

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DE
L'UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

pour obtenir le

DIPLOME DE DOCTEUR EN SCIENCES DE LA TERRE
Mention Géologie Appliquée

par

Jacques MUDRY
et
Patrick ROSENTHAL

**LA HAUTE-CHAÎNE DU JURA ENTRE MOREZ,
SAINT-CLAUDE ET LA PESSE**
(Etude géologique et hydrologique)

Soutenue le 27 avril 1977 devant la Commission d'Examen :

MM. J. THIEBAUT, professeur	Président
P. CHAUVÉ, professeur	Rapporteur
Y. RANGHEARD, professeur	} Examineurs
A. CAIRE, professeur	
P. BROQUET, Maître de Conférences	
C. CAVELIER, Ingénieur Géologue	Invité

THÈSE

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DE
L'UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

pour obtenir le

DIPLOME DE DOCTEUR EN SCIENCES DE LA TERRE
Mention Géologie Appliquée

par

Jacques MUDRY
et
Patrick ROSENTHAL

**LA HAUTE-CHAÎNE DU JURA ENTRE MOREZ,
SAINT-CLAUDE ET LA PESSE**
(Étude géologique et hydrologique)

Soutenue le 27 avril 1977 devant la Commission d'Examen :

MM. J. THIEBAUT, professeur

Président

P. CHAUVE, professeur

Rapporteur

Y. RANGHEARD, professeur

A. CAIRE, professeur

P. BROQUET, Maître de Conférences

} Examineurs

C. CAVELIER, Ingénieur Géologue

Invité

UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE Besançon

Président : Monsieur LÉVÊQUE Pierre

FACULTE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES

DOYEN

Mr GALATRY Louis
Professeur : Physique Moléculaire

ASSESEUR

Mr BLAISON Jean : Géologie
Maître-Assistant

PROFESSEURS

Mrs CHATELET François : Mathématiques
MESNAGE Pierre : Chronométrie
PERROT Roger : Chimie Générale
PLUVINAGE Philippe : Physique Théorique
CHALEAT Raymond : Mécanique Appliquée
BERNARD Jean : Chimie Physique
RIPPLINGER Jean : Physiologie Animale
GREMILLARD Jean : Mathématiques
VIÉNOT Jean-Charles : Physique Gle Optique
THIEBAUT Jean : Pétrographie-Minéralogie
GOMOT Lucien : Zoologie et Embryologie
PARIZET Jean : Mathématiques
THEOBALD Jean-Gérard : Spectroscopie Hertziennne
CERUTTI Ernest : Chimie Appliquée
DEVIN Claude : Chimie 1er cycle
CAPODANNO Pierre : Mécanique Théorique
BANTEGNIE Robert : Mathématiques
ROBERT Daniel : Physique Moléculaire
ROBERT Jacques : Mathématiques I
CHAUVE Pierre : Géologie-Minéralogie
RANGHEARD Yves : Géologie
BIDAULT Michel : Taxonomie Expérimentale

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Mrs POTIER Robert : Physique des Solides
REAL Pierre : Ecologie Animale
GOUARNE René : Mathématiques
MERIGOUX Henri : Cristallographie et
Synthèses minérales
OLIVIER Marcel : Electronique Quantique
MONTAGNER Hubert : Psychophysiologie
BULABOIS Jean : Physique Gle Optique
GAUDEMER Yves : Biochimie
LAUDE Bernard : Chimie Organique
MIELLOU Jean-Claude : Analyse Numérique
ROBERT Guy : Electrochimie

DOYENS HONORAIRES

Mrs GLANGEAUD, JACQUEMAIN, CHATELET,
THIEBAUT

PROFESSEURS HONORAIRES

Mrs BAILLAUD, DUFFIEUX, THIRY, TRILLAT,
UEBERSFELD, VINCENSINI, TRONCHET,
THEOBALD N., QUANTIN

MAITRE DE CONFERENCES HONORAIRE

Mr GRANIER

MAITRES DE CONFERENCES

Mrs DUBOUCHET Jacques : Botanique
WEIL Michel : Mathématiques
HAYLI Avram : Astronomie
BROQUET Paul : Géologie
GRAS Georges : Mathématiques
TREHEL Michel : Informatique
MILLET Bernard : Botanique
BENILAN Philippe : Mathématiques
COUGNARD Jean : Mathématiques
LACOSTE Alain : Biologie
Physiologie Végétale

RESPONSABLE DES SERVICES ADMINISTRATIFS

Mr RUNGE Jean-Marie

A nos parents

A Martine

A Noëlle



"Eau, tu n'as ni goût, ni couleur, ni arôme ; on ne peut pas te définir ; on te goûte sans te connaître. Tu n'est pas nécessaire à la vie : tu es la vie. Tu nous pénètres d'un plaisir qui ne s'explique point par les sens. Avec toi rentrent en nous tous les pouvoirs auxquels nous avons renoncé. Par ta grâce s'ouvrent en nous toutes les sources tarées de notre coeur. Tu es la plus grande richesse qui soit au monde, et tu es aussi la plus délicate, toi si pure au ventre de la terre".

A. de Saint-Exupery
Terre des Hommes.

A V A N T - P R O P O S

C'est à Monsieur le Professeur P. CHAIVE que nous devons le sujet de ce travail. Dès notre Maîtrise, il nous a témoigné sa confiance en nous proposant une étude de géologie appliquée à la recherche d'eau karstique. Il a porté un intérêt constant à notre travail de thèse ; tant sur le terrain que lors de sa rédaction, il nous a fait bénéficier de son expérience jurassienne. Nous le remercions sincèrement pour sa direction confiante et efficace.

Monsieur le Professeur J. THIEBAUT, dont nous avons suivi avec fruit l'enseignement, est pour une part à l'origine de cette étude. Nous l'en remercions, ainsi que d'avoir accepté de présider notre Jury.

Notre gratitude va également à Monsieur le Professeur Y. RANGHEARD, et nous lui savons gré d'avoir laissé à l'un de nous (P.R.) le temps nécessaire à la préparation de ce travail.

Malgré ses nombreuses occupations, Monsieur le Professeur A. CAIRE a bien voulu venir juger ce travail et nous faire part de sa grande connaissance du Jura. Nous l'en remercions vivement.

Monsieur P. BROQUET a montré tout l'intérêt qu'il portait à notre étude en venant nous voir sur le terrain et lors de fructueuses discussions.

C'est aussi pour nous un plaisir de remercier Monsieur C. CAVELIER qui a accepté de participer à ce jury pour donner un avis compétent sur les problèmes cartographiques de cette étude.

C'est grâce à l'aide de nombreux spécialistes que nous avons pu mener à bien notre étude, nous leur en sommes reconnaissants.

- A Besançon, nous avons eu recours à la compétence de Madame A. BOULLIER (Brachiopodes jurassiques), de Madame N. MORRE-BIOT (Analyses diffractométriques), de Monsieur D. CONTINI (Ammonites du Dogger et de l'Oxfordien), et de Messieurs J. BULLE et J. MARTIN qui nous ont familiarisés lors d'un stage de D.E.A., avec les problèmes de la Haute Chaîne.

- A Lyon, nous avons sollicité Monsieur P. BERNIER (microfaciès du Malm), Monsieur l'Abbé P. DONZE (Ostracodes "purbeckiens"), Monsieur G. CARBONNEL (Ostracodes miocènes), Monsieur P. MEIN (Rongeurs oligocènes) et Monsieur G. TRUC (Gastéropodes miocènes).

- A Montpellier, grâce au contact pris par Madame A. BOULLIER, Monsieur le Professeur L. GRAMBAST a déterminé nos Charophytes "purbeckiens".

- Au Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel, Monsieur le Professeur A. BURGER nous a chaleureusement accueillis et nous a permis des rencontres bénéfiques avec ses chercheurs : Messieurs L. KIRALY, B. MATHEY, F. PASQUIER et G.P. SIMEONI.

- A Paris, Monsieur B. BLAVOUX (Oxygène 18), E. FOURCADE (microfaciès du Crétacé) et F. LLAC (Tectonique du chevauchement des Moulins) ont bien voulu nous prêter leur concours.

- Il en est de même pour notre ami P. HANTZPERGUE, de Poitiers (Ammonites du Kimméridgien), avec qui nous avons fait nos études à Besançon.

- A des titres divers, Messieurs J.C. GRILLOT, J. LEBRUN, V. MATHIS, D. RIGASSI-STUDER et M. ROSSY nous ont aussi aidés dans le déroulement de cette étude.

La partie appliquée de ce travail n'aurait pu voir le jour sans la collaboration étroite que nous avons eue avec les ingénieurs des services du Ministère de l'Agriculture, que nous tenons particulièrement à remercier.

- A la Direction Départementale de l'Agriculture du Jura, Monsieur L. BOURDIER, Ingénieur en Chef a permis le lancement de ce travail, en proposant un contrat d'étude à notre Laboratoire ; avec ses collaborateurs Messieurs M. GALLIAND et M. COLLET, il a suivi avec beaucoup d'intérêt sa progression, et favorisé nos travaux de terrain.

- Une agréable collaboration s'est instaurée avec les Ingénieurs du CTGREF d'Antony, Messieurs DUNGLAS, PERRIN et J.M. PANETIER.

- Au SRAE de Franche-Comté, Monsieur L. BADIN, Ingénieur en Chef nous a accueillis de nombreuses fois dans son service. J.P. METTETAL a facilité notre travail lors des essais de traçage (fluorimétrie ...), Monsieur J. GLEIZES a équipé le vallon de l'Embouteilleux (Hydrométéorologie).

Nous devons beaucoup à l'aide bénévole et efficace que nous ont apportée les Spéléologues San Claudien, souvent dans des conditions difficiles, lors des traçages. Nous sommes particulièrement reconnaissants à nos amis Ch. et R. LE PENNEC, et M. SELVA.

Nous remercions aussi toutes les municipalités qui nous ont facilité la tâche, en particulier Monsieur L. JAILLON, maire de St-Claude et Monsieur A. BLANC, maire des Moussières.

Messieurs G. ARNAUD, P. BOCCHIO, P. DURAFFOURG et E. MANDRILLON nous ont transmis de nombreux renseignements sur l'hydrologie du Haut-Jura.

La réalisation matérielle de ce travail est en grande partie le fruit de la collaboration du personnel technique du Laboratoire de Géologie Structurale et Appliquée, en particulier Madame G. SALOMON s'est acquittée avec soin de la frappe de notre manuscrit, Monsieur Cl. TRUCHE a confectionné de nombreuses plaques minces et Monsieur J. PEGUENET a contribué à l'illustration de ce mémoire. Notre gratitude va également à Madame O. BOQUESTAL et à Madame Ch. MIGNOT.

Ph. MOREAU nous a aidé pour les photographies, Monsieur P. LIEVREMONT et le personnel de l'imprimerie ont assuré le tirage de ce mémoire.

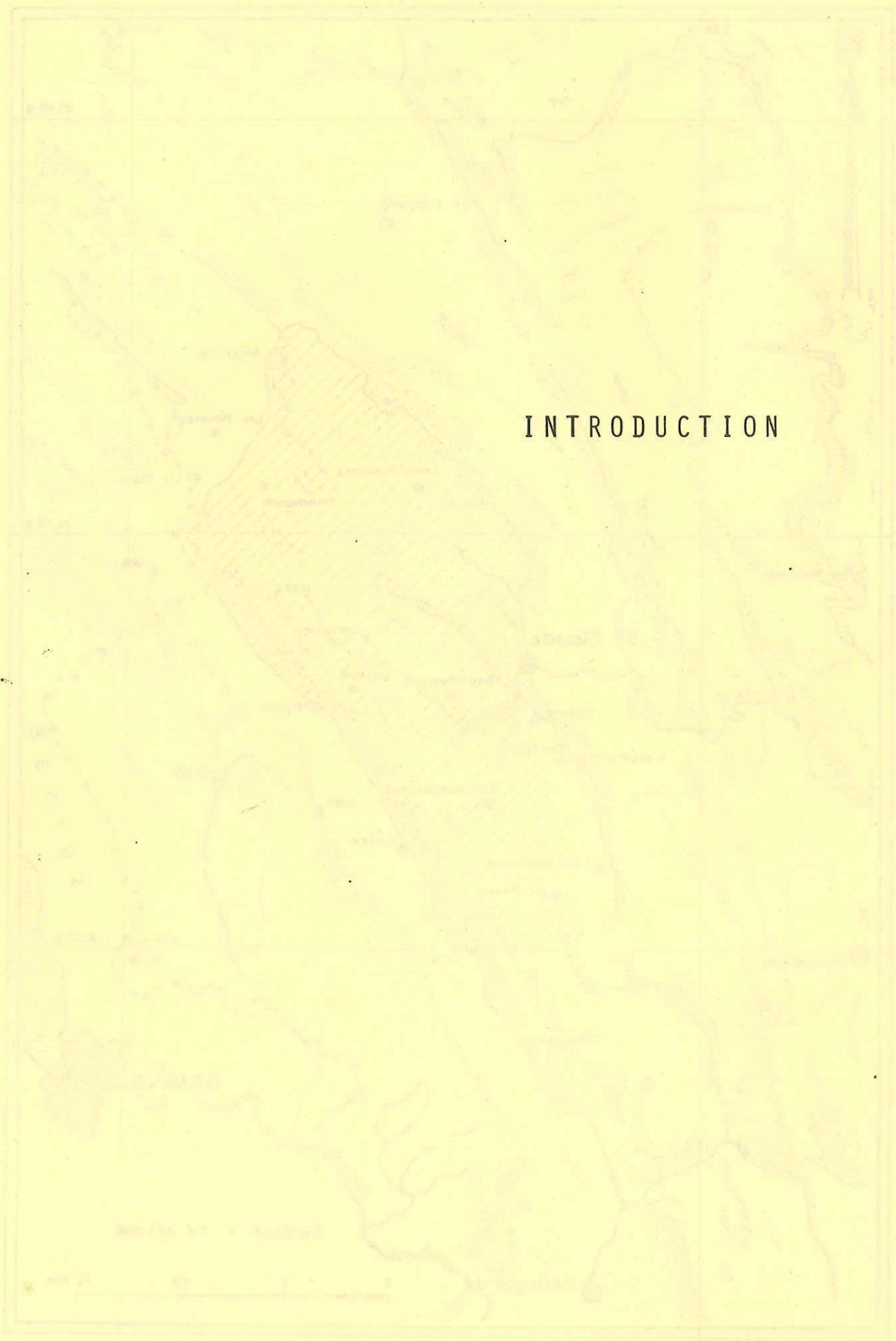
Nous n'oublions pas nos camarades du "Grenier" qui ont permis que notre travail se déroule dans une atmosphère sympathique.

	Page
LE TERTIAIRE	53
DEPOTS ATTRIBUES A L'OLIGOCENE	53
DEPOTS MIOCENES MARINS	58
L'AFFLEUREMENT SUD DES CLAVIERES (SEPTMONCEL)	62
DIVISIONS CARTOGRAPHIQUES	63
CONCLUSIONS	63
LE QUATERNAIRE	64
GLACIAIRE ANCIEN	64
GLACIAIRE RECENT	64
FLUVIOGLACIAIRE	65
ALLUVIONS ANCIENNES	67
EBOULIS ANCIENS, "GROISES"	67
ALLUVIONS MODERNES	67
TOURBIERES	69
EBOULIS RECENTS	69
GLISSEMENTS	69
CONCLUSIONS	69
TECTONIQUE	73
LES PLIS	73
FAILLES ET LINEAMENTS	73
LE JEU DECROCHANT DEXTRE	73
LE JEU DECROCHANT SENESTRE	74
LES ABAISSEMENTS AXIAUX	74
GENERALITES	74
ABAISSEMENT POLYAXIAL DE MOREZ	75
ABAISSEMENT POLYAXIAL DU FLUMEN	75
L'ANTICLINORIUM DES ARCETS	75
INTRODUCTION	75
DESCRIPTION	75
CONCLUSIONS	77

	Page
LA ZONE DE RELAI DE PLIS DE LAMOURA	77
INTRODUCTION	77
DESCRIPTION	77
CONCLUSION	78
LE CHEVAUCHEMENT DE SAINT-CLAUDE	78
INTRODUCTION	78
DESCRIPTION	78
INTERPRETATION	83
CONCLUSION	83
LE CHEVAUCHEMENT DES MOULINS	83
INTRODUCTION	83
DESCRIPTION	84
RELATIONS CHEVAUCHEMENT-DECROCHEMENTS	88
INFLUENCE DES ABAISSEMENTS AXIAUX SUR LE CONTACT MAJEUR ..	89
CONCLUSION	90
CONCLUSIONS	91
 MICROTECTONIQUE	
INTRODUCTION	95
FIGURES MICROTECTONIQUES	95
SURFACES STRIEES ET BLOCS EMBOUTIS	95
REPLIS CONIQUES DE GLISSEMENT	97
MICROPLIS D'ENTRAINEMENT	97
MICROPLANS DE CHARRIAGE	98
SCHISTOSITE DE FRACTURE	100
JOINTS D'EXTENSION	100
ETUDE DE FRACTURATION	101
INTRODUCTION	101
METHODE D'ETUDE	101
GENERALITES SUR LES RELEVES DE FRACTURATION	103
ETUDE DE LA FRACTURATION DANS LE SYNCLINAL DE LA PESSE ..	104
ORIENTATION DES FALAISES DU MEANDRE DE LEZAT	113
CONCLUSIONS	115

	Page
HYDROLOGIE	119
INTRODUCTION	119
TOPONYMIE	119
ÉCOULEMENTS DE SURFACE	120
HYDROLOGIE KARSTIQUE	121
LES LAPIEZ	121
LES DOLINES	123
LA VALLÉE AVEUGLE DE LA COMBE DU LAC	125
LES VALLÉES SÈCHES	126
GOUFFRES ET GROTTES	129
RELATIONS ENTRE LES FAILLES ET LES FORMES KARSTIQUES DE SURFACE	129
ESSAIS DE TRACAGE	130
TRACAGE NATUREL PAR L'OXYGÈNE 18	138
CONCLUSION	140
MORPHOLOGIE	143
INTRODUCTION	143
FACTEURS DE L'ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE	143
INFLUENCE DE LA LITHOLOGIE	143
RÔLE DE LA STRUCTURE	143
RÔLE DU CLIMAT	146
PHÉNOMÈNES MORPHOLOGIQUES	147
ÉVOLUTION KARSTIQUE	147
ÉVOLUTION FLUVIATILE	148
ÉVOLUTION GLACIAIRE	149
ESSAI D'INTERPRÉTATION MORPHOTECTONIQUE ...	153
PROJET D'EXPLOITATION D'EAU POTABLE POUR LA RÉGION DE LA PESSE	157
INTRODUCTION	157

	page
LES SOLUTIONS ADOPTEES DANS LE HAUT-JURA	157
RECHERCHE D'UN SITE DE FORAGE ENTRE LES MOUSSIERES ET LA PESSE	159
METHODES UTILISEES	159
<i>Cartographie</i>	159
<i>Microtectonique</i>	159
<i>Sondages électriques</i>	161
CONCLUSION	163
RECONNAISSANCE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE RETENUE COLLINAIRE DE L'EMBOUTEILLEUX	163
INTRODUCTION	163
HYDROLOGIE DE SURFACE	163
CONDITIONS D'IMPLANTATION DE LA RETENUE	169
RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE DU SITE DE RETENUE COLLI- NAIRE DE L'EMBOUTEILLEUX	171
INTRODUCTION	171
RECONNAISSANCE DU SUBSTRATUM - ESSAIS PRESSIOMETRIQUES ...	171
EXCAVATIONS A LA PELLE MECANIQUE	175
SONDAGES CAROTTES - ESSAIS DE PERMEABILITE	175
RECONNAISSANCE DE LA ZONE D'EMPRUNT	177
ESSAIS GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRE	177
DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	183
CONCLUSION	185
CONCLUSION	186
CONCLUSION GENERALE	189
BIBLIOGRAPHIE	195



INTRODUCTION

Fig. 1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

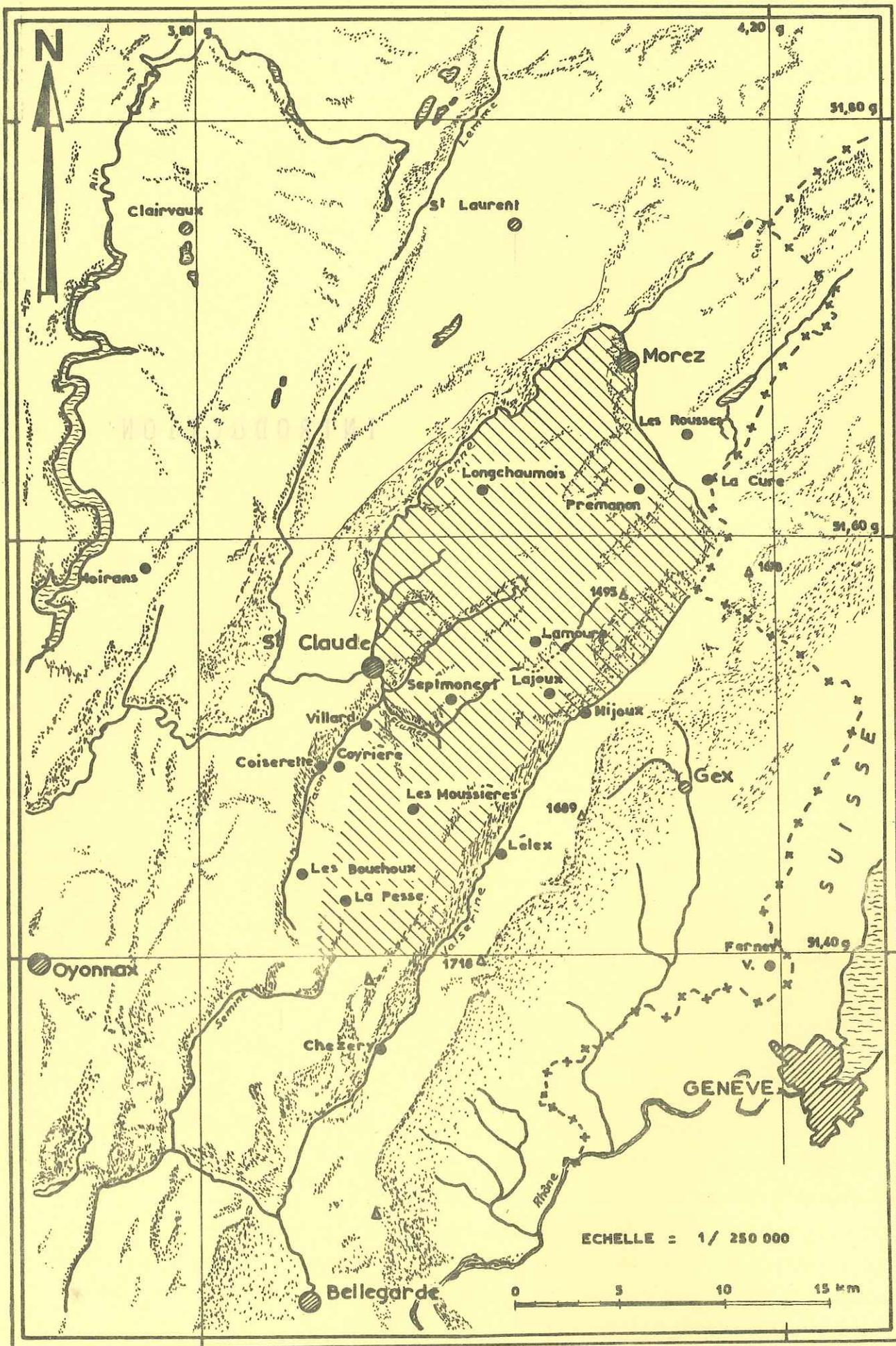


Fig. 1 : SITUATION GEOGRAPHIQUE

Ce mémoire a pour objet l'étude géologique de la région du Haut-Jura comprise entre Morez, St-Claude et La Pesse.

Il est fondé sur une cartographie détaillée à l'échelle du 1/25000^e et sur une étude stratigraphique et tectonique précise. Un accent a été mis sur la morphologie et sur la reconnaissance des circulations souterraines par essais de traçage.

A la demande de la Direction Départementale de l'Agriculture du Jura, nous avons effectué, dans la région de La Pesse une reconnaissance structurale et microtectonique pour l'implantation de forages d'exploitation d'eau et une étude géotechnique pour la réalisation éventuelle d'une retenue collinaire.

La région étudiée appartient à la partie Nord-orientale du Jura méridional ou Haut-Jura comprenant le "*Plateau des Molunes*" de M. DUBOIS (1959). Ses limites coïncident avec les vallées de la Valserine au Sud-Est, du Bief de la Chaille au Nord-Est, de la Bienne au Nord et au Nord-Ouest, du Flumen à l'Ouest et du Tacon au Sud-Ouest. La limite méridionale correspond au bord Sud de la feuille de St-Claude.

Les altitudes montrent des variations importantes pouvant dépasser 1000 mètres, à St-Claude, la Bienne coule à 420 m d'altitude tandis que dans la forêt du Massacre, le Crêt Pela (point culminant de Franche-Comté) approche les 1500 m. En dehors des vallées profondes, l'essentiel de la région s'étage entre 900 et 1400 m d'altitude.

La région de Morez, St-Claude, La Pesse appartient à la partie la plus interne de l'arc jurassien ou Haute-Chaine constituée d'une succession de plis parallèles dans un secteur limité par l'accident de Morez au Nord et celui du Vuache - Molinges au Sud.

CARTES TOPOGRAPHIQUES :

- . 1/100.000 - St-Claude
- . 1/50.000 - Morez - Bois d'Amont
- St-Claude
- . 1/25.000 - Morez n° 5 - 6
- n° 7 - 8
- St-Claude n° 1 - 2
- n° 3 - 4
- n° 5 - 6
- n° 7 - 8

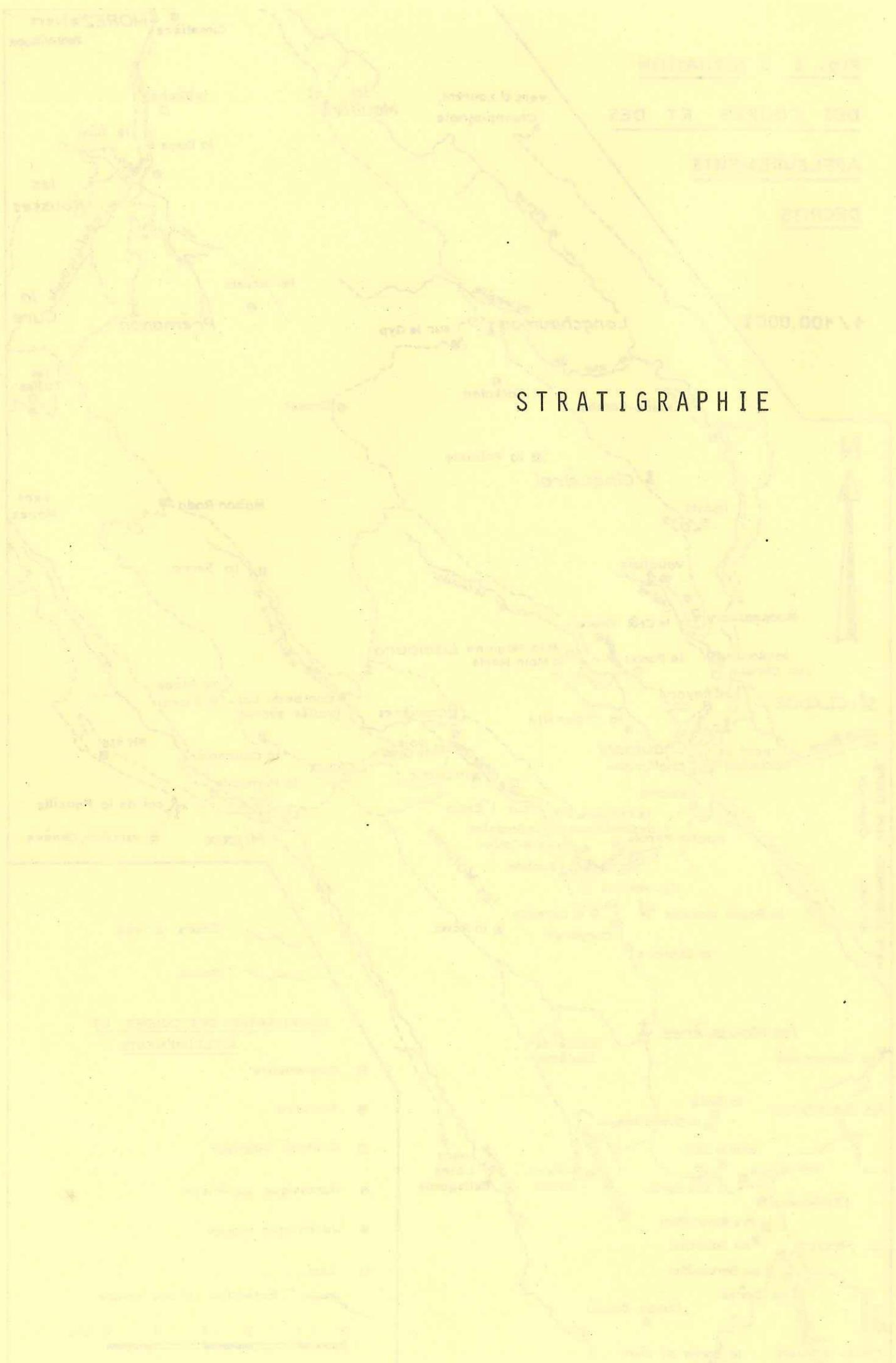
CARTES GEOLOGIQUES :

- . 1/80.000 - St-Claude (n° 149)
- . 1/50.000 - Morez - Bois d'Amont (n° 605)
- St-Claude (n° 628)

Fig. 1 - STRATIGRAPHY
DES CARRIERS ET DES
ARTIFICES
DES
CARRIERS

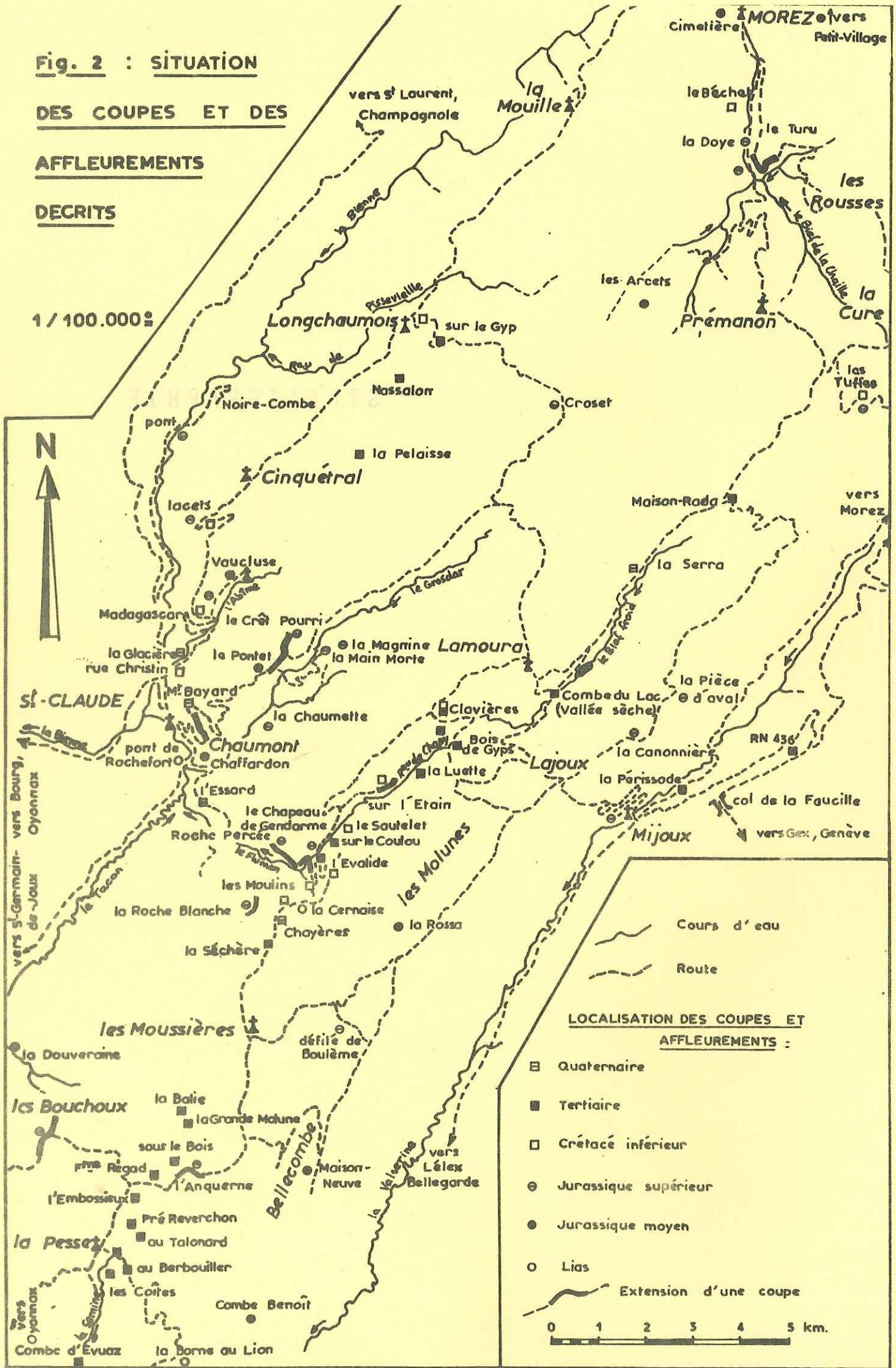
1:100,000

STRATIGRAPHIE



**Fig. 2 : SITUATION
DES COUPES ET DES
AFFLEUREMENTS
DECRITS**

1 / 100.000



INTRODUCTION

La série stratigraphique du Haut-Jura est composée d'ensembles lithologiques puissants au sein desquels il est nécessaire d'établir des subdivisions pour la cartographie.

Les coupes levées dans le secteur cartographié permettent de décrire une série continue depuis le Lias jusqu'au Barrémien. Des observations ponctuelles sur des affleurements complètent les données des coupes et fournissent des indications sur la stratigraphie des dépôts tertiaires et sur les formations superficielles.

La situation géographique des coupes et affleurements décrits plus loin est donnée par la figure 2.



LE LIAS

Les terrains les plus anciens connus dans cette région appartiennent au Lias moyen et supérieur, ils affleurent au coeur des anticlinaux les plus érodés de Rochefort et de la Borne au Lion.

LES AFFLEUREMENTSAffleurement du Pont de Rochefort

- Situation :

Commune de St-Claude
x = 871,82 ; y = 159,06

- Description :

G. MERCIER (1960) décrit sous le Bajocien, 30,60 m d'une alternance de bancs hétérométriques de calcaire gréseux gris ou bruns (puissance : 0,20 à 0,60 m) et de marnes gris foncé (0,05 à 1,00 m).

Les marnes renferment parfois des rognons de calcaire gréseux (diamètre : 0,10 à 0,60 m) et montrent, assez rarement, des traces "en coup de balai" : *Cancellophycus scoparius* THIOL. rattaché aux Alcyonnaires par VATAN, d'où le nom de "Couches à *Cancellophycus*".

Les calcaires (échantillons pr 2,3) sont des micrites à quartz anguleux de petite taille, contenant quelques paillettes de mica blanc, et des Miliolidés.

Affleurements de la Borne au Lion

- Situation :

Commune de Chezery (Ain)
x = 872,52 ; y = 146,40

- Description :

Le lit du ruisseau des Magras montre des affleurements discontinus, échantillonnés par R. LE PENNEC, on distingue de bas en haut :

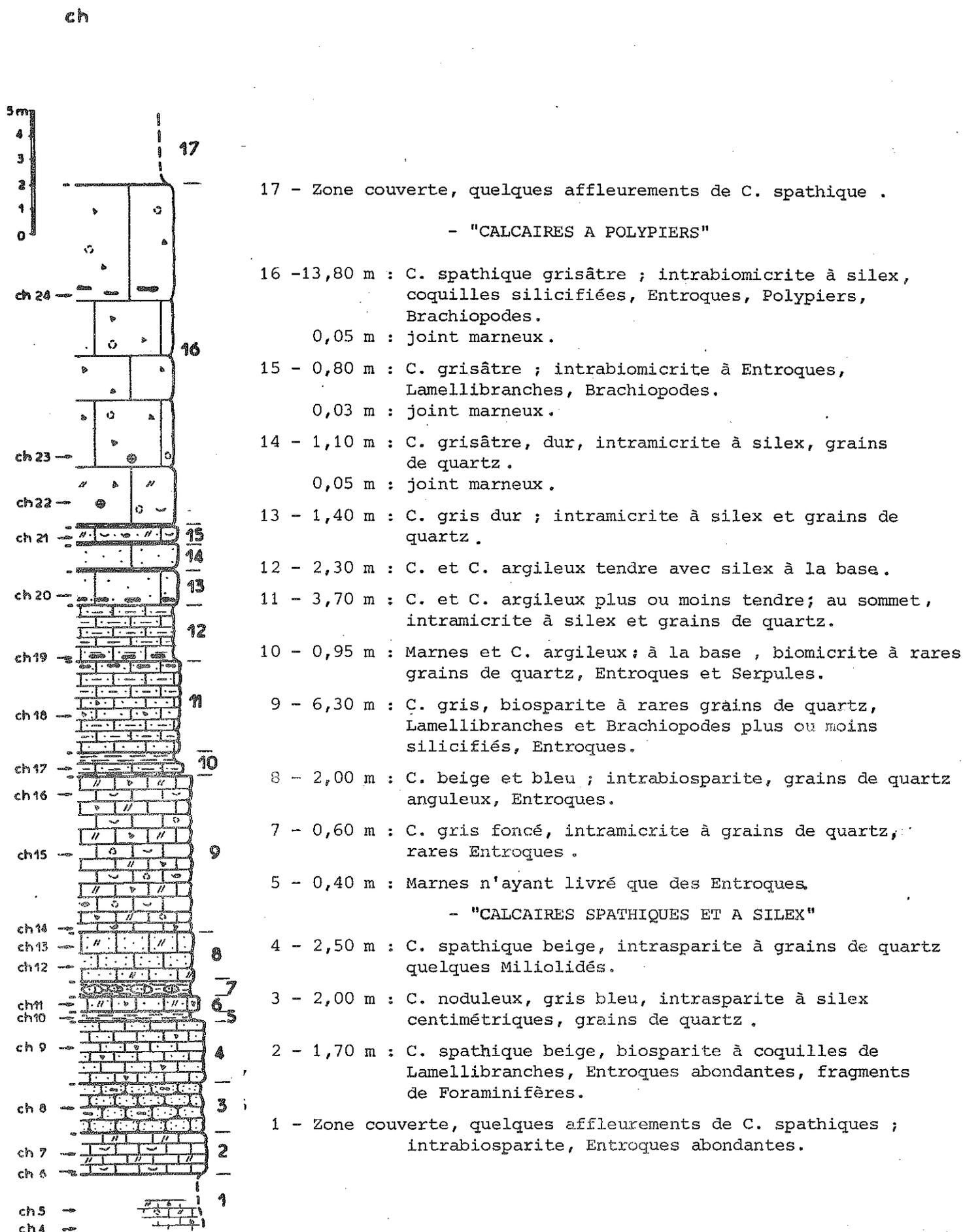
- 1 : des marnes grises, attribuables au Domérien
- 2 : les "Schistes Carton", peu épais, (zones à *Tenuicostatum* et *Serpentinum*, Toarcien inférieur)
- 3 : des marnes à nodules calcaires ayant fourni *Dumortieria pseudoradiosa* (BRANCO) (Toarcien supérieur)
- 4 : des calcaires bleus, ayant livré *Leioceras bifidatum* BUCKMAN (Aalénien inférieur)

Ce faciès semble être l'équivalent de l'"oolite de Blois" supérieure (D. CONTINI, 1964)

- 5 : des calcaires argilo-sableux marquant la base des "Couches à *Cancellophycus*", ils renferment *Graphoceras* sp., *Ludwigella* sp., *Erycites* sp. (zone à *Concavum*, Aalénien supérieur).

- Remarque : Les couches à *Ludwigia* et *Leioceras* (zone à *Murchisonae*) ne sont pas connues à la Borne au Lion.

Fig. 3 : COUPE DU BAJOCIEN MOYEN DE LA ROUTE DE CHAUMONT



Affleurements de Chaumont

- Situation :

Commune de St-Claude (Chaumont)
 $x = 873$; $y = 160,3$ environ

Les affleurements de Lias figurés sur la carte géologique à 1/50.000, feuille de St-Claude, à l'Est de Chaumont appartiennent en fait au Bajocien inférieur (D. CONTINI, 1970), ils sont partiellement masqués par des dépôts morainiques.

DIVISIONS CARTOGRAPHIQUES

Tous les affleurements de Lias ont été cartographiés en Lias indifférencié sous le symbole : ℓ

CONCLUSION

Les affleurements de Lias sont rares et représentés essentiellement par les "Couches à *Cancellophycus*", datés de l'Aalénien supérieur pour partie et peut être de la base du Bajocien inférieur, ils témoignent d'une sédimentation terrigène (argiles, quartz, micas).

LE JURASSIQUE MOYENAFFLEUREMENTS ET COUPES DU BAJOCIEN

Le Bajocien est connu dans tout le secteur étudié, du Sud au Nord : Bajocien supérieur de Bellecombe, Bajocien de Chaumont, Bajocien supérieur des Arcets (RAVEN, 1932), de la gare de Morez (RAVEN, 1932 ; CONTINI, 1970).

Coupe du Bajocien de la route de Chaumont (fig. 3)

Les "Couches à *Cancellophycus*" du Pont de Rochefort sont surmontées par 5 m de marnes noires, le passage au Bajocien inférieur est visible derrière le réservoir de Serger, où affleurent les "Calcaires spathiques et à silex" sur 33 m (D. CONTINI, 1970).

La suite de la série est observable le long du CD 304, entre Serger et Chaumont, la route recoupe trois fois le Bajocien et le Bathonien.

Nous avons levé la coupe du Bajocien inférieur et moyen.

- Situation :

Commune : St-Claude
 début de la coupe : $x = 872,30$; $y = 159,62$, face au 2ème accès à la Maison de Retraite de Chaffardon.

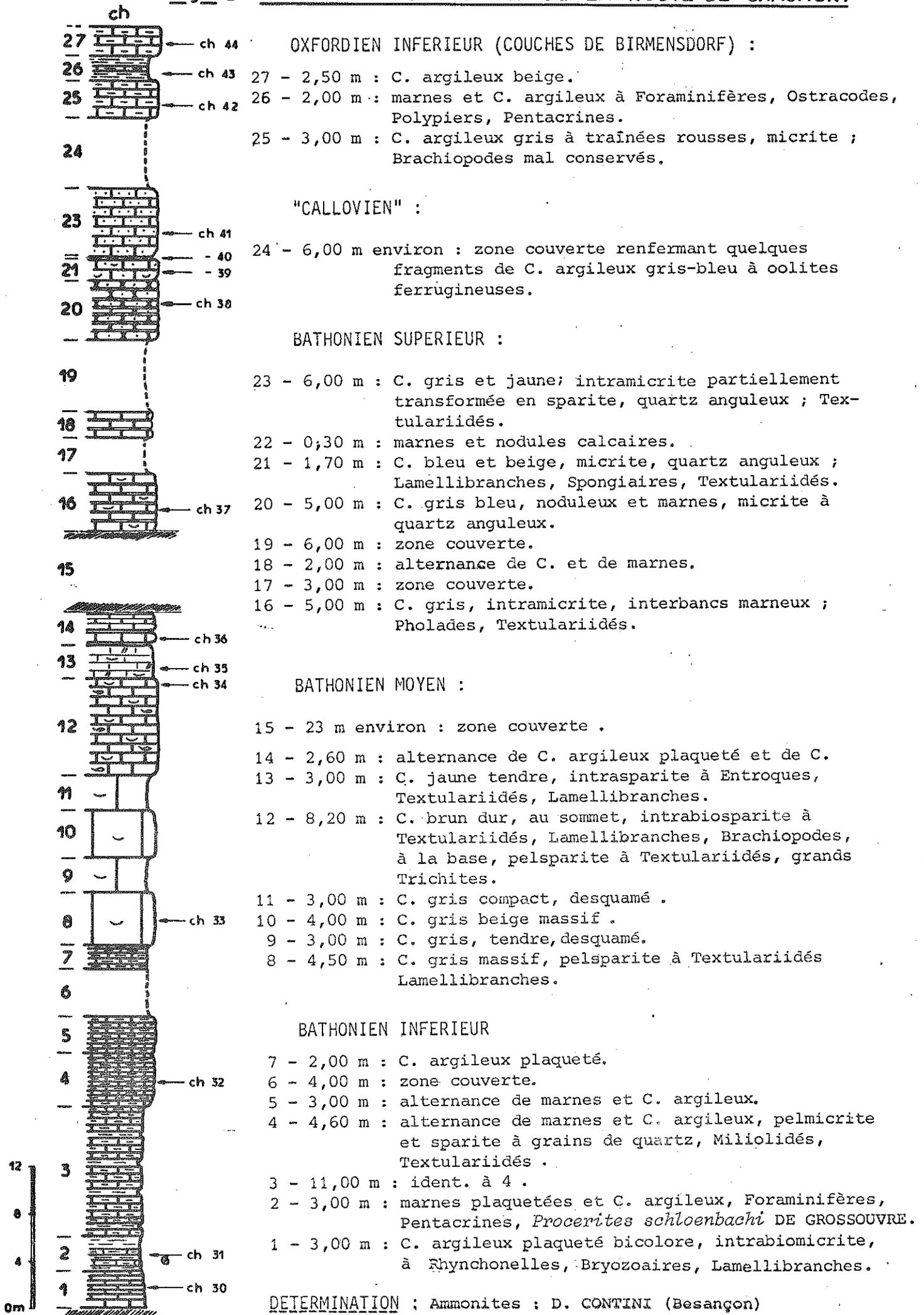
- Historique :

A. ETALLON (1857) ; P. ROCHE (1924) ; M. PELLETIER (1960) ; D. CONTINI (1970) ; J. LEBRUN (1970).

- Description :

Voir la figure 3.

Fig. 4 : COUPE DU BATHONIEN DE LA ROUTE DE CHAUMONT



- Intérêt de la coupe :

La coupe débute au sommet des "Calcaires spathiques et à silex" du Bajocien inférieur (D. CONTINI, 1970), se poursuit par les "Calcaires à Polypiers" (D. CONTINI, 1970), elle se termine par une importante zone couverte correspondant aux "Calcaires spathiques" du Bajocien moyen et aux "Marnes et Calcaires argileux" du Bajocien supérieur (D. CONTINI, 1970).

L'Affleurement du Bajocien supérieur du chemin des Bouchoux à Coyrière

- Situation :

Commune : Coiserette

x = 868,50 ; y = 153,30

le long du chemin allant des Bouchoux à Coyrière (terrain cartographié par J. LEBRUN, 1970).

- Description :

Calcaires graveleux bicolores dans lesquels nous avons récolté avec R. LE PENNEC : *Parkinsonia* sp., *Terebratula (Ferrythyris) ferryi* DESL.

Remarques sur 2 niveaux à Brachiopodes

Il faut noter que dans aucune coupe nous n'avons pu préciser la position stratigraphique relative des niveaux à *T. (Ferrythyris) ferryi* DESL. (la queue de Cheval, le Marechet D. CONTINI & R. LE PENNEC, et les Bouchoux-Coyrière) et de ceux à *T. (Striphrothyris) champfromierensis* ALM. (ex : *T. nunne-yensis*), *Terebratula movelierensis* ROLLIER, *Rhynchonella plateia* et *Rhynchonella proxima* ROCHÉ des "calcaires de St-Romain", (à l'W de St-Claude), en raison des importantes variations latérales de faciès affectant la série de l'Est vers l'Ouest.

AFFLEUREMENTS ET COUPES DU BATHONIEN

Le Bathonien entoure les affleurements de Bajocien décrits précédemment (Bellecombe, Chaumont, les Arcets, Morez), on le rencontre également aux Molunes, près de Vaucluse et dans la Combe de Tressus.

Coupe du Bathonien de la route de Chaumont (fig. 4)

- Situation :

Commune : St-Claude

début de la coupe : x = 872,18 ; y = 159,78

borne kilométrique n° 19

La coupe débute devant l'entrée du Centre Aéré de Chaffardon et fait suite à la zone couverte correspondant au Bajocien moyen et supérieur (fig. 3).

La zone couverte 15 est située entre le belvédère (x = 872,04 ; y = 160,00) et le deuxième virage à angle droit (x = 872,13 ; y = 160,17).

La coupe se termine au niveau d'un chemin descendant sur la Cueille (x = 872,06 ; y = 160,22).

- Historique :

C. MANGOLD (1970) ; J. LEBRUN (1970).

**Fig. 5: DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES
DU JURASSIQUE MOYEN**

	ZONES	D. CONTINI (1970,1972) C. MANGOLD (1971)	SUBDIVISIONS ADOPTEES Cartographie				
BATHONIEN SUPERIEUR	DISCUS	Calcaires spathiques à Bryozoaires	<u>BATHONIEN</u>	BATHONIEN j2			
	RETROCGSTATUM	Marnes des Monts d'Ain					
BATHONIEN MOYEN	SUBCONTRACTUS	Choin			<u>BATHONIEN</u>	BATHONIEN j2	
		Calcaires spathiques					
		Calcaires ferrugineux					
BATHONIEN INFERIEUR	ZIGZAG	Calcaires marneux de la Haute-Chaine			<u>BATHONIEN</u>		BATHONIEN j2
BAJOCIEN SUPERIEUR	PARKINSONI	Marnes et calc. argileux	<u>BAJOCIEN</u> <u>SUPERIEUR</u> (combe herbeuse)	BAJOCIEN j1			
	GARANTIANA	du Bajocien supérieur					
	NIORTENSE						
BAJOCIEN MOYEN	HUMPHRIESIANUM	Calcaires spathiques du Bajocien moyen	<u>BAJOCIEN</u>			BAJOCIEN j1	
		Calcaires à Polypiers					
BAJOCIEN INFERIEUR	SAUZEI	Calcaires spathiques et à silex	<u>BAJOCIEN</u> <u>INFERIEUR</u>		BAJOCIEN j1		
	SOWERBYI	Marnes et calcaires argileux du Bajocien inférieur					
Agién	CONCAVUM	Couches à Concellophycus	<u>LIAS</u>	I			

- Description :

Voir la figure 4.

- Intérêt de la coupe :

La base de la coupe (niveau 2) a fourni *Parkinsonia (Oraniceras?) wirttembergica* OPPEL à J. LEBRUN (1970), nous y avons récolté *Procerites schloenbachi* DE GROSSOUVRE, espèces typiques du Bathonien inférieur.

La route de Chaumont fournit une coupe complète (aux zones couvertes près) du Bathonien puisque le niveau 24 a fourni quelques échantillons d'"oolite ferrugineuse" du Callovien.

Affleurement de Bathonien inférieur du chemin des Bouchoux à Coyrière

- Situation :

Commune : Coiserette

x = 868,55 ; y = 153,05

le long du chemin allant des Bouchoux à Coyrière (terrain cartographié par J. LEBRUN, 1970).

- Description :

Nous avons récolté avec R. LE PENNEC, dans des calcaires graveleux et argileux : *Procerozigzag pseudoprocerum* (S. BUCK), *Oxycerites* sp., *Parkinsonia* gr. *schloenbachi* SCHLIPPE.

DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES (fig. 5)

Le tableau de la figure 5 fournit les équivalences entre les zones d'Ammonites et les unités lithologiques du Bajocien et du Bathonien de la région de St-Claude.

Le Bajocien a une puissance totale de 150 m environ et présente 2 ensembles distincts : un Bajocien inférieur à dominante calcaire très net dans le paysage et un Bajocien supérieur à dominante marneuse formant une combe herbeuse bien visible à Chaffardon.

Le Bathonien de Chaumont est épais de 110 m environ. Les subdivisions lithologiques définies par C. MANGOLD (1971) se prêtent difficilement à la succession rencontrée le long de la route.

Sur le terrain, il ne nous a pas été possible d'établir des subdivisions à l'intérieur du Bajocien. Seule la limite morphologique séparant le Bajocien du Bathonien a pu être suivie facilement.

CONCLUSION

Le Dogger de la région de St-Claude comprend deux ensembles à dominante calcaire (calcaires bioclastiques, oolitiques et graveleux) du Bajocien inférieur et du Bathonien, séparés par les marnes et calcaires argileux du Bajocien supérieur.

LE CALLOVIEN ET L'OXFORDIEN MARNEUX

Bien qu'étant attribué au Jurassique moyen, le Callovien sera décrit avec l'Oxfordien marneux étant donné que dans la région le "Callovien" au sens cartographique comprend des niveaux d'âge Oxfordien.

Il convient de rappeler que dans le Ht-Jura, le Callovien et l'Oxfordien marneux sont classiquement subdivisés en :
de haut en bas :

"Calcaires lités"	
"Couches du Geissberg"	
"Couches d'Effingen"	
"Couches de Birmensdorf"	
"Pseudobrèche de St-Claude" (sauf à Morez)	Oxfordien
"Marnes à Cr. renggeri" (seulement à Morez)	
"Oolite ferrugineuse"	
"Dalle Nacrée"	Callovien

AFFLEUREMENTS ET COUPESAffleurements du "Petit Village" près de Bellefontaine

- Situation :

Commune : Bellefontaine
x = 884,35 ; y = 178,85

Les affleurements sont situés au niveau du lotissement du "Petit Village", sur le bord ouest du CD 18.

- Description :

La "Dalle Nacrée" du Callovien inférieur affleure à l'entrée du lotissement.

La base des "Couches de Birmensdorf" (Oxfordien moyen et supérieur) montre des calcaires argileux gris ayant livré des exemplaires indéterminables de Périssphinctidés, ainsi que des Brachiopodes : *Zittellina cf orbis* (QU.) et *Rh. Monticlarella strioplicata* (QU.).

Affleurement du cimetière de Morez

- Situation :

Commune : Morez
x = 882,63 ; y = 175,25

L'affleurement est situé sur le bord est de la route des Mouquettes, à l'entrée sud du Cimetière.

- Historique :

A. GUILLAUME (1960).

- Description :

La "Dalle Nacrée" est surmontée par l'"Oolite ferrugineuse" peu fossilifère sur le bord Est de la route. Les fondations des immeubles à l'Ouest nous ont livré des marnes plastiques bleutées, considérées par A. GUILLAUME (1960) comme "les marnes à *Creniceras renggeri*" (Oxfordien inférieur). Elles seraient l'équivalent latéral de la "Pseudobrèche de St-Claude".

Les faciès argoviens classiques surmontent cette formation épaisse de quelques mètres.

Coupe des Arcets (fig. 6)

- Situation :

Commune de Prémanon
 x = 881,15 ; y = 169,22

sur le chemin allant du hameau des Arcets au champ de tir de la Combe Berthod.

- Description :

Voir la figure 6.

La coupe montre la succession :

1 - Dalle Nacrée", 2 - "oolite ferrugineuse", 3 - "Pseudobrèche de St-Claude" et
 4 - "Couches de Birmensdorf".

Coupe de "La Magnine" (fig. 6)

- Situation :

Commune de St-Claude (Chaumont)

x = 875,22 ; y = 161,70

Le chemin qui joint le pont de la Main-Morte à la ferme de la Magnine passe un premier bief, puis un petit ruisseau, les affleurements sont situés dans le lit du ruisseau, en amont du chemin.

- Historique :

C. MANGOLD (1970).

- Description :

Voir la figure 6.

Le lit du ruisseau fournit une coupe montrant successivement :

1 - Calcaires spathiques du Bathonien supérieur, 2 - "Dalle Nacrée", 3 - "Oolite ferrugineuse", 4 - "Pseudobrèche de St-Claude" ayant livré *Orbiglyceras* sp. attribuée au Callovien supérieur, 5 - "Couches de Birmensdorf" avec *Perisphinctes* (*Perisphinctes*) *densecostatus* ENAY.

Plus haut, dans les "Couches de Birmensdorf", sur le chemin, au niveau de la ferme de la Magnine, nous avons récolté : *Terebratula alata* (ex. T. *rollieri*) et *Perisphinctes* (*Arisphinctes*) *plicatilis* (SOWERBY).

Coupe du Pontet (fig. 6)

- Situation :

Commune de St-Claude (Chaumont)

x = 873,86 ; y = 161,12

20 m en aval du Pont du Pontet (rive gauche du Grosdar).

- Description :

Voir coupe du Pontet au Crêt Pourri p. 21 et figures 6 et 7.

Coupe de la Main Morte

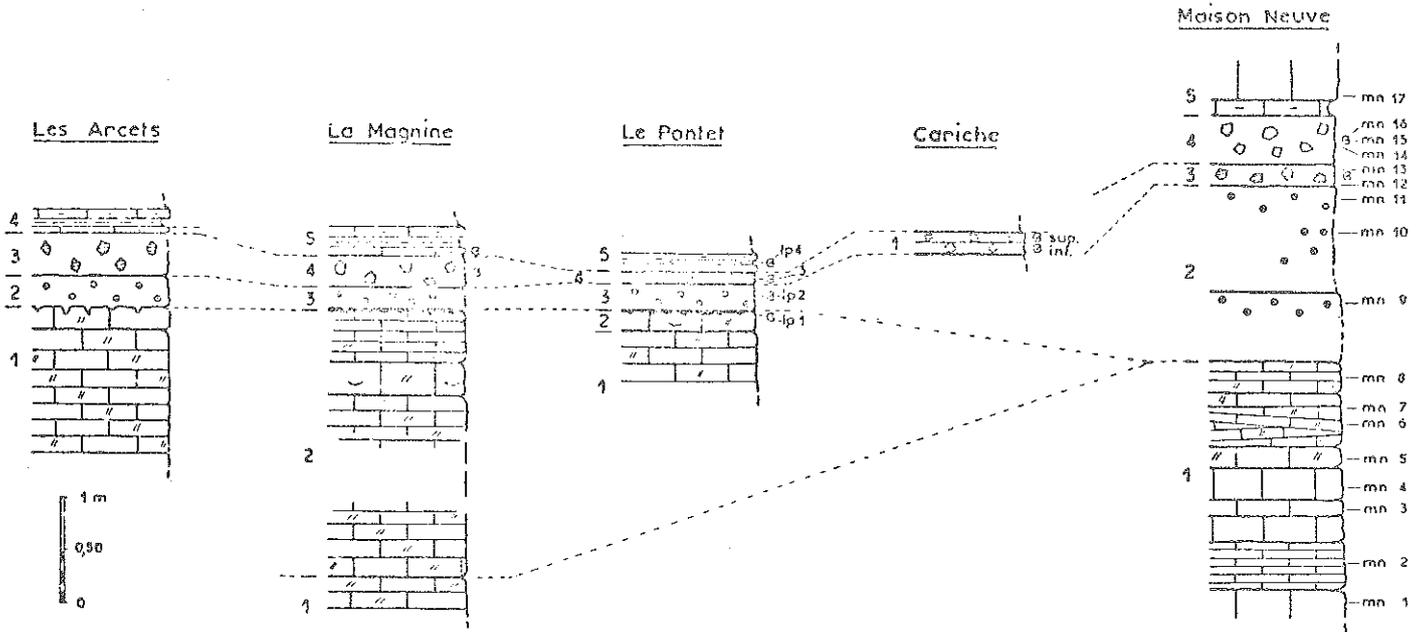
- Situation :

Commune de St-Claude (Chaumont)

x = 874,72 ; y = 161,63

en bordure du CD 304, entre le Pontet et la Main Morte
 début de la coupe : dernier lacet à gauche avant la Main Morte.

FIG. 6 : LE "CALLOVIEN" ENTRE MOREZ ET LA PESSE



COUPE DES ARCETS

"COUCHES DE BIRMENS DORF"

4 - > 1,00 m : alternance de marnes et de c. argileux gris clair en petits bancs (0,05 à 0,10 m), Ammonites, Spongiaires.

"PSEUDOBRECHE DE ST-CLAUDE"

3 - 0,40 m : conglomérat à ciment de c. argileux gris et éléments de c. roux riche en oxydes de fer, nombreuses Ammonites très mal conservées et roulées.

"OOLITE FERRUGINEUSE"

2 - 0,30 m : c. argileux gris riche en oolites ferrugineuses rousses.

"DALLE NACREE"

1 - 1,50 m : c. bioclastique bicolore (roux et gris) riche en Entroques.

COUPE DE LA MAGNINE d'après C.MANGOLD, 1970, (pro parte).

"COUCHES DE BIRMENS DORF"

5 - 6,50 m : c. argileux gris riches en Spongiaires, interbancs argileux, à la base : *Ferisphinctes densecostatus* ENAY.

"PSEUDOBRECHE DE ST-CLAUDE"

4 - 0,30 m : conglomérat à ciment de c. argileux gris et éléments de c. ferrugineux, riche en Ammonites roulées *Orbignyceras* sp.

"OOLITE FERRUGINEUSE"

3 - 0,20 m : c. argileux gris riche en petites oolites ferrugineuses.

"DALLE NACREE"

2 - 7,60 m : c. bioclastique à Entroques.

"CALCAIRES SPATHIQUES A BRYZOAIRIES" (Bathonien)

1 - 1,80 m : c. spathique gris bleu du Bathonien supérieur.

COUPE DU PONTET (voir légende fig. 7)

AFFLEUREMENT DE CARICHE

"PSEUDOBRECHE DE ST-CLAUDE"

1 - 0,30 m : conglomérat à ciment de c. argileux gris et à éléments de c. ferrugineux et Ammonites. Le banc supérieur nous a livré : *Phylloceras* sp., *Lunuloceras* sp., *Reineckea* sp., *Reineckeites* sp., *Hecticoeras* sp., *Indosphinctes* sp., *Indosphinctes rusticus* SPATH, et quelques *Maccocephalitiidae*.
Le banc inférieur a fourni : *I. (Indosphinctes) cf. linearesi* MANGOLD.

COUPE DE LA "MAISON-NEUVE"

"COUCHES DE BIRMENS DORF"

5 - 1,25 m : c. argileux gris clair à taches rousses Ammonites et Belemnites.

4 - 0,45 m : c. argileux gris clair, bréchique, mn 16; *Ferisphinctes* sp.

"PSEUDOBRECHE DE ST-CLAUDE"

3 - 0,20 m : conglomérat à ciment de c. argileux gris et à éléments de c. ferrugineux, oolitique, et Ammonites roulées.

"OOLITE FERRUGINEUSE"

2 - 1,65 m : zone partiellement masquée présentant des affleurements de c. argileux gris à oolites ferrugineuse.

"CALCAIRES SPATHIQUES A BRYZOAIRIES" (Bathonien sup.)

1 - 2,40 m : c. bioclastique, spathique, présentant par endroits des stratifications obliques, Entroques, Brachiopodes.

DETERMINATION :

. Ammonites : D. CONTINI (Besançon)

- Description :

La coupe montre de bas en haut :

- 1 - 4,60 m : "Dalle Nacrée"
 2 - 0,60 m : "Oolite ferrugineuse" avec Belemnites et Brachiopodes.
 3 - 0,40 m : zone couverte.
 4 - 4,30 m : "Couches de Birrnsdorf", avec biohermes à spongiaires.
 à 1,40 m : mm 6 : *Cardioceras bodeni* MAIRE, *Cardioceras brightoni* ARKELL (zone à Plicatilis, sous-zone à Antecedens). à 3,20 m : mm 11 : *Perisphinctes cf alatus* ENAY (zone à Transversarium, sous-zone à Parandieri).

Affleurements de la route de St-Claude à Vaucluse

- Situation :

Commune de St-Claude
 x = 872,82 ; y = 163,12

- Description :

La route de Vaucluse recoupe deux fois le "Callovien" répété par faille. L'affleurement le plus oriental montre 1,20 m d'"Oolite ferrugineuse" qui ne nous a pas livré de faune.

Affleurement du virage de Chaffardon

- Situation :

Commune de St-Claude
 x = 872,06 ; y = 160,17, en contrebas du CD 304, sous les derniers niveaux de la coupe (ch) du Bathonien.

- Description :

Le micropli d'"Oolite ferrugineuse" a fourni à R. LE PENNEC :
 I. (*Indosphinctes*) *linaresi* MANGOLD (Callovien inférieur).

Affleurement de la Chaumette

- Situation :

Commune de St-Claude
 x = 873,60 ; y = 160,05
 Dans le Cirque des Foules, sous le pylône de la Chaumette.

- Description :

Affleurement d'"Oolite ferrugineuse" ayant fourni à R. LE PENNEC un exemplaire de *Quenstedtoceras lamberti* (zone du Callovien supérieur)?

Affleurement de Cariche (fig. 6)

- Situation :

Communes des Molunes
 x = 876,58 ; y = 155,66
 en bordure du sentier allant de la Rossa à Laisia.

- Historique :

C. MANGOLD (1970) décrit une coupe entre la Simard et Cariche.

- Description :

Voir la figure 6

L'affleurement est constitué de deux bancs d'"Oolite ferrugineuse".

Le banc supérieur a livré :

Phylloceras sp., *Lunuloceras* sp., *Reineckeia* sp., *Reineckeites* sp., *Hecticoceras* sp., Macrocephalitiés, *Indosphinctes* sp., *Indosphinctes rusticus* SPATH.

Le banc inférieur contenait : *I. (Indosphinctes) cf. linaresi* MANGOLD.

- Remarque :

Indosphinctes rusticus SPATH, n'a pas été trouvé dans le Jura, jusqu'à présent.

En Ardèche, cette forme appartient à la sous-zone à *Ardescicum* (S. ELMI, 1967).

Dans le Poitou, elle appartient à la sous-zone à *Patina* (E. CARIU, 1969) (équivalent de la zone à *Patina* du Jura méridional).

Dans le Châlonnais, elle marque la base de la zone à *Jason* (J. THIERRY et H. TINTANT).

Les couches d'"Oolite ferrugineuse" de Cariche représentent donc le Callovien inférieur.

Coupe de Maison-Neuve (fig. 6)

- Situation :

Commune de Bellecombe

x = 874,90 ; y = 150,74

le long du chemin allant du sommet 1300,5 à la ferme de Maison-Neuve.

Bathonien à 200 m du virage du bas du chemin.

"Couches de Birmensdorf" à 100 m du virage du bas du chemin.

- Description :

Voir la figure 6.

L'absence de faune déterminable restreint l'intérêt de cette coupe à la lithostratigraphie.

Affleurement de la Main Morte

- Situation :

Commune de St-Claude

dans les virages du CD 304 entre le Pontet et la Main Morte.

- Description :

le talus de la route montre des biohermes à Spongiaires séparés par des couches stratifiées prenant appui dessus ("Couches de Birmensdorf").

Coupe du Pontet au Crêt Pourri (fig. 7)

- Situation :

Commune de St-Claude (Chaumont)
 début de la coupe :
 "Dalle Nacrée", "Oolite ferrugineuse", "Pseudobrèche de St-Claude" et base des "Couches de Birmensdorf" : $x = 873,86$; $y = 161,12$, rive gauche du Grosdar, 20 m en aval du pont.
 "Couches de Birmensdorf" : $x = 873,90$; $y = 161,17$, dans un ravin affluent du Grosdar, en rive droite, en amont du Pont.
 "Couches du Geissberg" : affleurements en relief au-dessus de l'ancien chemin éboulé de la Main Morte au Pontet : $x = 873,99$; $y = 161,54$.
 "Calcaires lités" : entre le "ressaut du Geissberg" et le sommet du Crêt Pourri, la suite de la coupe est levée sur le Crêt-Dessus (bordure sud de la forêt du Frénois).
 Fin de la coupe ("Calcaires pseudolithographiques" : $x = 874,02$; $y = 161,92$, replat de la forêt du Frénois.

- Historique :

A. ETALLON (1857), Frère OGERIEN (1867), B. ALABOUVETTE (1965), R. ENAY (1966), C. MANGOLD (1970) pro parte.

- Description :

Voir la figure 7

- Intérêt de la coupe :

C'est la seule coupe complète du Callovien et de l'Oxfordien de toute la région.

La "Dalle Nacrée" (niveau A) représente la zone à Koenigi.

L'"Oolite ferrugineuse" ou "Calcaires d'Arnans" (C. MANGOLD, 1970) correspond à la zone à Patina.

L'ensemble "Dalle Nacrée" + "Oolite ferrugineuse" appartient donc seulement au Callovien inférieur.

La "Pseudobrèche de St-Claude" renferme un mélange de faunes du Callovien inférieur (*Choffatia furcula* NEUM, zone à Koenigi ou Patina) et de l'Oxfordien inférieur (*Perisphinctes birmensis* DE LORIOU).

Au Pontet, R. ENAY (1966) décrit dans la "Pseudobrèche" des individus représentant les zones à Lamberti, Mariae, Cordatum et Plicatilis. Il s'agit donc de niveaux de remaniement et de condensation, remaniement du Callovien inférieur, condensation du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur.

Ainsi les "Marnes à *Ch. hengeri*" qui représentent dans le Jura plus externe les zones à Mariae et à Cordatum, n'existent pas dans la région de St-Claude.

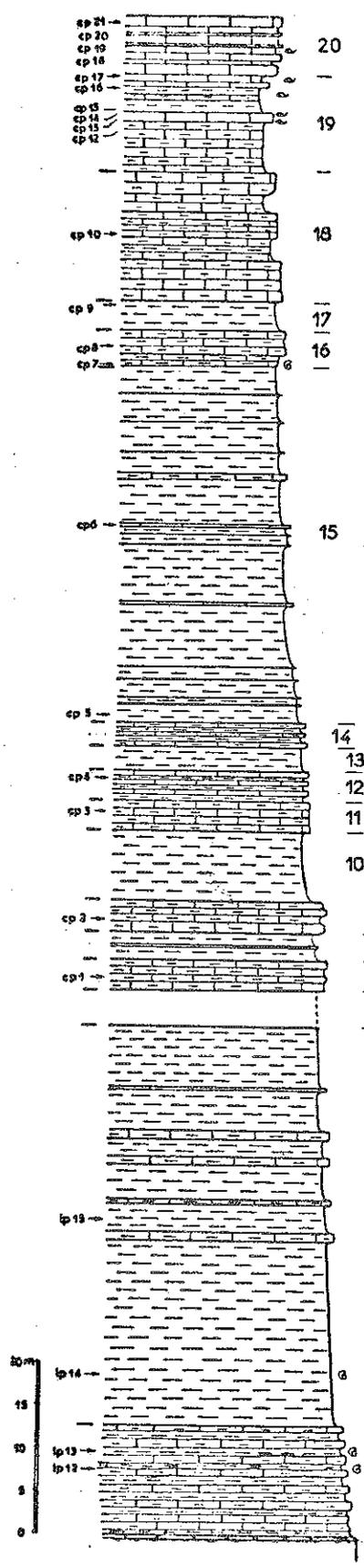
La base des "Couches de Birmensdorf" (niveau D) avec *P. (Dichotomosphinctes) antecedens* SALFELD correspond au sommet de la zone à Plicatilis (sous-zone à Antecedens).

Le niveau Q ayant livré *Perisphinctes alatus* ENAY, appartient à la zone à Transversarium.

Selon R. ENAY (1966), les "Couches d'Éffingen" et du "Geissberg" représentent le sommet de la zone à Transversarium (sous-zone à Bifurcatus).

Les "Calcaires lités" correspondent à la zone à Bimammatum, le niveau 16 a livré *Decipia girardoti* ENAY.

Fig. 7 : COUPE DU PONTET AU CRET POURRI CALLOVIEN - OXFORDIEN



"CALCAIRES PSEUDOLITHOGRAPHIQUES" :

20 - 5,30 m, alternance de c. durs beige clair et de c. tendres gris-jaunâtre intramicrite à Entroques, Bryozoaires et Brachiopodes, CP19 et CP17 : *Terebratula semifarinata* ETALLON, CP16 : *Rh. Scmalirhynchia mocachi* (HAAS).

"CALCAIRES LITES" :

19 - 11,60 m de c. argileux assez tendre sauf CP14, riches en Brachiopodes, Biomcrite à Entroques, Bryozoaires, Brachiopodes, CP14 et CP15 : *Terebratula semifarinata* ETALLON, CP15 : *Rh. subsimilis* SCHLOTH.
 18 - 15,70 m de c. argileux beige clair, tendres, plus ou moins plaquetés, biomcrite à Entroques.
 17 - 3,50 m de marnes grises, quelques Ostracodes.
 16 - 4,50 m de c. argileux gris beige, *Lima* sp., *Decipia girardoti* ENAY (zone à *Bimammatum*).
 15 - 41,70 m de marnes gris-bleu, quelques bancs de c. argileux (biomicrite à glauconie), traces d'oxydes de fer, Lamellibranches, Gastéropodes.
 14 - 2,80 m, alternance de c. argileux gris et de marnes grises.
 13 - 2,80 m de marnes grises.
 12 - 3,45 m de marnes et c. argileux gris-beige.
 11 - 3,60 m de c. argileux à débit en prismes, interbancs feuilletés, biomicrite à Entroques.
 10 - 8,00 m de marnes plastiques beiges.

"COUCHES DU GEISSBERG" :

9 - 3,40 m, alternance de c. argileux gris à patine jaune et de marnes feuilletées, biomicrite à Bryozoaires, Entroques, Lamellibranches.
 8 - 3,30 m de marnes feuilletées noires, à 2 m : banc de 0,10 m de c. argileux gris jaunâtre.
 7 - 4,00 m, alternance de c. argileux gris à patine jaune, à débit en boules et de niveaux plus tendres feuilletés, micrite à quartz.

"COUCHES D'EFFINGEN" :

6 - 4,00 m, zone couverte.
 5 - 41,70 m de marnes gris-bleu, plaquetées avec quelques bancs de c. argileux interstratifiés.

"COUCHES DE BIRMENS DORF" :

4 - 10,10 m, alternance de c. argileux en bancs irréguliers et de marnes grises, Spongiaires, Ammonites, lp13 : *Perisphinctes* sp., lp12 : *P. (Kraenosphinctes)* sp. NEUMANN.
 3 - 3,45 m alternance de c. argileux et de marnes.

"PSEUDOBECHE DE ST-CLAUDE ET COLITE FERRUGINEUSE" :

2 - 0,35 m.

"DALE NACREE" :

1 - > 2,50 m.

DETERMINATIONS :

- Ammonites : D. CONTINI (Besançon)
- Brachiopodes : A. BOULLIER (Besançon)

DETAIL DES NIVEAUX 1, 2, 3

- S - 0,15 m : banc de c. argileux
- R - 0,12 m : marnes brunâtres, Ammonite indéterminable au sommet
- Q - 0,15 m : 2 bancs de c. argileux gris-beige, *Perisphinctes alatus* ENAY (lp 11)
- P - 0,15 m : c. argileux et marnes mal stratifiées à Spongiaires et Bélemnites.
- O - 0,20 à 0,35 m : 2 bancs de c. argileux gris-beige, *P. (Dichotomosphinctes)* sp., *Taramellioeras* sp. (lp 10)
- N - 0,25 m : marnes et c. argileux, *Rh. (Lacunosella) arctica* (OPPEL) *T. (Argovithyris) birmensdorffensis* (MOESCH), *P. (Ariosphinctes) plicatilis* (SOWERBY), *P. (Otosphinctes) birmensdorffensis* (MOESCH) (lp 9).
- M - 0,25 m : 2 bancs de calcaire argileux gris-brun.
- L - 0,15 m : marnes et c. argileux, *P. (Otosphinctes)* sp. (lp 8)
- K - 0,30 m : c. argileux gris-brun, *Trimarginites* sp. (lp 7)
- J - 0,23 m : alternance de c. argileux et de marnes.
- I - 0,25 m : banc de c. argileux gris, empreinte d'Ammonite indéterm.
- H - 0,40 m : marnes gris-beige, *P. (Otosphinctes) siemiradskii* ENAY (lp 6)
- G - 0,18 m : 2 bancs de c. argileux gris.
- F - 0,20 m : marnes gris-beige.
- E - 0,20 m : c. argileux gris, *Perisphinctes* sp. (lp 5)
- D - 0,17 m : c. argileux et marnes gris, *P. (Dichotomosphinctes) rotoides* RONCHADZE, *P. (Dichotomosphinctes) antecedens* SALFELD.
- C - "PSEUDOBECHE DE SAINT-CLAUDE" : 0,10 m : conglomérat à ciment de c. argileux gris enrobant des éléments de c. très riches en oxydes de fer et des Ammonites plus ou moins roulées, *Perisphinctes birmensdorffensis* DE LORIOI, *Choffatia furculus* NEUM.
- B - "COLITE FERRUGINEUSE" : 0,25 m : c. argileux gris sombre, riche en oolites ferrugineuses à la partie supérieure : lamachelle à Lamellibranches, Bélemnites et Ammonites, *Grossouria* sp., *Reineckea* sp., *Lumuloeras paulovi* DE TSYTOVITCH.
- A - "DALE NACREE" : 2,50 m : c. bioclastique gris-bleu, surface supérieure rognonneuse, *Homoeplanites balinensis* NEUM.

Enfin, les "Calcaires Pseudolithographiques" datent de la zone à Planula, leur base est marquée par une lumachelle à Brachiopodes (niveau 20) contenant des "boules épineuses", concrétions dues aux Spongiaires, correspondant au "faciès grumeleux" de P. CHOFFAT.

Affleurement du Pont du Pontet

- Situation :

Commune de St-Claude (Chaumont)

x = 873,90 ; y = 161,12

L'affleurement se situe dans le talus nord du CD 304 à l'extrémité SE du Pont du Pontet.

- Description :

Calcaires et calcaires argileux gris avec biohermes à Spongiaires ayant livré : *Perisphinctes* sp., *P. (Dichotomosphinctes) trichoplocus* GEMM. (zone à Plicatilis, sous-zone à Antecedens), *Taramelliceras* sp., *Aspidoceras* sp., *P. (Dichotomosphinctes) elisabethae* DERIAZ, *P. (Perisphinctes) gr. parandieri* DE LORIOLE (zone à Transversarium, sous-zone à Parandieri) ("Couches de Birmensdorf").

Affleurements de Boulème

- Situation :

Communes de Bellecombe, Les Molunes, Les Moussières

x = 875,80 ; y = 153,80

- Description :

Le secteur de la source du Bief des Parres montre de beaux affleurements du sommet de la série marneuse "argovienne" ("Calcaires lités"), sous le synclinal perché des "Crottes".

Affleurement de Combe-Benoît

- Situation :

Commune de Chézery-Forens

x = 873,10 ; y = 146,80

le long du chemin de Bellecombe aux Magras.

- Description :

La base des "Couches de Birmensdorf" a fourni : *P. (Dichotomosphinctes) gr. antecedens* BUCKMANN (zone à Plicatilis, sous-zone à Antecedens).

DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES (fig. 8)

Le tableau de la figure 8 montre les équivalences établies entre les zones d'Ammonites et les divisions lithologiques du Callovien et de l'Oxfordien.

Cartographiquement, le "Callovien" (j3) a été représenté dans les secteurs où il affleure bien (Chaumont, Vaucluse, les Arcets), sinon, il a été groupé avec le Bathonien. La "Pseudobrèche de St-Claude" a été incluse dans le "Callovien" pour des raisons pratiques.

Les "marnes à *Cr. reinggeri*" ne sont connues qu'à Morez, où elles sont représentées par de rares affleurements (j4), ailleurs l'Oxfordien est divisé en deux ensembles : l'Oxfordien marneux (j5) ou "Argovien" et les "Calcaires pseudolithographiques" (j6) de l'Oxfordien supérieur, la limite se situant au niveau d'une lumachelle à Brachiopodes.

		ZONES (ENAY, 1966, MANGOLD, 1970)	SOUS ZONES	Formations	DIVISIONS CARTOGRAPHIQUES		
OXFORDIEN	SUP.	PLANULA		Calcaires Pseudolithographiques	OXFORDIEN SUPERIEUR j6		
			BIMAMMATUM			BIMAMMATUM	Calcaires lités
						HYPSELUM	
	MOY.	TRANSVERSARIUM	BIFURCATUS	Couches du Geissberg			
			PARANDIERI				
		PLICATILIS	ANTECEDENS		Couches d'Effingen		
INF.	CORDATUM	TENUICOSTATUM	Couches de Birmensdorf				
		MARIAE					
CALLOVIEN	SUP.	LAMBERTI	Pseudobrèche	"Marnes à <i>Cr. reinggeri</i> " (Morez) j4			
		ATHLETA	Oolite ferrugineuse				
	MOY.	CORONATUM	Dalle Nacrée	"CALLOVIEN" j5 (groupé avec le Bathonien dans certains secteurs)			
		JASON					
	INF.	PATINA					
		KOENIGI					
		MACROCEPHALUS					

Fig. 8 : DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DU CALLOVIEN ET DE L'OXFORDIEN

CONCLUSION

- Le Callovien et l'Oxfordien marneux renferment de haut en bas :
- les "Calcaires lités" (98 m), sommet de la puissante série marneuse "argovienne"
 - les "Couches d'Effingen" (45 m environ) et les "Couches du Geissberg" (10 m environ) constituant la base de l'Oxfordien supérieur

**Fig. 9 : COUPE DE LA ROUTE LES ROUSSES - MOREZ (R.N. 5)
LE TURU, JURASSIQUE SUPERIEUR**



**Fig.10 : COUPE DE LA ROUTE S¹ CLAUDE-SEPTMONCEL (R.N. 436)
OXFORDIEN SUPERIEUR**

KIMMERIDGIEN INFÉRIEUR :

18 - 22,00 m : c. sublithographique et graveleux ; biomicrite et intrabiomicrite à Entroques, radioles d'Echinides, Lagénidés ; rp 30 : niveau à oncholites ; biomicrite à oncholites.

OXFORDIEN SUPERIEUR

- "CALCAIRES PSEUDOLITHOGRAPHIQUES" -

17 - 1,30 m : c. argileux et marnes feuilletées.
16 - 7,00 m : c. sublithographique gris ; biomicrite à Entroques, Epistominidés et Ostracodes.

15 - 0,10 m : Marnes.

14 - 2,40 m : c. sublithographique gris ; biomicrite, rares Entroques, Textulariidés.

13 - 9,50 m : c. argileux et sublithographique ; micrite riche en Gastéropodes.

12 - 0,10 m : Marnes.

11 - 4,00 m : c. sublithographique beige ; micrite à Ostracodes.

10 - 2,70 m : alternance de bancs de c. sublithographique beige clair, très fracturés (micrite) et de marnes jaunes.

9 - 11,30 m : c. sublithographique gris beige ; micrite et pelmicrite.

8 - 1,00 m : marnes ocrées avec un banc de c. sublithographique (0,20 m) interstratifié à 0,15 m ; pelmicrite.

7 - 9,80 m : c. sublithographique beige ; micrite et biopelmicrite ; Lamellibranches, Ostracodes, joint marneux à la base.

6 - 11,30 m : c. sublithographique beige ; micrite.

5 - 2,50 m : c. dolomitique ± gréseux ; dolosparite.

4 - 27,50 m : c. sublithographique gris beige ; biopelmicrite à Entroques.

3 - 8,80 m : c. gris-bleu miroitant contenant des éléments centimétriques arrondis, plus clairs marqués d'un liseré ferrugineux ; biomicrite plus ou moins dolomitisée à Entroques.

2 - 7 m : alternance de bancs de c. gris fin compact et de petits niveaux marneux ; biopelmicrite à Entroques.

Le premier banc gris-bleu est riche en pyrite par places ; débris de coquilles pyritisées, base de banc riche en Brachiopodes (rp 5,6) : *Rhynchonella subsimilis* SCHLOTH, *Rhynchonella (Somalirhynchia) moeschi* (HAAS), *Digonella moeschi* (MAYER), *Terebratula semifarcinata* ETALLON.

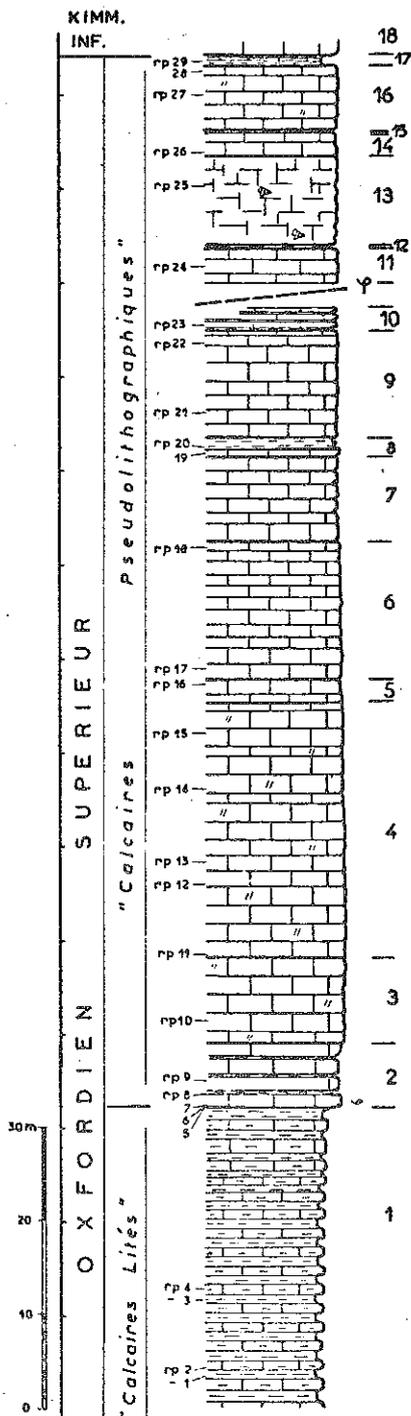
OXFORDIEN SUPERIEUR

- "CALCAIRES LITES" -

1 - > 32 m : alternance de marnes plaquetées grises et de bancs de c. argileux gris (0,25 à 0,50 m) ; (rp 2) : biomicrite à Gastéropodes, Entroques, radioles, Epistominidés et Lagénidés.

DETERMINATIONS :

- . Brachiopodes : A. BOULLIER (Besançon)
- . Foraminifères et Microfaciès : P. BERNIER (Lyon)



- les "Couches de Birmensdorf" (13,50 m) ou couches à Spongiaires représentant l'Oxfordien moyen
- la "Pseudobrèche ferrugineuse de St-Claude" (0,10 à 0,20 m) correspondant à des niveaux de remaniement et de condensation d'âge Callovien supérieur et Oxfordien inférieur et moyen. A Morez, l'Oxfordien inférieur n'est représenté que par les "Marnes à Cr. renggeri"
- 1^{ère} "Oolite ferrugineuse" ou "Calcaires d'Annans" (0,20 à 1,65 m) et la "Dalle Nacrée" (0 à quelques mètres), correspondant au Callovien inférieur.

LE JURASSIQUE SUPERIEUR CALCAIRE

L'Oxfordien marneux est surmonté par un puissant ensemble calcaire et dolomitique appartenant à l'Oxfordien supérieur, au Kimméridgien et au Portlandien.

Nous avons levé plusieurs coupes dans ces formations, du Nord au Sud : près de Morez, près de St-Claude et près de la Pesse.

AFFLEUREMENTS ET COUPES

Coupe de la RN5 entre Les Rousses et Morez : Coupe du Turu (fig. 9)

- Situation :

Commune des Rousses, entre Goulard et la Cassine
début de la coupe : 150 m sous la borne kilométrique (les Rousses 4,4, Alt. 885 m). x = 883,50 ; y = 172,22
zone tectonisée (niveau 9) à la sortie est du tunnel.

- Description :

Voir la figure 9

- Intérêt de la coupe :

niveau 2 : présence de *Terebratula* aff. *astartina* ROLLIER (forme large, plate, non plissée) sous les faciès oncholitiques ; le niveau est comparable à celui relevé à Château-des-Prés par Mme A. BOULLIER.
niveaux 3 à 16 : grand développement des faciès à oncholites dans tout le Kimméridgien inférieur.

- Divisions cartographiques :

L'absence de faunes d'Ammonites nous empêche de fixer des divisions biostratigraphiques dans la coupe.

Les repères cartographiques, pour la région de Morez - Les Rousses sont les suivants :

- la lumachelle à *Terebratula* aff. *astartina* ROLLIER surmontée par les faciès à oncholites correspond à la base du Kimméridgien inférieur (niveaux 2 - 3).
- la disparition des oncholites et l'apparition d'oosparites marquent la base du Kimméridgien supérieur (niveaux 16 - 17).
- la disparition des Polypiers, l'apparition des micrites à Dasycladacées et de niveaux dolomitiques correspondent à la base du Portlandien (niveaux 25 - 26).

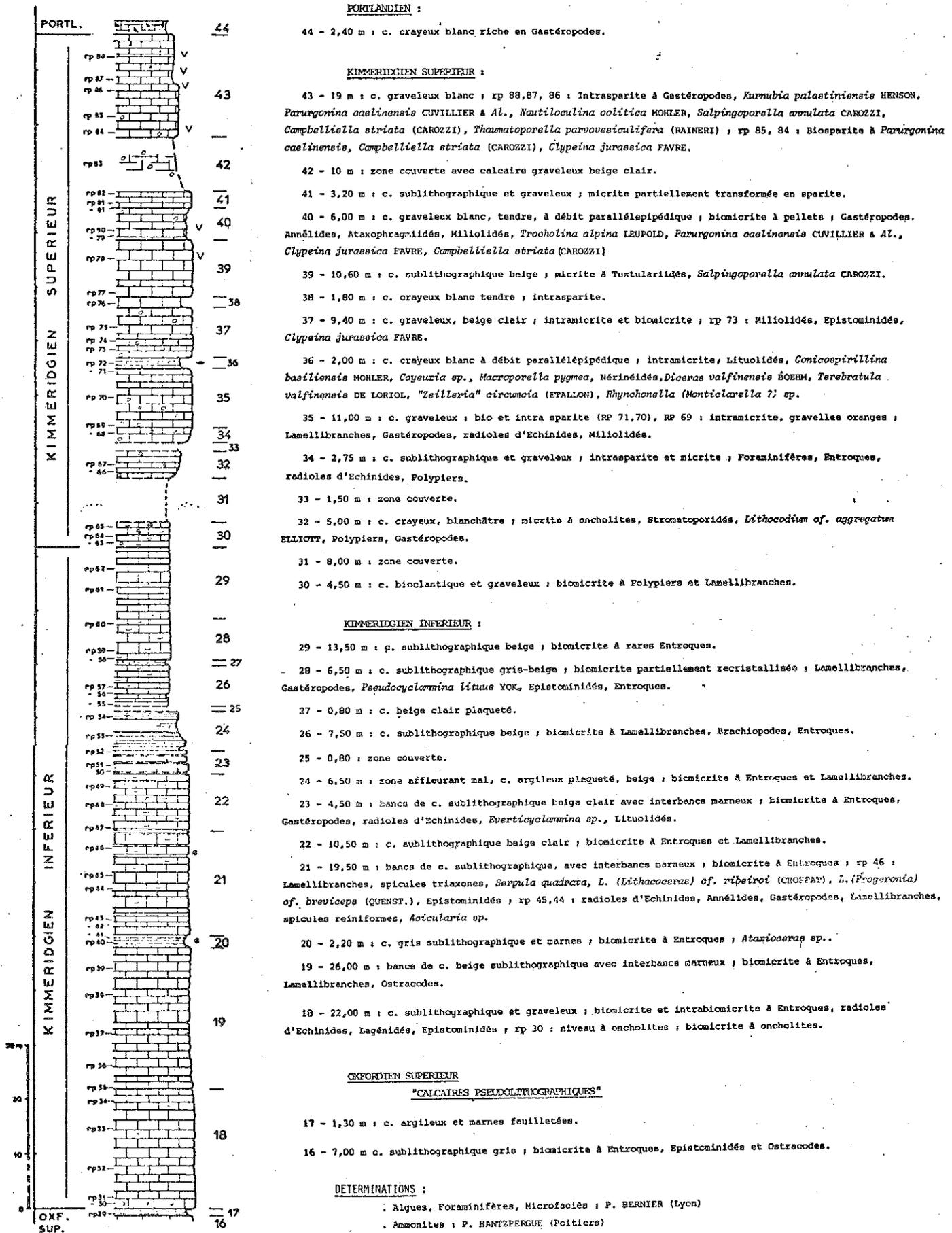
Coupe de la RN 436 entre St-Claude et Septmoncel : La Roche Percée - Chapeau de Gendarme (fig. 10, 11 et 12)

- Situation :

Commune de Septmoncel, entre la "Roche Percée" et le "Chapeau de Gendarme".

Fig. 11 : COUPE DE LA ROUTE S^t CLAUDE - SEPTMONCEL (R.N. 436)

KIMMERIDGIEN



Début de la coupe (niveau 1) : $x = 873,56$; $y = 157,66$,
point IGN : 643,7 m, à 400 m à l'Est du tunnel de la Roche Percée.

Limite j5-j6 (niveaux 1-2) : $x = 873,68$; $y = 157,61$,
23 m après le poteau PTT n°58.

Limite j6-j7 (niveaux 17-18) : $x = 873,91$; $y = 157,32$,
poteau PTT n° 62.

Niveau 20 : 10 m après le poteau PTT n° 68.

Niveau 25 : poteau PTT n° 71.

Limite j7-j8 (niveaux 30-31) : $x = 874,08$; $y = 157,28$,
poteau PTT n° 73.

Niveau 36 : entre les poteaux PTT 74 et 75.

Limite j8-j9 (niveaux 43-44) : $x = 874,42$; $y = 156,98$,
poteau PTT n° 78.

La coupe (rp) se termine au point $x = 874,42$; $y = 156,97$;
peu après le parking du "Saut du Chien".

La coupe (cg) reprend du point $x = 874,32$; $y = 157,04$;
dans le lacet situé au-dessus du "Saut du Chien".

Fin de la coupe : $x = 874,52$; $y = 157,20$ dans le lacet du
"Chapeau de Gendarme".

- Historique :

A. ETALLON (1857) ; P. CHOFFAT (1875) ; E. BOURGEAT (1885) ;
J. LEBRUN (1970).

- Description :

Voir les figures 10, 11 et 12.

Figure 10 : Oxfordien supérieur

Figure 11 : Kimméridgien inférieur et supérieur

Figure 12 : Portlandien.

- Intérêt de la coupe :

La RN 436 fournit une coupe complète du Jurassique supérieur
calcaire montrant quelques niveaux repères.

Le niveau 2 (fig. 10), avec la lumachelle à Brachiopodes, *Rh.*
(*Somalirhynchia*) *moeschi* (HAAS), *Rhynchonella subsimilis* SCHLOTH, *Digonella*
moeschi (MAYER) et *Terebratula semifarcinata* ETALLON est identique aux niveaux
19 et 20 de la coupe du Crêt Pourri (voir fig. 7). Il marque la limite entre
les "Calcaires pseudolithographiques", il correspond au "faciès grumeleux" de
P. CHOFFAT.

La base du niveau 18 (fig. 11) est un calcaire à oncholites qui
correspond probablement à la base de la zone à Platynota (P. HANTZPERGUE, 1975),
base du Kimméridgien inférieur.

Le niveau 20 (fig. 11) a fourni un fragment d'*Ataxioceras* mar-
quant la zone à Hypselocyclum.

Le sommet du niveau 21 (fig. 11) a livré *L. (Lithacoceras)* cf.
ribeiroi (CHOFFAT), *L. (Progeronia)* cf. *breviceps* (QUENSTEDT) datant la zone à
Acanthicum.

Le niveau 28 (fig. 11) est une micrite à *Pseudocyclamina lituus*
(YOKOYAMA).

Le niveau 30 (fig. 11) avec l'apparition des premiers Polypiers
constitue la limite cartographique entre le Kimméridgien inférieur et le Kimmé-
ridgien supérieur.

Cette limite cartographique se situe probablement plus haut que
la limite biostratigraphique, car le phénomène récifal de Valfin débute dans
la zone à Eudoxus.

Le niveau 36 (fig. 11) est une vire à petits Brachiopodes : *Terebratula valfinensis* DE LORIOU, "*Zeilleria*" *circumcia* (ETALLON), *Rhynchonella* (*Monticlairella* ?) sp.

Le niveau 43 (fig. 11) est marqué par le grand développement des algues Dasycladacées et notamment *Campbelliella striata* (CAROZZI), il s'agit des calcaires à "Vaginelles" qui constituent la limite cartographique entre le Kimméridgien supérieur et le Portlandien.

Le niveau 15' (fig. 12) montre des surfaces de bancs avec indices de bioturbations ("piste de vers", terriers).

Les niveaux à "cailloux noirs" (M. MATTAUER, 1958 ; M. MATTAUER et M. ROLLET, 1959) sont trop nombreux (fig. 12) et ont une extension horizontale trop sporadique pour avoir une valeur de repères.

Le niveau 37' (fig. 12) est constitué par des cargneules cavernes.

Le niveau 38' (fig. 12) est formé par une brèche sédimentaire à éléments anguleux centimétriques.

- Divisions cartographiques :

C'est à partir de cette coupe que nous avons établi les divisions cartographiques du Jurassique supérieur calcaire, utilisées dans les régions de St-Claude, Les Molunes, Lajoux, Lamoura, Le Frénois, Forêt de la Frasse :

- La lumachelle à Brachiopodes (niveau 2, fig. 10) marque la base de l'Oxfordien supérieur calcaire.
- Le calcaire à oncholites (niveau 17-18, fig. 11) marque la base du Kimméridgien inférieur.
- l'apparition des premiers Polypiers (niveau 29, fig. 11) fixe la base du Kimméridgien supérieur.
- le niveau 43 (fig. 11) riche en Dasycladacées et en particulier en "Vaginelles" - *Campbelliella striata* (CAROZZI) - matérialise le sommet du Kimméridgien supérieur. Le calcaire tendre, crayeux, riche en Gastéropodes (niveau 44, fig. 11 ; 2', fig. 12) correspond à la base du Portlandien.

Coupe du CD 25 entre les Moussières et la Pesse : l'Anquerne (fig. 13,14)

- Situation :

Commune de la Pesse.

La coupe débute par 50 m d'une série monotone de bancs de "Calcaires pseudolithographiques" : affleurements situés au Nord de la route, à l'entrée Est de la vallée sèche : $x = 872,65$; $y = 150,48$.

Limite j6-j7 (niveaux 1-2, fig. 13) : $x = 872,58$; $y = 150,44$, avant la petite carrière.

Niveau 4 (fig. 13) : dans une petite carrière : $x = 872,58$; $y = 150,44$, côté Nord de la route.

Zone couverte 6 (fig. 13) : la coupe s'interrompt et reprend côté Sud de la route, 10 m après une bouche d'évacuation d'eau.

Limite j7-j8 (niveaux 16-17, fig. 13) : 15 m avant le panneau "virage".

Limite j8-j9 (niveaux 28-29, fig. 13) : 60 m avant le grand virage : $x = 872,35$; $y = 150,38$.

Fin de la coupe : $x = 872,24$; $y = 150,54$; début d'un mur de soutènement.

**Fig.13 : COUPE DE LA ROUTE LES MOUSSIERES - LA PESSE (C.D.25)
L'ANQUERNE . KIMMERIDIEN**

PORTLANDIEN :

29 - 6,00 m : c. sublithographique et bioclastique mal stratifié, sparite et intrasparite à Ataxophragmiidés, Miliolidés, Lituolidés, *Nautiloculina colitica* MOHLER, *Thaumatoporella parvovacuifera* (RAINERI), *Campbelliella striata* (CAROZZI), *Salpingoporella annulata* CAROZZI, *Clypeina jurassica* FAVRE.

- Faille subverticale.

KIMMERIDIEN SUPERIEUR :

29 - 6,00 m : c. sublithographique mal stratifié ; micrite et sparite ; Ataxophragmiidés, Miliolidés, Lituolidés, Stromatoporiidés, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Campbelliella striata* (CAROZZI).

27 - 7,00 m : c. dolomitique mal stratifié, micrite partiellement recristallisée (dolomite) ; Gastéropodes, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Campbelliella striata* (CAROZZI), (verticilles de *C. striata* emboîtés).

26 - 6,20 m : c. dolomitique ; micrite partiellement recristallisée (dolomite) ; Gastéropodes, Miliolidés, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Campbelliella striata* (CAROZZI).

25 - 8,75 m : c. dolomitique ; mp 80 à 75 : micrite et intramicrite à Miliolidés, Ataxophragmiidés, *Trocholina alpina* LEUPOLD, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Campbelliella striata* (CAROZZI) ; mp 74 à 71 : dolosparite à intraclastes, *Conicospirillina basilienis* MOHLER, *Furugonina caslinensis* COUVILLIER & AL.

24 - 1,40 m : zone couverte, montrant un affleurement de c. dolomitique ; micrite partiellement recristallisée.

23 - 12,50 m : calcaire bioclastique beige-clair ; micrite et sparite à intraclastes, zones dolomitisées ; Lamellibranches, Gastéropodes, Lituolidés, Ataxophragmiidés, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Campbelliella striata* (CAROZZI).

22 - 12,50 m : calcaire sublithographique beige, mal stratifié ; intramicrite et intrasparite à peltoïdes ; Gastéropodes, Polyptères (attaqués par des bactéries) Lituolidés, Ammobaculites, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Salpingoporella annulata* CAROZZI.

21 - 2,50 m : c. crayeux blanc, gelif, micrite partiellement recristallisée (dolomite) ; Lamellibranches, Spicules d'Echinides, Stromatoporiidés, *Petrascula bursiformis*, *Conicospirillina basilienis* MOHLER.

20 - 0,80 m : c. dolomitique et carneules ; dolosparite.

19 - 12,30 m : c. graveleux, beige clair, crayeux, sparite et coosparite à lumps ; Entroques, Brachiopodes, Lamellibranches, Ataxophragmiidés, Lituolidés, *Salpingoporella annulata* CAROZZI.

18 - 12,30 m : zone couverte.

17 - 5,60 m : c. dolomitique saccharoïde ; intrasparite à oolites dolomitisées ; quelques Entroques.

KIMMERIDIEN INFERIEUR :

16 - 6 m : c. sublithographique beige, fracturé, identique à (14).

15 - 10 m : zone partiellement masquée, affleurement de c. sublithographique beige, identique à (14).

14 - 9,00 m : c. sublithographique beige, fracturé, mal stratifié ; sparite à peltoïdes ; Annélides, Nodosariidés, Ataxophragmiidés.

13 - 7,10 m : c. sublithographique beige ; micrite à peltoïdes.

- Faille verticale.

12 - 7,80 m : c. sublithographique beige plaqueté par places et montrant une "schistosité de fractures" oblique par rapport à la stratification.

11 - 0,50 m : alternance de calcaire sublithographique et de c. argileux plaqueté ; à la base : Ammonites indéterminables.

10 - 2,00 m : zone couverte.

9 - 1,25 m : c. sublithographique beige.

8 - 5,80 m : zone couverte.

7 - 25,00 m : c. sublithographique beige ; mp 39 ; niveau feuilleté, argileux à Brachiopodes, Lamellibranches, *Ataxioceras* (*Parataxioceras*) sp., *Taxamellioceras* (*Taxamellioceras*) *compesum* (OPPEL) ; mp 37 : micrite à *Ataxioceras* sp., Annélides, Epistominidés.

6 - 5 m : zone masquée.

5 - 23,00 m : alternance de c. sublithographique beige et de c. argileux plaqueté gris-beige ; micrite avec rares zones recristallisées ; mp 34 - 33 : empreintes d'Ammonites ; mp 32 : Astartes, *Ataxioceras* (*Subataxioceras*) gr. *oppeli* GEYER.

4 - 16,50 m : c. sublithographique beige ; micrite partiellement recristallisée ; Entroques, Lamellibranches, Textulariidés, Aciculaires ; mp 23 et 22 : nodules de marcassite oxydés, micrite à Entroques, Annélides, Lamellibranches et Brachiopodes.

3 - 3,50 m : zone confuse de c. sublithographique beige.

2 - 4,50 m : c. sublithographique beige ; micrite avec quelques plages de sparite ; Foraminifères, Spicules de Spongiaires, Astartes.

OXFORDIEN SUPERIEUR

- "CALCAIRES PSEUDOLITHOGRAPHIQUES" -

1 - > 40 m : Ensemble monotone de c. sublithographique beige (micrite sans faune).

DETERMINATIONS :

- . Algues, Foraminifères, Microfaciès : P. BERNIER (Lyon)
- . Ammonites : P. HANTZPERGUE (Poitiers)

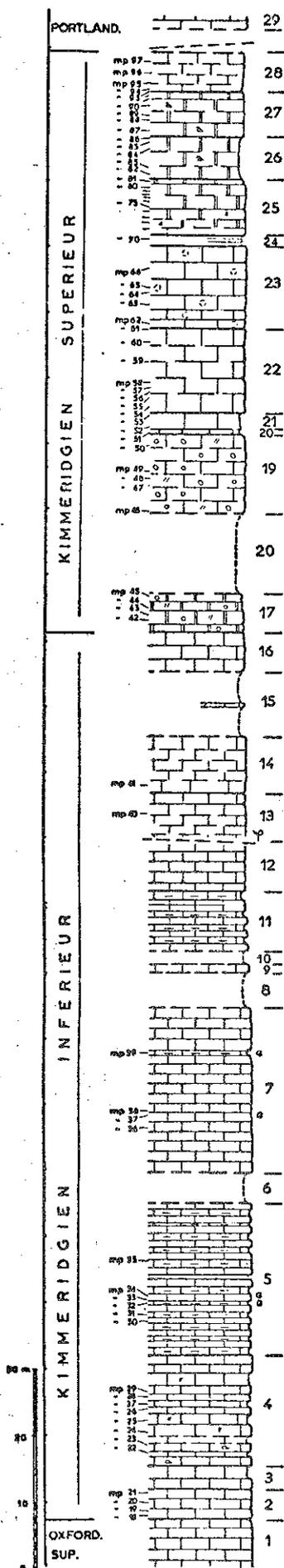


Fig. 14 : COUPE DE LA ROUTE LES MOUSSIERES - LA PESSE (C.D. 25)

L'ANQUERNE . PORTLANDIEN

PORTLANDIEN :

43 - 0,80 m : c. dolomitique beige à taches rouges ; mp 166 : biomicrite à Entroques et Miliolidés ; mp 165 : biomicrite à "cailloux gris", Bryozoaires, Gastéropodes, Entroques, Miliolidés, *Nautiloculina oolitica* MOHLER ; *Dasycladacées*.

42 - 4,30 m : c. sublithographique et dolomitique beige ; mp 164 : biomicrite à quartz, Gastéropodes, Entroques usées, Ostracodes, *Epistomina sp.* ; mp 159 : pelmicrite, coprolithes, Gastéropodes, Lamellibranches, *Nautiloculina oolitica* MOHLER ; mp 156 : micrite.

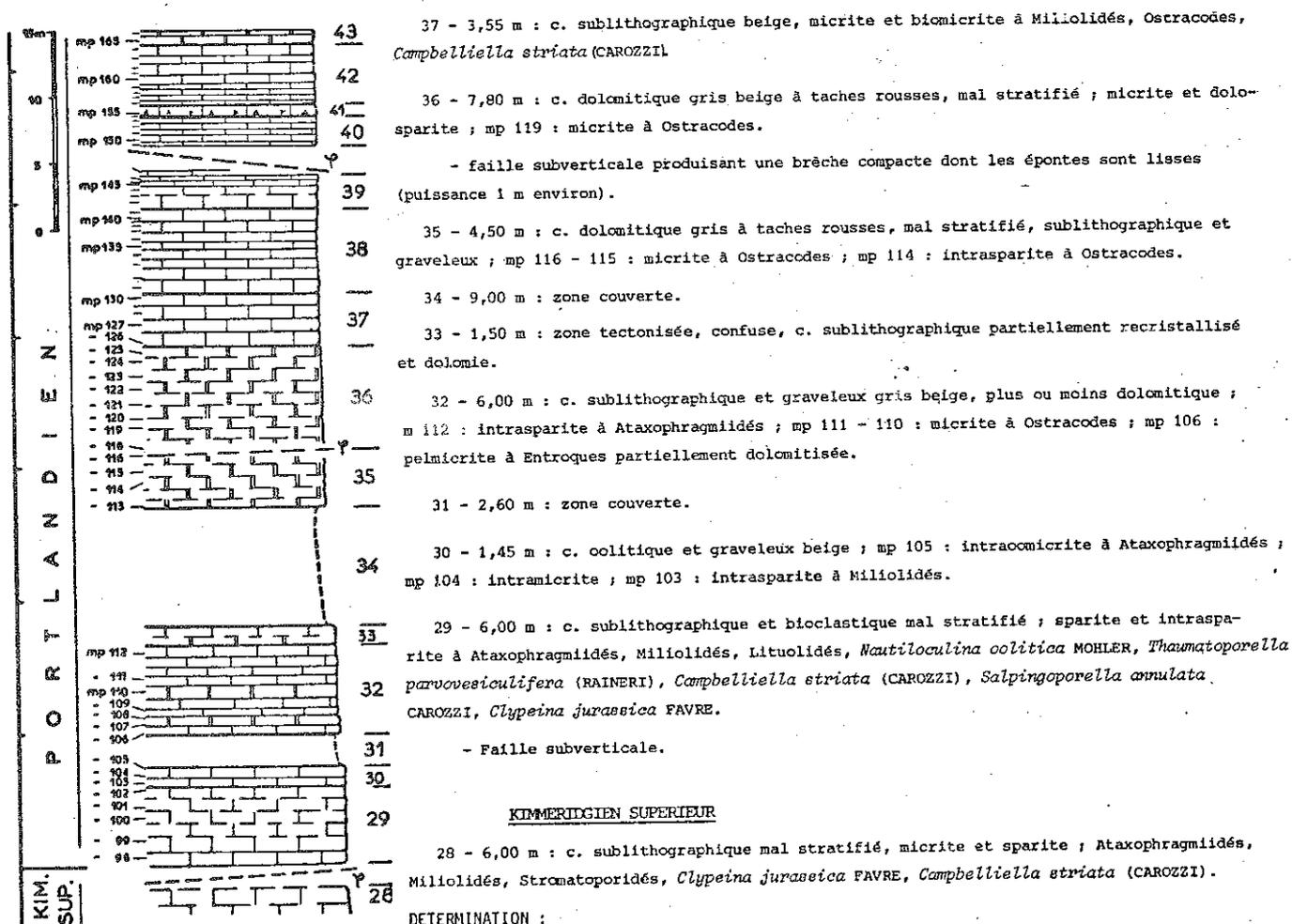
41 - 0,60 m : c. sublithographique bréchique à "cailloux noirs" ; micrite à cailloux anguleux, à la base du banc à cailloux noirs, argile à "cailloux noirs" arrondis.

40 - 2,25 m : c. sublithographique dolomitique beige ; micrite partiellement recristallisée (dolomite) ; mp 152 : micrite à structure fenestrée ("birds eyes"), "pistes de vers", coprolithes.

- cisaillement

39 - 3,50 m : c. sublithographique beige, les surfaces supérieures des bancs sont bioturbées avec "pistes de vers" ; micrite

38 - 6,10 m : c. graveleux et c. dolomitique beige ; mp 141 : intramicrite à Miliolidés, Ataxophragmidés, *Nautiloculina oolitica* MOHLER, *Campbelliella striata* (CAROZZI) ; mp 140 - 139 : pelmicrite ; mp 137 : intrasparite à oolites et lumps ; mp 136 : c. dolomitique et dolomie ; mp 132 - 131 : micrite.



KIMMERIDGIEN SUPERIEUR

28 - 6,00 m : c. sublithographique mal stratifié, micrite et sparite ; Ataxophragmidés, Miliolidés, Stromatoporiidés, *Clypeina jurassica* FAVRE, *Campbelliella striata* (CAROZZI).

DETERMINATION :

. Algues, Foraminifères, Microfaciès : P. BERNIER (Lyon)

- Description :

La base de la coupe correspond aux "Calcaires pseudolithographiques" qui affleurent sur une épaisseur de 50 m. Il s'agit d'un ensemble monotone de calcaire sublithographique (micrite sans faune) en bancs de puissance variable (0,05 à 1,50 m).

Pour la suite de la coupe, voir la figure 13 (Kimméridgien inférieur et supérieur) et la figure 14 (Portlandien).

On notera cependant que la coupe est affectée par plusieurs failles, dont les effets n'ont pu être estimés.

- Intérêt de la coupe :

Les premiers bancs du niveau 4 (fig. 13) : micrite à Annélides, Lamellibranches, Brachiopodes, Entroques présentent un faciès caractéristique de la base du Kimméridgien (P. BERNIER, renseignement oral).

Le niveau 5 (fig. 13) a livré *Ataxioceras* sp. et *A. (Subataxioceras) gr. oppeli* GEYER marquant la zone à *Hypselocyclum*.

Le niveau 7 (fig. 13) avec *A. (Parataxioceras) sp.*, *Taramellicerias (Taramellicerias) compsum* (OPPEL) correspond au sommet de la zone à *Hypselocyclum* ou à la base de la zone à *Divisum*.

Dans le niveau 17 (fig. 13) apparaissent les premiers faciès bioclastiques (oosparites et intrasparites) qui constituent notre limite entre le Kimméridgien inférieur et le Kimméridgien supérieur.

Les niveaux 26,27,28 (fig. 13) sont riches en Dasycladacées et en particulier *Campbelliella striata* (CAROZZI) on note également la présence de Gastéropodes, cette association rappelle les faciès de la limite Kimméridgien supérieur - Portlandien de la coupe de la RN 436 (niveaux 43-44, fig. 11) et constitue ici le sommet du Kimméridgien supérieur.

Le niveau 39 (fig. 14) est constitué de bancs présentant à leur face supérieure des indices de bioturbation ("pistes de vers", terriers).

- Divisions cartographiques :

Les divisions établies dans cette coupe, complétées par les données de la coupe de la RN 436 entre St-Claude et Septmoncel, ont été utilisées pour la cartographie de la région située entre les Moussières et la limite sud de notre terrain.

- la série monotone de calcaires sublithographiques beiges sans faune est attribuée à l'Oxfordien supérieur calcaire ou "Calcaires pseudolithographiques".

- les micrites à Annélides, Lamellibranches, Brachiopodes et Entroques (niveau 2, fig. 13) sont à la base du Kimméridgien inférieur.

- Remarque : Le Calcaire à *Oncholites* n'existe pas dans ce secteur.

- les niveaux tendres, feuilletés à *Astartes* et Céphalopodes du Kimméridgien inférieur se repèrent dans la morphologie par une petite combe située au sein des masses en relief du Jurassique supérieur, où ils affleurent sporadiquement.

- les premiers niveaux bioclastiques et oolitiques (niveau 17, figure 13) apparaissent à la base du Kimméridgien supérieur.

- les bancs riches en "Vaginelles" - *Campbelliella striata* (CAROZZI) - et en Gastéropodes, (niveaux 26,27,28, fig. 13) forment le sommet du Kimméridgien supérieur.

Coupe du CD 25 E 4 entre les Bouchoux et l'Embossieux

- Situation :

Commune de la Pesse, entre "Sous le Truffet" et "au Crêt"
début de la coupe : x = 869,30 ; y = 151,15

- Historique :

J. LEBRUN (1970) ; P. HANTZPERGUE (1975).

- Description :

La coupe débute par des calcaires à *oncholites* (3,50 m), elle se poursuit par une alternance de bancs sublithographiques et de niveaux de calcaire argileux feuilleté renfermant des Ammonites (30 m). Le sommet de la coupe est essentiellement constitué de calcaires sublithographiques (40 m).

- Intérêt de la coupe :

- P. HANTZPERGUE (1975) a pu distinguer dans cette coupe :
- le sommet de la zone à *Platynota*
 - la zone à *Hypselocyclus*
 - la zone à *Divisum*.

Coupe de la Roche Blanche

- Situation :

Commune des Molunes, entre "Le Brayon" et le belvédère de la Roche Blanche.

x = 873,25 ; y = 156,50.

- Historique :

P. HANTZPERGUE (1975).

- Description :

La coupe débute par le sommet des "Calcaires pseudolithographiques" (10 m) surmontés par des calcaires bioclastiques et sublithographiques à *oncholites* (10 m), la coupe se poursuit par des calcaires sublithographiques géelifs ayant fourni l'association : *A. (Parataxioceras) gr. effrenatum* (FONTANNES) ; *A. (Parataxioceras) guentheri* (OPPEL) et *A. (Parataxioceras) genuinum* FONTANNES, caractéristique de la zone à *Hypselocyclus*.

- Intérêt de la coupe :

Le passage de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien s'accompagne d'un développement des niveaux à *oncholites* plus important que dans la coupe de la Roche Percée. (La réduction du niveau à *oncholites* dans la coupe de la Roche Percée est peut-être seulement l'effet du cisaillement qui en tronque une partie

Les calcaires sublithographiques supérieurs ont fourni une faune attribuable à la zone à *Hypselocyclus*.

Affleurements de "calcaire à oncholites"

Le "Calcaire à *oncholites*" ou "Calcaire à momies principal" (R. ENAY, 1965) ou encore "Calcaire principal à *oncholites*" (P. BERNIER, 1973) a pu être observé en plusieurs points du secteur étudié en dehors des coupes précédemment décrites, près du belvédère des Maquisards, virage coté 958 m du CD 25 de Prémanon à Morez (commune de Prémanon : x = 883,35 ; y = 170,06), et au sommet du Pain de Sucre (commune de St-Claude : x = 872,11 ; y = 162,52).

Affleurement fossilifère de la Cernaïse

- Situation :

Commune de Septmoncel, le long du CD 25, 300 m en aval du belvédère de la Cernaïse.

x = 874,39 ; y = 156,24.

- Description :

Les couches verticales du Kimméridgien inférieur comprennent des calcaires sublithographiques et des niveaux de calcaire argileux. Un de ces niveaux a fourni à R. LE PENNEC : *A. (Ataxioceras) hypselocyclum* (FONTANNES), *A. (Ataxioceras) gr. guentheri* OPPEL, *L. (Lithacoceras) cf. riberoi* (CHOFFAT), *L. (Progeronia) lictor* FONTANNES, *L. (Progeronia) aff. pseudopolyplocoïdes* (GEYER), *L. (Progeronia) sp.*, *Taramelliceras (Metahaploceras) sp.*, *Aspidoceras acanthicum* (OPPEL).

- Remarque :

Cette faune date la zone à *Hypselocyclum*, cependant, on note la présence de *Aspidoceras acanthicum* (OPPEL), fossile de zone du Kimméridgien supérieur, qui est présent dès le milieu du Kimméridgien inférieur.

Affleurement fossilifère de la Canonnière

- Situation :

Commune de Lajoux, au bord de la route de Lajoux à la Forêt du Massacre, près du chalet de la Canonnière.

x = 881,35 ; y = 160,08.

- Description :

Le talus de la route montre des affleurements de calcaire plus ou moins argileux, gélif qui ont fourni : *P. (Otosphinctes) sp.*, *L. (Lithacoceras) sp.* du Kimméridgien inférieur.

Affleurement du Pont Sud de Noire-Combe

- Situation :

Commune de Cinquétral, à proximité du Pont sur la Bienne (rive gauche), au S.S.W. de Noire-Combe.

- Description :

Les couches récifales de Valfin (Kimméridgien supérieur) fournissent comme à la Foulasse et "Sous Roche Blanche" (commune de la Rixouse), un faciès bioclastique crayeux riche en Algues, Polyptiers, Lamellibranches, Gastéropodes.

Affleurements portlandiens divers

. Le long du CD 25 entre Morez et Prémanon, près de La Doye (x = 883,13 ; y = 172,46).

Le Portlandien supérieur présente des petits bancs de calcaire et calcaire dolomitique dont la surface supérieure est affectée de rides de battement liées à un clapotis en milieu marin marginal ou lagunaire.

. Dans le deuxième grand lacet du CD 69 entre St-Claude et Cinquétral (x = 872,18 ; y = 164,12).

Le Portlandien terminal (proximité des niveaux "purbeckiens" du Berriasien inférieur) montre un "faciès cargneules" bien développé (6 m de puissance). Cette formation présente une trame de dolosparite ; les espaces étant comblés par de la calcite sparitique. A la surface des affleurements, la calcite a été plus ou moins dissoute, la trame demeure en relief et prend un aspect carverneux, la teneur globale de la roche en carbonate de calcium est de 65%.

. Le "faciès cargneules" du Portlandien supérieur a également été observé :

- le long de la route des Jouvencelles aux Tuffes (x = 885,10 ; y = 167,50)
- le long de la RN 436 entre Lajoux et Mijoux (x = 880,68 ; y = 158,50).

. Les calcaires dolomitiques bréchiqes, à cailloux multicolores (cargneules à "cailloux noirs") signalés par H. BERGOUNGAN et A. GUILLAUME (1965) dans la coupe de Morez aux Repentys, ont été retrouvés au bord W de la route du Haut-Crêt à Longchaumois (CD 69E) près de Crozet (commune de Longchaumois : x = 879,47 ; y = 167,07).

. Entre le premier et le deuxième lacet de Cinquétral du CD 69 (commune de Cinquétral : x = 872,24 ; y = 164,10), le Portlandien renferme un niveau de calcaire sublithographique à nodules décimétriques de quartz à aspect poreux, en lame mince, les cristaux de quartz sont engrenés, les nodules contiennent 94% de quartz et 6% de carbonate. Les nodules possèdent des vacuoles dont certaines sont remplies de calcite en baguettes allongées.

DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES (fig. 15)

ZONES	R. ENAY (1945), P. HANTZPERGUE (1975) Jura méridional St-Germain-Joux Haute-Chaîne (E)		SUBDIVISIONS ADOPTÉES région de Morez-StClaude		F. LLAC, M. MEURISSE (1970) (1971) St Claude		Th. RAVEN (1932) Morez - Les Rousses	
			lithologie	divisions cartographiques	divisions cartographiques	divisions cartographiques	divisions cartographiques	
PORTLANDIEN <i>Gravesia</i>	COUCHES DU CHAILLAY		calcaires sublithographiques, dolomitiques, cargneules	"PORTLANDIEN" j9	PORTLANDIEN j9	PORTLANDIEN	PORTLANDIEN	
KIMMERIDGIEN SUPERIEUR BECKERI EUDOXUS	COUCHES DE PRAPONT		calcaires oolitiques, bioclastiques à Polypters	"KIMMERIDGIEN" SUPERIEUR j8	KIMMERIDGIEN j8	KIMMERIDGIEN	KIMMERIDGIEN	
KIMMERIDGIEN SUPERIEUR ACANTHICUM	COUCHES DU MARNEUX	FACIES MARNEUX	calcaires sublithographiques et argileux souvent plaquetés	"KIMMERIDGIEN" INFERIEUR j7	SEQUANIEN j7	SEQUANIEN	SUPERIEUR	
KIMMERIDGIEN INFERIEUR DIVISUM HYPSELOCYCLUM PLATYNOTA	BURLANNOIER COUCHES DE LA TOUR	CEPHALOPODES	calcaires sublithographiques	OXFORDIEN SUPERIEUR j6	RAURACIEN j6	RAURACIEN	SEQUANIEN INFERIEUR	
OXFORD SUP. PLANULA			niveau à ancholites CALCAIRES PSEUDOLITHOGRAPHIQUES "faciès grumeleux"					

Fig. 15 DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DU JURASSIQUE SUPERIEUR CALCAIRE

Le tableau de la figure 15 montre les équivalences entre les zones d'Ammonites, les séries lithologiques et les subdivisions cartographiques utilisées par les différents auteurs dans la zone comprise entre St-Germain de Joux (Ain) et Morez.

CONCLUSIONS

La série calcaire du Jurassique supérieur débute par le "faciès grumeleux" à Brachiopodes et Spongiaires, puis par le faciès "Calcaires pseudo-lithographiques" (zone à Planula).

La limite Oxfordien - Kimméridgien est matérialisée par les Calcaires à oncholites constituant la base des "Couches de la Tour" de R. ENAY (1965) (zone à Platynota), ce faciès, bien développé dans la région de Morez et à l'Ouest de St-Claude se réduit et disparaît vers l'Est. Aux Bouchoux comme à la Roche Blanche et à la Roche Percée, les oncholites ont été vannés et dispersés par les courants dans un sédiment fin, en bordure de plate-forme. Dans la coupe de l'Anquerne, l'absence des oncholites s'accompagne d'un développement du "faciès marneux à Céphalopodes" (E. BOURGEAT, 1887), nous sommes à la limite occidentale du domaine "Monts Jura" bordant la plate-forme jurassienne.

Le "faciès marneux à Céphalopodes" bien développé dans les Monts Jura depuis la zone à Platynota jusqu'à la zone à Eudoxus (P. HANTZPERGUE, 1975) apparaît dans notre secteur, sous forme d'indentations dans les calcaires sublithographiques du Kimméridgien inférieur et de la base du Kimméridgien supérieur ou "Couches du Burlandier" de R. ENAY (1965). Cartographiquement, nous avons regroupé cet ensemble monotone dans le "Kimméridgien inférieur".

Les formations récifales de St-Germain de Joux et de Valfin correspondant aux zones à Eudoxus et Beckeri sont relayées plus à l'Est par des calcaires périrécifaux, oolitiques, à Polypiers (La Roche Percée) puis par des calcaires oolitiques et graveleux (le Turu, l'Anquerne).

La limite Kimméridgien - Portlandien a été arbitrairement fixée aux niveaux où la densité des Algues Dasycladacées et notamment celle de *Campbelliella striata* (CAROZZI) devient importante. La présence de Dasycladacées, de rides de battement, de pistes d'annélides témoigne d'un milieu marin très peu profond. Les calcaires sapropéliens ("cailloux noirs"), les calcaires à structures fenestrées ("Birds eyes") et les dolomies synsédimentaires sont les indices d'une tendance à l'émergence annonçant les faciès purbeckiens de marais côtiers du Berriasien inférieur (R. AINARDI, 1975).

Du "faciès marneux à Céphalopodes" au Berriasien inférieur, le milieu marin a tendance à devenir de plus en plus marginal.

LE CRETACE

AFFLEUREMENTS ET COUPES DE NEOCOMIEN

Classiquement dans le Jura, la limite entre le Jurassique et le Crétacé est marquée lithologiquement par les faciès de marais côtiers du "Purbeckien". Le "Purbeckien" est en fait daté au moins partiellement du Berriasien inférieur.

Selon l'acceptation du Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963) (R. BARBIER, J. DEBELMAS, J.P. THIEULOX ; 1965), la série néocomienne comprend 3 étages, de bas en haut : le Berriasien, le Valanginien et l'Hauterivien, que nous étudierons ici. Cependant, pour des raisons de commodité, les limites cartographiques adoptées sont liées à la lithologie et à la morphologie et ne correspondent pas aux divisions stratigraphiques établies.

Coupe du Berriasien inférieur du chemin du Pont-de-Morez au Bêchet
(fig. 16)

- Situation :

Commune de Longchaumois

x = 882,85 ; y = 173,55

la coupe se situe dans les virages en S situé à environ 1 km du Pont-de-Morez.

- Historique :

Th. RAVEN (1932) ; P. DONZE (1958)

La coupe fait suite à celle du Kimméridgien - Portlandien décrite par H. BERGOUGNAN et A. GUILLAUME (1965).

- Description :

Voir la figure 16.

- Intérêt de la coupe :

Les associations d'Algues Dasycladacées, Charophytes et Ostracodes nous renseignent sur les caractéristiques des milieux de dépôt et peuvent également fournir des précisions d'ordre stratigraphique (indications de P. DONZE) :

lb 4 (niveau 2) : l'association *Porochara maxima* DONZE - *Fabanella boloniensis* traduit un milieu marginal plutôt dessalé.lb 5 (niveau 4) : *Clypeina parvula* CAROZZI indique un milieu lagunaire ou lacustre.lb 8 (niveau 6) : *Actinoporella* sp. marque un milieu marin.lb 10 (niveau 7) : *Fabanella boloniensis* indique un milieu sursalé.lb 27 (niveau 17) : *Cytherella* sp. et *Protocythere* sp. datent un Berriasien marin.lb 28 (niveau 17) : *Clypeina parvula* CAROZZI indique un milieu lagunaire ou lacustre.lb 29 (niveau 17) : *Theriosynoecum* sp. est une forme d'eau douce.lb 31 (niveau 18) : *Fabanella boloniensis* caractéristique de milieux dessalés ou sursalés et *Cypridea dunkeri* forme saumâtre du Purbeckien inférieur anglais indiquent un faciès saumâtre.

niveau 21 : Le Berriasien moyen débute par des calcaires à dominante argileuse.

La succession de niveaux marins, d'eau douce, sursalés et les faunes rencontrées sont typiques du Berriasien inférieur à faciès purbeckien.

Coupe du Berriasien inférieur du CD 69 de Cinquétral à St-Claude
(fig. 17)

- Situation :

Commune de Cinquétral entre les grands lacets (699 et 780) de Cinquétral

début de la coupe : x = 872,34 ; y = 164,20, entre le 2ème et le 3ème lacet

2ème partie de la coupe : x = 872,28 ; y = 164,12, entre le 4ème et le 3ème grand lacet.

- Historique :

P. DONZE (1958)

Cette coupe se poursuit par celle du "Valanginien" décrite par S. GUILLAUME (1966).

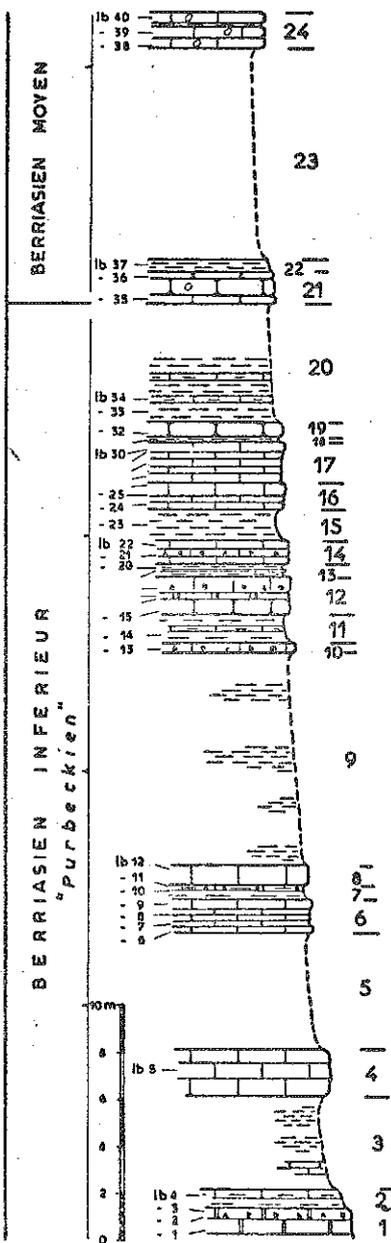
Fig. 16 : COUPE DU CHEMIN DU PONT DE MOREZ AU BECHET
BERRIASIEN INFÉRIEUR

BERRIASIEN MOYEN :

- 24 - 1,40 m : c. graveleux roux ; biomicrite et pelmicrite, Gastéropodes, Miliolidés, Textulariidés, *Trocholina alpina* LEUPOLD, *Clypeina jurassica* FAVRE.
- 23 - 9,00 m : zone couverte.
- 22 - 0,50 m : marnes bicolores beige et bleu ; Gastéropodes, les lavages n'ont pas livré d'Ostracodes.
- 21 - 1,35 m : c. beige et roux graveleux et sublithographique ; intrabiosparite, Entroques, Gastéropodes, Foraminifères.

BERRIASIEN INFÉRIEUR - "PURBECKIEN" -

- 20 - 5,00 m : zone partiellement couverte, à la base : argiles vertes et noires ; "tiges" de Charophytes, Ostracodes.
- 19 - 0,60 m : c. noduleux gris, "cailloux noirs" à la base du premier banc.
- 18 - 0,20 m : argiles brunes, algues (d'eau salée), *Cypridea dunkeri*, *Fabarella boloniensis*, fragments indéterminables de "tiges" de Charophytes.



- 17 - 1,70 m : c. sublithographique et graveleux gris fétide, avec interbancs argileux ; lb 30 : biomicrite à Entroques, Ostracodes, oogones de Charophytes, *Clypeina parvula* CAROZZI ; lb 29 : marnes à *Theriosynoecum* sp. ; lb 28 : biomicrite à Ostracodes, "tiges de Charophytes", Dasycladacées, *Clypeina parvula* CAROZZI ; lb 27 : c. tendre à *Cytherella* sp., *Protocythere* sp.
- 16 - 1,15 m : c. sublithographique beige, micrite à Ostracodes, Charophytes, Dasycladacées.
- 15 - 1,30 m : marnes et c. tendre gris foncé ; micrite
- 14 - 1,00 m : c. et c. argileux gris verdâtre, présence de "cailloux noirs" à la base du banc (lb 21) ; biomicrite et pelmicrite à Ostracodes et Charophytes.
- 13 - 0,45 m : alternance de c. graveleux gris à "cailloux noirs" dispersés et de marnes brunes ; lb 20 : marnes n'ayant livré que *Porochara* n. sp. ; lb 19 : biomicrite à gravelles roses et "cailloux noirs", Ostracodes, oogones et "tiges" de Charophytes.
- 12 - 1,70 m : c. argileux mal stratifié, cargneules et marnes, lb 18 : c. à laminites et "cailloux noirs", intramicrite à Foraminifères ; lb 17,16 : cargneule, dolosparite ; lb 15 : micrite.
- 11 - 1,20 m : marnes gris-brun à petits éléments arrondis de c. sombre fétide ; *Porochara* sp.
- 10 - 0,40 m : c. beige tendre plus ou moins argileux à "cailloux multicolores" ; intramicrite à oogones et "tiges" de Charophytes.
- 9 - 9,00 m : zone couverte montrant quelques affleurements de marnes verdâtres.
- 8 - 0,80 m : c. sublithographique gris foncé, fétide ; biomicrite à oogones et "tiges" de Charophytes.
- 7 - 0,55 m : alternance de c. argileux à éléments calcaires sombres et de marnes gris-vert ; lb 11 : intrabiosparite à petits "cailloux noirs" ; lb 10 : marnes à *Fabarella* cf. *boloniensis*.
- 6 - 1,45 m : c. sublithographique gris fétide à "cailloux multicolores" en petits bancs séparés par des joints marneux gris ; lb 8 : biomicrite à oogones de Charophytes, *Clypeina parvula* CAROZZI ; *Actinoporella podolica* CAROZZI.
- 5 - 5,00 m : zone couverte.
- 4 - 2,00 m : c. sublithographique gris clair, fétide ; biomicrite à Ostracodes, oogones et "tiges" de Charophytes, *Clypeina parvula* CAROZZI.
- 3 - 4,00 m : zone couverte avec quelques affleurements de marnes plaquetées et c. argileux.
- 2 - 0,60 m : marnes et c. argileux beige ; marnes à *Fabarella boloniensis*, *Porochara marina* DONZE.
- 1 - 1,10 m : c. dolomitique plaqueté gris ; lb 3 : biomicrite à oogones et "tiges" de Charophytes ; lb 2 : intrasparite à "cailloux noirs", Ataxophragmidés.

DETERMINATIONS :

- . Algues, Foraminifères, Microfaciès : E. FOURCADE (Paris)
- . Charophytes : L. GRAMBAST (Montpellier)
- . Ostracodes : P. DONZE (Lyon)

Fig. 17 : COUPE DE LA ROUTE CINQUETRAL-S¹ CLAUDE (C.D. 69)
BERRIASIEN INFÉRIEUR

BERRIASIEN MOYEN :

16 - > 1,00 m : c. graveleux roux affecté de petits cisaillements ; biosparite et comicrite, Lamellibranches, Miliolidés, *Trocholina alpina* LEUPOLD, *Acicularia* sp.

15 - 0,30 m : niveau tendre feuilleté et c. argileux blanchâtre ; oosparite identique à (14).

14 - 0,60 m : banc boudiné de c. argileux graveleux roux ; oobiosparite, Textulariidés, Lituolidés.

BERRIASIEN INFÉRIEUR

- "PURBECKIEN" -

13 - 0,10 m : marnes noires à *Globator maillardi* (forme un peu spiralee), *Porochara* sp.

12 - 1,70 m : ensemble de c. graveleux noduleux et c. bréchique ; ci 27 : pelsparite à Entroques, Textulariidés, Ostracodes ; ci 26, 25 : brèche à "cailloux noirs" intramicrite à oogones et "tiges" de Charophytes, Ostracodes, Textulariidés.

11 - 2,20 m : zone partiellement couverte, affleurements de marnes et c. argileux verdâtres avec rognons de calcaire sombre ; *Fabarella boloniensis*.

10 - 2,50 m : c. noduleux bréchique, et c. massif gris beige ; ci 21, 20 : micrite à oogones et "tiges" de Charophytes, *Clypeina parvula* CAROZZI, *Actinoporella podolica* CAROZZI ; ci 18 : biomicrite à "cailloux noirs", "tiges" de Charophytes usées, Textulariidés, Ostracodes ; ci 17 : marnes noires à *Theriosynocum* cf. *forbesii*, *Porochara* sp. ; ci 16, 15 : biomicrite, quelques oolites, "cailloux noirs", Textulariidés, Miliolidés, Ostracodes, "tiges" et oogones de Charophytes.

9 - 1,20 m : alternance de c. sublithographique gris et de marnes gris-vert ; ci 14 : micrite ; ci 13 : marnes à pyrite ; ci 12 : biomicrite à pyrite et Ostracodes ; ci 11 : marnes à *Fabarella* sp., *Porochara* sp.

8bis - 1,65 m : c. sublithographique gris et c. argileux plaqueté ; ci 10, 9, 8 : micrite et biomicrite à Lituolidés, Ostracodes ; ci 7 : niveau bréchique, intrasparite à oogones et "tiges" de Charophytes ; ci 6 : c. argileux à *Fabarella* sp., *Globator maillardi* (SAPORTA) GRAMBAST, typique, *Diatyoclavator fieri* (DONZE) GRAMBAST, mal conservé ; ci 5 : biomicrite à Ostracodes et oogones de Charophytes.

7bis - 0,95 m : c. sublithographique gris ; ci 4 : micrite partiellement recristallisée ; ci 3 : brèche à cailloux roux, intrabiomicrite à éléments anguleux roux, "tiges" de Charophytes.

6bis - 0,60 m : c. bréchique gris-bleu ; intramicrite à éléments anguleux roux.

5bis - 1,40 m : c. argileux blanchâtre à verdâtre, *Porochara* cf. *maxima* DONZE.

8 - 1,35 m : c. sublithographique bréchique et c. argileux gris ; ci 115 : brèche à "cailloux noirs", intrasparite à oogones et "tiges" de Charophytes, Dasycladacées ; ci 114 : biomicrite à "tiges" et oogones de Charophytes.

7 - 0,70 m : c. graveleux gris à "cailloux noirs" et intramicrite, surmonté par un niveau feuilleté.

6 - 0,80 m : c. massif sublithographique et c. argileux tendre, gris, micrite et intramicrite à "cailloux noirs".

5 - 1,35 m : c. argileux et marnes gris clair avec nodules de c. dolomitique, à la base, c. sublithographique, et à "cailloux noirs" ; micrite et intramicrite à Ostracodes, oogones et "tiges" de Charophytes.

4 - 1,25 m : c. gris et c. argileux, noduleux à la base ; pelmicrite et intramicrite à "cailloux noirs", Ostracodes, oogones de Charophytes.

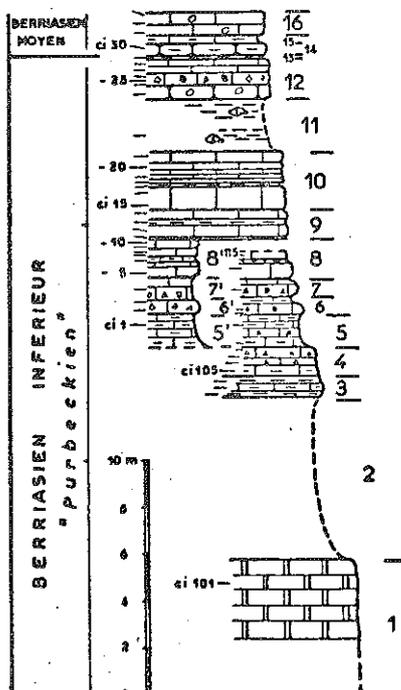
3 - 0,90 m : niveau marneux gris-beige, avec un banc de c. plaqueté interstratifié ; ci 103 : micrite ; ci 102 : marnes à *Porochara maxima* DONZE, *Clavator* cf. *reidi* GROVES.

2 - 7,00 m : zone couverte.

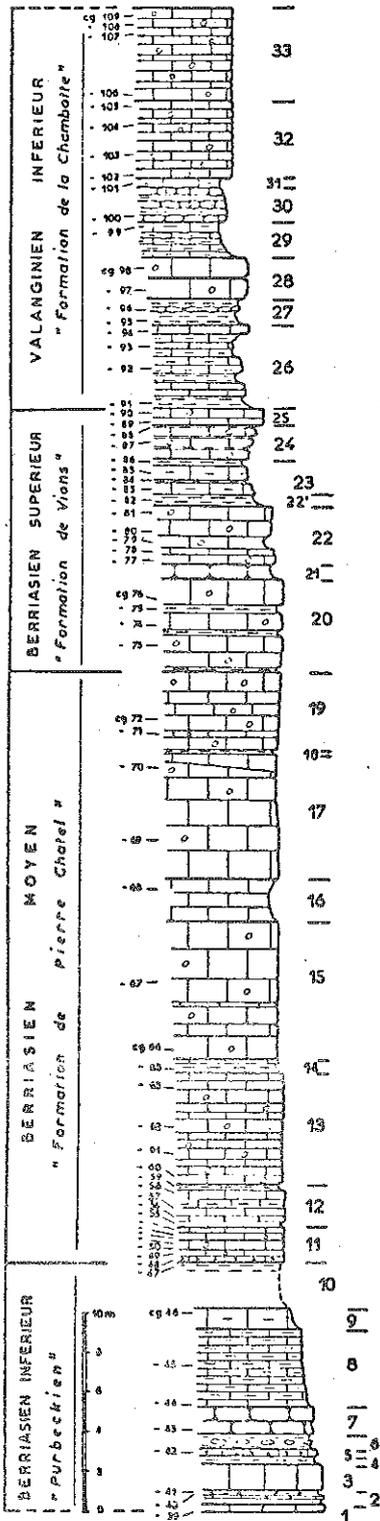
1 - 10,00 m environ : dolomies mal stratifiées, dolosparite.

DETERMINATIONS :

- . Algues et Foraminifères : E. FOURCADE (Paris)
- . Charophytes : L. GRAMBAST (Montpellier)
- . Ostracodes : P. DONZE (Lyon)



**Fig. 10 : COUPE DE LA ROUTE S¹ CLAUDE - SEPTMONCEL (R.N. 436)
BERRIASIEN ET VALANGINIEN INF.**



VALANGINIEN INFÉRIEUR - "FORMATION DE LA CHAMBOITE" -

33 - 4,75 m : c. roux oolitique et graveleux ; intrabiosparite et intraosparite ; bioclasts usés : Entroques, Polyptères, fragments de coquilles, Miliolidés, Textulariidés, Orbitolinidés, *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Trocholina elongata* (LEUPOLD), *Pseudocyclamina lituus* YOKOYAMA, *Pseudotextulariella salevensis* CHAROLLAIS & AL., *Pfenderina* sp.

32 - 3,95 m : c. roux oolitique et graveleux ; intrabiosparite et osparite à Entroques, Bryozoaires, Miliolidés, Textulariidés, *Nautiloculina* sp., *Feurtillia* sp., *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Pseudocyclamina lituus* YOKOYAMA, Dasycladacées.

31 - 0,60 m : c. argileux brun ; Lamellibranches, "pistes de vers".

30 - 1,75 m : c. noirâtre oolitique et marnes ; oomicrite à Trocholines, *Macroporella* sp.

29 - 1,65 m : c. argileux altéré et marnes brunâtres avec "pistes de vers".

28 - 2,10 m : c. graveleux gris brun ; intramicrite à quartz, traces de glauconie, Entroques et Bryozoaires usés.

27 - 1,35 m : marnes et c. argileux noduleux, cg96 : Entroques, Bryozoaires dilacérés, Ophthalmidiidés, Lenticulines ; cg95 : *Pseudoprotocythere aubercensis*, *Protocythere* cf. *divisa* OERTLI.

26 - 4,20 m : marnes, c. argileux et calcaire beige et brun ; cg95 et 94 : intramicrite à quartz et glauconie, Entroques usées, Nautiloculines ; cg91 : marnes à *Asciocythere* sp., *Protocythere* cf. *divisa* OERTLI, *Protocythere entremontensis* DONZE, *Cytherella* sp.

BERRIASIEN SUPÉRIEUR - "FORMATION DE VIONS" -

25 - 0,85 m : c. graveleux gris ; intrabioomicrite partiellement recristallisée à quartz, lumps, Entroques et radiales d'Echinides usées, Miliolidés, Ostracodes.

24 - 1,65 m : alternance de c. graveleux gris foncé et de marnes beiges ; cg87 : intrabioomicrite à quartz, Entroques usées.

23 - 1,80 m : alternance de c. argileux beige et de marnes ; cg86 : marnes beige à *Macrodentina retirugata*, *Schuleridea* cf. *thorensis*, *Protocythere divisa* OERTLI, *Cytherella* sp., *Asciocythere* sp. ; cg85,83 : intrabioomicrite à quartz, lumps et oolites, Gastéropodes, Entroques, Ostracodes, Miliolidés.

22' - 0,50 m : marnes vertes à *Macrodentina retirugata*, *Cytherella* sp.

22 - 2,85 m : c. et c. argileux graveleux et oolitique ; intramicrite et bioomicrite à quartz et traces de glauconie ; Gastéropodes, Entroques ; cg80 : *Trocholina* sp., *Macroporella embergeri* ; cg79 : "tiges" et oogones de charophytes.

21 - 0,80 m : c. tendre noduleux gris verdâtre.

20 - 4,65 m : alternance de c. graveleux jaune et de marnes ; cg76,74 : intrabioomicrite à Entroques usées, radiales d'Echinides, Miliolidés, Nautiloculines, Ostracodes ; cg75 : marnes grises à *Asciocythere* sp., *Pseudoprotocythere* cf. *aubercensis*, *Cytherella* sp.

BERRIASIEN MOYEN - "FORMATION DE PIERRE-CHÂTEL" -

19 - 4,00 m : c. graveleux et oolitique jaune ; intrabioomicrite et intrabiosparite à gravelles ferrugineuses ; Miliolidés, *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Pseudocyclamina lituus* YOKOYAMA, *Pseudotextulariella salevensis* CHAROLLAIS & AL., *Ophthalmidium* sp., *Thamatoporella parvovacuulifera* (RAINERI).

18 - 0,15 m : niveau tendre constitué d'un fin banc calcaire interstratifié dans des marnes beiges.

17 - 6,20 m : c. graveleux et sublithographique beige ; cg70 : micrite à *Ophthalmidium* sp., Dasycladacées ; cg69 : intrabiosparite à Miliolidés, Nautiloculines, *Trocholina alpina* (LEUPOLD).

16 - 2,20 m : c. crayeux gélif blanchâtre ; pelsparite à Entroques usées, Textulariidés, Miliolidés, *Trocholina alpina* (LEUPOLD).

15 - 7,00 m : c. graveleux beige à taches bleuâtres ; intrabiosparite et intramicrite ; Miliolidés, *Trocholina alpina* (LEUPOLD), Dasycladacées, *Bacinnella irregularis*.

14 - 0,50 m : niveau tendre de marnes jaunâtres et c. argileux ; cg65 : marnes à *Trocholina* sp. *Clypeina* sp.

13 - 5,65 m : c. graveleux beige et roux ; intramicrite et intrasparite, Entroques, Textulariidés, Miliolidés, *Trocholina alpina* (LEUPOLD), *Ophthalmidium* sp., Ostracodes.

12 - 2,20 m : alternance de marnes, c. argileux et c. graveleux ; cg59 : marnes vertes à *Fabarella* sp., *Macrodentina* sp., *Protocythere* (?); cg58,57 : intrabioomicrite à traces de glauconie, Miliolidés, Ostracodes, Lenticulines ; cg56 : micrite à Dasycladacées : *Actinoporella* sp., *Feurtillia* sp. ; cg55 : marnes beiges à *Fabarella* sp., *Cytherella* sp., *Porochara* n. sp. (GRAMBAST), *Clypeina jurassica* FAVRE.

11 - 1,80 m : c. graveleux et oolitique ; intramicrite et micrite à oolites parfois recristallisées ; cg54 : oomicrite à Ostracodes, *Feurtillia* sp. cg53 : oomicrite-sparite à Textulariidés, *Feurtillia* sp. ; cg51 : intramicrite à Lenticulines ; cg50 : micrite à Ostracodes et Charophytes.

BERRIASIEN INFÉRIEUR - "PURBECKIEN" -

10 - 2,30 m : zone partiellement couverte, marnes verdâtres au sommet ; cg47 : *Fabarella* sp., *Porochara* n. sp. (GRAMBAST), *Globator incrassatus* GRAMBAST, primitif.

9 - 0,80 m : c. argileux verdâtre ; dismicrite à taches d'oxydes de fer.

8 - 4,00 m : c. argileux noduleux gris vert ; cg45 : intramicrite partiellement recristallisée ; à la base : c. argileux à "cailloux noirs" ; cg44 : intramicrite, éléments de brèche centimétriques, *Salpingoporella* sp.

7 - 1,40 m : c. sublithographique gris-beige et c. argileux, noduleux ; micrite à taches ferrugineuses.

6 - 0,70 m : marnes à nodules calcaires.

5 - 0,30 m : c. sublithographique gris à cailloux noirs ; bioomicrite à "cailloux noirs", Ostracodes, Charophytes.

4 - 0,40 m : marnes grises affleurant mal.

3 - 1,30 m : c. sublithographique gris.

2 - 0,70 m : niveau de marnes avec c. à "cailloux noirs" interstratifié ; cg41 : micrite à "cailloux noirs", Ostracodes, Charophytes ; cg40 : marnes beiges à *Fabarella boloniensis*, *Porochara* n. sp. (GRAMBAST).

1 - 0,30 m : c. argileux gris, micrite à Charophytes.

DETERMINATIONS :

- Algues et Foraminifères : E. FOURCADE (Paris)
- Charophytes : L. GRAMBAST (Montpellier)
- Ostracodes : P. DONZE (Lyon)

- Description :

Voir la figure 16.

- Intérêt de la coupe : (Indications de P. DONZE)

ci 17 (niveau 10) : l'association *Porochara* sp. - *Theriosynocum* cf. *forbesii* indique un milieu *dulçaquicole*.

ci 21 (niveau 10) : l'association *Clypeina parvula* CAROZZI - *Actinoporella podolica* ALTH. indique un milieu *lagunaire dessalé*.

ci 22 (niveau 11) : la population monospécifique de *Fabanella boloniensis* semble indiquer un milieu *sursalé*.

ci 29 (niveau 13) : *Globator maillardi* SAPORTA et *Porochara* sp. indiquent un âge Berriasien (éventuellement Valanginien inférieur) (détermination et datation de L. GRAMBAST).

De même que dans la coupe du Chemin du Béchet, nous sommes en présence d'une succession de faciès typiques du Berriasien inférieur.

Coupe du Berriasien et du Valanginien inférieur de la RN 436 entre St-Claude et Septmoncel, Chapeau-de-Gendarme (fig. 18)

- Situation :

Commune de Septmoncel, entre le Chapeau-de-Gendarme et les Moulins de Montépile.

Cette coupe fait suite à celle du Jurassique supérieur.

début de la coupe : au début de la ligne droite suivant le Chapeau-de-Gendarme : $x = 874,56$; $y = 157,14$.

- Historique :

P. DONZE (1958) ; M. MOUTY (1966) ; J. LEBRUN (1970).

- Description :

Voir la figure 18

La coupe se divise en 4 tronçons de bas en haut :

- niveau 1 à 10 : un ensemble tendre, le Berriasien inférieur à faciès "*Purbeckien*"

- niveau 11 à 19 : un ensemble plus massif, le Berriasien moyen ou "*formation de Pierre-Châtel*"*

- niveau 20 à 25 : un ensemble tendre, le Berriasien supérieur ou "*formation de Vions*" *

- niveau 26 à 33 : un ensemble massif, le Valanginien inférieur ou "*formation de la Chambotte*"*.

Le Valanginien supérieur à dominante marneuse correspond à la combe herbeuse qui fait suite à la coupe.

* : Ces unités lithostratigraphiques ont été définies dans le Jura méridional par N. STEINHAUSER et A. LOMBARD (1969).

- Intérêt de la coupe : (Indications de P. DONZE)

cg 40 (niveau 2) : *Fabanella boloniensis* indique un milieu plutôt *sursalé*.

cg 44 (niveau 8) : Les Salpingoporelles marquent un faciès *marin*.

cg 47 (niveau 10) : *Fabanella* sp. associé à *Porochara* nov. sp. (GRAMBAST) et *Globator incrassatus* GRAMBAST est caractéristique du *Faciès purbeckien*, faciès *dessalé*.

cg 49-50 (niveau 11) : association de milieu *marin* peu profond.

cg 55 (niveau 12) : association de formes *marines* (*Cytherella* sp., *Clypeina jurassica* FAVRE) et de formes de *dessalure* (*Fabanella* sp.).

cg 59 (niveau 12) : intérêt analogue à cg 55 : *Protocythere* sp. et *Macrodentina* sp. indiquent un milieu marin peu profond, *Fabanelia* sp. caractérise un milieu dessalé.

cg 75 (niveau 20) : association d'Ostracodes marins.

cg 82 et 86 (niveaux 22' et 23) : coexistence de formes typiquement marines (*Cytherella* sp.) et de formes de milieu marin très peu profond indiquant une tendance à la dessalure (*Macrodentina retirugata*).

cg 91 (niveau 26) : association d'Ostracodes marins (*Asciocythere* sp., *Protocythere* cf. *divisa* OERTLI, *Protocythere* sp.) de milieu peu profond marquant la limite Berriasien - Valanginien.

cg 95 (niveau 27) : Faune d'Ostracodes marins du Valanginien et du Berriasien.

Affleurements de brèche à "cailloux multicolores" du Berriasien inférieur à faciès purbeckien

- Dans la rue Christin à St-Claude, peu avant le chemin de Bayardet (x = 871,75 ; y = 161,22) des travaux de fondations ont dégagé un affleurement de calcaire bréchique à "cailloux multicolores".

- Le long du CD 69 à 700 m au SW de Cingétral (x = 872,46 ; y = 164,68).

- Un affleurement de brèche à "cailloux multicolores" existe le long du chemin forestier menant des Cressonnières au sommet des Tuffes (commune de Prémanon : x = 885,90 ; y = 167,58) au niveau de la "Combe purbeckienne" que le chemin franchit en lacet.

Affleurement de Valanginien inférieur de Longchaumois

- Situation :

Commune de Longchaumois, entre le village et la ferme de "sur le Gyp" près de la carrière située le long du CD 69 E

x = 876,55 ; y = 168,60

- Description :

Les calcaires oolitiques jaunes appartenant sans doute à la "formation de la Chambotte" montrent, en face du chemin de la décharge des rides de battement, "ripple marks", dont les crêtes sont symétriques, l'orientation des rides est N 40° E, indiquant une direction de courant perpendiculaire à la direction générale actuelle des plis.

Affleurement de Berriasien inférieur entre l'Evalide et le belvédère de la Cernaise

- Situation :

Commune de Septmoncel, près du CD 25 entre le lacet du Coulou et la route de la Recula, au-dessus des premiers gabions.

x = 874,22 ; y = 156,25

- Description :

L'affleurement, intéressant d'un point de vue structural (puisqu'appartenant au flanc inverse du chevauchement (voir p. 85) montre entre un petit affleurement de Crétacé à la base et des calcaires blanchâtres du Kimméridgien inférieur un mince niveau de marnes vertes de 0,07 m ayant fourni des oogones et des tiges de Charophytes ainsi que des Ostracodes du Berriasien inférieur (indications de P. DONZE).

Affleurement de Berriasien sous le belvédère de la Cernaise

- Situation :

Commune des Molunes, en contre-bas du belvédère
 $x = 874,22$; $y = 156,25$

- Description :

Des calcaires graveleux tendres appartenant semble-t-il à la "formation de Vions" (Berriasien moyen) ont livré un gros exemplaire de Gastéropode non déterminé.

Coupe de la RN 436 entre les Selmembergs et les Clavières (fig. 19)

- Situation :

Commune de Septmoncel, le long de la RN 436, entre les hameaux des Selmembergs et des Clavières.

base de la coupe : $x = 877$; $y = 160,40$
 sommet de la coupe : $x = 877,49$; $y = 160,20$

- Description :

Nous reprenons la description de la coupe donnée par S. GUILLAUME en 1966, dans sa thèse, de haut en bas :

Barrémien

- 1 - 8 - 10 m : calcaire blanc légèrement crayeux à débit parallélépipédique
- 2 - 40 - 50 m : calcaire massif ocre, oolitique et graveleux par endroits ; il présente un aspect un peu bréchiq (voir p. 56).

Hauterivien supérieur

- 3 - 10 m : lacune d'observation à la rupture de pente
- 4 - 15 m : calcaires bien stratifiés à débris et glauconie.

Hauterivien inférieur

- 5 - 5 - 8 m : petite combe sans affleurement.

Valanginien supérieur

- 6 - 1 m : lumachelle dans laquelle dominant les Huîtres ; au microscope c'est un calcaire microcristallin à débris, colorés en brun.
- 7 - 10 m : calcaires roux limoniteux, en petits bancs, c'est un calcaire à oolites, gravelles et débris roulés, le ciment est en calcite cristalline en mosaïque.

La coupe peut se poursuivre plus au NW, sous les "calcaires roux" (8), une combe herbeuse (9) correspondant à la base du Valanginien supérieur livre passage au CD 25 allant des Clavières à Lamoura, puis apparaissent les calcaires du Valanginien inférieur et du Berriasien (10) (formations de *la Chambotte, de Vions, de Pierre-Châtel*) correspondant au relief ou est bâtie l'école des Clavières.

- Intérêt de la coupe :

Cette coupe présente l'avantage de montrer, malgré la discontinuité des affleurements, la succession des diverses formations constituant le Crétacé inférieur de la région et traduit bien l'influence de la lithologie sur la morphologie.

Il apparaît qu'entre 2 crêts à dominante calcaire constitués d'une part du Berriasien moyen et supérieur et du Valanginien inférieur, d'autre part du Barrémien, s'individualise une combe accidentée de 2 ressauts calcaires et comprenant le Valanginien supérieur et l'Hauterivien (fig. 19).

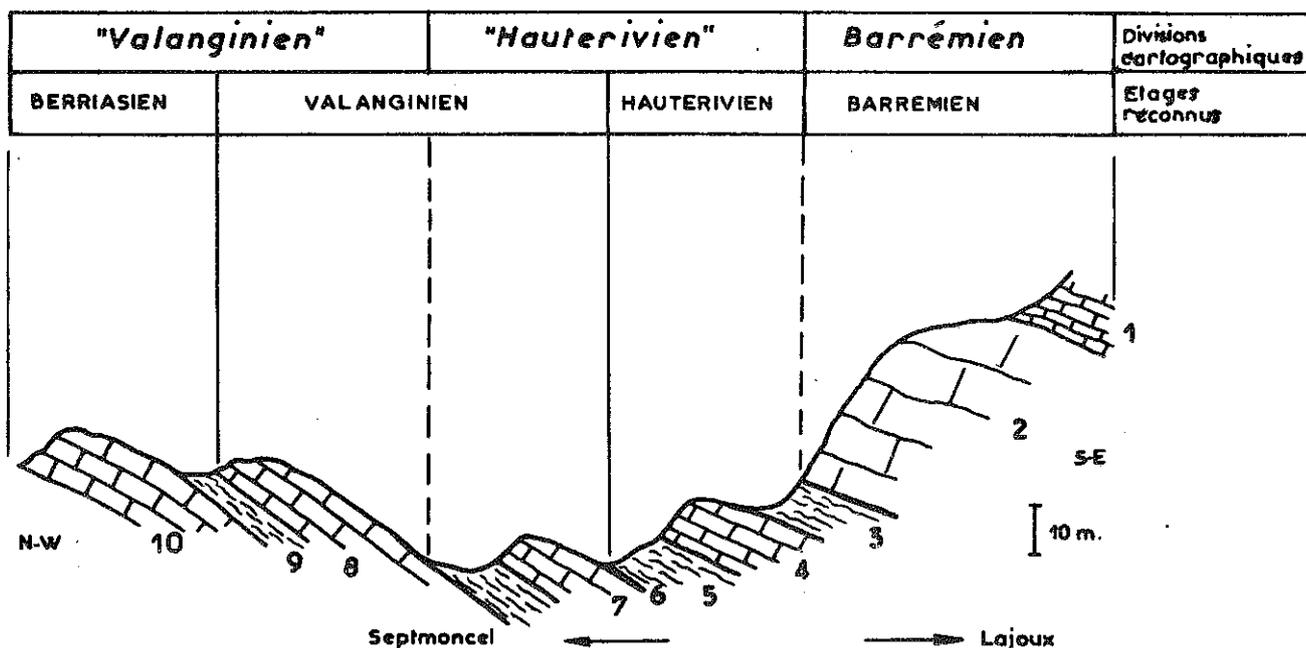


Fig. 19 : COUPE DU CRETACE INFERIEUR ENTRE LES SELMEMBERGS ET LES CLAVIERES

Ce découpage en 3 ensembles lithologiques et morphologiques fournit de bonnes subdivisions, adoptées en cartographie : crêt "valanginien", combe "hauterivienne" et crêt "barrémien".

Coupe du passage Valanginien-Hauterivien du CD 25 entre l'Evalide et le Belvédère de la Cernaise (fig. 20)

- Situation :

Commune de Septmoncel, entre le lacet du Coulou et la route de la Recula, 5 m avant le sentier menant à la Recula.

x = 875,06 ; y = 157,16

- Description :

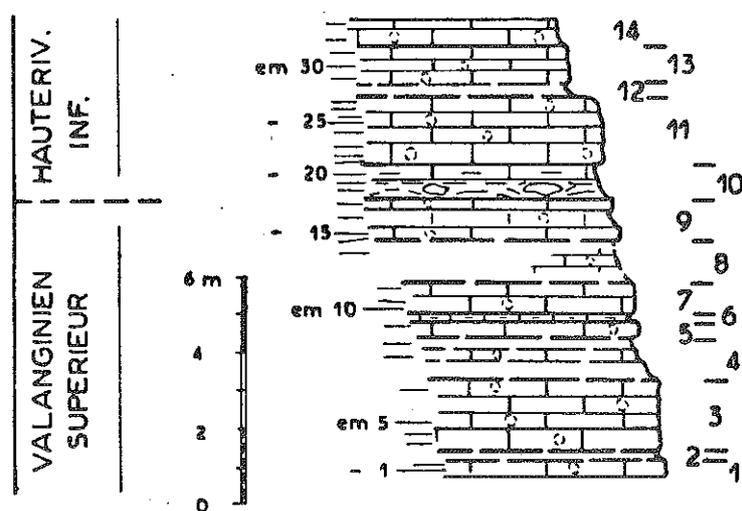
Voir la figure 20.

Nous sommes dans le flanc inverse du synclinal de la Pesse-Septmoncel, le niveau 1, le plus ancien, se trouve au sommet de la coupe.

- Intérêt de la coupe :

Le talus de la route montre des niveaux de calcaires bioclastiques riches en fer : *Calcaire bioclastique roux* encore appelés "*Calcaires roux*" (S. GUILLAUME, 1966) contenant des oolites dans les niveaux de base. Le passage à l'Hauterivien se fait avec le niveau 10, riche en huîtres.

**Fig. 20 : COUPE DE LA ROUTE L'ÉVALIDE - LA CERNAISE (C.D. 25)
PASSAGE VALANGINIEN - HAUTERIVIEN**



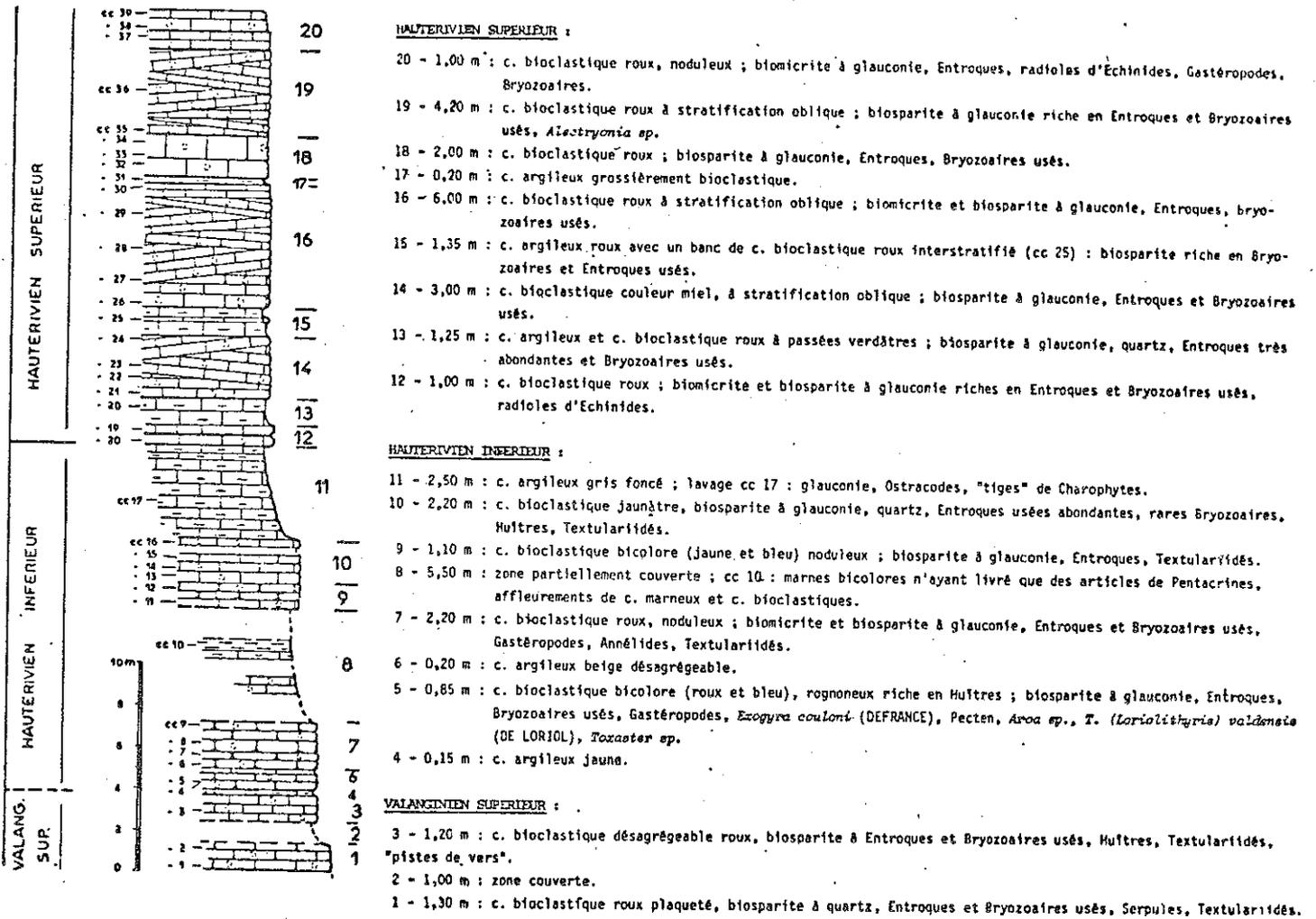
HAUTERIVIEN INFÉRIEUR :

- 14 - 0,60 m : c. bioclastique jaune ; biosparite à quartz et glauconie, Entroques et Bryozoaires usés.
- 13 - 0,90 m : c. bioclastique jaune ; biosparite à quartz, Entroques et rares Bryozoaires usés.
- 12 - 0,30 m : zone couverte.
- 11 - 1,80 m : c. bioclastique jaune, biosparite à quartz et glauconie, Entroques très abondantes, Bryozoaires usés, radioles d'Echinides, Textulariidés, *Trocholina* sp.
- 10 - 0,90 m : niveau tendre de marnes c. argileux et c. bioclastique à glauconie noduleux riche en Huîtres ; biosparite à Entroques, Bryozoaires.

VALANGINIEN SUPERIEUR :

- 9 - 1,10 m : c. bioclastique roux, biosparite à glauconie, identique à 13.
- 8 - 1,00 m : zone partiellement couverte, avec affleurement de c. bioclastique roux, identique à 13.
- 7 - 0,80 m : c. bioclastique roux ; biosparite à quartz et glauconie, Entroques et Bryozoaires usés.
- 6 - 0,15 m : c. argileux roux.
- 5 - 0,40 m : c. bioclastique sableux ; biomicrite et biosparite riches en quartz, glauconie, Entroques abondantes et Bryozoaires usés, radioles d'Echinides.
- 4 - 1,00 m : zone partiellement couverte avec affleurement de c. bioclastique roux, biosparite à glauconie, rares oolites, Entroques et Bryozoaires usés.
- 3 - 1,75 m : c. bioclastique roux ; identique à 4.
- 2 - 0,20 m : zone couverte.
- 1 - 0,40 m : c. bioclastique roux ; biosparite à quartz, quelques oolites, Entroques et Bryozoaires usés.

**Fig. 21 : COUPE DE LA CASCADE DU SAULETEL
HAUTERIVIEN**



Coupe de l'Hauterivien de la cascade du Sautelet (Septmoncel) (fig. 21)

- Situation :

Commune de Septmoncel, la cascade du Sautelet est située en contre-bas de la ferme "sur le Coulou".

x = 875,18 ; y = 157,86

- Description :

Voir la figure 21.

- Intérêt de la coupe :

La coupe débute par le sommet du Valanginien supérieur (niveaux 1 à 3).

L'Hauterivien inférieur, tendre débute par un niveau fossilifère (niveau 5) riche en Exogyres et ayant livré également *Terebratula (Lorolithyris) valdensis* (DE LORIO), *Toxaster sp.*

L'Hauterivien supérieur commence avec le niveau 12, il s'agit d'un ensemble monotone de calcaire bioclastique glauconieux à stratification souvent oblique.

Affleurements d'Hauterivien

- Dans le lit de la Blénière, sous les fermes du Moranti, un affleurement de calcaires tendres de l'Hauterivien montre une interstratification de silex jaunes et bruns lités de 0,60 m environ.

- Le long du CD 69, 400 m en amont du carrefour de la route de Vaucluse (x = 871,90 ; y = 162,12), l'Hauterivien inférieur comprend des calcaires argileux jaunes qui contiennent des petites concrétions siliceuses sous forme de géodes de 3 à 10 cm de diamètre.

N.B. : Nous avons retrouvé de telles géodes remaniées dans les dépôts glaciaires près de la Blénière, au confluent avec la Bienne. (voir p. 65).

- Le long de la RN 436 entre le Chapeau-de-Gendarme et le hameau des Moulins (x = 874,67 ; y = 156,90) la combe herbeuse correspondant au Valanginien supérieur et à l'Hauterivien inférieur est surmontée par un affleurement d'une dizaine de mètres de puissance de calcaires bioclastiques jaunes, glauconieux en petits bancs.

CONCLUSIONS ET DIVISIONS DU NEOCOMIEN (fig. 22)

Le Berriasien débute par le faciès "purbeckien" qui témoigne d'une alternance de phases lacustres d'eau douce, saumâtres, sursalées et marines, les indicateurs de milieu sont les Algues Dasycladacées, les Charophytes et les Ostracodes. Les niveaux argileux sont plus développés vers Morez.

Le Berriasien moyen ("formation de Pierre-Châtel") s'est déposé en milieu marin marginal (réurrences dessalées). Au Chapeau-de-Gendarme, comme à Cinquétral, la série marine débute par des calcaires, tandis qu'au Béchet près de Morez, elle commence par des marnes.

Le Berriasien supérieur ("formation de Vions") présente des réurrences dessalées.

Le Valanginien inférieur ("formation de la Chambotte") plus détritique que le Berriasien moyen témoigne d'un milieu franchement marin mais de faible profondeur.

Le Valanginien supérieur, après un épisode de sédimentation plus terrigène avec des indices d'émersion (S. GUILLAUME, 1966), les calcaires roux bioclastiques correspondent à un milieu marin animé de courants importants.

S. GUILLAUME (1966) La Cure - Lamoura-Cinquetral		M. MOUTY (1966) La Cure - Chapeau de Gendarme		N. STEINHAUSER & A. LOMBARDI (1969) Jura méridional		J. LEBRUN (1970) St Claude - Chapeau de Gendarme		SUBDIVISIONS ADOPTÉES Chapeau de Gendarme - Septmancel		Cartographie
BARREMIEN		URGONNIEN				BARREMIEN		BARREMIEN		BARREMIEN n4
HAUTERIVIEN	MARNES "PIERRE JAUNE DE NEUCHÂTEL"	HAUTERIVIEN supérieur	PIERRE JAUNE DE NEUCHÂTEL	HAUTERIV.		HAUTERIVIEN supérieur	CALCAIRE ORGANO-DETRITIQUE OLAUCONIEUX	HAUTERIVIEN supérieur	niveau tendre	"HAUTERIVIEN"
	MARNES D'HAUTERIVE niveau à A. rectangularis		MARNES D'HAUTERIVE				MARNES ET MARNO - CALCAIRES		CALCAIRE ORGANO-DETRITIQUE OLAUCONIEUX ET MARNES À EXOGRYRES	
VALANGINIEN SUPERIEUR	"CALCAIRES ROUX"	VALANGINIEN SUPERIEUR	VALANGINIEN SUPERIEUR CALCAIRE	VALANGINIEN		HAUTERIVIEN inférieur	FORMATION DU BOURGET	VALANGINIEN SUPERIEUR	CALCAIRE BIOCLASTIQUE ROUX	"HAUTERIVIEN"
	"MARNES D'ARZIER" s.l.		VALANGINIEN SUPERIEUR MARNEUX				FORMATION DU BOURGET		MARNES ET CALCAIRE TENDRE	
VALANGINIEN INFERIEUR	"MARBRE BÂTARD"	VALANGINIEN INFERIEUR	CALCAIRE DU VAL DE FIER	BERRIASIEN	?	VALANG. SUP.	FORMATION DE LA CHAMBOTTE	VALANG. INF.	f. de La Chambotte CALCAIRE GRAVELEUX ET OOLITIQUE	"VALANGINIEN"
			COUCHES DE LA CORRATERIE				FORMATION DE VIONS		f. de Vions CALCAIRE GRAVELEUX ET ARGILEUX ET MARNES	
	CALCAIRE DE THOIRY		FORMATION DE PIERRE-CHATEL				f. de Pierre Châtel CALCAIRE GRAVELEUX ET CALCAIRE ARGILEUX			
PURBECKIEN	"PURBECKIEN"		"PURBECKIEN"			BERRIAS. INF.	FACIES PURBECKIEN		"PURBECKIEN"	JP

Fig. 22 : DIVISIONS STRATIGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DU NEOCOMIEN (Berriasien - Valanginien - Hauterivien)

Les calcaires bioclastiques glauconieux à stratifications obliques de l'Hauterivien supérieur s'établissent dans des conditions analogues à celles du Valanginien supérieur.

Pour la cartographie, nous avons utilisé les subdivisions morphologiques habituelles (voir p.68 et fig. 22) :

le "Purbeckien", jp. (20 à 40 m) correspond au Berriasien inférieur

le "Valanginien", n2 (60 à 70 m) comprend - le Berriasien moyen

- le Berriasien supérieur

- le Valanginien inférieur

1° "Hauterivien", n3 (70 m environ) comprend

- le Valanginien supérieur

- l'Hauterivien.

AFFLEUREMENTS ET COUPES DE BARREMIENCoupe de la butte de "Sur l'Etain" (fig. 23)

- Situation :
Commune de Septmoncel, en bordure du chemin menant de "Sur l'Etain" à la bifurcation de "Sur la Couronne".
La coupe débute dans les premiers bancs de la carrière
(x = 876,08 ; y = 158,68)
- Description :
Voir la figure 23.
- Intérêt de la coupe :
la première moitié de la coupe montre des calcaires jaunes oolitiques et graveleux ; elle est surmontée par un ensemble de calcaires clairs d'aspect crayeux ou parfois marmoréen ayant livré une microfaune riche en Orbitolinidés, accompagnée de Dasycladacées. C'est ce faciès qui est exploité, sous le nom de "Marbre de Molinges" à l'Ouest de St-Claude.

Affleurement de la RN 436 dans le hameau des Moulins

- Situation :
Commune de Septmoncel, hameau des Moulins, face à l'accès à la scierie
x = 874,66 ; y = 156,79.
- Description :
Séparés des calcaires de l'Hauterivien supérieur par une zone couverte, les calcaires et marnes du Barrémien inférieur ont un aspect rognoneux à l'affleurement; il s'agit de calcaires bioclastiques et oolitiques jaunes en bancs de 0,05 à 0,60 m avec des interstratifications de marnes jaunes.

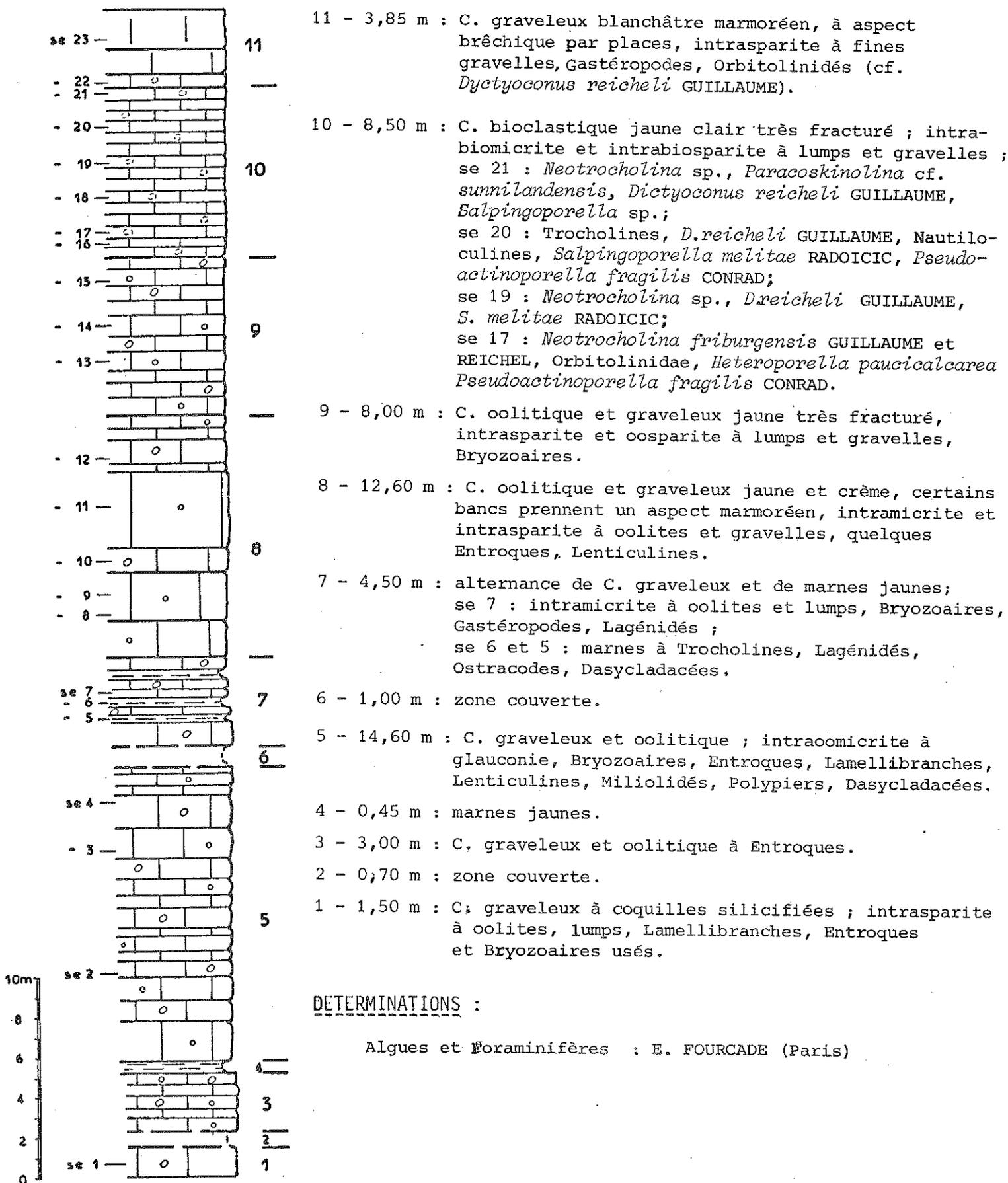
CONCLUSIONS SUR LE BARREMIEN

Le Barrémien est le terme le plus élevé * que l'on rencontre dans le Crétacé. La surface supérieure de l'étage a été soumise à plusieurs phases d'érosions, tant au Crétacé, au Tertiaire qu'au Quaternaire (voir p.146), qui sont à l'origine des variations importantes dans l'épaisseur de la masse calcaire.

Cartographiquement, le Barrémien (n⁴) s'individualise assez bien au-dessus de la "combe hauterivienne".

* Il faut cependant noter que des dépôts rapportés à l'Albo-Aptien ont été découverts dans des travaux d'urbanisme le long du chemin qui monte aux Tuffes (commune de Prémanon) (Notice de la feuille de Morez 1/50000, A. & S. GUILLAUME 1968).

Fig.23 : COUPE DU BARREMIEN DE "SUR L'ETAIN" (Septmoncel)



LE TERTIAIRE

Hormis la zone synclinale de la Pesse, les terrains tertiaires n'occupent qu'une surface restreinte dans la région étudiée. Le cœur et les flancs des synclinaux crétacés sont localement recouverts par des dépôts continentaux, lagunaires et marins dont l'âge ne peut être fixé avec précision dans la plupart des cas faute d'arguments paléontologiques ou sédimentologiques. L'Oligocène et le Miocène ont cependant été datés en quelques points du Haut-Jura.

DEPOTS ATTRIBUES A L'OLIGOCENEAffleurement de l'Evalide (Septmoncel) (fig. 24)

- Situation :

Commune de Septmoncel, talus Est du CD 25 entre l'Evalide et le premier lacet de la route.

x = 874,83 ; y = 157,07)

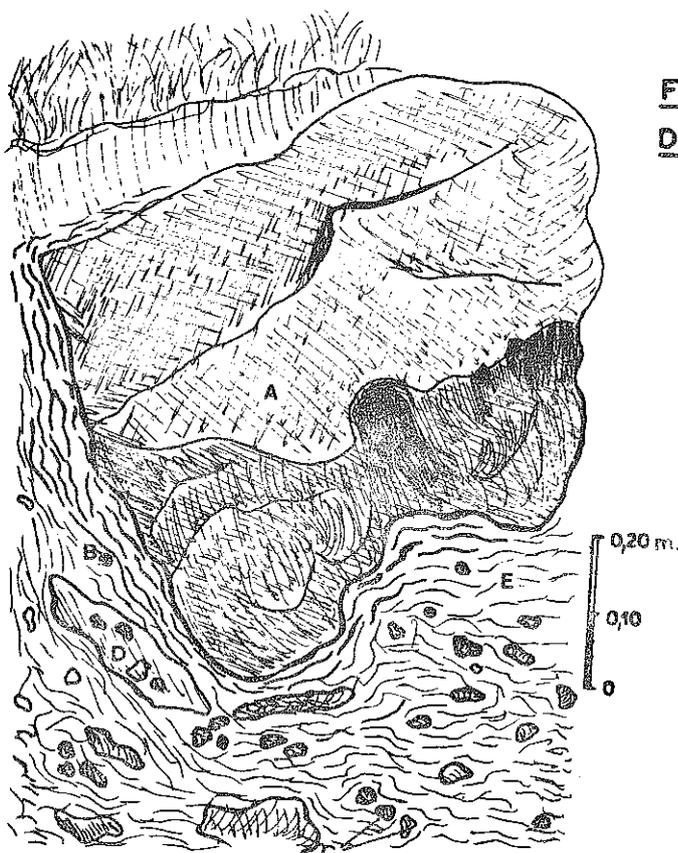


Fig. 24 : AFFLEUREMENT DE L'EVALIDE
DETAIL DES ARGILES ROUGES MICACEES

- A : gros bloc de calcaire barrémien
- B : pisolite d'Hydroxyde de fer
- C : petits éléments de calcaire crétacé inférieur
- D : argiles rouges micacées indurées avec éléments
- E : argiles rouges micacées "emballant" le bloc A ; les argiles sont litées parallèlement aux parois du bloc.

- Historique :

D. AUBERT (1975) attribue l'affleurement à l'Eocène.

- Description :

Le Barrémien, bien stratifié passe vers le Sud à des blocs métriques chaotiques emballés dans une argile rouge, puis à des blocs décimétriques roulés et à un conglomérat.

La partie sud de l'affleurement est essentiellement argileuse, micacée (0,5 % de carbonates) riche en quartz ronds-mats et émoussés luisants; l'on note également la présence de pisolites d'hydroxyde de fer, l'argile contient des éléments hétérométriques de calcaires crétacés (fig. 24).

- Age :

La présence de pisolites analogues à ceux que l'on rencontre dans le faciès sidérolithique rappelle un âge éocène, cependant, le Barrémien remanié en conglomérat est attribuable à l'Oligocène, par analogie avec d'autres affleurements de la région. La présence de pisolites ferrugineux dans les argiles stratifiées serait imputable à un remaniement de dépôts sidérolithiques.

Affleurement de conglomérat de Nassalon (Longchaumois)

- Situation :

Commune de Longchaumois, sur le petit crêt barrémien, 100 m au Sud-Est de la ferme de Nassalon

x = 876,50 ; y = 167,93.

- Description :

Le Barrémien est localement recouvert de conglomérat à éléments décimétriques de Barrémien et à ciment argileux ou carbonaté peu abondant.

- Age :

Ce type de conglomérat est classiquement rattaché à l'Oligocène par analogie au poudingue chattien du Lieu (feuille de Mouthe) (A. & S. GUILLAUME, 1968).

Affleurements de conglomérat de la Maison Rada (Prémanon) (fig. 25)

- Situation :

Commune de Prémanon, au bord de la route forestière de Maison Rada au Chalet de la Frasse, 250 m après la bifurcation du CD 25.

x = 883,16 ; y = 165,20.

- Description :

A proximité du Barrémien, l'affleurement du bord Nord-Ouest de la route montre des conglomérats à éléments plus ou moins arrondis, décimétriques de Barrémien "emballés" dans une matrice argileuse orange renfermant des Orbitolinidés barrémiens remaniés. (Voir la figure 25).

L'affleurement de la doline au Sud-Est de la route présente des conglomérats à éléments centimétriques de Barrémien, arrondis, "emballés" dans une matrice argilo-sableuse jaune. Le quartz y est abondant.

Composition de la matrice (analyse : V. MATHIS) :

- quartz émoussés-luisants 25 %
 ronds-mats
 - argiles et fines 75 %

- Age :

Comme le conglomérat précédent, ces affleurements sont à rapprocher des dépôts du Chattien.

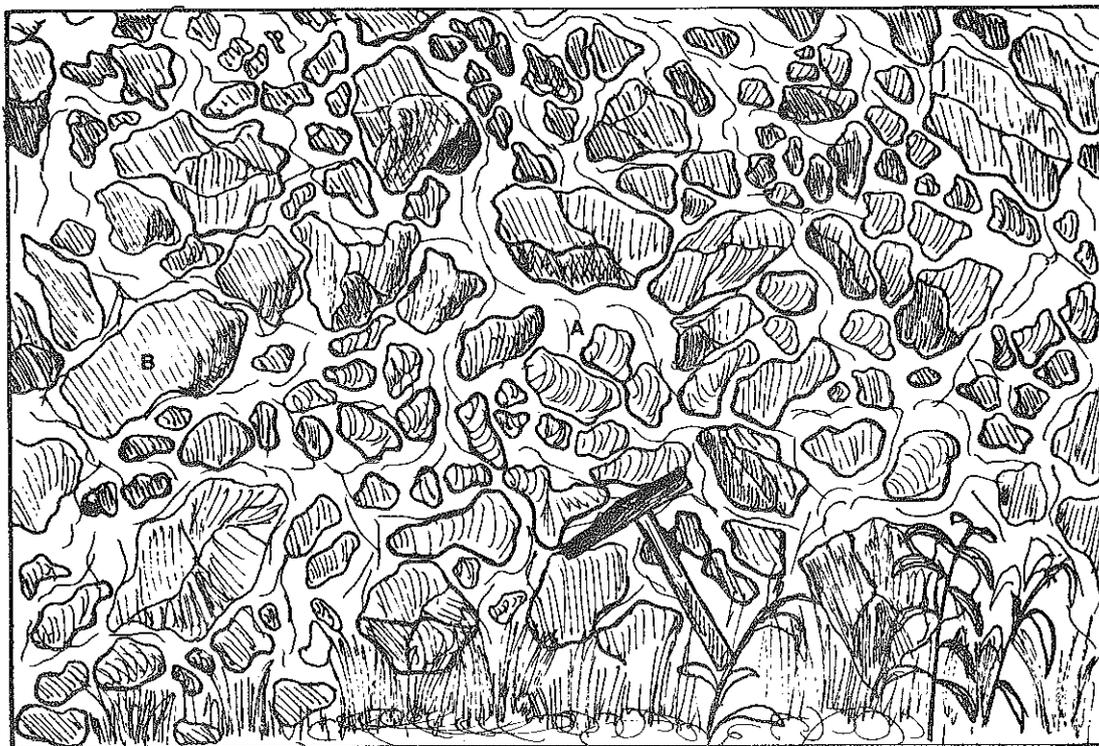


Fig. 25 : AFFLEUREMENT AU N.W. DE LA MAISON - RADA

Des éléments plus ou moins arrondis de calcaire barrémien (B) sont "emballés" dans une matrice argileuse orange (A).

Affleurement du conglomérat en aval de la Combe du Lac

- Situation :

Commune de Lamoura, au bord Ouest du CD 292 de la Combe du Lac à Lajoux 50 m au S.S.W. du point coté 1166
 $x = 879,58$; $y = 160,95$.

- Description :

Le conglomérat forme la petite falaise dominant le thalweg et surmontant le Barrémien, les éléments centimétriques à décimétriques de Crétacé inférieur ("Valanginien", Barrémien) sont cimentés par une sparite et une argile rouge.

- Age :

Ce conglomérat est considéré, sur la feuille à 1/50000 de St-Claude comme datant de l'Aquitaniens-Miocène, par analogie avec les affleurements précédents, nous le placerons dans les formations d'âge Oligocène.

Affleurement de conglomérat des Clavières (Septmoncel)

- Situation :

Commune de Septmoncel, bord Nord de la RN 436 entre les Clavières et les Selmembers
 $x = 877,24$; $y = 160,30$.

- Historique :

Dans sa thèse, S. GUILLAUME (1966, p. 36) décrit la coupe des Selmembergs aux Clavières (voir p. 45), elle note pour le Barrémien inférieur : "calcaire massif ocre, oolitique et graveleux par endroits ; il présente un aspect un peu bréchique", en fait, le Barrémien est partiellement recouvert par un conglomérat.

- Description :

Le conglomérat est plaqué contre la falaise barrémienne, il présente une matrice argileuse jaune n'ayant fourni que des quartz luisants, des articles de Pentacrines et quelques Ostracodes du Barrémien. Les éléments barrémiens sont roulés et ont une taille décimétrique.

- Age :

Par analogie de faciès avec les affleurements précédents, nous attribuons ce conglomérat à l'Oligocène.

Affleurement de conglomérat de la Sèche (Les Molunes)

- Situation :

Commune des Molunes, talus ouest du CD 25 face à la bifurcation de la route des Rasses
 $x = 873,85$; $y = 155,38$.

- Description :

Le "Valanginien" redressé est recouvert (contact non visible) par un conglomérat à éléments crétacés, centimétriques arrondis.

Au microscope, le ciment, peu abondant, soude des éléments d'intrabiosparite du Berriasien moyen et du Valanginien inférieur, entourés d'un liseré brun et corrodés. Il s'agit selon G. TRUC d'une croûte zonaire traduisant une altération pédogénétique (continentale).

- Age :

La plupart des conglomérats de ce type recouvrant le Crétacé sont considérés comme oligocènes. La position structurale de l'affleurement, à proximité de l'accident de Chaumont peut traduire un jeu vertical ancien de l'accident.

Affleurement de calcaire marmoréen à silex de La Pelaisse

- Situation :

Commune de St-Claude, sur le bord ouest du chemin de la Pelaisse à la Blénrière, en bordure est de la dépression herbeuse (ferme en ruine)
 $x = 875,25$; $y = 165,78$.

- Historique :

H. BERGOUGNAN (1968).

- Description :

A la lisière du bois, le petit ressaut de 2 mètres correspond à un curieux calcaire recristallisé, à silex. Cette formation repose sur le "Valanginien" et est semble-t-il chevauchée par le Malm du compartiment S.E.

En lame mince, la roche ne montre que de la calcite sparitique et des fragments de silex anguleux.

- Age :

L'affleurement ne nous a fourni aucun indice de datation, nous l'attribuons à l'Oligocène en accord avec A. et S. GUILLAUME (1968).

Affleurement de la RN 436 entre Mijoux et le col de la Faucille

- Situation :

Commune de Mijoux (Ain), sur le bord est de la route
x = 884,68 ; y = 160,06.

- Historique :

R. C. MICHEL (1955).

- Description :

Association de marnes bariolées rouges et vertes ne nous ayant pas livré de faune et de calcaires verdâtres (micrites à quartz anguleux).

- Age :

R.C. MICHEL (1955) propose un âge chattien pour ces formations qui ont livré *Haplocytheridea* aff. *dacica* HEJJAS.

Affleurement de marnes verdâtres de la Périssode

- Situation :

Commune de Mijoux (Ain), sur le bord Est du CD 313 de Mijoux à Tabagnoz, à 75 m au Nord-Est de la ferme de la Périssode
x = 882,38 ; y = 158,95.

- Description :

Le talus nord-est de la route montre des marnes verdâtres (38% de carbonates).

- Age :

Les marnes nous ont livré une population monospécifique de *Hemicyprideis genavensis* OERTLI, indiquant un milieu saumâtre de l'Oligocène, probablement du Stampien (détermination et datation de G. CARBONNEL).

Affleurement d'argiles rouges du Bois du Gyps (Septmoncel)

- Situation :

Commune de Septmoncel, sur le bord Est de la RN 436 entre Septmoncel et Lajoux, entre les points cotés 1098 et 1116,9
x = 877,52 ; y = 159,82.

- Description :

Des fissures karstifiées remplies d'argiles rouges traversent les calcaires du Kimméridgien, les argiles n'ont livré que des fragments de calcite striée, rubéfiée témoignant de l'origine tectonique des fractures remplies, et quelques quartz émoussés luisants.

- Age :

Nous ne possédons pas d'éléments de datation pour le remplissage de ces fissures.

Affleurement de marnes versicolores du lacet du Coulou

- Situation :
Commune de Septmoncel, le long du CD 25 entre l'Evalide et la Cernaïse, derrière les gabions au SW du lacet du Coulou
x = 875,14 ; y = 157,54.
- Description :
Marnes rouges et vertes n'ayant pas livré de microfaune, contenant 42% de carbonates. L'affleurement correspond à des marnes plus ou moins glissées.
- Age :
Par analogie de faciès, nous rapprocherons ces marnes des marnes chattiennes de la route de Mijoux à la Faucille (voir p. 57).

Affleurement de calcaires verdâtres du vallon de l'Embouteilleux

- Situation :
Commune de la Pesse, dans le fond des drains, dans le secteur des petites pertes et dans le ruisseau de l'Embouteilleux, à 250 m au Nord-Ouest de la ferme ruinée de Sous-le-Bois
x = 871,92 ; y = 150,72.
- Description :
Les calcaires verdâtres à pendage subvertical, ont un aspect noduleux ; en lame mince, ils montrent une micrite grise partiellement recristallisée avec quelques quartz anguleux.
- Age :
Par analogie de faciès avec les calcaires de la route de Mijoux à la Faucille (voir p. 57), on peut rapporter ces affleurements au Chattien.

DEPOTS MIOCENES MARINSAffleurements de molasse de la ferme de "Sur le Gyp" (Longchaumoïis)

- Situation :
Commune de Longchaumoïis, le long du sentier joignant le CD 69 à la ferme (grès glauconieux), entre la ferme et le château-d'eau (conglomérat).
x = 876,82 ; y = 168,34.
- Description :
Le Barrémien est recouvert par un ensemble de grès et de conglomérat calcaire, en apparente accordance.
Les grès sont fins, pauvres en glauconie, la proportion de carbonates est de 75% le ciment est micritique, les éléments sont des quartz anguleux ou roulés ou des fragments de calcaire ; on note également des Algues, des Bryozoaires roulés et des fragments de coquilles de Lamellibranches.
Les conglomérats ont un ciment de type molassique rappelant les grès, les éléments sont des fragments roulés de calcaires barrémiens et des silex anguleux.
- Age :
Par analogie de faciès avec les séries grés-conglomératiques du synclinal de la Pesse, nous leur attribuons un âge Burdigalo-Vindobonien.

Affleurement conglomératique de La Luette (Septmoncel)

- Situation :
Commune de Septmoncel, au bord Est d'un sentier joignant sur l'Etain au Bois du Gyps
x = 876,84 ; y = 159,02.
- Description :
Un affleurement de 5 m par 2 m montre un conglomérat à éléments centimétriques roulés de Calcaires du Crétacé inférieur ("Valanginien") et de silex anguleux.
- Age et considérations structurales :
Par analogie de faciès avec les conglomérats de la région de la Pesse (voir p. 60), nous rapportons cette formation au Burdigalo-Vindobonien.
L'affleurement est couvert par une lame inverse de 20 cm de "Valanginien", elle-même chevauchée par le Kimméridgien inférieur (voir p. 85).

Coupe de la molasse de La Balie (Les Moussières)

- Situation :
Commune des Moussières, dans l'une des dolines situées entre les fermes de La Balie et de la Grande Molune
x = 872,40 ; y = 152,30.
- Historique :
S. GUILLAUME, J. SIGAL, A. GUILLAUME (1965).
- Description :
La molasse se présente sous forme de grès, poudingues et marnes gréseuses riches en glauconie, les couches sont très redressées voire même renversées.
On rencontre de haut en bas :
 - . 10 - 5 m : grès et sable glauconieux à plagioclases, silex ; Bryozoaires ; à la base, micropoudingue.
 - . 9 - 1,50 m : zone couverte.
 - . 8 - 4,00 m : grès et calcaires gréseux glauconieux, quartz usés et anguleux, silex, Bryozoaires et Entroques roulés.
 - . 7 - 3,00 m : zone couverte.
 - . 6 - 3,00 m : marnes gréseuses gris-bleuté à quartz ronds mats, et émoussés luisants, mica blanc, glauconie, fragments de coquilles, Textulariidés.
 - . 5 - 7,00 m : zone partiellement couverte, à la base, sous 2 bancs de grès glauconieux (0,30 m), 0,80 m de marnes gris bleuté.
 - . 4 - 1,20 m : sable et marnes gréseuses plaquetées beiges, quartz bipyramidés de néoformation et émoussés luisants, glauconie, calcite, pyroxènes, Elphidiidés, Globigérinidés, dents de poissons.
 - . 3 - 2,50 m : grès glauconieux à quartz émoussés et anguleux, silex, glauconie, coquilles de Lamellibranches, nombreux Bryozoaires, Miliolidés, Lagenidés. A la base : conglomérat riche en Bryozoaires.
 - . 2 - 2,00 m : grès grossier, glauconieux, nombreux quartz émoussés, Algues, Bryozoaires non usés, Entroques, Miliolidés.
 - . 1 - 6,50 m : zone partiellement couverte avec à la base un banc de grès glauconieux à silex, et biotite.
- Age :
La microfaune récoltée dans cette coupe par S. GUILLAUME, J. SIGAL et A. GUILLAUME (1965) leur a permis de dater la formation du "Vindobonien" avec précision.

Affleurement de Poudingue de La Grande Molune (La Pesse)

- Situation :
Commune des Moussières, à 200 m à l'WSW de la ferme de la Grande Molune, à proximité d'un abreuvoir alimenté par une source
x = 872,40 ; y = 151,78.
- Historique :
S. GUILLAUME, J. SIGAL, A. GUILLAUME (1965).
- Description :
Les eaux sourdent d'un niveau de poudingue à gros éléments millimétriques à centimétriques roulés, de silex et de calcaires crétacés.
- Age :
Par son spectre minéralogique, le conglomérat est rangé dans le Miocène par S. GUILLAUME, J. SIGAL et A. GUILLAUME, et plus précisément attribué au Burdigalien ou au "Vindobonien" inférieur (Helvétien).

Affleurements de Molasse du Pré Reverchon (La Pesse)

- Situation :
Commune de La Pesse, dans le lit du ruisseau capté pour l'adduction d'eau de La Pesse
x = 871,28 ; y = 149,70.
- Description :
On rencontre d'Ouest en Est :
 - Conglomérat à silex roulés possédant une patine noire.
 - grès glauconieux fins, à quartz anguleux, silex brisés ou roulés, feldspaths, fragments de calcaire du Crétacé inférieur et de micrite, Bryozoaires roulés.
 - marnes gris-beige.
- Age :
Nous n'avons pas décelé de critère de polarité dans cette coupe pour déterminer la position relative des 3 ensembles : conglomérat, grès, marnes. Nous attribuons l'ensemble à la molasse miocène ("Vindobonien").

Affleurement brêchique du Berbouiller (La Pesse)

- Situation :
Commune de La Pesse, dans le talus Nord-Est du chemin de La Pesse à La Borne-au-Lion, 100 mètres après la mare
x = 871,20 ; y = 148,48.
- Historique :
D. RIGASSI (1957).
- Description :
Le Portlandien du flanc Est du synclinal de La Pesse qui pend à 70° vers le SE (pendage inverse) est recouvert par une brèche à éléments centimétriques de calcaires crétacés et jurassiques et de silex anguleux, le ciment est une biosparite riche en coquilles de Lamellibranches et en Bryozoaires. Ce calcaire conglomératique pend à 70° vers le NW (pendage normal).

- Age et considérations structurales :

D. RIGASSI (1957) attribue ce conglomérat au Burdigalien, il s'agit du conglomérat de base de la série molassique. On remarquera l'importante discordance angulaire (40 à 45°) entre Portlandien et Miocène, dans le même secteur, plus au NNE, le même faciès burdigalien repose sur le Berriasien supérieur et plus au SSE, il repose sur la limite Portlandien-Berriasien inférieur. Ces observations témoignent d'une importante phase de plissement et d'érosion avant le Burdigalien (voir p. 147).

Coupe de la molasse des Côtes (La Pesse)

- Situation :

Commune de La Pesse, la coupe est située dans le lit du ruisseau près des fermes des Côtes. Pour s'y rendre, prendre à La Pesse la route du Crêt de Chalam, prendre le premier chemin à droite après les sources de la Semine jusqu'au transformateur électrique, de là, suivre un sentier descendant vers le SSW dans le vallon des Côtes

x = 870,80 ; y = 148,26.

- Description :

La molasse montre, sur 17 mètres d'épaisseur, des alternances de grès glauconieux fins et de grès conglomératiques à silex et glauconie, quartz anguleux et roulés. La molasse renferme des Bryozoaires abondants, soit entiers, soit roulés ou dilacérés.

- Age :

Nous sommes en présence des niveaux de molasse décrits à la Balie, appartenant au "Vindobonien".

Affleurements de molasse de la Combe d'Evuz

- Situation :

Commune de Champfromier (Ain), en rive gauche de la Semine, 250 m à l'aval du confluent du Bief Brun

x = 869,94 ; y = 146,03.

- Description :

Des marnes sableuses et micacées beiges (55% de carbonates) sont couvertes par des grès calcaires glauconieux fins à quartz anguleux essentiellement, silex et fragments de calcaires (70% de carbonates).

- Age :

Les marnes inférieures nous ont livré une microfaune de Foraminifères et d'Ostracodes datée du Burdigalien par G. CARBONNEL.

Autres affleurements attribués au Miocène marin

- Le ruisseau de l'Embossieux (commune de La Pesse : x = 871,33 ; y = 150,12) montre des faciès marneux et gréseux analogues à ceux de la Combe d'Evuz.

- Le griffon de la source située sous la ferme du Talonard (commune de La Pesse : x = 871,37 ; y = 149,50) montre des grès glauconieux fins à pendage subvertical, analogues à ceux de La Balie.

- L'élargissement de la route de la Borne au Lion - Crêt de Chalam, à la sortie de La Pesse (x = 870,80 ; y = 148,76) a permis de découvrir une série de molasse, constituée de grès et conglomérats calcaires glauconieux, identique à celle de La Balie, attribuable au "Vindobonien".

- Près de la ferme Regad (commune de La Pesse : x = 871,65 ; y = 150,40) un entonnoir où se perd un ruisseau s'est ouvert dans des sables jaune-vert, de minces lits argileux beiges soulignent le pendage (10° vers le NW) de la formation. La présence d'épidote et de grenat fait penser au Miocène marin. Cependant, ce sable ne contenant aucun carbonate peut correspondre à un remaniement des sédiments molassiques avec décalcification totale.

L'AFFLEUREMENT SUD DES CLAVIERES (SEPTMONCEL)

L'affleurement (fig. 26)

- Situation :

Commune de Septmoncel

x = 877,35 ; y = 160,20.

Au bord de la RN 436, derrière la station d'épuration du village de Lamoura. A 300 m à l'E.S.E. des affleurements cités p. 55-56.

- Description et âge :

On rencontre sur le Barrémien un affleurement constitué de faciès variés (fig. 26) présentant de l'Est vers l'Ouest :

- A - marnes bleutées, devenant grises à l'altération.

- B - marnes vertes plastiques (40% de carbonates).

- C - marnes beige-rose à graviers (40% de carbonates) renfermant de la blende, de la pyrite et des Ostracodes. G. CARBONNEL pense à des formes d'Ostracodes lacustres purbeckiennes remaniées et à des formes du Burdigalien.

- D - calcaire blanc crayeux à aspect noduleux.

- E - marnes ligniteuses et "lignite" à Gastéropodes; soumis à une flamme, le "lignite" rougeoit et dégage une odeur de bitume. La matrice, très riche en matière organique brune, est parsemée de vacuoles remplies de calcite et de calcédoine. 45% de carbonates dans les marnes ligniteuses, 70 à 80% dans le "lignite".

En lame mince on observe de nombreuses sections de coquilles de Gastéropodes.

G. TRUC n'a identifié que des formes continentales :

. terrestres : apex de *Mesodontopsis* sp. (?)

. aquatiques : *Anisus* sp. (Planorbès).

Ces formes lui suggèrent un âge Vallésien - Turolien (Pontien).

Cependant les marnes ligniteuses nous ont également livré des fragments d'os et des petites dents de rongeurs.

P. MEIN a reconnu : *Pseudocricetodon* cf. *vassenromys*, *Rhodanomyys schlosseri* évolué, *Peridyromys* sp., *Glirudinus* sp. Cette association caractérise un Aquitaniens ancien au sens mammalogique (=zone de Paulhiac). Cette zone correspond peut-être à l'Aquitaniens marin supérieur mais la corrélation est discutée.

- F - marnes bleues à boules de marcassite (50% de carbonates).

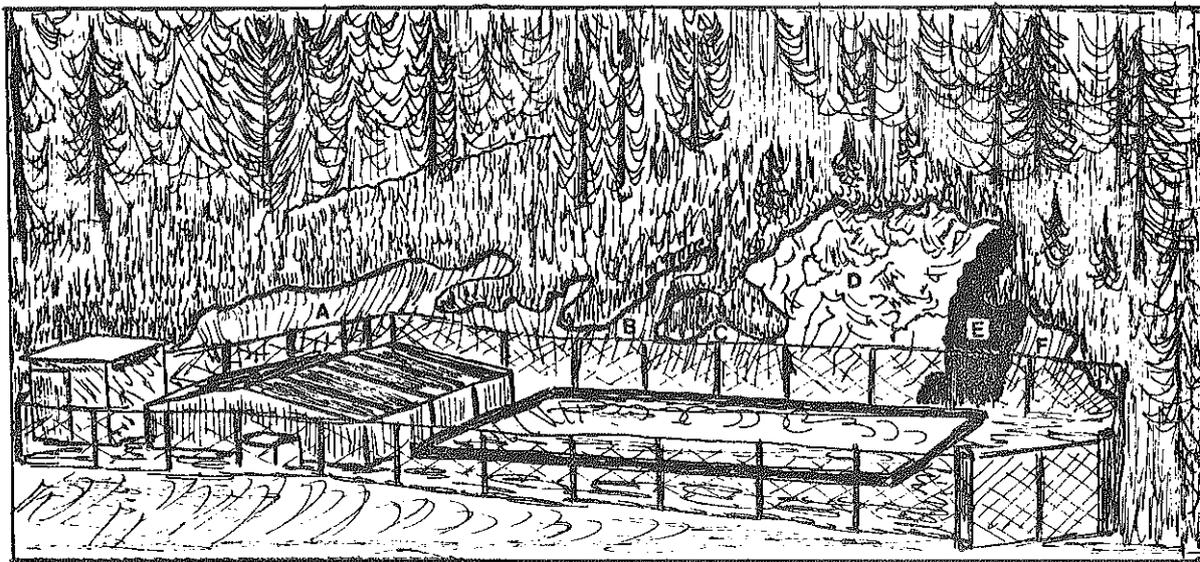


Fig. 26 : AFFLEUREMENT SUD DES CLAVIERES

Les lettres renvoient au texte.

Cet affleurement est d'un grand intérêt en raison de la variété des faciès et des faunes qu'il renferme, ces faciès et ces faunes sont inconnus ou mal connus par ailleurs dans le Jura. La médiocrité des conditions d'affleurement et l'hétérogénéité des différents niveaux laissent supposer un mélange récent, peut être d'âge glaciaire. Une étude plus approfondie serait nécessaire avec prélèvements massifs du niveau 5, étude palynologique, nouveau décapage et observation des relations existant entre les différents faciès et entre l'affleurement et le substratum barrémien ou la formation encaissante, invisible actuellement.

DIVISIONS CARTOGRAPHIQUES

L'Oligocène

A défaut d'éléments précis de datation, la majeure partie des affleurements reconnus a été cartographiée comme Oligocène indifférencié sous le symbole g.

L'affleurement de calcaires verts de l'Embouteilleux (voir p. 169) a été rapporté au Chattien, les marnes de la Périssode et de Mijoux sont attribuées au Stampien. Ces niveaux ont été cartographiés sous le symbole g2.

Le Miocène

Tous les affleurements de Miocène marin ont été cartographiés sous le symbole m.

CONCLUSIONS

Les dépôts tertiaires sont variés dans leur extension, leurs gisements, leurs faciès et leur âge.

Les marnes brunes à granules d'oxyde de fer (voir p. 53) semblent remanier du Sidérolithique, elles peuvent dater de l'Eocène ou de l'Oligocène.

Les conglomérats attribués à l'Oligocène sont le résultat d'une altération continentale pédogénétique (voir p. 56).

Le Chattien est daté par R.C. MICHEL (1955) sur la route de Mijoux à la Faucille par les Ostracodes non marins (voir p. 57) les faciès calcaires accompagnant cette formation se retrouvent à l'Embouteilleux (voir p.169).

Le Stampien saumâtre a été reconnu près de Mijoux, dans la vallée de la Valserine.

Les dépôts molassiques de la Combe d'Evuz sont datés du Burdigalien (voir p. 61), ceux de La Balie, du Vindobonien (voir p. 59).

L'affleurement Sud des Clavières, de par sa nature et son contenu paléontologique nécessite un complément d'étude afin de résoudre les problèmes de datation et de paléogéographie qu'il suscite.

L'Oligocène est donc caractérisé par un milieu non marin, saumâtre ou continental, lié à des mouvements tectoniques (voir p. 153).

La mer molassique burdigalo-vindobonienne transgresse un pays plissé mais ne couvre pas le sommet des anticlinaux, seuls les synclinaux crétacés et leur bordure de Jurassique terminal sont recouverts (voir p. 153).

Le Miocène est en accordance sur le fond plat des synclinaux mais discordant sur les flancs.

Le Miocène supérieur continental ou d'eau douce (voir p. 62) se dépose sur un pays dont le relief est déjà bien érodé, dans des "poches" (d'origine peut-être karstique) du Crétacé.

LE QUATERNAIRE

GLACIAIRE ANCIEN

Les éléments alpins, dont la présence serait liée à des incursions du glacier rhodanien par les cols des Monts-Jura à l'époque rissienne, sont très rares. Nous n'en avons pas rencontré dans le secteur cartographié. D. AUBERT (1965) signale un bloc erratique d'origine alpine à la Combe Sambine; pour cet auteur, l'essentiel de l'alimentation de la calotte glaciaire du Haut-Jura au Riss est d'origine locale, le glacier alpin n'alimentant que deux langues latérales, à St Cergue et à la Faucille, d'où la rareté du matériel alpin.

GLACIAIRE RECENT

Une grande partie du secteur étudié comporte des dépôts morainiques, les synclinaux et les combes anticlinales sont sur de grandes surfaces "empâtés" par des formations d'argiles et d'argiles à blocs.

Les zones anticlinales en relief montrent très peu de dépôts morainiques.

Ces formations sont le plus souvent monotones, non triées, et non stratifiées.

Affleurement de moraine du confluent Blénière-Bienne

- Situation :

Commune de St-Claude, à faible distance de la Bienne, la Blénière a tranché la moraine sur une épaisseur de 5 m environ

x = 871,60 ; y = 163,18.

- Description :

L'arrachement montre sur 5 m d'épaisseur une argile très sableuse à blocs de taille inférieure à 0,20 m. Les éléments sont assez arrondis, les matériaux d'origine crétacée prédominent et notamment du "Valanginien". Nous avons identifié des blocs de Portlandien, Kimméridgien supérieur, "Argovien", les éléments d'origine miocène sont représentés par des blocs de grès glauconieux. On rencontre également des silex noirs identiques à ceux connus dans la molasse miocène, l'origine primaire étant peut-être le Crétacé supérieur; des silex jaunes lités et des boules de quartz sont probablement issus de l'Hauterivien inférieur (voir p. 49).

Cette moraine polygénique ne renferme cependant que des éléments d'origine locale très peu altérés.

Affleurement de moraine de La Serra - Combe du Lac

- Situation :

Commune de Lamoura, le long du CD 25 face aux remontées mécaniques de La Serra

$x = 881,20$; $y = 163,44$.

- Description :

Le talus Nord-Ouest du CD 25 montre sur 6 à 7 mètres d'épaisseur des dépôts morainiques plus riches en argiles que ceux de la Blénière, la matrice est plus abondante et moins sableuse. Les éléments sont d'autant plus arrondis que leur dimension est grande (du millimètre au mètre).

On distingue quelques blocs de calcaire argileux "argovien", de nombreux blocs de calcaire sublithographique gris du Kimméridgien inférieur et de l'Oxfordien supérieur, des calcaires dolomitiques à flammes rousses du Portlandien.

Les calcaires bioclastiques du Crétacé inférieur sont bien représentés et en particulier ceux du Barrémien supérieur clair. Des éléments de calcaires détritiques verts très riches en glauconie sont rapportables soit au Miocène soit au Crétacé supérieur.

Affleurements de l'Embouteilleux

- Situation :

Commune de La Pesse, vallon de l'Embouteilleux.

- Description :

On note dans ce secteur la présence de marnes vertes et d'argiles à blocs (voir p. 169) les marnes vertes étant en relation directe avec de la tourbe, nous leur attribuons une origine post-glaciaire.

Cartographie

Les formations glaciaires ont été cartographiées sous le symbole G.

FLUVIOGLACIAIRE

Les basses vallées de l'Abfme, du Tacon et du Flumen comportent des formations gravelo-sableuses ayant pour origine un remaniement sous régime torrentiel des moraines würmiennes.

Les dépôts fluvioglaciaires de la rue de la Glacière (St-Claude)

Cette formation mal triée montre des éléments hétérométriques grossièrement lités à stratifications obliques, l'alimentation de cette terrasse épaisse d'au moins 20 mètres a dû se faire depuis la vallée de l'Abfme, le Crêt Pourri et la vallée de la Bienne.

Le cône fluvioglaciaire de l'Essard (fig. 27)

- Situation :

Commune de Villard-St-Sauveur, affleurements dans les ballastières situées de part et d'autre de la RN 436 entre les hameaux de l'Essard et de Montbrillant

$x = 872,54$; $y = 158,18$.

- Historique :

J. TRICART, J.M. AVENARD, C. POGGI, J. STEIB et F. LE BOURDIEC (1961).

- Description :

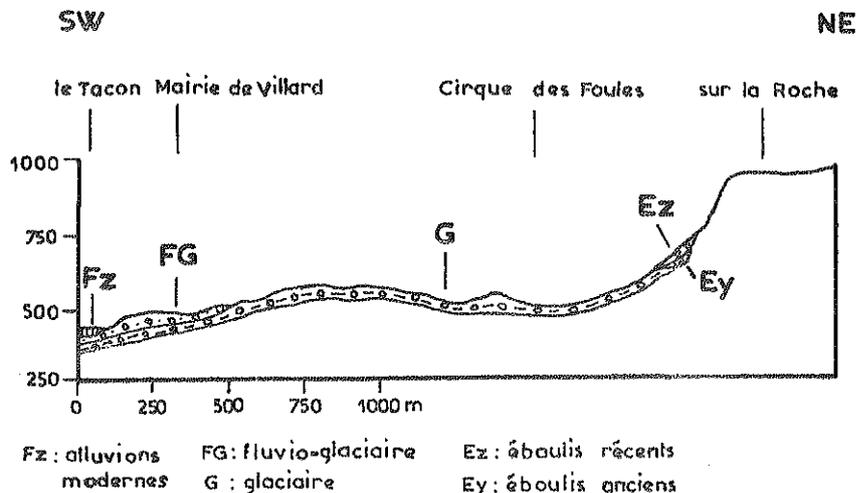
Dépôts sablo-graveleux montrant une stratification grossière, les éléments sont hétérométriques.

TRICART et AL. (1961) notent un mélange de galets issus des moraines et de matériaux périglaciaires originaires des versants des gorges du Flumen. L'alimentation s'est donc faite depuis les vallées du Tacon et du Flumen. Les arrivées de matériaux, sporadiques et d'origine variable conduisent à une sédimentation avec stratifications obliques et lentilles.

Cartographie

Les formations fluvioglaciaires ont été cartographiées sous le symbole FG.

Fig. 27 : COUPE DES FORMATIONS QUATERNAIRES DE L'ESSARD



ALLUVIONS ANCIENNES

Au Sud de la Ferme de la Pelaisse (communes de St-Claude et de Longchaumois), on rencontre à la faveur d'excavations ($x = 875,54$; $y = 165,40$) des alluvions anciennes (Fy) stratifiées, peu argileuses à éléments centimétriques roulés, non triés de Jurassique.

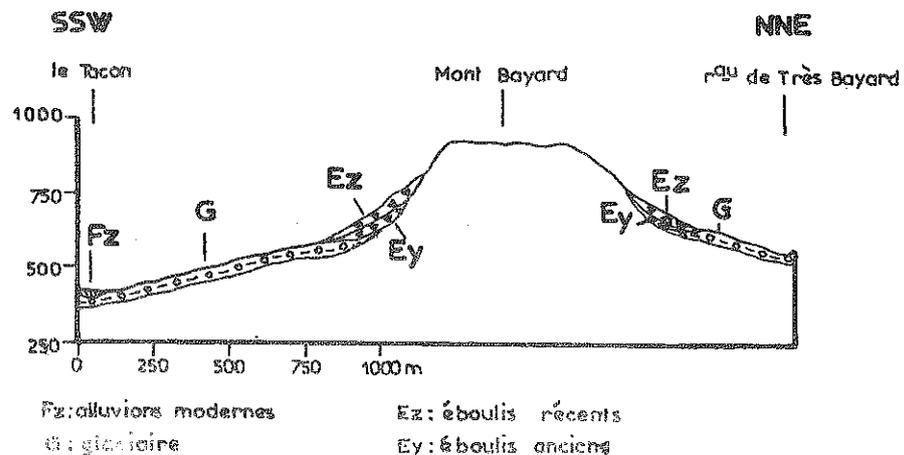
Dans la dépression de Servagna (commune de Longchaumois) ($x = 875,78$; $y = 166,18$) des formations sablo-graveleuses sont exploitées en ballastières.

Actuellement, aucun cours d'eau ne traverse ce secteur.

ÉBOULIS ANCIENS "GROISE"

Les dépôts résultant des cycles de gel et dégel en climat péri-glaciaire sont assez courants au pied des falaises de Jurassique supérieur comme au Mont-Bayard ($x = 871,85$; $y = 160,28$, fig. 28) dans le défilé de Boulème (commune de Bellecombe, $x = 875,60$; $y = 153,83$) à La Cernaïse (commune des Molunes, $x = 874,00$; $y = 155,90$).

Fig. 28 : COUPE DES FORMATIONS QUATERNAIRES DU MONT-BAYARD



Ce sont en général des dépôts calibrés ayant une pente assez forte, les éléments sont anguleux et issus des falaises sus-jacentes, la matrice jaune est argileuse et peu abondante. La stratification oblique est soulignée par des hétérogénéités de dépôts : zones plus argileuses ou plus calcaires. Les éléments sont centimétriques à décimétriques.

La "groise" a été cartographiée sous le symbole : Ey

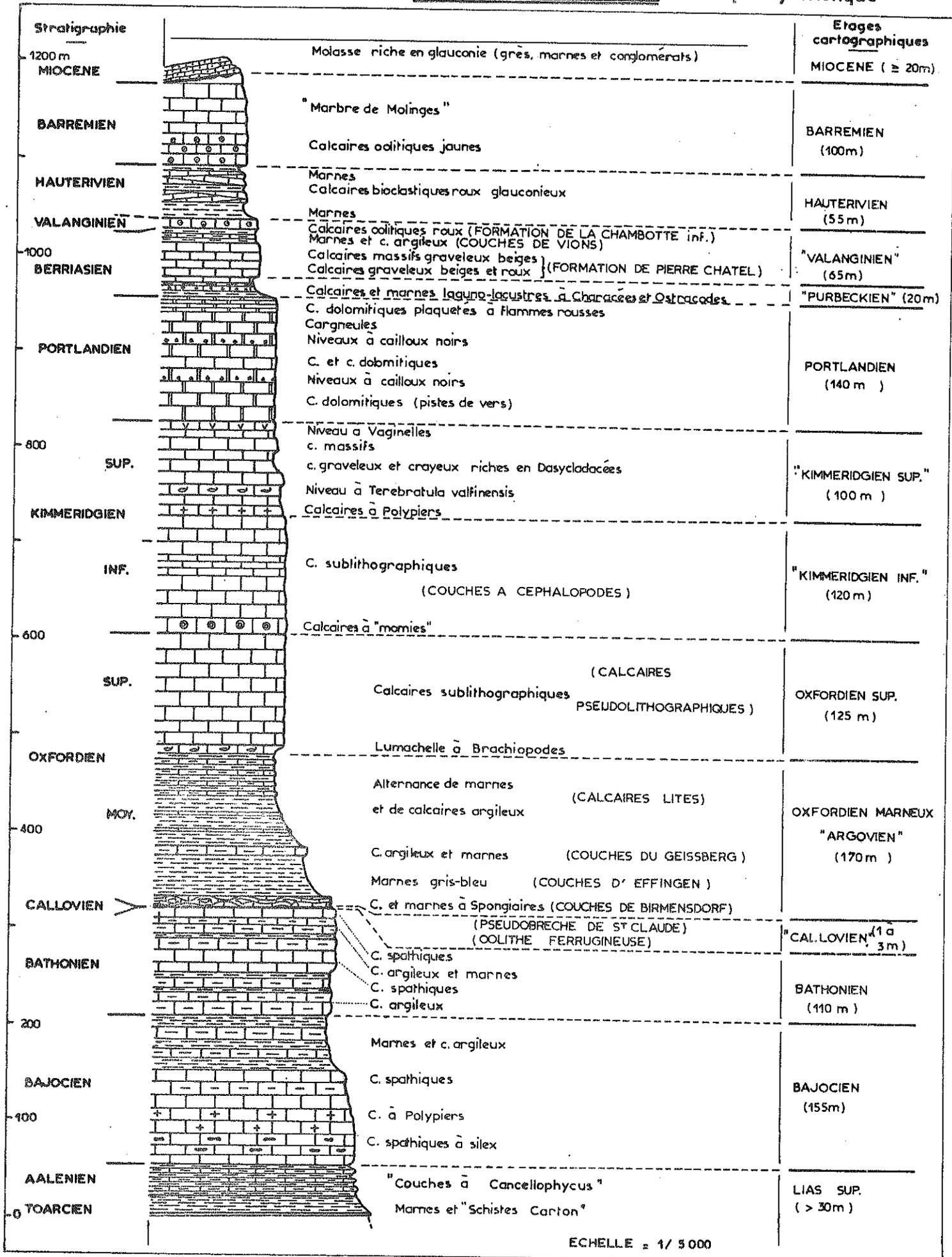
ALLUVIONS MODERNES

La plupart des cours d'eau étant des torrents, les alluvions sont très peu abondantes, les rivières principales comme la Bienne, le Tacon, le Flumen possèdent des alluvions essentiellement constituées de galets provenant du remaniement des moraines. On note également la présence de blocs décimétriques à métriques.

Fig. 29 : REGION

DE ST-CLAUDE, LA PESSE

SERIE STRATIGRAPHIQUE : Coupe synthétique



ECHELLE = 1/5000

TOURBIERES

Sur les formations peu perméables comme l'"Argovien" ou le Glaciaire se sont établies des tourbières dont certaines sont encore actives (voir l'étude du site de l'Embouteilleux, p. 171).

Symbole utilisé = t.

Les tourbières de la région de La Pesse sont encore exploitées pour le combustible.

ÉBOULIS RECENTS

Le pied des falaises calcaires est souvent masqué par un talus d'éboulis constitué de fragments anguleux de calcaire mal triés, mal calibrés, issus du démantèlement progressif des reliefs. Un certain nombre de contacts anormaux se trouvent masqués par ces éboulis (Pain de Sucre, Les Moulins).

Symbole utilisé = E.

GLISSEMENTS

Le long du CD 25 entre l'Evalide et le Belvédère de la Cernaïse, on rencontre des "paquets" glissés, l'un est constitué de marnes versicolores attribuées à l'Oligocène, le second plus volumineux (200 à 300 m de long) est constitué de calcaires du Kimméridgien inférieur, une ferme est bâtie dessus.

CONCLUSIONS (fig. 29)

La série stratigraphique affleurant sur notre secteur a une puissance approchant les 1200 mètres (voir fig. 29).

Il s'agit d'un ensemble à dominante carbonatée constituée par une alternance de couches calcaires (Bajocien inférieur, Bathonien supérieur, Jurassique supérieur calcaire, Berriasien moyen, Valanginien inférieur, Hauterivien supérieur et Barrémien) et de couches plus argileuses (Lias supérieur, Bajocien supérieur, Bathonien inférieur, Oxfordien marneux ("Argovien"), Berriasien inférieur ("Purbeckien"), Berriasien supérieur, Hauterivien inférieur.

Sur cette série d'âge secondaire reposent des formations attribuées à l'Oligocène continental (conglomérats essentiellement), et au Miocène (molasse marine discordante sur le secondaire).

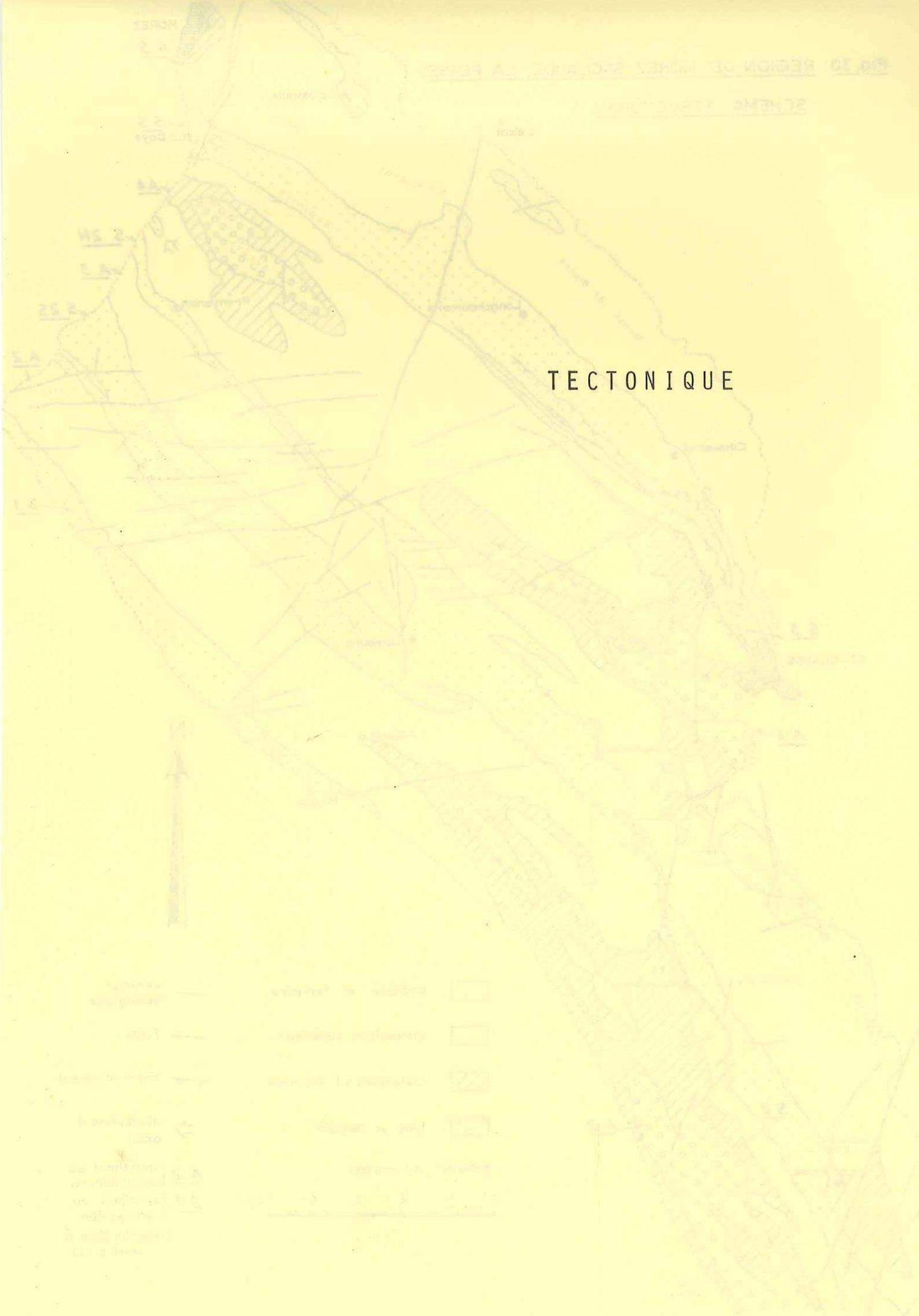
Les dépôts quaternaires sont essentiellement représentés par des formations morainiques würmiennes empâtant le coeur des synclinaux et par des cônes fluvioglaciaires occupant les basses vallées.

Pour la cartographie, le choix des subdivisions de la série a été guidé essentiellement par des critères lithologiques, et morphologiques l'emploi de niveaux repères tels que les a définis J. LEBRUN (1970) n'a pas été toujours possible et notamment sur les grandes zones anticlinales boisées où les affleurements sont trop dispersés pour permettre de suivre un niveau repère.



SCHEMA TECTONIQUE

TECTONIQUE



La région étudiée appartient au Jura Plissé ("Haute-Chaîne" ou "Faisceau Helvétique"), elle comporte une succession de plis anticlinaux et synclinaux dont la direction d'allongement varie du Nord au Sud entre N 50° E et N 25° E. L'ensemble de ces structures est affecté de décrochements dextres et senestres, la bordure occidentale des anticlinaux chevauche le plus souvent les synclinaux voisins.

LES PLIS

Du Sud-Est vers le Nord Ouest, on rencontre successivement (fig. 30) :

- Le *synclinal de la Valserine -S1-* ou Val Mijoux dont le flanc Est est chevauché par la masse anticlinale des Monts-Jura -A1- (La Faucille - Crêt de la Neige).

- L'*anticlinorium A2* (Massacre, Molunes, Bellecombe), comportant des replis anticlinaux à coeur de Jurassique moyen voire de Lias comme au Crêt au Merle. La voûte bathonienne du brachyanticlinal des Molunes s'ennoie au Sud sous le synclinal perché des Crottés constitué d'Oxfordien et de Kimméridgien inférieur, l'"Argovien" favorise la disharmonie entre Dogger et Jurassique supérieur calcaire. Le repli synclinal perché du Cernois Branchon a une direction N 40° E environ tandis que le pli s'aligne suivant un axe N 25° E à N 30° E ;

- Du Sud des Moussières à Lamoura l'*anticlinorium A2* chevauche le *synclinal de Septmoncel - La Pesse (S2)*, ce dernier est relayé à la hauteur de Lamoura par 2 unités (S2S : Jouvencelles - Combe du Lac et S2N : Prémanson - Chaux Berthod), séparées par le *repli anticlinal du Bois de Ban-Tresberruy (A3)*.

- L'*anticlinorium suivant -A4-* (les Arcets - Tressus - Cernois), à coeur liasique et jurassique moyen, chevauche à son tour le *synclinal crétacé de Longchaumois - St-Claude*. Au Sud de St-Claude, le chevauchement se prolonge au-delà des Bouchoux (J. LEBRUN, 1970).

- Au Nord-Ouest enfin, le pli *anticlinal de Morez (A5)* marque la limite de notre secteur d'étude. Dans la région des Monts-de-Bienne, au Nord de Longchaumois, nous avons mis en évidence un petit synclinal à coeur "haute-rivien" dans les replis qui affectent le Portlandien.

FAILLES ET LINEAMENTS

Les accidents affectant la région peuvent être séparés en 2 grandes catégories :

- les accidents chevauchants, parallèles à la structure, souvent complexes et que nous étudierons en détail plus loin.

- les failles subverticales décrochantes que l'on peut classer suivant 2 jeux selon leur orientation.

- . jeu décrochant dextre (direction moyenne N 95° E)

- . jeu décrochant sénestre (direction moyenne N 160° E).

LE JEU DECROCHANT DEXTRE

Il est bien développé dans la région de Prémanson, forêt du Massacre où il décale les bandes de Jurassique supérieur et de Crétacé inférieur suivant une direction moyenne N 95° E.

On en retrouve des éléments dans la forêt du Frénois, le synclinal de la Rapine et dans la combe de Tressus où les décrochements dextres affectent le Dogger.

LE JEU DECROCHANT SENESTRE

Les décrochements sénestres s'alignent suivant une direction moyenne N 160° E. Ce jeu prédomine dans la région de La Pesse ; on peut lui attribuer, outre de petits décrochements, des accidents importants comme ceux de Morez ou de Lézat.

Les accidents sénestres de la région de La Pesse

Ces décrochements n'affectent souvent que l'anticlinal A4 et le flanc occidental du synclinal crétacé de La Pesse (S2).

L'accident de Chaudezembre décale les structures selon les deux composantes horizontale et verticale (absence d'Argovien côté Est) à moins qu'il n'y ait eu une évolution structurale différente de part et d'autre de la faille.

L'accident de Chaumont - la Saffranrière

Voir p. 79 chevauchement de St-Claude.

L'accident de Lézat

Cette structure passe dans la zone d'abaissement axial de Chin-
ceval. L'amplitude du décalage est assez faible. Près de la Combe Sambine, l'accident de Lézat est recoupé par l'accident dextre du Haut-Crêt - Massacre, au Sud de la Combe Sambine, le tracé virtuel de l'accident de Lézat est coupé obliquement par une série de petits accidents sénestres de direction N 100° E à N 130° E.

- Remarque : Ce phénomène est observable en d'autres points de la Haute-Chaine (ex. : "accident de Molinges" à Pratz). L'accident de Lézat et les petits accidents obliques qui le relaient au Sud peuvent correspondre à l'expression dans la couverture d'une fracturation liée au jeu sénestre d'un accident affectant le socle anté-triasique.

L'accident de Morez

L'accident de Morez de direction moyenne : N 160° E met en contact des unités de style tectonique et de géométrie différents.

A Morez, le coeur anticlinal de Dogger du Bevet semble décalé de 500 m (décalage sénestre) par rapport à l'anticlinal de Bellefontaine, mais le synclinal de Longchaumois n'a pas d'équivalent dans le compartiment oriental, il en va de même des plis situés plus au Sud (Anticlinorium des Arcets, Synclinal de Prémanon, Anticlinal du Bois de Ban).

Au niveau des Tuffes et des Jouvencelles, l'accident de Morez passe à de petits décrochements sénestres discontinus, recoupés par des accidents dextres Est-Ouest.

Cette faille semble séparer deux domaines différents. Les plis ne se correspondent pas de part et d'autre (style et dimensions différents), l'équivalent du chevauchement du Risoux ne se retrouve pas à l'Ouest, pas plus d'ailleurs que l'important remplissage molassique décelé dans le synclinal du Val de Joux - les Rousses.

LES ABAISSEMENTS AXIAUX

GENERALITES

L'axe des plis conserve rarement son horizontalité. Des culminations (Molunes) ou des abaissements d'axe (l'Embouteilleux), n'affectant qu'un pli sont fréquents (voir fig. 30 et Annexes 1,2,6). Mais il existe aussi le

long de la vallée de Morez et dans la vallée du Flumen, des abaissements transverses à l'ensemble des structures (abaissements polyaxiaux).

ABAISSEMENT POLYAXIAL DE MOREZ

Cette dépression structurale n'affecte pas le synclinal de la Valserine ni l'anticlinal de Morez - Chinceval, en revanche, l'axe de l'anticlinal des Tuffes s'abaisse de 400 m, celui du synclinal des Jouvencelles de 150 m, celui de l'anticlinal du Bois de Ban de 250 m et celui du synclinal de Longchaumois de 250 m.

Les deux phénomènes (abaissement d'axes et accident de Morez) sont des effets dans la couverture d'une fracturation du socle sous-jacent.

ABAISSEMENT POLYAXIAL DU FLUMEN

L'anticlinorium de Lajoux - Les Molunes - Bellecombe n'est affecté que sur sa bordure chevauchante (voir Les Moulins, p. 89), l'axe du synclinal de Septmoncel - La Pesse s'abaisse de 350 m au N et 400 m au S, celui de l'anticlinal de Sur-les-Grès - Roche Blanche s'abaisse de 100 m au N et 400 m au S et celui du repli synclinal de La Rapine s'abaisse de 250 m au N et 250 m au S.

Les plis situés plus au Nord-Ouest sont également marqués par cette dépression structurale (anticlinal des Bouchoux, anticlinorium de Tressus-Chaumont, synclinal de Cinquétral - St-Claude - Lapérouse (voir p. 79)).

Le plan majeur du chevauchement des Moulins descend de 150 m au N et de 250 m au S.

Le plan de chevauchement de St-Claude s'abaisse de 560 m au N et de 240 m au S.

On remarquera que le plan de chevauchement des Moulins s'abaisse moins que l'axe du synclinal chevauché ce qui semble indiquer que l'abaissement d'axe est en partie antérieur au chevauchement et en partie synchrone ou postérieur au chevauchement (voir p. 90).

L'ANTICLINORIUM DES ARCETS (fig. 31)

INTRODUCTION

A l'Est de l'accident de Lézat, l'anticlinorium de Tressus - Chaumont comporte plusieurs replis dans le Malm, disséqués par l'érosion, nous appellerons cet ensemble anticlinorium des Arcets.

DESCRIPTION

D'Est en Ouest on distingue :

- le repli anticlinal de la Combe du Mont-Fier qui prolonge le pli de la Combe de Tressus, où affleure l'"Argovien" partiellement recouvert de Glaciaire et même le Callovo-Bathonien dans l'entaille de 3 petits ruisseaux,
- le synclinal perché du Mont Fier (Jurassique supérieur calcaire),
- le repli anticlinal de la Combe Berthod montrant un coeur de Jurassique moyen en harmonie avec le Jurassique supérieur de Ripaille,
- le synclinal perché du Rocher de Tiavy se trouve dans le prolongement structural du repli anticlinal de Dogger des Rivières,
- l'anticlinal des Champs-Lamy est étroit et fait la jonction avec le synclinal de Longchaumois.

La morphologie permet d'appréhender la structure de ce secteur.

La Combe Berthod et la Combe du Mont Fier s'individualisent entre les Crêts que constituent les flancs des synclinaux perchés de Jurassique supérieur et les falaises des Rochers de Pellas. En revanche, la Combe des Champs-Lamy montre une disharmonie très nette avec remontée des niveaux argoviens pincés entre les barres de Jurassique supérieur.

Le Jurassique moyen des Arcets fournit un bel exemple de mont dérivé (Bajocien inférieur) encadré par des combes latérales de Bajocien supérieur. Deux crêts bathoniens dont le petit crêt des Arcets dominant les combes latérales.

Nous n'avons pas mis en évidence, le long du sentier des Rivières aux Repentys, le redoublement de la série du Crêt des Arcets, prolongement occidental de l'accident du Risoux (H. BERGOUGNAN, 1969). La trop grande abondance de blocs éboulés de taille allant du centimètre au décimètre, l'absence de continuité d'affleurements ne nous a pas permis de lever une coupe stratigraphique précise et continue. En revanche, entre le chemin des Repentys à Morez et le mont dérivé de Jurassique moyen des Arcets, nous avons noté une continuité stratigraphique avec le Bajocien, le Bathonien, le Callovien (observé par R. LE PENNEC) et l'Oxfordien à faciès argovien, affleurant sur plus de 50 mètres d'épaisseur, en série verticale dans le lit de la Biennette ($x = 882,86$; $y = 171,63$). Th. RAVEN (1932) figure ces affleurements sur sa carte. La base de l'Argovien nous a livré des tours internes de *Perisphinctes* (*Perisphinctes*) cf. *densocostatus* ENAY et de *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) *elisabethae* DE RIAZ représentant la sous-zone à Parandieri (zone à Transversarium de l'Oxfordien moyen).

L'Argovien, même s'il est laminé, n'est pas absent au pied du Crêt des Arcets.

CONCLUSIONS

L'ensemble anticlinal des Arcets permet donc de noter une disharmonie entre les assez calmes calcaires du Jurassique supérieur et les niveaux incompetents de l'"Argovien" sous-jacent plus plissés. Le Jurassique moyen semble moins déformé. C'est un phénomène analogue à celui décrit par A. CAIRE (1959) dans le faisceau salinois, entre les niveaux liasiques et les dalles de Jurassique moyen.

LA ZONE DE RELAIS DE PLIS DE LAMOURA (Fig. 32)

INTRODUCTION

Dans la région de Lamoura les unités tectoniques subissent d'importantes modifications.

DESCRIPTION

- L'axe du synclinorium de la Combe du Lac - réduit à un seul pli - remonte dans le Bois du Gyps.
- Le synclinal de Septmoncel, qui le relaie, a de faibles pendages alors que les deux flancs de "La Combe du Lac" sont redressés.
- L'anticlinorium de Lajoux - Les Molunes - unité plus orientale - chevauche le synclinal de Septmoncel à l'Ouest de l'accident méridien de Tresberruy (voir p. 88 chevauchement des Moulins).
- A faible distance à l'Ouest de l'accident de Tresberruy, l'anticlinal coffré de Ban - Arobiers - Tresberruy s'ennoie par une terminaison periclinale brutale.

- Dans le secteur de Barnet, un petit repli cône représente l'équivalent de l'anticlinal de Tresberruy. Ce n'est plus qu'un repli de l'anticlinorium de Tressus - Chaumont. Ce repli s'élargit au Sud pour former l'anticlinal de Sur les Grès - Roche-Blanche - Sous la Joux.

- Le synclinal de la Combe Sambine - Les Eterpets présente une dépression axiale dans le secteur de La Chaux-Berthod.

CONCLUSION

Il s'agit donc d'une zone de transition, marquée par des relais de plis, des abaissments d'axe, des terminaisons periclinales et le départ d'un chevauchement. Cette disposition est à mettre en relation avec l'accident de Tresberruy qui est sans doute un accident profond qui a guidé l'abaissement d'axes et orienté la fracturation.

LE CHEVAUCHEMENT DE St-CLAUDE

INTRODUCTION

Entre Longchaumois et le Sud de la feuille de St-Claude, l'anticlinorium de Chaumont - Les Bouchoux chevauche le synclinal de Cinquétral - St-Claude.

Au Sud de St-Claude l'accident a été étudié par D. OBERT (1968) et J. LEBRUN (1970).

DESCRIPTION

(fig. 33,34, Annexe 3 - carte géologique au 1/100000^e).

Au Nord de la ville, les unités chevauchantes peuvent être subdivisées en 3 tronçons, en fonction des accidents transverses et de l'érosion :

- zone Nord, entre Longchaumois et le Moranti.
- zone Centrale, entre le Moranti et la Saffranière.
- zone Sud, au Sud de la Saffranière.

Zone Nord

Elle est peu entaillée par l'érosion (altitude voisine de 800 m); les accidents ont un tracé rectiligne.

La forêt du Frénois s'étale sur la grande dalle calcaire formant la voûte de l'anticlinorium de Tressus - Chaumont ; celle-ci se redresse vers l'Ouest au contact du Malm de l'unité du Pain de Sucre (accident P1). La combe de Sur-les-Roches-col de Vaucluse correspond à la remontée du matériel plastique argovien (fig. 34, coupes 1 et 2).

En Pissard, l'unité du Pain de Sucre chevauche une écaille posée sur le flanc inverse du synclinatorium crétacé (accident P3).

Le flanc normal du synclinatorium est affecté par plusieurs replis à flanc inverse totalement laminé, donnant à cette unité une allure isoclinale.

Le contact (P4) de Très-la-Roche - Madagascar est le seul accident qu'on puisse suivre jusqu'à St-Claude.

Zone centrale

Cette zone est disséquée par l'érosion. A l'Est, le coeur anticlinal de Tressus est affecté par le chevauchement intracutané de la Magnine (voir p. 83).

Entre le col de Vaucluse et le Pont du Diable, le Bathonien de la Grange Cattin chevauche l'unité du Pain de Sucre et la demi-fenêtre des Gorges de l'Abîme.

La demi-fenêtre de l'Abîme (fig. 34, coupe 3) est un regard sur un lambeau de poussée de Malm inverse, entraîné à la base de l'unité du Pain de Sucre. Elle est limitée au Sud par l'accident de la Saffranière - Chaumont, qui la met en contact avec le flanc normal du synclinal et l'écaille de Crétacé inverse du Pont du Diable - Château Miqui.

La demi-fenêtre a dû être partiellement refermée lors de mouvements tardifs.

L'unité Moranti d'En-Haut - Pain de Sucre représente le flanc occidental de l'anticlinorium de Tressus - Chaumont. Entre le Moranti d'En-Haut et la Saffranière, une série complète de Malm redressé, allant du Portlandien à l'Oxfordien supérieur calcaire, se biseaute contre le contact basal (P3), on rencontre du Nord vers le Sud des calcaires dolomitiques flammés (j9), des calcaires oolitiques et graveleux (j8), des calcaires sublithographiques à silex et à Oncholites (j7), les "Calcaires Pseudolithographiques" (j6).

La surface du contact basal (P3) s'abaisse de 250 m entre le Moranti et la Saffranière.

Le Crétacé du flanc normal synclinal est redoublé par les failles de Madagascar (P4) et des grands lacets de Cinqétral.

Zone Sud

Dans cette zone, l'anticlinorium de Tressus - Chaumont est encore plus érodé, la voûte anticlinale de Jurassique supérieur calcaire est entièrement dégagée, le flanc occidental (Mont-Bayard) n'est cependant pratiquement pas décapé (fig. 34, coupe 4).

En plan, les couches de Malm du Mont-Bayard décrivent un S, les pendages étant faibles au-dessus de Chaumont, verticaux à l'aplomb de l'Hopital de St-Claude et à nouveau faibles dans les falaises de la Grotte Ste Anne. Le Malm se biseaute contre le contact basal.

L'écaille Pont du Diable - Château Miqui constitue le flanc inverse du synclinal crétacé. Son contact basal observable derrière la scierie du Pont du Diable ($x = 872,33$; $y = 162,22$) et le long du chemin de Château-Miqui à la grotte Ste-Anne ($x = 871,59$; $y = 160,64$) est horizontal.

Le flanc normal synclinal, très empâté par les formations fluvioglaciales de St-Claude montre des pendages faibles et des replis.

Accident de la Saffranière

Cet accident transverse n'affecte que les unités situées à l'Est du contact basal du Pain de Sucre, il sépare deux compartiments ayant subi des évolutions structurales différentes.

En photographies aériennes, l'accident a un tracé qui s'incurve vers le Sud en direction de Chaumont, cependant, la présence de formations superficielles ne permet pas de préciser s'il se rattache à l'accident de Sur les Grès.

Sur son tracé visible, cet accident bien que strié horizontalement en 2 points (chemin de la Saffranière, $x = 872,26$; $y = 162,22$, Gorges de l'Abîme, $x = 872,36$; $y = 162,12$) (voir p. 95) met en contact l'unité chevauchante (Pain de Sucre) avec le flanc normal crétacé chevauché (La Saffranière).

Les stries attestent un mouvement tangentiel probablement plus récent que le mouvement vertical ayant induit l'encastrement du compartiment chevauchant dans le compartiment chevauché.

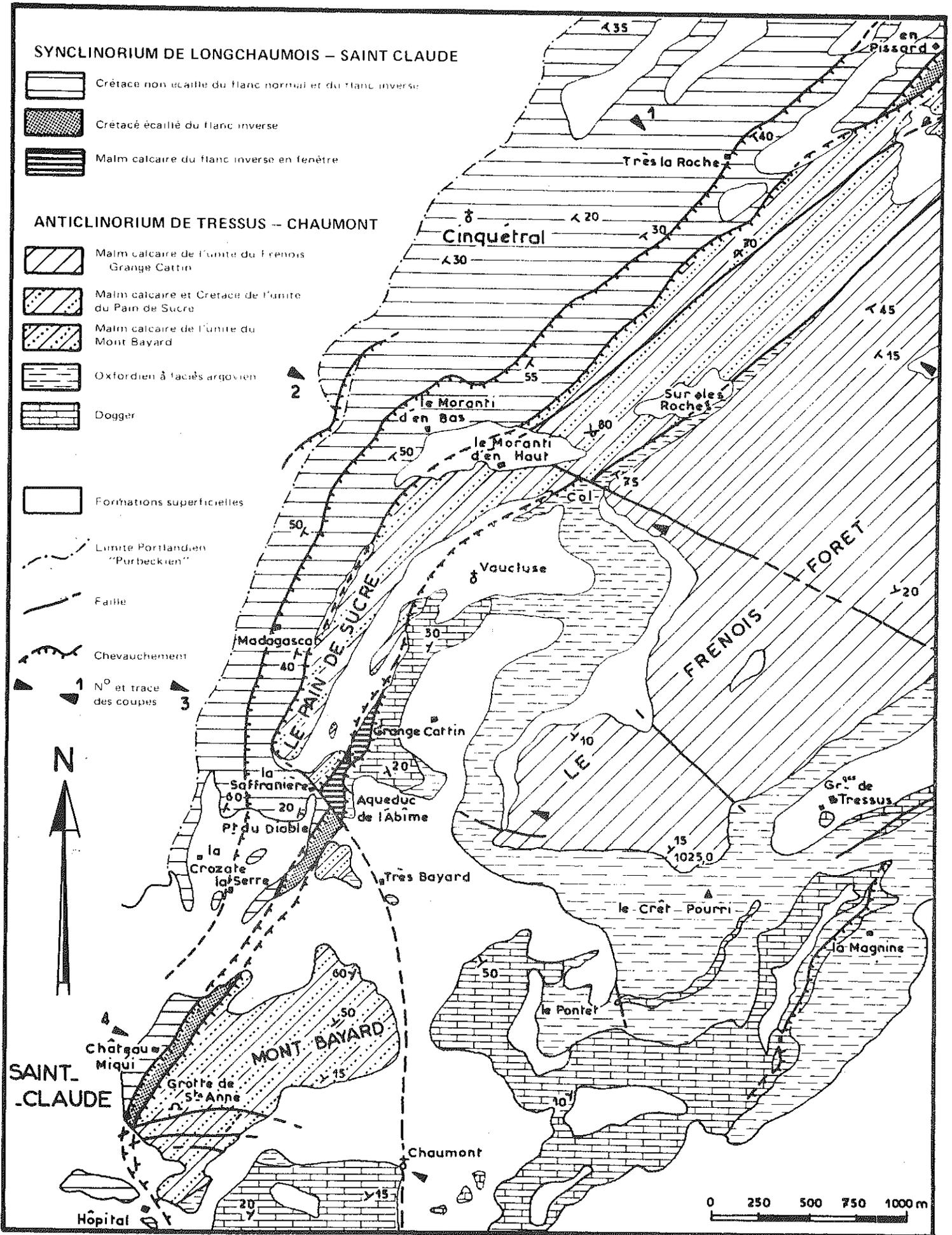
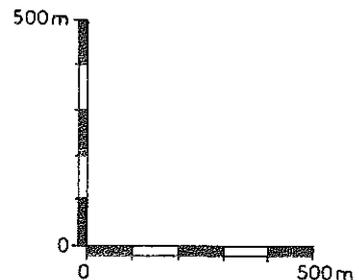
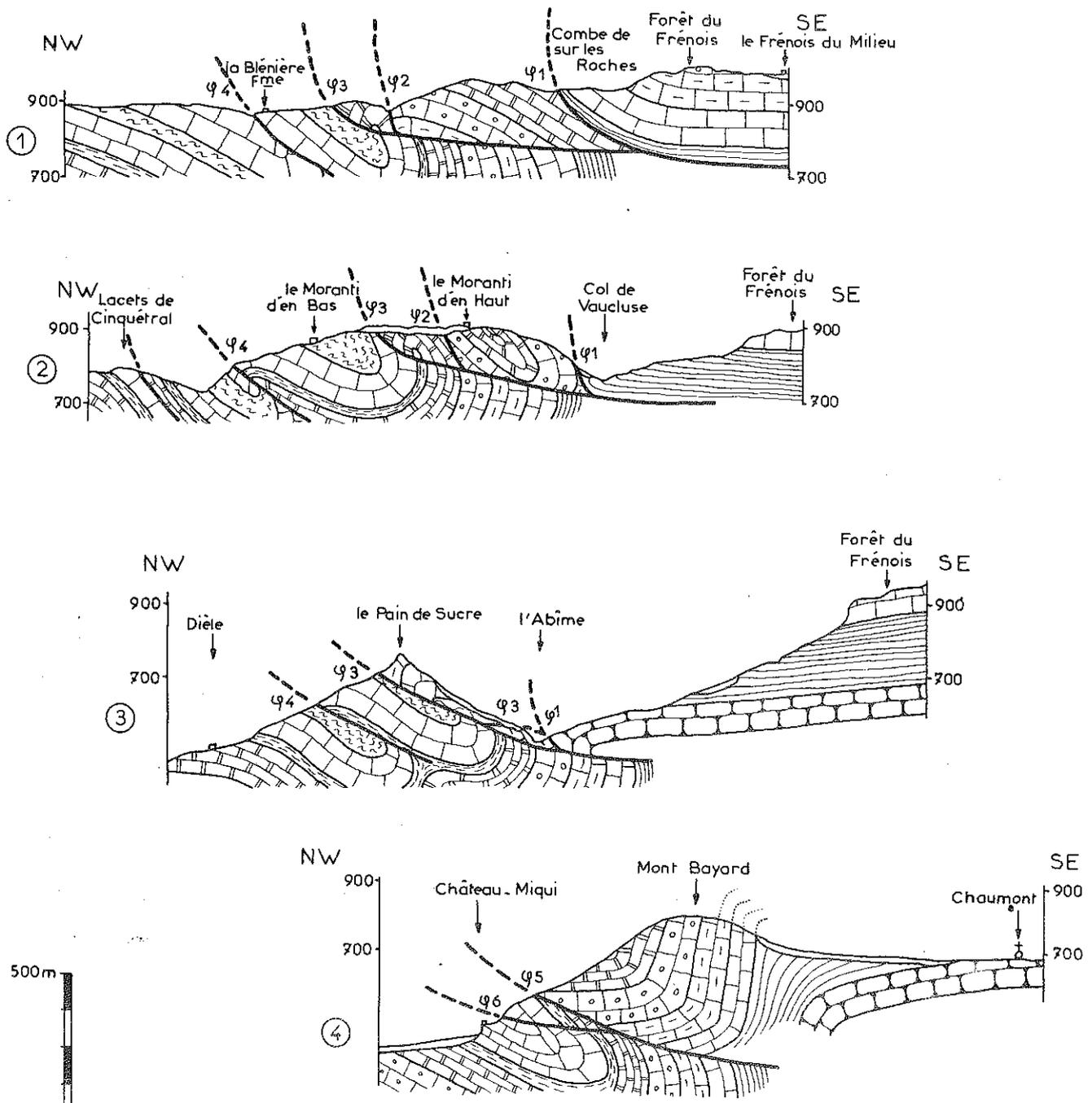


Fig. 33 : CHEVAUCHEMENT DE SAINT - CLAUDE : SCHEMA STRUCTURAL



ÉCHELLE

- φ1: Chevauchement de Sur les Roches - l'Abîme.
- φ2: Faille du Moranti d'en Haut.
- φ3: Chevauchement d'En Pissard - Pain de Sucre.
- φ4: Chevauchement de Très la Roche - Madagascar.
- φ5: Chevauchement du Pont du Diable - Mont Bayard.
- φ6: Chevauchement du Pont du Diable - Château Miqui.

LÉGENDE

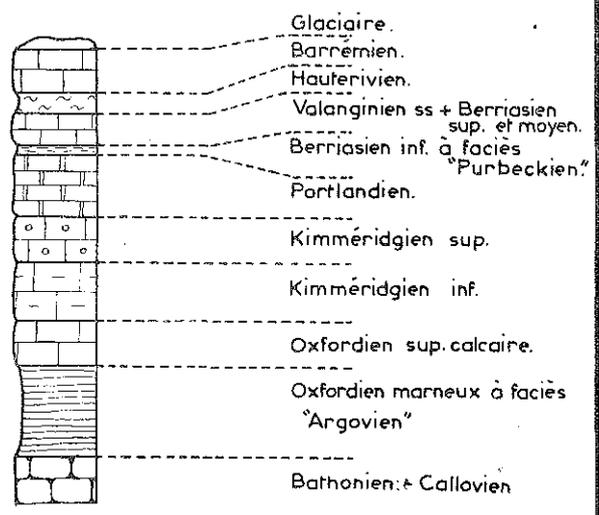
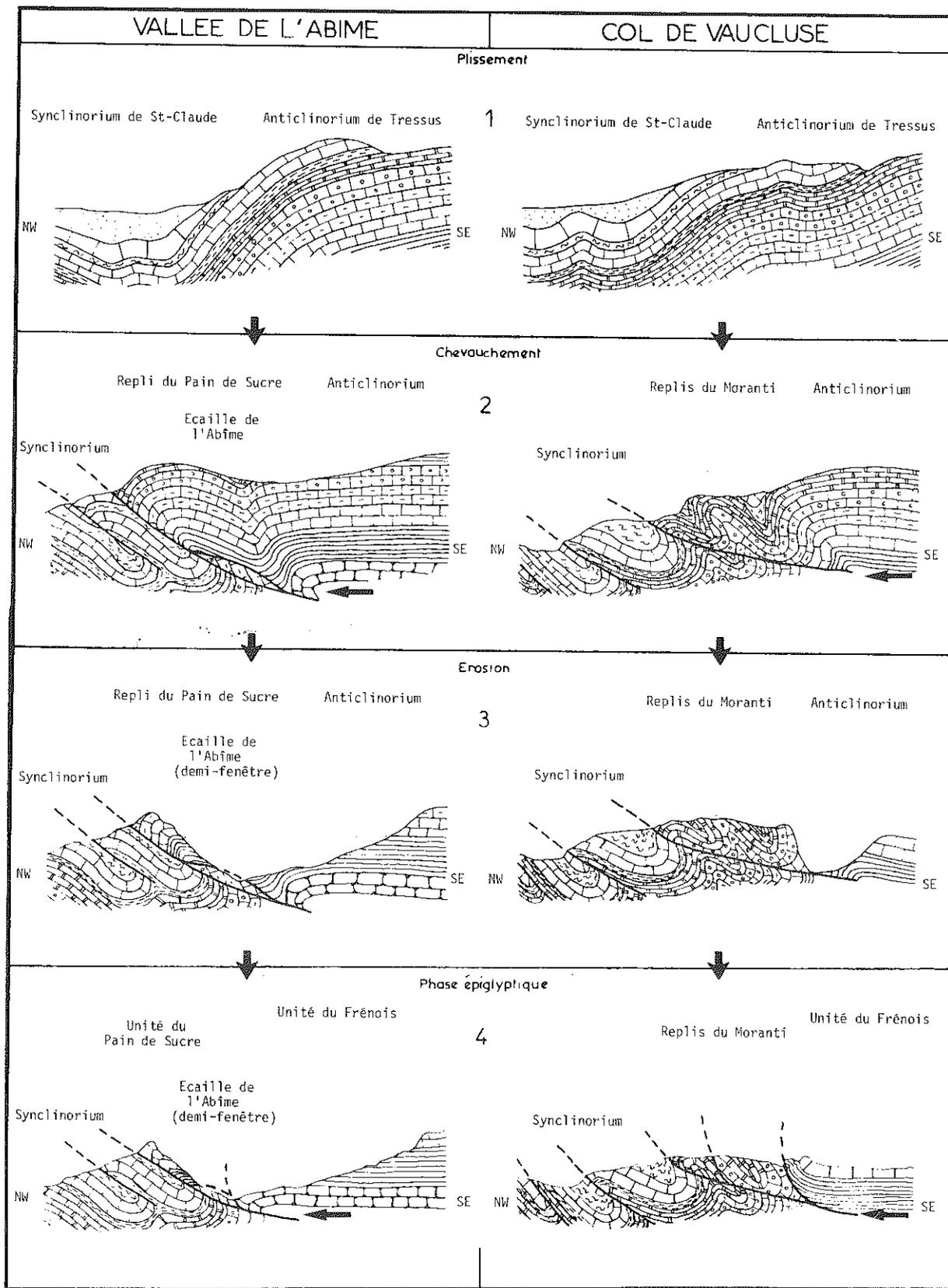


Fig. 34 : CHEVAUCHEMENT DE SAINT-CLAUDE : COUPES NW-SE



les figurés sont identiques à ceux de la fig. 34

Echelle (hauteurs et longueurs) 0 500m

Fig. 35 : CHEVAUCHEMENT DE SAINT-CLAUDE : EVOLUTION

INTERPRETATION (fig. 35) (voir p. 82)

L'allure des contacts et l'évolution propre des zones Sud, Centre et Nord semblent liées à l'"*abaissement axial des plis du Flumen*".

Dans la mesure où :

- la *demi-fenêtre de l'Abîme* constitue une écaille basale de l'*unité du Pain de Sucre*,
- l'*unité du Frénois - Grange Cattin* recouvre la demi-fenêtre,
- l'*unité du Frénois - Grange Cattin* chevauche l'*unité du Moranti d'En Haut - Pain de Sucre*,
- il existe une différence d'altitude et d'inclinaison importante du contact principal (P3) entre le col de Vaucluse et l'Abîme.

On peut conclure que la mise en place des unités s'est effectuée en plusieurs étapes.

1) Une première phase de serrage Oligocène à Miocène inférieur, plisse les grandes structures et s'accompagne d'une disharmonie entre Dogger et Malm, à la faveur de l'"*Argovien*".

2) Au Miocène supérieur l'anticlinorium chevauche le synclinorium et il se produit un écaillage basal.

Le Pain de Sucre alors encore relié à l'unité du Frénois, se met en place sur le Crétacé écaillé du synclinorium ; au Sud de l'accident de la Saffranière, le Mont Bayard avance beaucoup moins que son homologue septentrional (Pain de Sucre) sur le Crétacé.

3) L'érosion fini Miocène entaille le coeur anticlinal de Tressus et la région de Vaucluse - Grange Cattin, où elle ouvre une demi-fenêtre sur l'écaille basale de Jurassique.

4) Une phase de chevauchement épiglyptique (Miocène supérieur à Quaternaire ancien ?) amène le Bathonien de la Grange Cattin à refermer partiellement la demi-fenêtre de l'Abîme dans le secteur où l'érosion est maximum.

Au Col de Vaucluse, l'érosion a moins joué et le monoclin du Frénois vient buter contre le Pain de Sucre avec éjection de matériel plastique argovien.

Le chevauchement de la Magnine peut résulter de cette phase épiglyptique, s'il n'est pas le résultat d'une tectonique intracutanée liée à la disharmonie argovienne.

CONCLUSION

La datation des phases successives de serrage séparées par des périodes d'érosion est difficile sur le secteur du chevauchement. Elle a pu être tentée en tenant compte d'observations effectuées sur une plus vaste étendue, la Haute-Chaine en général, dans l'essai d'interprétation morphotectonique. (voir p. 151).

L'étude du chevauchement de St-Claude permet de noter, outre le polyphasage de la mise en place, l'importance des disharmonies ("*Argovien*") et de la tectonique cisailante. Elle met en relief le rôle des abaissements axiaux et celui des accidents transverses limitant des compartiments à évolution structurale autonome.

LE CHEVAUCHEMENT DES MOULINSINTRODUCTION

L'anticlinorium de Lajoux - Les Molunes - Bellecombe chevauche vers l'Ouest le synclinal de Septmoncel - La Pesse entre les Selmembergs (Commune : Lamoura, x = 878,11 ; y = 160,28) au Nord, et la Grande-Molune (Commune : Les Moussières, x = 872,73 ; y = 151,76).

DESCRIPTION

(fig. 37, 37bis et Annexe 4 : carte géologique et schéma structural 1/10000e)

Au Nord, l'amorce de l'accident se traduit par le chevauchement graduel du *synclinorium de la Combe du Lac* sur le synclinal qui le relaie au Sud (*synclinal de Septmoncel - La Pesse*), progressivement, le biseutage des terrains chevauchants fait apparaître le Jurassique supérieur de l'anticlinorium en contact avec le Crétacé du synclinal de Septmoncel.

On distingue dans ce grand chevauchement différentes unités en fonction de leur position structurale.

Flanc normal anticlinal

Entre Lamoura et la Chenevière, la série du flanc normal anticlinal se biseaute contre l'accident cisailant depuis le Barrémien jusqu'au Kimméridgien inférieur.

Entre la Chenevière et l'Evalide, le Kimméridgien inférieur affleure en continu lelong du contact.

Entre l'Evalide et la Séchère, le contact anormal est affecté par l'abaissement axial du Flumen ; de fait, l'Oxfordien supérieur affleure contre le chevauchement. Puis, la série se biseaute jusqu'aux Moussières (Oxfordien supérieur, Kimméridgien).

En face de la colonie de vacances de la Cernaïse (CD 25, x = 874,06 ; y = 155,90) dans la carrière de groïse, le Kimméridgien inférieur montre un repli en champignon (fig. 36).

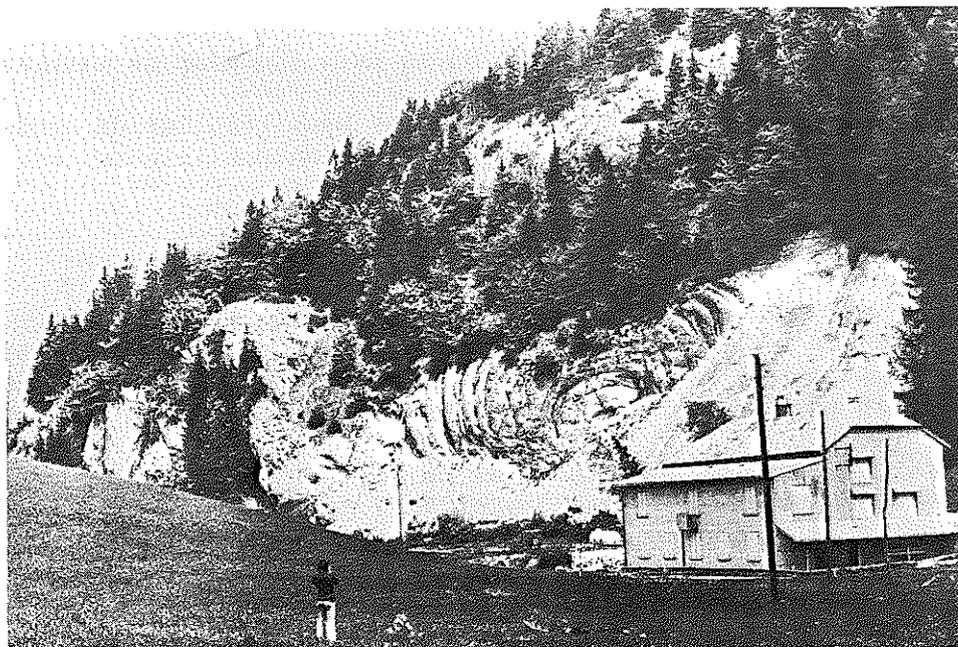


Fig. 36 : CHEVAUCHEMENT DES MOULINS : PLI DE LA CERNAÏSE

Ce pli est situé à proximité du front de chevauchement. Il correspond à une réaction de disharmonie entre le Kimméridgien inférieur peu compétent et les bancs compétents non replissés du Kimméridgien supérieur qui surmontent la carrière (bancs des grottes de la Cernaise).

Au Sud des Moussières, le flanc normal anticlinal se complète jusqu'à passer sans discontinuité apparente au synclinal crétacé au-delà de la Grande Molune.

Lambeaux de Malm du flanc inverse anticlinal (fig. 37)

Entre l'Evalide et Chayères, l'érosion a mis à jour des formations faiblement inclinées du flanc inverse.

- Falaise de la grotte des Moulins (x = 874,69 ; y = 156,46)

A l'aplomb du carrefour de la route de la Recula, de mauvais affleurements d'"Argovien" sont visibles dans le thalweg surmontant la falaise de Kimméridgien inférieur inverse des Moulins.

Le pendage du flanc inverse est inférieur à 10° vers le SE. Ce lambeau est vraisemblablement chevauché par le flanc normal, l'Oxfordien supérieur étant peu épais.

- lame portlandienne sous le Belvédère de la Cernaise

(x = 874,25 ; y = 156,26).

Le Kimméridgien supérieur du flanc normal (bancs des grottes de la Cernaise) chevauche une lame subhorizontale et inverse (polarité indiquée par des laminites) de calcaires dolomitiques du Portlandien supérieur. Cette unité est recouverte partiellement, vers le Nord, par le lambeau de flanc inverse de la falaise de la Grotte des Moulins.

- Unité inverse des Moussières (x = 873,60 ; y = 153,74)

L'Oxfordien supérieur du flanc normal recouvre le Kimméridgien supérieur et le Portlandien à laminites. Le contact anormal a un pendage assez fort à ce niveau, il est décroché par de petites failles qui affectent le flanc normal et le Crétacé situé en avant du chevauchement.

Lambeaux de Crétacé du flanc inverse synclinal

A la différence des lames peu inclinées de Jurassique supérieur, les fragments de Crétacé montrent parfois un pendage inverse excédant 40° vers le SE.

- Ecaille de la Lurette (x = 876,84 ; y = 159,02)

Le flanc normal anticlinal repose sur une lame de "Valanginien" de 0,20 m d'épaisseur, recouvrant un conglomérat à silex du Miocène (voir p. 59).

Le flanc inverse du synclinal est donc réduit ici à ce petit affleurement.

La phase de chevauchement est donc postérieure au Burdigalo - Vindobonien.

- Ecaille entre l'Evalide et le belvédère de la Cernaise

(x = 874,22 ; y = 156,25)

Les formations subhorizontales du Kimméridgien inférieur (flanc normal) recouvrent par un contact anormal plat, de haut en bas (voir p. 44) :

- 0,07 m de marnes vertes du Berriasien inférieur "Purbeckien"
 - 2,00 m de calcaire graveleux du Berriasien supérieur
 - 3,00 m de calcaire bioclastique glauconieux de l'Hauterivien
- Ces formations sont subhorizontales.

FIG. 37 : CHEVAUCHEMENT DES MOULINS - SCHEMA STRUCTURAL

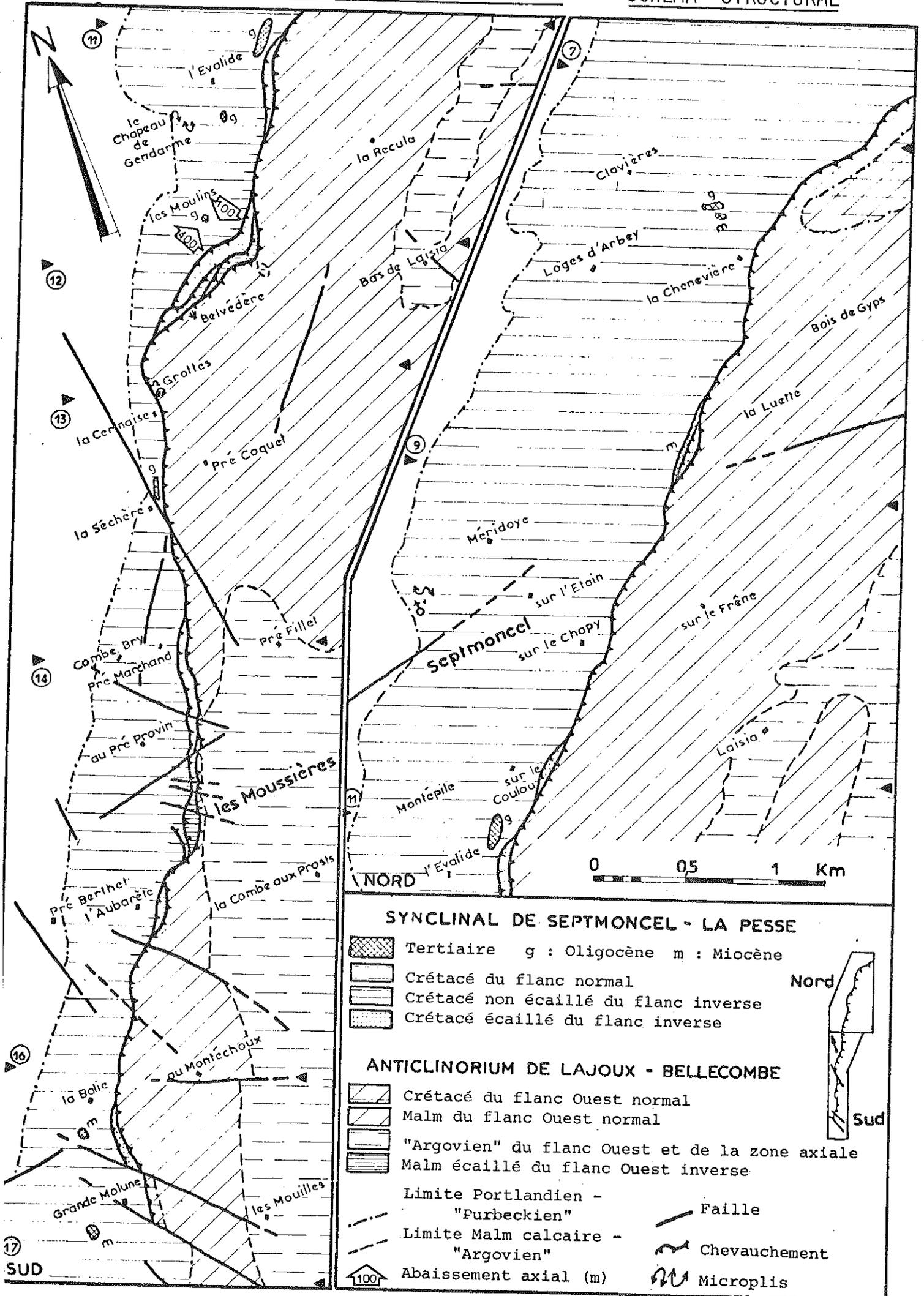
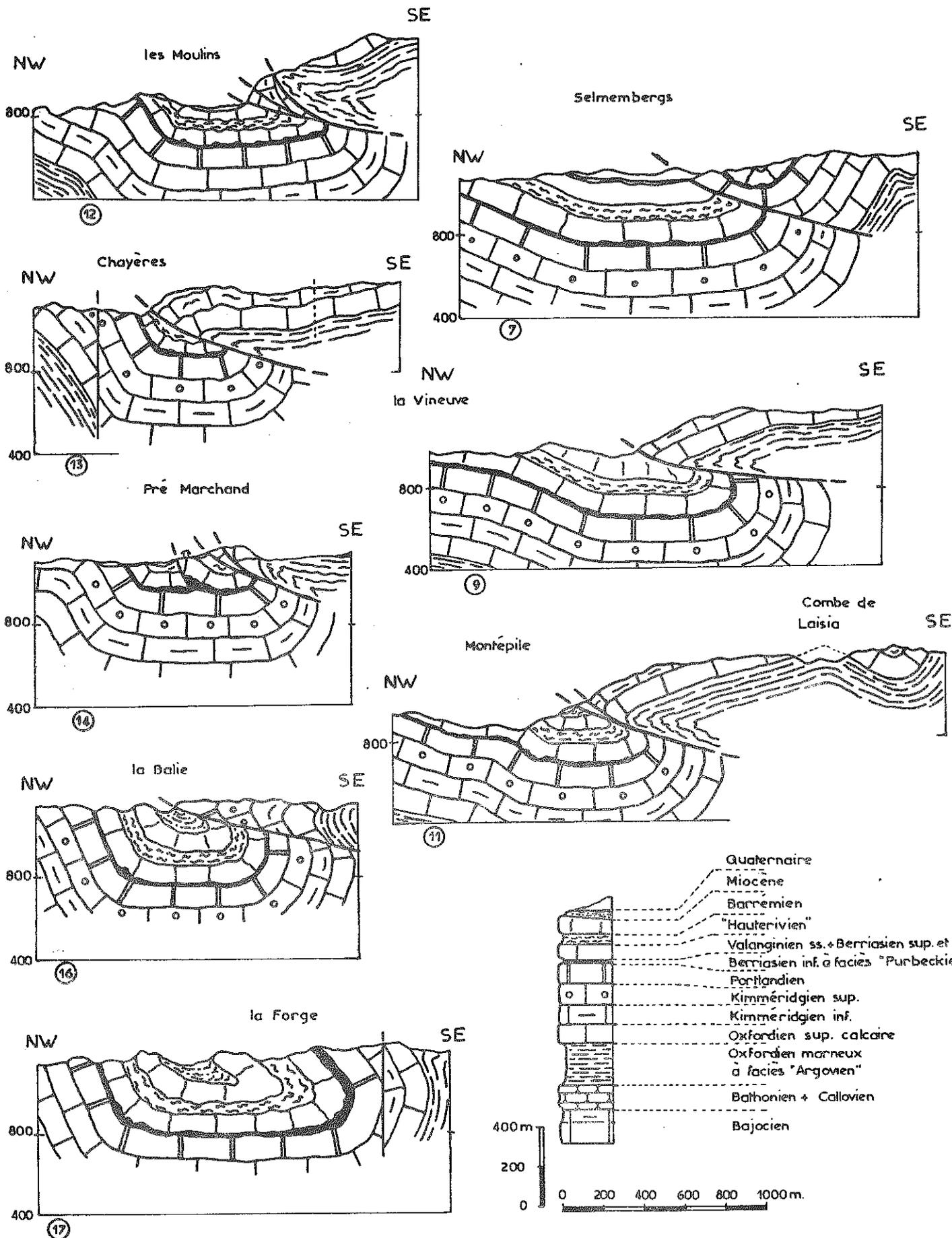


FIG. 37 bis : CHEVAUCHEMENT DES MOULINS -

COUPES NW-SE



- *Écaille de Crétacé des Moulins de Montépile* (x = 874,75 ; y = 156,50)

Sous le flanc normal, la falaise de la grotte des Moulins et la lame de Portlandien du Belvédère de la Cernaise, le Crétacé inférieur du flanc inverse affleure.

A l'aplomb du Belvédère de la Cernaise, la lame de Portlandien repose sur du Crétacé inférieur vertical (Berriasien inférieur et moyen).

Ces formations crétacées sont affectées par 3 décrochements sénestres qui ne se retrouvent pas dans la lame de Portlandien.

- *Écaille de Crétacé du Pré-Marchand* (x = 873,76 ; y = 154,56)

L'Oxfordien supérieur du flanc normal anticlinal chevauche l'écaille du Pré-Marchand. L'accident est ici assez redressé. Le flanc normal anticlinal, l'écaille et le Crétacé situé à l'avant sont décrochés par l'accident sénestre de Combe Bry.

Au Sud-Est du Pré Provin, l'écaille du Pré-Marchand bute, par l'intermédiaire d'un accident dextre, contre une écaille inverse de Jurassique. Au Sud du décrochement, l'écaille de Crétacé n'est plus visible.

- *Écaille de Crétacé du secteur La Balie - Grande Molune*

(x = 872,68 ; y = 152,07)

Le chevauchement se termine par un écaillage du Crétacé encore vertical du flanc oriental du synclinal.

Crétacé non écaillé du flanc inverse synclinal

Si dans sa plus grande longueur, le chevauchement masque le flanc inverse du synclinal, on peut cependant observer le flanc inverse en quelques affleurements : en avant des écailles du Pré Marchand - Les Moussières, où l'épaisseur des formations crétacées est réduite du fait d'un étirement, au Sud des Moussières, où l'on reconnaît le Barrémien du flanc inverse près du chalet de l'Aubarète.

Flanc normal synclinal

Entre l'extrémité nord du chevauchement (Selmembersgs) et le Pré Marchand et entre l'Aubarète et la Grande Molune, les formations chevauchantes (anticlinal et écailles) sont en contact avec le flanc occidental normal du synclinal de Septmoncel - La Pesse.

Au Nord de la Cernaise, sur le sentier des Moulins l'Hauterivien est très laminé, son épaisseur est réduite à 2 mètres.

RELATIONS CHEVAUCHEMENT - DECROCHEMENTS

L'accident de Tresberruy

L'accident dextre méridien de Tresberruy n'affecte que le synclinal chevauché de Septmoncel et le flanc occidental du synclinal chevauchant de la Combe du Lac - Bois du Gyps. La faille limite le chevauchement visible vers l'Est. L'anticlinorium n'est pas affecté. Cet accident, qui guide le départ du chevauchement, paraît antérieur ou contemporain de la phase chevauchante.

Les accidents du Belvédère de la Cernaise

Les accidents sénestres sous le Belvédère de la Cernaise ne décrochent que le flanc inverse synclinal, ils n'affectent ni la lame inverse de Portlandien, ni le flanc inverse de l'anticlinorium. Ils semblent synchrones du serrage ayant provoqué le chevauchement car ils ne sont visibles que sur l'unité la plus comprimée (flanc inverse synclinal).

L'accident Sur les Grès - Roche Blanche

Cet accident ne décroche pas le contact principal, mais lui fait simplement subir une torsion sénestre près de la Séchère indiquant, soit un synchronisme des deux déformations soit un effet peu marqué de décrochement postérieur au chevauchement.

Les décrochements des Moussières

Au Sud du Pré Provin, un accident dextre décale une écaille de Jurassique et limite vers le Sud une écaille de flanc inverse crétacé. Cette disposition induit pour le décrochement un jeu synchrone ou postérieur au chevauchement.

Entre les Moussières et le Pré Provin, de petits accidents sénestres décrochent le Crétacé des flancs normal et inverse du synclinal, le Malm de l'écaille de flanc inverse et le flanc normal de l'anticlinorium.

Ces failles qui recoupent toutes les unités et tous les contacts chevauchants sont synchrones ou postérieures à la mise en place du chevauchement.

Les décrochements de la Grande Molune

Ces failles décrochent surtout les unités chevauchantes (flanc occidental de l'anticlinorium et écailles crétacées), elles sont cependant repérables en photographies aériennes dans le flanc normal synclinal à l'avant du chevauchement. Ce sont des accidents synchrones du chevauchement qui ont permis l'avancée des unités allochtones sur le Crétacé.

Remarque

La présence de replis disharmoniques dans l'Hauterivien près de la Forge ($x = 872,48$; $y = 151,26$) et de microfailles cisailantes horizontales (voir p. 98) dans la petite carrière d'Oxfordien supérieur calcaire, le long du CD 25 à l'Anquerne ($x = 872,58$; $y = 150,44$) sont peut être les indices d'un chevauchement au Sud de la Grande Molune. Toutefois, le contact anormal ne peut pas être mis en évidence en raison de l'abondance des formations superficielles.

On peut également admettre l'hypothèse d'un chevauchement dont le contact n'apparaît pas en surface, mais dont le mouvement aurait été absorbé par un décollement et une disharmonie dans les couches incompetentes du Crétacé ("Purbeckien" et "Hauterivien inférieur") maintenant ainsi une continuité stratigraphique des affleurements de surface. Ce phénomène est comparable à celui décrit aux Planches-en-Montagne par J. BULLE, J. MARTIN, M. ROLLET (1969).

INFLUENCE DES ABAISSEMENTS AXIAUX SUR LE CONTACT MAJEUR

Déformation des axes et du plan de chevauchement

On peut comparer grâce à la carte structurale (Annexe 6) l'ampleur des abaissements axiaux de la région des Moulins et parallèlement la variation d'altitude du plan de chevauchement (fig. 38), l'unité la plus affectée par ce phénomène est le synclinal de Septmoncel - La Pesse (350 et 400 m). Le flanc Ouest de l'anticlinorium des Molunes est moins déformé (200 et 250 m).

Le plan de chevauchement a subi une déformation inégale.

Abaissement	<u>Nord</u> : entre les Selmembersg et les Moulins.	<u>Sud</u> : entre la Sèche et les Moulins.
d'axe du Synclinal de Septmoncel	500 m - 150 m = 350 m	550 m - 150 m = 400 m
du flanc Ouest de l'Anticlinal des Moulins	1050 m - 850 m = 200 m	1100 m - 850 m = 250 m
du plan de chevauche- ment des Moulins	1000 m - 850 m = 150 m	1100 m - 850 m = 250 m

Fig. 38 : CHEVAUCHEMENT DES MOULINS : ABAISSEMENT DES STRUCTURES
(axes et plans)

Age relatif de l'abaissement axial

On peut envisager deux hypothèses pour la chronologie relative du chevauchement et de l'abaissement axial :

hypothèse 1 : L'abaissement axial s'est déclenché avant le chevauchement puis s'est poursuivi pendant et, ou, après le charriage. Cet argument serait confirmé par le fait que le synclinal autochtone est le plus déformé.

hypothèse 2 : L'abaissement axial est contemporain et, ou, postérieur au chevauchement. La différence existant entre la valeur de l'abaissement de l'unité autochtone et de l'unité chevauchante n'est que le résultat d'une absorption partielle de la déformation par les couches incompetentes ayant participé au charriage.

Dans les deux cas, les plans de chevauchement sont déformés par un mouvement d'abaissement synchrone ou postérieur au chevauchement.

CONCLUSION

Le chevauchement des Moulins montre sous une apparente simplicité des complications le long de son tracé.

- L'amorce Nord du chevauchement comprend un repli synclinal chevauchant (Bois du Gyps).
- Le contact est bordé d'écaillés dont l'origine est variable (Malm, Crétacé du flanc inverse).
- La zone des Moulins fournit un regard sur l'écaillage complexe au front du chevauchement.
- Les structures sont hachées par des décrochements conjugués dextres et sénestres ayant joué pendant et après le chevauchement.
- La vallée du Flumen (Les Moulins) est une zone d'abaissement des structures, l'âge de cet affaissement peut être soit anté, syn- et, ou, post-chevauchement, soit syn- et, ou, post-chevauchement selon l'hypothèse adoptée.

- La présence de conglomérat tertiaire sous le contact chevauchant à La Luette atteste un âge post burdigalo-vindobonien pour le chevauchement.

CONCLUSIONS

Les plissements, les décrochements et les chevauchements sont le résultat d'une tectonique polyphasée dont les épisodes principaux se situent entre l'Oligocène et le Miocène supérieur.

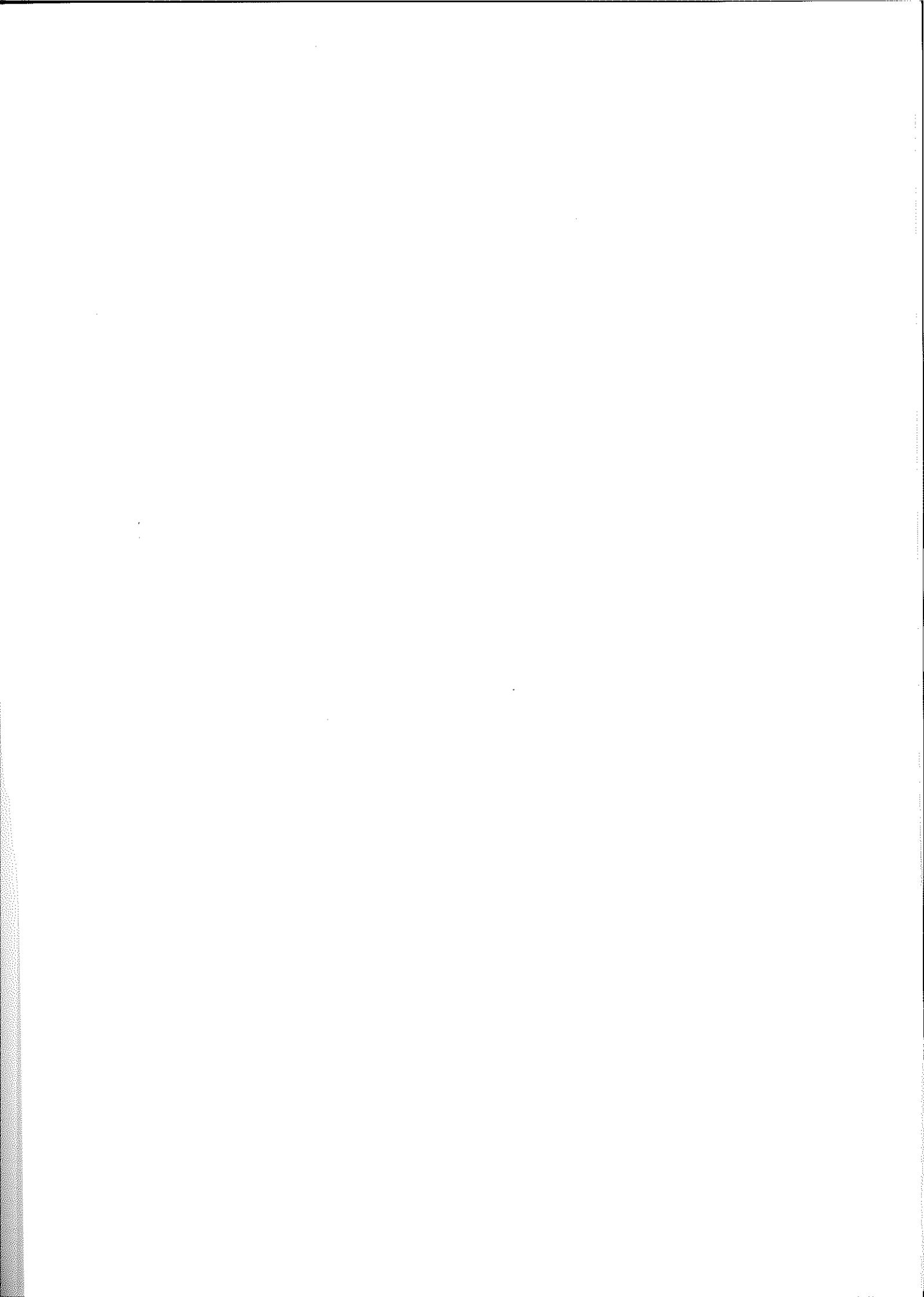
Le style cisailant et disharmonique est lié aux alternances de niveaux compétents et incompétents dans la série stratigraphique.

Les plis complexes s'allongent sur plus de 25 km, des plis plus simples s'ennoient et se relaient. Ils ont généralement une amplitude kilométrique, les grands anticlinaux chevauchant sur leur bordure Ouest les synclinaux le plus souvent coffrés. Les chevauchements s'accompagnent parfois d'écaillages des flancs inverses.

Les accidents transcurrents (Morez, Lézat) et les abaissements axiaux (Morez, Flumen) sont deux effets dans la couverture du jeu d'une fracturation du socle antétriasique.

Dans la partie Nord-Est du secteur, les accidents décrochants les plus fréquents sont dextres (Tuffes, Arobiers, Frénois). Dans la région de La Pesse, Les Moussières ce sont les décrochements sénestres qui sont le mieux exprimés.

Ces deux systèmes qui font entre eux un angle de 60° sont symétriques par rapport à la direction de l'abaissement axial du Flumen (direction de raccourcissement). C'est également dans cette zone que le chevauchement des Moulins a une amplitude maximale.



MICROTECTONIQUE

MICROTECHNIQUE

INTRODUCTION

Les figures microtectoniques n'ont pas fait l'objet, sur l'ensemble du secteur étudié, d'une approche statistique, sauf dans le synclinal de La Pesse, où la fracturation a été relevée systématiquement.

Nous décrivons les figures les plus caractéristiques (stries, schistosité de fracture, microplis, etc ...).

FIGURES MICROTECTONIQUES

(A l'exception des diaclases traitées p. 101).

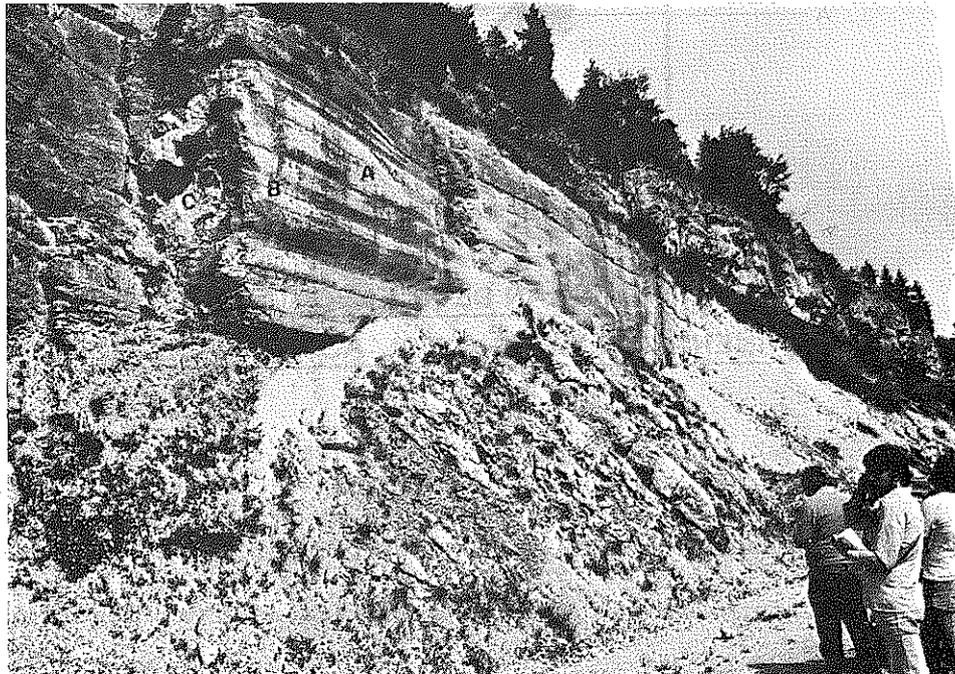
SURFACES STRIEES ET BLOCS EMBOUTIS

Les accidents mis en évidence en cartographie présentent, lorsque les miroirs sont visibles, des stries, des cannelures, des ressauts scalariiformes, l'effet du dernier mouvement tendant à estomper les traces des précédents.

Nous avons observé en 2 points des surfaces listriques attribuables à l'accident de la Saffranière - Chaumont :

- Le long de la route de Vaucluse, bas côté Ouest ($x = 872,26$; $y = 162,22$) où l'on observe un miroir cannelé de direction $N 150^\circ E$, à pendage subvertical avec des cannelures subhorizontales.

- Près de la retenue d'eau de l'Abîme ($x = 872,36$; $y = 162,12$), sur un miroir vertical strié de direction $N 130^\circ E$, quelques stries subhorizontales attestent le caractère décrochant de l'accident de la Saffranière (voir P. 79).



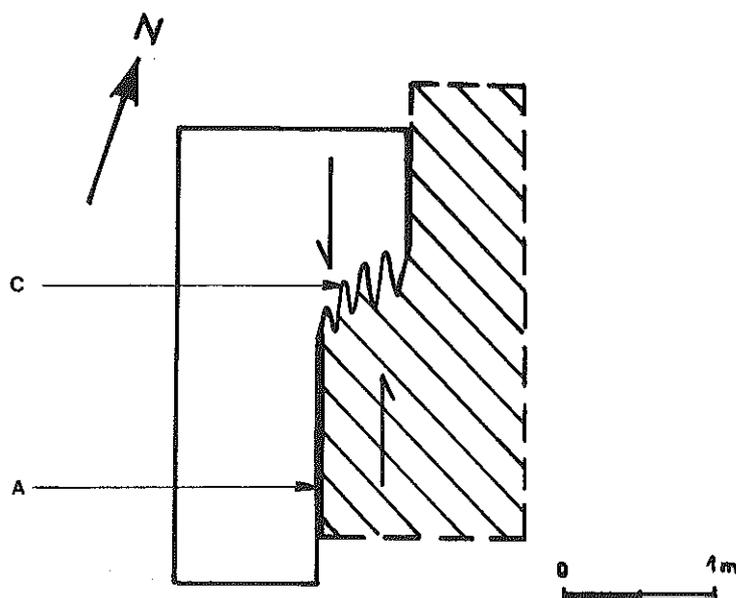
A : Miroir strié ; B : surface ondulée ; C : ressaut.

Fig. 39 : ACCIDENT DE MOREZ : PLANS STRIES
ET BLOCS EMBOUTIS

Le long de la RN 5, au Nord du Col de la Savine ($x = 880,00$; $y = 181,00$), l'accident de Morez (ou l'un de ses plans satellites) de direction $N 130^\circ E$, subvertical, porte des stries inclinées de 20° vers le Nord (fig.39,A).

Le miroir est ondulé, les stries attestent un jeu décrochant de l'accident. Dans le détail, l'érosion récente a remodelé cette surface listrique en dégageant les interbanacs plus tendres (fig. 39,B).

Les deux lèvres de la faille décrochante s'emboutissent à la faveur d'un ressaut (fig. 39,C). Ce phénomène est de même ordre que celui donnant naissance aux stylolites, il permet de confirmer le jeu sénestre de l'accident de Morez (fig. 40).



Voir légende fig. 39.

Fig. 40 : DETAIL EN PLAN DE L'EMBOUTISSAGE DE DEUX COMPARTIMENTS LE LONG DE L'ACCIDENT DE MOREZ

A l'Est du Col de Vacluse, dans la "lésine au Miroir"^{*}, grotte dégagée sur l'accident dextre du Sud de la Forêt du Frénois ($x = 873,76$; $y = 163,69$). Le miroir de faille, de 10 m de haut et de 50 m de long est strié horizontalement. La surface, très lisse, est bréchifiée (recristallisation de calcite).

Les ressauts scalariformes attestent le jeu dextre de l'accident Sud du Frénois.

* Cavité découverte en 1976 par A. ROULLIER (Spéléo-Club San Claudien).

REPLIS CONIQUES DE GLISSEMENT

Entre les bancs compétents du Portlandien et ceux du Berriasien moyen existe dans tout le secteur étudié une disharmonie favorisée par les niveaux de calcaires dolomitiques en plaquettes et de cargneules du Portlandien supérieur et les niveaux saumâtres argileux du Berriasien inférieur. Ces couches sont fréquemment replissées.

Près des Moulins, le long de la RN 436, le Chapeau de Gendarme est un repli conique subsymétrique lié au glissement des couches du Berriasien moyen sur le Portlandien du flanc oriental de l'anticlinal de Sur les Grès par l'intermédiaire du "Purbeckien" incompetent. Il ne semble pas que le "Chapeau de Gendarme" ait été poussé vers l'Ouest, car près du chevauchement des Moulins (plus à l'Est) les niveaux compétents du Valanginien inférieur ou de l'Hauterivien qui surmontent également des formations plastiques (Berriasien supérieur, Valanginien supérieur et Hauterivien inférieur) ne sont pas replissés.

La petite carrière située au Nord de l'Eglise de Septmoncel ($x = 875,15$; $y = 158,85$) montre aussi de beaux replis (métriques) du même type dans le Berriasien moyen affleurant en surface structurale. Ces replis coniques s'amortissent entre le chemin de la Vineuve et le front de taille de la carrière (fig. 41).



Fig. 41 : REPLIS CONIQUES DE GLISSEMENT DE L' EGLISE DE SEPTMONCEL

MICROPLIS D'ENTRAINEMENT

Le "Purbeckien" (Berriasien inférieur de la route de St-Claude à Cinquétral ($x = 872,34$; $y = 164,20$) montre un repli disharmonique couché et faillé. Les couches du Berriasien moyen (fig. 42 C) ne semblent pas affectées. Les replis des calcaires du Berriasien inférieur s'amortissent vers le haut dans les marnes vertes du Berriasien inférieur.

Le déversement du pli vers l'Ouest est lié au chevauchement de St-Claude.



A : Berriasien moyen non plissé.

Fig. 42 : MICROPLI DISHARMONIQUE COUCHE, FAILLE,
DANS LE BERRIASIEN INFÉRIEUR DE LA ROUTE
St CLAUDE - CINQUÉTRAL

MICROPLANS DE CHARRIAGE

Dans la carrière située à l'entrée de la Cluse de l'Anquerne, le long du CD 25 ($x = 872,58$; $y = 150,44$), les bancs redressés, inverses du flanc occidental de l'anticlinorium des Molunes - Bellecombe (limite Oxfordien supérieur calcaire - Kimméridgien inférieur) sont affectées par de petites failles horizontales décalant la stratification de 40 à 50 cm vers l'Ouest (fig. 43) suivant des microplans subhorizontaux.

Ces fractures horizontales sont à mettre en relation avec l'amorce du chevauchement des Moulins (voir p. 89).

Le long de la route de St-Claude à Cinquétral, ($x = 872,34$; $y = 164,20$) un banc de calcaire graveleux du Berriasien moyen surmontant les couches affectées par le micropli couché de la fig. 42, est cisailé par plusieurs microfailles inverses.

Ces figures, comme le micropli couché, sont liées au chevauchement de St-Claude.



Fig. 43 : MICROPLANS DE CHARRIAGE DANS LES COUCHES INVERSES DE L'ANQUERNE

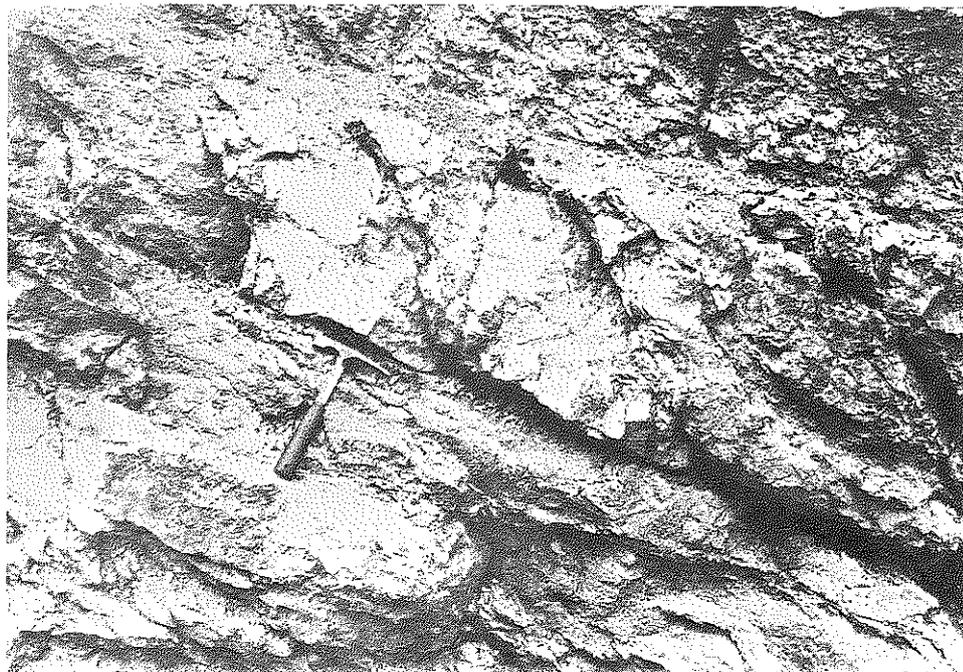


Fig 44 : MICROFAILLES INVERSES DANS LE BERRIASIEN MOYEN DE LA ROUTE S^t CLAUDE CINQUETRAL

SCHISTOSITE DE FRACTURE

Dans les bancs tendres de certaines formations peut se développer une schistosité de fracture. Dans la "cluse" de l'Anquerne, fig. 45 ($x = 872,55$; $y = 150,44$) les formations légèrement inverses du Malm et en particulier les "Couches à Céphalopodes" présentent dans les bancs les plus argileux une schistosité de fracture très dense dont le pendage est plus faible et de même sens que celui de la stratification, ce qui confirme le caractère inverse de la série.

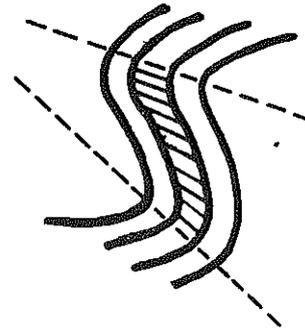
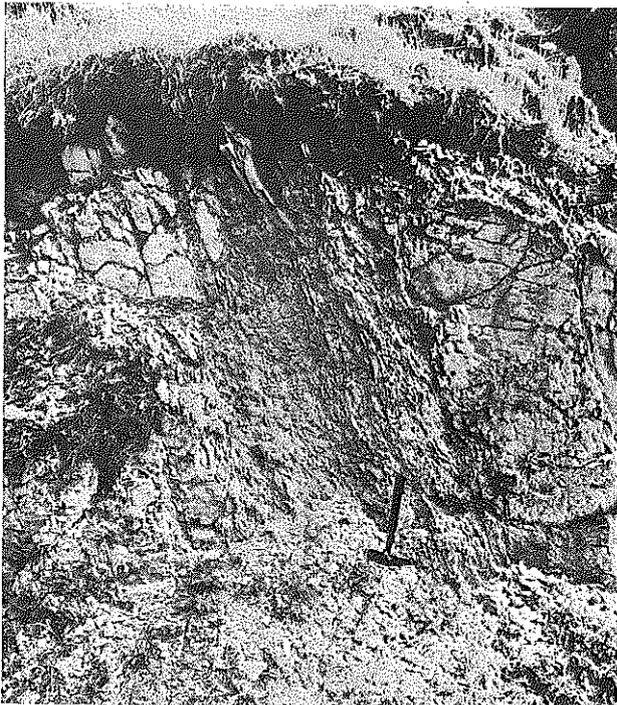


Fig. 46: Schéma du flanc inverse:
apparition de la schistosité de fracture

Fig. 45: Schistosité de fracture dans les couches
inverses de l'Anquerne

Ce phénomène qui s'oppose au simple diaclasage des bancs calcaires, est lié à la différence de comportement des couches du flanc du pli (fig. 46).

JOINTS D'EXTENSION

Les affleurements de Kimméridgien inférieur, situés à 50 m à l'Est de la Roche Percée, le long de la RN 436 ($x = 873,30$; $y = 157,65$) montrent un banc systématiquement diaclasé en tablettes d'égale épaisseur (microlithons) (~ 4 cm). Les joints sont obliques et n'affectent qu'un banc.

De telles diaclases ont permis l'étirement d'une couche compétente, sans plasticité du matériau, favorisé par le glissement banc sur banc dans le flanc Ouest de l'anticlinal de Sur les Grès. (fig. 47 et 48).

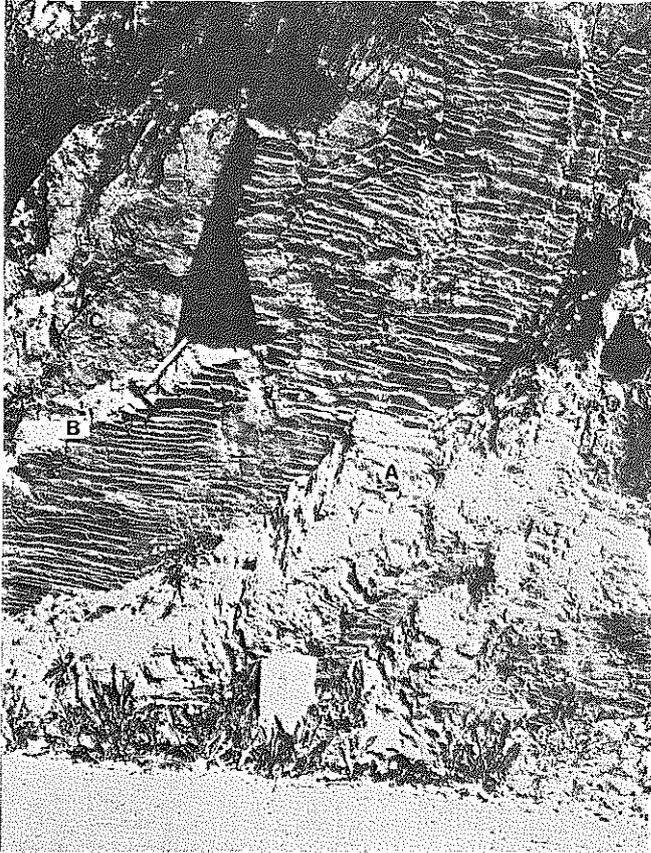


Fig. 47 : Joints d'extension et microlithons de la Roche-Percée.

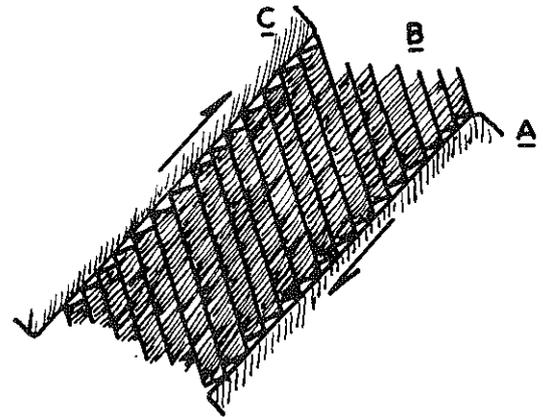


Fig. 48 : Interprétation des joints d'extension et des microlithons.

ETUDE DE FRACTURATION

INTRODUCTION

Nous avons étudié les diaclases du secteur compris entre la Grande-Molune et la Vierge de La Pesse. Les stations de relevé ont été choisies en fonction de l'orientation des falaises.

METHODES D'ETUDES

La méthode utilisée est une variante de celle utilisée par le Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel.

Méthode de relevé sur le terrain (fig. 49)

- Une ligne de levé (L1) de 5 m, si possible, est matérialisée sur l'affleurement, sa direction et son pendage sont notés.

- Les plans de stratification (direction, pendage) sont relevés.
- On mesure le nombre de bancs traversés par les 5 m de ligne et leur épaisseur.
- On distingue 3 classes de diaclases en fonction de l'importance du matériel affecté, dont on mesure la direction et le pendage :
 - . diaclases A traversant tout l'affleurement
 - . diaclases B affectant 2 à 4 bancs
 - . diaclases C dont l'importance n'excède pas le banc.
- On note si possible les diaclases karstifiées, les diaclases ouvertes et leur ouverture, les plans striés avec leur direction, leur pendage et le pitch des stries.
- On prend une seconde ligne de levé (L2, fig. 49) dont la direction sera le plus possible perpendiculaire à celle de la première ligne, pour éliminer l'effet de l'orientation (voir traitement des données).

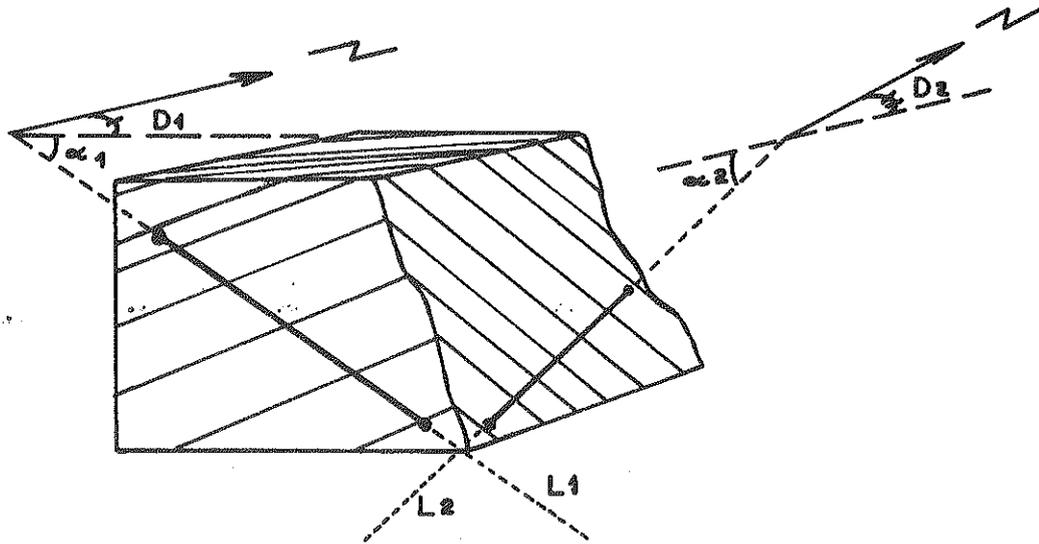


Fig. 49 : SCHEMA D'IMPLANTATION DES LIGNES DE LEVE SUR L'AFFLEUREMENT

Traitement des données

- On reporte sur stéréogramme isoaire de Schmidt les pôles des plans mesurés.
- On trace des courbes d'isodensité apparente de fracturation, et on détermine graphiquement ou par le calcul le pôle moyen de chaque groupe de points.
- Afin de comparer les angles, on reporte les pôles moyens et la trace cyclographique des plans moyens sur un stéréogramme isogone de Wulff. On reporte également la trace des lignes de levé.
- On mesure l'écart angulaire, sur un grand cercle, entre chaque "pôle moyen" et la (ou les) ligne (s) de levé. Afin de déterminer la fréquence réelle de fracturation par "pôle moyen" :

"Fréquence réelle"
$$Fr = \frac{de}{a \cos ec_1 + b \cos ec_2}$$

où ρ : densité apparente de pôles.
 a et b : longueur des lignes de levé.
 ec_1 et ec_2 : écarts mesurés graphiquement sur les grands cercles.

la fréquence réelle élimine l'effet d'orientation des lignes de levé, en calculant le nombre des fractures par mètre sur la normale à leur plan moyen.

- On compare les fréquences maximales avec l'orientation d'accidents, avec des alignements de phénomènes karstiques, avec l'orientation de failles ou de galeries de cavités karstiques.

- Le "plan moyen" de la stratification peut être ramené à l'horizontale, les plans moyens sont déplacés sur des petits cercles d'un angle égal au pendage.

- On interprète alors les pôles et plans moyens de fracturation les plus fréquents sur stéréogrammes non rabattu et rabattu.

GENERALITES SUR LES RELEVES DE FRACTURATION

La fracturation relevée sur les affleurements répond à certaines règles (fig. 50).

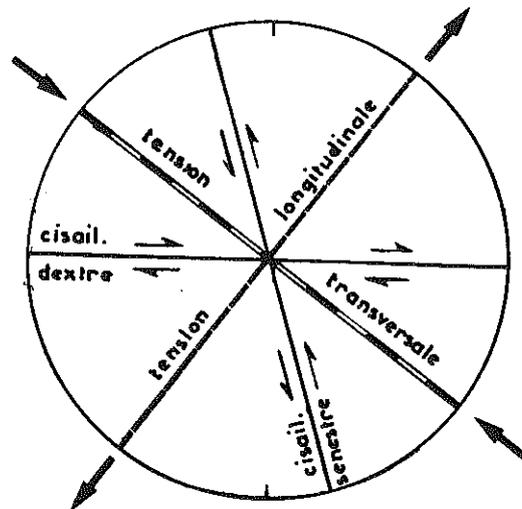


Fig. 50 : ORIENTATION THEORIQUE DE LA FRACTURATION

- Parallèlement à la direction de raccourcissement apparaissent des diaclases de *tension transversale*.

- Dans une deuxième famille, perpendiculaire à la première, et parallèle à la direction d'allongement (\sim axe du pli) apparaissent les joints de *tension longitudinale*.

- Ces 2 systèmes perpendiculaires sont les *orthoclases*.

- Symétriquement par rapport à la direction de tension transversale et à 30° de part et d'autre de celle-ci, s'ordonnent les diaclases de *cisaillement dextre* et *sénestre*.

NB. : Les diaclases de cisaillement dextre et sénestre peuvent s'écarter jusqu'à un angle de 60° de part et d'autre de la direction de reccourcissement, en fonction de la compétence du matériau, et de la durée d'application de la contrainte (J. GRAMBERG, 1965).

- L'ensemble des joints de tension et de cisaillement lorsqu'ils sont normaux aux plans de stratification constitue les *rectoclives* (A. CAIRE, 1975).

- De nombreux plans sont d'interprétation difficile ; les plans obliques ou *clinoclives* peuvent être symétriques deux à deux par rapport au plan de tension longitudinale et au plan des couches, ce sont des *clinoclives conjuguées*.

ETUDE DE LA FRACTURATION DANS LE SYNCLINAL DE LA PESSE

Introduction

Nous avons effectué une série de mesures de fracturation sur 13 stations réparties dans la région de la Pesse (fig. 58) afin d'en tirer un certain nombre de conclusions tant sur le plan purement tectonique que sur l'hydrogéologie du secteur.

Analyse de la fracturation

Des 13 stations de mesures, nous n'avons retenu que les exemples les plus caractéristiques : station I (fig. 52) ; station III (fig. 53) ; station VI (fig. 54) ; station XII (fig. 55) ; station XIII (fig. 56). La légende des stéréogrammes est donnée par la figure 51.

Les remarques et les conclusions relatives à ces levés sont fournies en regard des stéréogrammes.

Analyse de la fracturation aux abords de la Source du Grand-Cernois

La grotte-émergence s'ouvre dans les "Calcaires lités" de l'Oxfordien supérieur (alternance de marnes et de calcaires argileux) du repli anticlinal de Roche Blanche - Chaudezembre.

La comparaison entre la fracturation mesurée à l'entrée de la grotte, les linéaments visibles sur les photographies aériennes, et la topographie de la cavité permet de formuler quelques remarques.

- fracturation mesurée à l'entrée de la Grotte :

Nous avons pu noter que la dispersion des joints est beaucoup plus importante dans les bancs marneux que dans les bancs de calcaires argileux plus compacts.

L'ordonnement de la fracturation est donc fonction de la compétence du matériel affecté.

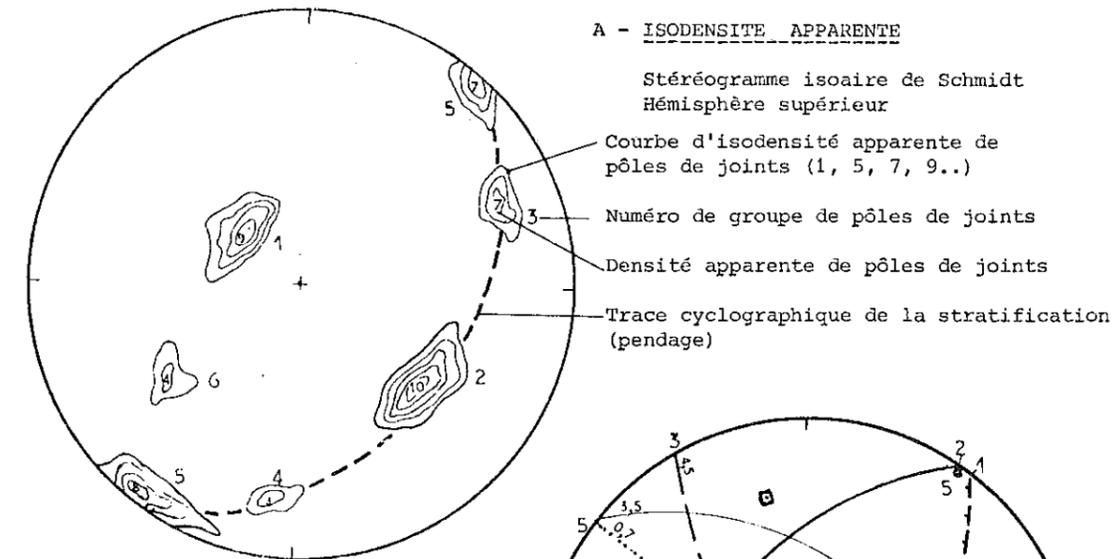
Il apparaît sur les stéréogrammes de la figure 56 (A et B) que la fracturation ne s'agence pas en fonction de la direction locale aberrante des couches (N 155° E) mais par rapport à la direction générale de la structure.

Sur les stéréogrammes B et C (fig. 56), on remarque une forte intensité de fracturation correspondant au décrochement sénestre mais également une dispersion dans les orientations (N 135° à 155° E).

Fig.52- FRACTURATION DANS LE SYNCLINAL DE LA PESSE

I - DEFILE DE L'ANQUERNE

Fig. 51 : FRACTURATION - LEGENDE DES FIGURES



A - ISODENSITE APPARENTE

Stéréogramme isoaire de Schmidt
Hémisphère supérieur

Courbe d'isodensité apparente de
pôles de joints (1, 5, 7, 9..)

Numéro de groupe de pôles de joints

Densité apparente de pôles de joints

Trace cyclographique de la stratification
(pendage)

B et C - POLES ET PLANS MOYENS
DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stéréogramme isogone de Wulff
Hémisphère supérieur

• 1 numéro du pôle moyen
/ 5 projection cyclographique avec
numéro

1.6 Fréquence réelle du plan

— Plan d'interprétation difficile

▲▲ Plan de stratification (Pendage)

— Couches verticales

— Joints de tension longitudinale
(direction d'allongement)

..... Joints de tension transversale
(direction de raccourcissement)

— Joints de cisaillement sénestre

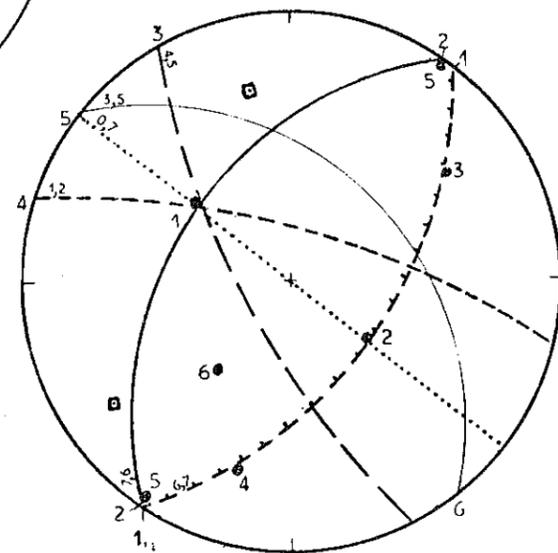
--- Joints de cisaillement dextre

Pendages rabattus à l'horizontale

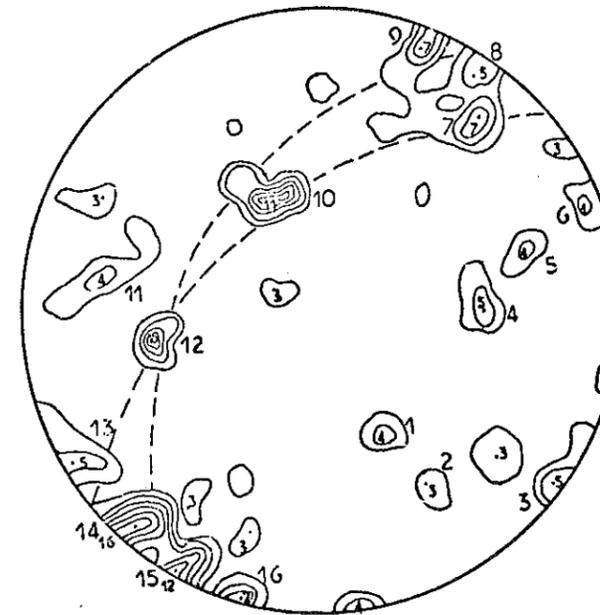
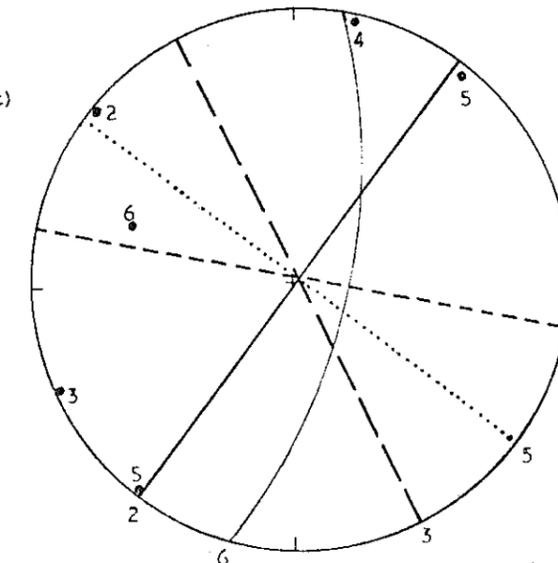
6 • Numéro du pôle moyen rabattu

1/6 Projection cyclographique
rabattue avec n°

C - COUCHES RABATTUES A L'HORIZONTALE



B : COUCHES INCLINEES (B)



A - ISODENSITE APPARENTE

Stéréogramme de Schmidt
Hémisphère supérieur

Les pendages sont très dispersés entre
1 et 3. Les autres pôles sont normaux
à la stratification

B - POLES ET PLANS MOYENS DES
JOINTS LES PLUS FREQUENTS

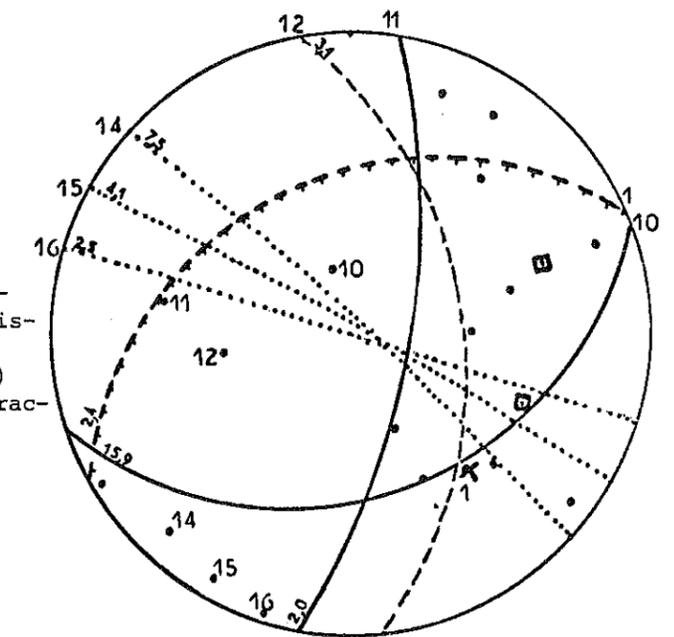
Stéréogramme de Wulff
Hémisphère supérieur

Couches non rabattues

Les plans 10 (F.R. 15,9), de même direc-
tion et normaux aux couches, sont les fis-
sures de Tension longitudinale

Les plans 14,15,16 (F.R. 7,5; 4,1 ; 4,5)
peuvent correspondre à la direction de raccourcissement (très dispersée)

Les autres fissures, inclinées, sont
d'interprétation difficile.



C - POLES ET PLANS MOYENS DES
JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stéréogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches rabattues à l'horizontale

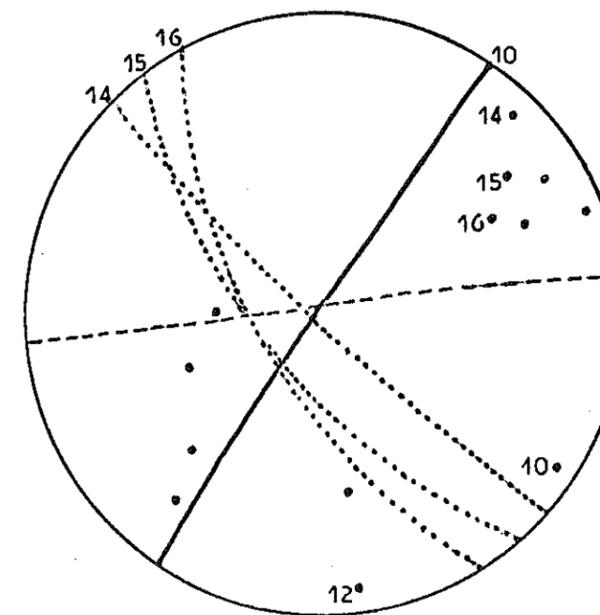
Le rabattement ramène les principaux
plans à la verticale

10 : Tension longitudinale
(dir. d'allongement)

14, 15, 16 : Tension transversale
(dir. de raccourcissement)

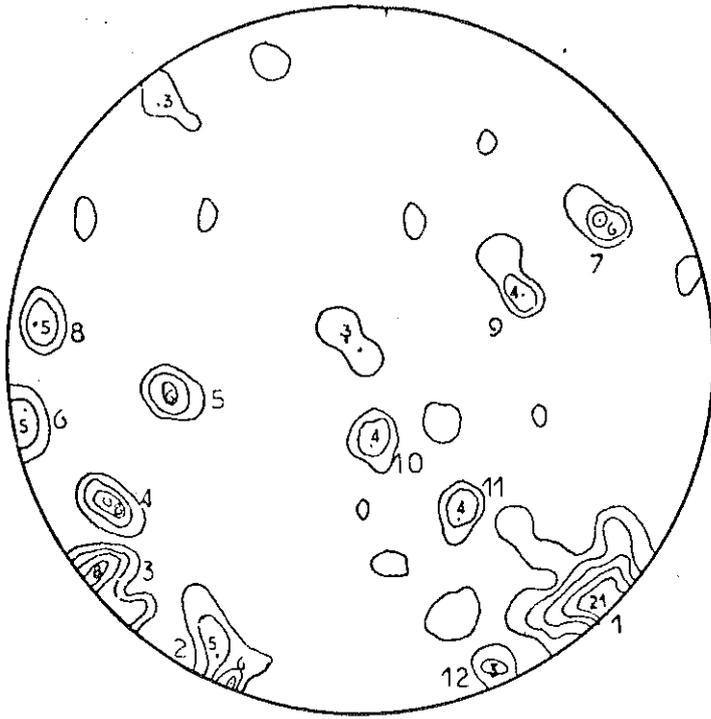
12 : Cisaillement dextre

CONCLUSION : La fracturation préexistait
au redressement des couches (coffrage)





Valanginien
Couches subverticales
200 mesures



A - ISODENSITE APPARENTE

Stereogramme de Schmidt
Hémisphère supérieur

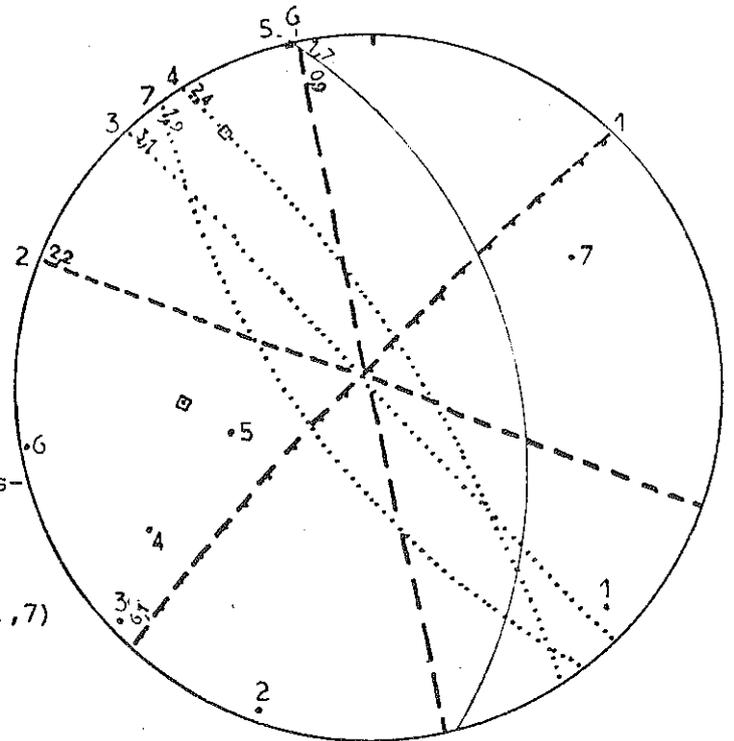
Les pôles des fractures principales ne sont pas normaux à la stratification (1), mais ils sont proches de la verticale.

B - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stereogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches non rabattues

Presque tous les plans sont verticaux

- 1 : Stratification (FR : 6,1)
- 3,4,7 : Tension transversale (dir. de raccourcissement) (FR : 3,1;2,4;1,9) légère dispersion en pendage, autour de la verticale.
- 6 : Cisaillement sénestre (FR : 0,9)
- 2 : Cisaillement dextre (FR : 2,2)
- 5 : incliné, difficile à interpréter (FR : 1,7)



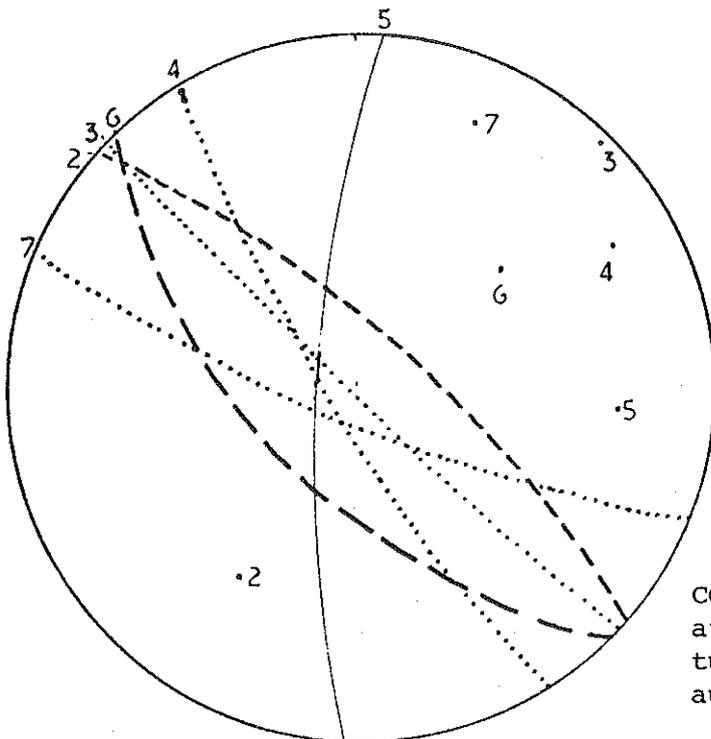
C - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stereogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches rabattues à l'horizontale

Le rabattement fait perdre la signification au stereogramme

3,4,7 : Tension transversale (direction de raccourcissement)

5 : Cisaillement sénestre



CONCLUSION : Si le pôle 5 peut être antérieur au redressement des couches, les autres fractures doivent être synchrones ou postérieures au coffrage des plis

Fig. 54 - FRACTURATION DANS LE SYNCLINAL DE LA PESSE

VI - L'EMBOUTEILLEUX - PRE MAUREZ

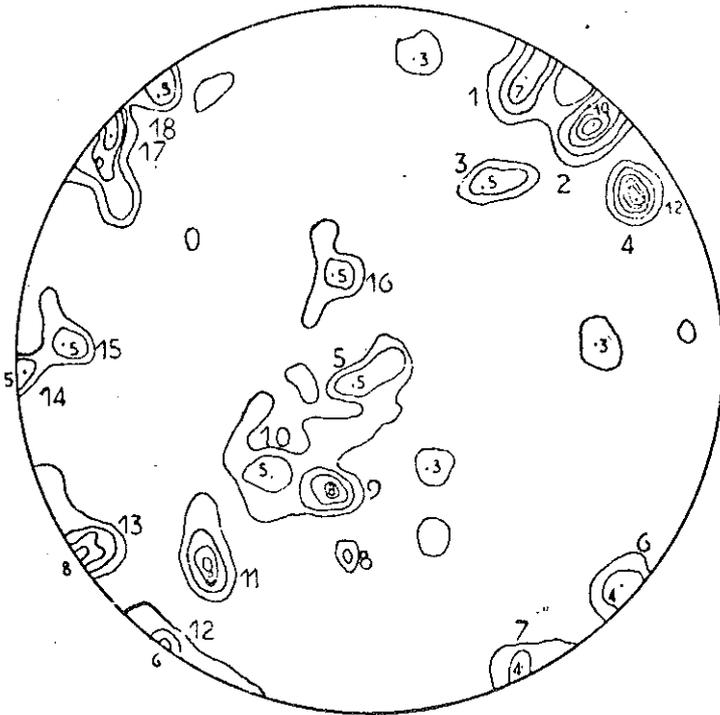
Barrémien
Couches verticales
200 mesures

A - ISODENSITE APPARENTE

Stéréogramme de Schmidt
Hémisphère supérieur

Les pendages (6, 7, 17, 18) sont dispersés autour de la verticale

Les autres plans sont perpendiculaires aux couches (1, 2, 3, 5, 9, 10, 11, 12)



B - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

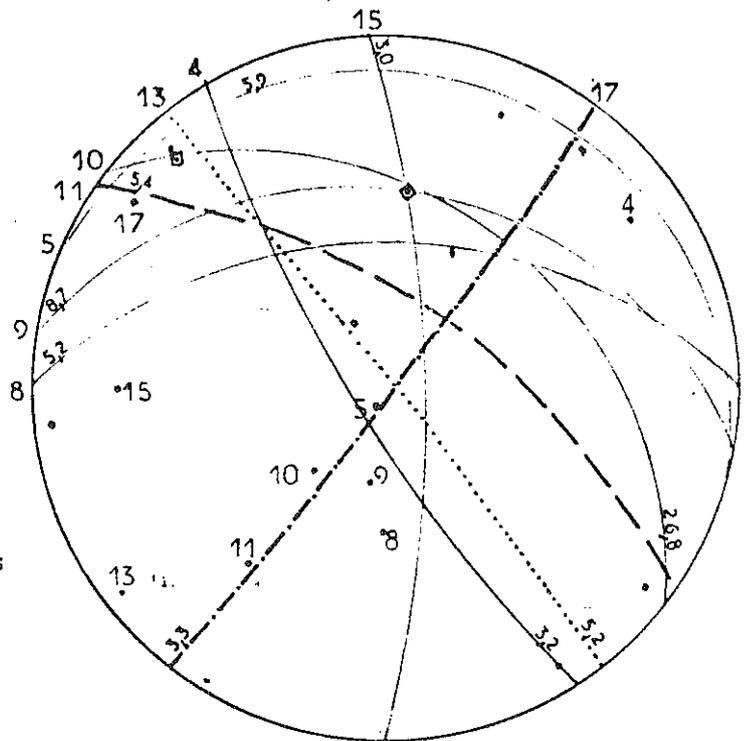
Stéréogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches non rabattues

17 est le plus fréquent des plans apparentés aux pendages (FR : 3,3)

13 est la tension transversale (dir. de raccourcissement) (FR : 5,2)

4 s'y apparente (FR : 4,2)

Les plans de cisaillement sont peu lisibles



C - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

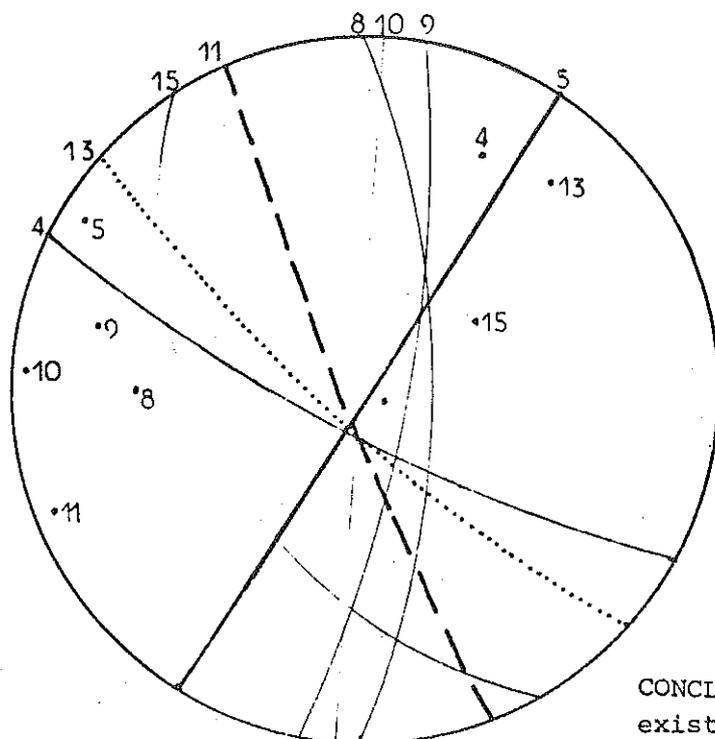
Stéréogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches rabattues à l'horizontale

13 (la tension transversale) reste verticale, 4 aussi

5 devient verticale, c'est la direction de tension longitudinale (dir. d'allongement) (FR : 5,9)

11 devient verticale, c'est la direction de cisaillement sénestre (FR : 5,4)

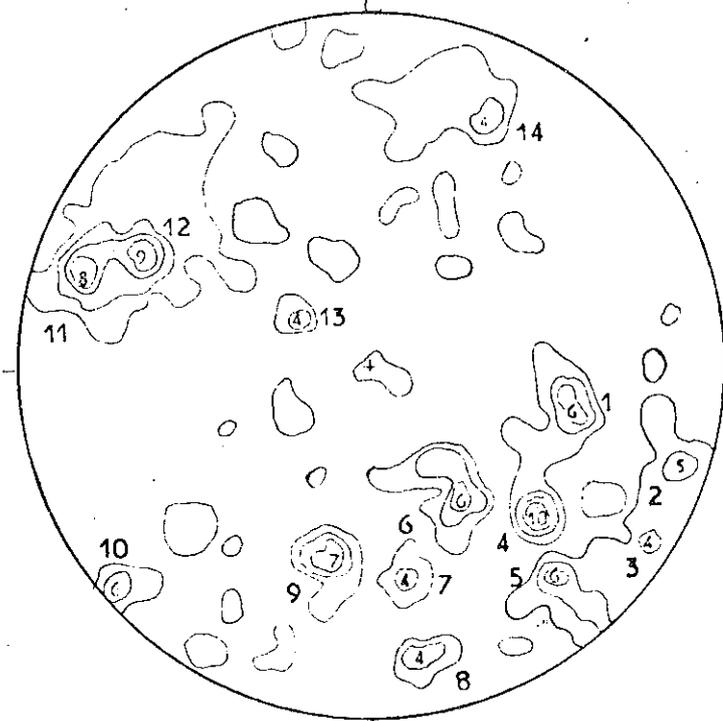
8,9,10 bien que verticales, sont difficilement interprétables.



CONCLUSION : L'essentiel de la fracturation pré-existait au redressement des couches (coffrage)

Fig. 55 - FRACTURATION DANS LE SYNCLINAL DE LA PESSE
XII GOUFFRE DE L'EMBOUTEILLEUX

Hauterivien supérieur
Pendages inverses
290 mesures



A - ISODENSITE APPARENTE

Stéréogramme de Schmidt
Hémisphère supérieur

Les pendages sont très dispersés, avec des maxima en 11 et 12

Les autres plans ne sont pas normaux aux couches

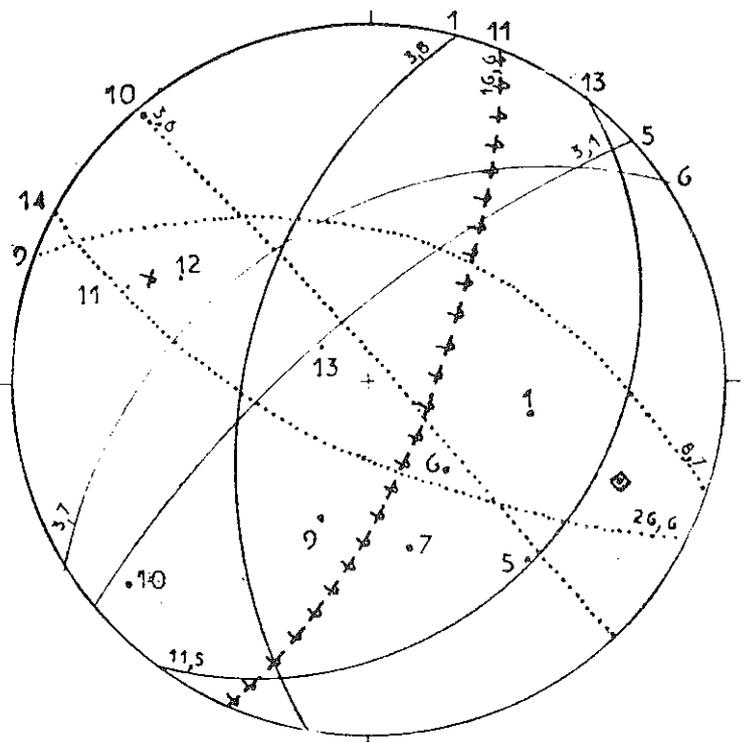
B - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stéréogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches non rabattues

Les clinoclives 1 et 13, symétriques par rapport aux pendages sont l'expression de la Tension longitudinale

Les diaclases de Tension transversale, très dispersées (10;9;14) ont une fréquence élevée

Les plans 5 et 6 sont difficilement interprétables



C - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stéréogramme de Wulff
Hémisphère supérieur
Couches rabattues à l'horizontale

Les clinoclives 1 et 13 demeurent l'expression inclinée de la tension longitudinale.

9, 10 et 14 sont très dispersées.

CONCLUSION : L'interprétation est aussi difficile dans le cas du stéréogramme brut que dans celui du stéréogramme redressé (cas de nombreux relevés effectués dans la région)

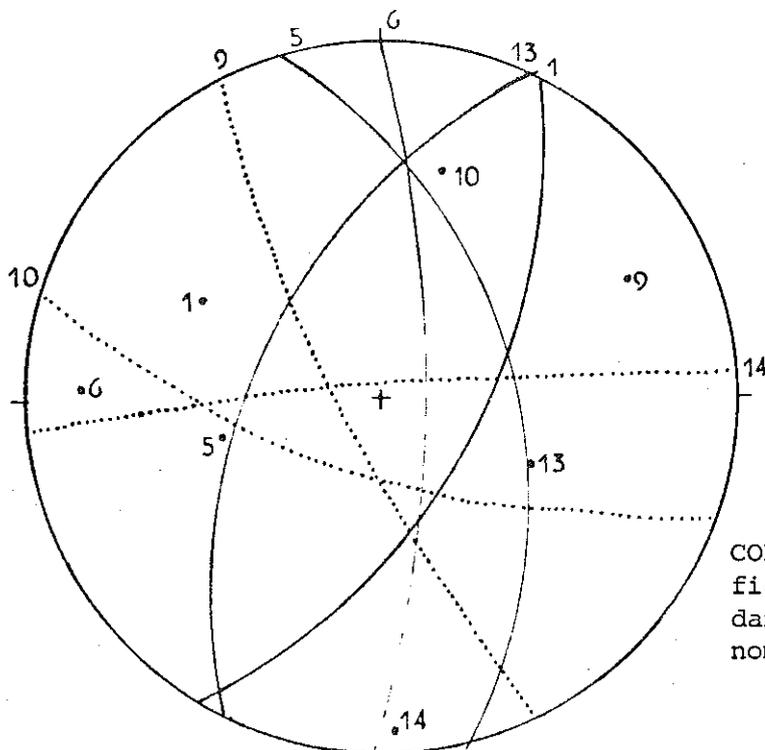
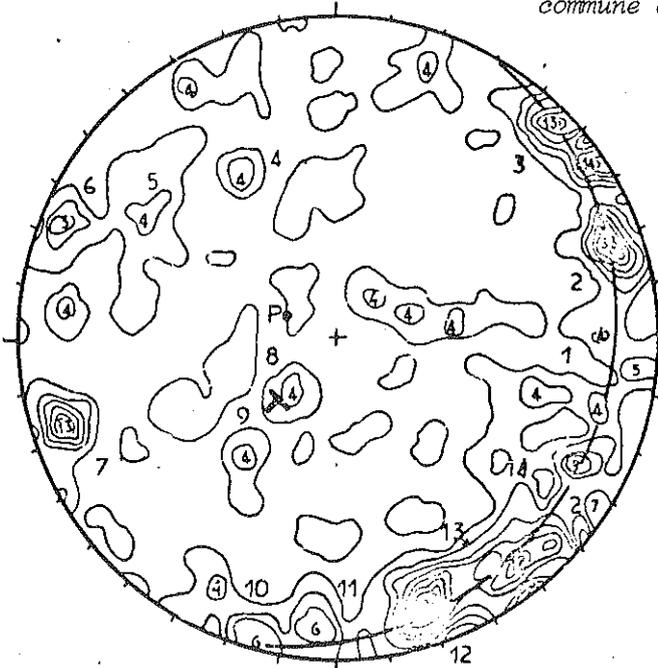


Fig. 56 : FRACTURATION AUX ABORDS DE LA GROTTTE-EMERGENCE
 DU CERNOIS (ou du Grand-Cernois) JU 88 (XIII)
 commune de la Pesse

"Argovien" ("Calcaires lités")
 Pendages faibles
 490 mesures.



A - ISODENSITE APPARENTE

Stereogramme de Schmidt
 Hémisphère supérieur

Les pendages, faibles ($N155,30^\circ$) sont obliques par rapport à la direction moyenne de raccourcissement du pli ($N 120$). Ils sont peu denses.

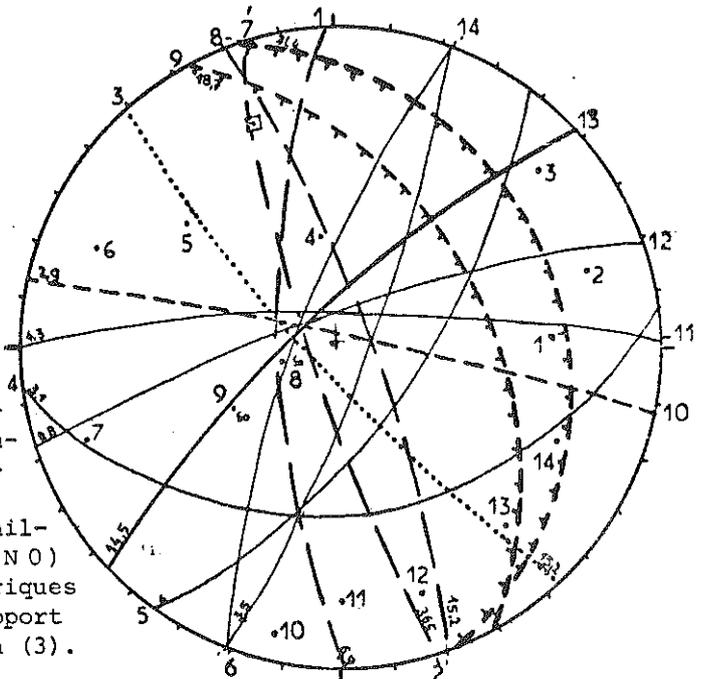
Les autres joints (1,2,3,10,11,12,13,14) sont subverticaux. Ils sont normaux à un plan P différent de la stratification, mais parallèle à la direction d'allongement du pli ($N 25$).

B - POLES ET PLANS MOYENS DES JOINTS LES PLUS FREQUENTS

Stereogramme de Wulff
 Hémisphère supérieur
 Couches non rebattues.

B et C

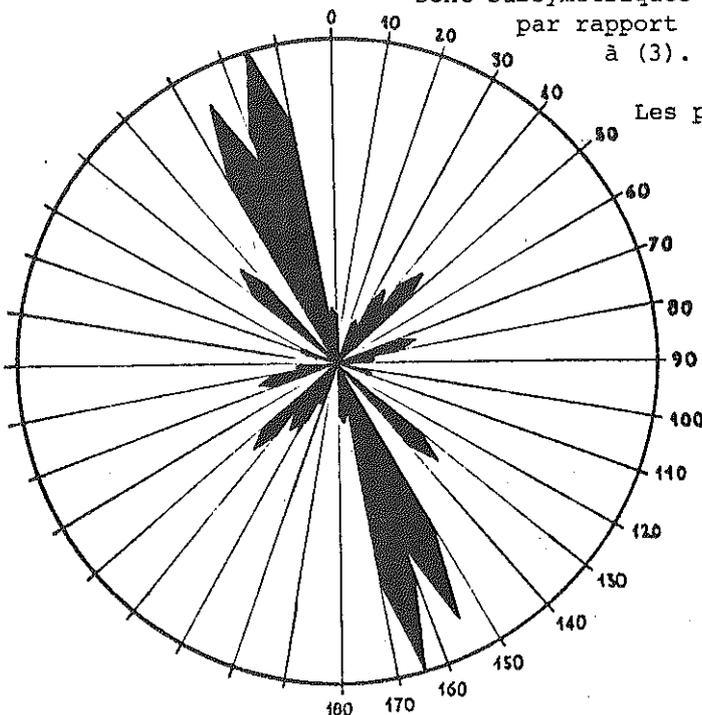
Les pendages (8) et (9) sont dispersés entre $N 150$ et $N 160$. La direction d'élongation du pli ($N 50$) est parcourue par les fissures de tension longitudinales (13). Les fissures de tension transversales (3 à $N 140$) leur sont subnormales. Les diaclases de cisaillement dextre (10 à $N 100$) et sénestre (1 à $N 0$) sont subsymétriques par rapport à (3).



Les plans 2 et 7 ($N 145 - 155$) correspondent à l'accident sénestre de Chaudezembre. Ils sont bien exprimés.

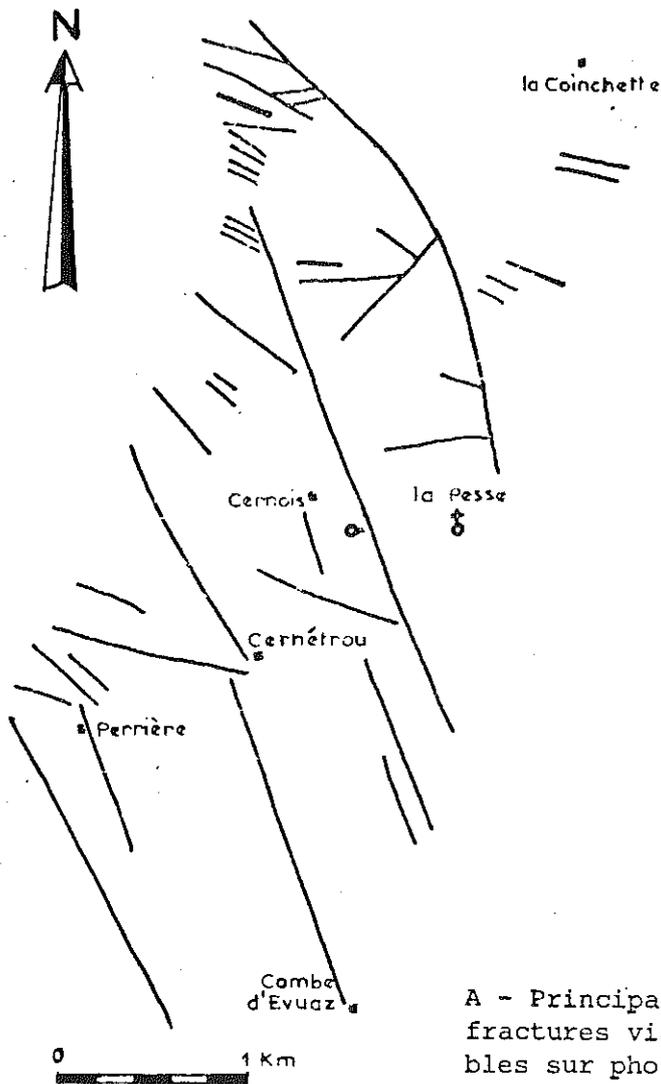
C - ROSACE DE FRACTURATION

"FREQUENCE REELLE"

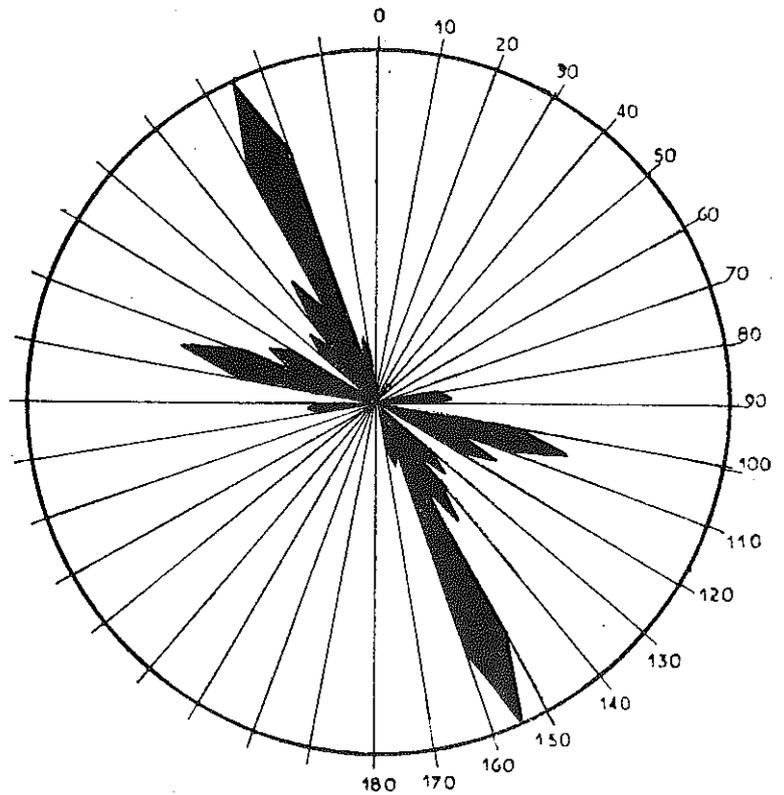


CONCLUSION : La fracturation préexistait au plissement. Elle est indépendante du pendage aberrant des couches.

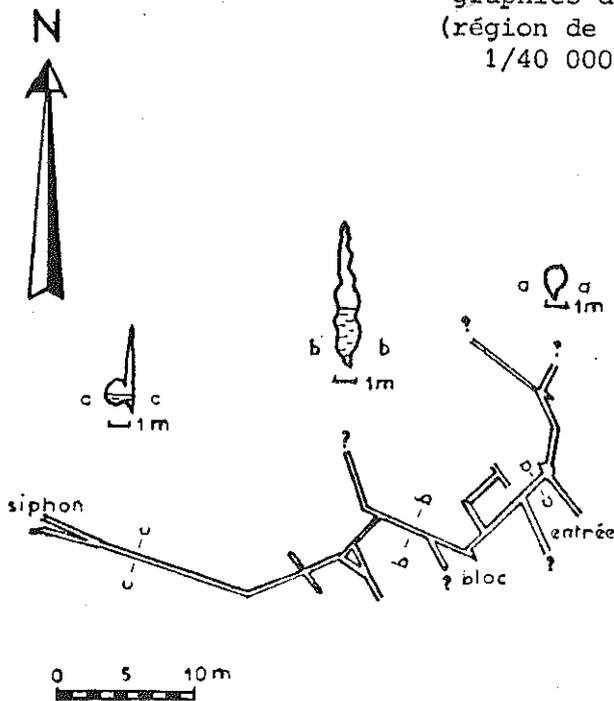
Fig. 57 - FRACTURATION AUX ABORDS DE LA GROTTÉ EMERGENCE DU CERNOIS
(ou du Grand - Cernois) JU 88 - Commune de la Pesse



A - Principales fractures visibles sur photographies aériennes (région de la Pesse) 1/40 000°

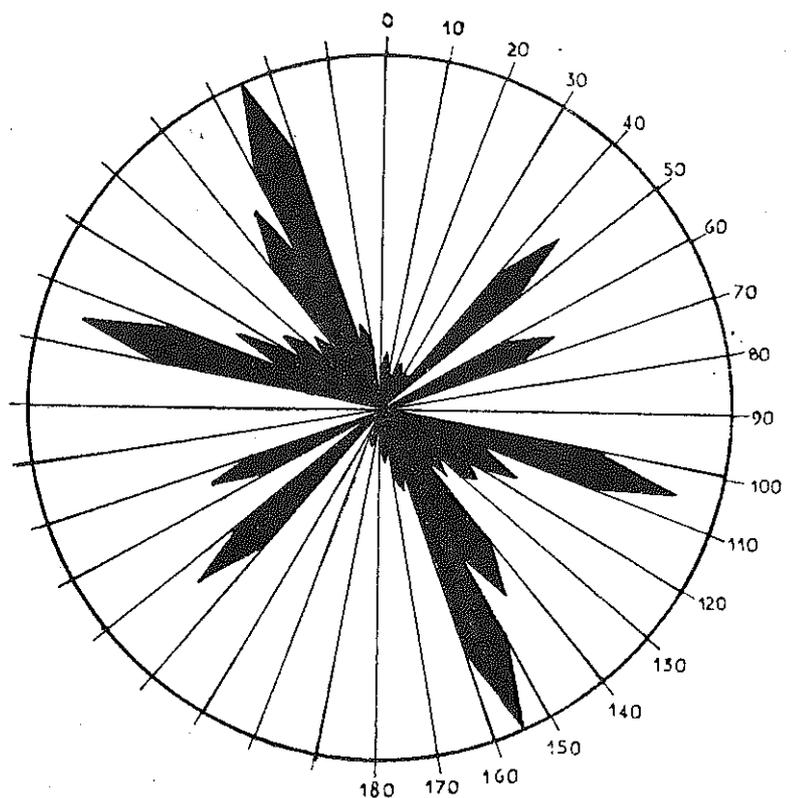


B - Rosace des directions de fractures visibles sur les photographies aériennes



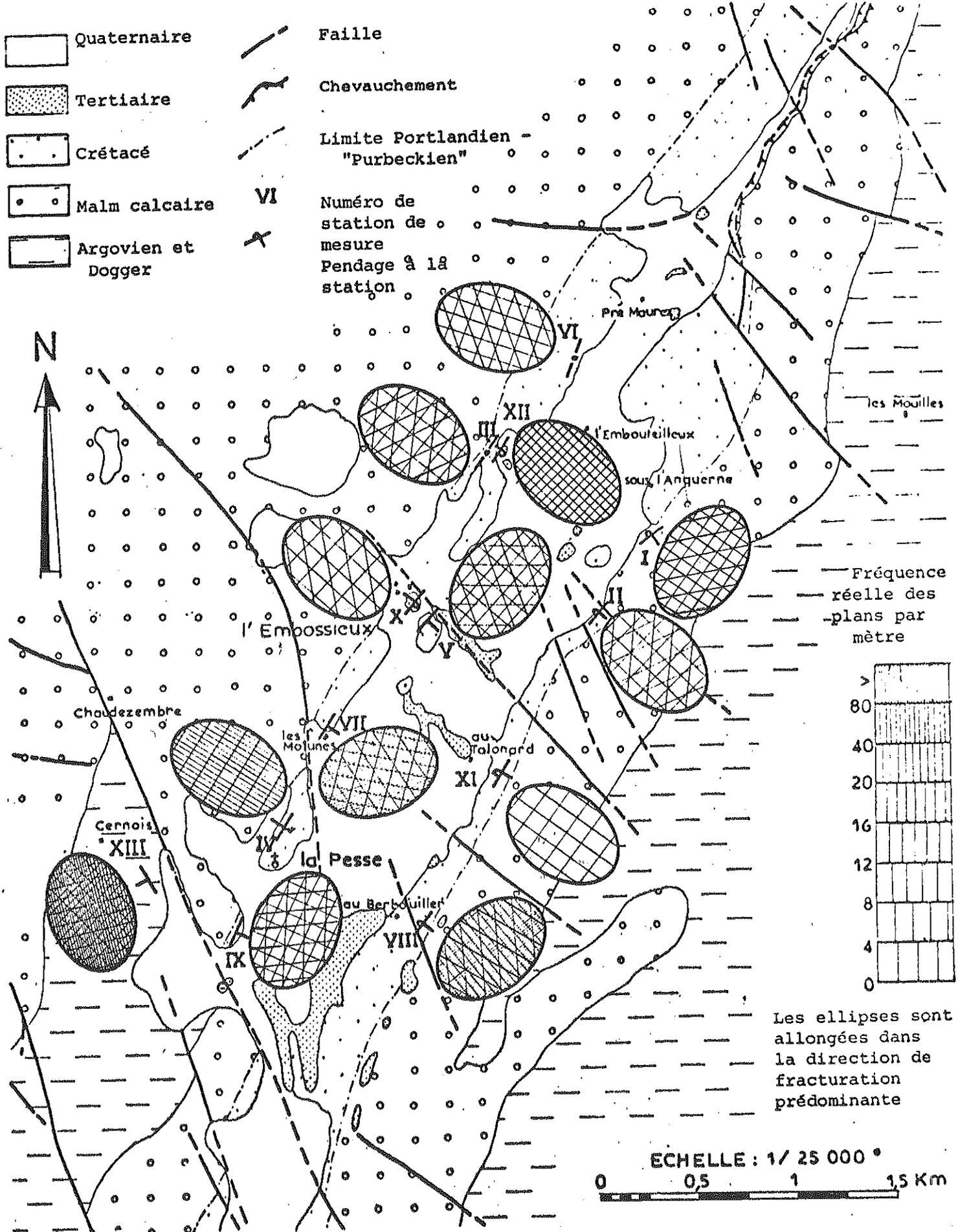
C - Topographie de la Grotte Exsurgence du Cernois (JU 88)

levée par J.M. JACQUIER
et R. LE PENNEC
1/500°



D - Rosace des directions de galeries de la Grotte-Exsurgence du Cernois (JU 88)

FIG. 58 : SYNCLINAL DE LA PESSE - LES MOUSSIERES
 FREQUENCE REELLE DE FRACTURATION



Le caractère incliné du plan P contenant les pôles des rectoclines confirme l'antériorité de la fracturation par rapport au plissement.

- Sur les photographies aériennes (fig. 57, A, B), la direction de décrochement sénestre (N 155° E) prédomine, la direction de décrochement dextre (N 105° E) est bien représentée.

On remarque que la direction de tension longitudinale n'apparaît que très peu (N 45° E) du fait même que cette direction se confond avec celle d'allongement du pli (la fracturation se distinguant mal des linéaments directement liés à la lithologie (crêts, combes, etc ...)).

La direction de tension transversale n'apparaît pas franchement, elle peut être représentée par la petite branche N 135° E.

- Le relevé topographique de la grotte effectué par J.M. JACQUIER et R. LE PENNEC (fig. 57, C,D) montre des directions de galeries prédominant autour de N 155 E, N 145 E, N 105 E, N 65 E et N 45 E, et qui coïncident avec les directions majeures observées en photographies aériennes.

En conclusion, il appert que la fracturation a été induite par des contraintes principales de même direction (N 105° E) que l'axe de raccourcissement de la structure dans la région du Cernois.

L'ordonnancement de la fracturation n'est pas affecté par le réarrangement local des contraintes responsable du pendage aberrant, le diaclasage ayant précédé le plissement.

Conclusion sur la fracturation dans le synclinal de La Pesse (fig. 58)

Un certain nombre de plans relevés n'ont pu être interprétés, leur existence pouvant être due à des phénomènes de dispersion ou de refraction. La dispersion des pôles est en relation avec l'incompétence du matériel affecté.

Sur la figure 58, seuls les plans normaux à la stratification sont représentés (rectoclines principales de tension et de cisaillement).

Sur la plupart des relevés, les joints prédominants sont les orthoclines parallèles et perpendiculaires à la direction de raccourcissement.

On remarquera que le système de tension longitudinal (N 45° E) est bien représenté, contrairement aux observations de J. P. SOPENA et J.P. SOULAS (1973, p. 37).

Six relevés sur treize (I,V,VI,VII,IX,XIII) attestent l'antériorité de la fracturation par rapport au plissement. Sur d'autres stations, la fracturation a pu se développer sur des couches déjà plissées, mais dans ce cas les directions de contraintes restent sensiblement les mêmes. Il en résulte que la fracturation mesurée dans ce pli indique soit la superposition de deux contraintes de même direction, mais décalées dans le temps, soit une déformation progressive des couches qui se fracturent puis se plissent.

ORIENTATION DES FALAISES DU MEANDRE DE LEZAT

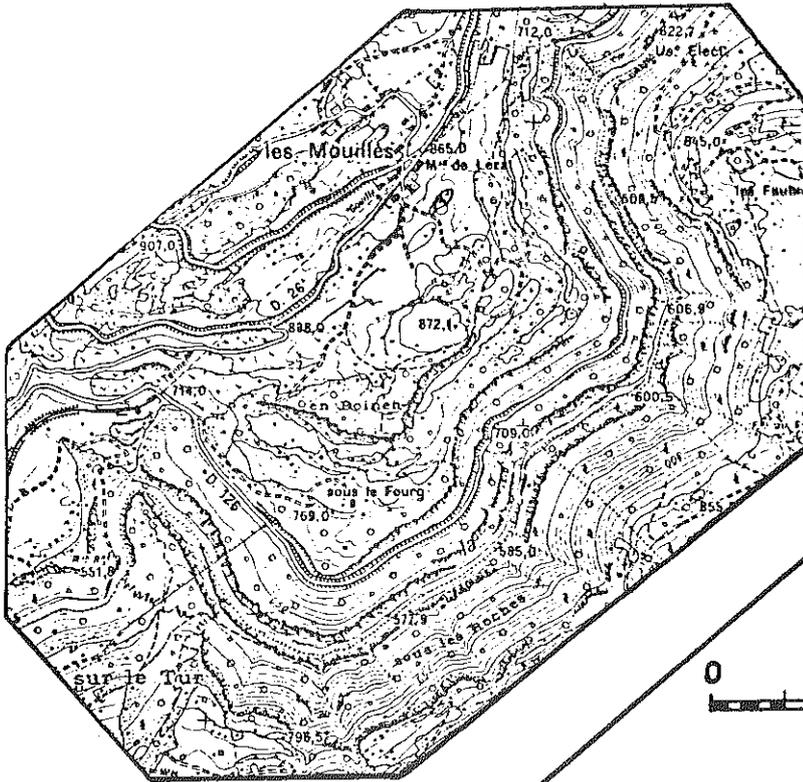
Introduction

Au niveau du grand méandre de Lézat, la vallée de la Bienne est entaillée dans les formations périrécifales du Kimméridgien, la rivière est bordée par des falaises dont nous avons étudié l'orientation (fig. 59, A).

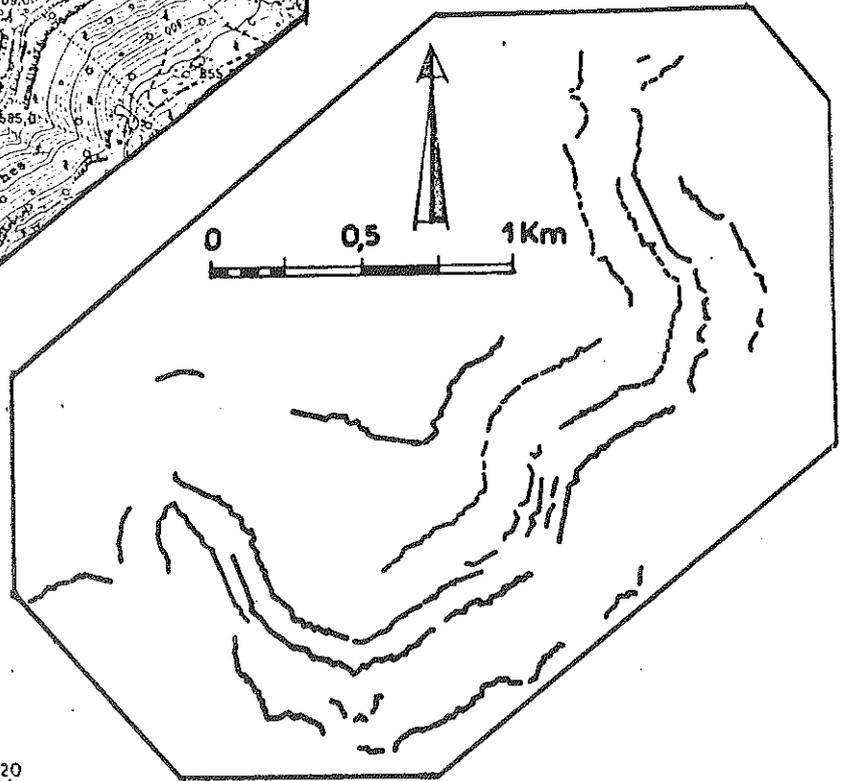
Technique d'étude (fig. 59, B et C)

Sur la carte topographique à 1/20000e, les falaises du méandre sont représentées par des tronçons d'orientation variable.

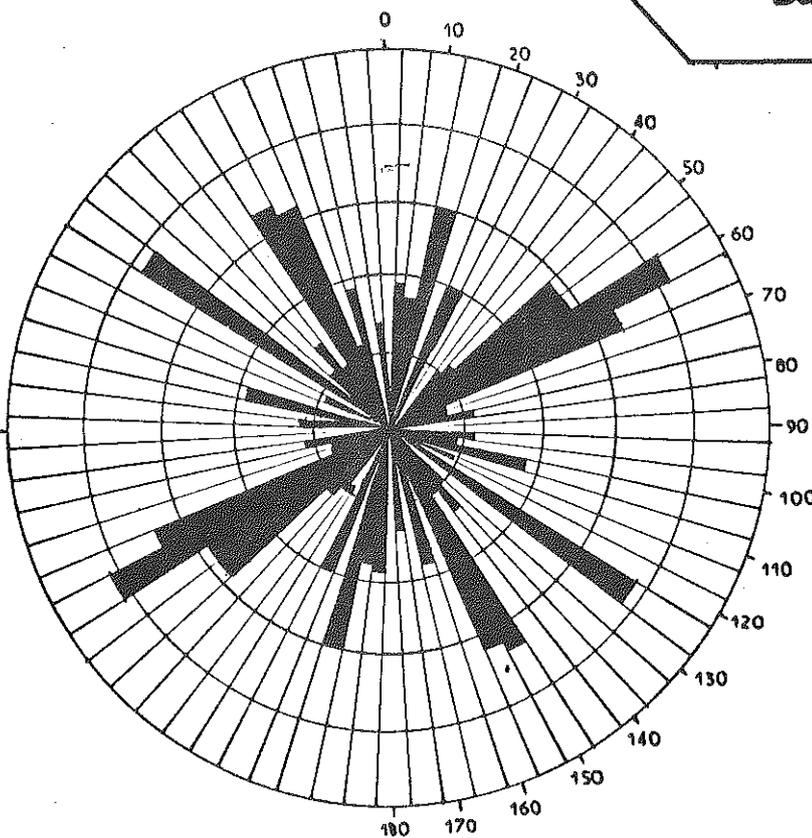
Fig. 59 : MEANDRE DE LEZAT : FALAISES ET FRACTURATION



A Carte topographique



**B analyse des segments
élémentaires
linéaires de falaises**



**C Rosace cumulative
des directions
des falaises**

Nous avons relevé la direction des tronçons affectée de leur longueur afin de réaliser une rosace cumulative (D. DUPLESSIS-KERGOMARD et J. MARTIN, 1968).

Résultats et conclusion

Les directions de falaises montrant les fréquences les plus grandes sont les suivantes : N 55 - 60° E ; N 125° E ; N 150 - 155° E ; N 10 - 15° E.

- La direction N 55 - 60° E est la direction de tension longitudinale (allongement du synclinal de La Bienne).

- La direction de tension transversale (N 150 - 155° E) ou de raccourcissement est normale à la précédente.

- La direction de cisaillement dextre (N 125° E) montre une fréquence notable.

- La direction de cisaillement sénestre (N 10 - 15° E) est également bien représentée. Elle correspond à celle de l'accident de Lézat. (voir p. 74).

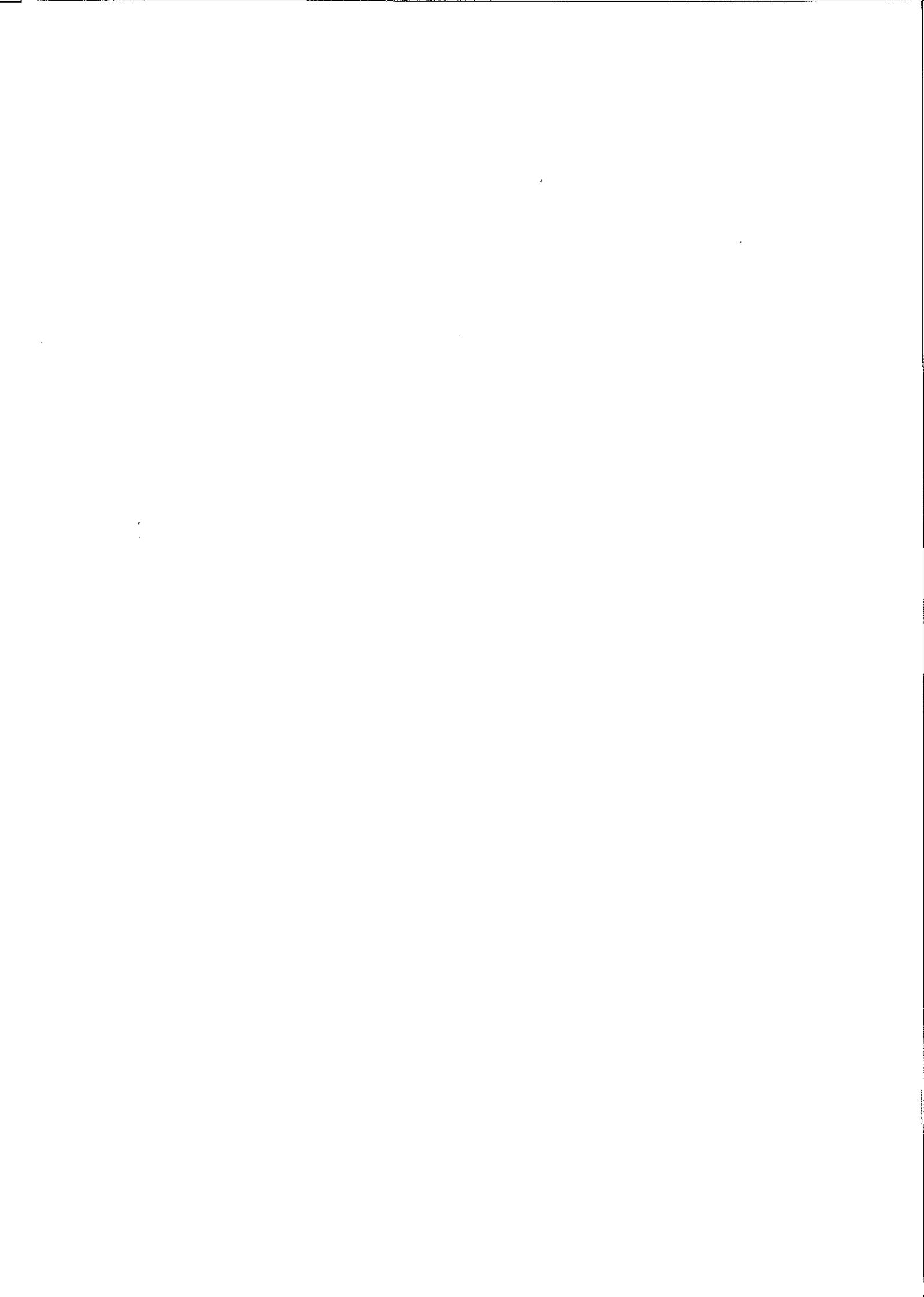
Ce relevé montre bien que l'orientation des plans de falaise est guidée par l'orientation même des joints de fracturation principaux obéissant au schéma théorique de la figure 50.

CONCLUSIONS

L'application des contraintes a fait naître des figures microtectoniques en différents points de la région ainsi qu'un diaclasage intense. Tous ces effets ont permis l'absorption à petite échelle des déformations auxquelles la région a été soumise.

L'orientation des figures microtectoniques et l'ordonnement du diaclasage ont été induits par un raccourcissement dont la direction varie du Sud au Nord entre N 120° E et N 150° E.

Les directions des plans de fractures, des tronçons de falaises, des galeries de grottes ainsi que des linéaments observés en photographie aérienne sont comparables. A l'exception des phénomènes de dispersion du diaclasage dans les roches incompetentes, et de la réfraction, la fracturation obéit aux mêmes lois à toutes les échelles d'observation. Il faut ajouter enfin que les directions microtectoniques nées avant et après (ou pendant) le plissement se superposent, elles ont été induites par des contraintes de même orientation.



HYDROLOGIE

HYDROLOGIE

INTRODUCTION

Les cours d'eau du secteur étudié ont une origine soit superficielle (ruissellement, tourbières) soit karstique (résurgences, exurgences).

L'ensemble du réseau hydrographique est drainé vers le Rhône par la Valserine, la Semine, la Bienne (1).

Tous les cours d'eau importants ont été ancestralement exploités pour la force motrice et de nombreux canaux où "arrivoirs" faisaient tourner des usines (martinets, scieries, moulins, etc ...) aujourd'hui, les cours d'eau sont encore exploités pour l'hydroélectricité (Bienne, Flumen, Abîme) et par quelques ateliers de tournage.

TOPONYMIE

L'hydrologie a de tout temps guidé les hommes dans leurs habitudes. Elle est à l'origine d'un certain nombre de noms de lieux dont le sens étymologique n'est pas toujours évident.

Nous donnons ici la signification de quelques termes et noms de lieux en usage dans la région à la lumière des ouvrages de J.B. BERGIER (1881), M. DUBOIS (1959), A. PEGORIER (1963), A. VINCENT (1937).

(m.)	: nom masculin	(l.d.)	: lieu dit
(f.)	: nom féminin	(riv.)	: rivière

ABÎME (m.) : Gouffre très profond. (ex. Trou de l'Abîme).

BALME, BAUME, BORNE (f.) : Grotte profonde. (ex. La Balme, comm. des Bouchoux ; La Borne aux Loups, comm. des Moussières).

BIEF (m.) : Petit torrent n'ayant pas d'affluent. (ex. Bief Noir, Bief Froid).

BOURBOUILLON (m.), *BERBOUILLER* (m.) : Creux criblés de fissures, situés dans des bas fonds marécageux, qui jouent tantôt le rôle de puits absorbant et tantôt rejettent de l'eau qui peut inonder les alentours en bouillonnant, d'où le nom de bourbouillon (M. DUBOIS, 1959), (ex. Bourbouillon, comm. de Longchaumois ; ou Berbouiller, comm. de La Pesse).

CONDAMINE (l.d., f.) : de CUM., confluent, village établi au confluent de la Bienne et de l'Abîme (dépend. de St-Claude).

CONDAT (l.d.) : de CUM., confluent, c'est ainsi que l'on nommait le confluent de la Bienne et du Tacon au Ve siècle, avant que St-Romain n'y établisse son abbaye, plus tard, ce lieu prit le nom de St-OYEND-DE-JOUX (VIe siècle), puis de St-CLAUDE (XIIIe siècle).

COULOIRS (m.) : Falaises allongées à parois raides (ex. Les Couloirs, comm. des Bouchoux, les Grands Couloirs, comm. de Coyrière).

CRAMEZANE (f.), *CREMEZAN* (l.d.) : Gouffre. (ex. Perte de Cremezan ou du Berbouiller, comm. de La Pesse).

CROS (f.), *CROTTE* (f.), *CROZAT* (f.), *CROZATE* (f.), *CROZET* (m.) : Creux ou grotte.

CUVALOUP (l.d.) : de CUVE, creux ou grotte au loup.

DANE (f.) : Gouffre (ex. la Dâne de Suza, ou gouffre Picard, comm. des Moussières).

DOUA (f.), *DOYE* (f.) : exurgence, fontaine (ex. La DOYE près de Morez).

DOUVERAINE ou *DOUVRAINE* (riv.) : du Gaulois DUBR., eau.

(1) Il est anecdotique de noter que le village des Rousses, situé en bordure orientale de la région qui nous intéresse, est implanté sur la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Méditerranée, drainé par la Valserine, le Bief de la Chaille et la Bienne, et celui de la mer du Nord drainé par l'Orbe.

EMPOSIEUX (m.) : Gouffre où se perdent les eaux, syn. : *L'EMBOSSIEUX*, *L'EM-BOUTEILLA*, *L'EMBOUTEILLEUX*, engolieu, engollon, empoue.

ETAIN (l.d.) : de *STANC.*, *STANG.*, étang, eau stagnante. (ex. : Sur l'Etain, comm. de Septmoncel).

FOULES (l.d.) : de *FOULON*. Dans le cirque *DES FOULES* se trouvaient des moulins où l'on utilisait de la terre à foulon pour dégraisser des étoffes.

GOUILLE (f.) : Flaque ou mare d'eau (ex. Chalet de la Gouille, comm. de Bellecombe).

GRUSSE (f.) : de *GRAU* : rocher et *USSE* : eau, source sortant d'un rocher.

LESINE (f.) : Grande diaclase verticale pouvant atteindre de très grandes profondeurs (ex. La Lésine au Miroir près de Vaucluse, comm. de St-Claude).

MOLUNE (f.) : endroit humide marécageux. (ex. les Basses Molunes de La Pesse).

MOUILLES (f.) : Endroit humide, marécageux. (ex. Les Mouilles, comm. de Bellecombe).

MORTES (f.) : Eaux stagnantes.

RASSES (f.), *ROUSSES* (f.) : Lieu humide, planté de roseaux et joncs. (ex. Chalet des Rasses, comm. des Molunes, Les Rousses comm.).

RIOTE (f.) : de *RIOT*, *RIOU*, *RIVUS*, torrent souvent à sec. (ex. la Riôte, comm. de Villard-St-Sauveur).

TACON (riv.,m.) : de *TACHON*, torrent bruyant venant du haut.

VAIVRE, *VEVRE* (f.) : marécage.

ECOULEMENTS DE SURFACE

Le secteur étudié ne comporte qu'assez peu de rivières et de ruisseaux ayant pour origine des eaux de ruissellement ou émanant de zones marécageuses sur substratum argileux, c'est le cas de la Bienne, de la Valserine, du ruisseau de Pissevieille, du ruisseau de Chapy, de la Blénère et du Grosdar, etc ...

Les sources de la Grande-Molune (commune de La Pesse, x = 872,35 ; y = 151,81) et au Talonard (commune de La Pesse, x = 871,38 ; y = 149,48) sont issues des niveaux gréso-conglomératiques du Miocène.

Ces cours d'eau sont pour la plupart renforcés par des affluents dont l'origine est karstique, c'est-à-dire issus d'exurgences et de résurgences (l'Abîme, le Flumen, le Tacon, etc ...).

Le cours de la Bienne est équipé de limnigraphes installés par la circonscription électrique Est, à Tancua (x = 878,45 ; y = 174,45) au Chenavier (x = 871,36 ; y = 163,50) et à Chassal (x = 865,38 ; y = 156,90).

En amont de Tancua, la Bienne collecte les eaux du Bief de la Chaille et de l'Evalide. Entre Tancua et le Chenavier, elle reçoit de petits torrents temporaires. Entre le Chenavier et Chassal, elle est renforcée en rive gauche par la Blénère, l'Abîme et le Tacon (recevant lui-même les eaux du Flumen, du Grosdar et du Bief des Foules), et en rive droite par le Lison.

débit	Tancua	Chenavier	Chassal
moyen annuel (m ³ /s)	6,95 (sur 11 ans)	9,35 (sur 17 ans)	21,00 (sur 26 ans)
minimum moyen journalier 1973	0,390 le 8.01.73	0,492 le 8.01.73	*
maximum moyen journalier 1973	40,9 le 15.10.73	86,00 le 15.10.73	158,00 ** le 15.10.73
maximum instantané	59,00 le 15.10.73	156,00 le 15.10.73	220 le 15.10.73

* les débits journaliers sont influencés par les éclusées de l'usine hydroélectrique de Porte-Sachet.
 ** le 15.10.73 le débit moyen journalier était de 137 m³/s (2^e valeur de l'année).

Fig. 60 : DÉBIT DE LA BIENNE

HYDROLOGIE KARSTIQUE

En dehors d'affleurements réduits de marnes et de dépôts morainiques largement développés dans les vallées, l'essentiel de la région est établi sur des calcaires. Le cours aérien des ruisseaux est en général très réduit, les eaux se perdant rapidement dans les calcaires sous-jacents à la faveur de dolines et de gouffres absorbants ("Embossieux", "Embouteilleux", etc ..., voir p. 120). Les zones dépourvues de ruissellement sont parsemées de dolines (Les Moussières, Combe du Lac ...) ou de lapiez ("Lésines", voir p. 120).

On observe souvent de longues vallées sèches au profil peu déformé reliant des pertes avec les vallées.

LES LAPIEZ

Les lapiez se forment souvent sur les surfaces structurales calcaires. La dissolution de la roche s'effectue suivant les principaux plans de fissures. Elle peut aboutir à la formation de lames verticales de calcaire séparées par des cavités atteignant plusieurs mètres de profondeur, c'est ce qu'on peut observer dans le lapiez de Septmoncel établi sur les calcaires du Berriasien supérieur du flanc occidental du synclinal entre les Clavières et le Chaudeau de Gendarme. (fig. 61).

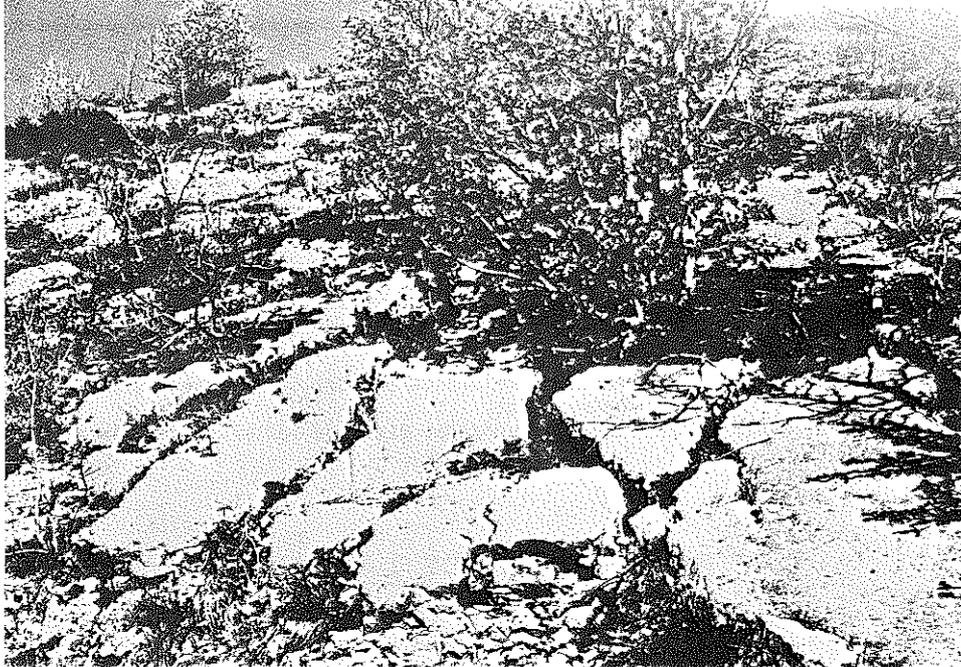


Fig. 61 : LAPIEZ DE SEPTMONCEL.

On trouve aussi de beaux exemples de lapiez, sur le flanc portlandien du pli de Sur-les-Grès, sur le Bathonien du noyau anticlinal des Molunes (où les diaclases conjuguées de cisaillement déterminent des dalles régulières).

Le long de la route de l'Embossieux aux Bouchoux ($x = 869,31$; $y = 151,19$), on remarque un lapiez dans les calcaires du Kimméridgien inférieur où l'on distingue nettement les différentes directions des sillons liées à la fissuration (fig. 62).

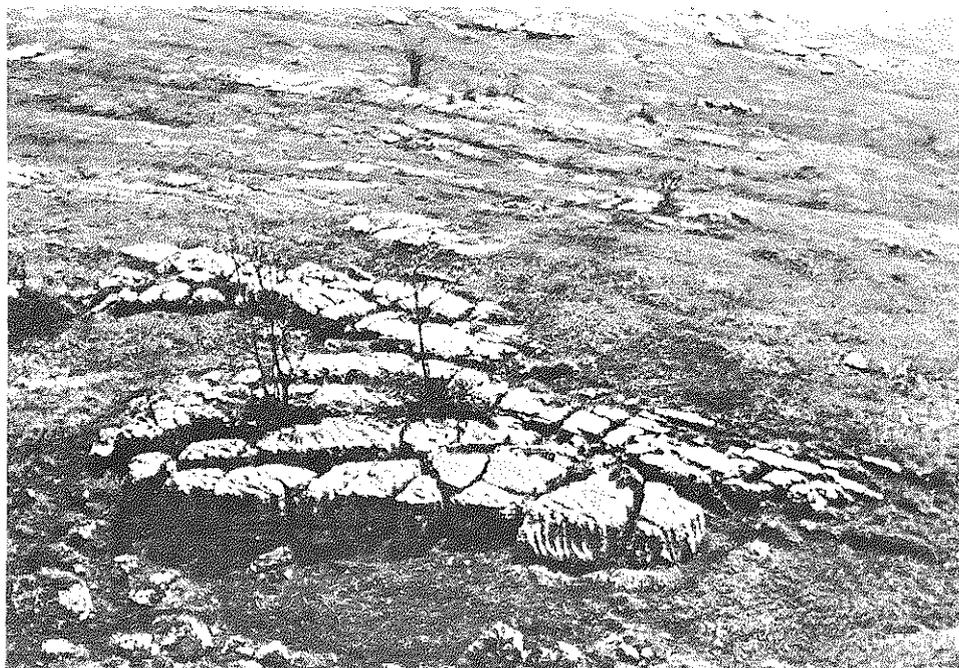


Fig.62: LAPIEZ DES BOUCHOUX.

LES DOLINES

On entend par dolines les dépressions dont la taille va de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, et dont la forme peut varier assez considérablement suivant les conditions dans lesquelles elles se sont formées. Les dolines peuvent avoir une forme de cuvette à bords abrupts, une forme de puits lorsqu'elles sont plus profondes que larges, dans la région de nombreuses dolines sont en forme d'entonnoir à pente douce.

Elles apparaissent souvent dans des zones où la fracturation est accentuée (décrochements, vallées sèches).

Dolines et lithologie

Nous avons observé la présence de dolines dans des contextes lithologiques différents, dans le Dogger, dans les combes argoviennes, dans les calcaires du Malm et dans les synclinaux crétacés.

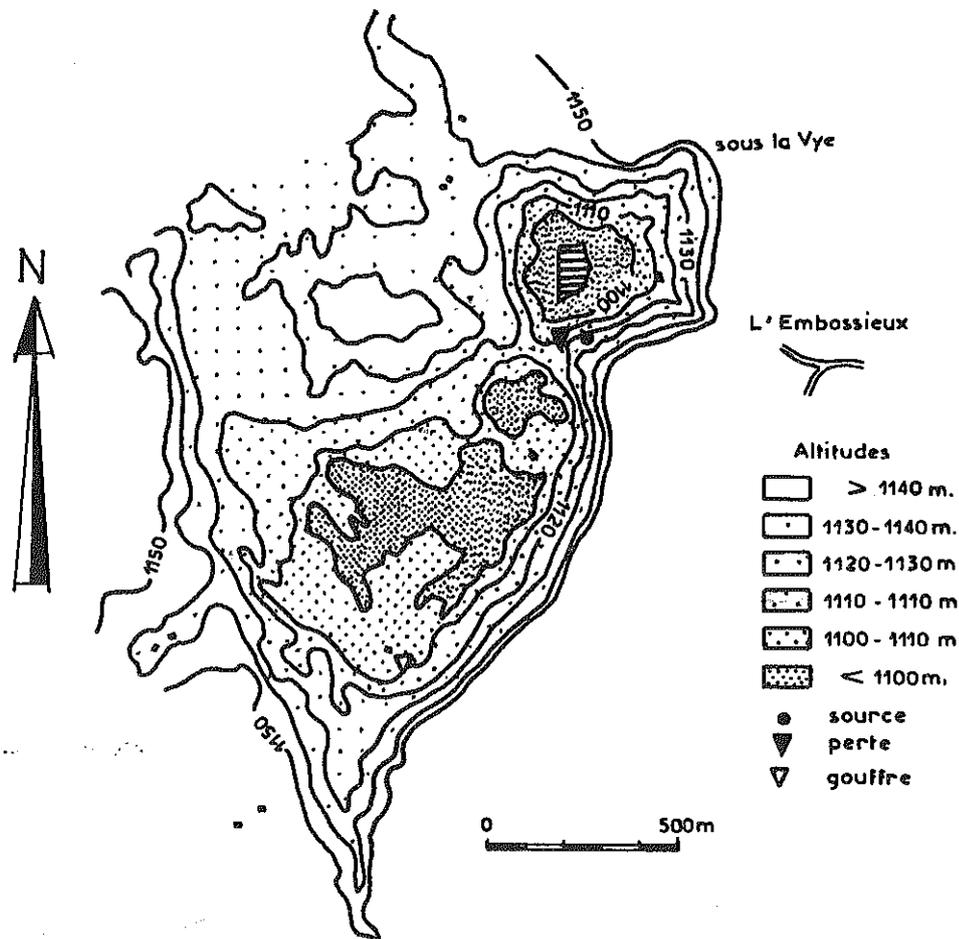


Fig. 63 : OUVALA DE CHAUDEZEMBRE : TOPOGRAPHIE

Le fond de l'ouvala se subdivise en trois dépressions. La plus septentrionale est en fait une doline de 300 m de diamètre et de 60 m de profondeur, au fond tourbeux. A la base, des fissures assurent généralement sa vidange mais peuvent être émissives en période de crue.

Cette submersion doit intervenir quand le niveau de la nappe karstique est à une altitude supérieure à celle du fond de l'ouvala.

LA VALLEE AVEUGLE DE LA COMBE DU LAC

Comme le ruisseau de Pisseviéille (commune de Longchaumois) et la vallée de Froide-Combe (commune de La Pesse, la Combe du Lac est une *vallée aveugle*, c'est-à-dire que son drainage superficiel est interrompu vers l'aval par l'absorption des eaux dans le sous-sol.

Le Bief Froid recueille le ruissellement et les écoulements de tourbière du Pivot ($x = 882,78$; $y = 164,82$). Du lieu-dit Source du Bief Froid à 1195 m d'altitude, jusqu'au lac de Lamoura, il coule sur des dépôts morainiques recouvrant le coeur synclinal barrémien. Le lac établi à l'amont d'un seuil

naturel de quelques mètres de hauteur est relié par des canaux à 3 pertes situées à 1150 m d'altitude environ. Ces pertes constituent les seuls exutoires du lac et privent la vallée d'écoulement superficiel à l'aval. (vallée sèche à l'aval du Lac de Lamoura), (voir p. 131 et fig. 54).

LES VALLEES SECHES

La région étudiée est parcourue par plusieurs vallées sèches, présentant généralement une perte à l'amont. Leur profil est peu déformé, et elles sont encore actives en période de crue. Certaines débouchent sur d'importantes émergences karstiques (vallée sèche de l'Embouteilleux et du Bief des Parres), d'autres se prolongent par un cours d'eau alimenté par le ruissellement (Les Clavières, l'Anquerne).

Le tableau de la figure 64 permet de comparer les caractéristiques des différentes vallées sèches.

N O M	LONGUEUR KM	DEHIVELEE M	PENTE %	POSITION STRUCTURALE r = repli A = Anticlinal S = Synclinal	SERIE TRAVERSEE	PERTES AMONT	COURS D'EAU AVAIL K = Karstique S = Superficiel
Aval Lac Lamoura	3	100	3,3	coeur S. Combe du Lac	Barrémien	Pertes Nord et Sud Lac Lamoura	R ^{AV} de la Chenevière (S)
Les Clavières	0,7	20	2,9	flanc Ouest S. Sept- moncel	Barrémien	infiltration diffuse	R ^{AV} de Chapy (S)
Bief des Parres	6	630	10,5	flanc Ouest A. Molunes . S la Pesse . r. A Roche Blanche . r. S la Rapine	"Argovien" Crétacé Oxfordien sup.	4 pertes localisées. Infiltration diffuse	le Bief Blanc (K) la Riôte (K) le Bief Noir (K)
l'Anquerne	0,5	50	10	flanc Est S. la Pesse	Oxfordien sup. à Valanginien	Perte de l'Anquerne	R ^{AV} de l'Embouteil- leux (S)
l'Embouteilleux	2,6	225	8,7	flanc Ouest S. la Pesse . r. A Chaudézembre	Hauterivien à Oxfordien sup.	Perte de l'Embou- teilleux	la Douveraine (K) le Mardasson (K)
le Bief de la Chaille supérieur	2,5	140	5,6	A Tuffes flanc Ouest S. Jouvencelles	Portlandien et Crétacé infé- rieur	infiltration diffuse	Bief de la Chaille (S)

Fig. 64 : VALLEES SECHES ENTRE LES ROUSSES ET LA PESSE

Vallée sèche des Clavières (fig. 64, 68)

Entre les Selmembergs et les Clavières, le coeur barrémien du synclinal de Septmoncel communique par cette vallée sèche avec la "combe hauterivienne" occidentale.

La station d'épuration du village de Lamoura (x = 877,34 ; y = 160,19) rejette les eaux traitées dans des fissures des calcaires du Barémien, sans qu'on ait contrôlé une éventuelle contamination des sources captées par la ville de St-Claude aux Foules et à Montbrillant.

Vallée sèche du Bief des Parres (fig. 64, 68)

Elle fait communiquer le secteur de Bellecombe avec le Flumen. Né près de Boulème (x = 875,93 ; y = 153,97), le Bief des Parres se perd, selon son débit un peu en aval du Pont des Crottes, dans l'Argovien des Grands Prés et du Pré-Fillet, dans le Crétacé de Combe Bry et éventuellement dans le Jurassique supérieur de l'Ecula Millet.

En aval de l'Ecula Millet, des gorges encaissées et à forte pente alignées sur l'"accident de St-Claude" rejoignent le cours du Bief Blanc (voir "Oxygène 18", p.140).

Aucun essai de traçage n'a été pratiqué dans les pertes du Bief des Parres.

Vallées sèches alignées de l'Anquerne et de l'Emboutilleux (fig. 64, 65, 68)

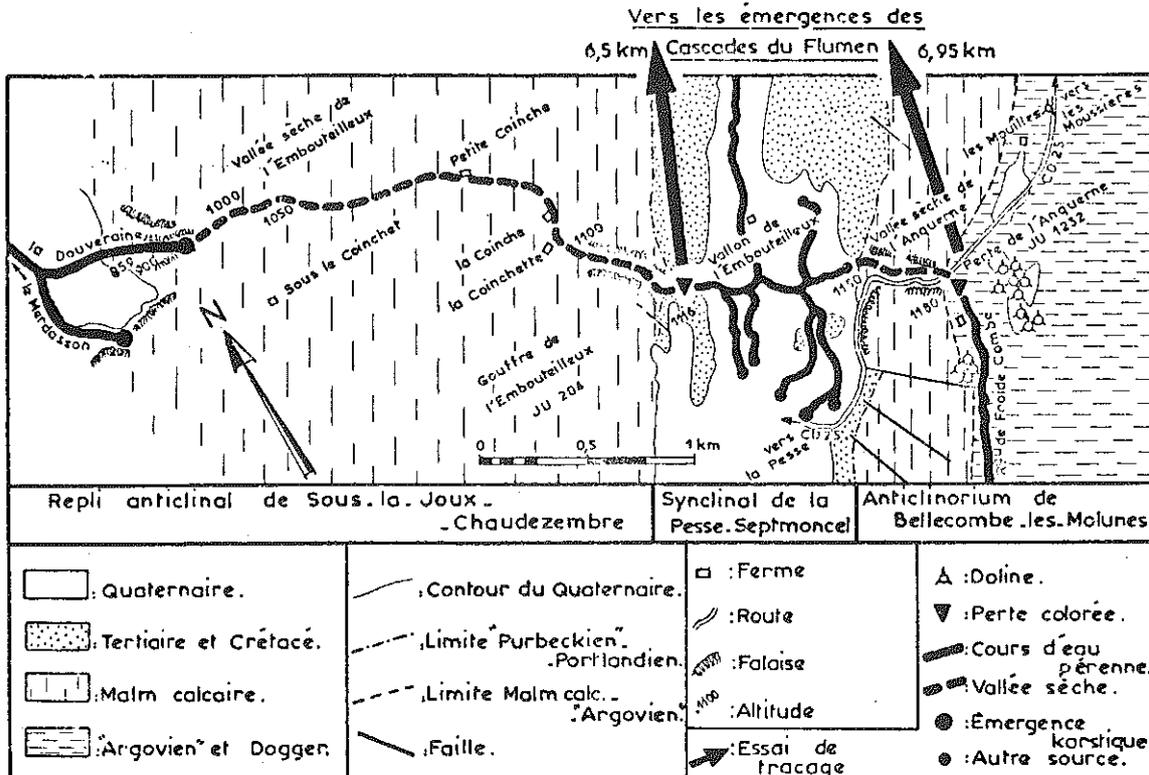


Fig. 65 : VALLEES SECHES ALIGNEES DE L'ANQUERNE ET DE L'EMBOUTILLEUX

N O M	T Y P E Go : Gouffre Gr : Grotte Em : Emergence Le : Lésine	C O M M U N E	x	y	z m	Etage	C O N T E X T E S T R U C T U R A L u = unité ch = chevauchement fl = flanc A = Anticlinal fr = front S = Synclinal co = coeur M = Monoclinal	Développement m	Dénivelée m	Observations
Trou de l'Abîme	Go - Em	Saint-Claude	872,51	162,55	530	J ²	ch. Saint-Claude		45	voir p.158 (noyé)
La Baime	Gr	Les Bouchoux	868,61	149,56	1024	J ⁵ Sup	fl. Ouest S. Couloirs	35		
er. Belbouchet	Go	Longchaumois	880,40	166,78	1245	J ⁸	A. Tressus les Arcets		32	
Bief Noir	Go - Em	Septmoncel	872,43	157,59	475	J ⁶	S. la Rapine		> 35	voir p.151 (noyé)
Celarys A	Go	Septmoncel	877,20	162,50	1175	J ⁸	fl. Est A. Tressus		32	
Cernétrou	Go	la Pesse	868,80	146,30	1200	J ⁸	fl. Est S. Couloirs		50	
Cernois	Gr - Em	la Pesse	869,88	148,84	1150	J ⁵ Sup	fl. Ouest A. Chaudezembre	60		voir p.104
Chaffardon	Gr	Saint-Claude	871,94	159,90	518	J ² Sup	fl. Ouest A. Chaumont	135		
la Chaux-Berthod	Go	Lamoura	878,20	162,75	1160	n ⁴	co. S. Eterpets	35	12	
Foules B	Gr	Chaumont (Saint-Claude)	873,78	159,28	840	J ⁸	fl. Ouest S. Sur la Roche	45	25,4	
Foules C	Gr	Chaumont (Saint-Claude)	873,70	159,20	702	J ⁶	fl. Ouest S. Sur la Roche	5000	+ 129 - 105 234	Réseau actif
Frénois	Gr	Saint-Claude	873,52	161,90	960	J ⁶	M. Frénois	112		
Frénois A	Le	Saint-Claude	873,49	161,90	990	J ⁶	M. Frénois	120		
Frénois B	Le	Saint-Claude	873,30	161,95	920	J ⁶	M. Frénois	70	55	
Frénois C	Le	Saint-Claude	873,80	162,00	1000	J ⁶	M. Frénois	200	80	
Frête	Go	les Moussières	872,42	154,40	1140	J ⁸	A. Sous la Joux		32	
Haut Crêt A	Go	Saint-Claude	877,10	164,50	1150	J ⁷	M. Frénois		32	
au Miroir	Le	Saint-Claude	873,76	163,69	840	J ⁶	M. Frénois	100	60	
Grande Molune	Go	les Moussières	872,70	151,76	1220	J ⁹	fl. Est S. la Pesse		36	16 m en 1972
Moulins de Monté- pile A	Gr	Septmoncel	874,70	156,43	926	J ⁷	fr. Ch. Moulins	1000	+ 22 54 - 32	voir p.151
Moulins de Monté- pile B	Gr	Septmoncel	874,71	156,44	912	J ⁷	fr. Ch. Moulins	50		
Picard	Go	les Moussières	870,20	154,10	1050	J ⁹	S. la Rapine		50	
la Riôte	Gr	Villard St Sauveur	872,09	156,62	850	n ²	S. la Rapine	67		
Saint	Go	Saint-Claude	872,40	162,24	520	J ⁹	fr. Ch. Saint-Claude	38	25	
Sainte-Anne	Gr	Saint-Claude	871,60	160,51	600	J ⁹	U. Ch. Mt Bayard	125		gravures rupestres
Sarrasins	Gr	Septmoncel	873,80	157,84	820	J ⁸	A. Sur les Gres	50	20	
Tas	Le	Saint-Claude	873,61	163,69	810	J ⁶	M. Frénois	150	35	
Vaucluse A	Gr	Saint-Claude	874	163	770	J ⁶	M. Frénois	35		

Fig. 66 : CAVITES DU SECTEUR MOREZ - SAINT-CLAUDE - LA PESSE

Une vallée sèche fait communiquer le champ de dolines de l'Anquerne avec le vallon de l'Embouteilleux, à travers les calcaires du Malm. Le ruisseau de l'Embouteilleux qui draine le vallon se perd dans le Crétacé en tête d'une vallée sèche située dans le prolongement de la précédente et qui rejoint à travers les calcaires du Malm les falaises du Tacon au-dessus des émergences karstiques de la Douveraine et du Merdasson.

Des essais de traçage (voir p. 131 et fig. 69) ont prouvé que malgré cette configuration, les pertes de l'Anquerne et de l'Embouteilleux sont en relation avec les émergences des Cascades du Flumen, aucun indice de traceur n'a été détecté aux émergences de la Douveraine et du Merdasson (J. MUDRY et P. ROSENTHAL, 1975, 1976).

Les vallées sèches sont donc actuellement indépendantes des circulations souterraines. Leur origine est liée à un écoulement ancien de surface capturé à un moment donné par le milieu souterrain.

GOUFFRES ET GROTTES

La majorité des gouffres et des grottes reconnus ont un développement de taille modeste (quelques dizaines de mètres). Cette limitation est liée à la complexité de la structure, les variations rapides de pendages et les répétitions de séries dues aux plis et chevauchements ainsi que les dimensions réduites des massifs karstiques sont des obstacles au développement des réseaux pénétrables.

Les grottes des Foules C et des Moulins de Montépile A sont les seules cavités explorées qui excèdent 1000 m de développement. (fig. 66). Il faut remarquer que le réseau des Foules comporte des galeries dont l'orientation dominante est voisine de N 50° E correspondant à la direction d'allongement du synclinal de Sur la Roche - Les Eterpets. Aux Moulins de Montépile, la cavité est située au coeur de la dépression axiale du Flumen (voir p. 90). Les galeries sont souvent orientées suivant la direction d'allongement des plis (N30°E), quelquefois suivant leur direction de raccourcissement (N120°E).

Les cavités dont le développement ou la dénivelée dépassent 30 mètres sont repertoriées dans la figure 66, établie d'après J. COLIN (1966) et grâce à des documents du spéléo-club San-Claudien. A côté de ces grottes et gouffres de moyenne et de grande dimensions, les spéléologues locaux en ont décrit près de 80 de plus petite taille.

RELATIONS ENTRE LES FAILLES ET LES FORMES KARSTIQUES DE SURFACE

De nombreuses sources sont situées sur le tracé ou à proximité des accidents décrochants.

Au Nord de Lamoura, l'accident de l'Embouteilla est jalonné par plusieurs sources (synclinal de la Combe du Lac et synclinal de la Chaux Berthod). Près de la source de l'Embouteilla il existe un gouffre profond de 16 m.

Le long de l'accident des Mouilles, au Sud des Moussières, des petites sources et une perte sont alignées.

La vallée sèche du Bief des Parres (voir p. 127) suit l'accident "de St-Claude".

Les pertes des Basses Molunes de La Pesse (fig. 67) sont alignées sur l'accident sénestre de Sur les Pièces qui traverse l'ouvala de Chau-dezembre (voir p. 124). Une petite source prend naissance et se perd sur l'accident. La faille rejoint vers le Nord le synclinal des couloirs en direction des émergences du Merdasson.

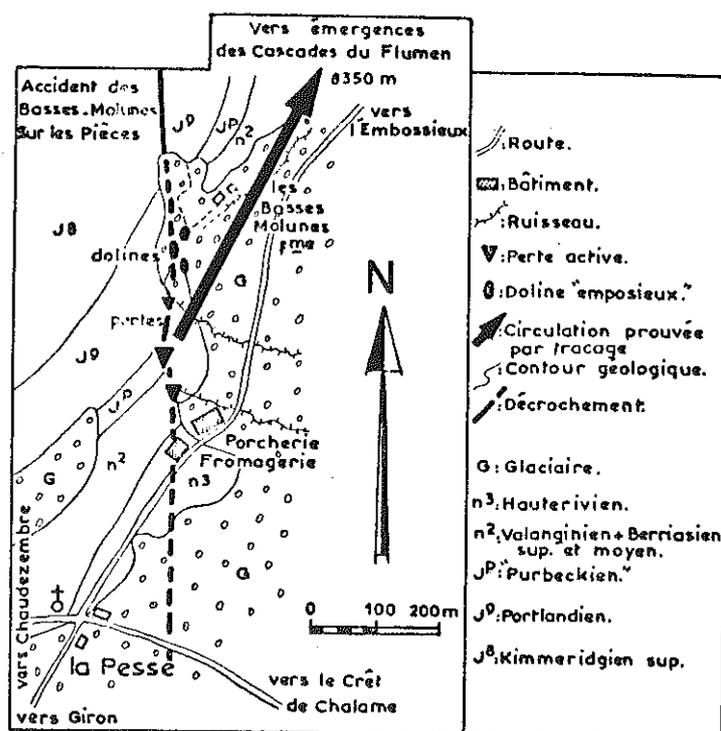


Fig. 67 : ALIGNEMENT DES PERTES DES BASSES-MOLUNES SUR L'ACCIDENT SENESTRE DE SUR LES PIÈCES

Malgré cette disposition, l'eau qui se perd aux Basses Molunes réapparaît aux émergences des Cascades du Flumen (voir p.131). La fréquence accrue de la fracturation sur le lieu de l'accident (voir fig. 58), a en fait permis aux eaux de rejoindre le réseau profond de fissures ouvertes longitudinales.

ESSAIS DE TRACAGE

Introduction

Des essais de traçage effectués sporadiquement depuis le début du siècle jusqu'en 1950 et plus intensivement en 1973, 1974 et 1975 ont permis de préciser certains écoulements (voir fig. 68 et tableau-figure 69). Ces dernières expériences ont été faites en collaboration avec le Spéléo-Club San-Claudien (S.C.S.C.), le Service Régional d'Aménagement des Eaux de Franche-Comté (S.R.A.E.), la ville de St-Claude et la Direction Départementale de l'Agriculture du Jura (D.D.A.).

Méthodes

A l'exception de la coloration de 1922 à la Chaux-Berthod, surveillée avec le grand fluoroscope de Trillat (seuil de détection : 10^{-7} kg/l), toutes les anciennes colorations ont été contrôlées à l'oeil nu, sur un nombre réduit de points de surveillance.

Les expériences de 1973, 1974, 1975 ont été surveillées en de nombreux points (de 15 à 42) grâce au fluorimètre Turner du S.R.A.E., par mesure de la fluorescence des échantillons d'eau (seuil de détection 5.10^{-9} kg/l) et des solutions alcooliques de potasse obtenues par traitement des fluocapteurs (L. BADIN et Ch. MAYA, 1971). Le traceur employé était la fluorescéine.

La détection qui fait appel à un seul paramètre physique et qui est confirmée par le traitement des fluocapteurs est une méthode plus reproductible et plus précise que la surveillance à l'oeil nu. Ainsi, en 1945, pour l'expérience des Moussières, le colorant a été vu en 3 points, il est possible qu'il en soit passé en d'autres émergences sans qu'on l'ait décelé. C'est pourquoi il serait utile de tenter à nouveau des essais de traçage à partir des points d'injection des colorations anciennes.

N.B. - La surveillance de la fluorescence de l'eau montre que ce paramètre est variable en fonction de l'état du réseau karstique (influence des matières en suspension, en solution, des pollutions, etc ...), il est donc nécessaire de contrôler les courbes de passage du colorant par l'utilisation des fluocapteurs qui doivent fournir une solution alcoolique de potasse colorée après traitement, s'ils ont absorbé le traceur.

Circulations (fig. 68 et 69)

- Région de Morez

Dans le synclinal des Repentys, un essai de traçage à la sciure a été tenté autrefois à la Perte du Moulin de l'Enfer. La sciure est réapparue à la source de La Doye. L'extension vers le Sud du drainage par la vallée de la Bienne reste à préciser par de nouveaux essais.

- Région de Lamoura (Rive droite du Flumen)

Sur la rive droite du Flumen, les émergences du Saut du Chien, des Foules et de Montbrillant drainent les synclinaux des Eterpets et de la Combe du Lac au moins depuis la Chaux-Berthod et le lac de Lamoura.

Des essais de traçage à venir pourraient préciser l'extension du système vers le Nord (gouffres de l'Embouteilla et du Pivot).

La coloration de la doline de Laisia ayant montré une circulation vers les Moulins, il conviendrait de colorer les pertes du Manon et des Molunes, un essai de traçage dans les pertes de Lajoux devant être tenté prochainement.

- Région Les Moussières - La Pesse (Rive gauche du Flumen)

Le synclinal crétacé de Septmoncel - La Pesse et la bordure occidentale de l'anticlinorium des Molunes - Bellecombe sont drainés par les plus grosses émergences karstiques du secteur : les Cascades du Flumen, et par les sources karstiques voisines du confluent du Flumen et du Tacon (Bief Noir, Cul Châtelet, Bief Cresson).

Malgré - la faible distance et la dénivelée existant entre Les Basses Molunes, l'Embossieux, l'Embouteilleux et la vallée du Tacon

- la présence de pertes en tête de vallées sèches orientées vers l'WNW (l'Anquerne, l'Embouteilleux, voir p.127).

- l'alignement de pertes sur un décrochement dirigé vers la vallée du Tacon (les Basses Molunes, voir p. 129).

- ou l'existence d'un plan de chevauchement (La Combe aux Prosts),

tous les traçages effectués dans cette région ont abouti aux Cascades du Flumen.

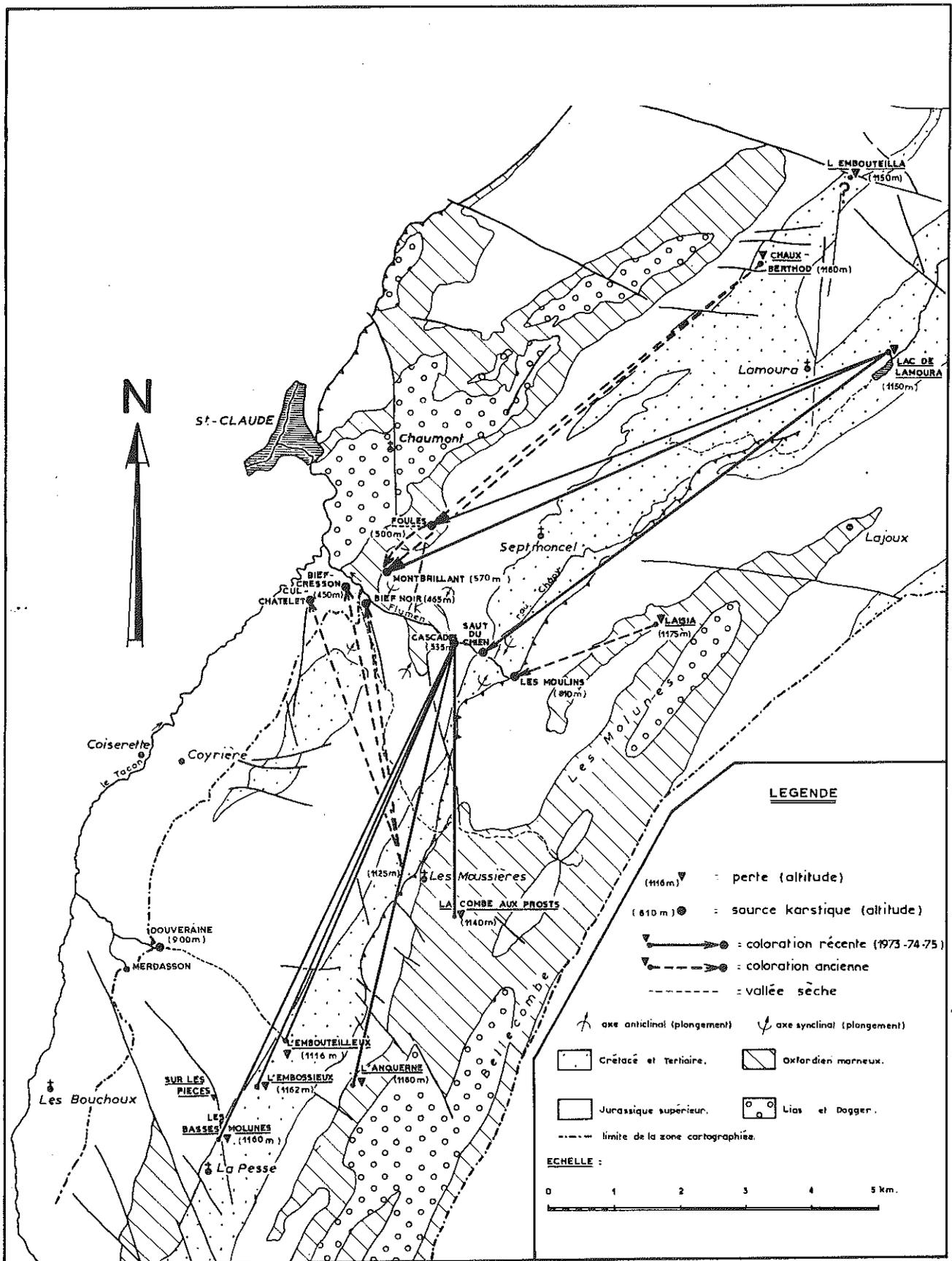
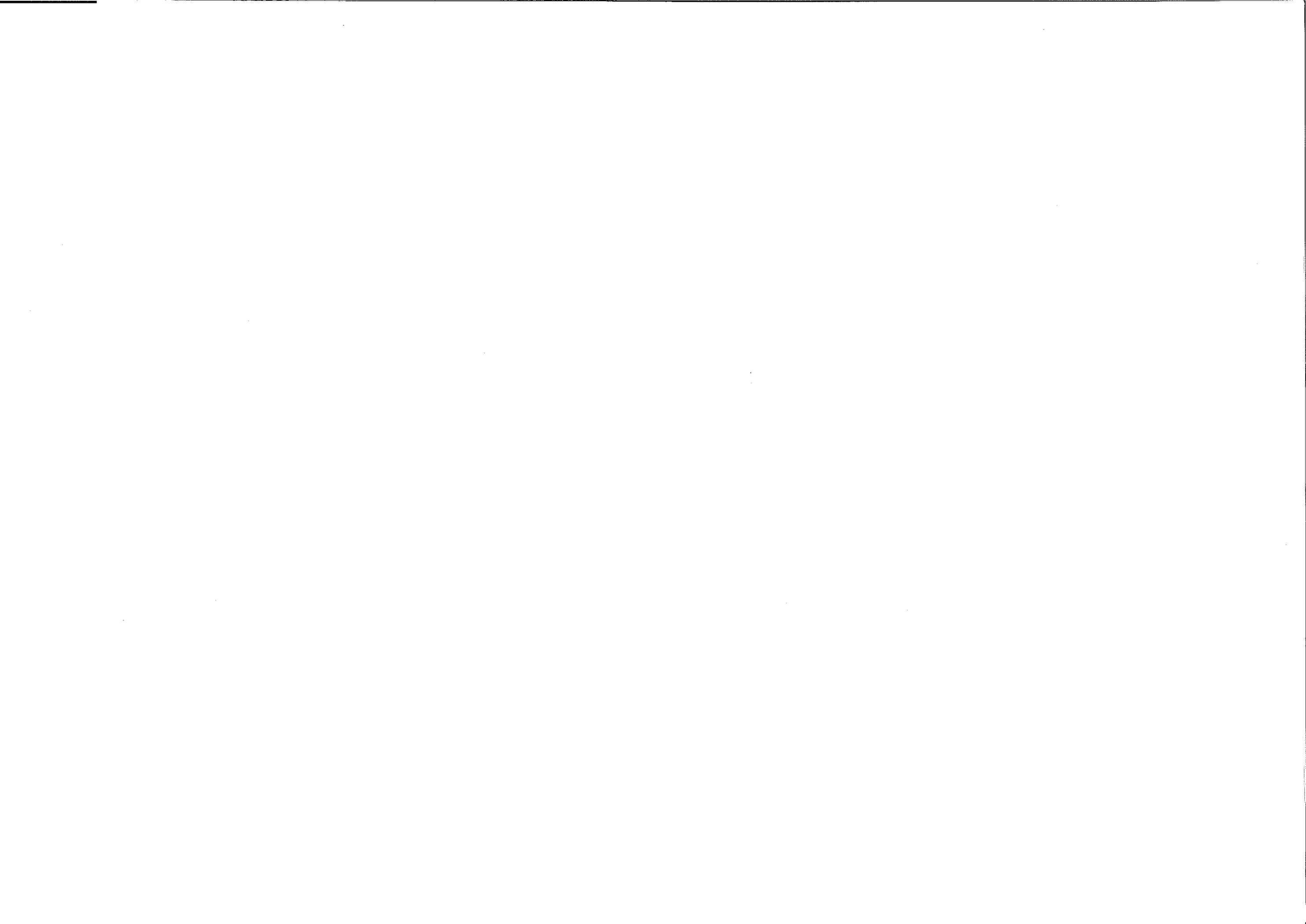


Fig. 68 : REGION DE LAMOURA - LA PESSE : STRUCTURE ET CIRCULATIONS KARSTIQUES



Les figures 70 et 71 donnent les courbes de restitution du traceur lors des expériences de 1974 et 1975 aux émergences des Cascades du Flumen.

Sur la figure 70, alors que le fond continu de fluorescence naturelle de l'eau est voisin de 8.10^{-9} kg/l, la fluorescence du traceur a atteint une valeur de l'ordre de $1,5.10^{-8}$ kg/l. L'effet d'intégration par absorption continue du traceur par les fluocapteurs se traduit par des pics d'intensité $1,5$ à 2.10^{-7} kg/l.

Les 2 essais sont comparables en concentration, cependant la date de première réapparition est plus précoce pour l'Embouteilleux.

Les oscillations de la courbe de fluorescence des solutions alcooliques de potasse sont liées aux irrégularités d'absorption du charbon actif et aux phénomènes de lessivage et d'érosion des granulés, elles ne permettent pas de lui attribuer une valeur quantitative.

La figure 71 montre les courbes de restitution du traceur aux Cascades du Flumen à la suite de deux essais effectués dans des pertes situées dans les calcaires argileux de l'"Argovien", les conditions d'injection étant différentes :

- A la Combe aux Prosts, le traceur a été injecté dans une fissure n'absorbant qu'un débit faible.

- A l'Anquerne, un débit constant de 1 l/s a entraîné la fluorescéine dans des fissures.

La courbe de réapparition de la Combe aux Prosts est étalée sur 8 jours, en ne dépassant pas 9.10^{-9} kg/l, elle témoigne d'un transfert lent du colorant, pour l'Anquerne, la fluorescéine est ressortie pendant 3 jours avec une pointe à $1,5.10^{-8}$ kg/l, la vitesse apparente est plus grande que pour la Combe aux Prosts, 28 m/h contre 17 m/h, le transfert du colorant a été plus rapide.

L'essai des Basses Molunes a fourni aux Cascades du Flumen une courbe de restitution avec un maximum de concentration de $1,5.10^{-8}$ kg/l étalé sur 7 jours et dépassant de très peu le fond continu de fluorescence naturelle voisin de 8.10^{-9} kg/l.

Sans un test qualitatif positif au charbon actif (solution alcoolique de potasse colorée en vert), il n'aurait pas été possible de conclure à la présence de traceur dans l'eau des Cascades.

De nouvelles expériences seraient à tenter plus au Sud, comme au Berbouiller et dans les égoûts de La Pesse et plus à l'Est, aux Pertes du Bief des Parres et à Bellecombe.

Il serait intéressant de savoir si les pertes du Dogger de Bellecombe (Aux Oublies, la Dalue) appartiennent au système Crétacé - Malm - Argovien "Les Moussières - La Pesse".

Les écoulements karstiques de la zone Chaudezembre - Sous la Joux qui doivent contribuer à alimenter les émergences de la rive droite du Tacon (émergences des Bouchoux, Douveraine, Merdasson, Coyrière), demanderaient à être étudiés, d'autant plus que les villages de la vallée du Tacon connaissent des problèmes de potabilité des eaux.

- Région de Vaucluse (Vallée de l'Abîme)

Les eaux de l'Abîme, exploitées par E.D.F. à la centrale de la Serre à St-Claude ont une origine karstique ; les deux sources principales sont celle de l'Abîme à Vaucluse et celle du Trou de l'Abîme.

. Sources de l'Abîme

Au pied des falaises du cirque de Vaucluse, de nombreuses émergences temporaires et les sources de l'Abîme (pérennes) doivent concentrer les eaux du grand impluvium de la forêt du Frénois.

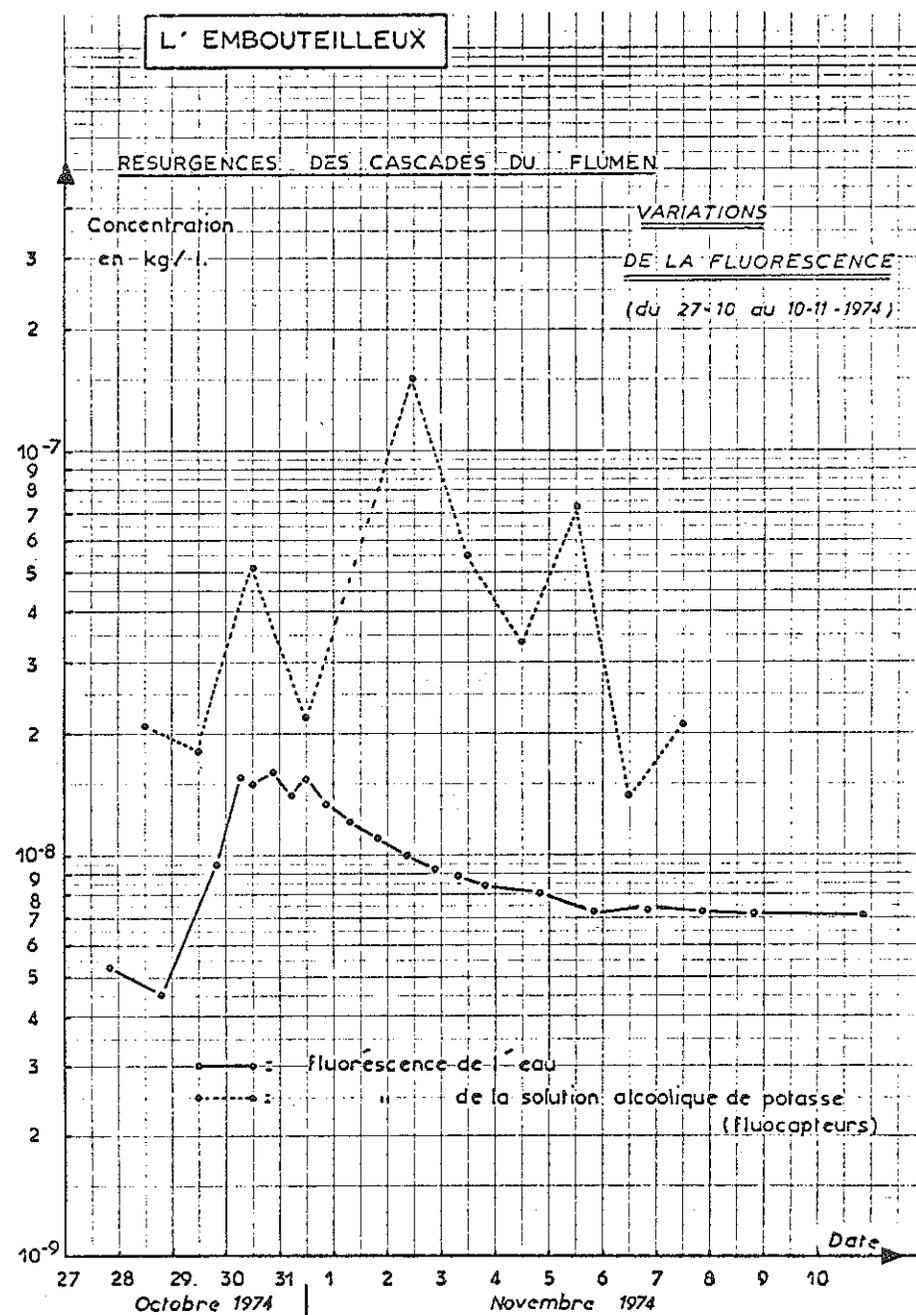
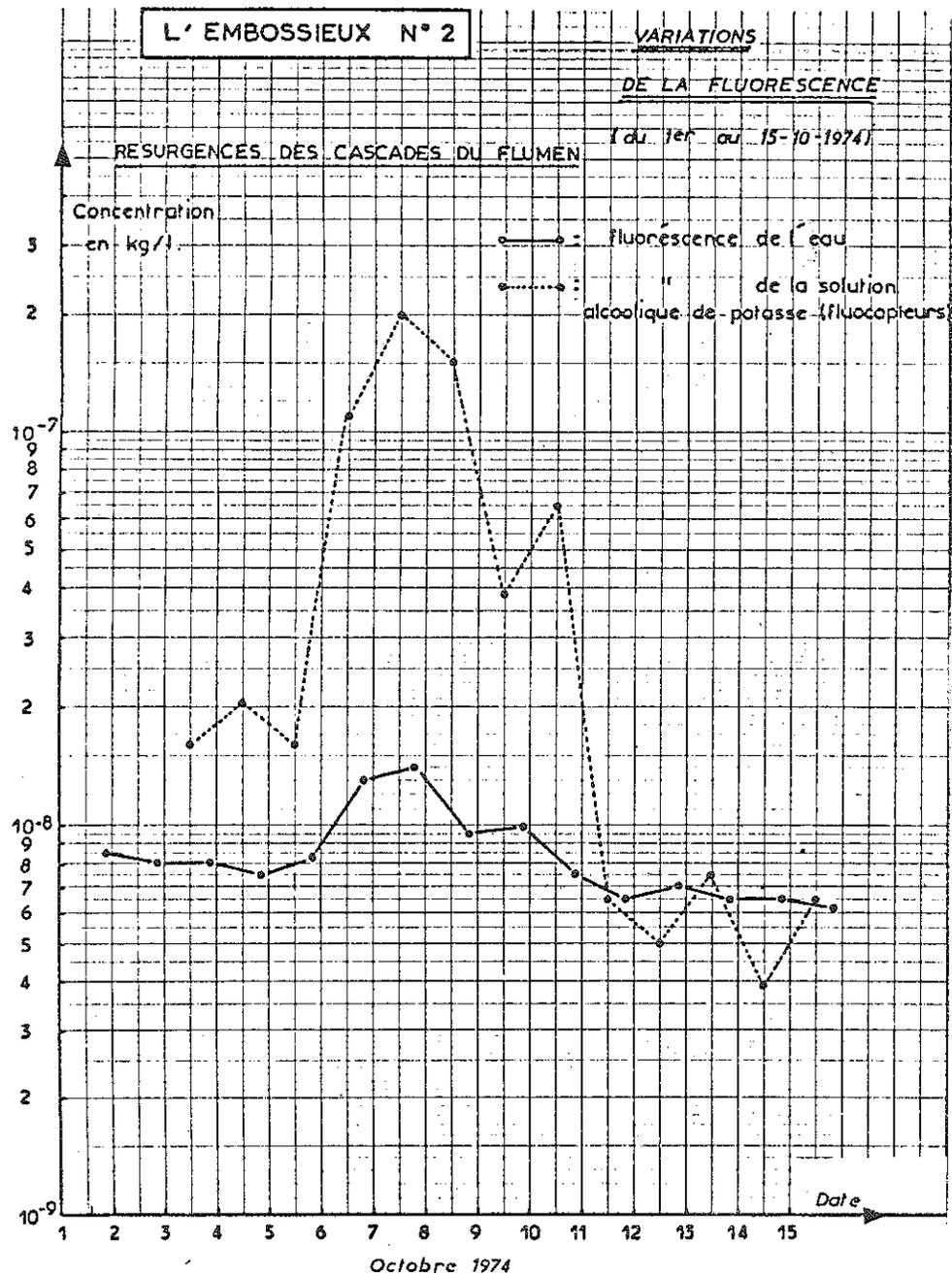


Fig. 70 : ESSAIS DE TRACAGE 1974 : RESTITUTION DE LA FLUORESCINE AUX CASCADES DU FLUMEN.

L' ANQUERNE

VARIATIONS DE LA FLUORESCENCE

RESURGENCES DES CASCADES DU FLUMEN (du 3 au 17-9-1975)

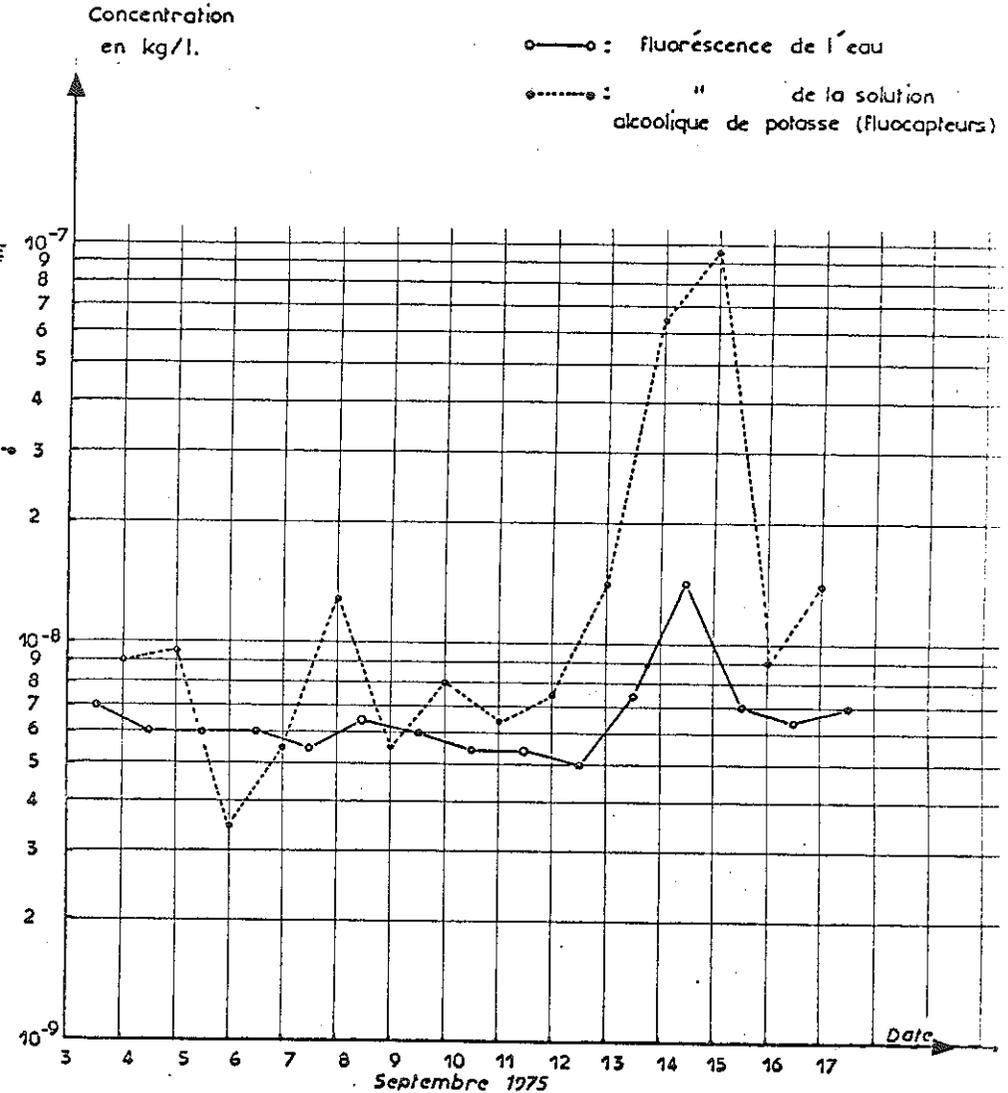
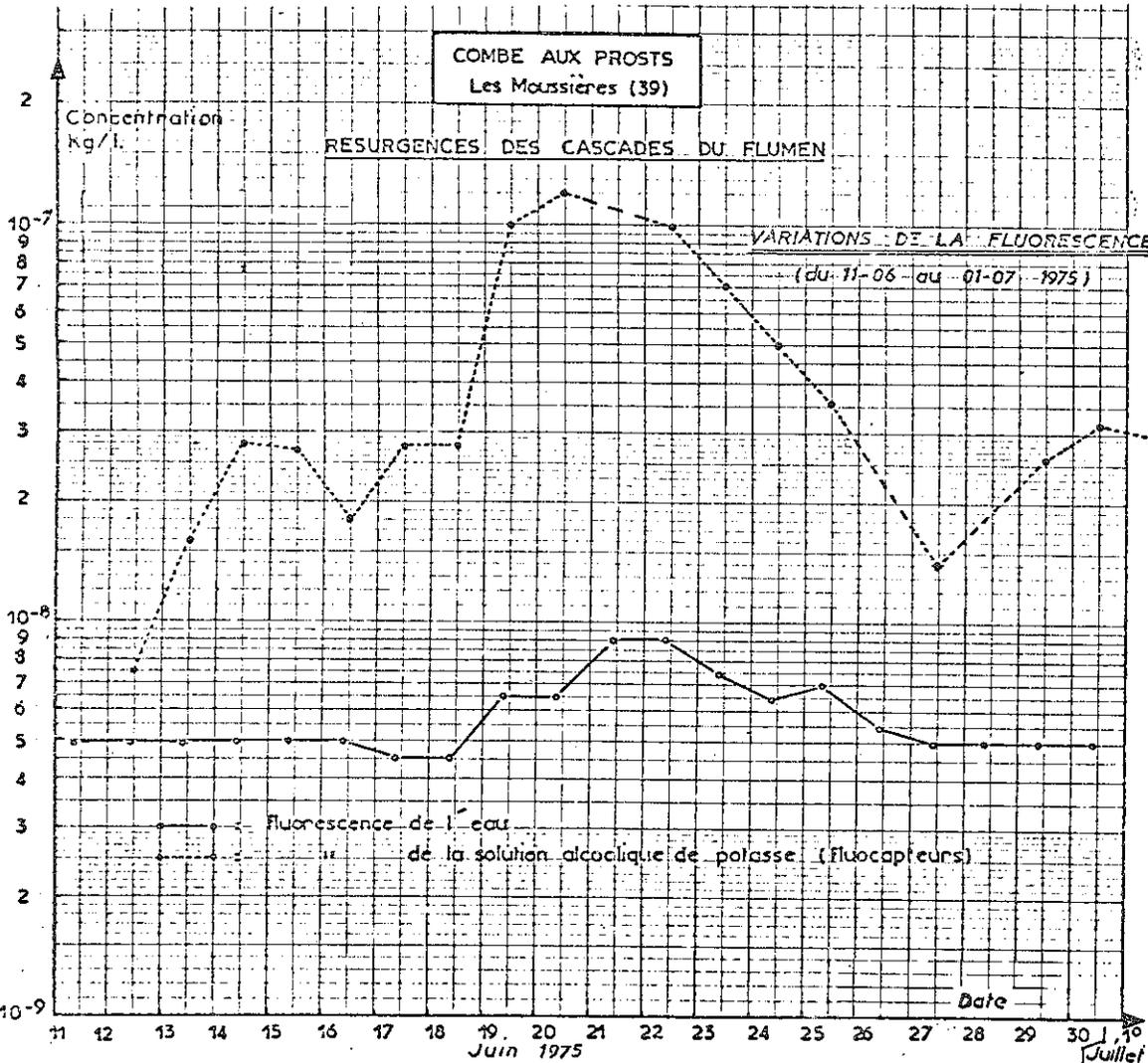


Fig. 71 : ESSAIS DE TRACAGE 1975: RESTITUTION DE LA FLUORESCÉINE AUX CASCADES DU FLUMEN.

L'essentiel du débit de l'Abîme et de ses affluents doit provenir de l'infiltration diffuse dans les "lésines" du monoclinale d'où une quasi-impossibilité de tenter des essais de traçage.

. Trou de l'Abîme

A l'Ouest de l'unité chevauchante du Frénois - Grange Cattin, le Trou de l'Abîme ($x = 872,54$; $y = 162,54$; $z = 530$ m), ouvert dans les calcaires du Bathonien, livre un débit variant entre 65 l/s et plusieurs m³/s.

Si les aquifères karstiques du Dogger et du Malm sont en connexion, l'eau peut provenir pro parte des zones hautes (Forêt du Frénois, Les Charrières ...), dans le cas contraire, l'eau doit être issue de l'impluvium de Dogger des Arcets et de Morez (voir p. 140).

TRACAGE NATUREL PAR L'OXYGÈNE 18

Dans le cadre d'une étude des variations isotopiques des eaux de l'ensemble de la chaîne jurassienne, deux séries de prélèvements ont été effectuées sur notre secteur.

Le dosage de l'Oxygène 18 sur ces premiers prélèvements a été opéré par le Laboratoire de Géologie Dynamique (Paris VI).

Rappel de la méthode

¹⁸O est l'isotope stable le plus lourd de l'oxygène. On exprime le rapport isotopique $\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}$ d'une eau en fonction du rapport moyen dans les eaux océaniques

(Standard Mean Ocean Water ou S.M.O.W.)

$$\delta \text{ ‰} = 1000 \cdot \frac{\left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right| - \left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \text{ SMOW} \right|}{\left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \text{ SMOW} \right|}$$

- L'eau évaporée est appauvrie en isotope lourd, le rapport isotopique de l'oxygène (δ) devient négatif.

- L'eau condensée est enrichie en isotope lourd, δ devient positif.

Le fractionnement isotopique, résultante de deux actions antagonistes, s'opère en fonction inverse de la température (il est maximal pour les basses températures), de ce fait, les pluies d'hiver sont appauvries en isotope lourd.

A une période donnée, la température est fonction de l'altitude (elle varie en raison inverse).

Pour les émergences karstiques, les valeurs de δ seront liées à l'altitude de l'impluvium ainsi qu'à l'importance des réserves du karst qui ont été accumulées à des périodes de températures différentes.

La précision de la mesure du rapport isotopique (δ) est de l'ordre de 0,1 ‰.

Résultats

La figure 72 est un tableau récapitulatif des résultats des dosages pratiqués sur les prélèvements du 26.9.1975 et du 10.4.1976.

PERTES	EMERGENCES OU RUISSEAU	δ ‰	δ ‰
		26.9.76	10.4.76
L'Embossieux		- 9,9	- 11,3
L'Embouteilleux		- 9,6	- 11,7
L'Anquerne		- 9,7	- 12,6
Les Basses Molunes			- 12,0
La Combe aux Prosts		- 9,8	- 12,6
	Cascades Flumen	- 9,7	- 12,3
Laisia		- 9,6	- 12,8
	Les Moulins	- 9,8	- 11,8
Lac Lamoura			- 11,8
	Rivière Flumen		- 12,5
	Les Foules		- 12,5
	Montbrillant		- 12,1
Bief des Parres			- 11,6
	Bief Blanc		- 11,5
	Bief Noir	- 9,6	- 13,2 ?
	Douveraine	- 9,4	- 12,3
	Merdasson		- 11,8
	Les Bouchoux		- 11,9
	Trou de l'Abîme	- 9,8	- 12,6
	Vaucluse		- 10,2 ?
	Grosdar		- 12,6

Fig. 72 : RAPPORTS ISOTOPIQUES DE L'OXYGENE
prélèvements du 26.9.1975 et du 10.4.1976.

- Les Emergences des Cascades du Flumen on un $\delta = - 9,7$ le 26.9.75, alors que leur zone alimentaire (l'Embossieux, l'Embouteilleux, l'Anquerne, la Combe aux Prosts) a un δ moyen = - 9,8. Le 10.4.76, les Cascades ont un $\delta = - 12,3$, alors que la zone alimentaire a un $\delta = - 12$.

Il semble que les Cascades aient une zone d'alimentation à une altitude comparable à celle du secteur Les Moussières - La Pesse. Cependant, l'alimentation correspondant au second prélèvement peut faire appel à de l'eau tombée à une température plus basse (apport direct ou réserves).

- Pour le système drainé par la source des Moulins, l'inversion des valeurs perte - émergence (Laisia - Moulins) semble indiquer un rôle important des réserves ou des temps de transfert. Sur le secteur des Molunes - Laisia, toute la pluie efficace s'infiltré de manière diffuse entre 1100 et 1300 m et doit constituer une nappe servant de réserve à l'émergence des Moulins.

- Le δ de l'eau du Lac de Lamoura, nettement plus élevé que celui de ses points de résurgence, tend à prouver que ces émergences sont alimentées par une eau plus froide. Ce fait peut être imputable à 2 processus

- . les sources des Foules et de Montbrillant drainent un secteur d'altitude plus élevée que la Combe du Lac.

- . les sources des Foules et de Montbrillant sont alimentées par des réserves d'eau tombée à une température plus basse.

- Le rapport isotopique du Bief Blanc se rapproche significativement de celui du Bief des Parres. Des essais de traçages ultérieurs pourront contrôler une éventuelle circulation des Molunes vers le Bief Blanc.

- Le Bief Noir, en automne 1975 présentait un δ voisin de ceux du secteur Les Moussières - La Pesse. La valeur du printemps 1976 paraît aberrante.

- La Douveraine, le Merdasson, et les Bouchoux ont des δ comparables à ceux du synclinal de La Pesse. On peut donc supposer qu'ils sont alimentés par l'infiltration diffuse des précipitations sur le secteur de Chaudezembre - Sous la Joux.

- Le Trou de l'Abîme peut être alimenté par une région haute, d'altitude comparable à celle du secteur La Pesse - Laisia - Lamoura (Forêt du Frénois, Région de Longchaumois, Cinquétral, ...), plutôt que par une région basse (les Arcets, Morez ...).

CONCLUSION

En dehors des écoulements de surface concentrés dans les vallées principales (Bienne, Flumen, Tacon, etc ...) l'essentiel du drainage de la région se fait par voie souterraine.

Le Flumen draine une vaste région comprise entre la Combe du Lac et La Pesse. Ces écoulements karstiques sont facilités grâce à l'existence.

- de couches peu perméables dans la série secondaire, "Argovien", "Purbeckien", Berriasien supérieur, "Hauterivien" inférieur et terminal, En fait, ces formations sont traversées par les écoulements souterrains,

- d'une intense fracturation de tension transversale et longitudinale dans toutes les formations,

- de l'abaissement axial des plis en direction de la vallée.

Les écoulements de la région du Flumen présentent des caractères originaux :

- ils se font dans la direction d'allongement des plis utilisant la fracturation longitudinale liée au coffrage,

- ils sont indépendants des phénomènes de surface comme les vallées sèches. Ainsi, les eaux de la Combe du Lac ne réapparaissent pas dans le ruisseau de Chapy pourtant aligné avec la vallée sèche "à l'aval du Lac de Lamoura". Les écoulements de l'Anquerne et de l'Embouteilleux résurgent aux Cascades du Flumen et ne suivent pas le tracé des vallées sèches menant aux émergences de la Douveraine et du Merdasson,

- ils ne sont pas liés aux accidents tectoniques majeurs :

. La plupart des circulations traversent l'accident de Sur Les Grès - Roche-Blanche,

. les circulations prenant naissance à Laisia et à la Combe aux Prosts traversent les plans de chevauchement des Moulins,

. les pertes des Basses Molunes, alignées sur le décrochement sénestre de Sur les Pièces, orienté vers le Tacon, ne sont pas le départ d'une circulation souterraine vers cette vallée. La faille a guidé superficiellement le creusement des pertes, mais l'écoulement karstique se fait longitudinalement vers le Flumen.

Dans la région de Morez, les trois conditions régissant les écoulements dans le secteur du Flumen (couches peu perméables, séries fracturées, abaissement axial) sont réunies, elles doivent induire des circulations de même type. Ainsi les eaux du secteur de l'Enfer ressortent à La Doye, et au Nord Est de l'abaissement axial, les eaux du Lac des Mortes (commune de Chaille des Bois) résurgeraient aux sources de l'Arse et de La Doye Gabet à Morez.

Il serait intéressant de tenter de nouveaux essais de traçage au Sud de Morez jusqu'à l'Embouteilla et la Combe du Lac afin de préciser les limites entre la zone drainée par le Flumen et celle drainée par le Bief de la Chaille et la Bienne en amont de Morez.

MORPHOLOGIE

MORPHOLOGIE

INTRODUCTION

La région étudiée appartient entièrement à la Haute-Chaîne. Des variations climatiques importantes ont contribué à modeler de façon complexe les paysages du Haut-Jura en fonction de la lithologie et du style tectonique. L'aspect actuel résulte des actions les plus récentes, glaciaires, karstiques et fluviatiles.

FACTEURS DE L'EVOLUTION MORPHOLOGIQUEROLE DE LA LITHOLOGIEDureté des roches

Le contraste entre des roches dures telles que calcaires et dolomies et des roches plus tendres telles que marnes et calcaires argileux (voir fig. 29) a favorisé une érosion différentielle responsable des formes de relief de type jurassien (voir ci-dessous).

Solubilité et perméabilité des roches

Les calcaires et les dolomies peuvent se dissoudre sous l'action des eaux météoriques chargées de gaz carbonique, dont le pouvoir corrosif est augmenté par l'agressivité potentielle des sols. Le milieu calcaire franc présente une grande perméabilité de fracture, à cause de sa solubilité.

La solubilité des calcaires se traduit par un modelé karstique dont les formes les plus caractéristiques telles que lapiez, dolines, vallées sèches ... sont décrites dans le paragraphe sur l'hydrologie karstique (p.121).

Pour l'"Argovien", formation épaisse à dominante marneuse, il faut distinguer les affleurements de flanc de vallées (Flumen, Tacon, Abîme), où les marnes sont recouvertes par les calcaires du Malm, et les grands affleurements situés en altitude, comme les combes anticlinales de Bellecombe ou des Molunes, dépourvu de couverture calcaire. Dans le premier cas, les marnes restent relativement imperméables et seul un phénomène de drainance prend naissance à travers la fracturation, les niveaux marneux constituent alors un bon niveau de base où s'alignent les sources.

Dans le cas des marnes dépourvues de couverture, il faut ajouter à la fracturation les phénomènes de décompression du terrain, d'altération des argiles, de dissolution de la phase carbonatée ... de sorte que ces terrains ne sont jamais vraiment imperméables, et que la dissolution y est fréquente, que des entonnoirs d'ablation et de dissolution peuvent se développer, permettant aux eaux de surface de s'enfoncer dans les calcaires sous-jacents (voir p. 124).

ROLE DE LA STRUCTUREInfluence de la structure sur les lignes directrices du relief

- L'allongement des plis suivant une direction variant entre NNE - SSW aboutit à la réalisation des formes classiques du relief jurassien (voir fig. 30 et 31).

Sur la figure 31, on distingue les *monts* des Tuffes, du Bois de Ban, du Bevet - Chinceval (voûtes anticlinale de Jurassique supérieur calcaire), les *vaux* des Jouvencelles, de Prémanon, des Repentys (synclinaux

crétacés) les *crêts* des Rochers de Pellas et des Arcets, les *combes "argoviennes"* du Mont Fier et Berthod, le *mont dérivé* de Dogger des Arcets et ses *combes latérales argoviennes*.

La vallée du Flumen montre un bel exemple de *cluse* au niveau de l'anticlinal de Sur-les-Grès - Roche-Blanche (fig. 73).

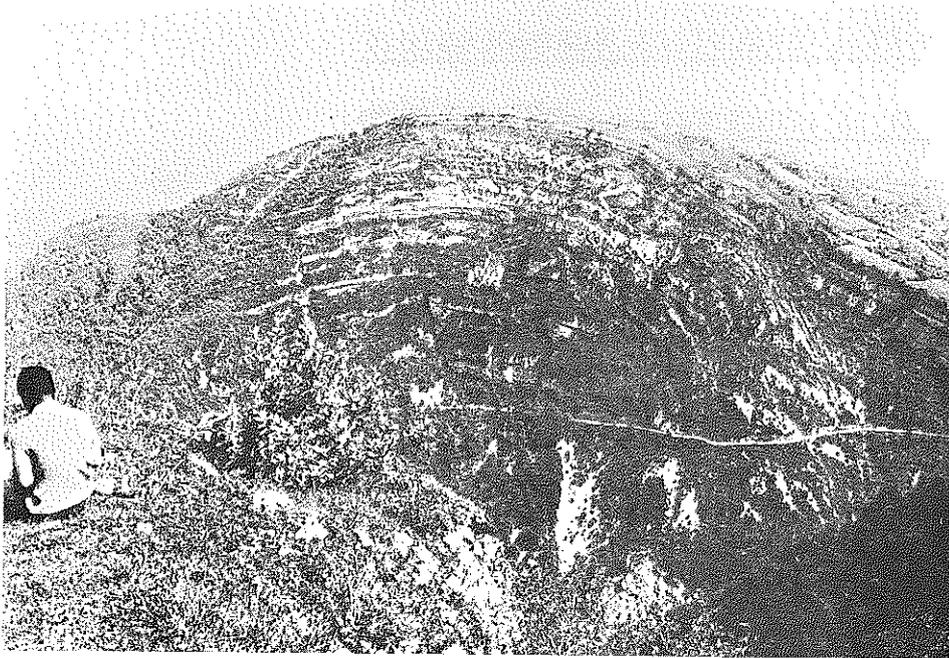


Fig. 73 : CLUSE DU FLUMEN VUE DEPUIS LA ROCHE-BLANCHE.



Fig. 74 REPLI SYNCLINAL PERCHE DU MONT FIER.

En dehors de ces formes typiques, on note également la présence de quelques formes de relief inversé, c'est le cas des *replis synclinaux perchés* du Mont Fier et du Rocher de Tiavy, sortes de gouttières synclinales d'Oxfordien supérieur et de Kimméridgien inférieur, dominant le mont dérivé de Dogger des Arcets vers le Nord et rattachées au Malm calcaire de l'anticlinorium du Frénois au Sud (fig. 74).

Le repli synclinal perché des Crottes (fig. 30) est un vestige entièrement isolé de la voûte de Malm calcaire de l'anticlinorium des Molunes - Bellecombe.

N.B. : On remarquera que dans la toponymie et dans la planimétrie de la carte topographique, le terme *combe* qui a un sens précis en géomorphologie est employé dans le sens de dépression.

La "*Combe du Lac*" (Lamoura) et la "*Combe Sambine*" (de Lamoura à Prémanon) sont des vaux, la "*Combe de Mijoux*" (mentionnée sur les feuilles à 1/25000 et 1/50000) est en fait le "*Val Mijoux*" (feuille à 1/100000).

- Les accidents qui parcourent la région ont un effet plus ou moins marqué dans la morphologie.

. Les décrochements, nous l'avons vu précédemment (voir p. 129) sont accompagnés par une fracturation intense qui a favorisé l'érosion. C'est par exemple ce qu'on observe pour l'accident de St-Claude (vallée sèche du Bief des Parres) et pour l'accident de l'Embouteilla - Monts de Bienne, dans le bois des Arobiers et au Haut-Crêt.

. Les décrochements sont également responsables d'accidents de relief très marqués lorsqu'ils mettent en contact des formations de lithologie différente comme dans les synclinaux crétacés. Les décrochements de la Combe du Lac en sont de bons exemples, les combes "purbeckiennes" et "hauteriviennes" sont décalées et font face à des crêts de Jurassique supérieur ou de calcaires crétacés. Le décrochement est d'autant plus marqué morphologiquement que le pendage des couches impliquées est fort.

. L'accident transcurent de Morez n'est pas un vrai décrochement (voir p. 74) mais son tracé est très marqué morphologiquement au Sud de Morbier. Si le Bief de la Chaille et la Bienne ont accentué l'érosion, notamment à Morez où la ville est dans une vallée encaissée de 250 m environ, la non correspondance des structures de part et d'autre de l'accident conduit également à des variations de relief très marquées entre le Sud-Ouest et le Nord-Est. A l'anticlinal du bois du Bevet culminant à 1050 m fait face le coeur anticlinal de Morez - Bellefontaine (850 à 950 m), au synclinal des Repentys (1000 à 1050 m) s'oppose la lourde masse du Risoux (1200 à 1300 m).

. Les abaissements axiaux sont marqués morphologiquement par des zones déprimées dont l'origine est liée à plusieurs causes dépendant elles-mêmes à l'origine de l'abaissement axial :

1 - Les abaissements axiaux sont par définition des points bas structuraux, sur lesquels la morphologie est plus ou moins calquée.

2 - Les abaissements axiaux comme les accidents transcourants sont des zones de fracturation accrue, puisqu'ils résultent de mouvements profonds (voir p. 75 et p. 91). Ils fournissent en surface un matériau fissuré, de moindre résistance et plus facilement érodable.

3 - Les abaissements axiaux sont aussi des lieux de convergence des écoulements souterrains (voir p. 140) agents d'érosion importants.

Influence de la structure sur les altitudes

L'essentiel de la région présente un relief normal, où les monts culminent dans le paysage, dominant souvent les vaux de plusieurs centaines de mètres.

On constate que les points culminants appartiennent à la bande anticlinale la plus orientale du secteur, dominant le Val Mijoux, Les Tuffes (1418 m), Massacre (1495 m au Crêt Pela), Les Molunes (1329 m), Bellecombe (1407 m) et le Crêt au Merle (1448 m). Cette ligne de relief présente des altitudes intermédiaires entre les Monts Jura (1500 - 1700 m) situés au Sud-Est et les bandes anticlinales occidentales : Ban - Arobiers (1200 - 1400 m), Arcets - Frénois (1350 - 980 m), Bevet - Monts de Bienne (1050 - 900m). Dans l'ensemble, on observe une gradation croissante de l'altitude des bandes anticlinales depuis le Nord-Ouest vers le Sud-Est.

Les points culminants correspondent souvent à des zones d'élévation structurale, c'est le cas des blocs de Dogger des Molunes ou de Bellecombe, ou même du Lias du Crêt au Merle.

ROLE DU CLIMAT

Depuis la grande régression fini-crétacée, le Haut-Jura comme l'ensemble de la chaîne a été soumis à des variations climatiques de forte amplitude. Seul l'épisode marin du Burdigalo-Vindobonien est venu interrompre une évolution exclusivement continentale. On peut encore apprécier de façon plus ou moins nette les effets des différents climats ayant régné depuis l'Eocène.

La présence de croûtes zonaires dans le conglomérat de la Séchère (voir p. 56), de granules sidérolithiques probablement remaniés à l'E-valide (voir p. 53) et d'argiles rouges au Bois du Gyps attestent l'existence de climats chauds, subtropicaux correspondant à l'Eocène et à l'Oligocène sans que l'on puisse, faute d'arguments paléontologiques, dater ces épisodes avec précision. A. JOURNAUX (1956) considère les dépôts sidérolithiques comme une formation élaborée sous un climat tropical à saison sèche avec végétation abondante ; D. AUBERT (1975) les considère comme la phase insoluble des roches autochtones remaniée par un phénomène de rhexistasie et redéposée dans des poljés. Sur les éléments du conglomérat de la Séchère, G. TRUC (renseignement oral) remarque une altération pédogénétique sous climat chaud.

On peut penser que sous ces climats chauds et au moins partiellement humides avec des épisodes où la végétation a du être abondante, la région a été soumise à une évolution morphologique telle que de grandes surfaces d'érosion ont pu s'installer.

Selon H. MEON-VILAIN (1970), la palynologie des formations néogènes de la vallée du Rhône révèle qu'à la fin du Miocène le climat est devenu plus tempéré et humide, la température a diminué encore au cours du Pliocène. C'est au cours de cette période que se serait établie la "pédiplaine pontienne" dont les témoins sont bien visibles dans le Jura externe. Il semble que dans le Haut-Jura les mouvements pontiens et post-pontiens aient déformé la surface au cours même de son élaboration.

Au cours des périodes glaciaires et périglaciaires du Quaternaire, les climats froids ont eu des rôles divers.

Les glaciers qui couvraient la chaîne (voir p. 64 et p. 149) ont fourni un travail de décapage des sols et d'érosion des reliefs et de leurs flancs créant en contrepartie des moraines argileuses à blocs qui ont empâté les vallées.

Lors des phases périglaciaires, l'existence de pergélisol a pu empêcher les eaux de fontes de circuler dans le sous-sol. Les eaux courantes ont lavé les moraines et produit des formations graveleuses fluvio-glaciaires accumulées au débouché des vallées. L'abondance des précipitations et la faiblesse de l'évapotranspiration ont accru le rôle des eaux fluviales.

Les cycles gel - dégel sont à l'origine des dépôts cryoclastiques tels que les groises. C'est également après le retrait des glaciers que se sont établies des tourbières dans lesquelles alternent des phases détritiques (argiles vertes) et des phases organiques (tourbes).

Le climat actuel est caractérisé par des températures moyennes annuelles assez basses (5°C à Lamoura) et par d'abondantes précipitations pluvieuses et neigeuses (R. KRUMMENACHER, 1973) :

Fig. 74:
PRECIPITATIONS
RELEVÉES SUR
3 STATIONS DU
HAUT JURA
(d'après
R. Krummenacher
1973)

STATIONS (Altitude)	PRECIPITATIONS (module 10 ans)
Mijoux (985 m)	1907 mm
Etables (400 m)	1628 mm
Lamoura (1155 m)	2053 mm
Les Rousses (1155 m)	1958 mm
Le Massacre (1390 m)	2593 mm

Ces conditions sont favorables à la dissolution des grandes masses calcaires des anticlinaux et des calcaires crétacés des synclinaux, les écoulements superficiels étant limités à quelques vallées encaissées. Le climat du Haut-Jura est encore générateur de cycles gel - dégel qui conduisent à la gélifraction et à la formation de nappes d'éboulis recouvrant le pied des falaises de Malm calcaire.

PHENOMENES MORPHOLOGIQUES *

EVOLUTION KARSTIQUE

L'essentiel de l'érosion dans les séries calcaires du Jurassique et du Crétacé s'est fait par dissolution. Dès leur émergence, les calcaires ont été soumis à la dissolution, pour BERTSCHY (1958), dans la région de Neuchâtel, les premiers indices de karstification datent de la fin du Barrémien et du début de l'Aptien, des sédiments non remaniés de l'Aptien inférieur occupent des cavités et des fissures dans les calcaires barrémiens de La Raisse et du Val de Travers. Pour M. GIGNOUX et J. MATHIAN (1952), le paléokarst des calcaires urgoniens de Génissiat (Ain) est plus récent, il serait Eocène et aurait été tardivement comblé par injection lente dans les fissures de matériaux argilo-sableux éocènes ou oligocènes (remaniant les marnes et les sables du Crétacé moyen), sous la charge puissante et uniforme des molasses.

* En raison de la taille réduite du secteur étudié, les conclusions tirées ne sauraient avoir une portée générale sur l'ensemble de la chaîne jurassienne.

L'évolution karstique la plus ancienne (jusqu'à l'Oligocène), modelant une région tabulaire montre ses traces dans toute la chaîne ; cependant elle n'a affecté que la partie supérieure de la série stratigraphique, en l'occurrence, le Crétacé inférieur (AUBERT, 1975).

Pendant et après les premiers mouvements oligocènes, les anticlinaux jurassiques semblent dégagés comme en témoigne la discordance de la molasse burdigalienne sur le Portlandien du flanc du synclinal de La Pesse.

L'évolution karstique récente, postérieure au plissement joue pour une part prépondérante dans le modelé actuel de la région. Cependant, aux périodes glaciaires et périglaciaires, le processus de circulation des eaux dans le sous-sol a été limité à une couche pelliculaire, le reste du massif sous-jacent étant imperméabilisé par un pergélisol.

Nous avons vu précédemment (p. 121) quelles étaient les formes d'érosion karstiques les plus spectaculaires (lapiez, dolines, ouvala, vallées sèches ...), cependant ces formes décrites n'ont qu'une extension limitée et ne constituent qu'une fraction des composantes du relief jurassien. En fait l'érosion karstique se développe à toutes les échelles. Dans notre secteur, des anticlinaux comme celui de Lajoux semblent avoir été érodés de façon identique sur leurs flancs et sur leur axe par dissolution d'une lame régulière de calcaire. La morphologie adoucie de ces structures avec biseaux des couches inclinées contre une surface topographique peu accidentée traduit bien une évolution karstique post-tectonique. Les calcaires ont été dissous grâce au transit des eaux agressives par les fractures ouvertes (lapiez ou "lesines"), élargies sous une couverture végétale en contact avec la roche. L'évolution karstique ne s'est probablement pas faite à l'air libre ce qui n'aurait eu pour rôle principal qu'une fossilisation du karst préexistant en ne permettant qu'une dissolution le long des fissures. En revanche, le sol en contact avec le calcaire contribue à une dissolution en tout point de la surface du massif calcaire. Si comme le remarque D. AUBERT (1975) : "La dissolution a pour effet d'émousser puis de niveler les anticlinaux, et elle tend davantage à aplanir le relief qu'à le défoncer" ; il faut noter que lorsque la dissolution a enlevé le Malm des voûtes anticlinales, les couches moins perméables de l'"Argovien" sont mises à nues, la dissolution est alors partiellement relayée, dans les zones basses, par l'action des eaux courantes qui décapent à l'air libre les séries marneuses des combes anticlinales. Ainsi : les Arcets, Tressus, Vaucluse, les Bouchoux sont des secteurs représentant un stade évolué post-karstique avec écoulement subaérien, alors que leurs bordures (Frénois, Sur les Grès, la Magnine, Sous la Joux, les Couloirs n'en sont qu'au stade de dissolution et d'entraînement par les lapiez. De ce fait on ne peut pas apprécier dans le relief actuel les seuls effets de l'aplanissement karstique.

L'EVOLUTION FLUVIATILE

Le problème des surfaces d'érosion

De nombreux auteurs tels que L. GLANGEAUD (1949), M. DUBOIS (1959), M. DREYFUSS (1960), A. GUILLAUME (1961) ou A. CAIRE (1963) estiment que des surfaces d'érosion de type pédiplaine évoluant sous l'action des eaux courantes sous climat chaud ont pu s'établir dans le Jura au cours du Tertiaire. On distingue classiquement une surface polygénique anté-pontienne inclinée et drainée vers le Sud-Est et une "surface d'érosion post-paroxysmale" ou "surface pontienne", s'emboitant dans la précédente dans les régions des plateaux et tranchant les sommets de la Haute-Chaine.

La surface anté-pontienne

Au Miocène moyen, le Haut-Jura est partiellement occupé par la mer molassique. Si la mer couvre les grands synclinaux qui sont déjà bien ébauchés (Valserine, La Pesse, St-Claude, Grandvaux ...), les anticlinaux restent émergés. La mer molassique sert de niveau de base au drainage du Jura externe et des chaînons anticlinaux exondés.

La surface éo-oligocène a donc dû être déformée lors de l'ébauchage de la structure et démantelée au cours de l'épisode molassique, la mer burdigalo-vindobonienne servant de niveau de base.

La surface pontienne

Entre les Monts-Jura et le Jura des plateaux, l'altitude des sommets topographiques des anticlinaux décroît régulièrement (voir p.146). M. DUBOIS (1959), A. CAIRE (1963) interprètent ces sommets comme les vestiges de la surface d'érosion pontienne. Pour A. GUILLAUME (1961), la surface d'érosion du Haut-Jura s'est individualisée au Pontien supérieur et au Pliocène, se séparant du plateau de Nozeroy lors du rejeu d'accidents profonds antérieurs.

L'alignement décroissant des sommets résulte d'un alignement structural (voir p.146) avec décroissance de l'intensité du soulèvement de l'Est vers l'Ouest. On note également une décroissance de l'altitude des contacts entre molasse miocène et Crétacé : 1220 m au Berbouiller, 1200 m à La Balie (synclinal de La Pesse) 950 m Sur le Gyp (synclinal de Longchaumois) et seulement 870 m à la scierie Vuillet (synclorium du Grandvaux - B. ALA-BOUVETTE, 1965) prouvant, si l'on admet que les altitudes de dépôt de la base de la molasse étaient voisines, un relèvement plus important de la partie orientale de la Haute-Chaîne, après le dépôt de la molasse.

En fait la morphologie actuelle du Haut-Jura essentiellement conforme à la structure ne fournit pas de preuves irréfutables en faveur d'une surface pontienne. Cette surface a pu être déformée par des mouvements postérieurs au Pontien et démantelée par l'érosion karstique, fluviale et glaciaire récentes. Les mouvements tendant à surélever la partie orientale de la chaîne ont pu également contrarier l'élaboration de la surface.

L'érosion fluviale actuelle

Actuellement, l'érosion fluviale est restreinte, elle se traduit par un réseau de vallées encaissées séparant de vastes interfluves où les écoulements superficiels sont rares. Les vallées sont le plus souvent établies dans les combes anticlinales, où la couverture de calcaires du Jurassique supérieur est enlevée (les Arcets, Tressus, Vaucluse, Les Bouchoux), dans les coeurs synclinaux (Valserine) ou les ensellements structuraux (Flumen, Bief de la Chaille, Bienne).

EVOLUTION GLACIAIRE

Les moraines rencontrées sur tout le secteur à des altitudes comprises entre 450 et 1350 m prouvent que le recouvrement par les glaces était très important. Les auteurs (J. TRICART et Al., 1961 ; D. AUBERT, 1965) s'accordent pour attribuer la quasi-totalité des dépôts au Würm (voir p. 64). En revanche, deux écoles s'opposent quand à l'origine et à l'extension des glaciers würmiens dans la région :

Pour TRICART et *Al.* (1961) "l'essentiel de la glace est venu du Nord, c'est-à-dire de la brèche de Morez. Elle a filé vers le Sud, légèrement renforcée par un peu de glace locale venant des hauts sommets : elle n'a fait que suivre les dépressions existantes".

Pour D. AUBERT (1965), l'origine de la glace est essentiellement locale, "c'est le territoire tout entier qui a été submergé par une nappe glaciaire". Incapables au début de franchir les obstacles que constituaient les chaînons anticlinaux, et de rejoindre directement le glacier du Rhône, les glaces jurassiennes n'ont pu que se rassembler dans les vallées. La glace a dû s'accumuler dans ces dépressions facilement engorgées jusqu'à ce que l'écoulement transversal, par dessus les chaînons devint possible, réalisant ainsi une nappe continue ou calotte couvrant la Haute-Chaîne et s'écoulant probablement de part et d'autre de la vallée de la Valserine vers le Sud-Est (glacier du Rhône) et vers le Nord-Ouest (plateau de Champagnole).

Il ressort des observations que l'on peut faire sur le terrain, que les dépôts morainiques contenant aussi bien des éléments de calcaires jurassiques ou crétacés ne se sont pas cantonnés dans les dépressions synclinales ou dans les combes "argoviennes" et les cluses mais qu'ils occupent également les croupes anticlinales à haute altitude comme au Bois des Arobiers (1350 m), en Belbouchet (1220 m), Sous la Joux (1200 m) ou encore à Bellecombe (1300 m). En dehors d'un bloc rissien isolé, d'origine alpine découvert à la Combe Sambine (AUBERT, 1965), l'absence d'éléments alpins (radiolarites, roches vertes, granites ou roches métamorphiques) joue en faveur d'une origine locale du glacier jurassien.

Il semble que l'hypothèse d'une calotte glaciaire recouvrant la Haute-Chaîne soit plus en accord avec les observations que l'on peut faire; au plus fort de la glaciation du Würm, le glacier jurassien a recouvert toute la région, remontant des éléments crétacés des synclinaux sur les reliefs anticlinaux, modelant un relief karstique en usant les sols et en mettant à nu de nombreux affleurements. L'absence de moraines argileuses à blocs sur l'anticlinal Le Massacre - Lajoux ne démontre pas l'inexistence de glacier sur cette zone, elle témoigne plutôt que ce relief correspondait à une zone d'abrasion intense.

Au cours des périodes de régression de la glaciation würmienne, la grande calotte s'est probablement subdivisée en langues glaciaires occupant les dépressions. Mis à part l'origine locale de la glace, ce schéma du retrait des glaces ressemblerait alors aux systèmes des langues glaciaires décrits par TRICART et *Al.* (1961), abandonnant des moraines de fond dans les synclinaux et les combes, des points les plus bas (région de St-Claude) jusqu'aux têtes de vallées.

Lors des phases de recul des glaciers, les eaux de fonte ont joué un rôle important en remaniant les moraines qui occupaient les vallées.

Les eaux courantes ont éliminé une grande partie de la matrice argileuse des moraines, les éléments ont subi un nouveau transport par les cours d'eau et sont venus s'accumuler surtout au pied des vallées comme au confluent de la Bienne et du Tacon ou dans les parties surcreusées des vallées (Bienne).

Les périodes de réchauffement, responsables de la libération de grandes quantités d'eau de fonte sont à l'origine de l'établissement de lacs dans certaines dépressions et en particulier dans des coeurs synclinaux comme celui de La Pesse. Les variations climatiques se traduisent dans ce secteur par des alternances de niveaux détritiques argileux (phases lacustres) et de niveaux organiques (phases de développement des tourbières).

ESSAI D'INTERPRETATION
MORPHOTECTONIQUE

ESSAI D'INTERPRÉTATION

MORPHOLOGIQUE

A la lumière des observations faites sur le terrain et en tenant compte des résultats de nombreux travaux ayant trait à la région, nous avons essayé d'en retracer l'évolution morphotectonique tertiaire et quaternaire.

Après le retrait de la mer à la fin du Crétacé, la région est peu accidentée et va subir une évolution continentale pendant tout le Paléogène.

Eocène

Les dépôts sidérolitiques rencontrés dans la Haute-Chaine indiquent qu'au cours de l'Eocène, la partie supérieure de la série crétacée est soumise à une altération sous climat chaud et humide de type latéritique. Ces dépôts sont remaniés au cours de phases d'érosion (remplissages de poches, concentration dans les dépressions).

Oligocène et Aquitanien

A l'Oligocène, la région subit des mouvements importants qui ébauchent les structures que l'on connaît actuellement.

Les jeux de fractures de socle induisent dans la couverture des accidents transversaux (Morez, Vuache - Molinges) déterminant des compartiments qui se plissent de façon indépendante, et l'ébauche d'abaissments axiaux (Morez, Flumen). Les plis sont amples mais non coiffés. Des accidents de couverture ont un jeu à composante verticale déterminant des reliefs de faille.

Dans les dépressions s'établissent des bassins lacustres (Stampien de la Périssode, Chattien de La Faucille). Les reliefs de faille sont démantelés par l'érosion et des conglomérats continentaux se forment à leur pied (la Séchère, Maison Rada, Lézat).

Le substratum est ondulé et fracturé, l'érosion est très active, elle a enlevé presque tous les dépôts paléogènes et Crétacé supérieur, les voûtes et les flancs des anticlinaux sont érodés jusqu'aux calcaires du Jurassique supérieur ce qui se traduit par un relief conforme à la structure mais très adouci.

Burdigalo - Vindobonien

La transgression de la mer molassique s'effectue depuis le Sud par le sillon périalpin, les dépressions synclinales sont envahies. Tous les étages du Crétacé inférieur et même le Portlandien sont progressivement submergés. Les dépôts de molasse sont discordants sur les flancs des synclinaux comme le montre le contact molasse - Portlandien au Berbouiller (La Pesse). Dans les synclinaux de La Pesse au Sud, et des Rousses - Val de Joux au Nord, une subsidence notable permet le dépôt d'une épaisse série molassique.

L'accident de Morez, qui favorise depuis l'Oligocène l'évolution autonome des compartiments Nord et Sud, marque la limite méridionale de la zone subsidente du Val de Joux.

Au Vindobonien, le Jura externe constitue un seuil émergé entre le bras de mer bressan et le sillon péri-alpin. Le Haut-Jura a l'aspect d'un littoral comportant des chaînons anticlinaux parallèles exondés, formant de longues îles (Monts-Jura, Massacre - Bellecombe, Arcets - Les Bouchoux, Mont Noir - Château des Prés), les ensembles structuraux permettent à la mer de communiquer d'un val à l'autre ainsi le milieu reste ouvert et la sédimentation est relativement homogène. Le paysage doit ressembler à la côte dalmate actuelle.

Miocène supérieur

La mer molassique régresse en direction du bassin de Genève, la région est alors animée de mouvements tectoniques de serrage importants. Les plis ébauchés à l'Oligocène s'accroissent, se coiffent. Les accidents oligocènes jouent en décrochement tandis qu'apparaît une intense fracturation de cisaillement dextre et senestre. La compression se traduit également par le chevauchement des anticlinaux sur les flancs orientaux des synclinaux (les Moulins, St-Claude). Les abaissements axiaux de Morez et du Flumen s'accroissent. Les décrochements se développent symétriquement par rapport à l'abaissement du Flumen, le jeu dextre au Nord et le jeu senestre au Sud, ces deux jeux déterminent une sorte de "coin" dont la pointe est située sur l'abaissement, c'est d'ailleurs à cette hauteur que le chevauchement des Moulins atteint son amplitude maximum. L'autonomie d'évolution des deux compartiments limités par l'accident de Morez persiste, le chevauchement du Massif du Risoux n'a pas d'équivalent au Sud.

A la fin du Miocène, l'intense fracturation a pour effet l'enfoncement des eaux dans les calcaires, les circulations souterraines sont polarisées vers les abaissements axiaux. Au Vallésien - Turolien (Pontien s.l.) des lacs s'installent dans les dépressions, la sédimentation est riche en matières organiques (les Clavières). L'érosion karstique et fluviale tend à aplanir le relief.

Pliocène - Quaternaire ancien

Les indices d'évolution pendant le Pliocène sont rares, par analogie avec les observations faites dans d'autres parties de la chaîne, on peut penser que la région s'exhausse, la partie orientale se relevant davantage. Des vallées drainées par des cours d'eau s'enfoncent dans les combes anticlinales, dans certains synclinaux et dans les ensellements structuraux.

Une tectonique épiglyptique (Plio-quaternaire ?) provoque le rejeu de certains chevauchements (St-Claude).

Quaternaire

Aux périodes glaciaires qui suivent, un pergélisol interrompt les circulations souterraines profondes. Les reliefs sont érodés, les vallées sont empâtées par les moraines. Durant les épisodes periglaciaires, les vallées sont dégagées partiellement de leurs moraines et s'élargissent sous l'action combinée de l'érosion karstique et de la gélification.

Le réchauffement post-glaciaire s'accompagne d'un nouvel enfoncement des eaux dans les calcaires, avec comme conséquence le développement des réseaux souterrains émergeant dans les vallées profondes parcourues par les seuls cours d'eau aériens importants.

PROJETS D'EXPLOITATION D'EAU POTABLE
POUR LA REGION DE LA PESSE

PROJET D'EXTENSION D'EAU POTABLE
DE LA REGION DE LA HERCE

INTRODUCTION

L'alimentation en eau potable des villes et villages de la région de Morez - St-Claude - La Pesse crée de nombreux problèmes.

En effet, en raison de la nature calcaire des terrains formant l'ossature des structures dans la région de St-Claude, la plupart des eaux s'infiltrèrent rapidement, et ne ressortent que dans les points bas topographiques.

Les eaux de surface sont rares dans les parties hautes, sauf dans certains fonds imperméables de synclinaux où se sont établis des lacs (lac de Lamoura). Une étude réalisée pour la DDA du Jura en 1972 par notre Laboratoire avait recensé toutes les sources de la région de St-Claude et montré que les sources pérennes et abondantes se trouvaient dans les points bas, à la base du Malm calcaire, certaines étant d'ailleurs contaminées par les effluents des villages situés en altitude.

LES SOLUTIONS ADOPTÉES

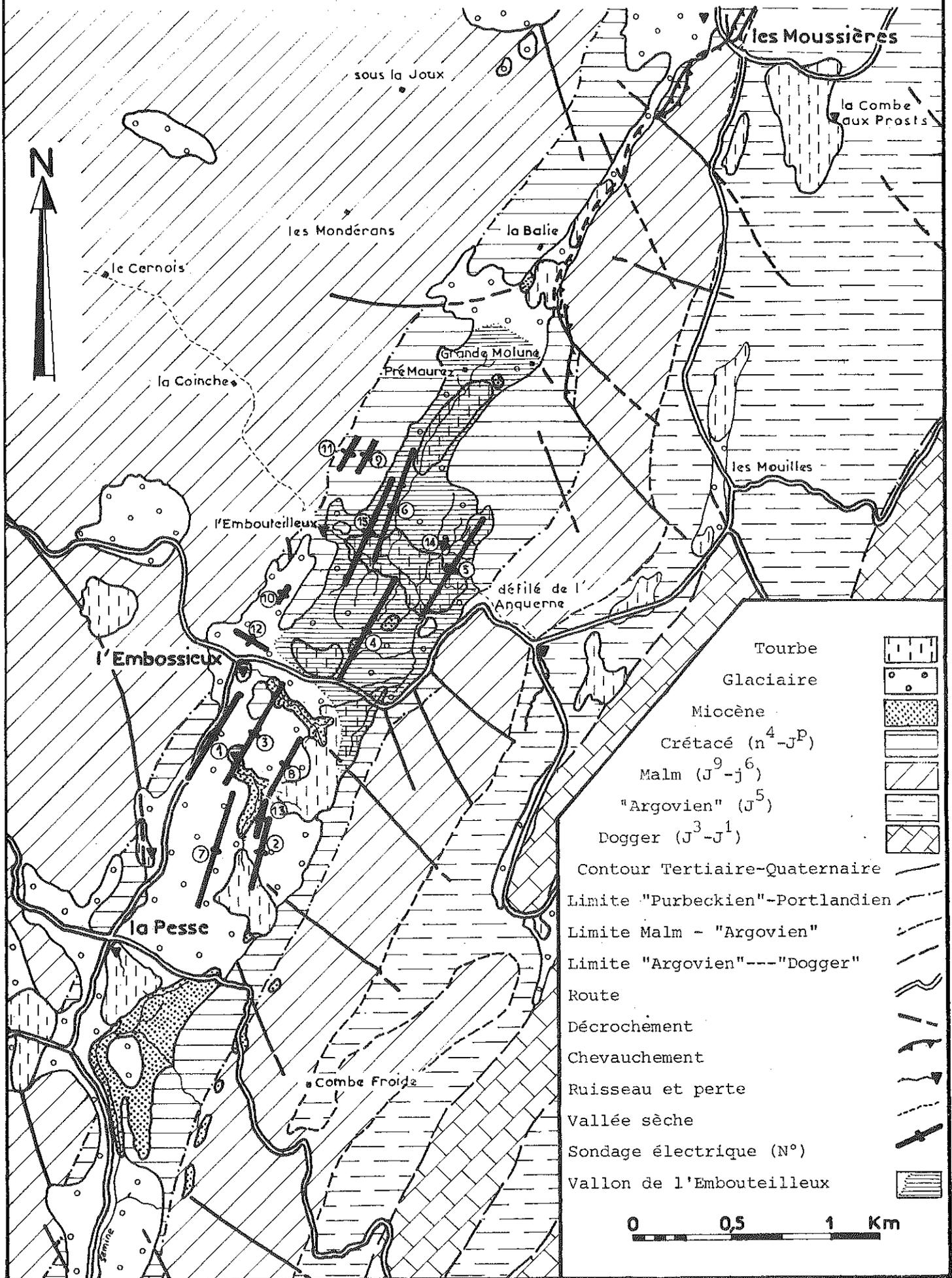
Les villes et agglomérations de basse-altitude utilisent les résurgences importantes des vallées : ainsi la ville de St-Claude a capté au siècle dernier les émergences des Foules et de Montbrillant (voir p. 131), puis a installé pour les périodes d'étiage une prise d'eau en rivière sur le Flumen en aval de l'usine électrique. La ville de Morez est alimentée par la source des Arces sur la rive droite de la Bienne. Les communes de La Mouille, Longchaumois et Cinquétral adhèrent au syndicat des eaux du lac de Bellefontaine. Les localités des Rousses, de Prémanon, la Combe du Lac, Lamoura, Septmoncel, Lajoux, le Haut-Crêt, Chaumont, le Manon, Combe Bry, les Moussières sont au moins partiellement alimentées par le syndicat des eaux du Plateau des Rousses.

Pour les autres communes d'altitude où il n'y a pas de réseau de surface, des solutions diverses peuvent être proposées. Par exemple, pour une commune à habitat dispersé comme celle de Bellecombe, la solution la plus économique dans l'état actuel consiste à stocker l'eau de manière ponctuelle (citernes). Pour le secteur de la Pesse - les Moussières, il est difficile, pour des raisons économiques, de remonter l'eau des vallées qui sont à plus de 200 m en contrebas.

C'est pourquoi une étude du secteur de la Pesse a été entreprise pour le compte de la D.D.A., en vue de reconnaître d'abord un piège hydrologique où l'on pourrait puiser l'eau par forage, et ensuite un site de retenue collinaire où il serait possible de stocker les eaux de surface.

Les études qui suivent ont été menées pour préciser les conditions d'exploitation de l'eau dans les deux types d'ouvrages.

Fig. 76 : SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU
VALLON DE L'EMBOUTEILLEUX



RECHERCHE D'UN SITE DE FORAGE ENTRE LES MOUSSIÈRES ET LA PESSEMETHODES UTILISEESCartographie

Le secteur du synclinal de La Pesse compris entre la limite départementale de l'Ain et la vallée du Flumen a été levé sur fond topographique à 1/25000 (voir carte, annexe 2).

- Lithologie

La série mésozoïque affectée par le synclinal comprend une alternance de couches calcaires perméables en grand (Malm calcaire, Berriasien moyen, Valanginien inférieur, Hauterivien supérieur, Barrémien) et de couches marneuses moins perméables (Berriasien inférieur ou "Purbeckien", Berriasien supérieur, Hauterivien inférieur, Hauterivien terminal) qui isolent plus ou moins des aquifères fissuraux potentiels (voir fig. 29 et, p. 140).

Le Jurassique et le Crétacé supportent par endroits des calcaires, des conglomérats (la Sèche, Sous le Bois) et des marnes attribuées à l'Oligocène. Entre le Bief Brun et la Balie, une importante série molassique (grès, conglomérats, marnes) repose sur le Crétacé. Enfin des dépôts morainiques et périglaciaires (argiles et tourbes) recouvrent les formations secondaires et tertiaires.

- Structure (carte, annexe 2)

Les couches du Crétacé dessinent un synclinal coffré dont le flanc occidental subvertical est décroché en de nombreux endroits. Le flanc oriental, légèrement inverse au Nord de La Pesse, est chevauché, au Nord de la Grande Molune, par l'anticlinorium de Bellecombe - Les Molunes (voir p. 83).

- Carte structurale au toit de l'Argovien (Annexe 6)

L'abaissement axial du Flumen affecte tous les plis entre St-Claude et les Molunes.

La zone synclinale située entre la Sèche et les Moussières apparaît comme un point haut (altitude absolue : 575 m). Il en est de même pour le secteur situé entre La Pesse et la Combe d'Evuaz, au Sud de la carte. De telles élévations axiales ne sont pas favorables au piégeage d'importantes réserves.

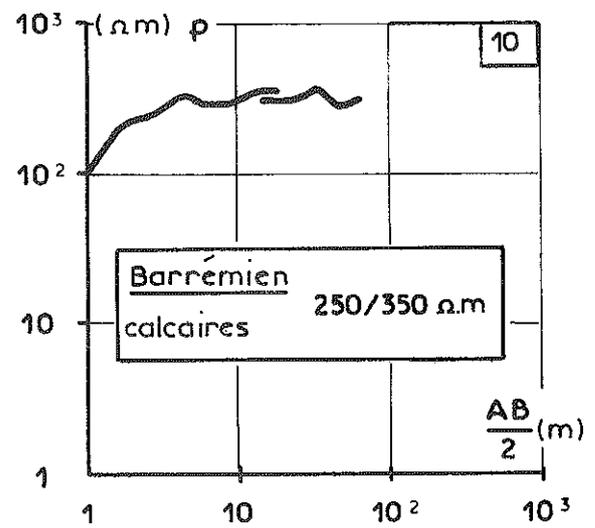
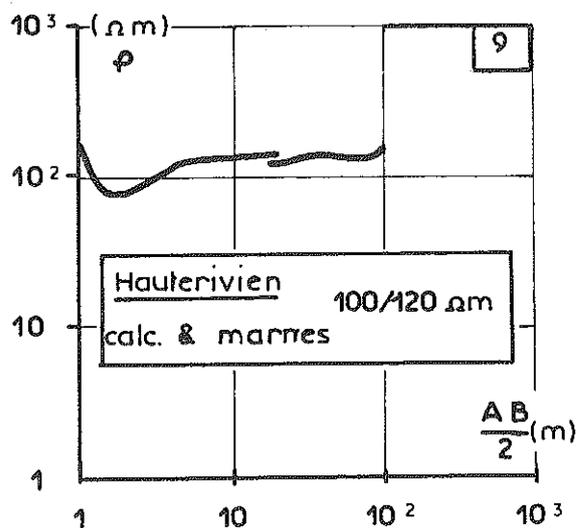
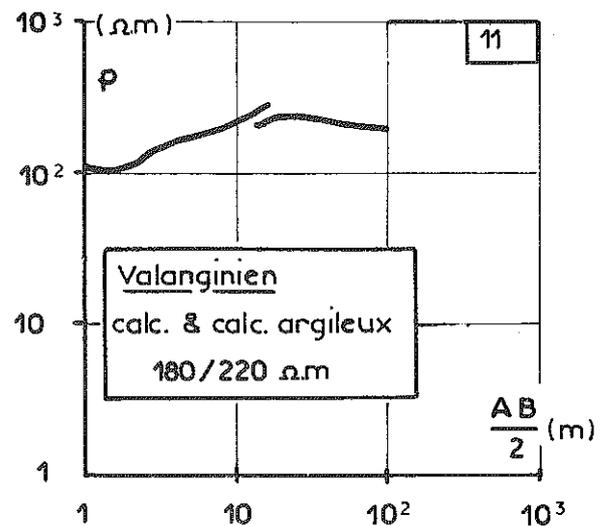
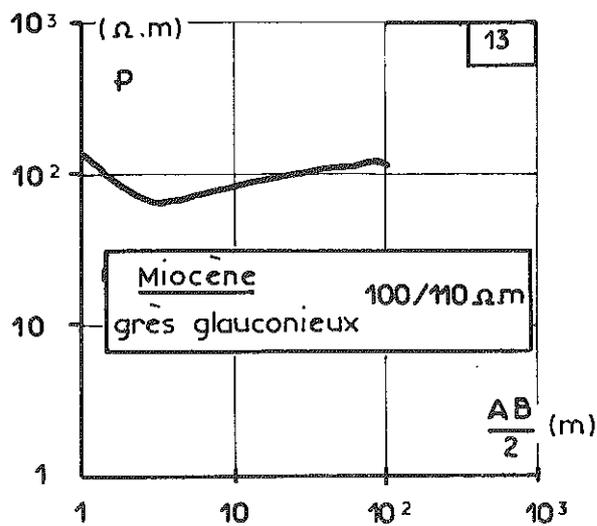
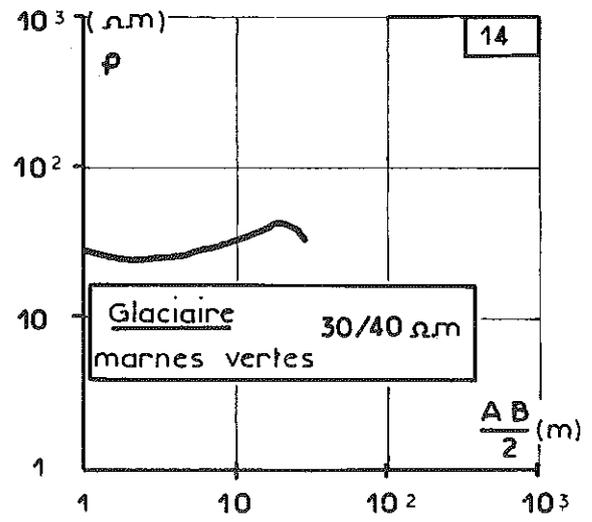
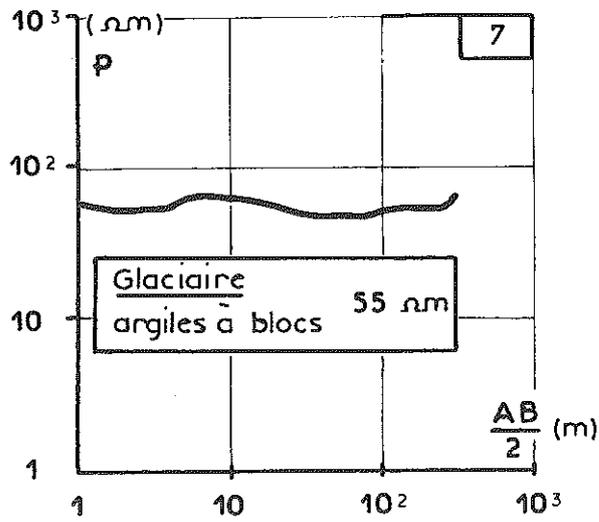
Entre ces deux points hauts (Les Moussières et La Pesse), on trouve une cuvette structurale dont le fond se situe entre l'Embouteilleux et la Grande Molune (cote absolue : 300 m), favorable à l'implantation d'un forage d'essais destiné à s'assurer que la fracturation transversale ne vidange pas le synclinal.

Microtectonique

Les relevés de fracturation dont les résultats se trouvent au chapitre microtectonique (voir p. 113 et fig. 58) ont montré que la fissuration des couches du synclinal est très intense. Les fissures de tension longitudinale et transversale ainsi que celles de cisaillement sénestre prédominent. On peut penser que cette forte densité de fractures observées sur les affleurements existe aussi dans les couches profondes du synclinal. Si ces fissures restent suffisamment ouvertes et si le synclinal n'est pas vidangé latéralement, le Crétacé constitue un bon réservoir potentiel.

Fig. 77: SYNCLINAL DE LA PESSE - PROSPECTION ELECTRIQUE

Sondages d'étalonnage NNE - SSW



Sondages électriques

Pour compléter les données structurales et microtectoniques une campagne de géophysique a été effectuée. Elle s'est faite dans le vallon de l'Embouteilleux, point bas topographique (1120 m) et point bas structural qui constitue un site intéressant, si le remplissage tertiaire et quaternaire de la dépression n'est pas trop épais.

Elle a été effectuée par la division Hydrologie du CTGREF en 1974, sous la direction de Mr J.M. PANETIER, Ingénieur Géologue, dans des conditions d'expérimentation peu favorables :

- pentes topographiques importantes,
- hétérogénéité et variations rapides de la nature des formations superficielles,
- couches subverticales, peu épaisses (ainsi pour des AB longs, le sondage peut prendre en compte la nature des terrains situés de part et d'autre de la ligne).

- Etalonnages

Des sondages électriques ont été réalisés aux fins d'étalonnage (fig. 77) ils ont permis de définir les résistivités des différents terrains rencontrés :

n° 7	:	Glaciaire	:	argiles à blocs	:	55	ohms.m
n°14	:	Glaciaire	:	marnes vertes	:	30- 40	"
n°13	:	Miocène	:	grès glauconieux	:	100-110	"
n°10	:	Barrémien	:	calcaire	:	250-350	"
n° 9	:	"Hauterivien"	:	marnes et calcaire	:	100-120	"
n°11	:	"Valanginien"	:	calcaire	:	180-220	"

- Résultats

Malgré les conditions peu favorables, 9 sondages (voir implantation fig. 76) ont fourni les résultats suivants : (fig. 78)

n° 2 : Sous un sol résistant (500 ohms.m) le glaciaire a une épaisseur d'environ 20 m, le substratum serait du Miocène gréseux ou de l'Hauterivien.

n° 3 : 20 m environ de marnes miocènes (25-45 Ω .m) recouvrant un terrain résistant non identifié.

n° 4 : Courbe monotone à 65 ohms.m attestant l'existence d'un épais remplissage conducteur (glaciaire ? Miocène ?).

n° 5 : Bien que situé sur une pente topographique, la courbe montre un tracé comparable, à 35 Ω .m

n° 6 : Glaciaire (20 à 30 m) à 50-60 Ω .m sur un substratum de grès miocènes (ou d'Hauterivien ?) à 70-75 Ω .m.

n° 8 : Sous un sol très résistant (1000 ohms.m), forte épaisseur de grès miocènes (100 Ω .m).

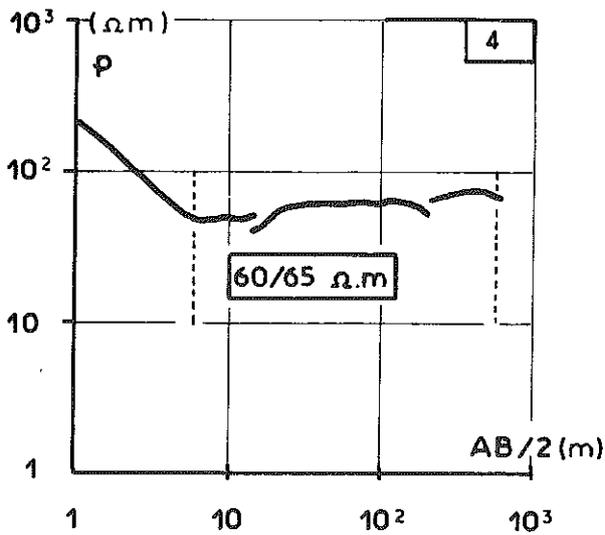
n°12 : Sous 15 m de glaciaire (75 Ω .m), se manifeste un substratum "Hauterivien" calcaire ou Barrémien (110-120 Ω .m).

n°15 : Sous 6 m de glaciaire (90 Ω .m), un terrain assez résistant (160 ohms.m) correspondant peut-être au Barrémien altéré, se manifeste sur 80 m d'épaisseur.

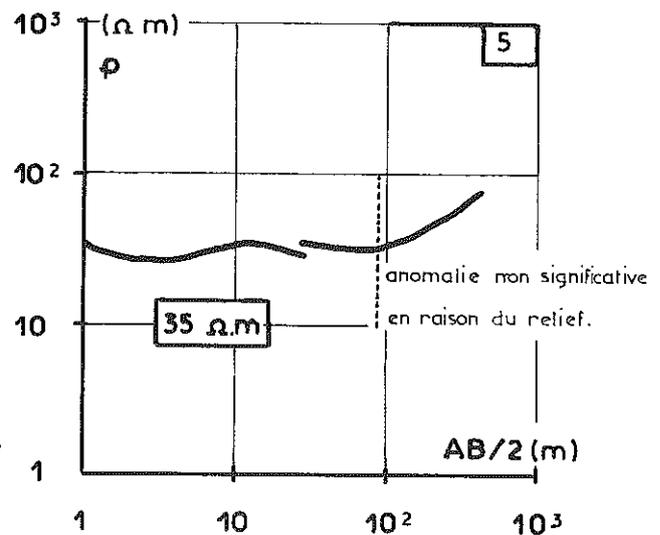
Fig.78: SYNCLINAL DE LA PESSE - PROSPECTION ELECTRIQUE

Sondages NNE SSW

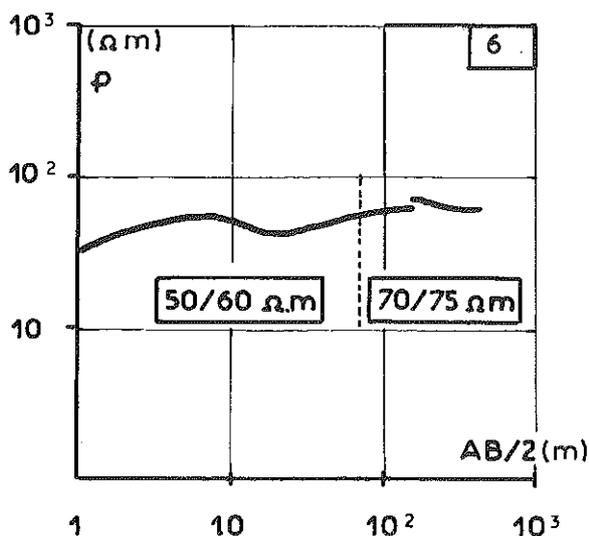
SITE DE L'EMBOUTEILLEUX



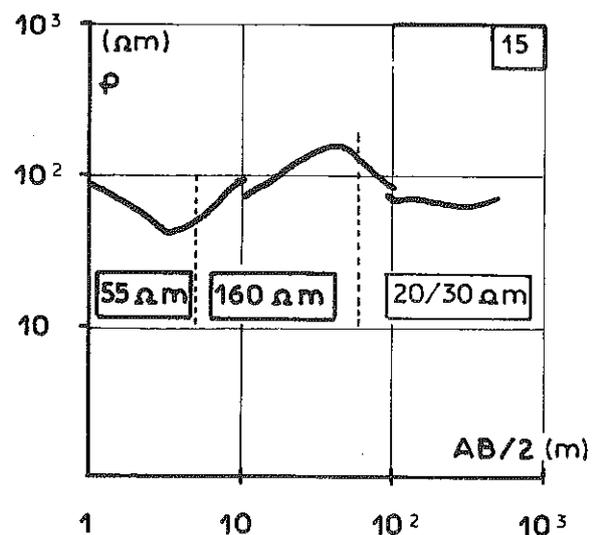
Glaciaire sur 100m ou plus.



Glaciaire et peut être tertiaire marneux sur plusieurs dizaines de mètres.



Glaciaire (20 à 30m) sur terrain non identifié (grès?)



Glaciaire (6 m) sur Barrémien altéré (75 m)
le 3^e terrain très conducteur correspond peut-être à l'Hauterivien sup.

- Conclusions

Les sondages pratiqués sur le site de l'Embouteilleux (n°4, 5,6,15, fig. 78) montrent tous un recouvrement conducteur important sur les calcaires, que les sondages mécaniques ont permis d'identifier (glaciaire pro-partie et molasse (voir p. 175)).

CONCLUSION

Le site de l'Embouteilleux, avec son piège structural et son intense fissuration, paraît favorable à l'implantation d'un forage dans les calcaires si la fracturation longitudinale ne le vidange pas. L'importance du recouvrement tertiaire et quaternaire fera augmenter la profondeur de l'ouvrage (au moins 150 m).

Un forage de reconnaissance apporterait d'utiles renseignements sur l'existence et les fluctuations du niveau piézométrique d'un aquifère fissural crétacé, non seulement dans le synclinal de La Pesse, mais encore dans d'autres pièges du même type, celui des Rousses par exemple.

RECONNAISSANCE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE RETENUE COLLINAIRE DE L'EMBOUTEILLEUX

INTRODUCTION

Le projet de forage ayant été abandonné au profit d'une retenue collinaire, l'inventaire des sites favorables, dans la région de La Pesse était assez limité :

- La basse vallée du Bief Brun, près du confluent de la Semine, bien que située sur des formations morainiques peu perméables présente une pente topographique trop importante pour permettre le piégeage d'un volume d'eau intéressant. De plus, elle est éloignée des centres de consommation (La Pesse, les Moussières) et son altitude est trop basse. Il en est de même pour la vallée de la Semine.

- La haute vallée du Bief Brun, à l'amont des gorges, est creusée dans les calcaires argileux très fracturés de l'"Argovien" le débit du ruisseau y est insuffisant.

- Le profil du ruisseau de l'Embouteilleux a une pente trop forte pour constituer une réserve suffisante, le bassin versant est limité.

Dans ces conditions, il ne reste que le site de l'Embouteilleux (fig. 79).

HYDROLOGIE DE SURFACE

Hydrométrie

Deux problèmes hydrométriques se sont posés :

1 - détermination des débits d'étiage afin de définir la réserve nécessaire pour une période théorique de 100 jours de consommation sans précipitation.

2 - mesure des débits maxima afin de déterminer les dimensions du déversoir de crues du barrage.



Fig.79 : VALLON ET PERTE DE L'EMBOUTEILLEUX.

- Mesures d'étiage au seuil jaugeur

Un seuil jaugeur Neyrpic a été installé sur le ruisseau au mois de Mai 1974. Ce seuil a permis une mesure des débits inférieurs à 40 l/s. Les débits supérieurs à 40 l/s ont été évalués. Durant la période d'été, entre le 4.6.1974 et le 29.10.1974 (148 jours). Le débit est rarement descendu en dessous de 7 l/s (10 jours). Il a été supérieur à 12 l/s pendant 78 jours et supérieur à 40 l/s pendant 26 jours. Lors de fortes crues provoquées par des pluies importantes le débit a dépassé 1 m³/s (crue du 17.6.1974). Nous n'avons pas disposé de données relatives aux précipitations de printemps et d'hiver.

S.R.A.E de Franche-Comté SECTEUR HYDROLOGIQUE Bourne de Thise S/P 731 25021 Deyrançon Cedex	NOM DE LA STATION : LA PESSE	DEPARTEMENT : JURA	PERIODE DU 16.10.75 AU 21.10.75
		NOM DE LA COMMUNE : LA PESSE	NUMERO DE PLUVIOGRAMME
		CODE : 22.24.29.01	

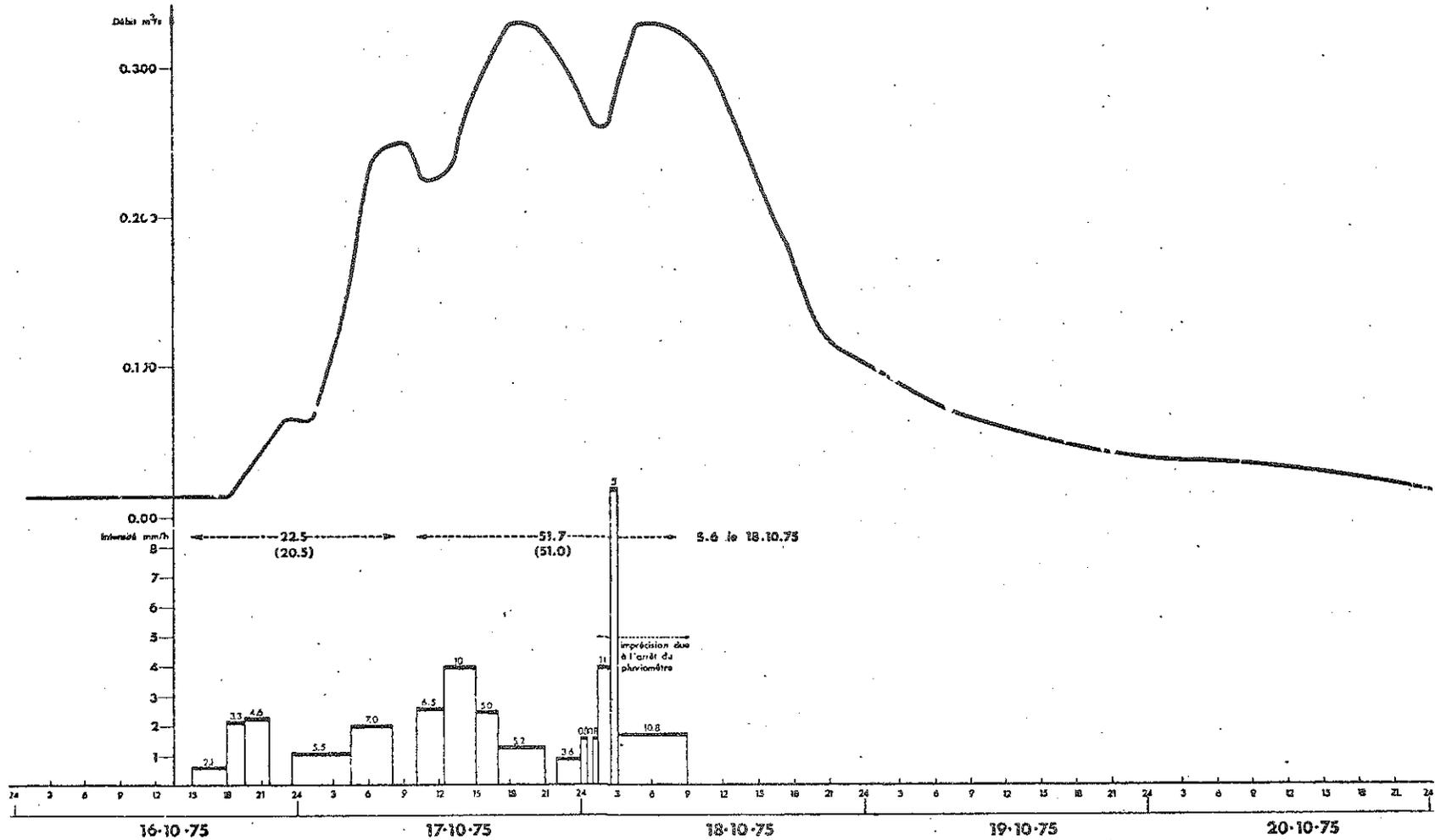
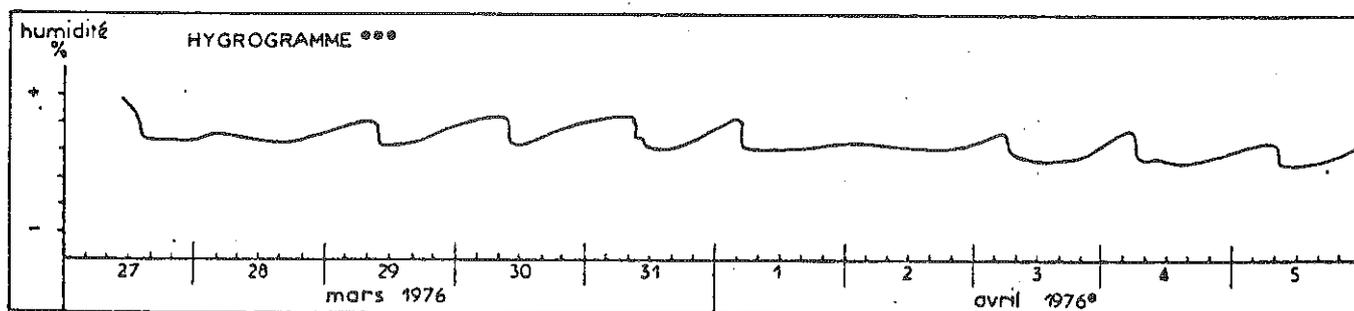
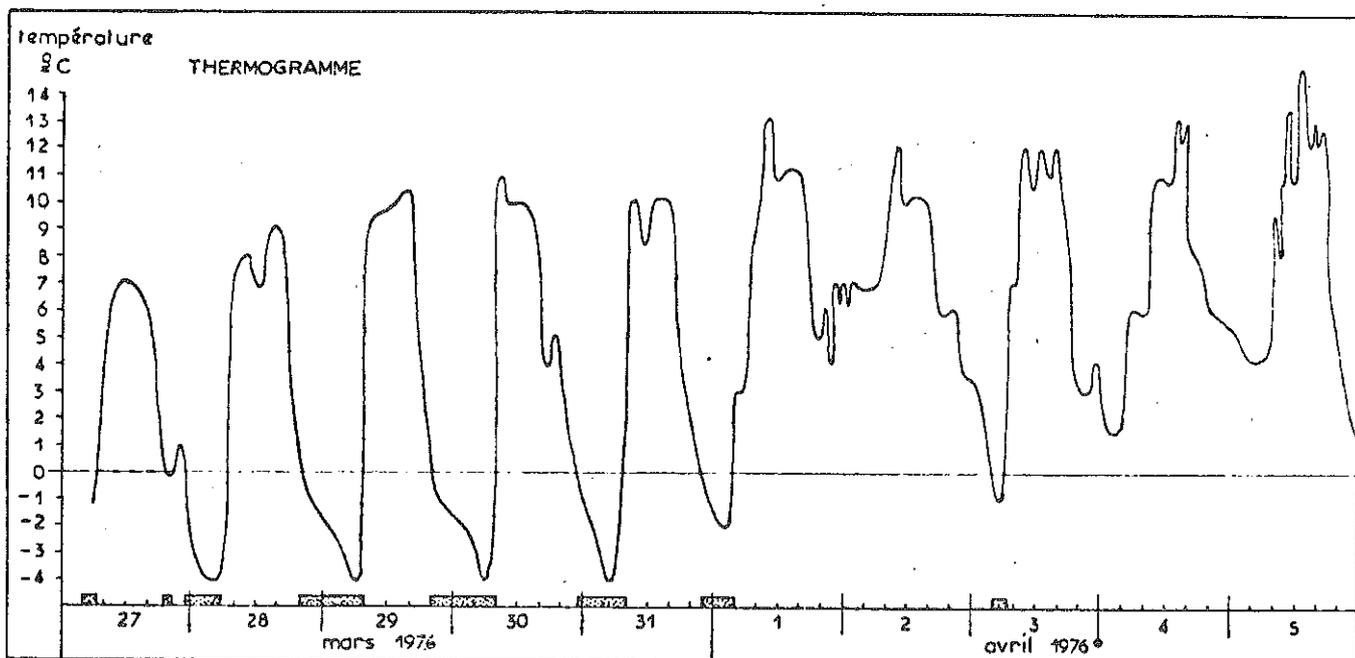
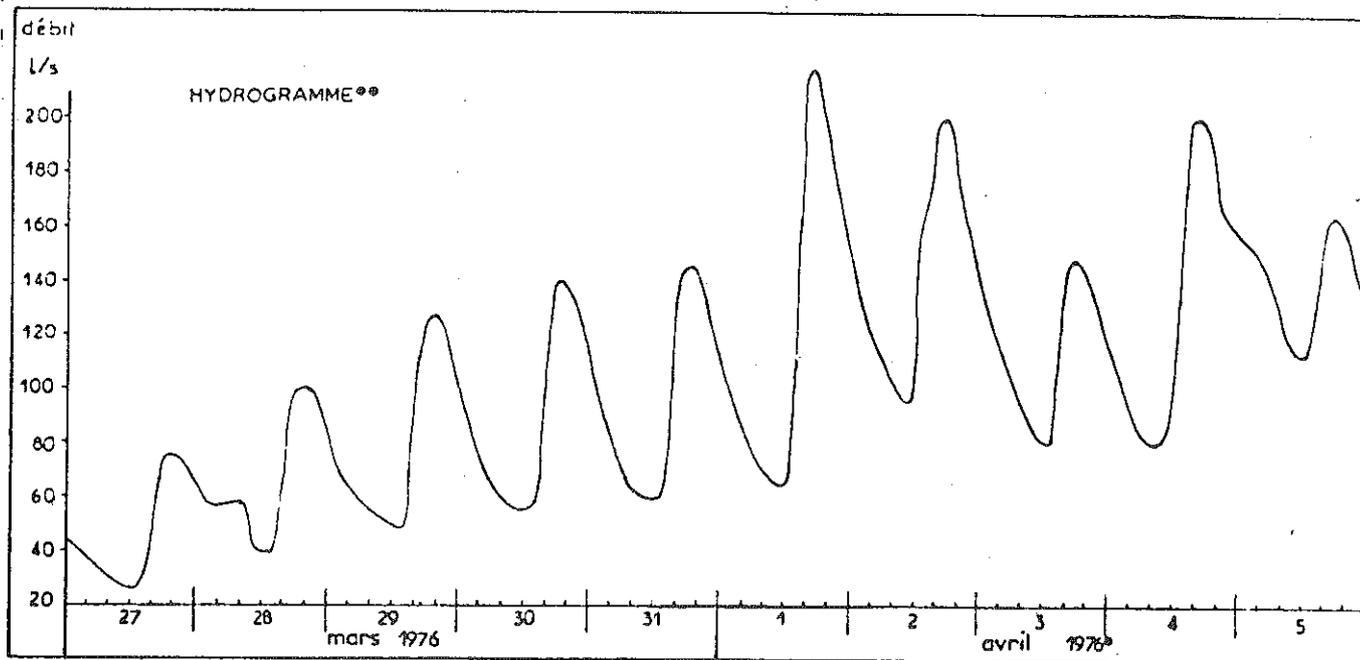


Fig. 80 : HYDROGRAMME DE CRUE - 16 au 20 OCTOBRE 1975



- à compter du 1^{er} avril les temps n'ont pas été exprimés avec l'heure d'été, pour simplifier les graphiques.
- ** les débits ont été extrapolés de manière aléatoire au dessus de 127 l/s
- *** la courbe hygrométrique n'a qu'une valeur qualitative

**Fig. 81 : INFLUENCE DES CYCLES GEL DEGEL SUR LE DEBIT DU
RUISSEAU DE L'EMBOUILLEUX - 27 Mars 5 Avril 1976**

Une consommation de 1000 m³/jours, estimée par la D.D.A. pour les 4 communes intéressées (La Pesse, Les Moussières, Les Molunes, Bellecombe) en tenant compte de l'accroissement de la population lié au développement du tourisme correspond à un débit moyen d'environ 12 l/s. Le ruisseau fournissant un débit minimal de 5 à 7 l/s, l'appoint maximal de la retenue sera de 7 à 5 l/s à l'étiage. Le volume (efficace) minimal de battement de la retenue devra être de l'ordre de 50000 à 70000 m³ pour assurer une période de 100 jours de consommation sans précipitations (ces valeurs ne tenant pas compte des pertes par fuites et par évaporation de la retenue).

Les évaluations ont montré qu'une crue d'averse pouvait apporter un volume de l'ordre de 50000 m³ en 24 h. (crue du 17 juin 1974).

- Mesures au limnigraphe

Afin de suivre avec plus de précision les variations de débit et dans le but de connaître les valeurs des maxima de crue, un seuil bétonné muni d'un limnigraphe OPT XX a été aménagé fin 1975 sur le ruisseau dont le cours a été légèrement rectifié.

Une station météorologique (pluviomètre, pluviographe, thermographe, hygrographe) a été installée près de la maison Vuillermoz et des piquets à neige ont été répartis sur le bassin versant afin d'estimer les apports des précipitations.

La période de mesure est pour l'instant trop restreinte pour dimensionner un déversoir de crue. Afin d'écluser les débits de crues décennales ou cinquantenaires, on peut envisager un barrage de type "digue - déversoir" avec parement protecteur contre l'érosion de surverse.

La figure 80 montre une crue isolée d'Octobre 1975 due seulement à l'apport par précipitations (pas d'apport par fonte de neige). L'hydrogramme montre quatre maxima (1 replat et 3 modes), les 4 maxima sont induits par 4 épisodes pluvieux isolés. Le retard entre les précipitations et les débits sont de courte durée (2 h à 4 h).

La figure 81 illustre bien également la rapidité de réponse du bassin. Durant une période de fonte de neige, sans précipitations, l'influence de l'élévation journalière de température sur le débit du ruisseau est particulièrement spectaculaire. Les maxima de température se situent vers 12 h, les maxima de débit se produisent entre 16 h et 18 h. Les cycles journaliers gel - dégel entraînent des variations de débits de l'ordre de 50 à 150 l/s. L'enveloppe du thermogramme et celle de l'hydrogramme croisent de façon comparable du 27.03 au 04.04.1976.

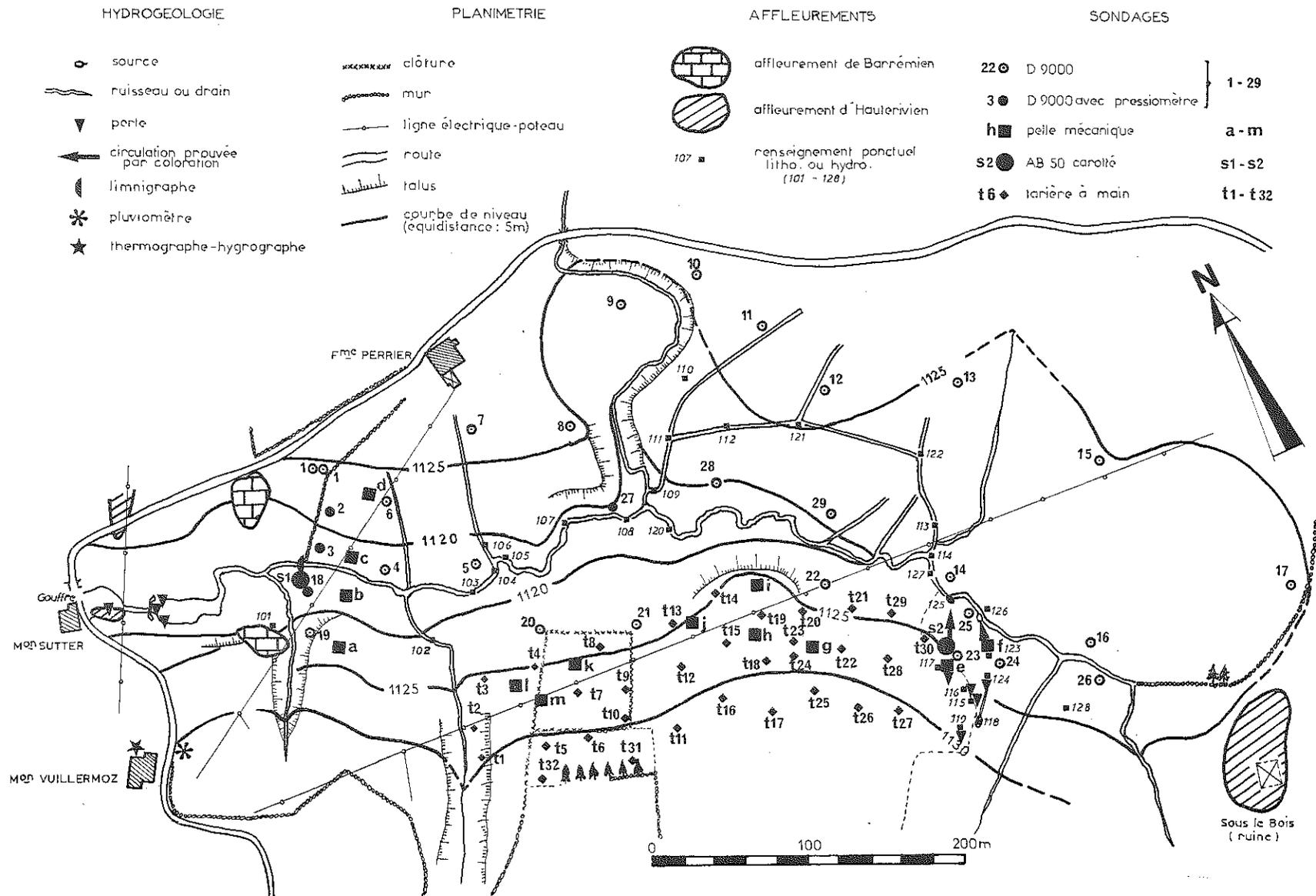
Pollution

L'existence de fermes exploitées avec étables et porcherie dans le vallon imposera le traitement ou le rejet en aval des effluents.

Par ailleurs, l'épandage de lisiers de porcs prévu sur la commune des Moussières devra être contrôlé dans le secteur de la Grande-Molune.

En outre il faut d'ores et déjà prévoir, avec l'accroissement saisonnier de population lié au développement touristique, un traitement efficace des effluents, si l'on ne veut pas irrémédiablement condamner les captages des communes des vallées (les Bouchoux, Coyrière, Coiserette, Villard).

Fig. 82 : VALLON DE L'EMBOUILLEUX - SITUATION DES SONDAGES ET AFFLEUREMENTS



CONDITIONS D'IMPLANTATION DE LA RETENUEInfluence des terrains sur l'extension du plan d'eau

L'essentiel de la dépression est constitué par de la tourbe surmontant des argiles glaciaires. Les points d'observation (fig. 82) notés en italique de 101 à 128 montrent le plus souvent une coupe du type de celle du point 102 :

- 0,30 Tourbe
- 0,40 Argile tourbeuse
- 0,35 Argile verdâtre riche en matière organique (branches, troncs, cônes) avec blocs de calcaire altéré
- 0,40 Argile verdâtre légèrement sableuse à blocs arrondis et graviers (de Portlandien, d'Hauterivien, de Barrémien, de calcaire vert et de grès glauconieux)

Vers la Grande Molune, les conglomérats du Burdigalien laissent sourdre de l'eau alimentant un abreuvoir (voir p. 60).

Les points 113, 115, 116, 117, 119, 123, 124, 127 montrent des calcaires verts et des conglomérats probablement tertiaires ; ils déterminent une zone de disparition des eaux (voir ci-dessous).

Les calcaires barrémiens sont entièrement masqués dans la zone de la retenue (flanc oriental). Ils affleurent dans le flanc ouest de part et d'autre du ruisseau, à 100 m en amont du gouffre. Le Barrémien est toujours intensément diaclasé et karstifié (lapiez, pertes). Il est le siège d'une infiltration diffuse qui le fait exclure de la zone d'alimentation du ruisseau. La source Ch. Vuillermoz, qui en est issue ($x = 871,50$; $y = 150,66$) alimente un abreuvoir. Le trop-plein se perd 50 m en aval. *Une digue ne pourra être établie qu'en amont des affleurements bordant le ruisseau.*

Les calcaires de l'Hauterivien supérieur affleurent à l'Est, sous la ferme en ruines de "Sous le Bois" et en bordure du CC100. *Le plan d'eau ne devra pas dépasser la cote 1125 m, afin d'éviter des pertes au niveau de ces calcaires.* L'Hauterivien du flanc Ouest affleure à l'entrée du gouffre JU204 qui absorbe le ruisseau qui résurge aux Cascades du Flumen (voir p.131). En amont du gouffre trois petites pertes absorbent l'essentiel du débit d'étiage, au droit de la digue qui alimentait la scierie en ruines (fig. 82). *La retenue ne pourra être implantée qu'en amont de cette zone de pertes.*

Le "Valanginien" et le Jurassique supérieur calcaire affleurent en dehors du site de la retenue dans les vallées sèches de l'Anquerne (pendages inverses) et de l'Embouteilleux (couches verticales).

Problèmes créés par les pertes près "Sous le Bois"

($x = 871,97$; $y = 150,63$).

Les affleurements de "calcaires verts" (Chattien ?) dans le fond du ruisseau, des drains de tourbière et dans des petits entonnoirs (pendages verticaux) créent des problèmes quant à l'étanchéité de la retenue à ce niveau (fig. 87). En effet ces calcaires reposent peut-être directement (en discordance ?) sur le Barrémien karstifié du flanc oriental du synclinal. Des ruisselets se perdent dans ces entonnoirs.

- Observations sur les pertes (situation : fig. 82)

- point 115 (1125,5 m) : 0,40 m : terre végétale
(perte) 0,40 m : blocs de calcaire vert, matrice argileuse.
- point 116 (1125,5 m) : 0,25 m : terre végétale
(perte) 0,35 m : blocs de calcaires barrémiens
0,20 m : argiles jaunes.
- point 117 (1125 m) : 0,80 m : tourbe
("Aven") 1,00 m : calcaire vert vertical
- point 119 (1129 m) : 0,30 m : terre végétale
(perte) 0,30 m : calcaire vert
- point 123 (1122 m) : 0,20 m : terre végétale argileuse
(perte) 0,30 m : argiles bicolores, fragments de bois
0,20 m : calcaire vert avec conduit vertical de 10 cm de ϕ .
- point 124 (1124,5 m) : point de disparition des eaux
(perte) de la source n° 118.

. Essais de traçage dans les pertes 117 et 123 .

Nous avons voulu contrôler si les pertes 117 et 123 sont en communication avec le ruisseau de l'Embouteilleux ou si les eaux qui s'y perdent disparaissent totalement vers les calcaires profonds (voir tableau-fig. 83).

	Perte 117	Perte 123
altitude	1125 m	1122 m
quantité de fluorescéine	10 g	05 g
débit de la perte	0,1 l/s	0
chasse d'eau	100 l	200 l
réapparition	source 125 (lit du ruisseau rive gauche)	source 126 (à 0,5 m du ruisseau rive gauche)
altitude	1120 m	1120,20 m
distance	50 m	20 m
dénivelée	5 m	1,80 m
vitesse moyenne	25 m/h	200 m/h

Fig. 83 : ESSAIS DE TRACAGE DANS LES PERTES 117 et 123

Les 2 "micro-traçages" montrent que :

- les pertes communiquent au moins en partie avec le ruisseau
- les circulations peuvent être de 2 types :
 - soit sous-cutanées, l'eau circulant à la limite entre les argiles saines et les argiles altérées, les calcaires n'étant que des blocs emballés

- soit karstiques, les eaux s'infiltrent dans les calcaires verts fissurés avec un transit rapide et une faible dilution au point d'émergence.

Un décapage du secteur a été pratiqué afin de définir les relations existant entre les calcaires et les argiles (voir p.175).

RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE DU SITE DE RETENUE COLLINAIRE DE L'EMBOUTEILLEUX

INTRODUCTION

Les différentes études géotechniques ont permis de préciser :

- la nature du substratum de la tourbe dans le vallon
- les caractéristiques de déformation in situ du sol de fondation de la digue
- les paramètres mécaniques du sol de fondation et des matériaux d'emprunt
- la perméabilité in situ des sols de fondation de la digue.

Elles sont décrites par ordre chronologique.

RECONNAISSANCE DU SUBSTRATUM - ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Affleurements

Les ruisseaux, les drains et les pertes ont permis d'observer sur 28 points (notés en italique de 101 à 128 sur la fig. 82) une succession qui le plus souvent comporte de la tourbe ou de la terre végétale (0,30 à 1 m) surmontant des argiles sableuses vertes contenant parfois des fragments de bois. Dans la zone près "Sous le Bois" (voir p.169), la terre végétale surmonte des "calcaires verts".

Sondages mécaniques

30 sondages numérotés de 1 à 29 (fig. 82) ont été réalisés en septembre 1974 avec une sonde "D 9000" Ménard équipée d'une tarière hélicoïdale (\varnothing 63 mm).

La figure 84 montre une coupe type.

Certains sondages ont mis en évidence la présence de tourbes anciennes recouvertes par les argiles vertes (fig. 85).

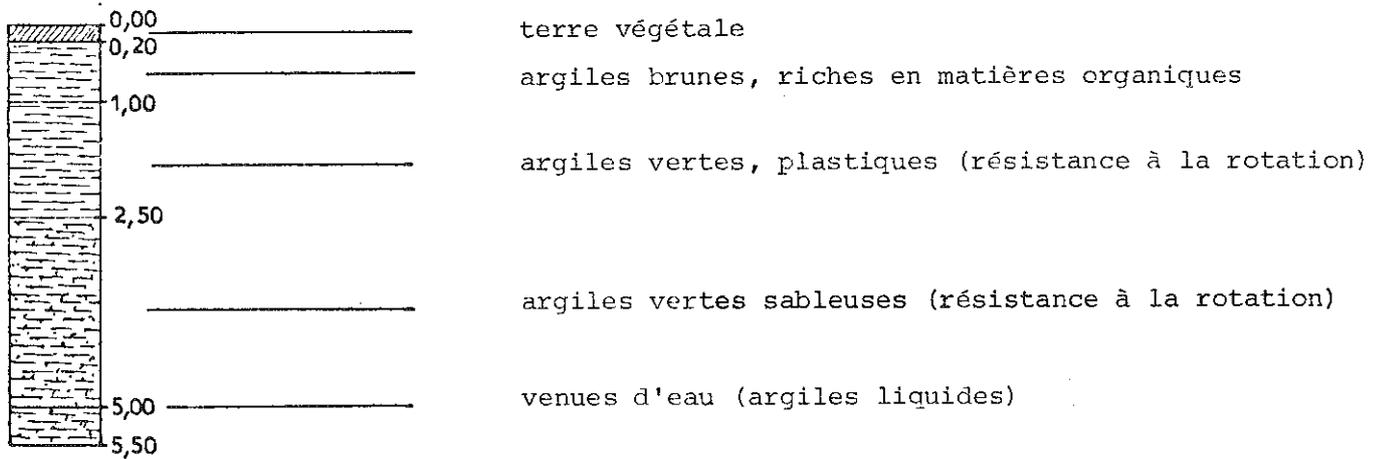


Fig. 84 : COUPE DU SONDAGE 18 (digue aval)

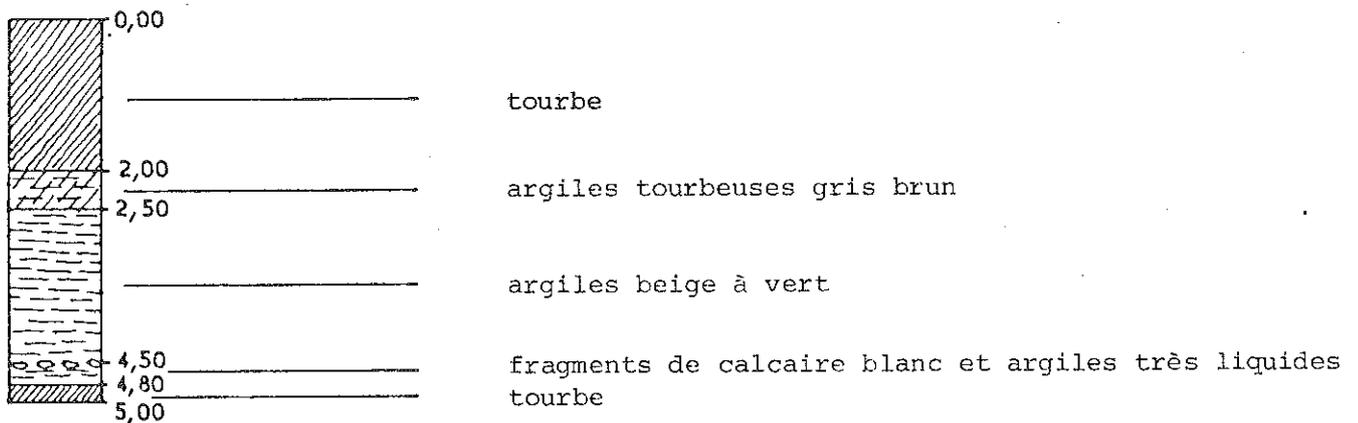


Fig. 85 : COUPE DU SONDAGE 13

Les sondages situés dans la zone des pertes près "Sous le Bois" ont été arrêtés sur des calcaires (fig. 86)

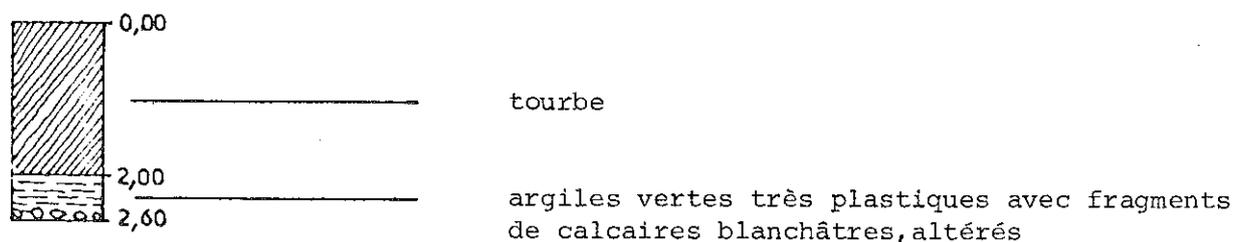


Fig. 86 : COUPE DU SONDAGE 14

Les sondages mécaniques et les affleurements ont fourni des coupes permettant de dresser une carte d'isorecouvrement de la tourbe ou de la terre végétale (fig. 87). Outre l'épaisseur du sol (tourbe ou terre végétale) la carte indique la nature du substratum qui pour la plus grande surface de la retenue est constitué d'argiles sableuses verdâtres dont la puissance est souvent supérieure à 1 mètre. Cependant dans la zone de Sous le Bois, la terre végétale repose soit directement soit par l'intermédiaire d'une faible épaisseur d'argile sur les "calcaires verts". Cette zone mérite une attention particulière afin d'éviter les pertes.

Essais pressiométriques

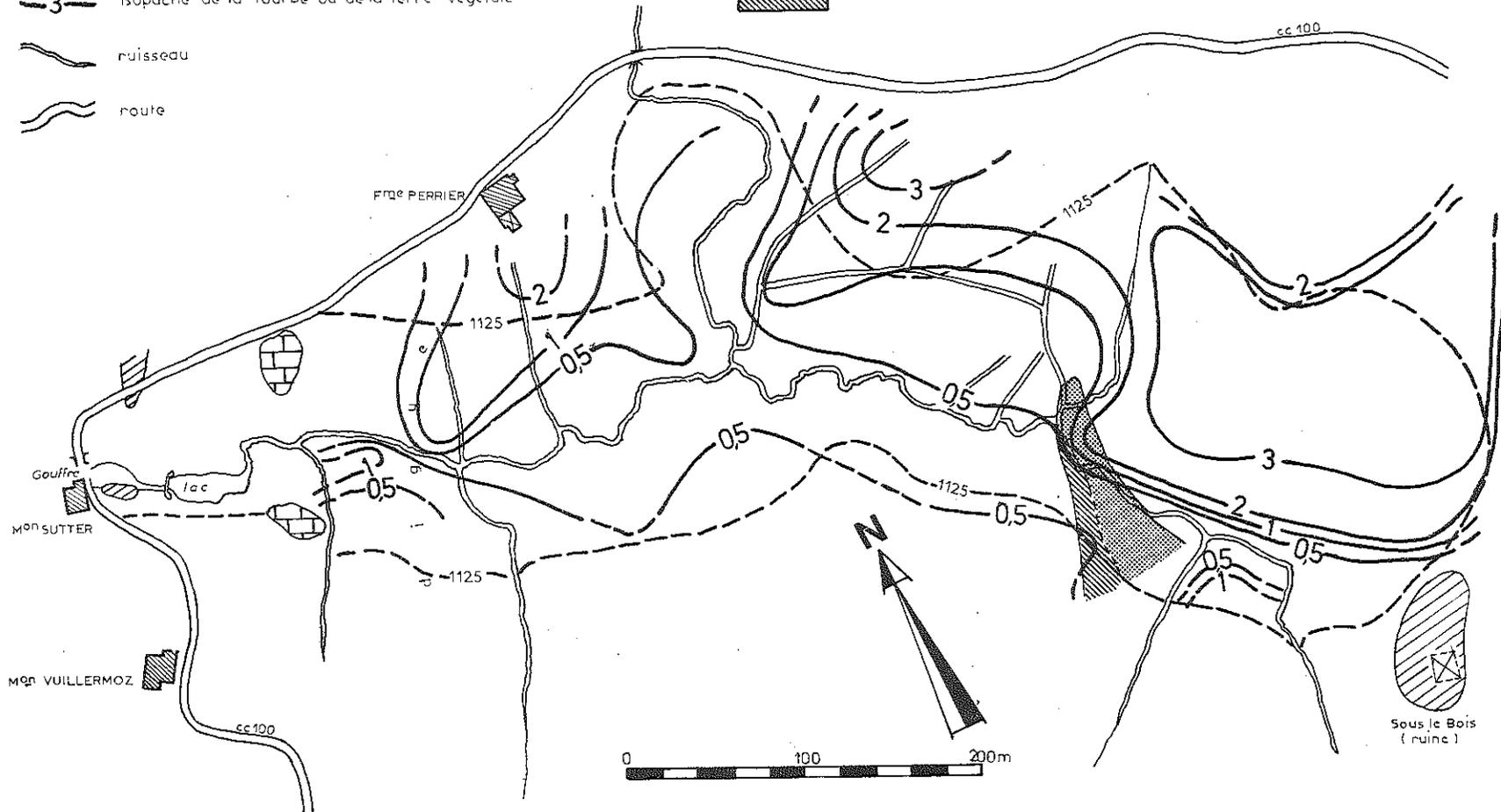
Des essais pressiométriques ont été pratiqués dans les sondages situés sur les emplacements prévus de la digue (fig. 82). Les résultats des essais sont récapitulés dans le tableau-figure 88.

	profondeur (m)	module de déformation E (bar)	pression limite (bar)
Sondage 2	1,50	50	> 25
	2,50	55	> 25
	3,75	210	> 25
Sondage 3	2,60	40	> 25
	3,50	30	> 25
	4,50	455	> 25
Sondage 18	3,50	25	21
	4,50	20	12
	4,80	20	15
Sondage 27	2,00	160	> 25
	3,50	140	> 25
	4,50	255	> 25

Fig. 88 : ESSAIS PRESSIOMETRIQUES - SITE DE LA DIGUE

Fig.87: VALLON DE L'EMBOUTEILLEUX - EPAISSEUR DU RECOUVREMENT TOURBEUX

-  affleurement de Barrémien
-  affleurement d' Hauterivien
-  -1125- courbe de niveau 1125m (plan d'eau)
-  -3- isopache de la tourbe ou de la terre végétale
-  ruissseau
-  route
-  tourbe sur forte épaisseur d' argile (1 m et plus)
-  tourbe sur faible épaisseur d' argile (calcaires sous l' argile)
-  tourbe sur calcaires (Chartien?)



Les essais montrent, par l'accroissement du module de déformation avec la profondeur dans les sondages 2,3 et 27 qu'il faudra décapier la couche superficielle d'argiles altérées (3 m environ, voir fig. 88). Les caractéristiques des argiles du sondage 18 (rive gauche) sont moins bonnes que celles des 3 autres, le décapage à ce niveau devra peut-être être plus important.

EXCAVATIONS A LA PELLE MECANIQUE

L'exécution de fosses à la pelle mécanique (situation, fig. 82) a permis de préciser la lithologie et de procéder à des prélèvements de sol intact à la trousse coupante pour essais en laboratoire (voir p.177). L'emplacement des fosses a été guidé par 3 critères, meilleure connaissance du site de la digue, précisions sur la position des calcaires dans la zone des pertes, reconnaissance d'une zone éventuelle d'emprunt de matériaux pour l'établissement de la digue.

- Le site de la digue (fosse a à d) présente des coupes où les formations argileuses reposent sur des argiles sableuses lesquelles surmontent des grès altérés (molasse). Un essai scissométrique pratiqué dans les argiles (fosse b) montre une cohésion in situ de 0,3 à 0,4 bar.

- Dans la zone des pertes (fosses e et f), le décapage à la pelle mécanique a montré que les "calcaires verts" étaient en place sous leur couverture de terre végétale ou d'argile.

SONDAGES CAROTTES - ESSAIS DE PERMEABILITE

En Août 1975, la Société Bearnaise a procédé à 2 sondages carottés de 15 m avec une foreuse de type AB50. Un sondage (S₁) a été implanté sur le site de la digue, le second (S₂) dans la zone des pertes près "Sous le Bois". Les deux puits ont fait l'objet d'essais de perméabilité de type LUGEON (mesure du débit d'eau absorbé par une portion de forage de longueur donnée, de diamètre connu, en fonction de la pression d'injection de l'eau).

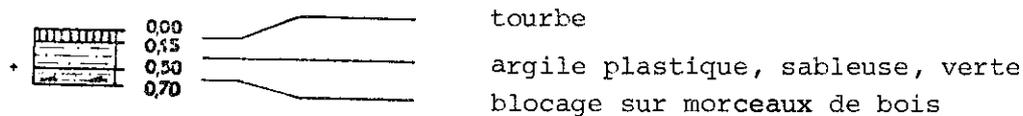
- Sondage S₁ :

De haut en bas :

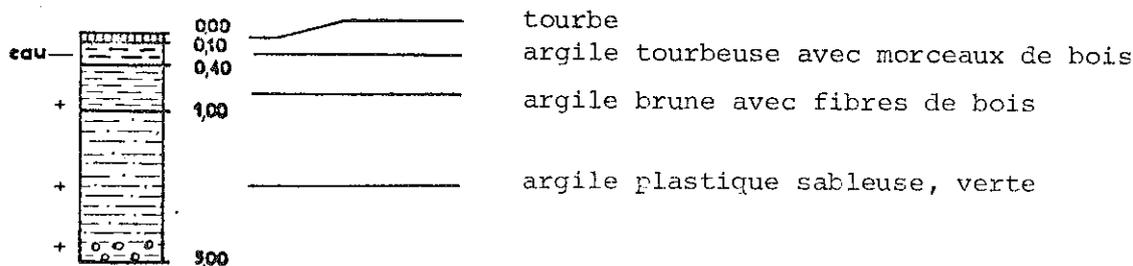
de 0	à 0,50 m - (0,50 m)	terre végétale	
de 0,50	à 3,30 m - (2,80 m)	argiles vertes et limons	
de 3,30	à 10,30 m - (7,00 m)	grès glauconieux altéré	K = 6.10 ⁻⁶ m/s
de 10,30	à 15 m - (4,70 m)	grès glauconieux sain	K = 10 ⁻⁷ m/s.

Lors des interruptions de forage, le sondage a été le siège d'un artésianisme spontané. Il doit exister une circulation en charge dans les grès qui affleurent depuis La Grande Molune (dénivelée = 100 m environ). La charge serait favorisée par le niveau d'argile surmontant la molasse. La perméabilité étant faible, le débit artésien est réduit. Cependant, pour ne pas risquer un décollement du noyau imperméable de la digue sur le substratum sous l'effet de la charge de la nappe des grès, il faudra prévoir des puits de décompression à l'aval de l'ouvrage.

Ce forage montre qu'en fait le terrain conducteur mis en évidence par les sondages électriques (voir p.163) est la molasse gréseuse aquifère.

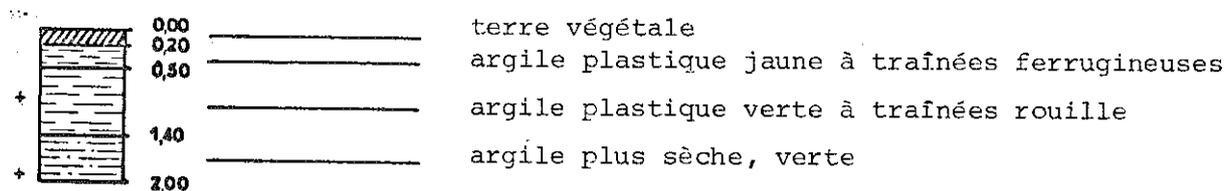


sondage t 6



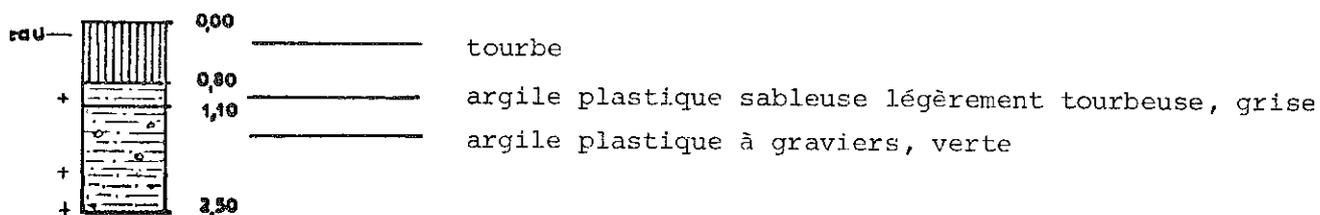
résistance à la rotation : débris de calcaire
et galets centimétriques de grès glauconieux

sondage t 11



blocage sur argile sèche

sondage t 14



blocage

sondage t 26

Fig. 89 : COUPE DE SONDAGES DANS LA ZONE D'EMPRUNT

- Sondage S₂

De haut en bas :

de 0	à 3,60 m - (3,60 m)	argiles
de 3,60	à 7,60 m - (4,00 m)	calcaires verts fracturés et altérés K = 5.10 ⁻⁶ m/s
de 7,60	à 15 m - (7,40 m)	calcaires verts sains K = 10. ⁻⁷ m/s.

Ce sondage confirme l'existence d'une série calcaire verticale dans la zone près "Sous le Bois" (Chattien ?). Les perméabilités sont faibles.

RECONNAISSANCE DE LA ZONE D'EMPRUNT

Afin d'estimer les possibilités d'exploiter des matériaux pour l'édification de la digue, une campagne de 32 sondages à la tarière a été menée en Septembre 1975 entre le site de la digue et la zone près "Sous le Bois". La zone prospectée couvre 2,6 ha entre les courbes de niveau 1125 m et 1130 m. La prospection dans cette zone a été guidée par les renseignements recueillis au cours des précédentes campagnes de reconnaissance :

- faible recouvrement de matériaux stériles (tourbe, terre végétale)
- proximité du site de la digue
- faible pente topographique.

Des prélèvements ont été faits tous les mètres pour essais en laboratoire (N.B. - sol remanié par la tarière). Les coupes des sondages t6, t11, t14 et t26 résument les différents profils rencontrés (fig. 89).

Résultats

L'exploitation de 30000 à 50000 m³ d'argiles plus ou moins sableuses est possible dans cette zone, le volume effectif étant tributaire des résultats de laboratoire. Cette exploitation nécessitera le décapage d'une hauteur moyenne de 0,85 m de stérile soit environ 20000 m³, dont le devenir reste à préciser. La hauteur moyenne exploitable sera de 1,20 m d'argiles. Le principal obstacle à l'extraction sera lié au problème des intempéries, en cas de pluie, la zone sera impraticable du fait de la plasticité des matériaux.

Prélèvement de groise

Les difficultés potentielles d'exploitation des argiles nous ont conduit à prélever de la groise à la Cernaïse et à Boulème, localités distantes de 10 km. La groise ne présente pas de difficulté d'exploitation et peut constituer un bon matériau pour les talus de la digue. Des essais de compactage ont été faits sur ce matériau (voir p.180).

ESSAIS GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRE

Ces essais ont été fait sur les prélèvements réalisés dans les fosses et sur des échantillons de groise. Ils ont été effectués par la Division Mécanique des Sols du C.T.G.R.E.F. d'Antony. Nous reprenons ici les principaux résultats des essais et les conclusions du rapport de Mr P. PERRIN, Ingénieur divisionnaire des Travaux Ruraux.

Nom du sondage (voir Fig. 82)	a	b	b	c	c	c	d	d	sl	sl	g	g	h	h	h	i	i	l	l	k	k	n	Grise
Prélèvement intact (I) ou Remanié R	R	I	R	I	I	R	R	R	I	I	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Tranche prélevée (m)	1,0 2,5	2,0 2,5	2,0 2,5	0,5 2,5	0,5 2,5	0,5 2,5	0,6 1,1	1,1 2,5	2,2 2,6	5,7 6,4	0,5 1,5	1,5 2,5	0,5 1,5	1,5 2,5	1,5 2,5	0,3 1,5	0,3 1,5	1,0 3,0	1,0 3,0	0,5 1,5	1,5 2,5	0,5 3,0	
Épaisseur représentée (m)	1,5	0,5	0,5	2,0	2,0	2,0	0,5	1,4	0,4	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	2,0	2,0	1,0	1,0	2,5	
Teneur en eau naturelle (%)	29,9		22,7				21,0	73,0	14,3		36,3	42,0	39,0	22,8		41,5		24,2		42,6	35,7	39,1	
% Matière organique sur $\rho > 80\mu$	2,2		0,5				1,4	3,6	1,2		3,5	0,4	2,5	1,8		1,1		2,0		0,9	0,9	1	
% Argile ($\rho < 0,005mm$)	10		10				29	28	7		39	34	38	55		34		25		43	31	47	11
% silt ($0,005 < \rho < 0,05$)	17		15				33	35	28		34	36	34	41		48		44		49	52	32	
% Sable ($0,05 < \rho < 0,4$)			45				14	33	32		23	15	25	2		16		17		7	9	21	2
	($0,4 < \rho < 2$)		8				2	2	11		2	1	2	1		2		1		1	1	1	5
% Gravier ($2 < \rho < 5$)			7				4	2	7		2	2	1	1				5			1		9
	($5 < \rho < 20$)		8				18		9			12						8					35
% Cailloux ($20 < \rho < 200$)	2		7						6														38
Masse volumique (t/m^3) sur $\rho < 20\mu$ sur sol complet	2,81		2,76				2,72	2,63	2,75		2,74	2,74	2,76	2,76		2,75		2,75		2,74	2,73	2,79	
Limite de liquidité	35						46	67	26		46	50	52	45		59		45		54	52	45	
Limite de plasticité	22						34	39	20		30	29	33	28		37		28		32	31	27	
Indice de plasticité	13						12	28	6		16	21	19	17		22		17		22	21	18	
ESSAI PROCTOR NORMAL (voir Fig. 92)	Energie appliquée (tm/m^2)	60									60	60	60	60		60		60			60		60
	Densité sèche maximale	1,82									1,69	1,60	1,69	1,69		1,60		1,73			1,63		2,05
ESSAI OEDOMETRI- QUE (voir Fig. 93)	Teneur en eau optimale (%)	15,5									17,5	16,5	14,5	19		19		18			20		10,5
	Indice des vides initial		0,616		non sat 0,619	sat 0,644				0,413					non sat 0,641	0,641	non sat 1,02	1,043	0,655	0,571			
ESSAI TRIAXIAL (voir Fig. 94)	Indice de compres- sibilité		0,060		0,068	0,069			0,074						0,124	0,090	0,270	0,304	0,116	0,094			
	Pression de précon- solidation (Bars)		0,575		0,710	0,400			0,380						0,790	0,480	0,450	0,580	0,850	0,300			
ESSAI TRIAXIAL (voir Fig. 94)	Perméabilité (m/s)		$6 \cdot 10^{-7}$			$5 \cdot 10^{-11}$			$5 \cdot 10^{-20}$	$7 \cdot 10^{-7}$						$4 \cdot 10^{-10}$		$5 \cdot 10^{-8}$		10^{-9}			
	Type de l'essai cu=non consolidé non drainé uu=non consolidé non drainé					CU			CU					UU	CU	UU	CU						
	Densité sèche initiale					1,77			1,85					1,69	1,67	1,43	1,41		1,70				
ESSAI TRIAXIAL (voir Fig. 94)	Angle de frotte- ment interne					29			31					13	32	14	25		28				
	cohésion					0,330			0,280					0,8	0,12	0,30	0,20		0,24				

Fig. 90 : VALLON DE L'EMBOUTEILLEUX - ESSAIS GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRE

Dans le tableau-figure 90, les résultats d'essais pour les sols de fondation occupent la moitié gauche (prélèvements a,b,c,d,s1), ceux des essais sur matériaux d'emprunt sont dans la moitié droite (g,h,i,x,n,Groise) (voir situation; fig. 82).

Teneur en eau

Les sols de fondation ont des teneurs en eau naturelle (ω %) de 14 à 73%, ils devront être décapés.

Les matériaux argileux d'emprunt ($\omega = 22,8$ à $42,6\%$) devront être séchés et ramenés à $\omega = 19$ à 30% pour être mis en oeuvre.

Teneur en matière organique

Elle est fonction du recouvrement tourbeux. 3,5% pour des prélèvements superficiels, elle tombe à 1,2 et 0,4% pour des prélèvements en profondeur.

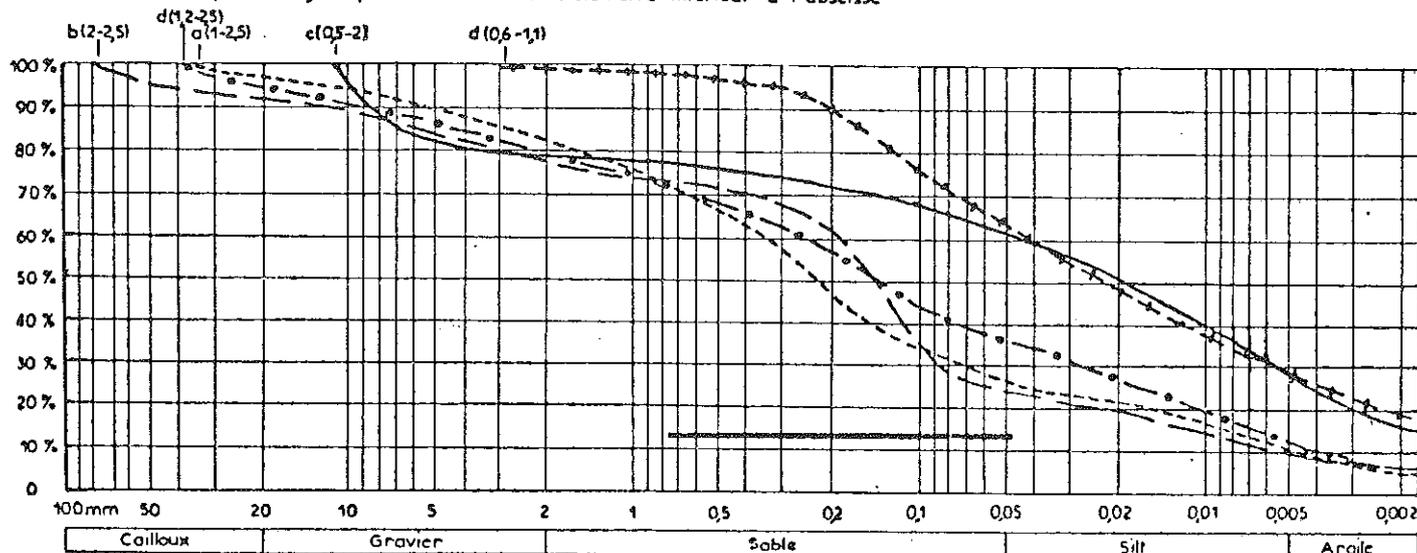
Granulométrie

Les sols de fondation (fig. 91) ont un faisceau assez large, il s'agit de sables silteux, l'influence du substratum gréseux se fait bien sentir.

Fig. 91 : VALLON DE L'EMBOUETTEILLEX - DIGUE

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS DE FONDATION (C.T.G.R.E.F.)

En ordonnées : pourcentage en poids des éléments de diamètre inférieur à l'abscisse



Les matériaux d'emprunt ont une granulométrie plus fine (sils argileux).

Bien entendu, les groises (voir fig. 90) présentent une granulométrie hétérogène avec 82% de cailloux et graviers dans une matrice argilo-silteuse (11%).

Masses volumiques

Elles sont très voisines pour tous les échantillons prélevés à l'Emboutilleux, comprises entre 2,63 et 2,81.

Limites d'Atterberg

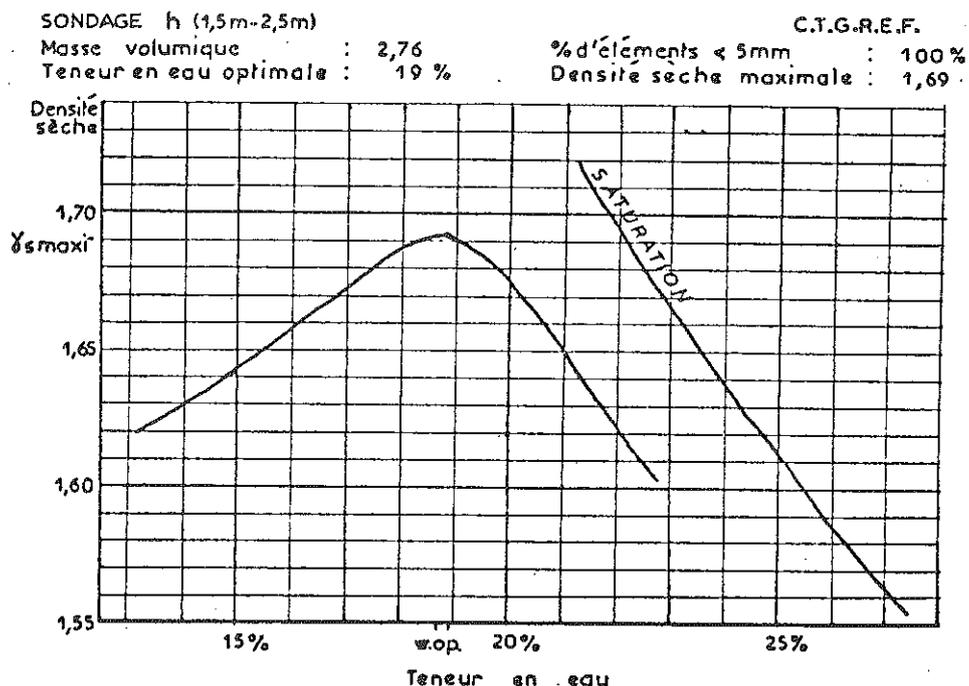
Les limites de liquidité élevées correspondent aux échantillons à forte teneur en eau naturelle. Elles témoignent d'une altération du matériau argileux sous l'action des circulations d'eau superficielles, conditionnant elles-mêmes la croissance des tourbières et portant l'augmentation du pourcentage de matière organique.

Les indices de plasticité varient de 12 à 28, les limites de plasticité étant comprises entre 20 et 39. Les indices élevés traduisent une forte teneur en eau liée à l'altération.

Essais proctor (fig. 92)

Les optima de teneur en eau (w_{op}) sont compris entre 14,5 et 20%, ils correspondent à des densités sèches maximales ($\gamma_s \text{ maxi.}$) de 1,60 à 1,73 pour les sols de l'Emboutilleux (voir fig. 90). La figure 92 montre un essai de compactage pour un prélèvement donnant des résultats moyens = $\gamma_s \text{ maxi} = 1,69$, $w_{op} = 19\%$

Fig.92 : VALLON DE L'EMBOUETTEILLEUX
ESSAI DE COMPACTAGE PROCTOR NORMAL



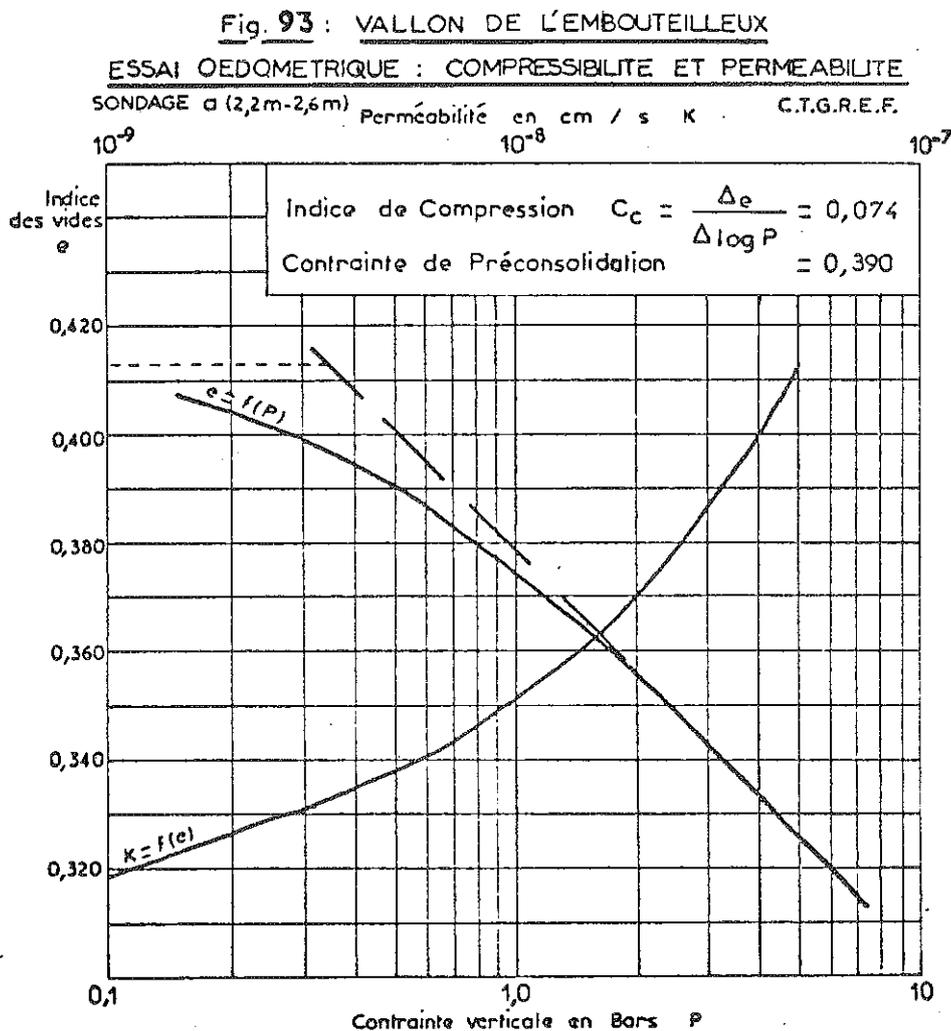
La groise testée a un optimum PROCTOR de 10,5% correspondant à une densité sèche maximale de 2,05.

Ces normes devront être respectées lors des travaux de compactage.

Essais oedométriques (fig. 93)

Hormis les échantillons i, les sols sont peu compressibles, l'indice de compressibilité est voisin ou inférieur à 0,1. (voir essai-sondage a, fig. 90).

La perméabilité très hétérogène est comprise entre $6 \cdot 10^{-7}$ et $4 \cdot 10^{-10}$. Les résultats de laboratoire ne sont pas comparables à ceux déduits des essais LUGEON. Pour le sondage S1, les essais LUGEON sur la tranche 3,30 m



- 10,30 m (grès glauconieux altérés) donnent une perméabilité $K = 6 \cdot 10^{-6}$ m/s. (voir p. 175) alors que la carotte prélevée entre 5,70 m et 6,40 m accuse une perméabilité en laboratoire de $7 \cdot 10^{-7}$ m/s, soit 10 fois plus faible.

Cette différence est imputable au fait que l'expérience ne s'effectue pas sur une longueur égale d'échantillon, l'essai LUGEON est pratiqué par passes de 5m, l'essai de perméabilité à l'oedomètre est fait sur un fragment de carotte de 0,70 m. L'essai in situ a plus de chances de rencontrer des zones fissurées que l'essai de labo., l'hétérogénéité de la porosité se fait plus sentir dans le forage que sur la carotte. Enfin, la perméabilité LUGEON est une perméabilité latérale alors qu'à l'oedomètre la perméabilité est verticale.

Essais triaxiaux (fig. 94)

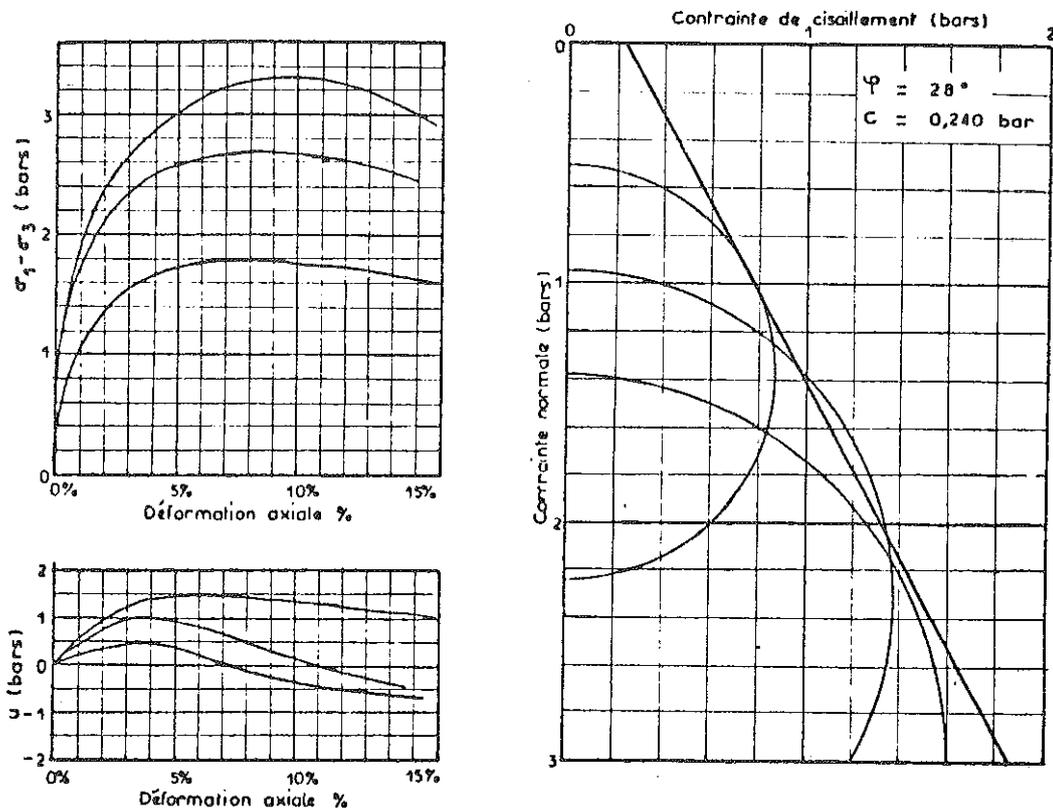
Les essais triaxiaux (voir les résultats dans la fig. 90) ont été réalisés sur des éprouvettes compactées, consolidées, saturées et non drainées en cours d'écrasement (CU) pour déterminer les caractéristiques des matériaux à long terme.

Fig. 94: VALLON DE L'EMBOUETTEUX
ESSAIS TRIAXIAUX CONSOLIDES NON DRAINES

C.T.G.R.E.F.

Sondage i (1,0m - 3,0m)

Numéro de l'essai	1	2	3
Densité sèche	1,7	1,7	1,7
Teneur en eau	17,7	17,5	17,6
Degré de saturation	78,6	78,6	78,4
Indice des vides	0,62	0,61	0,62



Les échantillons de sols de fondation ont des angles de frottement interne de 25° à 32° (φ) et des cohésions de 0,12 à 0,33 bar.

Des essais non consolidés, non drainés (U U) ont été pratiqués pour apprécier les qualités du matériau argileux d'emprunt au cours des travaux, $\alpha = 13$ et 14° , la cohésion est de 0,8 et 0,3 bar.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

L'aboutissement de ces études de terrain et de laboratoire était l'établissement par la Division mécanique des sols du C.T.G.R.E.F. d'un projet d'ouvrage dont nous reprenons ci-dessous les caractéristiques principales (fig. 95).

Type de l'ouvrage

Digue en terre compactée à noyau central argilo-silteux trapezoïdal descendant jusqu'au niveau des grès fissurés.

Retenue

- cote du sol naturel au thalweg (axe de la digue)	1117 m
- cote des plus hautes eaux normales	1125 m
- cote des plus hautes eaux de crue	1125,90 m
- longueur maximale du plan d'eau	600 m
- volume de la retenue au niveau naturel	280000 m ³
- capacité utile de la retenue	200000 m ³

Noyau central argilo-silteux

- largeur en crête	4,00 m
- largeur de la tranchée d'encrage (cote 1113 m)	7,50 m
- pente amont et aval jusqu'au niveau du sol décapé	1/2
- teneur en eau des matériaux	19-30 %
- densité sèche après compactage	> 1,45
- pourcentage de gravier entre les cotes 1126,5 et 1127 ..	30%

(pour éviter le retrait lié à la dessiccation).

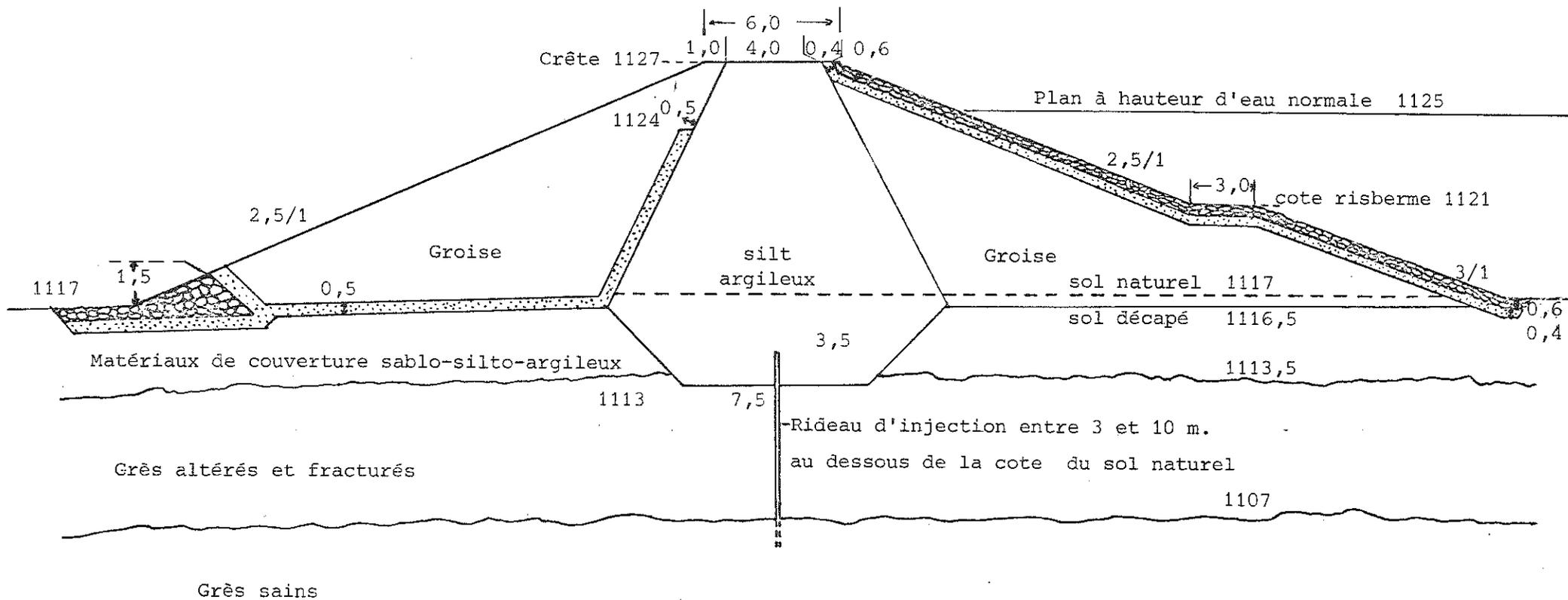
Rideau d'injection

Un rideau d'injection consistant en un coulis d'argile et de ciment doit prolonger en profondeur le noyau central et remonter sur les bords de la retenue jusqu'à la cote 1125,5 pour éviter les contournements latéraux.

Recharge en groise

- pente du parement amont (cote 1117 à 1121 m)	3/1
- pente du parement amont (cote 1121 à 1127 m)	2,5/1
- pente du parement aval	2,5/1
- largeur de la risberme (amont, cote 1121 m)	3,00 m
- densité sèche après compactage des recharges	> 1,80

Fig. 95: RETENUE DE L'EMBOUETTEUX : COUPE DE LA DIGUE DANS L'AXE DU THALWEG.



Protection des parements

- parement amont :
 - gravier 0,40 m
 - enrochement 0,60 m
 - protection par un perré bitumineux remplissant le squelette en enrochement (cas d'une digue déversante)
- parement aval :
 - terre végétale 0,20 m
 - engazonnement
 - protection de la zone déversante par un perré bitumineux (cas d'une digue déversante).

Appui aval

- hauteur du massif de pied en enrochement 2,00 m

Drainage

- épaisseur de sable filtrant entre groise et noyau 0,50 m
- épaisseur de sable filtrant entre groise et sol de fondation (parement aval) 0,50 m
- évacuation de l'eau infiltrée à travers la digue par quelques ajutages traversant le perré bitumineux de la zone déversante.

Dimensions de l'ouvrage

- altitude de la crête de l'ouvrage 1127 m
- altitude de la crête déversante 1125 m
- hauteur maximale au-dessus du sol décapé 10,50m
- longueur approximative en crête 160 m
- largeur totale en crête 6,00 m
- volume approximatif total de l'ouvrage 30000 m³

Tassement

- tassement théorique au thalweg 0,32 m

CONCLUSION

Les résultats des études géotechniques entreprises ne montrent pas d'obstacles majeurs à la création de la digue.

Le régime hydrométrique du ruisseau demande à être suivi plusieurs années ; l'insuffisance des données actuelles peut imposer la réalisation d'un ouvrage de type digue déversante.

Les pertes des calcaires verts devront éventuellement être colmatées.

L'aquifère en charge des grès glauconieux imposera peut être des forages de décompression en aval de la retenue.

Il serait utile aussi d'évaluer le débit solide du ruisseau (afin d'estimer la vitesse de comblement de la retenue) et d'empêcher la prolifération des végétaux.

La zone d'emprise du noyau imperméable devra être décapée jusqu'au substratum.

La zone d'emprunt de matériaux argileux devra être débarrassée d'une importante masse de stériles dont le devenir est à définir. De même la plasticité des argiles posera des problèmes d'exploitation.

CONCLUSION

Les travaux qui précèdent tendent à montrer que dans le Haut-Jura, une partie du grand volume de précipitations tombant annuellement sur le massif peut être exploitée soit directement dans des pièges hydrogéologiques (l'eau disparaissant très rapidement dans le sous-sol karstique), soit par stockage dans une retenue.

Quel que soit le mode d'alimentation choisi pour la région de La Pesse, l'exécution de forages de reconnaissance en petit diamètre afin de suivre les fluctuations de la nappe karstique permettrait d'en apprécier les possibilités d'exploitation.

Ce mode d'investigation peu onéreux pourrait être étendu aux autres synclinaux du Haut-Jura.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'étude entreprise dans le secteur compris entre Morez et La Pesse a permis d'apporter de nombreuses précisions sur la Géologie de cette région et de définir les conditions d'exploitation des eaux potables autour de La Pesse.

Parmi les résultats fournis par ce travail, on peut retenir :

- EN STRATIGRAPHIE :

- Etablissement de corrélations entre les coupes de "Callovien" levées entre Morez et La Pesse.

- Mise en évidence de variations de faciès dans la série calcaire du Malm par le levé de trois coupes continues dont deux originales et l'étude de nombreux affleurements; en particulier :

- au Kimméridgien inférieur, disparition progressive des niveaux à oncholites (faciès de plate-forme), au Sud-Est d'une ligne Prémanson - St-Claude - Les Bouchoux, s'accompagnant d'un développement du "faciès marneux à Céphalopodes", témoin d'une sédimentation de mer plus profonde (bordure de plate-forme).

- au Kimméridgien supérieur, influence du récif de Valfin de moins en moins marquée dans la sédimentation lorsqu'on se déplace vers le Nord-Est ou vers le Sud.

- Attribution au Berriasien inférieur des faciès purbeckiens grâce aux associations d'Ostracodes et aux Charophytes ; la sédimentation lagunaire ou lacustre n'est pas continue, elle est interrompue par des épisodes marins.

- Réduction d'épaisseur du Berriasien inférieur du Nord-Est au Sud-Ouest accompagnée d'un appauvrissement en sédiments argileux.

- Définition des divisions cartographiques du Jurassique et du Crétacé sur des critères lithologiques. Les correspondances avec la stratigraphie ont été précisées.

- Datation de certains dépôts tertiaires :

- marnes saumâtres de la Périssode : Stampien,
 - molasse marine d'Evuz : Burdigalien,
 - affleurements des Clavières, qui montrent des remaniements de faunes d'âges différents : "Purbeckien" remanié par du Burdigalien, Aquitainien continental et Vallésien - Turloien (Pontien).

- EN TECTONIQUE :

- Mise en évidence d'un synclinal crétacé à coeur "hauterivien" aux Monts de Bienne, au Nord de Longchaumois.

- Liaison génétique entre les accidents transcurrents (Morez, Lézat) et les abaissements axiaux (Morez, Flumen), ils ont pu jouer dès l'Oligocène.

- Evolution indépendante des compartiments limités par les accidents de type Morez :

- Subsidence accrue du bassin molassique du Val-de-Joux - Les Rousses au Nord-Est de l'accident de Morez,

- Limitation du charriage du Risoux au compartiment Nord-Est (nous n'avons pas mis en évidence de redoublement de série aux Arcets).

- Evolution de l'abaissement axial du Flumen qui déforme plus les plis que le plan de chevauchement des Moulins (il a dû commencer à jouer avant le chevauchement, probablement dès l'Oligocène).

- Originalité de certains caractères du chevauchement de St-Claude :

- mise en évidence d'une succession de phases de compression et du rôle de l'érosion.

- Importance de l'abaissement axial du Flumen et des failles transverses qui permettent une évolution différente d'un compartiment à un autre.

- EN MICROTECTONIQUE :

- L'étude statistique montre que la fracturation s'ordonne sensiblement suivant le même schéma que le réseau de décrochements et de linéaments visibles en photographie aérienne.

- La fracturation a pu apparaître avant et pendant ou après les plissements.

- Son ordonnancement n'est pas affecté par le réarrangement local des contraintes.

- Elle est en général induite par des contraintes de direction voisine de celle de l'axe de raccourcissement de la structure, même lorsqu'elle est apparue avant le plissement.

- EN HYDROLOGIE :

Des faits nouveaux sont apportés dans la connaissance des écoulements karstiques de la région grâce à une série d'essais de traçage :

- Les circulations ne suivent pas les décrochements dextres ou sénestres bien que des pertes et des exurgences s'y alignent,

- elles ne sont pas guidées par les vallées sèches sécantes aux plis comme on l'a longtemps pensé,

- elles peuvent traverser les plans de chevauchement,

- les écoulements sont soumis à l'influence de la structure d'ensemble, le drainage est favorisé par la fracturation longitudinale,

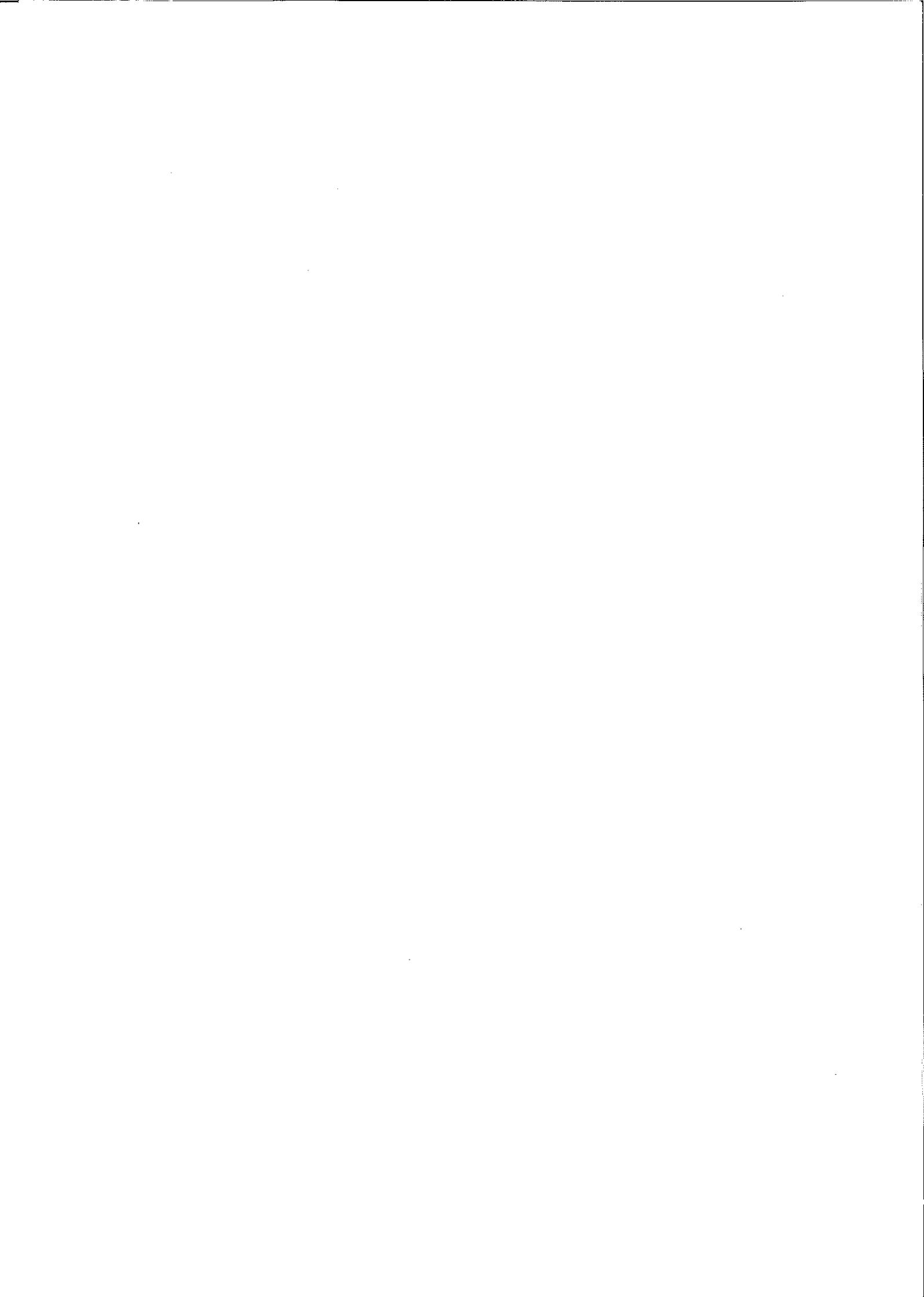
- les abaissements axiaux sont les lieux de convergence de ces écoulements.

- POUR L'EXPLOITATION DES EAUX POTABLES :

. L'étude détaillée du synclinal de La Pesse a permis de mettre en évidence un piège potentiel pour les eaux d'infiltration et de définir un aquifère fracturé. L'estimation des possibilités d'exploitation nécessiterait cependant un sondage de reconnaissance.

. Après l'étude de plusieurs sites dans la région de La Pesse, le vallon de l'Embouteilleux est le seul favorable à l'implantation d'une retenue collinaire.

- La reconnaissance géologique du site a permis d'apprécier l'extension de la couche imperméable, de connaître la nature des sols de fondation de la digue et d'évaluer les possibilités d'emprunt de matériaux.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOPHANTIE

B I B L I O G R A P H I E

- AINARDI R. (1975) - Microfaciès et paléoécologie du "Purbeckien" des régions de Nantua et St-Rambert (Jura méridional). Mise en évidence d'un horizon à *Anchispirocyclina lusitanica* EGGER. Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé, Lyon-Neuchâtel 1973 ; *Mém. B.R.G.M.*, n° 86, p. 232-241, 4 fig.
- ALABOUVETTE B. (1965) - Etude géologique de la région de St-Laurent (Jura). *Thèse 3ème cycle*, Besançon, 117 p., 14 pl.
- AUBERT D. (1943) - Monographie de la Vallée de Joux. *Matér. Carte Géol. Suisse*, (nouv. série), n° 78, 134 p., 78 fig., 1 pl.
- AUBERT D. (1958) - Sur l'existence d'une ride de plissement oligocène dans le Jura vaudois. *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, (3ème série), t. 81, p. 47-54, 2 fig.
- AUBERT D. (1959) - Le décrochement de Pontarlier et l'orogénèse du Jura. *Mém. Soc. vaud. Sci. Nat.*, n° 76, vol. 12, fasc. 4, p. 93-152, 11 fig., 2 cartes.
- AUBERT D. (1965) - Calotte glaciaire et morphologie jurassienne. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 58, fasc. 1, p. 555-578, 9 fig.
- AUBERT D. (1966) - Structure, activité et évolution d'une doline. *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 89, p. 113-120, 1 fig., 1 pl.
- AUBERT D. (1969) - Phénomènes et formes du karst jurassien. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 62, fasc. 2, p. 325-399, 44 fig., et 4 tabl.
- AUBERT D. (1971) - Le Risoux, un charriage jurassien de grande dimension. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 64, fasc. 1, p. 151-157, 1 fig.
- AUBERT D. (1975) - L'évolution du relief jurassien. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 68, fasc. 1, p. 1-64, 29 fig. et 4 tabl.
- AUBERT D., PETCH M., JEMELIN L. (1970) - Expérience de coloration à la Dôle (Jura vaudois). *Bull. Soc. vaud. Sci. Nat.*, vol. 70, n° 333, p. 375-382, 3 fig.
- AUBERT J. (1972) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région d'Orgelet (Jura). *Thèse 3ème cycle*, Besançon, 162 p., 44 fig. et pl.
- BADIN L. et MAYA C. (1971) - Etude des circulations souterraines par fluorimétrie. Doc. du Service Régional d'Aménagement des Eaux de Franche-Comté. Ministère de l'Agriculture. 26 p. rephototypées, 11 pl.

- BARBE J. (1973) - Caractéristiques biologiques des lacs de Bellefontaine et des Mortes. Végétation et microfaune. *Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté*, (nouv. série), t. 75, p. 15-38, 6 fig., 1 tabl., 3 pl.
- BARBIER R., DEBELMAS J. THIEULOY J.P. (1965) - La série néocomienne. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963). *Mém. B.R.G.M.*, n° 34, p. 67-68.
- BERGIER J.H. (1881) - Etudes historiques et philologiques sur l'origine, le développement et la dénomination des localités. Libr. Marion, Morel et Cie, Besançon.
- BERGOUGNAN H. (1968) - Sur la série jurassique entre Cinquétral et les Rousses (Jura central). *Ann. Univ. & A.R.E.R.S.* (Reims), vol. 6, p. 115-126, 5 fig., 4 photos.
- BERGOUGNAN H. (1968) - Sur les sédiments tertiaires entre Longchaumois et les Rousses (Jura central). *C.R. Som. Soc. Géol. France*, fasc. 9, p.314-316, 1 tabl.
- BERGOUGNAN H. (1969) - La structure profonde du Risoux et le décrochement de Morez dans le Jura interne. *Bull. Soc. Géol. France*, (7e série), t.2, fasc. 3, p. 338-344, 2 fig.
- BERGOUGNAN H. (1969) - Evolution post-oligocène de structures à l'Ouest du décrochement de Morez (Haut-Jura). *Bull. B.R.G.M.*, (2e série), sect. 1, n° 2, 1969, p. 45-54, 5 fig., 2 pl.
- BERGOUGNAN H. (1971) - Remarques stratigraphiques et paléogéographiques sur le Jurassique supérieur de la région de Morez (Jura central). Colloque international sur le Jurassique (Luxembourg, 1967). *Mém. B.R.G.M.*, n° 75, p. 249-261, 4 fig., 6 photos.
- BERGOUGNAN H. et GUILLAUME A. (1965) - Précisions sur la stratigraphie du Jurassique supérieur de la région de Morez (Jura). *Ann. Univ. & A.R.E.R.S.* (Reims), vol. 3, p. 11-13.
- BERNIER P. (1973) - Mise en évidence de 2 séquences sédimentaires dans le Kimméridgien-Portlandien de la région de Molinges (Jura). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 66, fasc. 2, p. 345-349, 1 fig.
- BERNIER P. (1974) - *Campbelliella striata* (CAROZZI) algue Dasycladacée ? Une nouvelle interprétation de "l'Organisme C" FAVRE et RICHARD 1927. *Geobios*, vol. 7, fasc. 2, p. 155-175, 6 fig., 3 pl.
- BERNIER P. et ENAY R. (1972) - Figures d'émersion temporaire et indices de sédimentation à très faible profondeur dans le Portlandien et le Kimméridgien supérieur (calcaires en plaquettes) du Grand Colombier de Culoz (Ain, France). *Bull. Soc. Géol. France*, (7e série), t. 14, p. 281-294, 2 fig., 2 pl.
- BERTRAND M. (1885) - Compte-rendu de l'excursion entre Morez et St-Claude. *Bull. Soc. Géol. France*, (3e série), t. 13, p. 785-794.

- BERTSCHY R. (1958) - Géologie der kreide und molasse in der Umgebung von Grandson (Kt. Waadt). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 51, fasc. 2, p. 217-263, 10 fig., 3 pl.
- BOUCHE P. et POULET M. (1971) - Méthode et exemple d'étude sur photographies aériennes de la fracturation naturelle des carbonates. *Rev. Inst. franç. Pétrole*, vol. 26, fasc. 1, p. 3-21, 14 fig.
- BOURGEAT E. (1885) - Excursion du 25-28 Août de Champagnole à Oyonnax (Réunion extraordinaire de la Soc. Geol. France dans le Jura). *Bull. Soc. Geol. France*, (3e série), t. 13, p. 773-827.
- BOURQUIN J. et CONTINI D. (1968) - Données nouvelles sur la stratigraphie et la paléogéographie du Callovien du Jura franc-comtois. *Bull. Soc. Geol. France*, (7e série), t. 10, p. 362-369, 1 fig.
- BULLE J., MARTIN J., ROLLET M., SARAIIS C. (1964) - Nouvelles données tectoniques sur l'anticlinal de Chailluz (zone des Avant-Monts) obtenues grâce à l'utilisation de niveaux repères. Extension possible des résultats dans le Jura. *C.R. 89e Congr. Soc. Sav.*, (Lyon), *Sc. Terre, Biol. Medec.*, p. 91-110, 6 fig.
- BULLE J. MARTIN J. et ROLLET M. (1969) - La région des Planches-en-Montagnes (Jura). Essai d'interprétation tectonique. *Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté*, (nouv. série), t. 71, fasc. 3, p. 1-4, 3 fig.
- BURGER A., MARCE A., MATHEY B. et OLIVE Ph. (1971) - Tritium et Oxygène 18 dans les bassins de l'Areuse et de la Serrière (Jura neuchâtelois, Suisse). Actes du Colloque d'Hydrologie en Pays Calcaire, Besançon 1971. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 15, p. 79-87, 4 fig.
- CAIRE A. (1955) - Surfaces d'érosion et versants calcaires du Jura central. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, t. 59, p. 35-55, 2 fig.
- CAIRE A. (1959) - Indépendance tectonique entre le Lias et le Jurassique moyen du faisceau salinois (Jura). *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, t. 249, p. 2348-2350.
- CAIRE A. (1963) - Problèmes de tectonique et de morphologie jurassiennes. Livre Mém. Prof. Fallot, *Mém. hors-série, Soc. Geol. France*, t.2, p. 105-158, 17 fig.
- CAIRE A. (1973) - La lenticulation tectonique. Exemples jurassiens. Recueil de travaux dédiés au Professeur N. Théobald. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 18, p. 299-312, 5 fig.
- CAIRE A. (1973) - Sur quelques propriétés des gerbes de failles. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 20, p. 55-71, 8 fig.
- CAIRE A. (1975) - Les joints obliques à la stratification (clinoclives) et leurs déformations dans les séries calcaires jurassiennes. *Bull. Soc. Geol. France*, (7e série), t. 17, fasc. 2, p. 231-241, 5 fig.
- CAROZZI A. (1948) - Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura suisse. *Arch. Sci. phys. nat. (Genève)*, vol. 1, fasc 2, p. 211-375, 56 fig., 6 pl.

- CAROZZI A. (1955) - Dasycladacées du Jurassique supérieur du Bassin de Genève. *Eclogae Géol. Helv.*, vol. 48, fasc. 1, p. 32-67, 19 fig., 2 pl.
- CHAMBARD C. (1914) - La montagne jurassienne, essai de géographie régionale. Impr. Moderne, Lons-le-Saunier, 146 p., 25 fig., 33 pl., 1 carte.
- CHAUVE P. (1959) - Le tertiaire du Bief des Lavaux (près de Pontarlier), ses relations avec la tectonique du Jura. *Bull. Soc. Géol. France*, (7e série), t. 1, fasc. 6, p. 611-613.
- CHAUVE P. (1959) - Bibliographie géologique du Jura français. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (2e série), Géologie, fasc. 9, p. 103-119.
- CHAUVE P. (1971) - Rôle des failles dans les circulations souterraines du Jura. Exemples et applications. Actes du Colloque d'Hydrologie en Pays Calcaire, Besançon 1971, *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), géologie, fasc. 15, p. 65-69, 3 fig.
- CHAUVE P. et PERRIAUX J. (1974) - Le Jura *in* : DEBELMAS J. : Géologie de la France, t. 2, p. 443-464, 11 fig., Doin Edit., Paris.
- CHAUVE P. & Coll. (1975) - Guides géologiques régionaux : Le Jura. 215 p., 126 fig., 6 pl., Masson et Cie Edit., Paris.
- CHAUVE P., LE PENNEC R., METTETAL J.P., MUDRY J., ROSENTHAL P. (1976) - Drainage karstique vers la zone d'abaissement axial des plis du Flumen (région de St-Claude, Haut-Jura). *Bull. Ass. Spéléo. Est*, n° 13, p. 5-14, 1 fig.
- CHAUVE P., MUDRY J. et ROSENTHAL P. (1976) - Le chevauchement de St-Claude entre Longchaumois et St-Claude (Haut-Jura). *Bull. Fed. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté*, t. 77, p. 25-31, 2 fig.
- CLIN M. (1967) - Interprétations cinématiques en chaîne plissée sous faible couverture : le Jura méridional. Etages tectoniques. Colloque de Neuchâtel 18-21 Avril 1966. p. 315-332, 11 fig., 1 carte couleur. A la Baconnière, Neuchâtel.
- COLIN J. (1962) - La grotte des Foules. Actes du 4e Congrès National de Spéléologie 1962, *Spe lunca-Mémoires*, n° 2, p. 51-53, 1 pl.
- COLIN J. (1964) - Explorations sur le plateau des Moussières. *L'Echo des Cavernes* (St-Claude), n° 13, p. 5-19.
- COLIN J. (1966) - Inventaire spéléologique de la France - Département du Jura. 307 p., 52 pl., B.R.G.M.-F.F.S.
- CONTINI D. (1964) - Réduction stratigraphique du Lias supérieur dans la région de St-Claude (Jura). *C.R. Som. Soc. Géol. France*, fasc. 7, p. 269-270.
- CONTINI D. (1970) - L'Aalénien et le Bajocien du Jura franc-comtois. Thèse Sciences, Besançon. *Ann. Sci. Univ. Besançon* (3e série), Géologie, fasc. 11, 204 p., 56 fig.
- CONTINI D. (1972) - Le Jurassique en Franche-Comté. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 17, p. 3-18, 6 fig.
- CONTINI D. et BOURQUIN J. (1969) - Esquisse paléogéographique du Jura au Callovien. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 6, p. 39-49, 4 fig.
- CONTINI D. et LE PENNEC R. (1972) - Le Bathonien inférieur du Maréchet, près de St-Claude (Jura). *Ann. Sci. Univ. Besançon* (3e série), Géologie, p. 93-95, 1 fig.

- DONZE P. (1958) - Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur le pourtour de la "Fosse Vocontienne".
Thèse Sciences, Lyon, *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci., Lyon*, (nouv. série), n° 3, 221 p., 32 fig., 6 pl.
- DONZE P. et THIEULOY J.P. (1975) - Sur l'extrême condensation du Valanginien supérieur dans le Jura Neuchâtelois, en particulier dans le stratotype de Valangin, et sa signification dans l'ensemble des formations valanginiennes du SE de la France. *C.R. Ac. Sci. (Paris)*, t. 280, série D, fasc. 14, p. 1661-1664, 1 fig.
- DREYFUSS M. (1950) - Remarques sur l'Argovien du Jura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, t. 54, p. 34-41.
- DREYFUSS M. (1954) - Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur. Essai sur la sédimentation et la paléogéographie dans leur rapport avec les déformations. *Mém. Soc. Géol. France*, t. 33, fasc. 1, mém. 69, p.1-62, 2 pl.
- DREYFUSS M. (1955) - Viscissitudes de quelques noms d'étages, et étages peu connus du Jurassique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, t. 59, p. 17-23.
- DREYFUSS M. (1960) - Caractères généraux et histoire géologique du Jura. *Bull. Union Naturalistes Enseig. publ.*, n° 2, 15 p., 3 fig.
- DREYFUSS M. (1962) - La "Querelle" du Rauracien (Remarques à la suite d'une note de A. GUILLAUME et G. MASCLE). *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, t. 64, fasc. 2, p. 31.
- DREYFUSS M. (1965) - Carte géologique de la France au 1/80000. Feuille de St-Claude (2e ed.). *Serv. Carte Géol. France*, n° 149.
- DREYFUSS M. (1969) - Présentation d'une carte des principales failles du Jura. *Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté*, (nouv. série), t. 71, fasc. 2, p. 48-50, 1 fig.
- DREYFUSS M., THEOBALD N. et THIEBAUT J. (1962) - Vue d'ensemble sur le Jura franc-comtois et la retombée méridionale des Vosges. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (2e série), Géologie, fasc. 16, p. 93-112, 2 pl.
- DREYFUSS M et DAVILA J. (1969) - Quelques conséquences hydrogéologiques et appliquées d'une comparaison des débits des rivières jurassiennes. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 6, p. 50-59, 5 fig.
- DROGUE C. (1971) - Réflexions sur les possibilités offertes par les traceurs pour la mesure de la vitesse d'écoulement dans les roches calcaires fissurées. *Bull. B.R.G.M.*, (2e série), section 3, n° 4, 1971, p. 21-31, 8 fig.
- DUBOIS M. (1959) - Le Jura méridional étude morphologique. *Thèse Géographie, Paris, S.E.D.E.S.*, Paris, 642 p., 43 fig., 32 photos.
- DUPLAIX S. et GUILLAUME S. (1962) - Etude de quelques formations détritiques du Crétacé moyen du Jura. *Bull. Soc. Géol. France*, (7e série), t. 4, p. 311-321, 1 fig., 2 tabl.
- DUPLAIX S. et GUILLAUME S. (1963) - Etude stratigraphique et minéralogique de formations tertiaires du Jura. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, (2e série), vol. 5, fasc. 1, p. 37-54, 3 fig., 6 tabl., 1 pl.
- DUPLESSIS-KERGOMARD D. (1968) - Etude géologique de la bordure bressane du Jura entre St-Amour et Treffort. *Thèse 3 ème cycle*, Besançon, 151 p., 5 fig., 10 pl.

- ENAY R. (1965) - Les formations coralliennes de St-Germain de Joux (Ain). *Bull. Soc. Géol. France*, (7e série), t. 7, p. 23-31, 3 fig.
- ENAY R. (1966) - l'Oxfordien dans la moitié sud du Jura français. *Nowv. Arch. Museum Hist. Nat. Lyon*, fasc. 8, t. 12, 624 p., 178 fig., 40 pl.
- ENAY R. (1971) - Morphologie karstique, circulations souterraines et accidents transversaux dans le Haut-Jura méridional (col de Richemont près Seyssel, Ain). Actes du Colloque d'Hydrologie en Pays Calcaire, Besançon 1971. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3e série), Géologie, fasc. 15, p. 49-57, 3 fig.
- ETALLON A. (1857) - Esquisse d'une description géologique du Haut-Jura, et en particulier des environs de St-Claude. *Ann. Soc. Impér. Agric. Hist. Nat. Arts Utiles, Lyon*, (3e série), t. 1, 108 p., 3 pl.
- FALCONNIER A. (1931) - Etude géologique de la région du Col de Marchairuz. *Matér. Carte Géol. Suisse*, (nouv. série), n° 27, 31 p., 3 fig., 1 pl.
- FIRTION F. (1950) - Contribution à l'étude paléontologique, stratigraphique et physico-chimique des tourbières du Jura français. *Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, vol. 10, 96 p., 32 fig., 4 pl.
- FOURNIER E. (1923) - Explorations souterraines en Franche-Comté. Les Gouffres. 212 p., 51 fig., Jacques et Demontrond Edit., Besançon.
- FOURNIER E. (1923) - Explorations souterraines en Franche-Comté. Grottes et rivières souterraines. 185 p., 59 fig. La Solidarité, Imprimerie Coopérative Ouvrière, Besançon.
- FOURNIER E. (1924) - Révision des feuilles de Lons-le-Saunier, Gray et Langres au 1/80 000e. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 151, t. 27, campagne 1922, p. 101-111.
- FOURNIER E. (1924) - La recherche et le captage des eaux potables en Franche-Comté. 118 p., 32 fig., Faivre-Vernay Edit., Pontarlier.
- FOURNIER E. (1926) - Révision des feuilles de Gray, Langres, Pontarlier et St-Claude au 80 000e. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 162, t.30, campagne 1925, p. 53-68.
- FOURNIER E. (1926) - Les eaux souterraines - sources, résurgences, exurgences et nappes aquifères. 217 p., 52 fig. Imprimerie de l'Est, Edit., Besançon.
- GENEVOIS F. (1909) - Contribution à l'étude des eaux d'alimentation du Jura franc-comtois. 56 p., 35 tabl. Jacquin Edit., Besançon.
- GIGNOUX M. et MATHIAN J. (1952) - Les enseignements géologiques du grand barrage de Genissiat sur le Rhône (Ain - Hte-Savoie). Karstification éocène de l'Urgonien, Quaternaire rhodanien. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Grenoble*, t. 29, p. 121-162, 8 fig., 4 pl.
- GLANGEAUD L. (1949) - Evolution morphotectonique du Jura septentrional pendant le Miocène supérieur et le Pliocène. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 229, p. 720-722.
- GLANGEAUD L. (1951) - Les problèmes du Jura. (Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans le Jura Franco-Suisse, 1951). *Bull. Soc. Géol. France*, (6e série), t. 1, fasc. 9, p. 765-770, 2 fig.

- GLANGEAUD L. (1951) - St-Claude, St-Lupicin, La Chaux des Crotenay, Morez. (Réunion extraordinaire de la Soc. Géol. France dans le Jura franco-suisse, 1951). *Bull. Soc. Géol. France*, (6e série), t. 1, fasc. 9, p. 847-851, 2 fig.
- GLANGEAUD L. (1951) - Région de Morez - Les Rousses. (Réunion extraordinaire de la Soc. Géol. France dans le Jura franco-suisse, 1951). *Bull. Soc. Géol. France*, (6e série), t. 1, fasc. 9, p. 858-859.
- GLANGEAUD L., GUILLAUME S. et GUILLAUME A. (1968) - Carte géologique de la France au 1/50 000e. Feuille de Morez - Bois d'Amont. *B.R.G.M.*, (Orléans).
- GRAMBERG J. (1965) - Axial cleavage fracturing, a significant process in mining and geology. *Engineering Geology*, vol. 1, n° 1, p. 31-72, 31 fig.
- GRILLOT J.C. et GUERIN R. (1975) - Tectonique, microtectonique et direction des écoulements souterrains : Exemple de relation dans le bassin karstique du Haut-Vidourle (Gard, France). *Rev. Geogr. Phys. Géol. Dyn.*, (2e série), vol. 17, fasc. 1, p. 45-60, 8 fig.
- GRUNEISEN P., HIRLEMANN G., JANOT P., et RUHLAND M. (1973) - Analyse de la fracturation naturelle d'une structure plissée : l'anticlinal de la Lance (Drôme). *Sci. Géol.* (Strasbourg), t. 26, fasc. 2-3, p. 161-186, 16 fig.
- GUILLAUME A. (1960) - Contribution à l'étude géologique de la région de Champagnole (Jura). *Thèse 3ème cycle*, Paris, 279 p.
- GUILLAUME A. (1961) - Relation et évolution morphotectonique des plateaux centraux et de la Haute-Chaîne du Jura dans la région de Champagnole - Morez. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, (2e série), vol. 4, fasc. 2, p. 103-114, 2 fig.
- GUILLAUME A. (1964) - Sur le Bathonien et le Callovien de Morez (Jura). *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, t. 66, fasc. 1, p. 17-22.
- GUILLAUME A. et MASCLE G. (1962) - A propos de l'Argovien - Rauracien du Jura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, vol. 64, fasc. 1, p. 19-24.
- GUILLAUME S. (1966) - Le Crétacé du Jura français. *Thèse Sciences*, Paris. 297 p., 95 fig., 30 tabl., 6 pl.
- GUILLAUME S., SIGAL J. et GUILLAUME A. (1965) - Sur le Tertiaire du synclinal de La Pesse (Jura). *C.R. Acad. Sci.* (Paris), t. 261, p. 4466-4468.
- GUILLAUME S., GUILLAUME A., CARON C. et OLIVE Ph. (1967) - Observations sur la feuille de St-Claude au 1/50 000e. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. 279, p. 345-349, 1 fig.
- HANTZPERGUE P. (1975) - Le Kimméridgien à Céphalopodes du Jura méridional. Stratigraphie et Paléontologie. *Thèse 3ème cycle Université Claude Bernard Lyon*. 287 p., 1 tabl., Atlas 47 pl.
- HOSSIN A. (1952) - Etude géologique de la région de Mijoux - Lamoura (Jura). *D.E.S. Lyon*, Dactyl. 144 p., 4 fig., 11 pl.
- JAMIER D., OLIVE Ph., SIWERTZ E. et VIAL R. (1973) - Des accidents profonds Nord 50 contitionnent-ils la structure de l'ensemble Jura - plateau molassique - préalpes. *C.R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, vol. 8, fasc. 1-3, p. 45-51, 5 fig.
- JAMIER D. et SIMEONI G.P. (1975) - Considérations sur les rapports entre la structure géologique et les écoulements souterrains dans les formations calcaires des Sieben Hengste (Berne). *Actes 5e Cong. suisse Spéléol.* (Interlaken 1974). p. 86-94, 5 fig.

- KIRALY L. (1966) - Remarques sur la tectonique de la région de St-Blaise (Neuchâtel). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 89, p. 121-128, 4 fig.
- KIRALY L. (1968) - Eléments structuraux et alignement de phénomènes karstiques. (région du gouffre du Petit-Pré de Saint-Livres, Jura vaudois). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 91, p. 127-146, 10 fig.
- KIRALY L. (1969) - Anisotropie et hétérogénéité de la perméabilité dans les calcaires fissurés. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 62, fasc. 2, p. 613-619, 3 fig.
- KIRALY L. (1969) - Statistical Analysis of Fractures (Orientation and Density). *Geol. Rundschau*, vol. 59, fasc. 1, p. 125-151, 15 fig., 2 tabl.
- KIRALY L. (1969) - Bref commentaire à la carte structurale de la surface Argovien - Séquanien dans le canton de Neuchâtel. *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 92, p. 71-73, 1 pl.
- KIRALY L. (1973) - Notice explicative de la carte hydrogéologique du canton de Neuchâtel. *Suppl. Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 96, 16 p., 6 fig., 1 pl., et 1 carte couleurs.
- KIRALY L. (1975) - Rapport sur l'état actuel des connaissances dans le domaine des caractères physiques des roches karstiques. Hydrogéologie des terrains karstiques. Intern. Assoc. Hydrogeol. Paris, 1975. *Intern. Union of Geol. Sciences*, (série B), n°3, p. 53-67, 10 fig., 2 tabl.
- KIRALY L. et MEIA J. (1967) - Observations tectoniques dans une carrière de Chaumont (Jura neuchâtelois, Suisse). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 90, p. 277-283, 4 fig., 1 pl.
- KIRALY L., MATHEY B. et TRIPET J.P. (1971) - Fissuration et orientation des cavités souterraines. Région de la grotte de Milandre (Jura tabulaire). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 94, p. 99-114, 5 fig.
- KIRALY L., SIMEONI G.P. (1971) - Structure géologique et orientation des cavités karstiques : la grotte de "chez le Brandt" (Jura Neuchâtelois). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 94, p. 91-97, 4 fig.
- KRUMMENACHER R. (1971) - Stratigraphie du bassin de la Valserine. *Arch. Sci.* (Genève), vol. 24, fasc. 2, p. 227-258, 10 fig., 1 carte.
- KRUMMENACHER R. (1972) - Hydrologie du bassin de la Valserine. *Bull. B.R.G.M.* (2e série), section 3, fasc. 2, 1972, p. 27-36, 5 fig., 1 tabl.
- KRUMMENACHER R. (1973) - Données climatiques sur le bassin de la Valserine et ses environs (Département de l'Ain, France). *C.R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, vol. 7, fasc. 2-3, p. 75-82, 2 fig.
- LAGOTALA H. (1920) - Etude géologique de la région de la Dôle - Noirmont - Saint-Cergue - Arzier - Trelex - Nord de la Rippe, etc ... *Matér. Carte Géol. Suisse*. (nouv. Série), n° 46, 39 p., 15 fig., 1 dpl. et 1 carte couleur.
- LAUBSCHER H.P. (1955) - Ein kinematisches Modell der Jura Faltung. *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 58, fasc. 1, p. 231-318, 40 fig.
- LEBRUN J. (1970) - Etude géologique de la région comprise entre Saint-Claude et les Bouchoux (Jura). *Thèse 3ème cycle*, Besançon, 151 p., 12 pl.

- LEBRUN J. et ROLLET M. (1969) - Observations nouvelles sur la région des Bouchoux (Jura). Conséquences tectoniques. *Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté*, (nouv. série), t. 71, n° 1, p. 7-12, 2 fig.
- LE PENNEC R., HOCHEDÉ Ch., DRAPIER M., et SELVA M. (1974) - Hydrologie de la région de Lamoura - St-Claude. *L'Echo des Cavernes* (St-Claude), n° 23, p. 1-34, 5 fig.
- LE PENNEC R., HOCHEDÉ Ch. (1975) - Inventaire spéléologique de la carte de St-Claude n° 6 au 1/20 000e. *L'Echo des Cavernes* (St-Claude), n°24, p. 21-31, 3 fig.
- LINIGER H. (1967) - Pliozän und Tektonik des Juragebirges. *Eclogae Géol. Helv.*, vol. 60, fasc. 2, p. 407-490, 5 fig., 10 tabl., 2 pl.
- LLAC F. et MEURISSE M. (1971) - Tectonique de la feuille de St-Claude au 1/50 000e et de ses abords. *Bull. B.R.G.M.*, (2e série), sect. 1, n° 1, 1971, p. 53-75, 13 fig.
- MAGLIONE G. (1965) - Contribution à l'étude géologique de la bordure externe du Jura entre Grusse et Cousance (Jura). *Thèse 3e cycle*, Besançon, 119 p., 10 pl., 3 tabl.
- MANGOLD Ch. (1970) - Stratigraphie des étages Bathonien et Callovien du Jura méridional. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, t. 41, fasc. 1, 376 p., 119 fig.
- MATHEY B. (1971) - La méthode du charbon actif dans les essais de coloration à la fluorescéine. *Actes 4e Congr. Spéol.* (Neuchâtel, 1970), p. 53-61, 3 fig.
- MATHEY B., SIMEONI G.P. (1972) - Etude de la vitesse de circulation de l'eau dans un aquifère calcaire par essais de traçage. (Bassin de la Serrière - NE). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 95, p. 173-180, 1 fig., 2 pl.
- MATTAUER M. (1958) - Présence de brèches à cailloux noirs et de calcaires lacustres dans le Kimméridgien du Jura central. *C.R. Som. Soc. Géol. France*, fasc. 3, p. 47-49.
- MATTAUER M., ROLLET M. (1959) - Remarques sur un banc bréchiq. à cailloux noirs dans le Kimméridgien du Jura central. *C.R. Som. Soc. Géol. France*, fasc. 1, p. 21.
- MAYNC W. (1960) - Biocaractères et analyse morphométrique des espèces jurassiques du genre *Pseudocyclammina* (Foraminifère) II *Pseudocyclammina jaccardi* (SCHRODT). *Rev. Micropaléont.*, vol. 3, fasc. 2, p.103-118, 8 fig., 2 pl.
- MEON-VILAIN H. (1970) - Palynologie des formations miocènes supérieures et pliocènes du bassin du Rhône. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, n° 38, 167 p., 51 fig., 17 tabl.
- MERCIER G. (1960) - Recherches géologiques sur la stratigraphie du Lias supérieur et du Bajocien des environs de St-Claude. *D.E.S.*, Besançon, 103 p., 5 fig.
- MICHEL R.C. (1955) - Observations sur la géologie de la vallée de la Haute-Valserine. *Cah. Géol.*, n° 32, 5 p.
- MONBARON M. (1975) - Contribution à l'étude des cluses du Jura septentrional. *Thèse*, Neuchâtel, 203 p., 65 fig., 19 tabl., 11 pl.

- MOUTERDE R., ENAY R., CARIOU E., CONTINI D., ELMI S., GABILLY J., MANGOLD Ch., MATTEI J., RIOULT M., THIERRY J. et TINTANT H. (1971) - Les zones du Jurassique en France. *C.R. Som. Soc. Géol. France*, fasc. 6, p. 76-101.
- MOUTY M. (1966) - Le Néocomien dans le Jura méridional. *Thèse Sciences Géol.* Genève, 256 p., 18 fig., 2 tabl., 7 pl.-photo, 34 pl.
- MUDRY J., ROSENTHAL P. (1975) - Remarques hydrogéologiques sur la région comprise entre le Flumen et le Tacon (région de St-Claude - Ht-Jura). *L'Echo des Cavernes* (St-Claude), n° 24, p. 1-16, 3 fig.
- MUDRY J., ROSENTHAL P. (1976) - Colorations dans la région Les Moussières - La Pesse, campagne 1975. *L'Echo des Cavernes* (St-Claude), n° 25, p. 5-17, 3 fig.
- MUHLETHALER C. (1932) - Etude géologique de la région des Verrières (canton de Neuchâtel). *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.*, t. 56, p. 120-299, 17 fig., 2 pl.
- MUSSILLON C. (1962) - Etude géologique de la région de Syam (Jura). *Thèse 3ème cycle*, Besançon, 111 p., 9 pl.
- OBERT D. (1968) - Etude structurale et évolution tectonique de l'anticlinal des Bouchoux (Jura). *Bull. B.R.G.M.*, (2e série), section 1, n° 2, 1968, p. 63-72, 3 fig.
- PASQUIER Ch. (1975) - Contribution à l'étude des bassins karstiques de la région de Champlive (Doubs). *Thèse 3ème cycle*, Besançon, 144 p., 42 fig., 31 tabl.
- PEGORIER A. (1963) - Glossaire des termes dialectaux permettant de trouver le sens d'un grand nombre de toponymes de la nouvelle carte de France. *I.G.N.*, Paris.
- PELLETIER M. (1960) - Contribution à l'étude stratigraphique de la première série calcaire du Jura méridional. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci.*, Lyon, (Nouv. série), n° 4, 109 p., 6 pl.
- PETIT LAURENT E. (1910) - Le Haut-Jura souterrain. *Thèse Sciences*, Besançon, 171 p., 29 fig., Jacquin Edit., Besançon.
- PIERÇON M. (1932) - Le Miocène marin de la Haute-Chaine du Jura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, t. 41, p. 54-85.
- RAVEN Th. (1932) - Etude géologique de la région de Morez - Les Rousses (Jura). *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, fasc. 20, mém. 17, 124 p., 5 fig., 3 pl., 1 carte couleur.
- RIGASSI-STUDER D. (1957) - Le Tertiaire de la région genevoise et savoisiennne. *Bull. Assoc. suisse Geol. Ing. Pétrole*, vol. 24, n° 66, p. 19-34, 6 fig.
- RIGASSI-STUDER D. (1962) - A propos de la tectonique du Risoux (Jura vaudois et franc-comtois). *Bull. Ass. suisse Géol. Ing. Pétrole*, vol. 29, n° 76, p. 39-50, 5 fig.
- ROCHÉ P. (1924) - Sur le passage du Bajocien au Bathonien dans la région de St-Claude (Jura). *C.R. Som. Soc. Géol. France*, fasc. 3, p. 21-22.
- RUHLAND M. (1973) - Méthode d'étude de la fracturation naturelle des roches associée à divers modèles structuraux. *Sci. Géol.* (Strasbourg), t. 26, fasc. 2-3, p. 91-113, 19 fig.

- SCOLARI G. et LILLE R. (1973) - Nomenclature et classification des roches sédimentaires (roches détritiques, terrigènes et roches carbonatées). *Bull. B.R.G.M.*, (2e série), section 4, fasc. 2, 1973, 127 p., 15 tabl., 10 pl.
- SIMEONI G.P. et JAMIER O. (1975) - Relations entre éléments structuraux et morphologie dans la région du plateau de Bure (Jura tabulaire). *Bull. Soc. neuchât. Sci. Nat.*, t. 98, p. 163-173, 6 fig.
- SOPENA J.P. et SOULAS J.P. (1973) - Etudes microtectoniques dans le Jura. Déformations des calcaires sous contrainte tectonique : essais d'interprétation et de corrélation des résultats pour l'ensemble de la chaîne. *Thèse 3ème cycle*, Besançon, 154 p., 56 fig., 85 pl.
- STEINHAUSER N., BRONNIMANN P. et KOEHN-ZANINETTI L. (1969) - *Keramosphaera allobrogeneris* n.sp. from the upper Berriasian of the Jura mountains and the subalpine regions. *Arch. Sci.* (Genève), vol. 22, fasc. 1, p. 105-124, 10 fig., 4 pl.
- STEINHAUSER N. et CHAROLLAIS J. (1971) - Observations nouvelles et réflexions sur la stratigraphie du "Valanginien" de la région neuchâtoise et ses rapports avec le Jura méridional. *Géobios*, vol. 4, fasc. 1, p. 7-59, 17 fig.
- STEINHAUSER N. et LOMBARD A. (1969) - Définition de nouvelles unités lithostratigraphiques dans le Crétacé inférieur du Jura méridional (France). *C.R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, vol. 4, fasc. 1, p. 100-113, 3 fig.
- TRICART J., AVENARD J.M., POGGI C., STEIB J. et LE BOURDIEC F. (1961) - Aperçu sur les formations quaternaires des feuilles de St-Claude et Moirans 1/50 000e. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, t. 58, n° 264, p. 73-97, 11 fig.
- VINCENT A. (1937) - Toponymie de la France. 418 p. Librairie Générale, Bruxelles.
- VINCIENNE H. (1932) - Les décrochements horizontaux dans le Sud du Jura méridional. *C.R. Acad. Sci.* (Paris), t. 194, p. 2194.
- VINCIENNE H. (1932) - La structure en écaillés de la région d'Ambérieu (bordure Ouest du Jura méridional) et l'âge des derniers mouvements jurassiens. *C.R. Acad. Sci.* (Paris), t. 195, p. 258-260.
- VINCIENNE H. (1939) - Sur la structure des anticlinaux des Hautes-Chânes du Jura méridional. *C.R. Acad. Sci.* (Paris), t. 208, p. 2092-2094.
- VINCIENNE H. (1951) - De Bellegarde à St-Claude - Réunion extraordinaire de la S.G.F. dans le Jura franco-suisse. *Bull. Soc. Géol. France*, (6e série), t. 1, p. 833-843, 2 fig.
- WEGMANN E. (1963) - Le Jura plissé dans la perspective des études sur le comportement des socles. Livre Mém. Prof. Fallot. *Mém. hors-série, Soc. Géol. France*, t. 2, p. 99-104, 1 fig.
- WEITE P. (1945) - Rapport sur la coloration effectuée aux Moussières (4 Avril 1945). 2 p., inédit.
- WERNLI R. (1971) - Les Foraminifères du Dogger du Jura méridional (France). *Arch. Sci.* (Genève), vol. 24, fasc. 2, p. 305-364., 10 pl.
- WERNLI R. et SEPTFONTAINE M. (1971) - Micropaléontologie comparée du Dogger du Jura méridional (France) et des Préalpes médianes plastiques romandes (Suisse). *Eclogae geol. Helv.*, vol. 64, fasc. 3, p. 437-458, 5 fig., 2 tabl.

