme d'anciens cônes alluviaux (Schneider, 1990) : c'est *la Série flyschöide du Bois de la Gigoutte* dans laquelle le volcanisme est absent. Cet épisode n'est pas daté, il a été placé à la limite Dévonien-Dinantien.

Le bassin est ensuite comblé par des formations volcano-sédimentaires épaisses et variées d'âge viséen.

L'ensemble a été déformé par une *phase de compression viséenne* accompagnée d'un important magmatisme calco-alkalin mis en place dans une zone en transpression.

Cette phase orogénique induit des reliefs au pied desquels se forme un bassin lacustre où se déposent les couches du *Houiller de Ronchamp*.

Après de nouveaux mouvements tectoniques qui provoquent des failles et des déformations à grand rayon de courbure dans le Houiller (ce sont des horsts et des fossés plutôt que des anticlinaux), se déposent, sous un climat à saisons alternées, les séries épaisses et détritiques du Permien du bassin de Giromagny qui proviennent de l'érosion des reliefs hercyniens. Les failles qui ont structuré le bassin permien sont d'ailleurs contemporaines de la sédimentation.

### **Histoire alpine**

L'érosion se poursuit au Trias et des dépôts fluviaux parfois grossiers couvrent la région qui est soumise à un climat relativement aride.

La transgression du Muschelkalk recouvre la région d'une mer pelliculaire dans laquelle prennent naissance des évaporites et des carbonates ; la sédimentation marine est interrompue par des épisodes régressifs (Lettenkohle, Grès à roseaux).

Une transgression plus importante s'amorce au Rhétien et s'accroît à l'Hettangien. A partir du Lias on trouve des faciès marins francs riches en ammonites. La profondeur de la mer est suffisante pour que se déposent des particules argileuses sauf pendant les périodes de bas niveaux marins qui correspondent souvent à des lacunes ou à des niveaux un peu plus carbonatés.

Le Dogger est marqué par l'apparition des carbonates, apparition due à une diminution de la profondeur de la mer. Il se forme un haut-fond sur lequel s'établissent les plates-formes carbonatées du Jurassique moyen. La feuille Lure est située à la limite nord-est des plates-formes du Bathonien supérieur et du Callovien inférieur.

Les plates-formes carbonatées disparaissent du Callovien moyen à l'Oxfordien inférieur. De nouvelles plates-formes peu profondes se reforment ensuite pendant tout le Jurassique supérieur. Contrôlée par les oscillations eustatiques ainsi que par des mouvements épirogéniques, la sédimentation carbonatée est interrompue périodiquement par des émergences suivies de transgressions qui donnent naissance à des vasières temporaires (ptérocécienne, virgulienne).

Aucune trace de Crétacé n'a été retrouvée sur la feuille Lure, même sous

les sédiments tertiaires ou dans ces derniers sous forme de galets. Ou bien le Crétacé ne s'est pas déposé dans cette région ou bien il a été complètement érodé avant l'Éocène. Le Crétacé existe plus au Sud-Ouest dans la dépression de l'Ognon et il est plus probable que la région de Lure ait émergé au Crétacé supérieur et que les sédiments crétacés aient été érodés au cours de cette période. Cette émergence peut être la conséquence du bombement de la lithosphère qui précède le rifting du Fossé rhénan.

La dépression du Fossé rhénan s'amorce à l'Eocène et permet l'installation d'un lac dans la région de Montbéliard, puis la formation de reliefs de failles induit le dépôt des formations conglomératiques en bordure du fossé.

Le Fossé rhénan et le Fossé de la Saône sont reliés par une « zone transformante » que l'on peut suivre de la Serre à Belfort et le long de laquelle le mécanisme de cisaillement senestre induit la naissance d'une part, de petits bassins en *pull-apart* dans la dépression de l'Ognon entre Montbozon et Moncey, bassins dans lesquels s'accumulent des conglomérats et d'autre part, de horsts (La Serre, Chazelot, Chagey, Salbert).

La région subit au Néogène les contre-coups de la tectonique jurassienne qui se traduit par une compression N130.

### ***GÉODYNAMIQUE RÉCENTE***

La néotectonique est difficile à mettre en évidence dans cette région. En étudiant l'évolution du réseau hydrographique on peut mettre en évidence un léger soulèvement de la région au cours du Quaternaire. Les alluvions les plus anciennes observées au Nord de Montbéliard se trouvent perchées à plus de 100 m au-dessus de la vallée de la Lizaine.

Le Rahin supérieur qui s'écoulait jusqu'au Quaternaire moyen vers le Sud en empruntant la vallée de la Lizaine a été détourné vers la vallée de l'Ognon par un barrage morainique.

### ***GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT***

#### ***OCCUPATION DU SOL***

#### **Sols, végétations et cultures**

La grande variété des terrains explique la diversité des paysages rencontrés sur la feuille Lure.



Les formations à dominante siliceuse sont en grande partie boisées : ce sont les terrains dévoniens, les terrains dinantiens et les roches volcaniques associées, les grès du Trias inférieur et les Grès rhétiens. Les plus belles hêtraies sont implantées sur les grès du Trias inférieur (Bois de Chérimont).

Les formations à dominante marneuse (certains niveaux du Permien, du Trias moyen et supérieur, le Lias et l'Oxfordien inférieur) sont en pâturages.

Dans les régions non remembrées, au milieu des talus marneux du Trias supérieur et du Lias, la Dolomie-moellon d'une part et les « Schistes carton » d'autre part forment de petits ressauts plantés en arbres fruitiers.

En ce qui concerne les formations calcaires, la couverture végétale varie suivant la morphologie et le faciès. La forêt domine dans les zones de cuesta où les calcaires forment des falaises ou des pentes rapides et sur les talus d'éboulis situés au pied de ces reliefs.

La couverture forestière est importante également sur les calcaires fins en bancs compacts qui ne sont recouverts que par un sol très peu épais et irrégulier, car la surface de ces calcaires forme des lapiez. C'est le cas des calcaires du Bajocien moyen, du Bathonien inférieur et de l'Oxfordien supérieur.

Enfin des champs cultivés sont installés sur les séries marno-calcaires (Muschelkalk supérieur, Sinémurien, Lotharingien supérieur, Bathonien supérieur, Kimméridgien supérieur) ou sur les calcaires bioclastiques en plaquettes du Bajocien inférieur lorsqu'il forme des replats (qui sont d'ailleurs rares sur la feuille Lure), du Bajocien supérieur de la Dalle nacrée et parfois de l'Oolite corallienne de l'Oxfordien moyen.

Les alluvions anciennes sont boisées lorsque leur substratum est imperméable (marnes du Muschelkalk moyen ou Keuper) ; elles sont cultivées lorsqu'elles sont sur substratum drainant comme les calcaires (Muschelkalk supérieur).

Les alluvions récentes formant les plaines inondables étaient classiquement laissées en prairies. Malheureusement depuis quelques années on tend à les transformer en champs labourés afin d'y cultiver le maïs, ce qui modifie la qualité de l'eau des nappes alluviales.

## **Géographie humaine**

La région couverte par la carte Lure est un secteur essentiellement agricole dont les deux ressources principales sont la forêt et l'élevage.

Il y a cependant deux pôles urbains situés aux deux extrémités de la carte :

- au Nord-Ouest, l'agglomération de Lure qui s'étend aux villages voisins (Roye, la Côte) à laquelle on peut associer Ronchamp,
- la bordure est, est sous l'influence des districts urbains de Belfort au Nord (Cravanche, Essert, Bavilliers) et de Montbéliard au Sud (Béthoncourt, Grand-Charmont) auxquels on peut rattacher Héricourt.

Les voies de communication routières comprennent trois axes principaux : au Nord la NP 19 entre Lure et Belfort, au milieu, traversant la carte en diagonale, la N 438 entre Lure et Héricourt, et au Sud-Est, la NP 83 qui relie Belfort à Besançon.

### *ÉLÉMENTS DE GÉOTECHNIQUE*

Des problèmes de stabilité se posent dans certains niveaux marneux comme les marnes du Muschelkalk moyen vers Saint-Ferjeux, les marnes du Keuper, les marnes du Lias dans la région de Belfort (Essert, Buc, Échenans ...) et les marnes oxfordiennes dans la région d'Héricourt.

La karstification est importante dans les formations carbonatées du Muschelkalk supérieur, du Jurassique moyen et du Jurassique supérieur.

### *RISQUES NATURELS*

Mis à part les inondations et quelques glissements de terrains sur les talus liasiques des collines préjurassiennes, les risques naturels sont très réduits.

Les tremblements de terre ressentis dans la région peuvent avoir deux origines :

- soit la partie sud du Fossé rhéna,
- soit la région d'Épinal-Remiremont dans les Vosges.

Il faut toutefois souligner que l'on se trouve sur le système faillé de l'Ognon, zone « transformante » reliant le Sud du Fossé rhéna au Nord du Fossé de la Saône, zone qui a été le siège de quelques séismes plus au Sud-Ouest (région de Rioz).

### *RESSOURCES EN EAU*

#### **Hydrogéologie**

- **Les eaux du socle dévono-dinantien.** Généralement constitués de roches imperméables mais fissurées, ces terrains donnent des sources de faibles débits et souvent temporaires.

• **Les eaux du Permien.** La perméabilité du Permien est faible, même dans les niveaux gréseux et conglomératiques. De nombreuses petites sources donnent naissance à des ruisseaux ou alimentent des étangs.

• **Les eaux des grès du Trias.** Ces grès forment une couverture importante dans les régions de Clairegoutte, Lomont, Faymont, Mignavillers, Champey et Chagey. C'est un des meilleurs réservoirs d'eau potable de la région et plusieurs communes possèdent des captages situés dans les grès du Trias.

Les sources, nombreuses, donnent parfois de bons débits et fournissent une eau de bonne qualité.

Il existe plusieurs niveaux de sources dans la série gréseuse :

- le plus important est situé à la base et provient des Grès de l'Arsot qui sont friables, mal cimentés et par conséquent perméables ;
- un autre niveau de sources sort au-dessus de la Zone-limite violette à la base des Grès intermédiaires ;
- enfin des sources de moindre importance proviennent des Grès argileux ou des Grès coquilliers ;
- Lure possède des captages dans les grès du Trias mais ils sont situés en dehors de la carte, au mont de Vannes ;
- les localités de Mignavillers, Moffans, Lyoffans, Lomont, Courmont, Faymont, Clairegoutte, Frédéric-Fontaine, Magny Danigon, ainsi que les syndicats de Saulnot et de Villers-sur-Saulnot sont alimentés par l'eau des grès du Buntsandstein ;
- Héricourt possède également des sources dans ces formations.

La série gréseuse fournit des eaux très pures, faiblement minéralisées à pH acide (5 à 6) avec une dominance chlorurée-magnésienne.

• **Les eaux du Calcaire coquillier.** Le Calcaire coquillier renferme une nappe karstique. Les émergences sortent souvent des niveaux dolomitiques correspondant aux couches blanches du sommet du Muschelkalk moyen.

Les eaux sont très chargées en cations de calcium et de magnésium et en anions sulfates, bicarbonates et chlorures. Ce sont des eaux dures qui troublent par temps de pluies.

Dans la région, le syndicat de Crevans et le village de Géorfans utilisent des sources provenant de ce niveau.

• **Les eaux de la Dolomie-moëllon.** Comme celles du Muschelkalk, les eaux de la Dolomie-moëllon troublent par temps de pluie et sont assez dures.

Des captages étaient utilisés pour l'alimentation des fontaines à Mélecey.

- **Les eaux des Grès rhétiens.** De nombreuses petites sources sortent à la base des Grès rhétiens et elles fournissent une eau de bonne qualité ; mais dans les collines préjurassiennes, le pendage étant assez fort, les affleurements sont réduits et les débits des sources sont faibles.
- **Les eaux du Calcaire à gryphées.** Ces eaux d'origine karstique sont peu utilisées car elles troublent par temps de pluie. La commune de Courchaton possède des puits dans ce niveau.
- **Dans le Lias moyen et supérieur,** les niveaux aquifères donnent de très faibles débits, mais on trouve de petites sources à la base du Domérien supérieur et parfois à la base des « Schistes carton » du Toarcien.
- **Les eaux du Jurassique moyen.** Le Jurassique moyen est drainé par un important réseau karstique.

Le niveau de sources le plus important est celui situé à la base des calcaires de l'Aalénien au contact des marnes du Lias. Ces sources sortent soit directement de la base de la falaise calcaire, soit du manteau d'éboulis qui s'est formé au pied de cette falaise.

Les débits sont parfois intéressants car les bassins d'alimentation sont importants.

La qualité des eaux est souvent médiocre, car elles troublent par temps de pluie, mais certaines sources dont les bassins d'alimentation sont entièrement boisés peuvent être utilisées. De plus, ce sont des eaux très dures, riches en calcium et en magnésium comme la source du Vannet de Gonvillars qui possède un taux de magnésium de 20 mg/l.

Il faut citer le captage du Vernoy qui alimente un syndicat.

- **Les eaux des Calcaires argileux de Bonnevaux (faciès argovien).** Comme cette formation est souvent recouverte de forêts et que les conduits karstiques sont de petites dimensions, elle donne naissance à des sources d'assez bonne qualité, normalement minéralisées, dont le pH oscille entre 6,6 et 7. Lorsque les bassins d'alimentation ne sont pas boisés, la qualité des eaux est médiocre, c'est le cas à Laire.
- **Les eaux du Jurassique supérieur calcaire.** Les calcaires du Jurassique supérieur qui forment les plateaux situés dans l'angle sud-est de la feuille sont drainés par un réseau karstique dont les exurgences importantes se trouvent au Sud des limites de la carte.

• **Les eaux des formations fluviales.** Ce sont les plaines alluviales qui renferment les principales nappes aquifères et en ce qui concerne la feuille Lure, les vallées renfermant des nappes exploitables et de bonne qualité sont au nombre de trois l'Ognon et le Rahin au Nord-Ouest, la Savoureuse au Nord-Est.

Les alluvions des autres vallées sont beaucoup trop colmatées pour fournir de bons débits.

Ces vallées renferment une épaisseur d'alluvions de l'ordre de 7 à 8 m, mais dans des zones de surcreusement, elle peut dépasser 12 m.

Les sables et graviers ne sont pas recouverts de limons comme c'est le cas plus en aval, cela présente un avantage : c'est que la nappe est libre donc l'eau n'est pas ferrugineuse, mais également un inconvénient : il n'y a pas de protection contre les infiltrations.

Le syndicat de Gouhenans est alimenté par des puits creusés dans les alluvions de l'Ognon au Nord-Est des Aynans. L'eau faiblement minéralisée est agressive.

### *SUBSTANCES UTILES, EXPLOITATIONS ET RESSOURCES MINIÈRES ACTUELLES ET ANCIENNES<sup>1</sup>*

#### **Roches combustibles**

• **Houille dans les terrains houillers.** Les exploitations souterraines avec vestiges apparents sont les suivantes :

- Puits Sainte Barbe (443-3X-0008)
- Puits Sainte Pauline (443-3X-0009)
- Puits Saint-Georges (443-3X-0010)
- Puits du Tonnet
- Puits Notre Dame d'Éboulet (443-2X-0017)
- Puits du Magny (443-2X0016 ; 443-2X-4003)
- Puits du Chanois (443-2X-0018 ; 443-1X-4003)
- Puits Arthur de Buyer (443-2X-0003 ; 443-2X-4002).

L'exploitation de houille a été abandonnée en 1954.

• **Houille dans les terrains triasiques** (base de t5-6). Les très anciennes exploitations de charbons ligniteux en couches de faibles épaisseurs sont :

<sup>1</sup> Repérage : Denis Morin et Jean-Jacques Parietti.

- Gouhenans (principaux puits) (443-5X-0016 ; 443-5X-4001, 4003)
- Gémonval (443-6X-4004)
- Corcelles (443-6X-4003).

De nombreuses autres exploitations existent dans ce secteur.

A Champey, une exploitation souterraine est non retrouvée.

- « **Schistes carton** » du **Toarcien**. Les « schistes carton » sont épais dans cette région (20 m) et renferment de la matière organique, mais la tectonique et la teneur trop faible en hydrocarbures ne permettent pas la rentabilité de l'exploitation.

## **Minerai de fer**

### • **Paléozoïque**

- Dans le Dévonien du massif du Salbert, le filon du Salbert (Territoire de Belfort), produisait de l'*oligiste* en 1848 (Delbos et Kœchlin-Schlumberger, 1986- 1867).

- Amas de minerai de fer liés au volcanisme.

Les deux gîtes de Haute-Saône Saulnot et Coisevaux sont des amas de minerai siliceux à *oligiste* liés au volcanisme du massif de Chagey. À Saulnot, la minéralisation s'étend sur plus de 5 km, le travail souterrain de la Claie Jeansire attaquait un amas de 4 m de puissance et 12° de pendage SSW(Thirria, 1833).

- Site paléozoïque : Mine de Saulnot (443-6X-4001).

A Chagey, à signaler des filons *d'hématite* exploités dès le XVI<sup>e</sup> siècle pour l'approvisionnement de la forge proche (site archéologique protégé).

### • **Mésozoïque**

- *Le minerai de fer toarcien* : Bournois, sur la feuille de Montbéliard, semble être la localité la plus orientale où le minerai offre une épaisseur suffisante (1 m à 1,5 m) pour avoir justifié une exploitation (Resal, 1864).

- *Le minerai de fer aalénien* n'a jamais été exploité sur la feuille Lure car les niveaux de minerai de fer sont peu épais. On trouve d'anciennes exploitations au Sud-Ouest à Grammont.

- *Les minerais de fer du Callovien*. L'Oolite ferrugineuse du Callovien pas assez riche en fer, n'a jamais fait l'objet d'une exploitation dans cette région.

- **Cénozoïque**

- *Les minerais de fer de l'Eocène ou « Sidérolithique »*. L'Eocène continental à faciès sidérolithique est bien caractérisé dans le Nord-Est de la Franche-Comté. Il y renferme un minerai pisolitique qui est à l'origine du développement de l'industrie sidérurgique du Pays de Montbéliard et du Belfortais.

**Caractéristiques** : les formations dites « sidérolithiques » se présentent sous plusieurs faciès ayant cependant tous pour point commun de contenir dans des proportions variables des concrétions d'hydroxydes de fer. La gangue peut être une argilite tantôt rouge, tantôt blanche ou rose, ou un conglomérat calcaire assez pauvre en pisolites. Parfois la concentration d'hydroxydes de fer forme une véritable croûte.

Les gîtes d'âge éocène certain ou probable sont localisés aux environs de Montbéliard : Grand-Charmont, Béthoncourt, Montbéliard, Nommay, Sainte-Suzanne.

En Haute-Saône, les gîtes de Brevilliers et Bussurel, situés dans le prolongement de celui de Béthoncourt se présentent sous forme de profondes poches karstiques remplies de minerai argileux, l'exploitation se faisait par puits de plusieurs dizaines de mètres de profondeur.

- *Gîtes de minerais de fer résiduel ou de remaniement d'âge indéterminé.*

Ils sont signalés dans le Doubs, dans les collines préjurassiennes à Faimbes.

- Sites cénozoïques indiqués sur la carte :

- Héricourt (443-7X-0030)

- Bussurel (443-8X-0011)

De nombreuses autres exploitations minières ne sont pas signalées parce que très dispersées dans le secteur SSE de la carte (Brevilliers ...).

- Mine de Grand Charmont (443-8X-4001).

D'autres puits étaient signalés autrefois dans la région de Béthoncourt.

## **Carrières**

- **Grès**. Les grès les plus exploités étaient les Grès à *Voltzia* qui ont été utilisés pour la construction des églises, des fontaines etc. La dernière exploitation de Grange-la-Ville a été abandonnée il y a une dizaine d'années.

Les Grès de l'Arsot, très friables, sont exploités comme sable dans la région de Saulnot.

Les Grès rhétiens ont servi à la construction dans les collines préjurassiennes.

• **Calcaires.** De nombreux niveaux calcaires ont été exploités pour la construction.

Les principaux sont :

- le Muschelkalk supérieur,
- la Dolomie-moellon,
- le Sinémurien,
- les Calcaires à entroques du Bajocien inférieur,
- la Grande oolite du Bajocien supérieur,
- la Dalle nacrée,
- l'Oolite corallienne de l'Oxfordien moyen.

Actuellement, les carrières ouvertes pour faire des granulats se limitent à quelques niveaux :

- le Muschelkalk à Vellechevreaux,
- le Bajocien à Arcey, Argiésans et Courchaton,
- la Dalle nacrée dans la région d'Héricourt.

• **Alluvions.** Les alluvions des rivières en provenance des Vosges sont très recherchées car elles renferment des sables et des graviers siliceux.

De nombreuses exploitations ont été ouvertes dans les plaines de l'Ognon et du Rahin vers Lure et dans la plaine de la Savoureuse.

Sources : Archives du Doubs, de la Haute-Saône et de la Principauté de Montbéliard. Archives DRIRE et Archives nationales.

**Important** : les anciennes exploitations souterraines font partie intégrante du patrimoine archéologique. Toute exploration ou prélèvement est soumis à autorisation (Loi de 1941).

## *DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE*

### *PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE*

Pour éviter leur pillage les sites préhistoriques et archéologiques n'ont pas été indiqués sur la carte.

### *SITES CLASSÉS ET ITINÉRAIRES*

La prolifération des marchands de fossiles et le vandalisme constaté sur



certaines gisements ont conduit les auteurs à ne plus indiquer de gisements fossilifères sur les cartes géologiques et dans les notices de ces dernières.

**Un itinéraire allant de Lure à Montbéliard** permet de traverser les unités structurales et d'observer les principaux terrains qui affleurent sur la carte Lure.

Lure : La Fond de Lure, résurgence qui sort du Muschelkalk et qui est alimentée en partie par les pertes de l'Ognon situées plus au Nord-Est.

Sortir de Lure par la déviation en direction de Ronchamp : on traverse une ancienne moraine qui renferme de très gros blocs de grès que l'on peut observer en bordure de la route. Un affleurement de cette moraine est visible plus à l'Est en bordure de la route de Ronchamp vers le carrefour de la route de Malbouhans : dans une matrice argileuse on trouve des morceaux de grès, de roches volcaniques et de rares granites très altérés.

A Ronchamp prendre la route de Magny Danigon : à la sortie de Ronchamp d'anciens terrils d'exploitation de la houille sont visibles et peuvent renfermer des plantes fossiles (fougères et préphanérogames).

En direction de Clairegoutte, on franchit la cuesta des grès du Trias inférieur puis on traverse le plateau de grès couvert de forêts. Après avoir traversé Clairegoutte et Frédéric-Fontaine on recoupe la N 438 afin de prendre la direction de Lomont.

Près du carrefour de la N 438 et de la D 96 un affleurement permet d'observer les différents faciès des grès du Trias inférieur et en particulier les Grès de l'Arsot qui renferment des galets éolisés.

Au Sud de Courmont, une carrière est ouverte dans les roches volcaniques du Viséen du massif de Chagey-Courmont.

Traverser Saulnot, Crevans et Secenans, pour atteindre Vellechevreux où sont ouvertes deux carrières :

- l'une dans les Marnes irisées inférieures où l'on exploite des couches d'anhydrite,
- l'autre dans les calcaires du Muschelkalk supérieur.

Reprendre en sens inverse la D 9 jusqu'à Champey, obliquer sur Chagey afin de prendre la D 16 en direction du Nord.

A la sortie de Chagey, derrière la dernière maison du village une carrière est ouverte dans des volcanites permienes.

Dans le Massif ancien de Chagey, on peut observer successivement des carrières ouvertes dans des volcanites du Viséen (andésites verdâtres) et les

Calcaires de Chagey du Frasnien. Juste avant la sortie du massif boisé on aperçoit des bandes étroites restant en relief dues à des bancs de conglomérats interstratifiés dans la Série flyschöide du Bois de la Gigoutte.

Reprendre la D 16 en sens inverse, en direction d'Héricourt. Après Luze, en lisière du Bois du Mont Vaudois le talus de la route montre les faciès de l'Aalénien et du Bajocien inférieur. Avant le pont passant par dessus la NP 83, affleurent les calcaires à polypiers du Bajocien moyen.

De grandes carrières étaient ouvertes dans la Dalle nacrée du Callovien à l'entrée d'Héricourt près du cimetière.

Enfin à l'Ouest d'Héricourt, à Tavey des carrières permettent d'observer les calcaires du Jurassique supérieur, en particulier l'Oolite corallienne de Pagnoz.

C'est vers Montbéliard, à Grand-Charmont que l'on trouve les terrains cénozoïques, mais les affleurements actuels ne permettent pas de les étudier.

On trouvera d'autres itinéraires qui traversent la feuille Lure dans le Guide géologique régional « JURA » (Masson édit), en particulier l'itinéraire n° 7.

#### *DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES*

Des fossiles et des roches provenant de la région couverte par la carte Lure se trouvent dans les collections suivantes :

- Musée de Montbéliard.
- Musée de Belfort.
- Collections du Laboratoire de Géologie historique et Paléontologie de l'université de Besançon.

#### *BIBLIOGRAPHIE*

ASSELBERGHS (1926) - Sur l'existence du Famennien à Chagey. *Bull. Soc. géol. Fr.* (4), XXVI, p. 67-74, Paris.

BOURQUIN S., GUILLOCHEAU F. (1993) - Géométrie des séquences de dépôt de Keuper du Bassin de Paris : implications géodynamiques. *C.R.A.S.*, t. 317, p. 1341-1348.

CONTINI D. (1970) - L'Aalénien et le Bajocien du Jura franc-comtois. *Ann. Sci. Univ. Besançon, Géol.* (3), (11), 204 p.

CONTINI D. (1972) - Le Jurassique en Franche-Comté. *Ann. Sci. Univ. Besançon, Géol.* (3), (17), p. 3-18.

- CONTINI D. (1990) - L'Oxfordien du Jura septentrional. Définition des formations. Evolution paléogéographique. *Ann. Sci Univ. Besançon, Géol.* (4), (9), p. 3-16.
- CONTINI D., LAMAUD P. (1978) - Paléogéographie et paléoécologie du Toarcien inférieur du Jura et de la bordure méridionale des Vosges. *Ann. Sci Univ. Besançon, Géol.* (3), (29), p. 21-36.
- CONTINI D., MANGOLD C. (1980) - In : Synthèse paléogéographique du Jurassique français. *Doc. Lab. Géol, Lyon. H. S.*, 5, 210 p.
- CONTINI D., THEOBALD N. (1972) - Relations entre le Fossé rhénan et le fossé de la Saône. Tectonique des régions sous-vosgiennes et préjurassiennes. International Rift Symposium, Karlsruhe.
- COUSIN, MICHEL-LEVY A. (1940) - Carte géologique Lure à 1/80 000, 2<sup>e</sup> édition.
- CREUZOT G. (1983) - Etude géologique du Bassin permien de Ronchamp-Giromany (Vosges méridionales). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Besançon.
- DELBOS J., KECHELIN-SCHLUMBERGER J. (1866-1867) - Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin. Perrin édit., Mulhouse, 2 vol., 484 p. et 547 p.
- DRESSLERM. (1989) - Geologie und Geochemie variszischer Gesteine der Gegend von Belfort-Chagey (Sudvogesen). Thèse Ph. D., Univ. Freiburg i. Br. 134 p.
- DURAND M. (1978) - Paléocourants et reconstitution paléogéographique. L'exemple du Buntsandstein (Trias inférieur et moyen continental) des Vosges méridionales. Thèse 3<sup>e</sup> cycle Nancy, 88 p.
- ÉNAYR., CONTINI D., BOULLIER A. (1988) - Le Séquanien type de Franche-Comté (Oxfordien supérieur) : datation et corrélations nouvelles, conséquences sur la paléogéographie et l'évolution du Jura et des régions voisines. *Eclogae geol. Helv.* vol. 81, n° 2, p. 295-363.
- MAASS R. (1988) - Die Südvogesen in variszischer Zeit. *Neues Jb. Geol Paläontol Monastsh, Dtsch.*, 10, p. 611-638.
- MATHIEU G (1947) - Analyse stratigraphique de la série carbonifère dans le bassin houiller de Ronchamp. *C.R. Acad. Sci*, t. 225, p. 1016-1018.
- MÉNILLET F., COULON M., FOURQUIN C, PAICHELER C, LONGRON J.M., LETERMANN M. (1989) - Notice explicative, Carte géologique France (1/50 000), feuille Thann (412).
- MICHEL-LEVY A., VELAIN C. (1911) - Carte géologique Lure à 1/80 000. 1<sup>re</sup> édition.

- RESAL H. (1864) - Statistique géologique minéralogique et minéralurgique des départements du Doubs et du Jura. Dodivers édit., Besançon, 371 p.
- SCHNEIDER J.L. (1990) - Enregistrement de la dynamique varisque dans les bassins volcano-sédimentaires dévono-dinantiens : exemple des Vosges du Sud (Zone moldanubienne). Thèse Université Louis Pasteur de Strasbourg, 222 p.
- SCHNEIDER J.L., GALL J.C. (1992) - Un bassin volcano-sédimentaire dévono-dinantien de la zone moldanubienne de la chaîne varisque d'Europe : les Vosges du Sud. Evolution volcanique et sédimentaire. *Geol Rdsch, Dtsch.*
- SCHNEIDER J.L., HASSENFORDER B., PAICHELER J.C. (1990) - Une ou plusieurs « lignes de klippes » dans les Vosges du Sud (France) ? Nouvelles données sur la nature des klippes et leur signification dans la dynamique varisque. *C.R. Acad. Sci.*, t. 311, p. 1221-1225.
- STUSSI J.M. (1977) - Parallélisme des tendances évolutives des associations magmatiques effusives (Thann-Giromagny) et plutoniques (Massif des Ballons). 5<sup>e</sup> Réun. Ann. Sci. Terre, Rennes, 438 p.
- THEOBALD N. (1965) - Carte Lure à 1/80 000. 3<sup>e</sup> édition.
- THEOBALD N., CONTINI D. (1960) - Présence d'anticlinaux à noyaux keupérien dans la dépression au nord des Collines préjurassiennes et à l'est de l'Ognon. *C.R. Acad. Sci.*, t. 250, p. 1092-1093.
- THEOBALD N., CONTINI D., KUNTZG. (1967) - Carte géologique Lure à 1/50 000. 1<sup>re</sup> édition.
- THIRRIA E. (1833) - Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône. Outhenin Chalandre édit., Besançon, 453 p.
- VIALON P., BOUDON J., GAMOND J.F., PLOTTO P., ROBERT J.P. (1976) - L'arc des Alpes occidentales : une zone de « transformation continentale » par glissement senestre ? Présentation d'un modèle des déformations. 4<sup>e</sup> Réunion Ann. Sci. Terre, p. 391.

### AUTEURS

La carte a été dessinée par D. CONTINI, professeur à l'université de Besançon d'après les levés de :

- D. CONTINI et M. DRESSLER pour les massifs dévono-dinantiens, J. CREUZOT pour les terrains permien,
- N. THÉOBALD et D. CONTINI pour les terrains mésozoïques et cénozoïques,
- D. CONTINI pour les formations superficielles.

La notice a été rédigée par D. CONTINI, professeur à l'université de Besançon, avec la participation de A. BOULLIER qui a déterminé les mollusques et les brachiopodes du Mésozoïque et de D. MORIN qui a fourni des renseignements sur les anciens sites d'exploitation minière.

Imprimé en France

Par l'Imprimerie Nouvelle, 45800 Saint-Jean-de-Braye - 2001070036

Dépôt légal: Juillet 2001

**Présentation au C.C.G.F. : 17 mars 1994**

**Acceptation de la carte et de la notice : 25 janvier 1996**

**Impression de la carte : 2000**

**Impression de la notice : 2000**