

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex – Tél.: (38) 66.06.60

LES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE

(AQUITANIEN DU BASSIN DE PARIS)

Caractéristiques – Utilisations

par

Frédéric TRAUTMANN



Département banque des données du sous-sol

Secrétariat des carrières

B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex – Tél.: (38) 66.06.60

74 SGN 358 BSS

Décembre 1974

S O M M A I R E

	Pages
RESUME	
1 - INTRODUCTION	
1.1 - CIRCONSTANCES ET ASPECT GENERAL DE L'ETUDE	1
1.2 - METHODE DE TRAVAIL	1
2 - DEFINITION DU GROUPE DE BEAUCE	3
2.1 - TERMINOLOGIE	3
2.2 - POSITION STRATIGRAPHIQUE	3
2.3 - CADRE GEOGRAPHIQUE	3
2.4 - EXTENSION DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE	5
2.4.1 - Les faciès de base	5
2.4.2 - Les faciès supérieurs	6
2.5 - TECTONIQUE ET FISSURATION	8
2.6 - PALEOGEOGRAPHIE	8
3 - LITHOLOGIE DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE	10
3.1 - HETEROGENEITE	10
3.2 - CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES	10
3.2.1 - Les faciès carbonatés	11
3.2.2 - Les faciès siliceux	12
3.2.3 - Les faciès détritiques	13
3.2.4 - Les faciès d'altération	17
3.3 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET MECANIQUES	17
3.3.1 - Propriétés chimiques	17
3.3.2 - Propriétés physiques et mécaniques	20
3.4 - EXTENSION DES LITHOFACIES	22
3.4.1 - Méthode d'étude	22
3.4.2 - Répartition des lithofaciès	23
4 - UTILISATIONS DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE	26
4.1 - UTILISATIONS ANCIENNES	26
4.2 - UTILISATIONS ACTUELLES	28
4.2.1 - Matériaux calcaires de viabilité, d'enrochement et de ballastage	28
4.2.2 - Pierres de taille	28
4.2.3 - Pierres marbrières	30
4.2.4 - Castines	30
4.2.5 - Calcaires et marnes pour amendements	30

4.3 - UTILISATIONS POTENTIELLES	33
4.3.1 - Matériaux de viabilité	34
4.3.1.1 - Granulats routiers	34
4.3.1.2 - Fillers calcaires	34
4.3.1.3 - Remblais	34
4.3.2 - Matériaux de construction	36
4.3.2.1 - Granulats à béton	36
4.3.2.2 - Pierres de taille, moellons	36
4.3.2.3 - Pierres marbrières	36
4.3.3 - Liants	37
4.3.3.1 - Ciment	37
4.3.3.2 - Chaux	38
4.3.4 - Amendements calcaires	39
4.3.5 - Chaux industrielles	39
4.3.6 - Moulage de fonderie - verrerie - abrasifs	39
4.3.6.1 - Sables de moulage	39
4.3.6.2 - Sables de verrerie	41
4.3.6.3 - Abrasifs	41
4.3.7 - Terres cuites - céramiques	41
5 - CONDITIONS D'EXPLOITATION	43
5.1 - PROBLEMES ECONOMIQUES ET DE TRANSPORT	43
5.2 - PROBLEMES TECHNIQUES	44
5.2.1 - Problèmes liés à la nature des matériaux	44
5.2.2 - Problèmes des recouvrements	44
5.2.3 - Problèmes hydrogéologiques	45
5.3 - PROBLEMES D'ENVIRONNEMENT ET D'AMENAGEMENT	46
CONCLUSIONS	48
BIBLIOGRAPHIE	50
SOURCES DIVERSES	53
ANNEXES	54
TABLE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	111
HORS TEXTE : carte lithologique des formations du Groupe de Beauce à 1/250 000.	

R E S U M E

Cette étude a pour but de mettre en évidence les qualités intrinsèques des lithofaciès d'une formation géologique en vue de favoriser sa valorisation sur le plan industriel.

Le choix s'est porté sur les formations lacustres du Groupe de Beauce (Aquitaniens du Bassin de Paris), essentiellement en fonction de critères d'ordre économique et notamment du fait de leur proximité de la région parisienne. La raréfaction des matériaux de construction aux alentours immédiats de cette même région, conduit à ne plus prendre seulement en considération les matériaux nobles, faciles à exploiter.

L'étude a comporté la compilation des données géologiques et géotechniques acquises ; ce travail est complété par des observations et analyses nouvelles sur les lithofaciès mal connus.

Après une introduction consacrée aux circonstances de l'étude et à la méthode de travail utilisée, l'auteur tente de présenter le Groupe de Beauce et les diverses formations qui le composent à travers une terminologie fluctuante et par rapport à une stratigraphie rendue incertaine par le manque d'horizons repères et l'uniformité de la sédimentation lacustre depuis le Lutétien jusqu'à la base du Burdigalien.

Le dépouillement de 604 coupes de sondages a permis de dresser une carte lithologique provisoire des formations du Groupe de Beauce, ainsi qu'une carte d'extension horizontale reconnue du calcaire bréchiq (type Prasville), des Marnes de Voise, du calcaire crème dur (type Orgères) et des Marnes de Blamont.

L'examen de cette carte lithologique permet de constater une continuité de sédimentation sous et autour de la Forêt d'Orléans, depuis les Marnes de Blamont aquitaniennes jusqu'aux marnes de l'Orléanais burdigaliennes. Cette observation est corroborée par l'étude de la fraction fine de ces faciès marneux ; les marnes aquitaniennes présentent une fraction fine plus importante que les marnes burdigaliennes. Par contre, il est impossible de distinguer minéralogiquement les argiles des deux formations qui sont toutes deux à dominante montmorillonitique.

L'auteur aborde ensuite l'étude des caractéristiques pétrographiques des lithofaciès du Groupe de Beauce, après en avoir souligné l'extrême hétérogénéité. Quatre grandes catégories de lithofaciès sont passées en revue : les faciès carbonatés (calcaires durs ou crayeux, marnes), les faciès siliceux (meulière), les faciès détritiques (calcaires gréseux, molasses argilo-sableuses), les faciès d'altération ("tuf" de Beauce, argiles de décalcification).

Des coupes détaillées de carrières et affleurements choisis en fonction de leur relative représentativité illustrent le détail de ces lithofaciès et leurs associations. L'examen de quelques lames minces effectuées dans des calcaires de Beauce (calcaires beigas durs, calcaires hétéromorphes) montre l'importance et le développement de réseaux de dissolution qui peuvent être partiellement colmatés par de la calcite vadose ; ces réseaux de dissolution pourraient être d'origine organopédologique, leur développement étant facilité par la cimentation incomplète des calcaires lacustres.

Les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques sont étudiées à partir de 29 échantillons prélevés aux endroits ayant fait l'objet d'une coupe détaillée :

- la comparaison des teneurs en MgO , CaO , SiO_2 des faciès carbonatés montre que les teneurs en magnésie varient dans le même sens que les teneurs en silice et en sens contraire des teneurs en CaO ; ceci semble indiquer la présence d'argiles magnésiennes. On note cependant pour certains lithofaciès, une nette augmentation des teneurs en silice, qui semble, d'après les observations de terrain et sur lames minces, indépendante de la meulièrement.

- la plupart des calcaires de Beauce ont des titres en $CaCO_3$ supérieurs à 80% ; les teneurs en MgO n'atteignent pas 3% : l'absence de dolomie dans les faciès lacustres de Beauce ayant été démontrée par d'autres auteurs, cette faible présence de MgO évoluant dans le même sens que la silice confirme la présence d'argiles magnésiennes dans la plupart des lithofaciès beaucerons. Les teneurs en SiO_2 dépassent à peine 6%, pour des teneurs moyennes de l'ordre de 2,38%.

- la dureté (ou relation entre résistance à la compression-simple et poids spécifique apparent) des calcaires de Beauce est liée principalement au degré de cimentation naturelle du matériau et non à sa teneur en silice totale.

la mesure du coefficient de saturation d'HIRSCHWALD (rapport entre porosité partielle et porosité totale apparente) effectuée sur 22 échantillons montre que dans leur grande majorité, les calcaires de Beauce ne sont pas gélifs.

Compte tenu de leurs caractéristiques, les formations du Groupe de Beauce peuvent trouver des utilisations dans divers domaines industriels :

- calcaires crayeux et "marnes" : fillers routiers, carbonates de chaux industriels, amendements calcaires, ciments, chaux grasses,

- calcaires durs non fissurés : granulats routiers et de construction, pierres de taille, marbrerie,

- calcaires durs fissurés : granulats routiers et de construction,

- argiles : ciment, argile expansée,

- sables : "dégraissant" céramique, remblais routiers.

Les seuls matériaux "nobles" issus des formations du Groupe de Beauce sont les calcaires durs susceptibles de prendre le poli (pierres de Pontijou, de Prasville et d'Orgères). Les calcaires de Beaugency, Meung-sur-Loire, La Chapelle-St-Mesmin (Loiret) présentent des qualités marbrières indéniables, mais l'exploitation de ces gisements ne peut être reprise que dans des conditions artisanales.

Il serait possible d'utiliser certains lithofaciès en cimenterie, notamment dans la région de Pithiviers (Loiret) où les calcaires à gravelles présentent des caractéristiques intéressantes.

La formation des Marnes de Blamont contient d'importantes lentilles argileuses, notamment dans la région de Poupry (Loiret) ; ces argiles sont susceptibles d'être utilisées pour la fabrication de granules d'argile expansée.

Les différents problèmes liés aux conditions d'exploitation des matériaux de Beauce sont évoqués en dernier lieu.

1 - INTRODUCTION

1.1 - CIRCONSTANCES ET ASPECT GENERAL DE L'ETUDE

Cette étude a été effectuée dans le cadre des travaux de synthèses régionales à partir des données dont dispose le B.R.G.M..

Son objectif consistait à valoriser les renseignements sur les ressources potentielles en matériaux naturels d'une formation géologique donnée, choisie en fonction d'intérêts d'ordre économique :

- proximité de la région parisienne grosse consommatrice de matériaux ;
- développement récent de grands chantiers de travaux publics en Beauce (autoroute A10) ;
- rareté relative des extractions en Beauce ;
- regain d'intérêt pour les villes moyennes dans le cadre de la décentralisation, d'où possibilités de développement à moyenne échéance.

Lorsque le B.R.G.M. m'eût autorisé ultérieurement à publier ces travaux dans le cadre d'un diplôme d'études supérieures, MM. CAVELIER et MENILLET présentèrent le sujet à M. le Professeur POMEROL qui voulut bien l'honorer de son patronage.

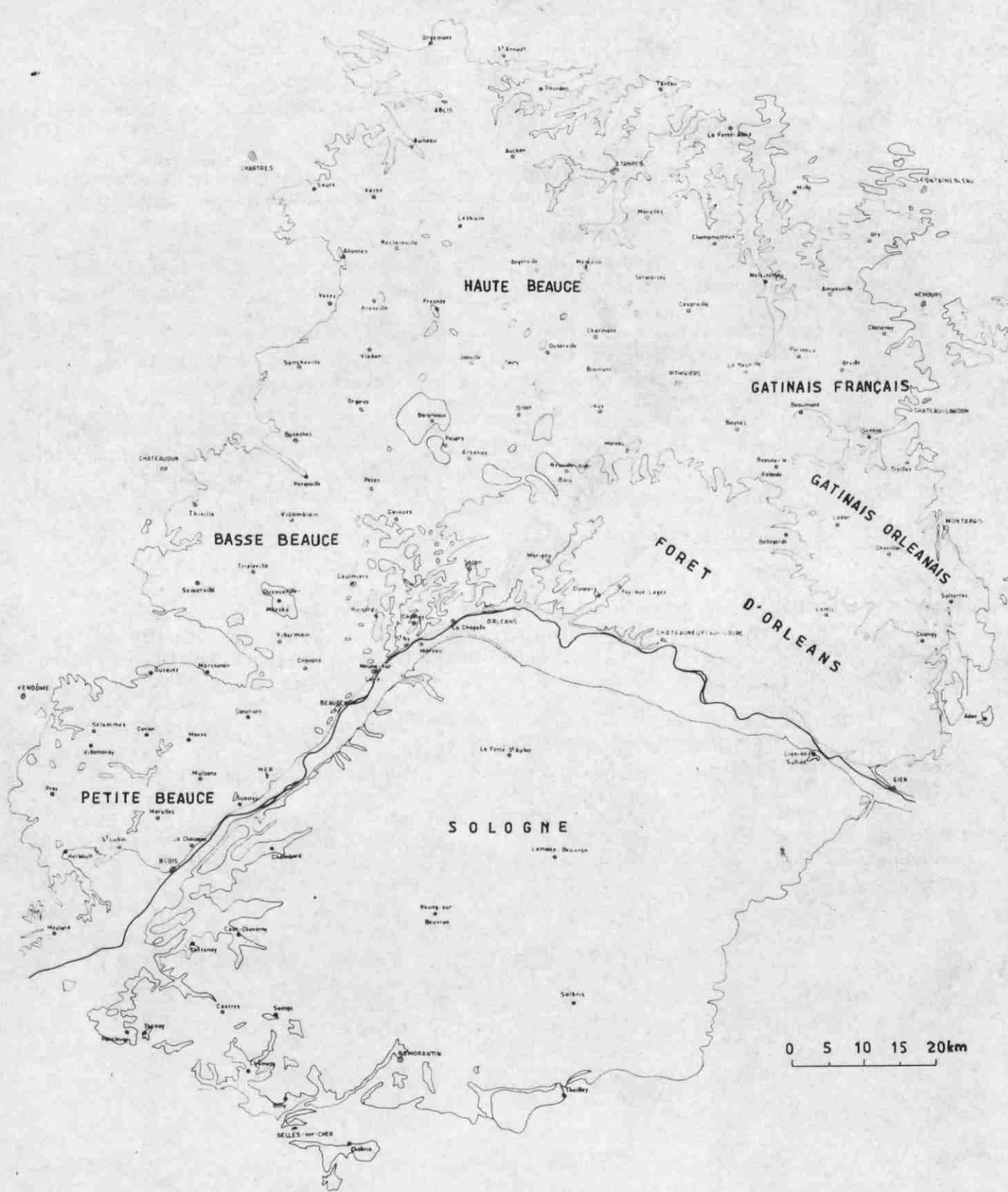
1.2 - METHODE DE TRAVAIL

Compte tenu du contexte géologique, j'ai cherché à identifier et à localiser les matériaux, de façon à en évaluer les possibilités d'utilisations industrielles. Ceci a impliqué au préalable une étude sélective des données bibliographiques, assortie d'une compilation des dossiers archivés au B.R.G.M., au titre du Code minier.

Un complément de travaux sur le terrain fut nécessaire pour le recueil de coupes-types et d'échantillons, ces derniers faisant ensuite l'objet d'essais de caractérisation par les voies physico-chimiques et pétrographiques classiques.

La synthèse de toutes ces données nous permet d'envisager les utilisations possibles de certains matériaux tout en apportant une modeste contribution à la connaissance des faciès lacustres beaucerons.

LA BEAUCHE ET SES DEPENDANCES



2 - DEFINITION DU GROUPE DE BEAUCE

2.1 - TERMINOLOGIE

Pour G. DENIZOT (1927), le calcaire d'Etampes (Firmitien) et le calcaire de Pithiviers (Péduérien cf. Aurélianien) étaient inclus dans un Groupe de Beauce comprenant l'ensemble des assises lacustres, qu'elles soient du Stampien supérieur ou de l'Aquitaniens. En 1956, G. DENIZOT donne une définition du "Calcaire de Beauce" *sensu stricto* : c'est l'équivalent stratigraphique de l'ensemble des calcaires de l'Agenais constituant l'Aquitaniens lacustre. Il comporte deux assises : en bas, les calcaires ou marnes de la Neuville et de Voise qui passent latéralement à la Molasse du Gâtinais ; au-dessus, le calcaire de Pithiviers à *Helix tristani* et son extension vers le gîte de Selles-sur-Cher à *Cerathorinus tagicus* et mammifères de l'horizon de St-Gérard.

M. GIGOUT (1970, notice La Ferté-St-Aubin à 1/50 000) désigne l'Aquitaniens lacustre par "Formation de Beauce", reprenant ainsi, à l'exception du Stampien supérieur, la désignation initiale de G. DENIZOT.

Pour F. MENILLET (1974), le terme "Calcaires de Beauce" est employé dans un sens lithologique pour désigner l'ensemble des formations calcaires supérieures aux Sables de Fontainebleau, y compris les calcaires d'Etampes et du Gâtinais qui sont d'âge Stampien supérieur.

Dans le cadre de ce mémoire, nous adoptons pour des raisons pratiques, l'appellation "Formations du Groupe de Beauce" dans le sens de "lithofaciès de l'Aquitaniens de Beauce". Cette appellation ne présente aucun caractère stratigraphique, elle reflète simplement les limites de notre travail.

2.2 - POSITION STRATIGRAPHIQUE

A la fin du cycle stampien (ou cycle oligocène), la mer abandonne définitivement le bassin de Paris, laissant derrière elle une région de marais qui conservera son caractère palustre pendant l'Aquitaniens (Ch. POMEROL - L. FEUGUEUR, 1968).

Cet étage qui, dans le bassin d'Aquitaine marque le début d'une transgression, est représenté dans le Sud du bassin de Paris par la partie terminale d'une série de dépôts lacustres qui débute à l'Eocène moyen.

La formation lacustre repose, au Nord de la Beauce, sur les sables stampiens ; elle est discordante sur du Lutétien marno-calcaire et de l'Yprésien en pays chartrain, et sur des assises crétacées dans tout le reste du bassin.

Les dépôts détritiques du Burdigalien ravinent les formations du Groupe de Beauce ; pourtant, au centre du bassin, sous la forêt d'Orléans et à son extrémité nord-ouest, il est difficile d'établir une coupure nette entre les faciès marneux de la formation lacustre et les marnes de l'Orléanais burdigaliennes. Il semble que, localement et au début de l'épisode burdigalien, les conditions de sédimentation n'aient changé que progressivement.

2.3 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Les formations lacustres du Groupe de Beauce se développent sur 10 000 km² dont 5 400 affleurent, couvrant un territoire appartenant au bassin de Paris, mais nettement individualisé par rapport à l'ensemble de ce bassin ; il s'étend d'Etampes au Nord, à Selles-sur-Cher au Sud et de Châteaudun à l'Ouest, à Montargis à l'Est.

Centre de la Sologne	Environs d'Orléans	Bordure est de la Sologne	Gâtinais orléanais	Haute-Beauce et Gâtinais français	Petite et Basse Beauce	Bordure ouest de la Sologne	Etages
	Limons des plateaux Alluvions	Alluvions	Limons des plateaux Alluvions	Limons des plateaux Alluvions	Limons des plateaux Alluvions	Alluvions	Quaternaire
					Faluns de Touraine Sables de Beaugency	Faluns de Touraine	Helvétien
Groupe de Sologne (marnes, argiles, sables)				Groupe de Sologne (marnes, argiles, sables)			Burdigalien
Marnes supérieures Calc. de l'Orléanais supérieur Marnes intermédiaires Calc. de l'Orléanais inférieur Marno-calcaire à silex (Faciès de base)	Marnes de transition Calc. de l'Orléanais supérieur Marnes intermédiaires Calc. de l'Orléanais inférieur Marno-calcaire de St. Marc (Aquitanien inf.)	Marnes de Lion et de Gien Marno-calcaire de St. Marc (cf. DENIZOT)	Marnes de Blamont Marno-calcaire supérieur Molasse du Gâtinais (Aquitanien inf.)	Marnes de Blamont Calcaire de Pithiviers (Pontournois) Marnes de Voise et de La Neuville (Aquitanien inf.)	Calcaire de Villemardy Calcaire de La Chaussée Faciès de base	Marnes de transition Marno-calcaire de Selles-sur-Cher (Aquitanien sup.) Molasse de Varennes	Aquitanien inf. à sup. (Formations lacustres de Beauce)
Calcaire du Gâtinais	?	?	Calcaire du Gâtinais	Calcaire d'Etampes	?		Stampien
							supérieur

TABLEAU 1 - Tableau comparatif des formations du Groupe de Beauce et de leurs recouvrements

N.B. - Les relations horizontales et verticales entre les formations de Beauce ne sont pas figurées volontairement du fait de leur caractère incertain.

Ce territoire se subdivise en huit régions naturelles, cinq d'entre elles sont liées directement aux variations lithologiques de la formation lacustre ; ce sont : le Gâtinais orléanais, compris entre Nogent-sur-Vernisson et Beaune-la-Rolande ; le Gâtinais français qui s'étend de Château-Landon à Malesherbes ; la haute Beauce (ou Beauce proprement dite) qui couvre une vaste région entre Pithiviers, Auneau, Patay et Neuville-aux-Bois ; la Basse Beauce comprise entre la région de Patay, la forêt de Marchenoir et le Val de Loire, et enfin la Petite Beauce entre Vendôme et Blois.

Sous la forêt d'Orléans, le Groupe de Beauce est masqué par les formations détritiques du Miocène continental ; dans le Val de Loire, les alluvions quaternaires recouvrent le groupe lacustre que l'on ne rencontre en Sologne, que dans les forages, à environ soixante mètres de profondeur sous le Miocène continental. Le Groupe de Beauce ne réapparaît qu'en limite sud de son aire d'extension, dans la vallée du Cher.

Le plateau beauceron est incliné du Nord vers le Sud ; les altitudes sont comprises entre 160 NGF et 110 NGF, soit une dénivelée de 50 m environ pour une distance horizontale de 130 km, selon un axe Ablis-Blois. Le pendage est inverse de ce qu'il était au Miocène inférieur (F. MENILLET, 1974).

La monotonie du paysage est rompue parfois par des vallées sèches peu profondes ; dans quelques rares vallées coule un filet d'eau plus ou moins pérenne (vallées de la Conie, de l'Oeuf et ses affluents, de la Rimarde, des Mauves et de la Cisse). Cette absence d'eaux superficielles est un des traits dominants de la Beauce et ses annexes (le Gâtinais excepté) ; c'est la conséquence du drainage vers l'Ouest des eaux du massif Central après le retrait de la mer des Faluns au Miocène moyen. Il s'y ajoute la forte perméabilité des calcaires sous-jacents et le développement conséquent d'un important réseau karstique.

Un manteau continu de limons fertiles, le remembrement de grands espaces plats et une exploitation intensive de la nappe phréatique ont permis de développer en Beauce une agriculture industrielle.

2.4 - EXTENSION DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE

2.4.1 - Les faciès de base

Ils sont représentés dans le Blésois par des marno-calcaires sableux et des grès légèrement calcaires, traversés sur une épaisseur de 10 à 20 m dans les forages ; ils contiennent souvent des intercalations de faciès "normaux" (calcaires tendres, crayeux ou calcaires bréchoïdes). Ces faciès de base se prolongent sous la Sologne par des brèches à fragments de silex, puis par des marno-calcaires à silex.

Toujours dans le Blésois, on rencontre également des "marnes" (ou calcaires tendres) feuilletées, brûnâtres, dans lesquelles la proportion de calcaire est élevée. A ces "marnes", sont liés des accidents siliceux ou "meulières résineuses". Des niveaux d'argile verte (sépiolite essentiellement) existent dans ces faciès de base ; on les retrouve aussi à la partie supérieure de la formation lacustre, dans la région d'Orléans.

La Marne de Voise, située vers la base du Groupe de Beauce est en réalité un calcaire crayeux à bancs humiques, son extension horizontale affleurante est assez limitée ; elle est comprise entre Léthuin (Eure-et-Loir), Voise (Eure-et-Loir) Allonnes (Eure-et-Loir), Voves (Eure-et-Loir) et Sancheville (Eure-et-Loir) ; elle est observable en carrières sur 1 à 2 m d'épaisseur, la puissance totale de l'assise étant de 10 à 15 mètres. Compte tenu du pendage, celle-ci est rapidement recouverte par les niveaux supérieurs et son extension sous tout le bassin n'est pas encore bien établie.

Au-delà de Prasville (Eure-et-Loir), vers l'Est et le Sud, l'attribution de tel ou tel niveau "marneux" à la Marne de Voise ne pourra être attestée que grâce à la présence éventuelle de la même association d'oogones de Characées.

Pour G. DENIZOT (1927), la Marne de Voise contient la même faune que l'assise de St-Marc à Orléans ; ces deux formations seraient donc en équivalence stratigraphique. Cet auteur prolonge ces deux assises aux faciès de base du Blésois et de la Sologne, bien qu'on n'ait trouvé aucune faune dans ces derniers.

L'assise de St-Marc, exploitée autrefois souterrainement dans les faubourgs d'Orléans, n'est plus observable actuellement. Elle se présente, d'après G. DENIZOT (1927), comme un marno-calcaire à silex débutant par un horizon plus ou moins argilo-sableux. Son substratum est constitué par des couches lacustres indéterminées.

Le passage latéral de la Marne de Voise à la Molasse du Gâtinais n'est pas encore démontré. Cette dernière formation, d'origine détritique, représente un faciès local dont on suit l'extension depuis les environs de Changy (Loiret), jusqu'à Marolles (Essonnes) en passant par Ladon (Loiret), Beaune-la-Rolande (Loiret), la Neuville (Loiret) et l'Ouest de Malesherbes (Loiret). Elle est représentée à la base de buttes-témoins à l'Ouest de Montargis (Loiret), au Nord de Puiseaux (Loiret) et au Sud d'Ury (Seine-et-Marne). La petite assise des Marnes de la Neuville ne serait qu'un faciès intermédiaire entre les Marnes de Voise et la Molasse du Gâtinais. La puissance de la molasse varie de 15 à 20 m en fonction surtout des niveaux qu'on lui attribue.

En fait, il ne nous semble pas possible d'y voir une assise continue, mais bien plutôt, un dépôt deltaïque en milieu lacustre, dont l'épaisseur diminue d'amont en aval, c'est-à-dire du Sud-Est au Nord-Ouest. Cette disposition nous paraît identique pour le petit dépôt détritique de Varennes-sur-Fouzon (Indre) dont l'extension très limitée est comprise entre Selles, Varennes et Chabris avec une puissance maximale de 5 m.

2.4.2 - Les faciès supérieurs

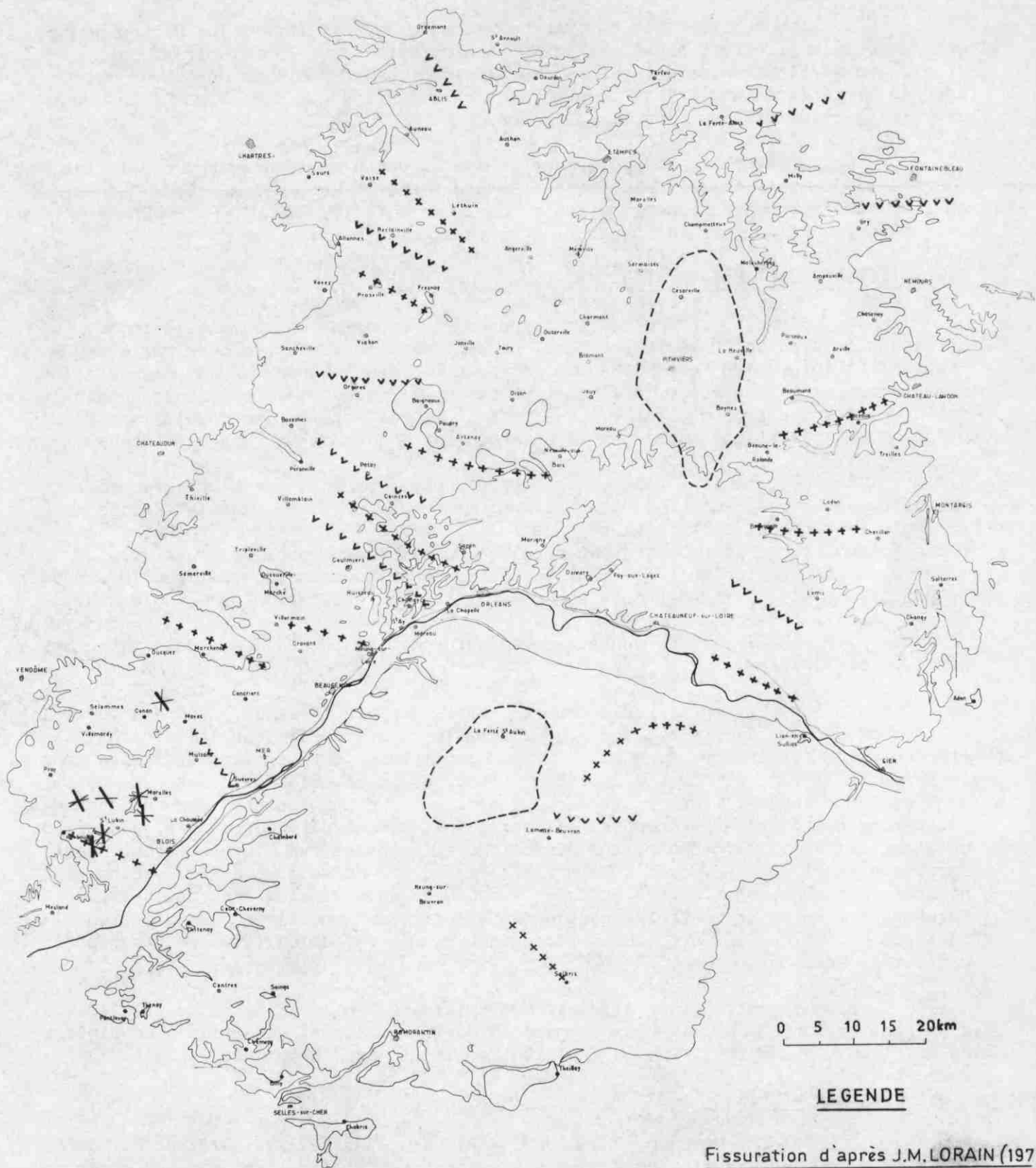
Au sens de G. DENIZOT (1956), ce terme comprend tous les lithofaciès subordonnés à la Molasse du Gâtinais ou aux Marnes de Voise et de la Neuville ; l'extension générale de ces faciès correspond à la Haute, à la Basse, à la Petite Beauce, au Gâtinais français (région de Pithiviers) et aux affleurements des bordures de la Sologne. On les retrouve en forages sous la Sologne et la forêt d'Orléans, sous environ 60 m de recouvrement.

La puissance du Groupe de Beauce varie de 20 à 60 m au Nord de la Loire ; sous les sables de Sologne, les formations lacustres peuvent atteindre 100 m ou plus d'épaisseur, mais il devient impossible d'y faire des subdivisions en l'absence de niveaux repères.

Le faciès le plus important et le plus typique des formations lacustres supérieures est le calcaire de l'Orléanais, dont l'extension est assez bien connue, des environs d'Orléans jusqu'au centre de la Sologne.

N. DESPREZ (1971) le subdivise en deux assises calcaires séparées par des marnes intermédiaires dans l'Orléanais ; en Haute Beauce et dans le Gâtinais français, le calcaire de l'Orléanais est représenté par le calcaire de Pithiviers qui passe à un marno-calcaire dans le Gâtinais orléanais. En Petite et Basse Beauce, le calcaire de l'Orléanais est représenté par le calcaire de Villemardy (Loir-et-Cher) dont la lithologie est essentiellement composée de calcaires bréchoïdes, graveleux ou vermiculés.

ESQUISSE TECTONIQUE DE LA BEAUCHE



LEGENDE

Fissuration d'après J.M. LORAIN (1973)

- Directions principales.
- - - Directions secondaires.

Axes des plissements:

- +++ Axes anticlinaux.
- v v v Axes synclinaux.
- Fosses.

Le calcaire de la Chaussée (Loir-et-Cher) est un calcaire compact à grain fin assez analogue au calcaire de Pontijou (Loir-et-Cher).

Sur les bordures est et ouest de la Sologne, affleurent les Marnes de Lion et de Gien (Loiret) ainsi que les Marnes de Selles-sur-Cher (Loir-et-Cher) attribuées à l'Aquitaniens supérieur. Leurs extensions respectives sont très mal connues et mériteraient d'être précisées, surtout celles des Marnes de Selles que leur faune de mammifères a permis de dater.

La partie terminale du Groupe de Beauce est à dominante argilo-calcaire (Marnes de Blamont) et elle peut passer latéralement et verticalement aux Marnes de l'Orléanais burdigaliennes, au centre de la Sologne (M. GIGOUT, P. HOREMANS, L. L. RASPLUS, 1972) et sur le pourtour de la forêt d'Orléans.

2.5 - TECTONIQUE ET FISSURATION

N. DESPREZ (1971) a mis en évidence des déformations ou ondulations affectant la base de la série lacustre. Le centre du bassin est occupé par deux fosses (Pithiviers, La Ferté-St-Aubin) d'une profondeur moyenne de 100 m et d'allongement nord-est - sud-ouest. A l'Ouest de ces deux fosses, la direction générale des ondulations est nord-ouest - sud-est. A l'Est des fosses, les ondulations prennent des directions est-ouest ou est-nord-est indépendantes des précédentes.

Ces déformations ont eu, en général, une influence sur l'épaisseur des calcaires lacustres (autour de l'anticlinal de Marchenoir, par exemple). Assez peu sensible en surface, cette influence se fait sentir à l'approche de la Loire, à Blois notamment, où l'on observe un décalage du substratum de 50 m d'une rive à l'autre, sans que l'on soit certain, en l'absence de niveaux repères, que le Groupe de Beauce ait été lui-même affecté par une faille, une ondulation ou une flexure.

J.M. LORAIN (1973) pense que les déformations ont joué localement à des périodes différentes.

La fissuration des calcaires lacustres de Beauce est un phénomène général et très mal connu. Il est souvent bien difficile de distinguer sur le terrain la fragmentation par gélifraction de la fissuration. Cette dernière a été étudiée dans le Blésois par J.M. LORAIN (1973) ; les directions principales des fissures s'orientent de 150 à 180° N. Leur report sur une carte montre une certaine indépendance des directions principales par rapport à l'anticlinal d'Herbault, par contre, aux abords de l'anticlinal de Marchenoir, les directions principales des fissures s'orientent parallèlement à son axe. J.M. LORAIN (1973) pense néanmoins que la fissuration n'aurait pas de rapport direct avec les structures anticlinales d'Herbault et de Marchenoir ; en règle générale, nous pensons qu'il faut envisager chaque secteur particulier, et que les structures tectoniques de la formation lacustre n'ont pas partout le même âge.

Dans un autre ordre d'idées, cette fissuration importante, qu'elle soit d'origine tectonique ou liée aux phénomènes péri-glaciaires, est utile à considérer du point de vue des conditions d'exploitation (cf. chapitre 5, paragraphe 5.2).

2.6 - PALEOGEOGRAPHIE

D'après Ch. POMEROL - L. FEUGUEUR (1968), J.M. LORAIN (1973) et F. MENILLET (1974), le domaine lacustre de Beauce était constitué à l'Aquitaniens d'une série de mares plus ou moins étendues laissant subsister entre elles des zones plates exondées,

recouvertes d'une végétation marécageuse d'algues (Cyanophycées ou Characées). Une faune dulçaquicole se retrouve en abondance dans certains lithofaciès : limnées, planorbes, *Helix*, quelques hydrobies et Pupa. Le gisement de Selles-sur-Cher, en bordure de la cuvette, a fourni une faune mammologique ayant vécu dans une steppe herbue avec quelques arbres (J. BUREAU, s.d.).

3 - LITHOLOGIE DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE

3.1 - HETEROGENEITE

Homogène à l'échelle du bassin, la sédimentation lacustre de Beauce révèle dans le détail une hétérogénéité due à l'absence de courants dominants stables dans le temps, à la faible épaisseur de la tranche d'eau, à une succession de cloisonnements du bassin en plans d'eau n'ayant pratiquement pas de relations entre eux et subissant des inondations plus ou moins périodiques (F. MENILLET, 1974). Par conséquent, les phénomènes de précipitation chimique ont toujours eu une extension restreinte et les apports détritiques locaux proviennent des abords immédiats du domaine lacustre.

Il s'ensuit une extrême variabilité horizontale et verticale de la lithologie, aussi bien à l'échelle du bassin qu'à celle de l'échantillon. A cela, s'ajoute l'hétérogénéité endémique de la description des lithofaciès dans les coupes de forages anciens.

J.M. LORAIN (1962 et 1973) ainsi que F. MENILLET (1974) ont décrit les lithofaciès du Blésois et de la Haute Beauce, ce qui permet à présent de définir les principaux types lithologiques des formations du Groupe de Beauce.

La carte lithologique, dressée à partir d'une compilation puis d'une sélection de 604 forages ayant traversé ou rencontré les formations du Groupe de Beauce sur une épaisseur supérieure ou égale à 20 m, illustre bien, malgré de nombreux "blancs" l'aspect désordonné de la répartition des lithofaciès.

Volontairement, et par souci de simplifier des données très hétérogènes, nous avons regroupé les lithofaciès en 9 types généraux :

- calcaires indifférenciés (durs ou tendres) : certaines coupes de sondages dues à des puisatiers ou des sondeurs ne nous permettent pas de trancher ;
- calcaires durs,
- calcaires durs fissurés,
- calcaires meuliérisés,
- calcaires tendres,
- "marnes" (ou calcaires crayeux dans la plupart des cas),
- argiles,
- sables,
- argiles et marnes en alternance.

L'identification de chaque classe de matériaux est purement descriptive et tirée directement des coupes de forages. Nous essayons plus loin (cf. paragraphe 3.2), de caractériser chacun de ces types lithologiques, d'après des échantillons prélevés en carrières ou sur affleurements, en des endroits jugés représentatifs pour un lithofaciès donné.

Ces prélèvements n'ont qu'une valeur ponctuelle, à l'exception du calcaire bréchiq ue de Prasville dont on peut apprécier l'extension horizontale, et dont les caractéristiques physico-chimiques sont relativement constantes.

3.2 - CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons regroupé les nombreux types lithologiques en 4 grandes familles :

- faciès carbonatés (calcaires crayeux, compacts, "marnes"),
- faciès siliceux (calcaires meuliérisés, meulières),
- faciès détritiques (argiles calcaires ou pures et sables),
- faciès d'altération (argiles de décalcification, "tuf").

3.2.1 - Les faciès carbonatés

a) Calcaires crayeux ou tendres, "marnes"

Ils sont souvent qualifiés à tort de "marnes" car leur teneur en CaCO_3 est toujours supérieure à 80% (cf. échantillons 29, 46, 48). Ils sont généralement blancs à jaunâtres lorsqu'ils sont altérés, pulvérulents ou un peu indurés, grumeleux, un peu pâteux lorsqu'ils sont humides et contiennent fréquemment des blocs subarrondis de calcaire dur. Dans toutes les coupes où nous les avons observés (Francourville (J), Estouy (P), Prasville (K), La Chapelle-St-Mesmin (Q)), on remarque une concentration de la silice vers leur partie supérieure en contact avec des bancs calcaires durs.

Les calcaires crayeux sont abondants dans les faciès d'altération comme le "tuf" (cf. définition paragraphe 3.2.4), mais on les rencontre aussi à tous les niveaux de la série lacustre et notamment vers sa base (Marnes de Voise). Ils sont disposés en bancs lenticulaires dont la puissance est variable localement (0,30 à 3 m), et l'on y observe tous les termes de passage latéral ou vertical aux calcaires durs. Les calcaires crayeux contiennent de petits niveaux humiques, épais de quelques centimètres (argiles associées : montmorillonite, attapulгите, sépiolite) et une faune de faciès de dessalure à Bithynies (F. MENILLET, 1974).

On note la présence d'Ostracodes indéterminables, dans le faciès crayeux de la base de la carrière de Prasville-Ymonville (K), ainsi qu'à Patay et La Chapelle-St-Mesmin (Q).

b) Calcaires compacts à grain fin beiges à jaunâtres

Ce type de calcaires comprend des matériaux (Tillay-le-Peneux (H)) de couleur claire, dans lesquels on peut inclure également les calcaires travertineux décrits par F. MENILLET (1974).

En l'absence de micro-cavités, le calcaire dur à grain fin présente un aspect sublithographique (Boisseau (D), Maves (E)), à pâte micritique contenant parfois des nodules calcaro-siliceux, des passées graveleuses ainsi que des passées rubanées d'origine algaire probable.

Les micro-cavités, lorsqu'elles existent, s'ordonnent selon des réseaux (La Chaussée-St-Victor (A)), le plus souvent colmatés par de la calcite vadose, et correspondant à des fissures visibles à l'oeil nu sur l'échantillon.

Des circulations d'eau postérieures au dépôt, et la plus ou moins grande abondance de ces réseaux de cavités conduisent aux calcaires karstifiés, dont le développement est sensible dans la région d'Artenay (Loiret).

Les calcaires vermiculés à vacuolaires, s'ils représentent le terme intermédiaire entre les calcaires compacts et les calcaires caverneux, se caractérisent par une porosité plus ou moins élevée (cf. échantillons 8bis, 18) due à la présence de canalicules d'origine végétale, quelquefois colmatés par de la calcite micro ou macrocristalline (Villeromain (B), Selommes (C)).

* Renseignement de Madame GIGOT du B.R.G.M..

c) Calcaires hétéromorphes

Ils sont représentés par des calcaires bréchiques, des calcaires à gravelles et des calcaires rubanés se retrouvant fréquemment associés (F. MENILLET, 1974).

Les calcaires bréchiques (Prasville, K et L) sont constitués d'éléments calcaires anguleux à subarrondis, non jointifs entourés d'un ciment calcaire de même nature. Ces éléments offrent des teintes allant du blanc au noir et sont répartis sans ordre apparent (brèches monogéniques ou polygéniques). Les différentes parties fragmentées sont peu éloignées les unes des autres, ce qui témoigne de leur caractère local (Prasville (L) et fig. 1, pl. II). Ces calcaires bréchiques sont en général assez durs ; ils peuvent avoir, dans certains cas un ciment composé de gravelles calcaires (Gommerville (I)) et la transition peut souvent s'observer à l'échelle de l'échantillon. On rencontre parfois des calcaires faussement bréchiques, notamment dans les faciès beiges durs (Maves (E)).

Les calcaires à gravelles sont constitués d'éléments calcaires arrondis de 0,5 à 3 mm de diamètre et d'un ciment calcaire micritique de teinte légèrement différente. Ces calcaires ont été dénommés auparavant "calcaires pseudo-oolithiques" du fait de leur apparence, cette dénomination est impropre, car les gravelles sont en fait des éléments remaniés d'un banc calcaire fragmenté (Pithiviers-le-Vieil (N), Dadonville (O)).

Ces calcaires sont constitués par l'accumulation d'éléments ovoïdes de taille variable ($50\mu < \emptyset < 3 \text{ mm}$) à structure grossièrement concentrique incluant des débris organiques fins et possédant parfois un noyau central constitué par un gros fragment coquillier (cf. fig. 3, pl. VI). Des structures de ce genre peuvent être en partie d'origine organique, les gravelles sont incluses dans une pâte micritique, le plus souvent finement clastique. Ces calcaires ont été disloqués en fragments anguleux recimentés entre eux par de la calcite vadose ; cette recimentation est souvent incomplète et donne à ces faciès un aspect concrétionné caractéristique. Mentionnons pour mémoire, les brèches de base, que l'on ne rencontre qu'en profondeur dans les forages et dont l'épaisseur est réduite. Ce sont des brèches à ciment calcaire, quelquefois gréso-calcaire, composées d'éléments plus ou moins roulés de silex de la craie (brèches à extraclastes).

Les calcaires rubanés sont épais de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres et d'extension très locale. F. MENILLET (1974) attribue leur formation à des constructions algaires rappelant les structures stromatolitiques.

Ils sont constitués d'une alternance plus ou moins régulière de feuillets beiges et brun clair d'allure généralement flexueuse et sont quelquefois associés à des touffes de filaments d'aspect travertineux (fig. 1 et 2, pl. VIII).

Ils sont fréquents dans tous les faciès calcaires durs, plus abondants en association avec les calcaires bréchiques (Prasville (K, L)) que dans les calcaires beiges durs (Beaugency (R), Meung (S)). Leur genèse paraît être liée à un ruissellement rythmique saisonnier (J. LANG et G. LUCAS, 1970 - F. MENILLET, 1974).

3.2.2 - Les faciès siliceux

La silice peut être disséminée à l'état microcristallin dans les calcaires, ou bien se trouver sous forme de grains de quartz détritiques (J. BOURCART, 1947), ou encore constituer les silicates des argiles.

J.M. LORAIN (1962) a montré que la teneur en silice dans les calcaires de Beauce croissait de part et d'autre et à l'approche d'un banc de meulières ; nous avons pu faire une observation analogue à Prasville (L), (cf. annexe 4).

Les concentrations de silice peuvent prendre divers aspects :

a) Silice pulvérulente

Intercalée entre les bancs calcaires ou en nodules de quelques centimètres (La Chapelle-St-Mesmin (Q)).

b) Meulières vacuolaires

En plaquettes ou en dalles, en général présentes dans la partie superficielle des calcaires où elles sont emballées dans une argile brun-rouge de décalcification (F. MENILLET, 1974).

c) Meulières compactes

C'est le type le plus répandu en Beauce, bien que se présentant sous des formes diverses. Ces meulières se trouvent soit en bancs compacts de 80 à 100 m de long sur 0,80 à 1 m d'épaisseur (La Chapelle-St-Mesmin (Q)), soit en petites lentilles décimétriques, soit également en lits grossièrement parallèles à la stratification, s'anastomosant et passant au calcaire sans transition.

d) Meulières bréchiques

Elles sont composées d'éléments calcaires de quelques millimètres à quelques centimètres, noyés dans un ciment siliceux ou quelquefois à éléments et ciment siliceux ; elles se rencontrent assez fréquemment.

e) Meulières d'aspect résineux

On les trouve dans les faciès de base, ainsi que dans des calcaires micritiques dans lesquels se sont développés des nodules constitués de silice à structure grossièrement lamelleuse avec une zone corticale essentiellement carbonatée. Ce faciès est très local, nous l'avons observé à St-Denis-sur-Loire (Loir-et-Cher), dans la carrière de Macé (X : 527,600 - Y : 291,775).

3.2.3 - Les faciès détritiques

a) Les calcaires gréseux

Ils sont cités par J.M. LORAIN (1973) à la base des sondages effectués pour le pont de Blois. Le calcaire se charge progressivement de grains de sable pour aboutir à un grès légèrement calcaire. Ils se situent "vers la base" du Groupe de Beauce.

b) La Molasse du Gâtinais

Les études sédimentologiques sur cette formation sont assez rares, si bien qu'il est difficile de donner des caractéristiques précises sur sa lithologie.

J. DUPUIS (1952) indique que la teneur en CaCO_3 de la formation diminue du Nord au Sud tandis que la proportion de colloïdes minéraux et d'éléments siliceux augmente ; vers le Nord (Maisse, Mespuits), la fraction argileuse semble être illitique et passe progressivement, vers le Sud (La Neuville-sur-Essonnes) à une argile kaolinique encore riche en illite.

Dans la région de Puiseaux (Loiret) et à mi-hauteur des collines de Beaune-la-Rolande (Loiret), la Molasse se présente comme une argile calcaire jaunâtre ou rosâtre, dans laquelle s'intercale un niveau de sable argilo-calcaire roussâtre. La formation se termine par un calcaire marneux blanc que surmonte un calcaire vacuolaire représentant le calcaire de Beauce supérieur. L'ensemble repose sur le calcaire du Gâtinais ; nous avons pu lever cette coupe à la Butte jaune (45 - Bromeilles), où la formation affleure assez bien (cf. fig. 1, ci-après).

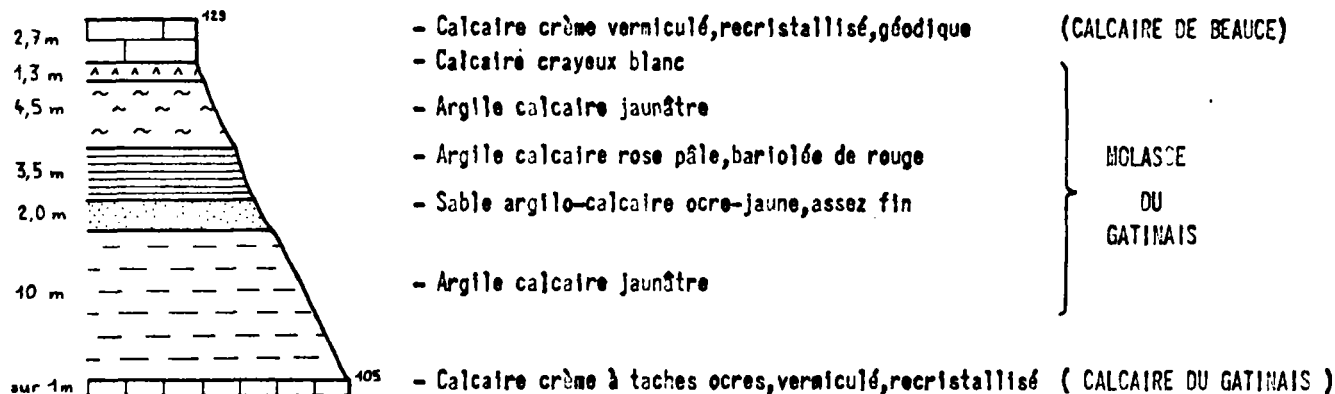


Fig.1-Coupe de la Butte Jaune à Bromeilles (Loiret), à 2km au Sud de Puiseaux

Dans le Gâtinais orléanais, la Molasse est surtout un grès tendre à ciment calcaire passant assez rapidement à un sable quartzo-argileux grossier, très calcarifère, de couleur généralement jaunâtre, intercalé de niveaux argilo-sableux à concrétions carbonatées (J. DUPUIS, 1952).

Les faciès sablo-graveleux non calcaires attribués, dans le Gâtinais orléanais, aux sables du Montargois (feuille Montargis à 1/50 000) nous paraissent être des alluvions anciennes : la courbe granulométrique (cf. fig. 2) d'une grave sableuse (éch. 47) prélevée à Pressigny-les-Pins (Loiret), au lieu-dit Le Sauvageon (X : 629,800 - Y : 321,625) montre que la fraction sableuse est bien classée et la fraction fine très réduite (2% < 80µ), le sédiment contient plus de 25% d'éléments > 2,5 mm, alors que la molasse sableuse est nettement plus argileuse, plus hétérométrique (feuille Montargis à 1/50 000) et beaucoup moins graveleuse. De plus, l'élément carbonaté est toujours présent dans la Molasse du Gâtinais, alors qu'à Pressigny, le sédiment est entièrement siliceux et contient de gros silex roulés. Ces observations confirment celles de Mme J. TOURENQ (1972).

c) La Molasse de Varennes

Décrite par J. GRAS (1963) d'après l'affleurement de la station de Varennes-sur-Fouzon (Indre) (F), cette petite formation détritique est couronnée par un banc de calcaire gréseux dont la base reprend des graviers de l'Eocène, tout comme la masse sableuse. Les sables de Varennes se caractérisent par un mauvais classement (cf. fig. 3), une teneur assez forte en fines (14% < 80µ). La fraction argileuse se compose d'un mélange de kaolinite dominante et d'illite (J. GRAS, 1963).

Le résidu sableux est très hétérométrique et d'origine locale (Crétacé) d'après J. GRAS ; les petits amas graveleux semblent provenir de l'Eocène voisin. Le sable est composé de grains de quartz, de tailles comprises entre 0,040 et 2 mm, bien émoussés quelquefois éolisés, et contient des petits granules carbonatés.

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : **Pressigny les Pins**
 Echantillon n° : 47 Nature : **Loiret "Molasse du Gâtinais"**
 Sondage : Date de l'essai : **Oct. 72**
 Profondeur : Poids initial sec :

Classific. L.P.C.	Limites d'Atterberg			ES V 56 P 52
	W _L	W _P	I _P	
Grave sableuse légèrement polluée				

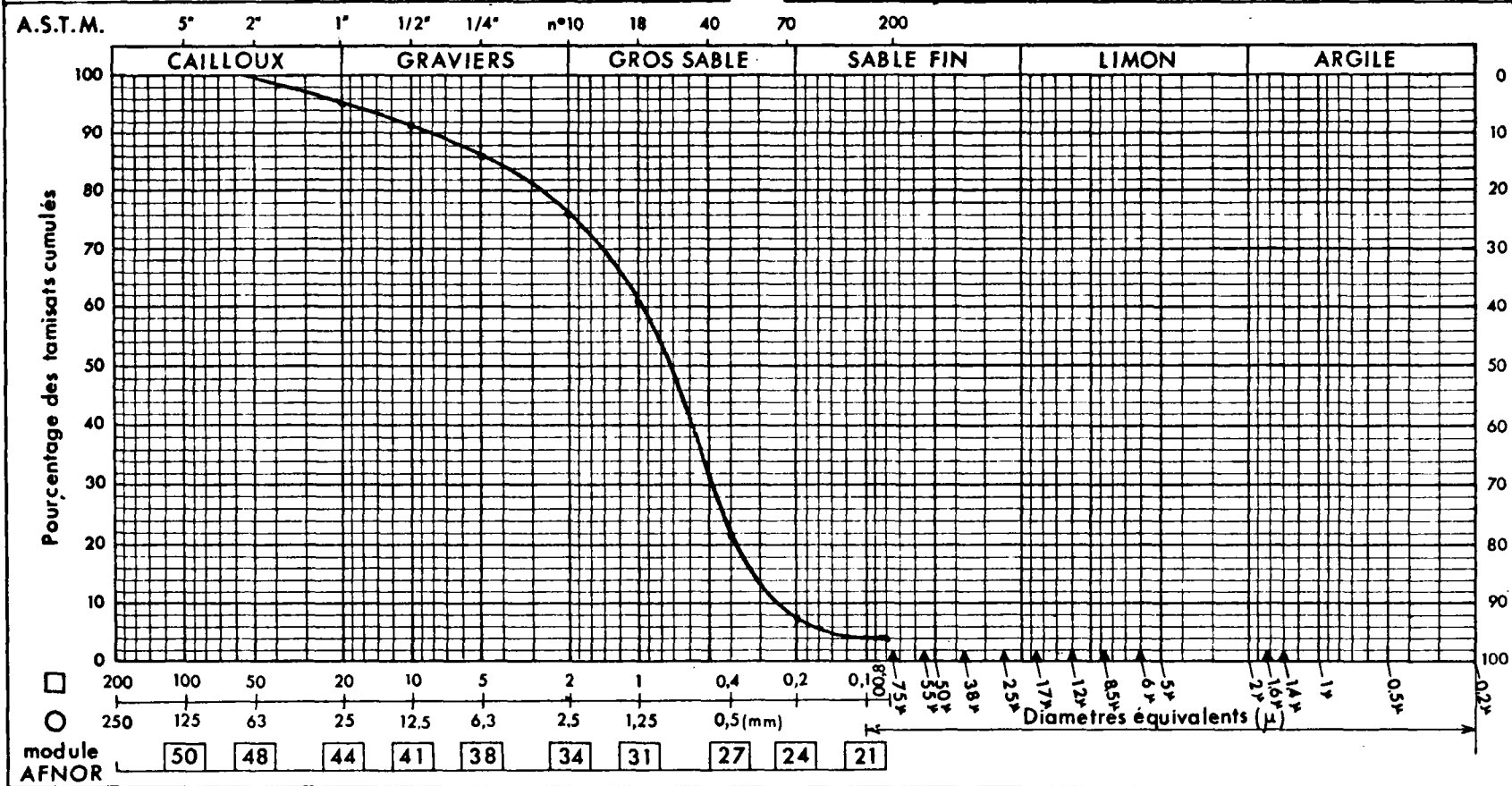


Fig. 2 - Courbe granulométrique d'une grave sableuse (éch. 47), prélevée à Pressigny-les-Pins (Loiret)

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Varennes s/Fouzon
 Provenance : (Indre) F
 Echantillon n° : 15 Nature : Molasse de Varennes
 Sondage : Date de l'essai : Oct. 72
 Profondeur : Poids initial sec :

Classific. L.P.C.	Limites d'Atterberg			ES V 33 P 24
	W _L	W _P	I _P	
Sable graveleux pollué				

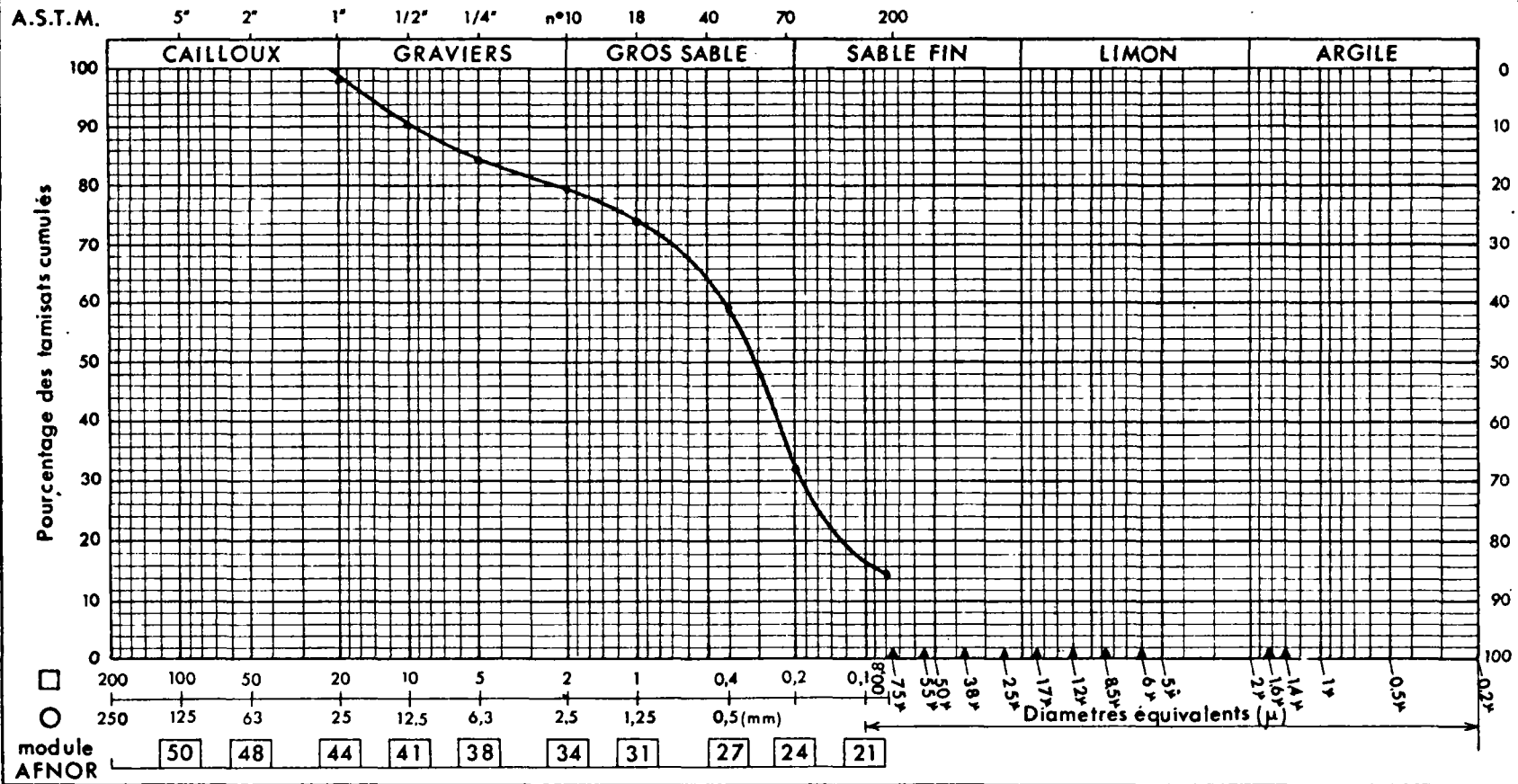


Fig. 3 - Courbe granulométrique du sable de la "Molasse de Varennes" (Indre)

d) Les Marnes de Blamont

G. DENIZOT (1927) fait mention d'une formation argilo-calcaire, qu'il dénomme "Marnes" de Blamont et qu'il situe vers le sommet des formations du Groupe de Beauce. Ce sont des argiles à rognons de calcaire pulvérulent, plus ou moins grumeleuses, dont la couleur varie en fonction de leur teneur en concrétions carbonatées (Santilly (U)) ; elles peuvent être blanches, grises ou verdâtres.

Dans la plupart des cas, il est pratiquement impossible de les distinguer des Marnes de l'Orléanais. Notons que toutes les déterminations minéralogiques effectuées sur des argiles des formations du Groupe de Beauce montrent une prédominance de smectites et attapulgites, avec un peu de sépiolites et présence d'illites et kaolinites (F. MENILLET ; G. BERGER ; Mme GIGOT). Le seul critère de discrimination entre les "marnes" du Groupe de Beauce et les marnes burdigaliennes serait la présence de quartz détritique dans ces dernières (M. GIGOUT, P. HOREMANS, L. RASPLUS, 1972). Dans ce cas, nos deux prélèvements de Greneville-en-Beauce (M) et de Dambron (T) concerneraient les "marnes" de Blamont, puisque, à Dambron par exemple, la granulométrie de l'argile montre un fort pourcentage des inférieurs* à 1,6 μ (67,22%) caractéristique des formations du Groupe de Beauce (Madame GIGOT).

3.2.4 - Les faciès d'altération

a) Le "tuf" de Beauce

C'est une formation hétérogène cryoclastique composée de fragments calcaires et de meulière plus ou moins redressés, de lentilles d'argile verte, le tout emballé dans une gangue marneuse ou crayeuse blanche. Il est admis communément d'y voir une altération et un remaniement dus aux actions périglaciaires à partir du Riss. Il s'agit là d'un colluvium vrai (M. GIGOUT, 1973), que l'on observe sur une faible épaisseur sur le plateau de Beauce, sur plusieurs mètres d'épaisseur, sur les versants du Val de Loire. Ce colluvium s'est formé aux dépens du calcaire sous-jacent, mais aussi des niveaux marneux qui prennent de l'importance à l'approche d'Orléans (Marnes de Blamont, marnes intermédiaires).

Il faut se garder de confondre ce colluvium avec les niveaux marneux en place, bien que cela ne soit pas toujours aisé, car ils contiennent fréquemment des blocs calcaires et des lentilles d'argile verte.

b) Les argiles de décalcification

Elles sont brunes à rougeâtres, quelquefois verdâtres, plastiques, et remplissent des poches et des fissures karstiques. Elles constituent avant tout une gêne pour les exploitations (cf. carrière de Prasville - K -).

3.3 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET MECANIQUES

Les carrières en activité sont assez peu nombreuses et l'on ne possède, de ce fait, que peu d'essais et d'analyses sur les lithofaciès du Groupe de Beauce. Le Répertoire des carrières exploitées en 1889 recense 13 carrières exploitant des calcaires de Beauce à l'époque, et en donne les principales caractéristiques (cf. annexe 7).

L'annexe 5, récapitule les données physico-chimiques et mécaniques acquises lors de notre étude.

3.3.1 - Propriétés chimiques

a) Teneurs en CaO

Pour 29 échantillons de provenances diverses (cf. carte de situation des prélèvements, annexe 1), nous obtenons une teneur moyenne de 51,40% avec une

*Renseignements fournis verbalement.

fourchette de 40,45% à 54,80% et une valeur médiane de 52,10%. Les valeurs théoriques en CaCO_3 sont comprises entre 72,2 et 98,03%.

b) Teneurs en MgO

Les dosages effectués sur les 29 échantillons donnent une moyenne de 1,38% avec une fourchette de 0,65 à 2,70%, la valeur médiane est de 1,20%.

La présence de MgO dans les calcaires de Beauce, en faible proportion, ne peut être liée qu'aux argiles magnésiennes, du type attapulgite ou montmorillonite magnésienne. Ceci confirme les recherches négatives en dolomite de F. MENILLET (1974) effectuées sur des calcaires de Beauce.

c) Teneurs en SiO_2 total

Le dosage total de la silice comprend aussi bien la silice des meulières que les silicates argileux et les grains de quartz détritiques, bien que ces derniers ne représentent en général que des teneurs inférieures à 1% (J. BOURCART, 1947). Sur les 29 échantillons, la teneur moyenne est de 2,38% pour des valeurs comprises entre 0,46 et 6,30%, la valeur médiane est de 1,30%.

La figure 4 montre les relations par échantillon, des teneurs en CaO, MgO et SiO_2 . Les échantillons (graphique 1) sont placés en ordonnée dans un ordre décroissant fonction de leur teneur en CaO ; en abscisse, sont placées les valeurs en pourcentages de CaO, MgO et SiO_2 correspondants.

1ère remarque

Les teneurs en CaO décroissent régulièrement quelle que soit la nature lithologique de l'échantillon (cf. annexe 5) ; on observe néanmoins une décroissance brutale au niveau de l'échantillon 1 (calcaire carié), phénomène qui s'accroît pour l'échantillon 26 (calcaire marneux) et le 53 (argile calcaire) donc, pour des faciès pulvérulents plus ou moins argileux.

2ème remarque

On observe, au niveau des teneurs en SiO_2 et MgO deux populations (ou familles) bien distinctes ; en haut du graphique et jusqu'à l'échantillon 40 (le 49 et le 8 exclus) on remarque que les courbes de MgO et SiO_2 évoluent de façon à peu près similaire, indépendamment des teneurs en CaO. Ensuite, à partir de l'échantillon 40 (en incluant le 49 et le 8) la courbe de SiO_2 se détache nettement en "pics", suivie dans une plus faible proportion par celle de MgO.

Sur le graphique 2 de la fig. 4, nous avons placé les mêmes échantillons que précédemment dans un ordre décroissant fonction cette fois-ci de leur teneur en SiO_2 . Les deux populations mises en évidence sur le graphique 1 réapparaissent, et le bas du graphique 2 montre à nouveau la liaison entre MgO et SiO_2 .

Ces remarques appellent deux constatations :

1°/ dans une même population, il n'y a aucune relation de répartition géographique, ni lithologique.

2°/ les excès en SiO_2 concernent des calcaires très caverneux (les cavités sont remplies ou tapissées d'argile de décalcification), ou des calcaires argileux. Le graphique 2 confirme la présence d'argiles magnésiennes dans les formations du Groupe de Beauce. Les études antérieures (F. MENILLET, 1974) corroborent par d'autres méthodes cette constatation.

Graphique 1

Graphique 2

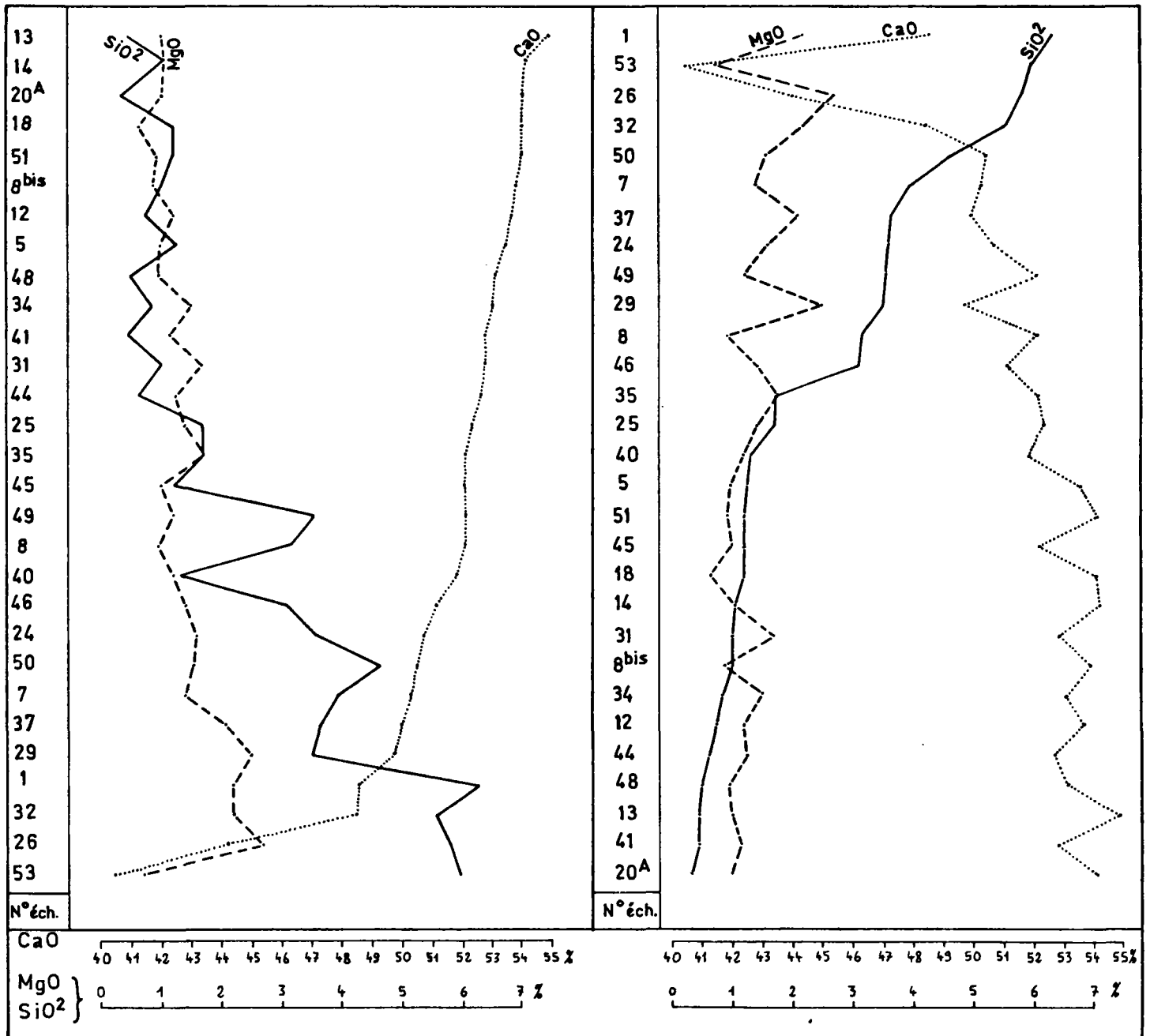


Fig. 4 - Relations entre les teneurs en CaO, MgO et SiO₂ dans les formations du Groupe de Beauce.

Graphique 1: Valeurs de CaO décroissantes

Graphique 2: Valeurs de SiO₂ décroissantes

3.3.2 - Propriétés physiques et mécaniques

Dans ce domaine, les données ponctuelles sont rassemblées dans l'annexe 5. Les différentes méthodes de mesures sont exposées succinctement dans l'annexe 6.

a) Résistances à la compression simple ou R_{cs}

Elles sont exprimées en bars et représentent la moyenne de plusieurs mesures dont le nombre est indiqué dans le tableau récapitulatif (annexe 5).

La moyenne des résistances à la compression-simple calculée d'après 65 mesures effectuées sur 23 échantillons, est de 493 bars pour des valeurs comprises entre 309 et 1070 bars.

b) Poids spécifiques apparents

Ils ont été calculés avant les essais de résistances à la compression-simple, sur les éprouvettes cylindriques de calcaires façonnées dans ce but.

Les éprouvettes n'ayant subi aucun séchage préalable et leur masse M ayant été mesurée en atmosphère normale, le poids spécifique apparent de chaque échantillon comprend l'eau d'absorption. La moyenne des poids spécifiques apparents a été calculée d'après le même nombre de mesures, sur le même nombre d'échantillons que précédemment : elle est de 2,38 pour des valeurs comprises entre 2,05 et 2,64.

c) Dureté

La relation entre le poids spécifique apparent et la résistance à la compression-simple permet d'apprécier la dureté d'une roche ; la fig. 5, p. 21 montre la répartition des échantillons en fonction de cette relation et par rapport à une courbe de dureté-type (cf. NF AFNOR B10-001). On remarque que la plupart de nos échantillons se situe dans un fuseau assez resserré autour de la courbe de dureté-type.

Les échantillons se situant à l'écart de ce fuseau (14, 5, 24) sont des calcaires hétéromorphes (bréchiques ou graveleux) ou bien des calcaires caverneux. Enfin, la résistance de la plupart des échantillons croît proportionnellement à leur poids spécifique.

Il est intéressant de savoir quel facteur influe le plus directement sur la "dureté" des calcaires de Beauce : la fig. 6, p. 21 montre la relation entre R_{cs} et la porosité ouverte totale (P_{oT}) ; on constate que pour l'ensemble des échantillons calcaires, la résistance décroît lorsque la porosité ouverte augmente. Dans un même ordre d'idées, la fig. 8, p. 21 montre que lorsque la porosité totale augmente, le poids spécifique apparent diminue, ce qui est normal.

On peut en déduire alors que la résistance d'un calcaire de Beauce sera d'autant plus forte qu'il aura une faible porosité totale et un poids spécifique élevé.

On a essayé de voir dans quelle mesure la "dureté" des calcaires de Beauce était liée à la présence de silice. La fig. 7, p. 21 compare les relations entre la teneur en silice totale et la résistance à la compression-simple de chaque échantillon ; on constate que les calcaires se regroupent en 3 familles distinctes :

- calcaires 1 et 32 : forte teneur en SiO_2 , R_{cs} faible ;
- calcaires 7, 8, 24, 37, 49 et 50 : teneur en SiO_2 moyenne, R_{cs} moyenne à très forte ;
- calcaires 5, 8bis, 12, 13, 14, 20A, 25, 35, 40, 41, 44, 45, 51 : faible teneur en SiO_2 , R_{cs} très faible à très forte.

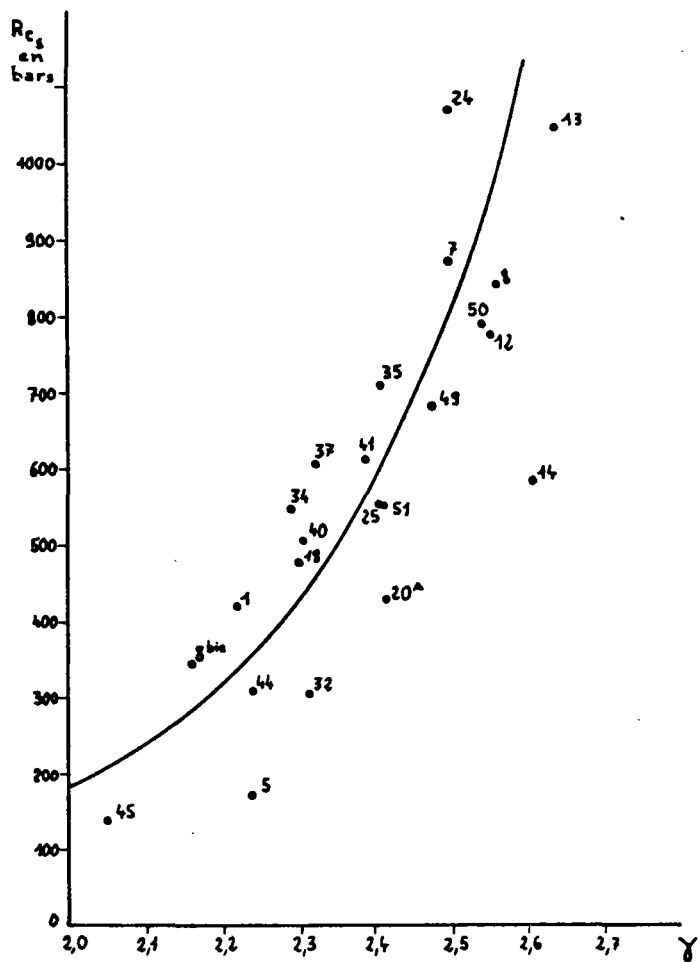


Fig. 5 - Relations entre la résistance à la compression-simple et le poids spécifique apparent (dureté).

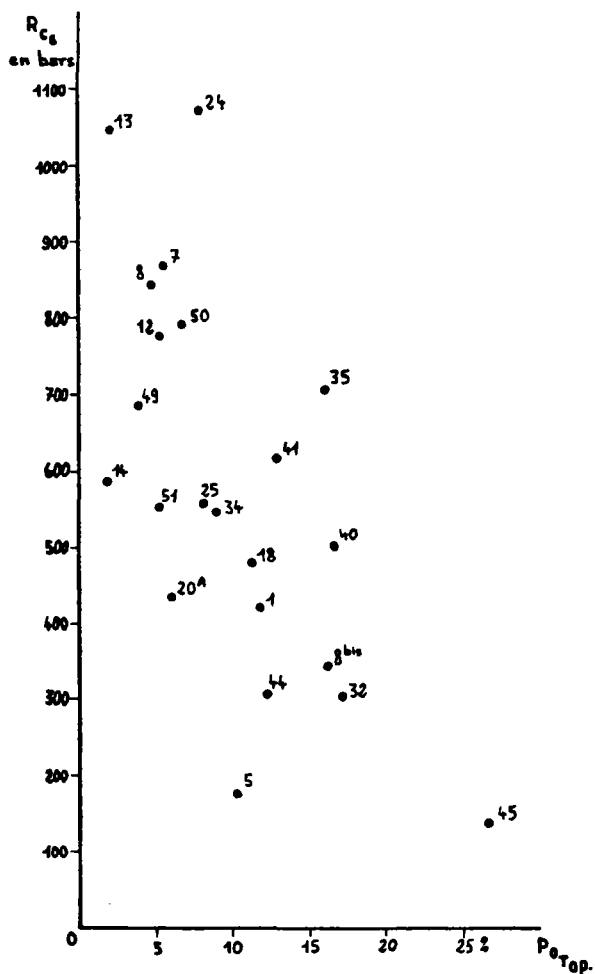


Fig. 6 - Relations entre la porosité totale apparente et la résistance à la compression-simple.

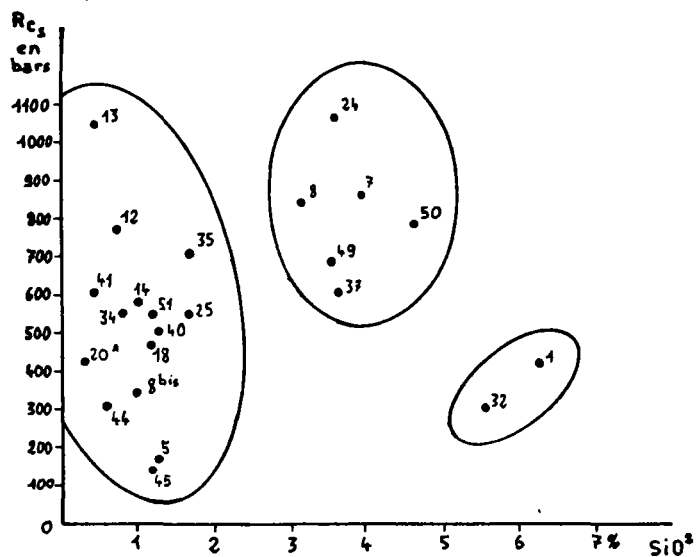


Fig. 7 - Relations entre les teneurs en silice totale et la résistance à la compression-simple.

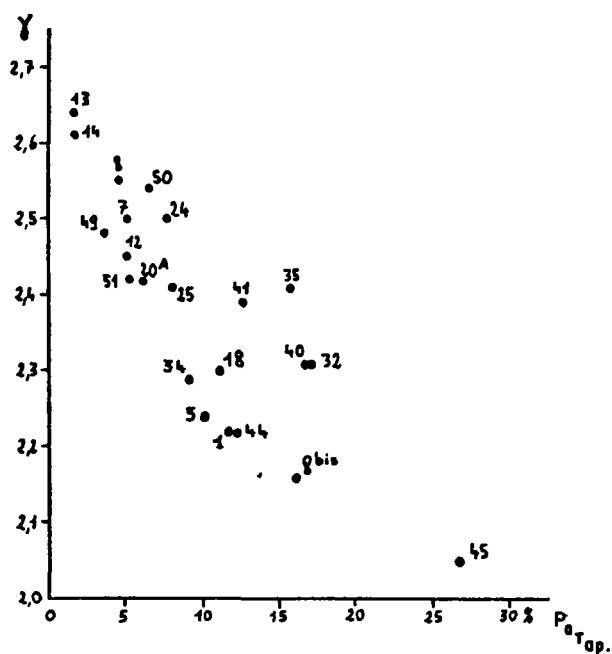


Fig. 8 - Relations entre le poids spécifique apparent et la porosité totale apparente.

On peut en déduire que la résistance à la compression-simple d'un calcaire de Beauce ne dépend pas de sa teneur en silice, mais plutôt de sa porosité totale apparente et de son poids spécifique, donc, de son degré de cimentation naturelle (cf. annexe 4, carrière E).

Les 3 populations de calcaires mises en évidence par la fig. 7, p. 21 correspondent vraisemblablement à des processus diagénétiques différents.

Enfin, on peut ajouter que des calcaires de Beauce ayant sensiblement la même porosité totale apparente n'auront pas nécessairement la même teneur en silice, et que leur "dureté" n'augmentera pas en fonction de celle-ci, comme le montre le tableau ci-dessous :

n° échant.	PO _T	SiO ₂	Rc _s	γ
1	11,76	6,30	420	2,22
18	11,41	1,20	479	2,30
41	12,96	0,46	615	2,39
44	12,33	0,62	309	2,24

D'après la classification AFNOR (NF B10-001), nos échantillons calcaires se situent entre les catégories demi-ferme 4 et froide 11 avec une majorité de catégorie dure.

d) Gélinivité

Pour les calcaires durs, elle peut s'apprécier en calculant le coefficient d'Hirschwald $\frac{PO_p}{PO_T}$ (rapport entre la porosité partielle et la porosité totale apparente, cf. annexe 6, et note technique 80 du CSTC, 1970), cette donnée étant confortée par les mesures de la perméabilité et de la montée capillaire (cf. annexe 5).

Le tableau récapitulatif (annexe 5) montre que la plupart des calcaires prélevés ne sont pas gélifs, bien que présentant souvent des porosités ouvertes importantes.

Nous tenons à préciser que nous n'avons abordé que très sommairement le problème de la porosité des calcaires du Groupe de Beauce, que M. RAGOT du B.R.G.M. se propose de reprendre de façon plus exhaustive.

3.4 - EXTENSION DES LITHOFACIES

3.4.1 - Méthode d'étude

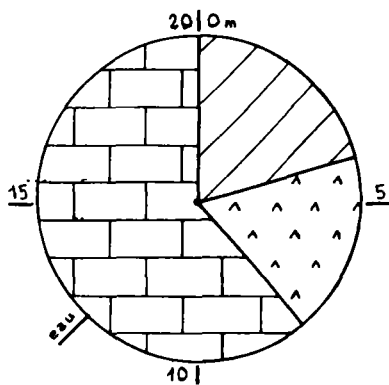
En l'état actuel des connaissances sur les formations du Groupe de Beauce, il est encore bien prématuré, compte tenu de la grande hétérogénéité des lithofaciès, de tenter des corrélations d'un secteur à un autre, voire entre des sondages distants de 1 km. Pour ces raisons, et aussi à cause de la répartition hétérogène des sondages, notre carte à 1/250 000 comporte encore beaucoup de zones vierges.

Cette carte résulte du report de 604 forages et sondages ayant fait l'objet de trois sélections :

- élimination des coupes douteuses ou d'interprétation difficile ;
- élimination du sondage lorsque la coupe mentionne un recouvrement stérile ≥ 10 m ;
- élimination des coupes < 10 m de profondeur ;
- élimination des coupes plus longues dans lesquelles le recouvrement stérile représente plus de la moitié de l'épaisseur des terrains traversés.

Les sondages ont été tout d'abord reportés sur des coupures IGN à 1/50 000 ; afin de visualiser la lithologie, nous avons utilisé le principe du cercle dont le centre matérialise l'emplacement du sondage ; le cercle complet représente la profondeur de 0 à 20 m divisé en quadrans de 5 m.

Il suffit ensuite de reporter graphiquement les lithofaciès en couleurs ou par un figuré en regroupant ceux dont l'épaisseur est inférieure à 2 mètres. Le dessin ci-dessous illustre le principe de cette représentation.



0 à 3,0 m Recouvrement : sables, argiles
3,0 à 8,0 m Marnes blanchâtres
8,0 à 20,0 m Calcaire beige dur
niveau d'eau à 12,5 m.

Fig. 9 - Méthode de report graphique des données lithologiques d'un sondage.

Les cartes de travail ayant été ainsi réalisées, on a regroupé les zones à caractères communs, ce qui conduit à une carte lithologique de la tranche supérieure des formations du Groupe de Beauce.

Il est bien évident que cette synthèse n'a aucun caractère stratigraphique ; de même, elle ne doit pas être utilisée telle quelle pour implanter une carrière sans travaux de reconnaissance complémentaires.

3.4.2 - Répartition des lithofaciès

Notre carte est surtout un schéma d'orientation vers des zones de lithologie déterminée. La légende regroupe les lithofaciès en 9 familles de matériaux :

- calcaires indifférenciés (durs ou tendres),
 - calcaires durs (décrits comme tels dans les coupes de sondages),
 - calcaires meuliérisés,
 - calcaires durs fissurés,
 - calcaires tendres,
 - "marnes" ou calcaires crayeux,
 - argiles
 - sables
 - argiles et marnes en alternance.
- ces deux faciès sont souvent mélangés et difficiles à séparer graphiquement

En considérant uniquement cette classification, qui ne tient compte ni de la stratigraphie, ni de la pétrographie fine, il se dégage néanmoins sur notre carte une certaine différenciation horizontale des lithofaciès des formations du Groupe de Beauce.

Tout d'abord, nous constatons une confirmation de la limite : région de calcaires durs - région de calcaires tendres tracée par J. BOURCART (1947). Les calcaires durs semblent être concentrés sur la Haute, la Basse et la Petite Beauce, tandis que les calcaires tendres dominent dans le Gâtinais français et que les faciès détritiques s'étendent surtout dans le Gâtinais orléanais et sur les bordures du bassin. Les zones silicifiées se rencontrent à peu près partout et brouillent plus ou moins l'ordonnance des faciès ; à ce propos, nous avons souvent noté une confusion dans les coupes de sondages, où l'on dénomme calcaires siliceux certains calcaires gris ; en l'absence de toute forme visible à l'oeil nu de silicification, il nous paraît abusif de considérer ces calcaires gris comme siliceux sans étayer cette affirmation par un dosage de SiO_2 .

Nous remarquons que le pourtour de la forêt d'Orléans est à dominante marneuse, surtout dans la région d'Artenay (Loiret), où cette tendance correspond à peu près à l'extension figurée des Marnes de Blamont (cf. carte ci-après) que l'on trouve également dans le Gâtinais.

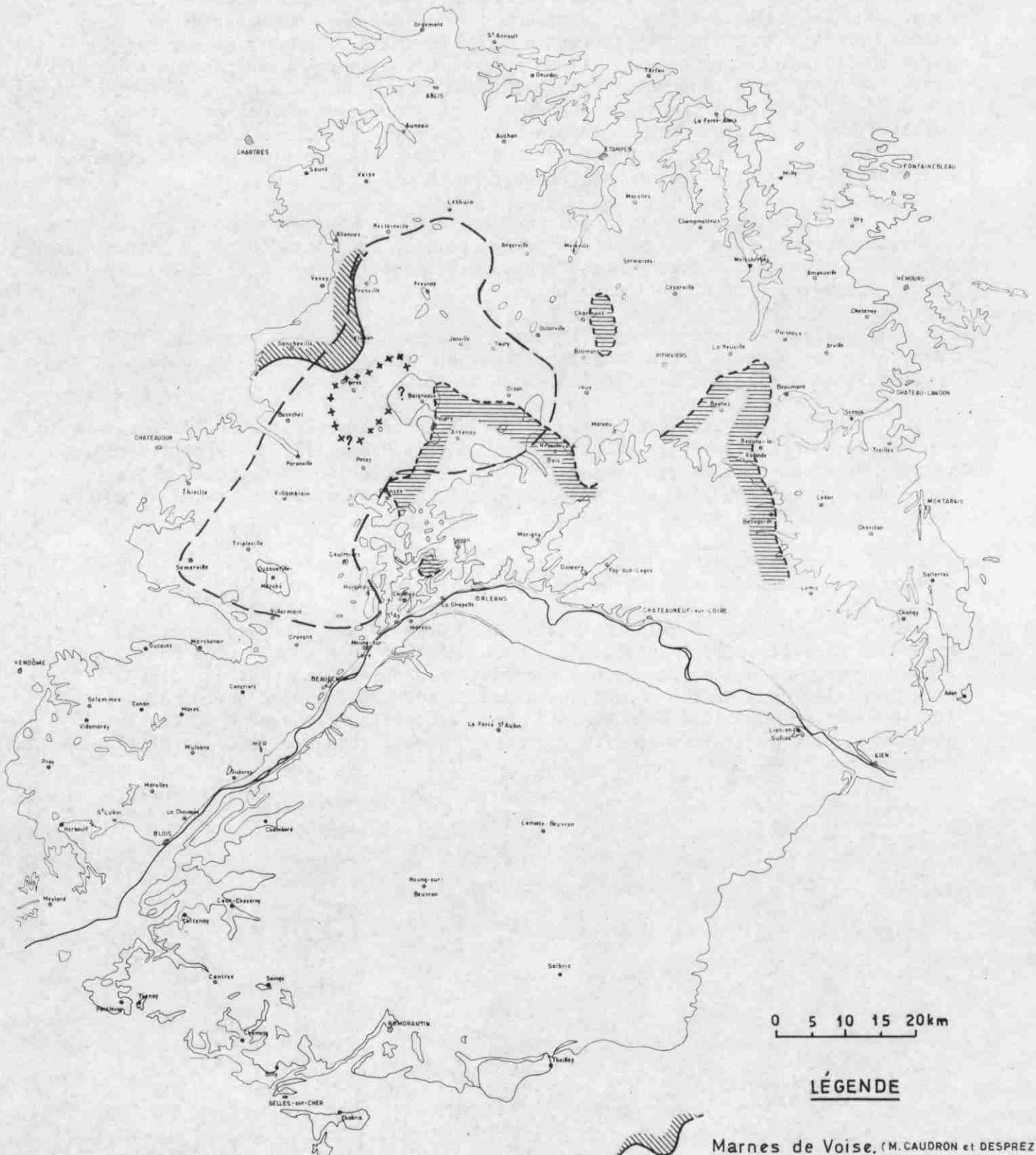
Cette concordance de faciès et d'extension avec les Marnes de l'Orléanais burdigaliennes suggère une continuité locale dans les conditions de sédimentation, de l'Aquitaniens final au Burdigalien, sous la forêt d'Orléans.

Nous avons essayé de figurer (cf. carte ci-après) l'extension horizontale d'un faciès particulier : le calcaire bréchiqne de Prasville. Son aspect permet de le repérer aisément dans les coupes, et bien que ce faciès se retrouve à des profondeurs diverses, en l'absence de toute chronologie stratigraphique, il n'est pas sans intérêt d'en noter la répartition horizontale.

La carte montre que ce faciès se localise en Haute et Basse Beauce et partiellement sous l'extrémité septentrionale de la forêt d'Orléans.





La lentille de calcaire beige dur d'Orgères se juxtapose à celle de la brèche de Prasville, et il n'est pas encore possible de déterminer la position de l'une par rapport à l'autre. Cette remarque est générale, il nous est plus difficile de parler de l'extension verticale des lithofaciès, tout d'abord parce que la limite Stampien supérieur - Aquitanien n'est pas définie au centre du bassin, ensuite du fait de l'hétérogénéité et, partant, de l'impossibilité de relier deux coupes entre elles.

25
CARTE D'EXTENSION HORIZONTALE RECONNUE DES PRINCIPAUX FACIES



0 5 10 15 20 km

LÉGENDE

-  Marnes de Voise. (M. CAUDRÓN et DESPREZ 19
-  Marnes de Blamont.
-  Calcaire bréchique de Prasville
-  Calcaire d'Orgères

4 - UTILISATIONS DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE

4.1 - UTILISATIONS ANCIENNES

L'extraction et l'utilisation des formations du Groupe de Beauce remontent à la plus haute antiquité. Dès que l'homme a pu se fixer en fondant son économie sur l'agriculture, il a éprouvé le besoin de se construire un habitat en dur, de se fabriquer des outils, d'améliorer la production de la terre et de dresser des monuments à ses dieux.

Les cartes de répartition des mégalithes (A. NOUEL, 1966) montrent que la Beauce était déjà très peuplée au Néolithique ; les hommes de cette époque étaient, comme on le sait, des agriculteurs, et il est normal de les voir s'installer en grand nombre sur le fertile plateau beauceron, surtout le long des vallées, près des points d'eau. Les fonds de cabanes et les nécropoles attestent cette fixation ainsi que le premier emploi connu des calcaires du Groupe de Beauce comme piliers de soutien dans la nécropole néolithique d'Eteauville (Eure-et-Loir). Les meulières de Beauce, en concurrence avec les silex de la craie, fournissent à cette époque le matériau pour la fabrication de milliers de haches et autres outils taillés.

Les dolmens et menhirs, nombreux en Beauce sont érigés à proximité de leur lieu d'extraction (dolmen de Feularde à Tavers - Loiret -) et leur répartition (A. NOUEL, 1966) coïncide avec celle des calcaires durs (J. BOURCART, 1947).

Après les néolithiques, leurs successeurs, les Celtes puis les Gaulois, utilisent les calcaires du Groupe de Beauce pour leurs constructions (Soings-en-Sologne, Loir-et-Cher).

Les conquérants romains vont faire un large emploi des calcaires de Beauce (thermes de Verdes, remblai gallo-romain de la ville d'Orléans, moellons des nombreuses villas arasées en Beauce, voies de communications, sépultures en pierres sèches de Tavers).

Le Moyen-Age, puis la Renaissance voient se développer les activités extractrices pour la construction des églises puis des grandes cathédrales : églises romanes de Landes-le-Gaulois (Loir-et-Cher), de Boiscommun (Loiret), cathédrales de Chartres, d'Orléans, basiliques de Cléry et St-Benoît-sur-Loire (Loiret), moellons d'appareil de la Tour du Heaume à Orléans (XIV^e s.).

Le sous-sol de la ville d'Orléans et ses faubourgs, ainsi que ceux de Cléry-St-André et Mareau-aux-Prés (Loiret) recèlent de nombreuses carrières souterraines très anciennes. Les matériaux extraits étaient très divers (moellons calcaires et marne) principalement tirés du faciès "tuf" et de bancs plus durs et réguliers sous-jacents.

Les travaux de démolition des halles du Châtelet à Orléans en 1973, nous ont permis de constater que le remblai gallo-romain reposant sur le "tuf" en place, est constitué d'un empilement de caillasses de calcaire blanc tendre et vermiculé, extrait aux environs immédiats d'Orléans.

Sous le "tuf", des bancs plus durs s'individualisent et ont fait l'objet d'extractions souterraines nombreuses, notamment sous le centre même de la ville d'Orléans*.

*Archives inédites des Services techniques de la ville d'Orléans et des cabinets d'architectes orléanais.

L'exploitation était faite par puits descendants communiquant à des chambres d'exploitation de 2,50 m à 6 m de hauteur, disposées irrégulièrement et en général sans piliers de soutènement. La profondeur du ciel de ces carrières souterraines se situe entre 11 m et 8,5 m sous le sol actuel.

Certaines d'entre elles sont accessibles par plusieurs niveaux de caves sous les immeubles. Nous avons pu effectuer des observations sous le Centre Charles Péguy, rue du Tabour à Orléans, où se trouvent six niveaux de caves, dont la plus profonde date du XIII^e siècle et laisse apparaître un banc de calcaire vermiculé sous un calcaire crayeux crème à niveaux de meulières brunes.

Les faciès "marneux" et principalement le "tuf" ont fait l'objet de nombreuses extractions à ciel ouvert et souterraines en Beauce pour le marnage des terres. Ces souterrains ont été réutilisés par la suite comme lieux de refuge contre les invasions mais aussi pour la pratique de rites funéraires ou cultuels (P. NOLLENT, 1973).

Signalons simplement que la plupart de ces marnières souterraines sont datées au plus tôt, du Moyen-Age ; elles sont dans certains cas, à une profondeur de plus de 20 m et présentent des plans plus ou moins réguliers (cf. fig. 10, p. 27). L'étude de leur répartition, de leur profondeur et des faciès qu'on y a exploités, serait d'un grand intérêt pour la stratigraphie beauceronne.

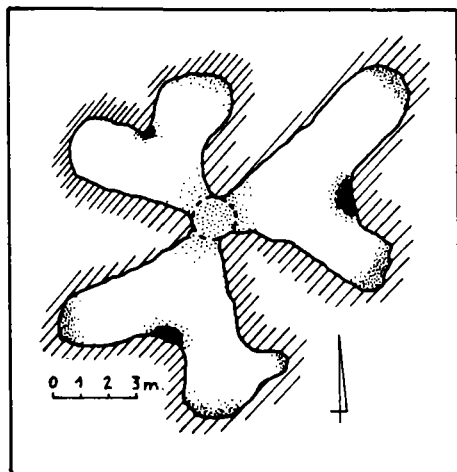


Fig. 10 - Plan d'une marnière souterraine à Louville-la-Chenard (Eure-et-Loir) (située à 12 m de profondeur, hauteur moyenne des galeries : 2,70 m), extrait de P. NOLLENT, 1973.

Les références monumentales des calcaires du Groupe de Beauce sont assez nombreuses et intéressantes pour qu'on en dresse une liste exhaustive. Pour ce faire, nous avons emprunté les renseignements du Répertoire des carrières exploitées en 1889 (L. DURAND-CLAYE et P. DEBRAY, 1890), ceux de la carte monumentale du Loiret (1967) et de diverses sources (Direction des antiquités historiques ; J.M. LORAIN (1973) ; M. VICAT (1853) ; E. FAUPIN - 1908 -).

Le Répertoire de 1889 ne situe pas avec exactitude le banc ou niveau échantillonné, de ce fait, il nous paraît illogique de compléter cette liste par les résultats nouvellement acquis, ce qui n'aurait pourtant pas manqué d'intérêt pour le Service des monuments historiques.

Il va sans dire que la liste des emplois remarquables peut être complétée à tout moment ; cette liste se trouve en annexe 7.

4.2 - UTILISATIONS ACTUELLES

C'est en 1895 que le Service des mines a commencé la publication des productions annuelles départementales par catégorie de matériaux. Nous avons pris le Loiret comme exemple, parce que 90% des matériaux calcaires extraits de son sous-sol proviennent des formations du Groupe de Beauce.

Le Laboratoire de l'Équipement de Blois signale qu'un pointage sommaire effectué en 1972 concernant les départements d'Eure-et-Loir, du Loiret et du Loir-et-Cher indiquait 60 carrières importantes abandonnées et 30 en activité, à savoir : 15 carrières produisant de la pierre de taille (dont 2 fournissant par ailleurs du dallage marbrier), et 15 des granulats concassés.

4.2.1 - Matériaux calcaires de viabilité, d'enrochement et de ballastage

La fig. 11, p. 31 montre l'évolution de la production des granulats calcaires pour viabilité dans le Loiret. De 1895 à 1922, la production se situe autour de 40 000 T/an. En 1923, elle dépasse les 100 000 T/an, ce chiffre étant représentatif jusqu'en 1958, si l'on fait abstraction de l'arrêt et de la reprise dus à la guerre. L'époque des grands travaux d'équipement se marque, de 1958 à 1966, par une croissance très nette de la production qui atteint 800 000 T en 1966, à l'occasion de la construction de l'autoroute A6 dans la région de Courtenay*.

Depuis 1966, la production s'établit vers 170 000 T/an ; il est cependant probable que la construction de l'autoroute A10 se marquera par un pic de production.

Les granulats pour viabilité sont produits en Beauce, par quelques grandes carrières dont la production individuelle annuelle est comprise entre 30 000 et 150 000 T.

La carrière de Neuvy-en-Beauce (Eure-et-Loir) ouverte en 1972 pour la construction de l'autoroute A10 (section Ponthévrard-Orléans) a produit 150 T/jour de granulats concassés 0/40 pour couches de forme sur sol de fondation de chaussée compactée. La carrière de Tripleville (Loir-et-Cher) produit 1 100 T/jour de granulats traités au bitume, au laitier ou au ciment ; cette carrière a un rayon d'approvisionnement régional et son existence n'est pas liée, comme celle de la carrière de Neuvy, à un grand chantier de travaux publics éphémère.

Les 13 autres carrières fournissant des granulats pour viabilité n'ont qu'un rayon de livraison restreint (généralement cantonal).

4.2.2 - Pierres de taille

L'industrie des pierres calcaires taillées pour la construction est en déclin depuis 1956, mais se maintient toujours, surtout dans le domaine des moellons bruts ou taillés qui trouvent des débouchés locaux pour les résidences secondaires. Pratiquement toutes les carrières fabriquant des granulats en calcaire de Beauce fournissent également des moellons bruts ou taillés à la main. Le faciès le plus couramment utilisé pour cela est le calcaire bréchique, en raison de sa bonne tenue au gel.

Les carrières de Pontijou (Loir-et-Cher) et de Prasville (Eure-et-Loir) fournissent des moellons sciés ou tranchés à l'éclateuse hydraulique (cf. photo 3, planche I).

* Renseignement de M. HULEUX, Ingénieur TPE Mines à Orléans.

TABLEAU 2 - Productions de matériaux calcaires dans le Loiret
d'après les statistiques de l'Industrie minière

Années de référence	Blocs et moellons bruts calcaires (en tonnes)	Matériaux d'enrochement de viabilité, de ballastage (en tonnes)	Calcaire pour amendement (en tonnes)		Années de référence	Blocs et moellons bruts calcaires (en tonnes)	Matériaux d'enrochement de viabilité, de ballastage (en tonnes)	Calcaire pour amendement (en tonnes)	
			Pierre à chaux(1)	Marne				Pierre à chaux(1)	Marne
1970	7.200	165.000			1932	42.800	145.000	200	600
1969	7.000	180.000			1931	41.000	150.000	800	1.300
1968	7.500	210.000			1930	43.000	140.000	900	1.400
1967	8.600	150.000			1929	46.250	139.200	950	1.440
1966	9.700	800.000			1928	36.400	144.000	1.000	1.000
1965	9.500	650.000			1927	25.100	132.000	300	500
1964	15.000	460.000			1926	27.130	129.600	250	640
1963		447.500			1925	27.130	132.000	300	-
1962	17.000	446.000			1924	22.350	144.000	405	960
1961	23.000	314.000			1923	18.750	120.000	460	1.120
1960	20.150	234.700			1922	70.363	48.000	900	1.280
1959	27.500	195.000			1921	3.525	50.400	1.350	1.280
1958	25.000	157.400			1920	33.000	48.000	2.950	-
1957	52.000	90.000			1919	49.148	42.315	4.027	8.348
1956	60.000	85.000			1918				
1955	47.000	101.000			1917				
1954	45.000	60.000			1916				
1953	35.000	90.000			1915				
1952	33.300	73.150			1914				
1951	30.000	43.000	2.100		1913	33.001	71.201	2.295	3.432
1950	29.500	48.050			1912	43.750	54.032	2.244	4.560
1949	39.000	194.000			1911	49.148	42.315	4.027	8.348
1948	30.000	234.000			1910	50.000	33.625	6.975	8.990
1947	12.000	195.000			1909	42.500	19.430	3.866	6.800
1946	26.000	339.000			1908	54.950	73.892	4.240	9.234
1945	21.000	180.000	2.500		1907	51.000	53.083	230	6.075
1944	58	7.765	84		1906	48.750	54.076	4.770	9.720
1943	115	11.335	750		1905	37.200	39.802	1.487	4.050
1942	37.530	136.000			1904	36.200	42.036	1.700	3.750
1941					1903	40.100	40.636	1.700	4.500
1940					1902	37.200	39.002	1.700	4.050
1939					1901	41.200	49.048	1.700	4.800
1938	20.050	135.000		600	1900	34.400	49.060	1.340	6.750
1937	28.150	145.000	250	350	1899	39.300	43.576	935	10.500
1936	30.200	135.000	300	400	1898	56.250	43.520	4.675	16.000
1935	35.500	130.000	150	450	1897	48.900	44.925	4.675	16.000
1934	37.500	137.000	300	450	1896	56.400	39.340	5.100	19.500
1933					1895	63.900	44.970	6.000	22.200

(1) chaux grasses et hydrauliques

Pour les blocs et moellons bruts calcaires, nous disposons de données chiffrées (cf. tableau 2, p. 29) interrompues de 1914 à 1918, en 1933 et de 1939 à 1941 ; elles montrent que l'exploitation a diminué de 1895 à 1938 (63 900 T à 20 050 T) et que, déjà à cette époque, le marché était très irrégulier (cf. fig. 11, p. 31). Après la dernière guerre, les travaux de reconstruction ont motivé une reprise de l'exploitation qui, depuis 1956 (60 000 T) décroît régulièrement.

4.2.3 - Pierres marbrières

Les pierres marbrières représentent la principale production des carrières de Pontijou et de Prasville. La première exploite deux variétés de calcaires marbriers (cf. coupes D et E) dont le plus poreux (éch. 8 bis) est utilisé comme moellons et pour le façonnage de cheminées (cf. fig. 4, planche I). La pierre marbrière est extraite des bancs supérieurs plus massifs (éch. 12 et 13) ; des blocs de plusieurs tonnes sont extraits par perforation et au coin monté sur une pelle mécanique. Les blocs sont ensuite sciés au châssis multilames ; les plaques ainsi obtenues sont polies et utilisées en ornementation (funéraire, parements, dallages, etc.).

L'excellente qualité de ces calcaires, liée à des conditions de gisement exceptionnelles en Beauce devraient permettre à l'entreprise BAGLAN de Pontijou de fournir une importante clientèle, mais pour des raisons d'investissement, l'exploitant se contente du marché local qu'il ne cherche pas à développer. Nous avons d'ailleurs constaté le déclin de cette exploitation qui, depuis 2 ans n'extrait plus que quelques blocs de calcaire marbrier de temps à autre.

La carrière de Prasville, exploitée par M. FAUCONNIER, (carrière L) produit depuis 4 ans du dallage marbrier, des plaques de revêtement et des moellons sciés. Le banc exploité est un calcaire gris à fines vacuoles, recouvert par une mince couche de calcaire rubané, lui-même surmonté par une brèche ; cet ensemble présente un caractère décoratif remarquable. L'exploitation, à caractère artisanal, se satisfait d'un marché local et ne cherche pas à se développer.

4.2.4 - Castines

Les statistiques officielles mentionnent à trois reprises (1943-44 et en 1947) des productions de castine. On peut simplement retenir que cet emploi des calcaires de Beauce n'a pas eu de suites, à cause, vraisemblablement de teneurs en silice trop élevées dans le matériau.

4.2.5 - Calcaires et marnes pour amendements

Ces derniers ont une longue histoire, surtout dans l'Orléanais. A la fin du XIIème siècle, en Beauce, les baux rendaient le marnage des terres obligatoire ; la décision, sous Napoléon III d'assainir la Sologne et de mettre en culture les terres asséchées, à nécessité le chaulage des sols acides. De FOURCY (1859) fait l'historique de cette affaire qui s'est prolongée jusqu'en 1913.

Les statistiques nous donnent, depuis 1895, la physionomie de la production de marne et de pierres à chaux pour amendement (cf. fig. 12, p. 32). Ces deux formes de roches carbonatées ont eu une fortune commune puisque leurs graphiques de productions sont assez analogues de 1895 à 1913. La proportion était d'environ 1 tonne de calcaire à chaux extrait pour 4 tonnes de marne. En 1895, il fut produit 22 200 T de marne et 6 000 T de pierre à chaux. Ces productions décroissent rapidement jusqu'en 1905, deviennent ensuite très irrégulières jusqu'en

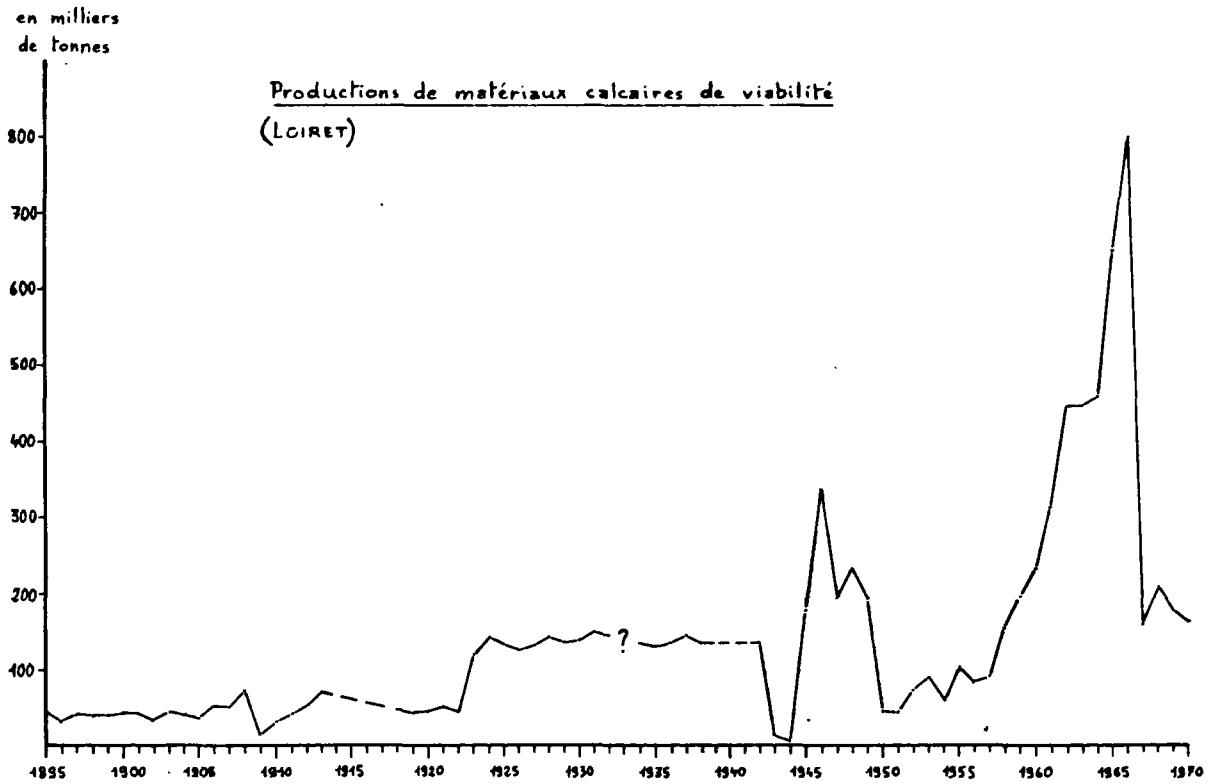
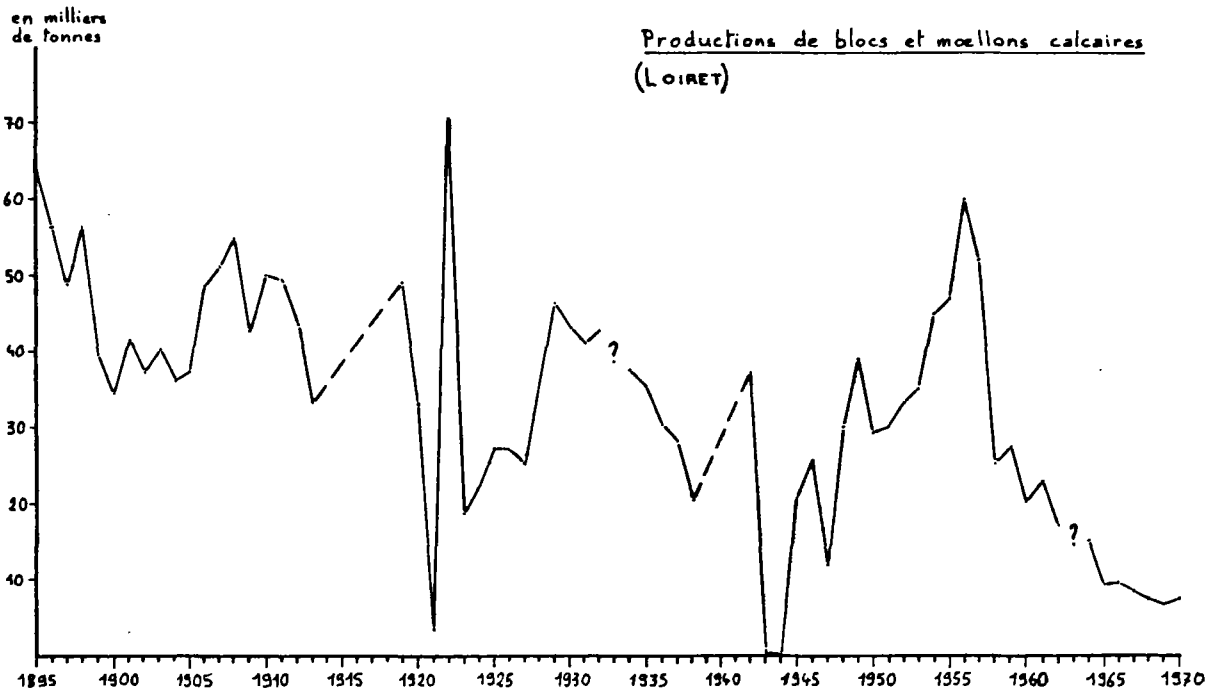


Fig. 11 - Production des matériaux de construction calcaires dans le Loiret

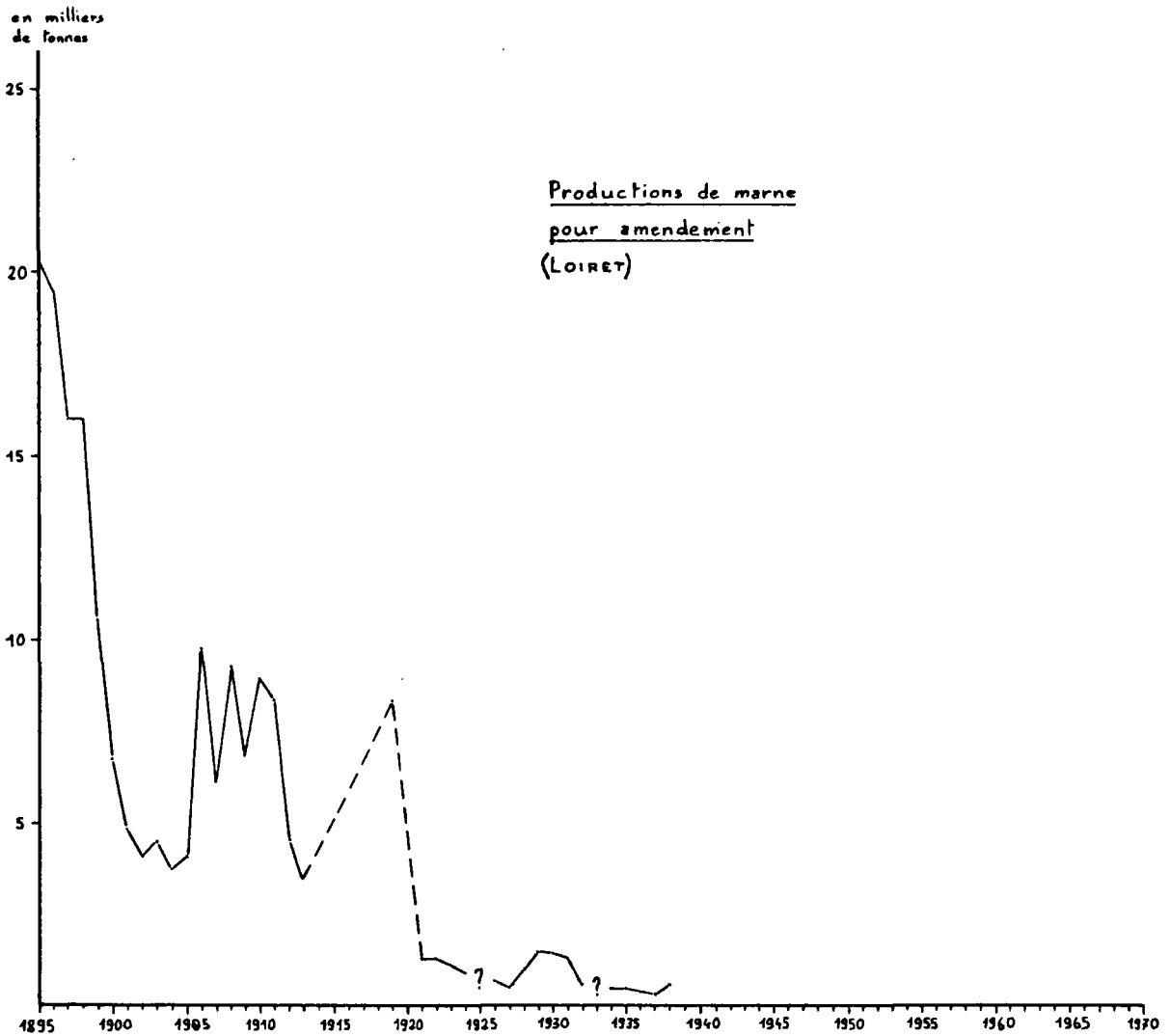
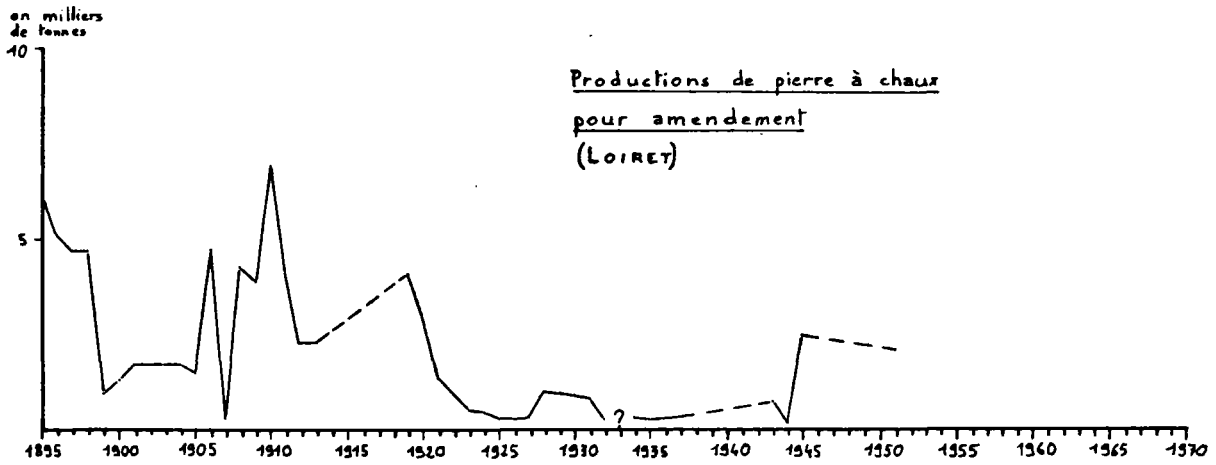


Fig. 12 - Production des amendements calcaires dans le Loiret

1913. Après la guerre, l'extraction de la pierre à chaux sera épisodique pour s'arrêter complètement en 1951. A partir de 1964, seul le Calcaire du Gâtinais sera exploité pour la pierre à chaux, à Cepoy près de Montargis.

L'extraction de marne pour amendement s'éteindra en 1938 avec une dernière production de 600 T. La grande dispersion et le manque d'industrialisation des carrières ont dû accélérer le déclin de la production.

La pierre à chaux fournie par les nombreux fours du début du siècle était également utilisée par les sucreries pour le raffinage du sucre sous forme de chaux vive ou éteinte ; on peut estimer que cette utilisation dans ce domaine fut relativement importante, surtout dans le Gâtinais. Regrettons que les statistiques ne précisent pas la part des productions de pierre à chaux pour amendement ou raffinage du sucre d'une part, pour les liants d'autre part.

4.3 - UTILISATIONS POTENTIELLES

Le schéma ci-après énumère les utilisations qui peuvent être envisagées *a priori*, pour chaque classe de matériaux ; nous examinerons ensuite les aptitudes des formations du Groupe de Beauce, en fonction de leurs caractéristiques propres et des spécifications nécessaires à leur éventuel emploi.

calcaires durs massifs	{	viabilité (granulats routiers)	
	{	construction	{
			granulats à béton
			chaux et ciments
			pierres de taille
			ornementation
calcaires durs fissurés	{	viabilité (granulats routiers)	
	{	construction (granulats à béton)	
calcaires meuliérisés	→	viabilité (granulats routiers silico-calcaires)	
calcaires tendres	{	ciments	
	{	carbonates de chaux (liants ou amendements)	
	{	castines	
	{	viabilité →	fillers naturels
marnes	{	ciments	
	{	amendements	
argiles	{	tuiles et briques	
	{	céramique <i>sensu lato</i>	
	{	argile expansée	
	{	ciments	
sables	{	viabilité (remblais)	
	{	abrasifs, verrerie, fonderie	
	{	construction	{
			mortiers
			céramique

Deux catégories de matériaux ne figurent pas dans ce schéma, mais sont néanmoins mentionnées sur notre carte lithologique à 1/250 000, ce sont : les calcaires indifférenciés (durs ou tendres) et les argiles et marnes en alternance. Le manque de précision à l'égard de ces deux catégories ne nous permet pas d'en envisager des utilisations possibles.

4.3.1 - Matériaux de viabilité

4.3.1.1 - Granulats routiers

Les calcaires durs de Beauce possèdent des résistances à la compression-simple convenables, mais cet essai n'est pas représentatif de la bonne tenue à l'attrition et à la fragmentation d'un granulats. Le laboratoire de l'Équipement de Blois a entrepris l'étude exhaustive des caractéristiques des calcaires de Beauce dans ce domaine (cf. Bull. liaison Labo. P. & Ch., spécial U, 1973) ; pour cette raison, nous n'entrerons pas dans le détail de cette question.

Les calcaires durs fissurés, outre l'intérêt qu'ils présentent en viabilité, ont l'avantage de pouvoir être extraits par rippage, ce qui évite un abattage onéreux.

Les calcaires meuliérisés, malgré leurs bonnes caractéristiques qui les font rechercher comme granulats routiers, présentent des inconvénients à l'abattage du fait même de la présence de la meulière.

4.3.1.2 - Fillers calcaires

Ce sont des fines ou farines calcaires, naturelles ou broyées, passant à 80% au tamis de 80 μ , convenant à la technique routière car elles favorisent l'adhérence des enrobés. On recherchera donc des fillers à granulométrie régulière, dont la finesse sera d'autant plus satisfaisante que le matériau sera pur.

Il sera donc nécessaire de trouver des calcaires à très haute teneur en CaCO³ et contenant peu d'impuretés. Les calcaires crayeux de Beauce possèdent des teneurs variant de 88,8 à 94,8% en CaCO³ ; malgré un marché relativement limité, ils mériteraient d'être étudiés dans cet objectif. Il en est de même des calcaires tendres de la Molasse du Gâtinais, dans la région de la Neuville-sur-Essonne, ainsi que du "tuf" de Beauce, bien que ce dernier présente de nombreuses impuretés (nodules argileux, meulières).

A Voves, dans la région de Chartres, est exploité un calcaire tendre du Lutétien, assez analogue aux faciès crayeux des formations du Groupe de Beauce. Ce calcaire contient 97% de CaCO³, teneur qui s'abaisse à 70% lorsque l'exploitation entame des parties argileuses ou meuliérisées. Le matériau subit un traitement à chaud et un triage au moyen d'un procédé de ventilation après un broyage préalable (cf. Bull. liaison Labo P. & Ch., spécial U, 1973).

4.3.1.3 - Remblais

La Molasse de Varennes possède un équivalent de sable visuel de 33 (cf. fig. 3, p. 16) et une teneur en argile de 14% la rendant propre au compactage. Ces deux caractéristiques en font un excellent matériau de remblai.

n° éch.	Provenance	Résultats
20 ^A	28 - Tillay-le-Peneux (carrière H)	Pâte claire, couleur : B61 jaune très pâle, vacuoles centimétriques, nodules friables, <u>mauvaise tenue au sciage</u> , cassant. Taillé à contrepasse. Calcaire beige dur vacuolaire.
22 ^B	28 - Tillay-le-Peneux (carrière H)	Pâte claire, couleur : B72 jaune pâle, aspect travertineux, vacuoles remplies de silice, passées graveleuses, <u>bonne tenue au sciage</u> sauf aux endroits caverneux. Taillé à contrepasse. Calcaire crème dur vacuolaire.
24	28 - Gommerville (carrière I)	Pâte foncée, couleur : D81 gris brun clair, hétéromorphe, cassant au niveau des feuillets rubanés (scier à passe de préférence), pas de fissures, <u>bonne tenue au sciage</u> . Taillé à contrepasse. Calcaire à gravelles.
25	28 - Gommerville (carrière I)	Pâte sombre, couleur : C10 gris clair, nombreuses vacuoles, aspect noduleux, pas de fissures, <u>bonne tenue au sciage</u> . Taillé à contrepasse. Calcaire à gravelles.
49	45 - La Chapelle-St-Mesmin (affleurement Q)	Pâte claire, couleur : B21 rouge très pâle, hétérogène, très friable autour des nodules siliceux, fissures remplies de calcite secondaire, petites cavités ouvertes, <u>bonne tenue au sciage</u> , sauf aux abords des zones silicifiées. Taillé à contrepasse. Calcaire beige dur, noduleux.
50	45 - Beaugency (carrière R)	Pâte claire, couleur : B21 rouge très pâle, hétéromorphe, nombreuses fissures remplies de calcite secondaire, localement graveleux, quelques feuillets rubanés, fils autour des éléments hétéromorphes noduleux, <u>médiocre tenue au sciage</u> . Taillé à contrepasse. Calcaire beige dur compact.
51	45 - Meung-sur-Loire (carrière S)	Pâte plus ou moins claire, couleur : B10 gris clair, feuillets rubanés, passées graveleuses à ciment silicifié, vacuoles, fragile et cassant lorsqu'il y a des fils, assez fissuré, <u>bonne tenue au sciage</u> . Taillé à contrepasse. Calcaire beige dur.

Tableau 3

Aptitudes marbrières de quelques calcaires de Beauce.

4.3.2 - Matériaux de construction

4.3.2.1 - Granulats à béton

Les Laboratoires de l'Équipement envisagent l'utilisation des calcaires du Groupe de Beauce comme granulats à béton de construction ; cette recherche de valorisation étant en cours, nous ne l'aborderons pas. Nous pouvons simplement indiquer que les calcaires durs massifs ou fissurés du Groupe de Beauce semblent favorables, *a priori*, pour cette utilisation.

4.3.2.2 - Pierres de taille, moellons

La pierre de taille n'est plus produite depuis longtemps en Beauce, et les possibilités de reprise sont nulles ; il existe néanmoins un marché très limité concernant les monuments historiques en cours de restauration.

Le moellon brut ou taillé est produit dans la plupart des carrières actives qui trouvent d'intéressants débouchés dans la construction de résidences secondaires ; cela constitue un marché d'appoint pour les carrières artisanales fournissant par ailleurs des granulats routiers. Dans cet esprit, le marché du moellon peut se maintenir, mais ne justifie pas à lui seul l'ouverture d'une carrière.

4.3.2.3 - Pierres marbrières

Nous avons vu dans un chapitre précédent, que deux exploitations seulement fournissaient du calcaire marbrier pour l'ornementation.

a) le gisement de Pontijou (Boisseau (D), Maves (E)), tel qu'il est connu, présente l'intérêt d'être relativement homogène, d'avoir des bancs d'une épaisseur suffisante permettant une extraction rationnelle, mais présente l'inconvénient d'avoir un recouvrement d'assez grande épaisseur. Deux solutions peuvent se concevoir pour son extraction :

- exploiter le gisement par galeries et chambres ; ce système, s'il est pratiqué couramment dans d'autres bassins carriers, requiert une main-d'œuvre spécialisée et un changement radical des méthodes et du matériel d'extraction.

- reconnaître le gisement en profondeur, de façon à améliorer l'exploitation à ciel ouvert actuelle, en obtenant un rapport stérile/matériau exploitable non prohibitif.

Quelle que soit la méthode choisie, un investissement important sera nécessaire ; il ne pourra se justifier que par une extension possible du marché.

b) la carrière de Prasville (L) fournit un matériau d'un bel effet décoratif ; ses caractéristiques mécaniques sont excellentes et bien qu'étant assez fissuré, le banc exploité est relativement homogène. Là encore, l'importante découverte stérile empêche toute industrialisation et de ce fait, l'exploitation ne peut dépasser le stade artisanal.

Malgré toutes ces sujétions, le marché régional actuel permet le maintien d'une industrie marbrière artisanale. Ce marché est probablement susceptible d'être élargi et une prospection méthodique fournirait sans doute d'autres sites possibles d'exploitation.

Nous avons par ailleurs sélectionné d'autres calcaires susceptibles de prendre le poli. Les échantillons ont été prélevés dans des zones où les conditions de gisement paraissent suffisantes pour permettre l'ouverture d'une exploitation artisanale.

Sept plaquettes de dimensions réduites ont été réalisées à partir d'échantillons bruts et nous avons retenu comme critères de jugement :

- le comportement au sciage à la scie circulaire diamantée (fragmentation due aux fils, tenue bonne ou mauvaise, solidité),

- l'aspect esthétique (couleurs d'après le code expolaire de CAILLEUX et TAYLOR, hétérogénéités ou homogénéité),

- l'orientation du sciage (à passe : parallèle à la stratification ; à contre-passe : perpendiculaire à la stratification) et son influence.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 3, ci-dessus ; bien que sommaires, ils montrent que la majorité de nos échantillons ont un bon comportement au sciage, sauf ceux présentant des nodules hétéromorphes (éch. 20A, 49, 50) ; ces zones noduleuses carbonatées ou siliceuses sont en général friables ou entourées de micro-fissures qui provoquent des cavités lors du sciage (ce fait a été observé à Pontijou).

La couleur des pierres généralement claire, les teintes dominantes étant le jaune pâle et le gris clair.

Nous rappelons que nos estimations sont faites sur des plaquettes de petites dimensions dont L et l ont en commun le rapport constant $\frac{1 + \sqrt{3}}{2} = 1,618$ (nombre d'or). Certains inconvénients tels que la présence de vacuoles peuvent disparaître lorsque l'on scie aux dimensions industrielles, avec des épaisseurs de plusieurs centimètres.

Les sept pierres sélectionnées ne sont pas les seules dignes d'intérêt ; nous avons voulu montrer qu'il y a des possibilités d'implantation et de développement d'une industrie marbrière artisanale en Beauce.

4.3.3 - Liants

4.3.3.1 - Ciment

Les constituants de base du ciment Portland sont la chaux, la silice, l'alumine et le fer réunies dans des proportions déterminées. La matière première idéale qui renfermerait naturellement ces différents constituants dans les proportions voulues serait un calcaire impur, à 76% de CaCO_3 , argileux et ferrugineux, ce qui n'est réalisé que très rarement. Dans la pratique, on utilise un calcaire trop riche en chaux et déficitaire dans les autres constituants ; il convient alors de le corriger par ajout de marne, d'argile ou de schiste (apport de SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3), éventuellement de sable fin (SiO_2) et de minerai de fer (Fe_2O_3).

On peut également utiliser une marne corrigée par un apport de calcaire à très haut titre en CaCO_3 . Le dosage des matières premières est fait de manière que certains rapports de poids entre les constituants de base (modules hydrauliques, silicique, alumino-ferrique, degré de saturation en chaux) restent dans les limites permises par le cimentier.

Les calcaires du Groupe de Beauce titrent souvent plus de 80% en CaCO_3 et ne peuvent être utilisés sans ajout d'argile pour la fabrication du ciment. Les teneurs en MgO doivent être inférieures à environ 2% ce qui est le cas en général ; seuls les prélèvements 1 (A), 29-32 (K), 37 (L) présentent des teneurs prohibitives.

Les calcaires de la région de Pithiviers-Dadonville (Loiret) semblent favorables (N, O) ; ils présentent des teneurs en CaCO_3 de 92,5 à 94,2%, des teneurs en hydroxyde de fer de 0,8 à 2,2% (d'après J. BOURCART, 1947) et n'ont pas une dureté excessive ; de plus, ils sont exempts de nodules siliceux ; leur module silicique $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$ est faible (< 1), mais la correction peut être faite éventuellement par un apport d'argile calcaire du type "Marnes de Blamont". Celles-ci contiennent 49,7% de CaCO_3 , ont une granularité fine et une bonne malléabilité, dans le prélèvement (M) effectué à Greneville-en-Beauce (Loiret).

L'argile calcaire de Dambron (Eure-et-Loir) prélevée, en principe, dans les "Marnes de Blamont" (prélèvement T), présente une faible teneur en CaCO_3 (1,45% à 9,5% en présence de nodules carbonatés), une fine granularité (67% $< 2\mu$) ; la teneur en eau de l'échantillon prélevé était de 45%. Cette argile peut donc, *a priori*, être utilisée comme ajout à un calcaire, pour la fabrication de ciment.

Non loin de Dambron, à Santilly (Eure-et-Loir), un prélèvement (U) effectué dans une argile calcaire appartenant aux "Marnes de Blamont" présente une teneur en CaCO_3 de 72,2%. Le matériau étant argileux, il ne lui manque pratiquement que le fer pour constituer un calcaire à ciment naturel.

Pendant, à notre connaissance, les essais tentés par deux grandes entreprises cimentières pour implanter une usine en Beauce, n'ont pas abouti. Il nous semble, bien que nous manquions d'informations à ce sujet, que ces échecs soient dus au fait que les cimentiers ont cherché à obtenir le mélange idéal en un seul point d'extraction, ce qui nous paraît être une gageure, surtout en Beauce.

4.3.3.2 - Chaux

La majorité des calcaires du Groupe de Beauce a des teneurs en CaCO_3 élevées, de l'ordre de 87 à 96%, ce qui est suffisant pour la fabrication de chaux aérienne, par exemple, que l'on peut utiliser comme liant, à condition, toutefois, que le calcaire soit assez dur pour ne pas donner de fines dans le four de cuisson. La présence de silice sous forme de meulière est à éviter, aussi, le seul calcaire de Beauce pouvant convenir, serait le calcaire de Pontijou (D et E).

Une analyse chimique complète de calcaire provenant de Neuvy-en-Beauce (Eure-et-Loir) publiée en 1973 (Bull. liaison Labo. P. et Ch., Spécial U) permet de donner l'indice d'hydraulicité i de la pierre de Prasville, soit :

$$i = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

Compte tenu des teneurs de chaque élément dosé, l'indice i de la pierre de Prasville est de :

$$i = \frac{1,71 + 0,57 + 0,40}{53,78 + 0,21} = 0,04$$

Cet indice correspond à la chaux grasse ; si l'on se reporte au tableau récapitulatif (cf. annexe 5) des dosages en SiO_2 , MgO et CaO , on constate que l'indice d'hydraulicité est inférieur à 0,1 pour la majorité des calcaires de Beauce, à l'exception des calcaires argileux ou à forte teneur en silice (éch. n° 26, 1, 32). Les teneurs en Al_2O_3 et Fe_2O_3 étant toujours très faibles dans ces

calcaires, la majorité d'entre eux ne pourra fournir que des chaux grasses qui trouveront néanmoins de nombreuses applications dans la construction (enduits) ou en viabilité (assainissement des sols, ciments fillérisés et enrobés bitumineux).

Les nombreux fours à chaux du début du siècle fournissaient également les sucreries. La chaux vive ou éteinte précipite en effet les impuretés contenues dans les sirops de cannes ou de betteraves ; la silice doit y être absente (< 1%) car elle dépose un film empêchant la croissance des cristaux de sucre ; enfin, les oxydes de fer sont à éviter à cause de leur pouvoir colorant. Ces spécifications nous conduisent à nouveau vers le calcaire de Pontijou, dont la teneur moyenne en silice est inférieure à 1%. A l'exception des calcaires de la région de Pithiviers, les teneurs en fer des calcaires de Beauce sont toujours inférieures à 1%.

4.3.4 - Amendements calcaires

Nous savons quel large emploi a été fait des "marnes" et calcaires de Beauce dans ce domaine jusqu'au début du siècle (E. de FOURCY, 1859). Les amendements calcaires étaient encore pratiqués en Sologne, il y a une dizaine d'années grâce à des subventions. La chaux venait surtout du Gâtinais (Ferrières, Château-renard) et de Blancafort dans le Cher*. Dans le cas d'une reprise de la pratique des amendements, stimulée avant tout par les subventions, les calcaires de Beauce cités précédemment (cf. paragraphe 4.3.3.2) conviendraient parfaitement.

4.3.5 - Chaux industrielles

Utilisée vive ou éteinte, la chaux trouve un large emploi dans l'industrie sidérurgique, dans la papeterie, pour le traitement des eaux acides et la fabrication du carbure de calcium. Dans tous les cas, on recherche un calcaire de grande pureté, à teneur maximale en CaCO_3 et exempt de silice. La plupart des calcaires de Beauce titrant plus de 90% de CaCO_3 et moins de 1% de SiO_2 peuvent être utilisés (cf., annexe 5).

4.3.6 - Moulage de fonderie - Verrerie - Abrasifs

4.3.6.1 - Sables de moulage

Les sables de moulage synthétiques utilisés en fonderie doivent avoir une granulométrie peu étalée, avec une moyenne comprise entre 0,1 et 0,5 mm, bien classée, sans éléments > 3 mm. Les éléments argileux nécessaires doivent être principalement des bentonites ou des argiles kaoliniques mélangées aux bentonites.

Les sables de la Molasse du Gâtinais ne sont pas assez développés et individualisés par rapport aux autres lithofaciès de l'assise pour qu'on puisse les prendre en considération ; de plus, leur teneur élevée en CaCO_3 leur enlève tout intérêt industriel.

Les sables de la Molasse de Varennes (F) peuvent paraître un peu plus intéressants : la masse sableuse est bien individualisée, moins argileuse (bien qu'ayant 14% d'inférieurs à 80 μ). J. GRAS (1963) indique que la fraction argileuse de la molasse de Varennes est composée d'un mélange de kaolinite en majorité et d'illite.

* Renseignement de M. SERGENT, Direction Départementale de l'Agriculture - Orléans.

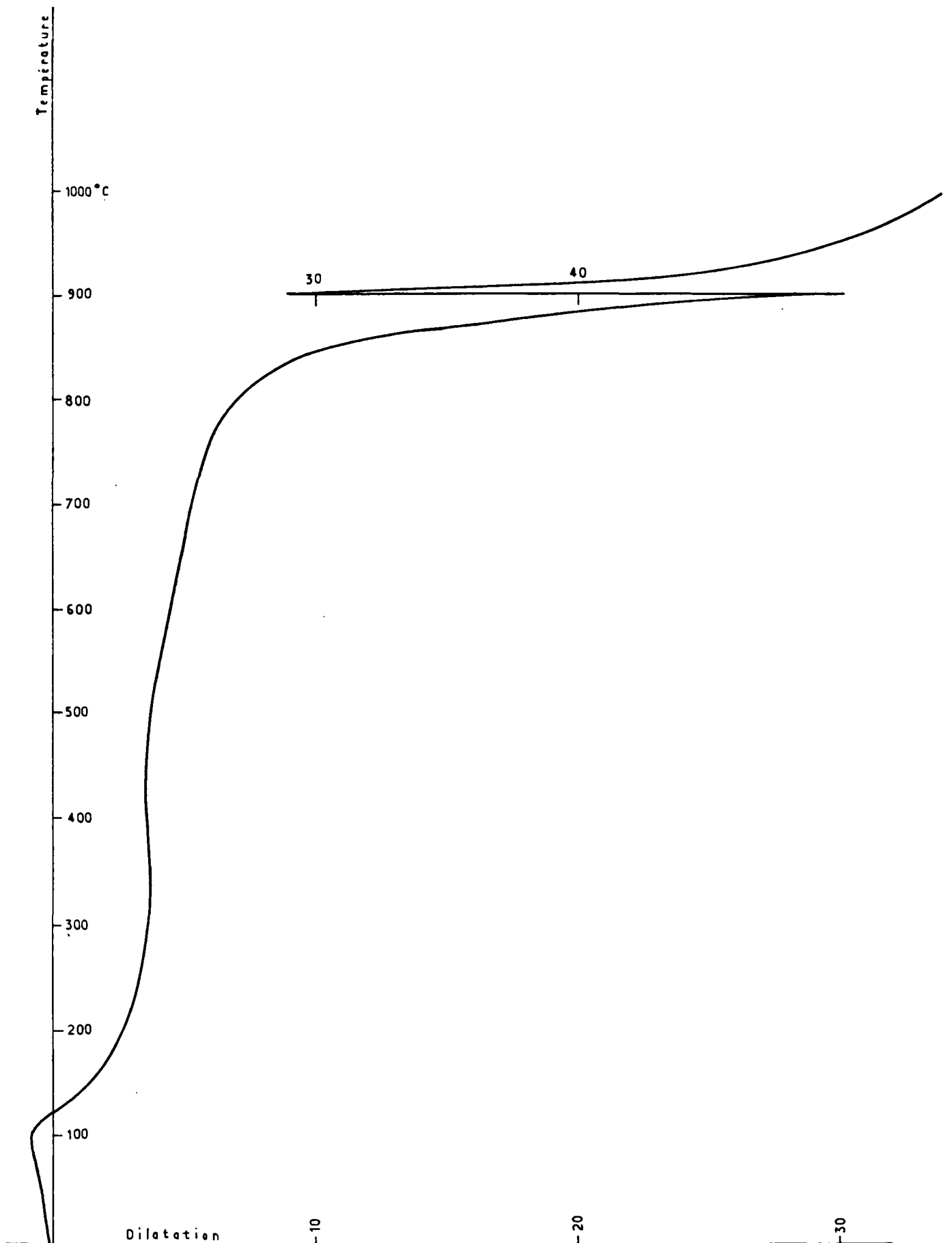


Fig. 13 - Courbe de dilatation-retrait de l'argile de Dambron (Loiret) :
éch. n° 52(T)

En admettant que ce défaut puisse être corrigé par un ajout de bentonite, il n'en reste pas moins que la granulométrie n'est pas favorable. En effet, le sable de Varennes est très hétérométrique et contient des petits graviers de quartz ; de plus, il contient des éléments carbonatés qui risquent de provoquer un dégagement gazeux déformant le moule lors de la coulée du métal en fusion.

4.3.6.2 - Sables de verrerie

La forte teneur en argile, la présence de CaCO_3 , de graviers de silex et de quartz rubéfiés excluent toute possibilité d'utilisation des sables de Varennes en verrerie.

4.3.6.3 - Abrasifs

Le sable de Varennes, bien qu'ayant une fraction grossière essentiellement siliceuse (quartz, silex, silice amorphe) contient trop de fines et d'éléments > 3 mm pour être utilisé comme abrasif. Si l'on voulait malgré tout l'utiliser, il serait nécessaire d'éliminer les graviers par un tamisage primaire et l'argile par hydrocyclonage.

4.3.7 - Terres cuites - céramiques

Des analyses minéralogiques effectuées sur des marnes de Blamont (Aquitainien) et des marnes de l'Orléanais (Burdigalien) montrent dans la phase argileuse des proportions identiques en montmorillonite (50-60%), kaolinite (20-30%), illite (20-30%) avec quelquefois présence d'attapulgite et de sépiolite. Il paraît plus aisé de différencier la Molasse du Gâtinais (kaolinite, illite) des Marnes de Blamont (argiles magnésiennes en majorité) que ces dernières des Marnes de l'Orléanais. L'ambiguïté subsiste également en ce qui concerne les relations stratigraphiques de ces divers gisements.

Les faciès argileux de la Molasse du Gâtinais sont en général trop carbonatés et contiennent trop d'éléments sableux grossiers pour que l'on en envisage une utilisation céramique quelconque.

Il y a quelques années encore, une tuilerie exploitait à Quiers-sur-Bezonde (Loiret) une argile calcaire que De GROSSOUVRE (1910) incluait dans la Molasse du Gâtinais ; elle servait à fabriquer des tuiles, des briques creuses ainsi que des tuyaux de drainage.

Une analyse chimique fournie par le CTTB* donnait les résultats suivants :

Silice totale (SiO_2)	59,04%
Alumine (Al_2O_3)	19,54
Oxyde de titane (TiO_2)	1,18
Oxyde de fer (Fe_2O_3)	7,56
Chaux (CaO)	2,15
Magnésie (MgO)	1,55
Potasse (K_2O)	1,46
Soude (Na_2O)	0,06
Divers Li_2O	0,05
Perte au feu	7,41
Total	<u>100,00</u>

* Centre technique des tuiles et briques.

Un prélèvement (M), effectué à Greneville-en-Beauce (Loiret) par sondage à la tarière à main dans une argile calcaire, a été soumis au B.R.G.M. à des essais d'orientation céramiques qui ont montré que cette formation était inapte aux applications céramiques courantes. Ceci est dû essentiellement à sa granularité fine ainsi qu'à sa forte teneur en CaCO_3 (49,7%), cette dernière excluant également toute possibilité d'expansibilité.

Si nous sommes bien dans les Marnes de Blamont (ce hameau est à 5 km à l'Ouest du prélèvement (M)), il semble que les teneurs en carbonates soient éminemment variables dans cette formation. Par contre, la fine granularité y semble un caractère constant (cf. prélèvement de Dambron - T -), par opposition aux argiles burdigaliennes.

Un second prélèvement (T), effectué à Dambron (Eure-et-Loir) dans une argile à concrétions carbonatées (Marnes de Blamont) possède une teneur en CaCO_3 de 1,45% qui peut passer à 9,5% dans les zones à forte concentration de concrétions. Sa capacité d'adsorption d'un colorant cationique est de $51,61 \text{ cm}^3/\text{g}$, ce qui correspond à celle d'une argile montmorillonitique. Cette argile a également une granularité très fine (67,22% d'inférieurs à 2μ) ; soumis à une cuisson à 950°C , l'échantillon de Dambron se boursoufle, se déforme et s'écaille. D'autre part, la courbe de dilatation-retrait (cf. fig. 13, p. 40) montre une proportion assez importante de montmorillonite, identifiée par un fort retrait entre 120 et 400°C dû au départ de l'eau zéolithique.

Ces constatations écartent toute possibilité d'utilisation de ce matériau en céramique.

Par contre, la finesse de la fraction argileuse ainsi que la forte adsorption de colorant cationique caractérisant une surface spécifique élevée, la présence de minéraux argileux du groupe de la montmorillonite, sont des éléments favorables à l'expansibilité.

Des granules de cette argile, cuits à 1050°C ont montré une légère expansion et la présence d'un "cœur noir" dû à la réduction des oxydes de fer, ce qui corrobore les observations précédentes.

Pour terminer, indiquons que le sable de la molasse de Varennes (prélèvement F), moyennant un criblage sommaire éliminant les éléments $> 2 \text{ mm}$ (soit 20% pour l'échantillon analysé), peut être utilisé comme "dégraissant" dans l'industrie des tuiles et briques, ainsi que pour l'argile expansée ; mais ceci suppose la présence d'une industrie céramique à proximité du gisement.

5 - CONDITIONS D'EXPLOITATION

L'ouverture et l'exploitation d'une carrière sont soumises à un certain nombre d'impératifs, quel que soit le matériau extrait :

- impératifs économiques et de transport,
- impératifs techniques posés par :
 - . la nature, la qualité et l'épaisseur des matériaux utiles,
 - . la nature et l'épaisseur des recouvrements stériles,
 - . l'hydrogéologie,
- impératifs d'aménagement et de protection de l'environnement.

5.1 - PROBLEMES ECONOMIQUES ET DE TRANSPORT

Il importe avant tout de savoir si le matériau que l'on se propose d'exploiter peut trouver des débouchés et être extrait de façon rentable. Il faut dans ce cas tenir compte des marchés régionaux pour les matériaux courants, et des marchés nationaux, voire internationaux pour les matériaux nobles. Les diverses utilisations des matériaux (liants hydrauliques, céramique, construction, viabilité, matériaux à usage chimique) devront tenir compte de l'attraction de la région parisienne, et par conséquent, des moyens d'accès et de transport vers celle-ci.

Nous avons vu précédemment que l'activité d'une carrière en Beauce, dans le domaine des matériaux de construction et de viabilité était liée aux aléas d'un marché irrégulier et éphémère (autoroutes A10-A11) et que le rayon d'action des carrières permanentes était strictement régional ou local (carrières de Pontijou et de Prasville). L'épuisement progressif des ressources exploitables en granulats dans la région parisienne va poser le problème d'un approvisionnement à partir de nouvelles ressources. Les calcaires de Beauce peuvent y contribuer car sans être d'une qualité exceptionnelle, ils peuvent être utilisés dans de nombreux usages courants. Il y a donc là un marché potentiel important pour ces matériaux.

Dans le paragraphe 4.3.2.3, nous notons que le marché régional actuel permet le maintien d'une industrie marbrière artisanale. La puissance et l'extension assez médiocres des gisements limitent les ambitions de cette industrie, mais corrélativement favorisent la création de nouvelles entreprises artisanales, comme c'est le cas à Prasville notamment. Par contre, l'abandon progressif de la carrière de Pontijou est dû au fait que le carrier n'a pas de successeur et que, compte tenu de son âge, il hésite à investir ; de plus, la rareté de la main-d'oeuvre qualifiée, dans une région qui n'a jamais eu une vocation de bassin carrier, est un élément paralysant pour un entrepreneur.

La Beauce toute entière et ses dépendances sont assez bien quadrillées par un réseau routier de qualité qu'est encore venu améliorer l'autoroute A10 Paris-Tours. Le réseau ferré, concentré dans l'axe Orléans-Paris est divisé en lignes secondaires en Haute Beauce, pratiquement inexistant en Petite Beauce blésoise et en Basse Beauce ; le réseau secondaire du Gâtinais est surtout orienté vers les lignes principales allant sur Paris.

Une carrière industrielle n'aura donc pas *a priori*, de problèmes d'évacuation de ses matériaux.

5.2 - PROBLEMES TECHNIQUES

5.2.1 - Problèmes liés à la nature des matériaux

Les techniques d'extraction varient en fonction de la roche à extraire. Les calcaires durs, s'ils sont exploités pour la construction (pierres de taille, dallages marbriers, funéraire) ne doivent pas être extraits à l'explosif afin d'éviter une fissuration néfaste à l'obtention de gros blocs de 1 m³ et plus. Par contre, lorsqu'ils sont utilisés comme granulats, l'explosif brisant peut être nécessaire.

Lorsque le massif calcaire est très fissuré, ce qui est souvent le cas en Beauce, les fabricants de granulats peuvent extraire le matériau au ripper, comme cela est pratiqué à la carrière de Neuvy-en-Beauce (Entreprise Lefèvre) ; cette méthode oblige malgré tout à pétarder les gros blocs ou bien à installer un concasseur primaire à ouverture importante.

Dès que le matériau devient meuble (calcaires tendres, marnes, argiles ou sables), l'extraction peut s'effectuer directement par pelle mécanique ou hydraulique travaillant en butte ou en rétro.

La meulièrement des formations du Groupe de Beauce est un phénomène important qui, de par son extrême irrégularité, est difficile à déceler *a priori*. Dans certains cas d'utilisation (ciments, pierres de taille, carbonates de chaux) elle peut aboutir à la stérilisation d'une éventuelle exploitation.

C'est sans doute, un des principaux facteurs d'incertitude liant l'avenir d'une carrière en Beauce. La silicification peut être néfaste ou sans inconvénients selon son mode de gisement, ce que résume le tableau ci-dessous :

Utilisation	A éviter	Sans inconvénients
Ciments	Silice en nodules ou en amas	Silice finement divisée
Pierres de taille	Silice en bancs ou en lentilles	Silice diffuse
Carbonates de chaux	Silice diffuse > 1%	Silice en bancs, en lentilles ou en amas

5.2.2 - Problèmes des recouvrements

Le tableau 1, page 4, montre l'origine géologique des recouvrements affectant l'ensemble des formations du Groupe de Beauce.

Les faciès détritiques burdigaliens du Groupe de Sologne (marnes et sables de l'Orléanais, sables et argiles de Sologne, marnes et sables du Blésois) recouvrent entièrement les formations du Groupe de Beauce sur 20 m d'épaisseur en Sologne et en forêt d'Orléans.

A partir d'Orléans et en remontant vers le Nord ou le Nord-Ouest (basse et Haute Beauce), ils se réduisent à des lentilles ou à des poches comblant des cavités karstiques des calcaires, sur plusieurs mètres de profondeur quelquefois. Il faut bien tenir compte de la présence éventuelle de ces poches lorsqu'on veut ouvrir une carrière (cf. fig. 1, pl. III) et elles sont décelables soit à l'affleurement (présence de sable en surface) soit par les méthodes géophysiques.

Les sables de Beaugency, d'Herbault et du Vendômois qui sont une continuité plus tardive (Hélvétien) des faciès du Groupe de Sologne, ne se rencontrent qu'en de minces placages dans la région de Blois. Ils se décèlent de la même manière que les sables de Sologne.

Les faluns helvétiques de Touraine (sables marins calcaires très coquilliers) forment une couverture continue de 1 à 3 m de puissance dans la région de Pontlevoy (Loir-et-Cher) et se réduisent en minces placages au Nord de Blois.

Les limons des plateaux sont présents dans toute la Beauce ; ils peuvent atteindre 3 m d'épaisseur et sont généralement plus épais sur les versants orientés au Nord. Pour cette raison, la plupart des carrières en Beauce sont exposées au Sud ou au Sud-Ouest (MENILLET, 1974 - Mme GIGOT, 1974) pour éviter cette couverture stérile.

Des alluvions anciennes sont plaquées sur les formations du Groupe de Beauce, surtout le long du Val de Loire, des vallées du Loing et du Loir. Leur épaisseur peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres : la proximité de la Loire, du Loing et du Loir sera donc à éviter pour cette raison.

Lorsqu'ils ne font pas eux-mêmes l'objet d'une exploitation, les faciès d'altération constituent un recouvrement dont la nature et l'épaisseur peuvent être très variables ; on a selon les cas :

- des amoncellements de cryoclastes,
- du calcaire pulvérisé,
- un mélange de cryoclastes et de calcaire pulvérisé,
- des poches et veines d'argile dans les trois types précédents.

Ces différents faciès sont dus à des remaniements périglaciaires des couches calcaires et marneuses subaffleurantes ; dans la région d'Orléans, on les désigne sous le terme local et impropre de "tuf".

En surface, sous un faible recouvrement ou sous le faciès "tuf", les calcaires francs sont très fissurés, quelquefois assez profondément ; cette fissuration a favorisé le développement d'un réseau karstique dont l'action est notable jusqu'au toit de la nappe phréatique.

Sa présence est marquée en surface par des entonnoirs ou des gouffres encore actifs, mais aussi souvent comblés par des formations miocènes ou quaternaires.

L'action des circulations d'eau se traduit par une dissolution des calcaires formant un résidu argileux tapissant ou comblant les cavités et les fissures. Ces argiles de décalcification peuvent être de couleur verte, brune ou jaune ; elles contiennent des proportions variables de kaolinite et de montmorillonite. Les réseaux karstiques fossiles peuvent être décelés par les méthodes géophysiques.

5.2.3 - Problèmes hydrogéologiques

Les paramètres hydrogéologiques à retenir pour l'ouverture d'une carrière en Beauce sont : le niveau piézométrique et ses variations dans le temps, le sens d'écoulement de la nappe phréatique ainsi que la perméabilité-transmissivité du réservoir.

Selon la région et la position topographique du lieu considéré, la surface piézométrique de la nappe de Beauce se situe, à de rares exceptions près, entre 12 et 25 m de profondeur. La nappe est libre en Haute, Basse et Petite Beauce et captive dans le Gâtinais et sous la partie orientale de la forêt d'Orléans.

En nappe captive, la transmissivité du réservoir est faible : comprise entre 2 et $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

En nappe libre, au niveau des calcaires, la transmissivité est comprise entre 1×10^{-2} et $2 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$, elle devient plus forte en zone karstique : $8 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ (cf. M. CAUDRON et N. DESPREZ et coll., 1969).

En Beauce proprement dite, la nappe s'écoule suivant une direction moyenne NW-SE, dans le Gâtinais elle est drainée par le bassin du Loing et s'écoule suivant une direction générale SW-NE. Toutes ces données peuvent varier localement et il est nécessaire, lors de la reconnaissance d'un gisement, de consulter la carte piézométrique des calcaires de Beauce, publiée en 1969 par M. CAUDRON et N. DESPREZ, pour tenir compte des éléments qui peuvent gêner ou favoriser une exploitation.

La faible profondeur de la nappe limite la hauteur des fronts de taille, mais elle peut valoriser l'exploitation notamment pour le lavage des granulats concassés (carrières de Tripleville - Loir-et-Cher et de Neuvy-en-Beauce (Eure-et-Loir) ou pour l'alimentation en eau d'un atelier de sciage de marbres (Pontijou).

Par contre, les risques de pollutions directes par déversement d'hydrocarbures (vidanges des engins de terrassement) sont grands lorsque la nappe de Beauce est libre et peu profonde : si le réservoir est composé de calcaires fissurés et karstifiés, la propagation des pollutions peut être très rapide. Le rejet des fines d'une exploitation de calcaires concassés est pratiqué en Basse Beauce, à Tripleville ; la carrière utilise l'eau de la nappe, qui affleure à cet endroit, pour le lavage des granulats. L'eau de lavage est ensuite rejetée dans une ancienne carrière servant de fosse de décantation où les particules fines se déposent ; l'eau regagne ensuite la nappe en traversant les différentes couches de terrain qui achèvent de la clarifier (J.-H. CHEZEAUD, in "Le Calcaire de Beauce", Spécial U, 1973).

5.3 - PROBLEMES D'ENVIRONNEMENT ET D'AMENAGEMENT

L'habitat beauceron est essentiellement rural ; il est disposé en grandes fermes isolées pratiquant la culture industrielle sur de grandes parcelles. Les gros bourgs sont rares et assez éloignés les uns des autres. Cette situation ne peut que favoriser l'implantation d'une carrière, car les nuisances qu'elles risquent d'engendrer ne toucheront que peu de monde, si l'exploitation se trouve suffisamment éloignée d'un village ; les bruits des concasseurs, les fumées des installations d'enrobage ou autres, les tirs de mines ne seront guère perçus par les habitants. Les poussières peuvent être neutralisées, si le traitement des matériaux concassés s'effectue en présence d'eau (ex. : carrière de Tripleville).

D'autre part, la topographie plate de la Beauce dissimule les fronts d'abattage, même importants, ceux-ci étant le plus souvent pratiqués en fouille. La plupart des carrières abandonnées en Beauce servent de décharges municipales ; certaines ont été remises en culture après comblement. Dans ce domaine et surtout en massif calcaire fissuré et karstifié, il serait préférable de ne pas utiliser les anciennes carrières. La loi faisant obligation de pratiquer la décharge contrôlée, il vaudrait mieux choisir des sites en zones marneuses, ou si cela n'est pas possible, placer en fond de carrière un voile étanche en plastique ou une couche d'argile.

Une carrière, à Coulmiers (Loiret) sert actuellement de piste de motocross et a été replantée en sapins. Le reboisement des anciennes carrières en Beauce est une solution permettant de rompre la monotonie du paysage, en apportant un peu de verdure à une région qui en est assez dépourvue.

C O N C L U S I O N S

Cette étude avait pour but d'évaluer les qualités intrinsèques des formations du Groupe de Beauce, en vue d'applications ultérieures. Elle rassemble les données géologiques et géotechniques acquises, complétées par des observations personnelles et analyses nouvelles sur les formations mal connues.

Le dépouillement des coupes de sondages a permis de dresser une carte lithologique provisoire des formations du Groupe de Beauce, ainsi qu'une carte d'extension horizontale du calcaire bréchique de Prasville, des marnes de Voise, du calcaire d'Orgères et des marnes de Blamont.

L'étude exhaustive ultérieure des marnières souterraines de Beauce (répartition, profondeur, etc.) nous paraît indispensable pour une meilleure discrimination du faciès "Marnes de Voise" des autres lentilles marneuses.

L'examen de quelques lames minces montre l'importance et le développement des réseaux de micro-pores dans les faciès calcaires ; ces réseaux sont partiellement colmatés par de la calcite vadose. L'origine de ces réseaux de dissolution pourrait être organo-pédologique.

L'examen de la carte lithologique permet de constater une continuité des conditions de sédimentation sous et autour de la forêt d'Orléans, des "Marnes de Blamont" aquitaniennes aux marnes de l'Orléanais burdigaliennes, en liaison avec des apports détritiques venus du Massif Central. Cette observation est corroborée par l'étude de la fraction fine de ces faciès marneux ; les marnes aquitaniennes présentent une fraction fine plus importante que les marnes burdigaliennes (cf. paragraphe 3.2.3). Par contre, il est impossible de distinguer minéralogiquement les argiles des deux formations qui sont toutes deux à dominante montmorillonitique.

La comparaison des teneurs en $MgO - SiO_2 - CaO$ des calcaires semble confirmer la présence d'argiles magnésiennes : la silice et la magnésie évoluent ensemble aux dépens de l'oxyde de calcium, mais pour certains calcaires, la silice en excès peut correspondre aux argiles de décalcification (cf. paragraphe 3.3.1) contenues dans les poches d'altération.

Outre les renseignements ponctuels qu'apportent essais et analyses des matériaux de Beauce, les comparaisons que permet une série de données chiffrées montrent que :

- la "dureté" des calcaires de Beauce est liée principalement au degré de cimentation naturelle du matériau, et non à sa teneur en silice totale.
- la plupart des calcaires de Beauce ont des teneurs élevées en $CaCO_3 > 80\%$.
- les teneurs en MgO n'atteignent pas 3%.
- la majorité des calcaires de Beauce ne sont pas gélifs.

Du point de vue géotechnique, les formations du Groupe de Beauce peuvent, malgré des caractéristiques peu attrayantes, trouver des utilisations dans divers domaines industriels et notamment :

- calcaires crayeux et "marnes" { fillers routiers
carbonates de chaux industriels
amendements calcaires
ciments (avec argile complémentaire)
chaux grasses
- calcaires durs non fissurés { granulats routiers et de construction
pierres de taille
marbrerie
- calcaires durs fissurés → granulats routiers et de construction
- argiles { ciment (en mélange avec des calcaires)
argile expansée
- sables { "dégraissant" céramique
remblais routiers

Les seuls matériaux "nobles" dans les formations du Groupe de Beauce sont des calcaires durs susceptibles de prendre le poli, comme les pierres de Pontijou, de Prasville ou d'Orgères. Les calcaires de Beaugency, Meung-sur-Loire, La Chapelle-St-Mesmin présentent des qualités marbrières indéniables, mais leurs gisements ne peuvent être repris que dans des conditions artisanales.

Tous les autres matériaux mis en évidence sont de faible valeur ; les plus importants sont les granulats de concassage susceptibles de voir leur rôle augmenter par suite de l'amenuisement des réserves alimentant la région parisienne.

Des possibilités existent d'utiliser certains lithofaciès en cimenterie, notamment dans la région de Pithiviers où les calcaires présentent des caractéristiques intéressantes.

Dans le domaine de l'argile expansée, les "Marnes de Blamont" offrent des possibilités attrayantes, notamment dans le secteur de la dépression de Poupry, où les épaisseurs d'argile sont suffisantes pour y envisager une exploitation.

B I B L I O G R A P H I E

- BIGOT de MOROGUES (1810) - Sur la constitution minéralogique et géologique du sol des environs d'Orléans.
Bull. Soc. des Sci. phys., médic. et d'Agriculture d'Orléans, t. I, p. 103-234.
- BOURCART J. (1947) - Etude des carrières du département du Loiret.
I.T.B.T.P., circulaire série D, n° 18, 15 p.
- BUREAU J. (s.d.) - Les mammifères de l'Aquitaniens de Selles-sur-Cher.
D.E.S., Fac. Sci. Univ. Paris, 21 p.
- CAUDRON M., DESPREZ N. et coll. (1969) - Etude hydrogéologique du Calcaire de Beauce. Synthèse géologique et bilan.
Rapport B.R.G.M. n° 69 SGL 149 BDP du 20 juin 1969, p. 10-13.
- DENIZOT G. (1927) - Les formations continentales de la région orléanaise.
Thèse, Paris, 582 p.
- DENIZOT G. (1929) - Les horizons continentaux du Stampien et de l'Aquitaniens.
B.S.G.F. (4), t. 29, p. 205-216.
- DESPREZ N. (1971) - Structure de la base des dépôts lacustres sous la Beauce et la Sologne.
Bull. B.R.G.M. (2), section I, n° 2, p. 89-94.
- DOLLFUS G.F. (1915) - Limites des Calcaires lacustres de la Beauce et de l'Orléanais.
C.R. som. S.G.F., 4 janv. 1915, p. 8-11.
- DOUVILLE M. (1876) - Note sur la constitution du terrain tertiaire dans une partie du Gâtinais et de l'Orléanais.
B.S.G.F. (4), t. IV, 1875-1876, p. 92-104.
- DUPUIS J. (1952) - Considération sur la constitution et la genèse de la molasse du Gâtinais.
B.S.G.F. (6), t. II, p. 367-372.
- DUPUIS J. et CAILLEUX A. (1955) - Observations sur les formations superficielles et les sols de la Beauce au Sud d'Etampes.
(S. et O.). Ann. agron. III, p. 373-383.
- DURAND-CLAYE L. et DEBRAY P. (1890) - Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889.
BAUDRY édit., 309 p.
- FAUPIN E. (1908) - Essai sur la géologie du Loir-et-Cher.
Bull. Soc. nat. du Loir-et-Cher, t. XI, Blois.
- FOURCY E. de (1859) - Carte géologique du département du Loiret.
Texte explicatif, 1 vol., 158 p.
- FREYTET P. (1965) - Sédimentation microcyclothémique avec croûtes zonaires à Algues dans le Calcaire de Beauce de Chauffour-Etrechy (Seine-et-Oise).
B.S.G.F. (7), t. VII, p. 309-313.

- GIGNOUX M. (1960) - Géologie stratigraphique.
Masson édit., 759 p.
- GIGOUT M., HOREMANS P. et RASPLUS L. (1972) - Sur la géologie des environs d'Orléans.
Bull. B.R.G.M. (2), section I, n° 1, p. 1-28.
- GRAS J. (1963) - Le bassin de Paris méridional. Etude morphologique.
Thèse Doc. lettres Univ. Paris, 1 vol., 494 p., 118 fig.
- GROSSOUVRE A. de (1909) - Sur la molasse du Gâtinais.
B.S.G.F. (4), t. IX, p. 289-290.
- GROSSOUVRE A. de (1910) - Feuille de Bourges au 1/320 000.
B.S.C.G.F., n° 126, t. XX, 1909-1910, p. 41-44.
- HOUPEURT A. (1956) - Etude des roches magasins.
Tome I (Production) I.F.P. (E.N.S.P.M.), réf. 1093, octobre 1956, 150 p.
- LANG J. et LUCAS G. (1970) - Contribution à l'étude de biohermes continentaux : barrages des lacs de Band-e-Amir (Afghanistan central).
B.S.G.F. (7), t. XII, n° 5, p. 834-842.
- LORAIN J.M. (1962) - Etudes géologiques sur le Crétacé et le Tertiaire de la région de Blois (Loir-et-Cher).
D.E.S. Fac. Sci. Univ. Paris, 19 p.
- LORAIN J.M. (1971) - Esquisse géologique et géotechnique de la région Centre.
Bull. liaison labo. P. & Ch., n° 55, oct.-nov. 1971 - Réf. 1088, p. 97-108.
- LORAIN J.M. (1973) - La géologie du calcaire de Beauce.
Bull. liaison Labo P. et Ch., Spécial U, p. 14-53.
- MACAIRE J.J. (1971) - Etude sédimentologique des formations superficielles sur le tracé de l'autoroute A10 entre Artenay et Meung-sur-Loire (Loiret).
Thèse 3e cycle, Fac. Sci. d'Orléans, 2 t., 104 p., 43 fig..
- MENILLET F. (1974) - Etude pétrographique et sédimentologique des calcaires d'Etampes et de Beauce, formations dulçaquicoles du Stampien supérieur à l'Aquitaniens dans le bassin de Paris.
Thèse 3e cycle, Univ. Paris sud, 138 p, 39 pl..
- MICHEL J.P. (s.d.) - Les vallées sèches de la Beauce ; extraits du D.E.S. de géologie.
Fac. Sci. Paris, Labo. SPCN, Sorbonne, 116 p.
- NOLLENT P. Abbé (1973) - Des souterrains refuges des Carnutes aux nouvelles conceptions des souterrains orléanais.
Document Archéologia n° 2 (les souterrains), p. 60-77.
- NOUEL A. Abbé (1966) - Manuel de préhistoire pour le Sud du bassin parisien.
Massetot édit., Orléans, 108 p.
- POMEROL Ch. et FEUGUEUR L. (1968) - Bassin de Paris, Ile-de-France.
Guides géologiques régionaux. Masson édit., Paris, 1 vol., 216 p.
- POMEROL Ch. (1973) - Stratigraphie et Paléogéographie. Ere Cénozoïque ; (Tertiaire et Quaternaire). Doin édit., 269 p.

- TOURENQ C. (1966) - La dureté Vickers des minéraux et des roches ; quelques applications.
Bull. liaison labo. P. & Ch., n° 19, mai-juin 1966, réf. 332, p. 1-1 à 1-12.
- TOURENQ J. (1972) - L'augite, indicateur stratigraphique et paléogéographique des épandages détritiques en provenance du Massif Central au Cénozoïque.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 275 (3 juillet 1972), série D, p. 9-12.
- TRAUTMANN F. (1972) - Note préliminaire sur "les utilisations des formations de Beauce".
Rapport B.R.G.M., n° 72 SGN 435 AME, novembre 1972, 18 p.
- VATAN A. (1947) - La sédimentation continentale tertiaire dans le bassin de Paris méridional.
Ed. Toulousaines de l'Ingénieur.
- VATAN A. (1967) - Manuel de sédimentologie.
Ed. Technip., 397 p.
- VICAT M. (1853) - Recherches statistiques sur les substances calcaires à chaux hydraulique et à ciment naturel.
Carilian-Goeury et V. Dalmont édit., Paris, 661 p.

SOURCES DIVERSES

Statistiques de l'Industrie minérale ; Annales des mines. MDIS.

Lexique stratigraphique international, Mexico, vol. I (Europe), fasc. 4a, VII (Tertiaire) 1956.

Plan régional de développement et d'aménagement, région Centre, n° 1243, 1964. Journal officiel de la République française.

Carte géologique et monumentale du Loiret. Centre de recherches des monuments historiques. juillet 1967.

Hydrogéologie des Calcaires de Beauce, carte piézométrique à 1/250 000 extraite du rapport B.R.G.M. n° 69 SGL 149 BDP.

Pierres blanches naturelles. Note d'information technique 80 du C.S.T.C. juillet 1970. Belgique.

Le Calcaire de Beauce. Bull. liaison Labo. P. & Ch., Spécial U, juin 1973.

Arts et techniques des roches de qualité - Le Mausolée - n° 449, janvier 1974, p. 110-115 : article sur la pierre de Prasville (Eure-et-Loir).

Archives conservées au titre du Code minier par le B.R.G.M. (Service géologique régional bassin de Paris, annexe Centre-Beauce).

Documentation générale et fichier du Secrétariat-Carières (Département Banque des données du sous-sol du B.R.G.M.).

Renseignements inédits fournis par Messieurs A. FERDIERE et J.F. BARATIN de la Direction des antiquités historiques du Centre.

Carte des ressources en granulats "Région de Melun-Montereau à 1/100 000". Juin 1971. L.C.P.C., L.R.E.P., B.R.G.M..

Cartes géologiques à 1/50 000, feuilles de : Patay XXI-19 (362) ; Beaugency XXI-20 (397) ; Dourdan XXII-16 ; Orléans XXII-19 ; La Ferté-St-Aubin XXII-20 ; Etampes XXIII-16 ; Fontainebleau XXIV-17 ; Château-Landon XXIV-18 ; Montargis XXIV-19 ; Chateaufort-sur-Loire XXIII-20 ; Nogent-le-Roi n° 217 ; Chartres n° 255 ; Blois n° 428.

Cartes géologiques à 1/80 000, feuilles de : Chartres (64) 3e édit. ; Melun (65) 3e édit. ; Fontainebleau (80) 3e édit. ; Beaugency (94) 2e édit. ; Orléans (95) 2e édit. ; Blois (108) 2e édit. ; Gien (109) 2e édit. ; Valençay (121) 2e édit..

Cartes géologiques à 1/320 000, feuilles de : Paris (n° 13) 3e édit. ; Bourges (n° 18) 2e édit..

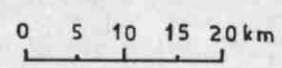
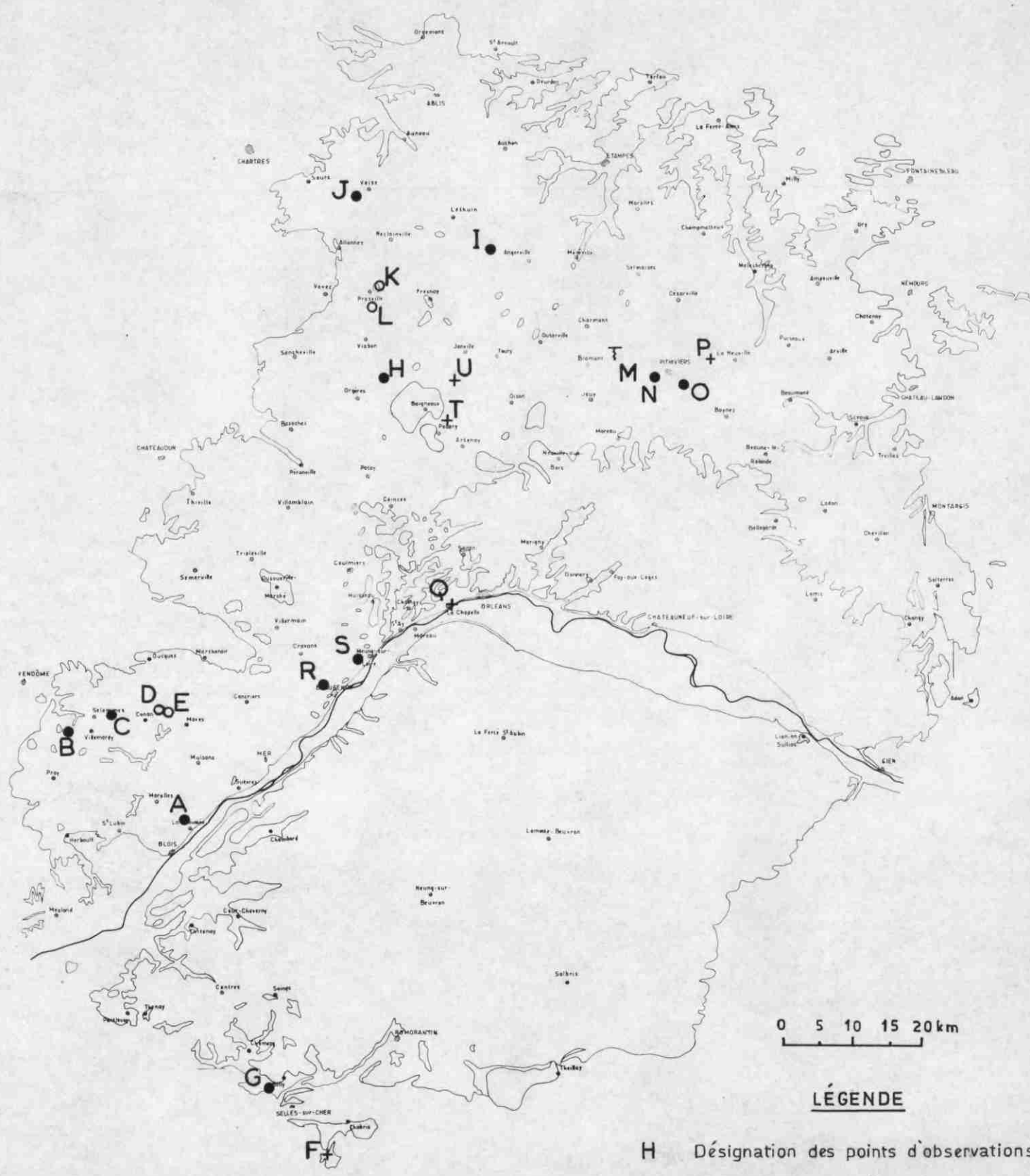
A N N E X E S

- 1 - CARTE DE SITUATION DES POINTS D'OBSERVATIONS ET DE PRELEVEMENTS.
- 2 - DESCRIPTION DES CARRIERES ET AFFLEUREMENTS ETUDIES.
- 3 - COUPES LITHOLOGIQUES DES POINTS DE PRELEVEMENTS.
- 4 - PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES LITHOFACIES DU GROUPE DE BEAUCE
(Données regroupées par points de prélèvements).
- 5 - TABLEAU RECAPITULATIF DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES LITHOFACIES
DU GROUPE DE BEAUCE.
- 6 - DESCRIPTION SOMMAIRE DE QUELQUES ESSAIS MENTIONNES
 - 6.1 - Résistance à la compression-simple
 - 6.2 - Coefficient de saturation d'Hirschwald
 - 6.3 - Mesure de la perméabilité des roches
 - 6.4 - Equivalent de sable
- 7 - CARACTERISTIQUES ET REFERENCES MONUMENTALES DES CALCAIRES DU GROUPE DE BEAUCE.

A N N E X E 1

CARTE DE SITUATION DES POINTS D'OBSERVATIONS
ET DE PRELEVEMENTS

1-CARTE DE SITUATION DES POINTS D'OBSERVATIONS ET DE PRÉLÈVEMENTS.



LÉGENDE

- H Désignation des points d'observations
- Carrière abandonnée.
- Carrière active.
- + Affleurement
- T Sondage

ANNEXE 2



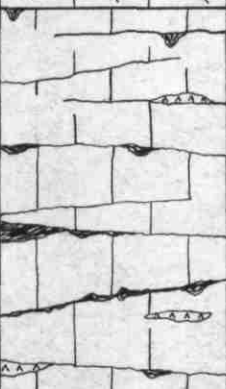

DESCRIPTION DES CARRIERES ET AFFLEUREMENTS ETUDIES

	Situation géographique	Coupure IGN	Carte géologique	Hauteur et longueur du front de taille	Observations
A	41. LA CHAUSSEE-ST-VICTOR Les Grébeaux x = 526,50 y = 292,10	Blois 4	Blois (108) Blois (428)	H = 2,6 m L = 200 m	- abandonnée, décharge, partiellement remblayée, - pas de fissures - extension possible vers l'Est et le NE, limitée à l'Ouest par un thalweg
B	41. VILLEROMAIN Entrée nord du village x = 510,60 y = 304,35	Selommes 5	Beaugency (94)	H = 5,45 m L = 100 m	- pas de fissuration - abandonnée, décharge municipale, végétation - extension possible vers le NE, le long du thalweg menant à Périgny
C	41. SELOMMES Chemin des Effets x = 515,95 y = 307,00	Selommes 6	Beaugency (94)	H = 2,70 m L = 200 m	- abandonnée, décharge partielle
D	41. BOISSEAU Courtemiche x = 524,30 y = 307,70	Selommes 7	Beaugency (94)	H = 7,35 m L = 100 m	- exploitée pour la pierre marbrière par l'entreprise BAGLAN à Pontijou - à ciel ouvert, quelques parties souterraines abandonnées - extension vers l'Est, de part et d'autre d'une vallée sèche - extraction au coin et au brise-roche monté sur pelle hydraulique - installation de sciage (châssis multilames et scie diamantée) à Pontijou - marché essentiellement local
E	41. MAVES Courtemiche x = 524,55 y = 307,65	Selommes 7	Beaugency (94)	H = 11,30 m L = 100 m	- exploitée pour la pierre marbrière par l'entreprise BAGLAN à Pontijou - à ciel ouvert, quelques parties souterraines abandonnées - extension vers le Sud ou l'Est, de part et d'autre d'une vallée sèche - extraction au coin et au brise-roche monté sur pelle hydraulique - installation de sciage (châssis multilames et scie diamantée) à Pontijou - quelques diaclases verticales permettant néanmoins l'extraction de blocs d'au moins 1 m ³
F	36. VARENNES-SUR-FOUZON affleurement de la gare x = 545,11 y = 246,45	Selles-sur-Cher 6	Valençay (121)	H = 5 m L = 100 m	- affleurement en bordure du CD 52 - butte isolée, occupée par un atelier sur son flanc sud, dépôt d'ordures sur le flanc ouest - l'affleurement forme falaise, démontrant ainsi une certaine compacité due à la teneur en argile
G	41. BILLY Lerrey x = 538,80 y = 255,22	Selles-sur-Cher 2	Valençay (121)	H = 5,50 m L = 200 m	- ensemble de nombreuses exploitations artisanales aujourd'hui toutes abandonnées - on y tirait encore récemment de la pierre pour la viabilité - matériau très hétérogène, découverte importante (1 à 3 m)
H	28. TILLAY-LE-PENEUX St Florentin x = 556,35 y = 52,30	Orgères 4	Châteaudun (79)	H = 3,55 m L = 200 m	- abandonnée, à ciel ouvert - quelques fissures verticales
I	28. GOMMERVILLE Carrière d'Enfer x = 569,65 y = 69,25	Méréville 6	Fontainebleau (80)	H = 2,74 m L = 200 m	- abandonnée, le fond de la carrière est remis en culture (maïs)
J	28. FRANCOURVILLE Vallée Blanche x = 551,42 y = 77,60 Chemin des Mulets x = 551,72 y = 77,12	Voves 3	Châteaudun (79)	H = 3,30 m L = 150 m H = 2,80 m L = 70 m	- abandonnés, végétation, eau en fond de carrière, décharge sauvage - abandonnée, végétation, décharge sauvage, eau en fond de carrière


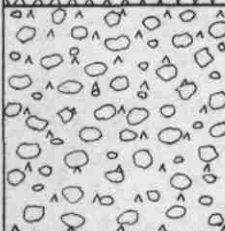
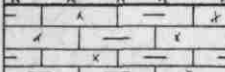
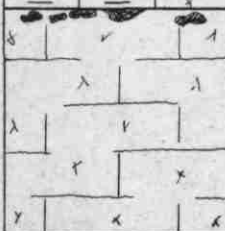
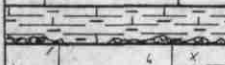

K	28. PRASVILLE La Michellerie x = 555,25 y = 64,10	Voves 8	Châteaudun (79)	H = 7,30 m L = 350 m	- exploitée par l'entreprise BRETON - fournit des granulats pour la viabilité et des blocs pour enrochements - abattage par mines horizontales et verticales, reprise au front par une pelle mécanique, débitage des gros blocs au drop-ball monté sur une grue-pelle - installation de concassage-criblage dans la carrière - la carrière est exploitée en fouille au bord de la RN 154
L	28. PRASVILLE Bas de Monaille x = 553,80 y = 62,80	Voves 8	Châteaudun (79)	H = 8,30 m L = 400 m	- exploitée partiellement pour la viabilité, depuis 1969 exploite les niveaux bréchiqes pour l'ornementation (moellons, tranches, carreaux de dallage sciés) - exploitée par - extraction aux coins et à la poudre noire, transport des blocs bruts à l'installation de sciage (scie diamantée à Prasville) par une chargeuse - marché essentiellement local - exploitée par M. FAUCONNIER à Prasville
M	45. GRENEVILLE-EN-BEAUCE Chentier de Bel-Ebat x = 585,175 y = 54,000	Neuville-aux-Bois 4	Fontainebleu (80)		- sondage à la tarière hélicoidale - profondeur finale : 2,0 m
N	45. PITHIVIERS-LE-VIEIL Le Monceau x = 589,92 y = 51,12	Pithiviers 1	Fontainebleau (80)	H = 3,97 m L = 50 m	- carrières abandonnées, végétation, partiellement remembrées en lotissements
O	45. DADONVILLE Vallée de Secval x = 595,50 y = 50,53	Pithiviers 2	Fontainebleau (80)	H = 7,10 m L = 100 m	- abandonnée depuis peu - produisait des granulats pour l'empierrement de façon artisanale et temporaire - extension possible vers le SE et vers l'Est, le long d'une vallée sèche
P	45. ESTOUY Courcelette, affleurement x = 600,28 y = 53,93	Pithiviers 3	Fontainebleau (80)	H = 3 m L = 5 m	- affleurement non exploité, partie supérieure altérée - cavage exécuté pour l'implantation d'un transformateur EDF
Q	45. LA CHAPELLE-ST-MESMIN affleurement sous l'église x = 563,13 y = 320,98	Orléans 5	Beaugency (94) Orléans (XXII-19)	H = 4,30 m L = 100 m	- affleurement non exploité situé en bordure du chemin de halage, en bordure de la Loire
R	45. BEAUGENCY Les Carrières x = 545,70 y = 309,62	Beaugency 6	Beaugency (94)	H = 3,20 m L = 50 m	- abandonnée, végétation, accès peu aisé
S	45. MEUNG-SUR-LOIRE La Gerance x = 552,10 y = 315,50	Beaugency 3	Beaugency (94)	H = 3,60 m L = 150 m	- abandonnée, végétation - située derrière le parc du château de la Gerance
T	28. DAMBRON Bois de Poupry affleurement bassin déversoir des eaux pluviales autoroute A 10 x = 563,75 y = 345,75	Neuville-aux-Bois 5	Châteaudun (79)	H = 1,30 m L = 100 m	- affleurement non exploité, noyé dans l'emprise actuelle de l'autoroute A 10
U	28. SANTILLY Gas de Chaumont affleurement autoroute A 10 x = 564,30 y = 51,50	Neuville-aux-Bois 1	Châteaudun (79)	H = 2 m L = 100 m	- affleurement non exploité, bassin déversoir des eaux pluviales autoroute A 10 - contact brèche de Prasville - "marnes" de Blamont

A N N E X E 3

COUPES LITHOLOGIQUES DES POINTS DE PRELEVEMENTS

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
103	0,10					- Terre végétale limoneuse brun-foncé, à débris calcaires
	0,90					- Calcaire crème dur, esquilleux, traces de circulations d'eau (fissures à remplissage d'argile de décalcification)
	2,60		1		↑	- Calcaire crème dur, micritique, vermiculé, nodules et lentilles de calcaire crayeux, en bancs mal individualisés, quelques traces de circulations d'eau
99,4					↓	

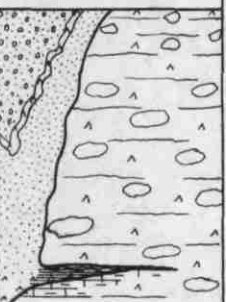
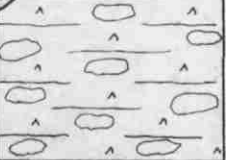
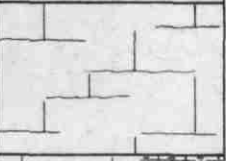


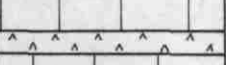
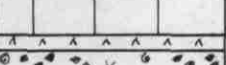
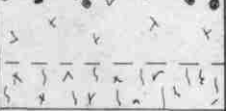
A - 41-LA CHAUSSEE-ST-VICTOR
 Les Grébeaux
 X: 526,50 Y: 292,10


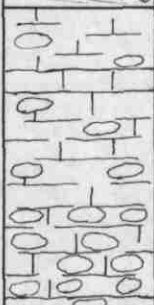






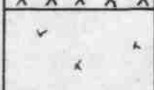


Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
	0,30					- Terre végétale limoneuse brune
	1,70					- Formation cryoclastiques: mélange de calcaire pulvérulent et de fragments calcaires durs (tuf de Beauce)
	0,50					- Calcaire crème clair, plus ou moins crayeux, vermiculé
	1,50		6			- Calcaire beige clair, dur, esquilleux, micritique, vermiculé, traces de circulations d'eau au sommet du banc
	0,25					- Calcaire crayeux concrétionné et calcite stalagniforme
	1,20		5			- Calcaire crème clair, plus ou moins crayeux, vermiculé à vacuolaire



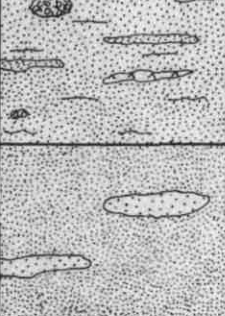
B-41-VILLEROMAIN
 Entrée Nord du village
 X: 510,60 Y: 304,35

Cotes NGF	Epaisseur en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
120	0,30					- Terre végétale et calcaire cryoturbé
	1,20					- Calcaire gris clair, micritique, dur, gélifracté, vermiculé, très fossilifère (tosts d'Helix, Linnées, Planorbis)
	0,60					- Calcaire à gravelles, gris-brun clair, en petits bancs, fossilifère, un peu gélifracté
117,3	0,00		7		↑ ↓	- Calcaire dur, massif, gris-clair, un peu vermiculé, micritique, fossilifère (Helix, Linnées, Planorbis)

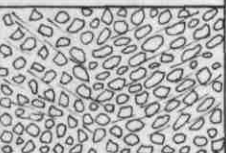





C-41-SELOMMES
Chemin des Effets
X: 515,95 Y: 307,00

Cotes NGF	Épaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
						D-41. BOISSEAU Courtemiche X: 524,30 Y: 307,70
	3,0					- Calcaire crème micritique, noduleux, mélangé à une marne crème, le tout plus ou moins consolidé. Une poche de sables de Lozère ravine cette formation et s'intercale dans des fissures horizontales
	1,0					- Calcaire crème micritique, en bancs irréguliers
	0,4 à 1,0					- Calcaire crème, micritique, vermiculé, passant latéralement à un calcaire crayeux
	0,30				9	- Calcaire crème, micritique, vermiculé, en 1 banc plongeant vers le Sud
	0,40					- Calcaire crème, micritique, vacuolaire (traces de circulations d'eau), remplacé latéralement par une marne jaunâtre
	0,30 0,15					- Calcaire blanc micritique, en un banc - Interlit marneux
	0,30 0,10					- Calcaire blanc micritique, - Interlit marneux brunâtre à crème, irrégulier
	0,80				8 8bis	- Calcaire blanc crème, à éléments brachiopodes gris au sommet, dur, compact (8), devenant très vermiculé et crayeux vers la base (8 bis): les vermicules sont tapissés par un enduit de MnO ₂

Cotes NGF	Épaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
						<div data-bbox="1273 107 1564 219" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> E-41.MAVES Courtemiclie X:524,55 Y:307,65 </div>
	2,0					- Limon de pente brun foncé, petits lits de fragments calcaires vers la base
	2,0					- Calcaire disloqué, consolidé en boules
	0,70					- Calcaire crème bréchique à éléments clairs (brèche monogénique)
	0,80					- Calcaire crème, micritique, très poreux et friable, fissuré et altéré
	0,80		14	LM		- Calcaire bréchique crème, très hétérométrique, à éléments monogéniques blancs, à gravilles au sommet et à la base du banc, très géodique
	0,30					- Calcaire crème clair, micritique, géodique surtout lorsque l'épaisseur augmente vers l'Ouest (traces de circulations d'eau)
	0,90					- Calcaire compact, jaune pâle, micritique, vermiculé: les vermiculures sont tapissées par un enduit de MnO ₂ , traces de circulations d'eau
	1,30		13			- Joint marneux crème
	0,10					- Calcaire brun-pâle, micritique, à rares vermiculures, petits nodules clairs, quelques traces de circulations d'eau
	1,70		12			- Calcaire brun-pâle, micritique, à rares vermiculures, petits nodules clairs, quelques traces de circulations d'eau
	sur 1 m		11			- Calcaire crème clair, micritique, à nombreuses concrétions carbonatées, un peu vermiculé par endroits, très géodique, éléments bréchiques clairs

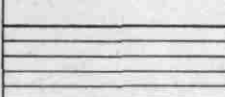
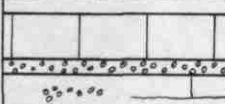
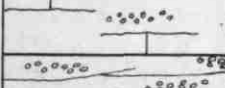
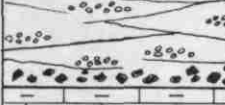
Cotes M.G.F.	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
94,0	0,60					- Calcaire gréseux verdâtre, graviers centimétriques de quartz à la base, passant latéralement à une marne blanche concrétionnée à graviers quartzeux
1,80	1,80		16			- Sable fin quartzo-argileux verdâtre, plus ou moins grésifié, concrétions et lentilles carbonatées, amas de graviers centimétriques de quartz très arrondis et à patine rubéfiée
2,60	2,60		15			- Sable très fin, blanchâtre, plus ou moins grésifié et argileux, un peu calcaire
89,0						

F-36.VARENNES-sur-FOUZON
 La Gare
 X: 545,11 Y: 246,45

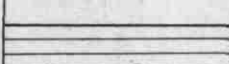
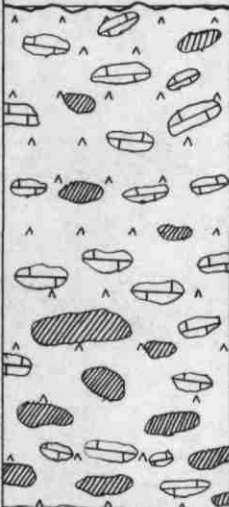



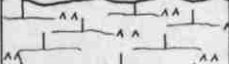

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique	
90,0	1,0					- Calcaire fragmenté, cryoclasté et soliflué, emballé dans une gangue marneuse crème	G-41.BILLY Larrey X:538,80 Y:255,22
89,0	2,60		19		↑	- Calcaire gris-clair, vermiculé, plus ou moins crayeux, micritique, très goudique, en bancs mal individualisés, cavités métriques à remplissage d'argile verte ou noire (décalcification) et de limonite; galettes siliceuses peu abondantes	
86,3	0,10					- Galettes siliceuses brun-foncé à cortex blanc, irrégulières	
84,4	1,20		16			- Calcaire gris-clair, graveleux, fissuré, vermiculé à gôdes tapissées de calcite, micritique	
84,4	0,70		17		↓	- Joint marneux crème	
84,4	0,70					- Calcaire blanc crème, crayeux et vermiculé, fissuré, gôdes à remplissage de calcite	

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
127,5	0,10					- Terre végétale
	1,0					- Calcaire crème gélifracté
126,4	1,0		21 ^A		↑	- Calcaire crème dur, à gravelles, vacuolaire, un peu siliceux, micritique
			22 ^B			- Calcaire crème dur, traces de circulations d'eau
125,0	0,4		20 ^A		↓	- Calcaire crème dur, vermiculé, à gravelles, micritique

H-28-TILLAY-LE-PENEUX
 St Florentin
 X:556,35 Y:52,30

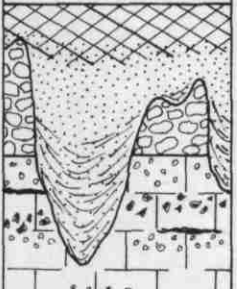
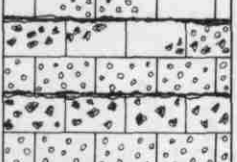




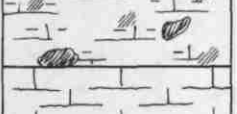
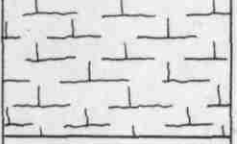
Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
145,0	0,60					- Limon argileux brun
144,4	1,0		25			- Calcaire gris clair, micritique, dur, plus ou moins graveleux, éléments brachiopodes clairs, un peu caverneux
142,0	0,84		24			- Calcaire brachiopode crème à ciment de gravelles, éléments brachiopodes noirs à la base.
142,3	0,30		23			- Calcaire crème clair, vermiculé, crayeux, micritique

I-28-GOMMERVILLE
 Carrière d'Enfer
 X: 569,65 Y: 69,25

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
145,0	0,30					- Terre végétale limoneuse brune
	sur 3,30m		28			- Formation cryoturbée hétérogène composée de blocs de meulière brune bréchique, de calcaires bréchiques crayeux, de calcaires tendres crème (éch. 28 = meulière) emballés dans une gangue marneuse blanc-clair tachée d'ocre
141,4		?				
140,0	0,30					- Marne jaunâtre emballant des fragments calcaires cryoclastiques
	0,60					- Blocs calcaires emballés dans une marne crème clair
	0,90					
137,9	0,60		27			- Calcaire brun-pâle, tendre, un peu vermiculé, fragmenté, fossilifère, et marne crème-clair
	sur 1,0m		26			- Calcaire marneux ou crayeux, crème-clair taché d'ocre jaune, fossilifère, quelques blocs calcaires épars
136,9						

J-28.FRANCOURVILLE
Vallée Blanche
X: 551,42 Y: 77,60


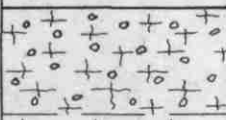
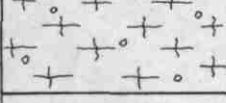
28.FRANCOURVILLE
Chemin des Mulets
X: 551,72 Y: 77,12

Cotes NGF	Épaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
137,5	0,0 à 1,0m					- Terre végétale limoneuse et poches de sables de Lozère (sur 2m de profondeur), argile de décalcification brune - Calcaire altéré et fragmenté
	2,0				33	↑ - Calcaire gris-clair dur, compact, graveleux et bréchtique à éléments sombres, calcaire rubané au sommet
	0,3					- Calcaire gris beige dur, graveleux, rubané au sommet
	0,9				32	- Calcaire crème dur, vermiculé, micritique, traces de circulations d'eau; vers le sommet, figures de cryoturbation dans un niveau plus tendre
	0,9				31	- Calcaire grisâtre, vermiculé à vacuolaire, dur, massif, grandes cavités métriques (circulations d'eau), passant latéralement à un calcaire crème taché d'ocre
132,3	0,1					↓ - Banc discontinu de meulière noirâtre à cortex blanc
	0,6				30	- Calcaire tendre, crayeux, concrétionné, blanchâtre, devenant grumeleux lorsqu'il est induré, nodules siliceux diffus, cavités karstiques
	0,9 à 1,5m				29	- Calcaire crayeux pulvérulent, ocre-jaune pâle, parfois concrétionné
130,2						

K-28. PRASVILLE
 Carrière de la Michellerie
 X: 555,25 Y: 64,10

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique	
140,0	0,20 à 1,0m					- Terre végétale humide brune	
	2,0					- Calcaire altéré gris-crème plus ou moins graveleux et bréchique	
	0,20				↑	- Calcaire graveleux gris et calcaire rubané au sommet du banc	
	0,30					- Calcaire gris-bleuâtre géodique, fossilifère	
	0,25					- Brèche calcaire grisâtre à éléments allongés plus clairs, rares éléments noirs	
	0,95					- Calcaire gris-bleu, vermiculé, très géodique, fossilifère	
	0,10				↓	- Brèche calcaire à éléments noirs et crème, calcaire rubané à la base	
	0,90					- Calcaire crème dur, vermiculé, plus ou moins graveleux, devenant bréchique à la base	
	1,6					- Calcaire crème clair, graveleux, vermiculé, quelques passées moulièrisées, devenant bréchique à la base, rubané au sommet, traces de circulations d'eau	
					37		
132,7	0,60					- Ilôt de silicification: calcaire vermiculé dur jaunâtre très silicifié (moulière cariée à remplissage argileux) rubané au sommet du banc	
	0,30				LM	↑	- Brèche calcaire gris-clair, à ciment graveleux, éléments polygonaux, silice diffuse, rubané à la base
	0,70				LM	↓	- Calcaire vermiculé gris-clair, très fossilifère (Helix, Limnées, Planorbis), aspect bréchique localement, ciment argileux, silicification diffuse (Diocalculutite argileuse bioturbée, partiellement silicifiée)
131,1							

L-28. PRASVILLE
Le Bas de Monaille
X: 553,80 Y: 62,80

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
118,0	0,6					- Limon argilo-calcaire brun-foncé, plastique
117,4	0,7		×			- Marne argileuse très plastique, jaune-pâle tachée d'ocre jaune, petites concrétions carbonatées assez nombreuses, rares grains de quartz laiteux (éch. n° 50361)
116,0	0,7		×			- Marne argileuse plastique, olive pâle légèrement tachée de jaune, rares concrétions carbonatées (éch. n° 50362)




M-45. GRENEVILLE-en-BEAUCE
 Le Chantier de Bel-Ebat
 X: 585,17 Y: 54,00

Cotes MGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
117,5	0,2					- Terre végétale
	0,8					- Calcaire grisâtre, graveleux, poreux, gélifracté, fossilifère (Helix, Limnées, Planorbis)
	0,3					- Calcaire vert-grisâtre, graveleux, dur, gélodique, fossilifère
	0,3					- Calcaire jaunâtre, graveleux, gélifracté, fossilifère, rubané au sommet du banc
	0,4					- Calcaire jaune-verdâtre, graveleux, très gélodique, fossilifère
	0,35					- Calcaire jaunâtre-crème clair, graveleux, passant latéralement à une marne verte, fossilifère, encroûtements algaires
	0,28 à					- Calcaire verdâtre clair, graveleux, dur, vermiculé, fragmenté, fossilifère, passant latéralement à une marne verte
	0,35					- Calcaire marneux verdâtre, tendre, pétri de fossiles (Helix, Limnées, Planorbis), calcaire rubané à la base et au sommet
114,6	0,20					
	0,50		41	LM	↑	- Calcaire micritique, gris-vert clair, parfois finement bioclastique, ferruginisé, microkarstifié, calcaire rubané à la base
	0,40		40	LM		- Calcaire pseudo-clastique, gris-vert, micritique, pseudo-brèchique, très fossilifère, poreux, tendre (calciutite), calcaire rubané à la base
	0,30		39		↓	- Calcaire grisâtre vermiculé à vacuolaire, très fossilifère, plus ou moins crayeux
113,2	0,15		30	LM		- Calcaire gris-verdâtre, vermiculé à pisolithique, plus ou moins crayeux, fossilifère, à encroûtements algaires (calciurudite pisolithique)

N-45.PITHIVIERS-LE-VIEIL
Le Monceau
X:589,92 Y:51,12


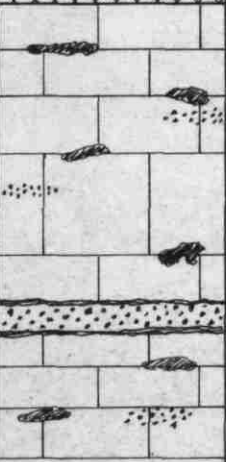
Cotes NGF	Épaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
110,0	0,20					- Terre végétale
	1,70					- Calcaire cryoturbe mélangé à une marne crème
108,1	0,35					- Calcaire gris vert clair, vermiculé, fossilifère (Helix, Limnées, Planorbis)
	0,15					- Marne verdâtre
	0,50				45	- Calcaire jaune olive foncé, dur, vacuolaire, travertineux, pétri de fossiles
	0,60					- Calcaire marneux vert, tendre, très fossilifère
106,5	0,25				44	- Calcaire hétéromorphe ocre jaune, à clastes subarrondis, dur, un peu ferrugineux, fossilifère (calcaréonopudite microkarstifiée)
	0,40					- Calcaire crème clair taché d'ocre jaune, aspect travertineux, dur, vermiculé, fossilifère, géodique
	0,50					- Calcaire beige clair, graveleux, dur, vermiculé, fossilifère, devenant blanc et crayeux latéralement
	0,35				43	- Calcaire gris clair, vermiculé, dur, fossilifère, un peu géodique, brèche à éléments clairs à la base
	0,50				42	- Calcaire gris-brun clair, vermiculé, dur, massif, micritique et fossilifère
	0,40					- Calcaire beige clair, dur, vacuolaire, fossilifère
	0,60					- Calcaire crème clair, dur, lenticulaire, fossilifère
	0,20					- Calcaire marneux crème, vermiculé, fossilifère
	0,30					- Calcaire marneux gris-verdâtre, plus ou moins induré, fossilifère et lentilles marneuses crème à ocre encroûtées de calcite
103,55	0,15					
	0,80					
102,75						

○ - 45-DADONVILLE
Vallée de Seval
X: 595,50 Y: 50,53


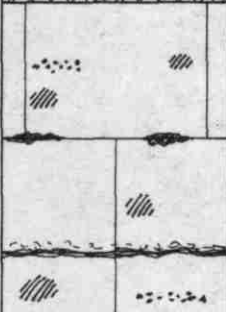

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
103,0	0,5					- Terre végétale à aspect cendreuse, blocs calcaires à la base
102,5	1,2					- Calcaire crayeux jaunâtre-ocre, finement stratifié, induré
100,0	1,3		46			- Calcaire crayeux, blanchâtre, finement stratifié, induré

P-45-ESTOUY
 Courcellette
 X: 600,28 Y: 53,93

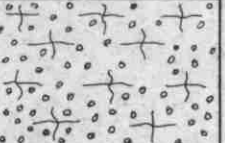

Cotes NGF	Epaisseur en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
100,0						<div data-bbox="1635 119 2172 247" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Q-45- LA CHAPELLE ST MESMIN Affleurement sous l'église X: 563,13 Y: 320,98 </div>
1,50			49	LM		- Calcaire crème dur, noduleux, cavernoux, micritique à filaments végétaux
98,5						- Banc de meulière bréchique brune
0,50						- Calcaire crayeux tendre, jaunâtre crème, plus ou moins induré, zones d'altération ocre, présence d'Ostracodes, silicification per descensum irrégulière, par zones meulièrement bréchiques brunâtres à îlots calcaires, à partir du banc siliceux sus-jacent
2,30			48			
95,7						

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
102,0	0,20					- Terre végétale
98,8	3,0		50	LM	↑ ↓	- Calcaire crème clair, dur, très carié, hétérogène, localement graveleux, à ciment micritique, nodules et rubanements algaires, niveaux "travertineux" à traces végétales

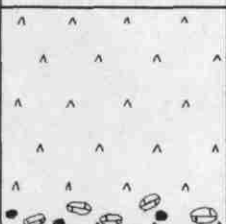

R-45-BEAUGENCY
Les Carrières
X: 545,70 Y: 309,62

Cotes NGF	Epaisseur en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
100,0	0,10				↑	- Terre végétale
	3,50		51	LM	↓	- Calcaire micritique à passées graveleuses et calcaire rubané, dur, gris-clair, un peu siliceux, massif, traces de circulations d'eau, niveaux travertineux à traces végétales, microcodium en poches
96,5						

S - 45 - MEUNG-sur-LOIRE
 La Garance
 X: 552,10 Y: 315,50

Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
121,0	1,0					<p>- Argile verdâtre à taches ocrées, nombreuses concrétions carbonatées</p>
120,0	sur 0,30		52			<p>- Argile un peu calcaire, verdâtre panachée d'ocre, concrétions carbonatées en poches</p>

T-28. DAMBRON
Bois de Paupry
X: 563,75 Y: 345,75


Cotes NGF	Epaisseurs en mètres	Coupe	Ech.	Lames minces	Niveaux exploités	Description lithologique
125,0	1,5		53			<div data-bbox="1848 103 2161 215" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> U-28-SANTILLY Gas de Chaumont X: 564,30 Y: 51,50 </div> <p data-bbox="649 247 1982 295">- Argile calcaire blanc-jaunâtre; à la base, blocs calcaires subarrondis crème quelquefois noirs emballés dans l'argile</p> <p data-bbox="649 391 1534 438">- Calcaire bréchique gris à éléments noirs ou clairs, calcaire rubané au sommet</p>
123,5	0,5					
123,0						

A N N E X E 4

PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES LITHOFACIES
DU GROUPE DE BEAUCE

(Données regroupées par points de prélèvements)

Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _c en bars	Poids spécifique apparent				Porosité partielle %			Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{or}	Gélinivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.				
	0	1	2	3	4	5	6	35	40	45	50	0	1	2	500	1000	1	1,5	2	2,5	5	10	15	10		20	30			Camerman	CEBTP		
	6,30						48,55				2,20			410	2,22				9,17			11,76			0,77	douteuse	non gélive	24,8	1				
	A 41.LA CHAUSSEE- ST VICTOR																																

Log litho.	SiO ₂ totale %	CaO %	MgO %	Rc ₃ en bars	Poids spécifique apparent	Porosité partielle %	Porosité totale %	Coefficient d'Hirschwald Po _p /Po _r	Gélinité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6	35 40 45 50	0 1 2	500 1000	1 1,5 2 2,5	5 10 15	10 20 30		Camerman	CEBTP		
	3,95	50,30	1,40	870	2,50	4,46	5,42	0,82	douteuse	gélive	< 1	7
					C 41. SELOMMES							

Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _c en bars		Poids spécifique apparent				Porosité partielle %			Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{ot}	Géivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.		
	0	1	2	3	4	5	6	35	40	45	50	0	1	2	500	1000	1	1,5	2	2,5	5	10	15	10	20		30	Camerman			CEBTP	
															</																	

Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _c en bars	Poids spécifique apparent				Porosité partielle %			Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{or}	Gélinivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6						35 40 45 50				0 1 2				1 1,5 2 2,5				5 10 15			10 20 30				Camerman	CEBTP		
1,05	54,20						1,05				582				2,61				1,32			1,55			0,85	douteuse	gélive	< 1	14
0,48	54,90						1,00				1046				2,64				1,34			1,68			0,79	non gélive	douteuse	< 1	13
0,73	53,65						1,20				775				2,55				3,36			5,15			0,65	non gélive	non gélive	92,7	12
															E													11	
															41_MAVES														

Log litho.	SiO ₂ totale % 0 1 2 3 4 5 6	CaO % 35 40 45 50	MgO % 0 1 2	R _c en bars 300 4000	Poids spécifique apparent 1 1,5 2 2,5	Porosité partielle % 5 10 15	Porosité totale % 10 20 30	Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{ot}	Gélinivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
									Camerman	CEBTP		
												19
	1,20	54,10	0,65	479	2,30	11,32	11,41	0,99	gélive	gélive	< 1	18
					G 41_BILLY							17


Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _c en bars	Poids spécifique apparent				Porosité partielle %	Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{0p} /P _{0r}	Gélinvité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.			
	0 1 2 3 4 5 6						35 40 45 50				0 1 2				1 1,5 2 2,5					5 10 15				10 20 30				Camerman	CEBTP	
	0,32						54,15				1,00			430	2,42				2,91	6,10			0,47	non gélive	non gélive	< 1	21 ^A 22 ^B 20 ^A			
	H 28. TILLAY-LE- PENEUX																													

Log litho.	SiO ₂ totale %	CaO %	MgO %	R _{c_s} en bars	Poids spécifique apparent	Porosité partielle %	Porosité totale %	Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{or}	Géivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6	35 40 45 50	0 1 2	300 1000	1 1,5 2 2,5	5 10 15	10 20 30		Camerman	CEBTP		
	1,70	52,35	1,40	552	2,41	4,34	8,07	0,53	non gélive	non gélive	3.437	25
	3,60	50,70	1,60	1070	2,50	7,34	7,82	0,93	gélive	gélive	< 1	24
												23
					I							
					28. GOMMERVILLE							

Log litho.	SiO ₂ totale %	CaO %	MgO %	R _c en bars	Poids spécifique apparent	Porosité partielle %	Porosité totale %	Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{or}	Gélinvité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6	35 40 45 50	0 1 2	500 1000	1 1,5 2 2,5	5 10 15	10 20 30		Camerman	CEBTP		
												28
?					J 28_FRANCOURVILLE							
												27
	5,80	44,00	2,70									26

Log litho.	SiO ₂ totale %	CaO %	MgO %	R _c en bars	Poids spécifique apparent	Porosité partielle %	Porosité totale %	Coefficient d'Hirschwald P _{0p} /P _{0r}	Gélinvité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6	35 40 45 50	0 1 2	500 1000	1 1,5 2 2,5	5 10 15	10 20 30		Camerman	CEBTP		
	5,55	48,50	2,20	305	2,31	12,01	17,13	0,70	non gélive	non gélive	1.943	32
	1,00	52,80	1,70									31
												30
	3,50	49,75	2,50									29
					K							
					28. PRASVILLE							
					La Michellerie							


Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _{c5} en bars	Poids spécifique apparent				Porosité partielle %	Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{or}	Géivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.				
	0	1	2	3	4	5	6	35	40	45	50	0	1		2	1	1,5	2		2,5	5	10		15	10			20	30	Camerman	CEBTP
	0 1 2 3 4 5 6						35 40 45 50				0 1 2			500 1000				1 1,5 2 2,5			5 10 15			10 20 30							
														L 28. PRASVILLE Bas de Monaille																	

Log litho.	SiO ₂ totale % 0 1 2 3 4 5 6	CaO % 35 40 45 50	MgO % 0 1 2	R _c en bars 500 1000	Poids spécifique apparent 1 1,5 2 2,5	Porosité partielle % 5 10 15	Porosité totale % 10 20 30	Coefficient d'Hirschwald P _{0p} /P _{0r}	Gélivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
									Camerman	CEBTP		
	3,10	51,10	1,40									46
					P 45. ESTOUY							

Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _c en bars		Poids spécifique apparent				Porosité partielle %			Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{ot}	Géivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.									
	0 1 2 3 4 5 6						35 40 45 50				0 1 2			500 1000		1 1,5 2 2,5				5 10 15			10 20 30				Camerman	CEBTP											
	3,55						52,10				1,20			685		2,48				2,66			3,75								0,70			non gélive	non gélive	< 1			
	0,50						53,15				0,96															non gélive	non gélive	< 1	48										
																														non gélive	non gélive	< 1	49						
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1
																																				non gélive			
																																					non gélive	non gélive	< 1

Log litho.	SiO ₂ totale %	CaO %	MgO %	R _c en bars	Poids spécifique apparent	Porosité partielle %	Porosité totale %	Coefficient d'Hirschwald P ₀₂ /P _{0r}	Gélinité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6	35 40 45 50	0 1 2	500 1000	1 1,5 2 2,5	5 10 15	10 20 30		Camerman	CEBTP		
	4,65	50,45	1,55	790	2,54	3,99	6,75	0,59	non gélive	non gélive	< 1	50
					R 45.BEAUGENCY							

Log litho.	SiO ₂ totale %						CaO %				MgO %			R _{c_s} en bars		Poids spécifique apparent				Porosité partielle %			Porosité totale %			Coefficient d'Hirschwald P _{op} /P _{or}	Gélinivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.	
	0	1	2	3	4	5	6	35	40	45	50	0	1	2	500	1000	1	1,5	2	2,5	5	10	15	10	20		30	Camerman			CEBTP
	1,20						54,05				0,91			550		2,42				3,56			5,31			0,57	non gélive	non gélive	< 1	51	
																S 45_MEUNG-sur- LOIRE															

Log litho.	SiO ₂ totale %	CaO %	MgO %	R _c en bars	Poids spécifique apparent	Porosité partielle %	Porosité totale %	Coefficient d'Hirschwald P _{0p} /P _{0r}	Gélinivité		Perméabilité milli - Darcy	N° de l'éch.
	0 1 2 3 4 5 6	35 40 45 50	0 1 2	500 1000	1 1,5 2 2,5	5 10 15	10 20 30		Camerman	CEBTP		
	5,95	40,45	0,71									53
					U 28_SANTILLY							

A N N E X E 5

TABLEAU RECAPITULATIF DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES
DES LITHOFACIES DU GROUPE DE BEAUCE

Référence Carte de situation annexe 1	Provenance	N ^{os} éch.	Nature du matériau	CaO %	CaCO ₃ théo- rique %	MgO total %	SiO ₂ total %	Rc en bars	Poids spécifique apparent	Classification AFNOR NF. B10-001 (dureté)	Perméabilité en milli-Darcy	Montée capillaire	Porosité partielle %	Porosité totale apparente %	Coefficient d'HIRSCHWALD $\frac{Po_p}{Po_t}$	Gélinivité	
																CAMERMAN	CFBTP
A	41. LA CHAUSSEE-ST-VICTOR	1	Calc. beige dur	48,55	86,6	2,20	6,30	420 (3)	2,22 (3)	Ferme 7	24,8	2% en 30 mn	9,17	11,76	0,77	douteuse	non gélique
B	41. VILLEROMAIN	5	Calc. vacuolaire	53,55	95,6	1,00	1,25	173 (3)	2,24 (3)	Demi-Ferme 5	6,7	20% en 5 mn	5,29	10,42	0,80	douteuse	gélique
C	41. SELOMMES	7	Calc. compact	50,30	89,8	1,40	3,95	870 (2)	2,50 (2)	Dure 10	<1		4,46	5,42	0,82	douteuse	gélique
D	41. BOISSEAU (Courtemêche)	8	Calc. bréchique	52,10	93,03	0,95	3,15	841 (3)	2,56 (3)	Dure 10	<1	2% en 30 mn	4,05	4,55	0,89	gélique	gélique
D	d°	8 bis	Calc. vermiculé	53,90	96,2	0,89	1,00	346 (3)	2,16 (3)	Ferme 6	4.469	5% en 15 mn	8,85	16,06	0,55	non gélique	non gélique
E	41. MAVES (Courtemêche)	12	Calc. beige dur	53,65	95,8	1,20	0,73	775 (3)	2,55 (3)	Dure 9	92,7	1% en 45 mn	3,36	5,15	0,65	non gélique	non gélique
E	d°	13	Calc. vermiculé	54,80	98,03	1,00	0,48	1046 (4)	2,64 (4)	Froide 11	<1		1,34	1,68	0,79	non gélique	douteuse
E	d°	14	Calcaire bréchique	54,20	96,7	1,05	1,05	582 (2)	2,61 (2)	Dure 9	<1		1,32	1,55	0,85	douteuse	gélique
G	41. BILLY	18	Calc. vermiculé	54,10	96,6	0,65	1,20	479 (3)	2,30 (3)	Ferme 7	<1		11,32	11,41	0,99	gélique	gélique
H	28. TILLAY-LE-PENEUX	20A	Calc. beige dur	54,15	96,6	1,00	0,32	430 (4)	2,42 (4)	Ferme 7	<1		2,81	6,10	0,47	non gélique	non gélique
I	28. GOMMERVILLE	24	Calc. à gravelles	50,70	90,5	1,60	3,60	1070 (1)	2,50 (1)	Dure 10	<1		7,34	7,82	0,93	gélique	gélique
I	d°	25	Calc. à gravelles	52,35	93,4	1,40	1,70	552 (4)	2,41 (4)	Dure 8	3.437	3% en 10 mn	4,34	8,07	0,53	non gélique	non gélique
J	28. FRANCOURVILLE	26	Calcaire marneux	44,00	78,5	2,70	5,80										
K	28. PRASVILLE (Michellerie)	29	Calcaire crayeux	49,75	88,8	2,50	3,50										
K	d°	31	Calc. vermiculé	52,80	94,2	1,70	1,00										
K	d°	32	Calc. beige dur	48,50	86,6	2,20	5,55	305 (3)	2,31 (3)	Ferme 7	1.943	1% en 15 mn	12,01	17,13	0,70	non gélique	non gélique
L	28. PRASVILLE (Monaille)	34	Calcaire hétéromorphe	53,05	94,7	1,50	0,83	547 (2)	2,29 (2)	Ferme 8	<1		7,04	9,15	0,77	non gélique	douteuse
L	d°	35	Calcaire bréchique	52,10	93,03	1,75	1,70	709 (5)	2,41 (5)	Dure 9	4.965	5% en 25 mn	14,81	15,81	0,92	gélique	gélique
L	d°	37	Calc. beige dur	50,00	89,2	2,10	3,65	608 (4)	2,32 (4)	Dure 8							
N	45. PITHIVIERS-LE-VIEIL	40	Pseudo-brèche	51,80	92,5	1,20	1,30	506 (3)	2,31 (3)	Ferme 7	<1	95% en 5 mn	10,46	16,61	0,62	non gélique	non gélique
N	d°	41	Calc. à gravelles	52,80	94,2	1,15	0,46	615 (3)	2,39 (3)	Dure 8	150,62	5% en 105 mn	9,12	12,96	0,70	non gélique	non gélique
O	45. DADONVILLE	44	Calc. à gravelles	52,65	93,9	1,25	0,62	309 (2)	2,24 (2)	Ferme 6	<1		10,17	12,33	0,82	douteuse	gélique
O	d°	45	Calc. travertineux	52,10	93,03	1,00	1,20	140 (2)	2,05 (2)	Demi-Ferme 4	6.384	85% en 8 mn	19,09	26,79	0,71	non gélique	non gélique
P	45. ESTOUY	46	Calcaire crayeux	51,10	81,2	1,40	3,10										
Q	45. LA CHAPELLE-ST-MESMIN	48	Calcaire crayeux	53,15	94,9	0,96	0,50										
Q	d°	49	Calcaire noduleux	52,10	93,03	1,20	3,55	685 (1)	2,48 (1)	Dure 9	<1		2,66	3,75	0,70	non gélique	non gélique
R	45. BEAUGENCY	50	Calcaire noduleux	50,45	90,8	1,55	4,65	790 (3)	2,54 (3)	Dure 9	<1		3,98	6,75	0,59	non gélique	non gélique
S	45. MEUNG-SUR-LOIRE	51	Calcaire hétéromorphe	54,05	96,5	0,91	1,20	550 (2)	2,42 (2)	Dure 8	<1		3,56	5,31	0,57	non gélique	non gélique
U	28. SANTILLY	53	Argile calcaire	40,45	72,2	0,71	5,95										

Les chiffres placés entre parenthèses indiquent le nombre de mesures effectuées

ANNEXE 5 - Tableau récapitulatif des propriétés physico-chimiques
des lithofaciès du Groupe de Beauce

A N N E X E 6

DESCRIPTION SOMMAIRE DE QUELQUES ESSAIS MENTIONNES

6.1 - RESISTANCE A LA COMPRESSION-SIMPLE

Cet essai a été effectué au Laboratoire de géotechnique du B.R.G.M. et à l'I.U.T. d'Orléans-la-Source sur des éprouvettes cylindriques de dimensions variées, avec des élancements (rapport $\frac{H}{\varnothing}$) voisins de 2.

L'éprouvette est placée sur sa face de lit inférieure entre les deux plateaux d'une presse hydraulique munie d'une rotule, en prenant soin de centrer parfaitement l'échantillon. Pour cet essai, on interpose entre l'échantillon et chaque plateau une feuille neuve de carton sec de 2 mm d'épaisseur. L'éprouvette est soumise ensuite à des compressions croissant lentement à vitesse de chargement constante pour une même nature de pierre.

Le calcul de la résistance RC_s (en bars) s'effectue en faisant le rapport de la charge de rupture Q et de la section S (cm^2) de l'éprouvette (déterminée avec la précision de 0,1 mm), soit $RC_s = \frac{Q}{S}$.

6.2 - COEFFICIENT DE SATURATION D'HIRSCHWALD

Ce coefficient exprime le rapport entre la porosité en volume d'un échantillon de pierre (quantité d'eau absorbée après 24 h d'immersion), soit P_p (porosité partielle) et la porosité absolue du même échantillon (quantité d'eau absorbée après le même délai, mais sous vide, soit P_T (porosité totale).

En théorie, une pierre dont le coefficient de saturation $S = \frac{P_p}{P_T}$ est supérieur à 0,90 doit être gélive et, en principe, il y a un danger plus ou moins grand de gélivité lorsque ce coefficient est compris entre 0,90 et 0,80 (Note technique du CSTB, juillet 1970).

Le tableau ci-dessous résume les résultats acquis par C. CAMERMAN et le Centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment des travaux publics (C.E.B.T.P.).

Coefficient d'Hirschwald S	Pierres		
	gélives	douteuses	non gélives
C. CAMERMAN	$S > 0,85$	$0,80 < S < 0,85$	$S < 0,80$
C.E.B.T.P.	$S > 0,80$	$0,75 < S < 0,80$	$S < 0,75$

Nota : Certains échantillons présentant de grosses vacuoles perdent leur eau par désorption lorsqu'on les retire du récipient après 48 h d'immersion : ceci entraîne des valeurs de P_T sous-estimées.

A ce sujet, il faut remarquer que la porosité totale ne concerne que les vides communiquant avec l'extérieur, et n'est de ce fait qu'une porosité totale apparente. Ceci ne diminue en rien la valeur de l'appréciation de la gélivité, car, en fait, l'action du gel ne concerne que les pores ouverts.

*Observation de M. J.P. RAGOT, du B.R.G.M., concernant nos échantillons.

6.3 - MESURE DE LA PERMEABILITE DES ROCHES

La perméabilité k caractérise l'aptitude des roches à laisser circuler les fluides. Elle s'exprime par la loi de Darcy :

$$q = \frac{S \, dp}{\eta \, dx} \, k$$

où : k = perméabilité

q = débit traversant une éprouvette de roche (en l'occurrence cylindrique)

S = section de l'éprouvette

dx = hauteur de l'éprouvette

η = viscosité du liquide

La perméabilité est un coefficient propre au milieu ; il dépend de la porosité et de la granulométrie. Les unités pratiques de perméabilité sont le darcy et ses sous-multiples, en particulier le millidarcy (10^{-3} darcy) étant donné que les perméabilités courantes sont comprises entre quelques millidarcys et quelques centaines de millidarcys.

Par définition, le darcy est la perméabilité d'un milieu qui laisse passer 1 cm^3 par seconde d'un fluide dont la viscosité est de 1 centipoise (viscosité de l'eau à 20°C) sous l'effet d'un gradient de pression de 1 atmosphère par centimètre à travers une surface de 1 cm^2 .

Nos mesures ont été effectuées au perméamètre I.F.P. 49 ; leurs résultats sont valables pour des échantillons homogènes, en milieu hétérogène, leur interprétation nécessite une description pétrographique fine de l'échantillon.

6.4 - EQUIVALENT DE SABLE

Cet essai s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5 mm (module 38) et rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction. L'essai exprime un rapport volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments fins.

Il consiste à laver énergiquement l'échantillon (passant au tamis d'ouverture de mailles de 5 mm) avec une solution lavante normalisée très active. Les fines se séparent du sable. La mesure des quantités de sable et de fines permet de calculer la valeur de l'E.S. du sol échantillonné.

E.S. est égal à 100 pour un sable pur

E.S. est pratiquement nul (< 5) pour les argiles.

Il ne faut pas considérer cet essai isolément. Le résultat qu'il fournit doit être joint aux autres renseignements obtenus par ailleurs, avant de tirer une conclusion définitive.

On peut interpréter l'équivalent de sable comme indication du degré de pollution des éléments sableux d'un sol.

A N N E X E 7

CARACTERISTIQUES ET REFERENCES MONUMENTALES
DES CALCAIRES DU GROUPE DE BEAUCE

L'origine des renseignements est signalée dans les tableaux par différents symboles :

* Répertoire des carrières exploitées en 1889

+ Carte monumentale du Loiret (1967)

x E. FAUPIN (1908)

Département	EURE-ET-LOIR	EURE-ET-LOIR	EURE-ET-LOIR	EURE-ET-LOIR	EURE-ET-LOIR	EURE-ET-LOIR
Désignation des carrières	GOMMERVILLE Carrière d'Enfer	PRASVILLE Les Grandes Carrières	YMONVILLE Carrières d'Ymonville	THIVILLE Carrière de Villangeard	ORGERES Carrière de Féalé	PERONVILLE Carrière de la Gare
Désignation usuelle de la pierre	Pierre de Gommerville*	Pierre de Prasville*	Pierre de Prasville*	Pierre de Villangeard*	Pierre d'Orgères*	Pierre de Péronville*
Etat actuel de la carrière	à ciel ouvert, abandonnée	à ciel ouvert, active	à ciel ouvert, active	à ciel ouvert, temporaire	à ciel ouvert abandonnée	à ciel ouvert, abandonnée, comblée
Nature de la pierre	Calcaire compact, grain fin, géodique*	Calcaire celluleux gris, grain moyen	Calcaire celluleux gris, grain moyen	Calcaire celluleux blanc-jaunâtre grain fin	Calcaire blanc-jaunâtre, gros grain, celluleux*	Calcaire gris-jaune, grain irrégulier, celluleux
Résistance à l'écrasement kg/cm ²	947*	702*	702*	519*	924*	313*
Densité	2,465*	2,456*	2,456*	2,549*	2,538*	2,312*
CO ³ Ca	96,5 %	93 %	93 %	93 %	88,5 %	93,59 %
Classification AFNOR	10	9	9	7	10	6
Porosité	-	-	-	-	-	1,4 %
Emplois remarquables de la pierre	Ouvrages d'art et bâtiments du chemin de fer d'Auneau à Etampes*	Travaux publics de la région (viabilité) ; basilique N-D de Cléry		Eglise de la Madeleine (vers 1200) soubassements du château (1400), socles de l'hôtel de ville et de l'hôpital (1760) pont St. Médard (1849), socles de la gare (1864) à Châteaudun ; pont de Marboué (1835) ; viaduc des Coudreaux ; pont de Bouches-d'Aigre ; stations et ouvrages d'art du chemin de fer de Patay à Nogent-le-Rotrou, notamment ponts de St Denis sur le Loir, pont du Bois de la Roche*		

Département	LOIR-ET-CHER	LOIR-ET-CHER	LOIR-ET-CHER	LOIR-ET-CHER
Désignation des carrières	MAVES et CONAN Carrières de Bois-Brûlé	PONTLEVOY et THENAY Carrières de la Justice, de la Touche, etc...	LA CHAUSSEE-ST-VICTOR Carrières de La Chaussée, Macé, St Denis	VINEUIL Carrière de la Croix-Rouge
Désignation usuelle de la pierre	Pierre de Bois-Brûlé*	Pierre de Pontlevoy*	Pierres de la Chaussée et de Macé	Pierre de la Croix-Rouge
Etat actuel de la carrière	souterraines abandonnées ; à ciel ouvert actives	à ciel ouvert abandonnées	à ciel ouvert abandonnées	à ciel ouvert abandonnée
Nature de la pierre	Calcaire siliceux compact blanc-gris, grain fin*	Calcaire celluleux gris clair, grain fin, homogène*	Calcaire gris-bleu, grain fin, homogène	Calcaire gris-bleu grain fin, homogène
Résistance à l'écrasement kg/cm ²	653*	397*	420	
Densité	2,585*	2,364*	2,22	
CO ³ Ca	98 %	99 %	86 %	86 %
Classification AFNOR	8 à 10	7	7	
Porosité	-	-	-	-
Emplois remarquables de la pierre	Ouvrages d'art du chemin de fer de Tours; à Brétigny et de la ligne de tramways à vapeur de Blois à Ouzouer-le-Marché* ; piles du nouveau pont d'Orléans. Pont Gabriel à Blois	Socles des maisons de la rue Denis Papin, parapets des quais à Blois ; pont du chemin de fer sur le Cher, à Tours; ponts de Monlouis et d'Amboise ; piles du pont suspendu d'Onzain ; château d'eau (en partie) à Blois ; gare de Blois ; école de l'av.V.Hugo*	Gare de Blois ; pont sur la Loire de la ligne de Romorantin ; château d'eau à Blois ^x partie la plus ancienne du château de Blois	Constructions nombreuses en Sologne

Département	LOIRET	LOIRET	LOIRET	LOIRET	LOIRET
Designation des Carrières	BEAUGENCY Carrières de Vernon	FAY-AUX-LOGES Carrières de la Rennerie, de la rue Creuse, de la Grand-Croix	MAREAU-AUX-PRES Carrières de la Plaine-St- Fiacre de la Grande-Maison	COULMIERS Carrière des Crottes	CHAINGY Carrière de La Chapelle (Croix-Noble)
Désignation usuelle de la pierre	Pierre de Beaugency ou de Vernon	Pierre de Fay*	Pierre de St Fiacre*	Pierre de Coulmiers*	Pierre de La Chapelle*
Etat actuel de la carrière	Souterraines ou à ciel ouvert. Abandonnées	à ciel ouvert abandonnées, comblées	souterraines, abandonnées inaccessibles	à ciel ouvert, abandonnée piste de moto-cross	souterraine, abandonnée, inaccessible
Nature de la pierre	Calcaire, siliceux troué et noduleux, blanc, jaune à grain fin	Calcaire grisâtre, bleu- âtre ou jaunâtre, très coquil. un peu noduleux, grain fin	Calcaire, celluleux blanchâtre	Calcaire gris-jaunâtre ou bleuâtre, celluleux*	Calcaire un peu noduleux, blanchâtre ou rougeâtre*
Résistance à l'écrasement kg/cm ²	430*	447*	359*	404*	559*
Densité	2,533*	2,320*	2,255*	2,530*	2,426*
CO ³ Ca	96-98 % avec accidents siliceux	84-96 %	96-98 % avec accidents siliceux	87-93 %	87-93 %
Classification AFNOR	7	7	6	7	8
Porosité	3 %	-	-	-	-
Emplois remarquables de la pierre	Viaduc du chemin de fer et pont sur la Loire à Beaugency ; pont d'Orléans sur la Loire (1751- 1760) ; monuments an- ciens de Meung et Beaugency	Eglise de Fay-aux-Loges ; ponts suspendus de Jargeau et de Château- neuf* ; églises d'Ingran- nes, de Germigny, de Boiscommun ; basilique, de St Benoît-sur-Loire	Pont d'Olivet, sur le Loiret* ; constructions diverses à Orléans	Emploi local	Nouvelle église St Paterne à Orléans (au- dessous du socle) ; travaux de prise d'eau et réservoirs de la ville d'Orléans

Département	LOIRET	LOIRET	LOIRET	LOIRET	LOIRET	LOIRET
Désignation des carrières	SOUGY Carrières du Trou aux Lièvres	VILLENEUVE-SUR-CONIE Carrière de Moret-Conie	HUISSEAU-SUR-MAUVES Carrières de la Challerie	DONNERY Carrières de Donnery	PITHIVIERS Carrières du Monceau	BEAUNE-LA-ROLANDE
Désignation usuelle de la pierre		Pierre de Péronville		Pierre de Donnery	Pierre de Pithiviers	
Etat actuel de la carrière	à ciel ouvert, abandonnées	à ciel ouvert, active	à ciel ouvert, abandonnées	à ciel ouvert, abandonnées, comblées	à ciel ouvert, abandonnées	
Nature de la pierre	Calcaire oolith poreux grisâtre	Calcaire bréchique compact	Calcaire beige clair compact	Calcaire oolith gris clair, gélif	Calcaire blanc gélif poreux et calc. oolith	
Résistance à l'écrasement kg/cm ²	374	872		722	506	
Densité	2,390	2,530	2,555	2,365	2,346	
CO ³ Ca	91-94,5 % avec accidents siliceux	92,5 %	96,2 %	96,6 %	91,5 %	
Classification AFNOR	6	10	≈10	9	7	
Porosité	8,3 %	4,05 %	3,7 %	10,4 %	7,25 %	
Emplois remarquables de la pierre	Emploi local	Emploi local	Emploi local	Emploi local	Monuments à Pithiviers ⁺	Basilique de St. Benoît-s/Loire ⁺

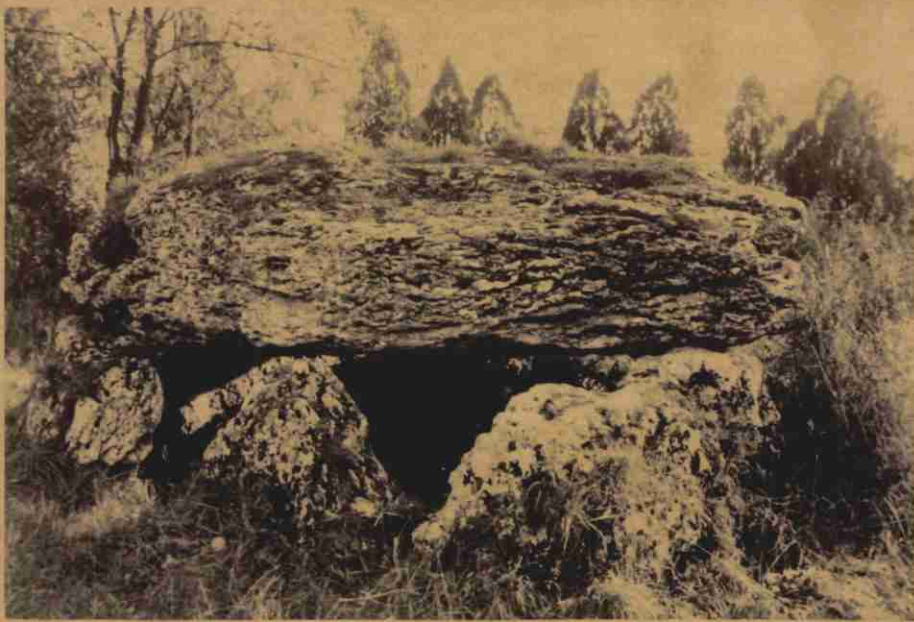
TABLE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

- Planche I - Passé et avenir du Calcaire de Beauce.
- Planche II - Divers types d'exploitations dans les calcaires durs en Beauce.
- Planche III - Recouvrements, hétérogénéités.
- Planche IV - Recouvrements, hétérogénéités (suite et fin).
- Planche V - Quelques aspects de la lithologie des formations de Beauce.
- Planche VI - Microfaciès.
- Planche VII - Micro-porosité.
- Planche VIII - Les calcaires rubanés : aspects microscopiques.

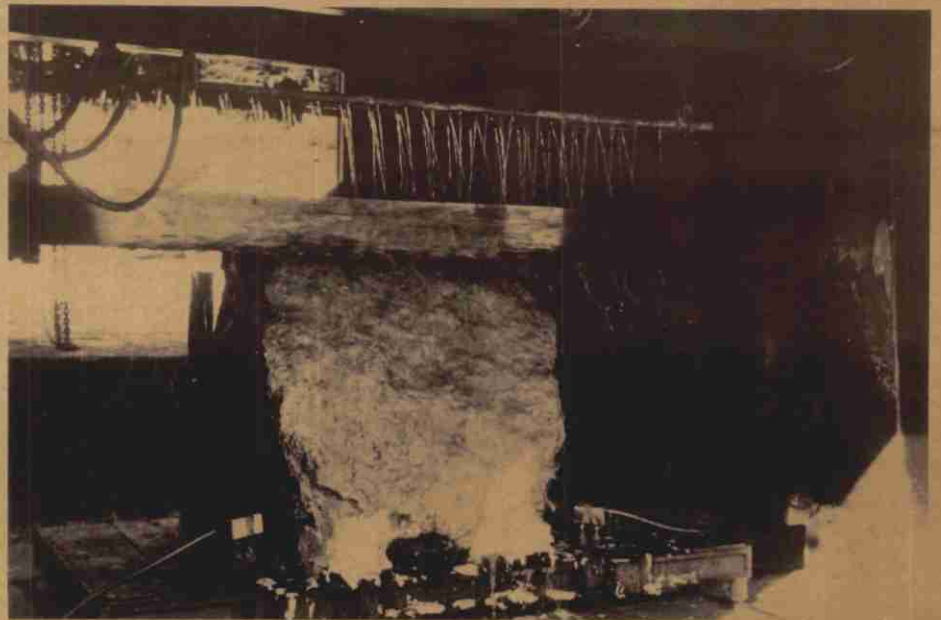
PLANCHE I

Passé et avenir du Calcaire de Beauce

- Fig. 1 - Dolmen de Feularde (45 - Tavers) : la dalle et les supports sont en calcaire de Beauce vermiculé à vacuolaire dont des affleurements sont visibles dans la vallée des Buis, à 500 m au Sud du dolmen.
- Fig. 2 - Entreprise BAGLAN à Pontijou (Loir-et-Cher). Sciage d'un bloc de calcaire de Pontijou sur châssis multilames.
- Fig. 3 - Entreprise BAGLAN à Pontijou. Eclateuse à moellons, permettant d'obtenir des moellons ajustés.
- Fig. 4 - Entreprise BAGLAN à Pontijou. Une réalisation en pierre de Pontijou.



1



2



3



4

PLANCHE II

Divers types d'exploitations dans les calcaires durs en Beauce

- Fig. 1 - Prasville (Eure-et-Loir), carrière du Bas de Monaille (L).
Monsieur Roger FAUCONNIER.
Pierre de Prasville : calcaire vermiculé gris-bleu, à la base, brèche monogénique intraformationnelle à éléments allongés de calcaire clair.
- Fig. 2 - Maves (Loir-et-Cher), carrière de Courtemiche (E).
Entreprise BAGLAN à Pontijou.
Pierre de Pontijou : les deux bancs principaux sont exploités au marteau perforateur ; sur la droite, ancienne extraction souterraine.
- Fig. 3 - Prasville (Eure-et-Loir), carrière de la Michellerie (K).
Entreprise BRETON à Ymonville.
Pierre de Prasville exploitée pour la fabrication de granulats routiers.
Au 1er tiers inférieur du front, niveaux crayeux à Ostracodes.
- Fig. 4 - Tripleville (Loir-et-Cher), carrière AMIOT.
L'exploitation utilise l'eau de la nappe phréatique pour le lavage des granulats silico-calcaires. Cette carrière sert actuellement de bassin de décantation des fines.



1



2

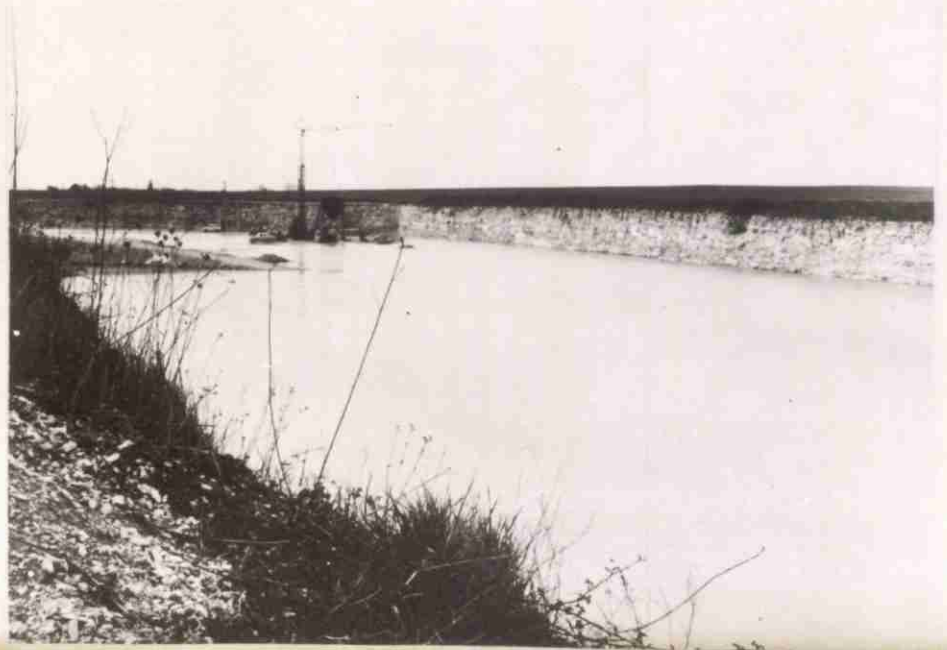


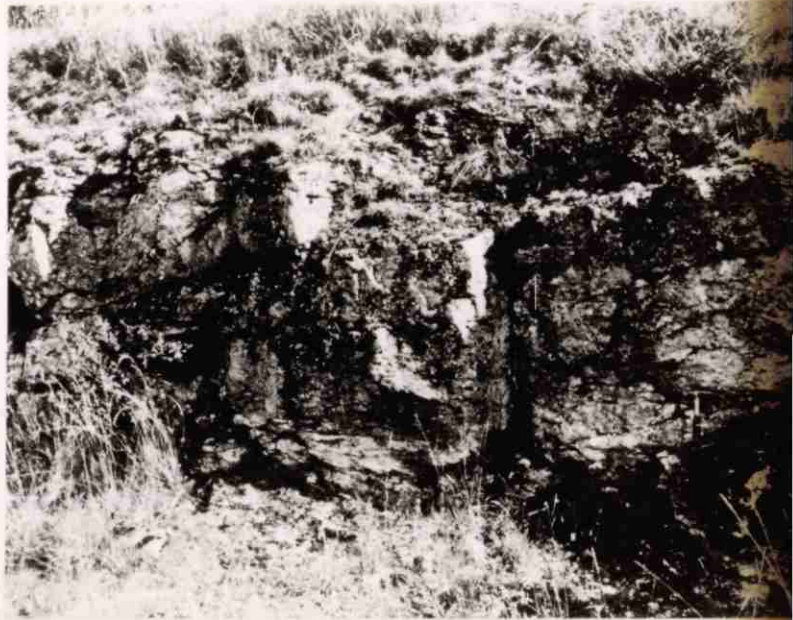
PLANCHE III

Recouvrements, hétérogénéités

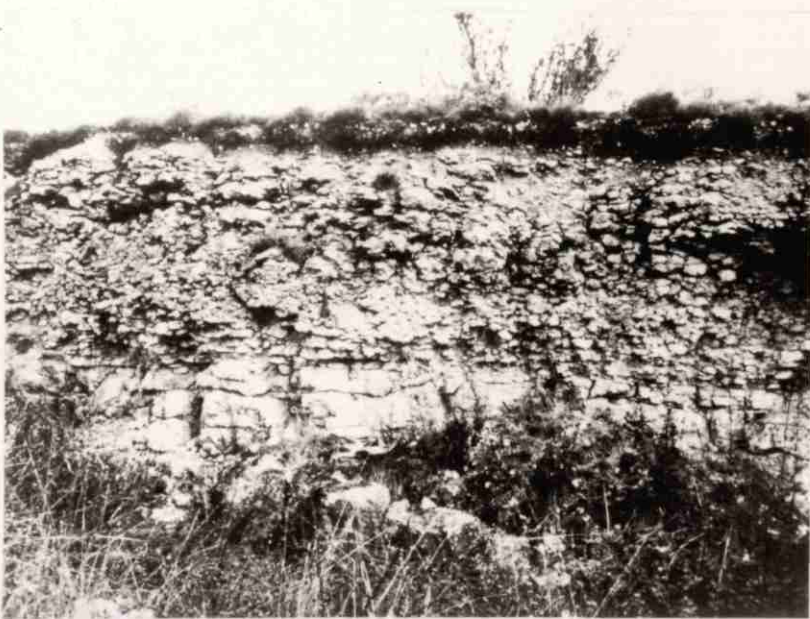
- Fig. 1 - Prasville (Eure-et-Loir), carrière de la Michellerie (K).
Des poches de sables de Lozère comblent un paléo-karst et gênent l'exploitation en polluant le front de taille. Une rapide prospection de surface aurait évité cet inconvénient.
- Fig. 2 - Tillay-le-Peneux (Eure-et-Loir). St-Florentin (H).
Pierre d'Orgères : lentille de calcaire crème dur dans des bancs de calcaire crème silicifié.
- Fig. 3 - Selommes (Loir-et-Cher), chemin des Effets (C).
Calcaire à gravelles encroûtées de Villemardy. Les bancs supérieurs sont gélifractés sur 1,20 m.
- Fig. 4 - Billy (Loir-et-Cher), carrière de Larrey (G).
Calcaire de Selles : cavité karstique à remplissage d'argile de décalcification et de limonite (dimensions de la cavité : 2 m x 0,80 m).



1



2



3



4

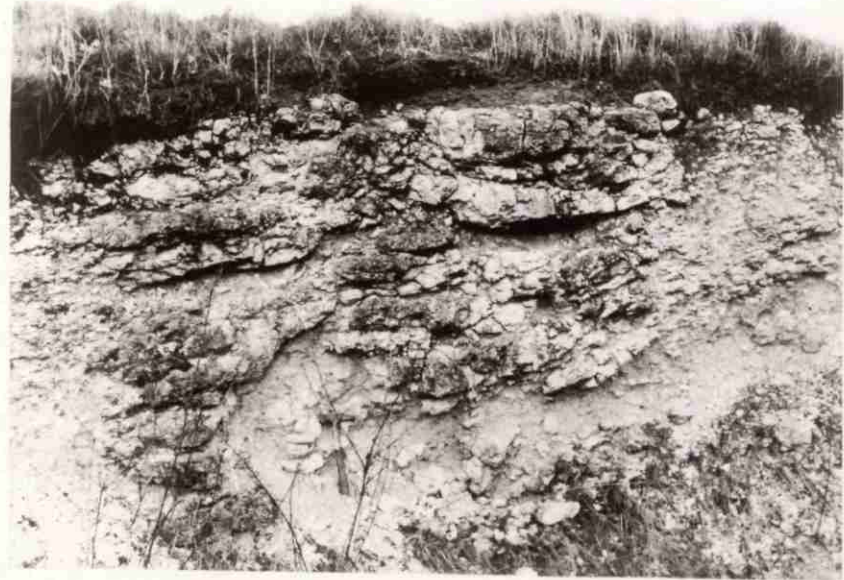
PLANCHE IV

Recouvrements, hétérogénéités (suite et fin)

- Fig. 1 - Gommerville (Eure-et-Loir), carrière d'Enfer (I).
Recouvrement limoneux (0,60 m) sur calcaire à gravelles encroûtées et bréchique.
- Fig. 2 - Le Bardon (Loiret), lieu-dit Solon.
Cette photo illustre parfaitement les dimensions et l'aspect des affleurements offerts au géologue beauceron.
- Fig. 3 - Baule (Loiret), lieu-dit Les Vallées.
Altération cryoclastique, ou "tuf" de Beauce (ce faciès est visible souvent sur plusieurs mètres).
- Fig. 4 - Maves (Loir-et-Cher), carrières de Courtemiche (E).
Découverte de la pierre de Pontijou : calcaire à nodules plus ou moins disloqué sur 3 m d'épaisseur.



1



2



3



4

PLANCHE V

Quelques aspects de la lithologie des formations de Beauce

- Fig. 1 - Pithiviers-le-Vieil (Loiret), carrières du Monceau (N).
Sous le calcaire gélifracté, les deux bancs de calcaire à gravelles,
ferruginisés sans doute par un processus pédogénétique.
- Fig. 2 - Saint-Denis-sur-Loire (Loir-et-Cher), lieu-dit Macé.
Calcaire de La-Chaussée-St-Victor : la silicification envahit tous les
niveaux lithologiques.
- Fig. 3 - Francourville (Eure-et-Loir), chemin des Mulets (J).
"Marnes" de Voise : calcaire pulvérulent à niveaux durs fragmentés
(Aquitaniens inférieurs).
- Fig. 4 - Varennes-sur-Fouzon (Indre), gare de Varennes (F).
Molasse de Varennes : sables argilo-calcaires couronnés par un banc
gréseux ; au-dessus et à gauche du marteau, amas de graviers quartzeux.



1



2



3



4

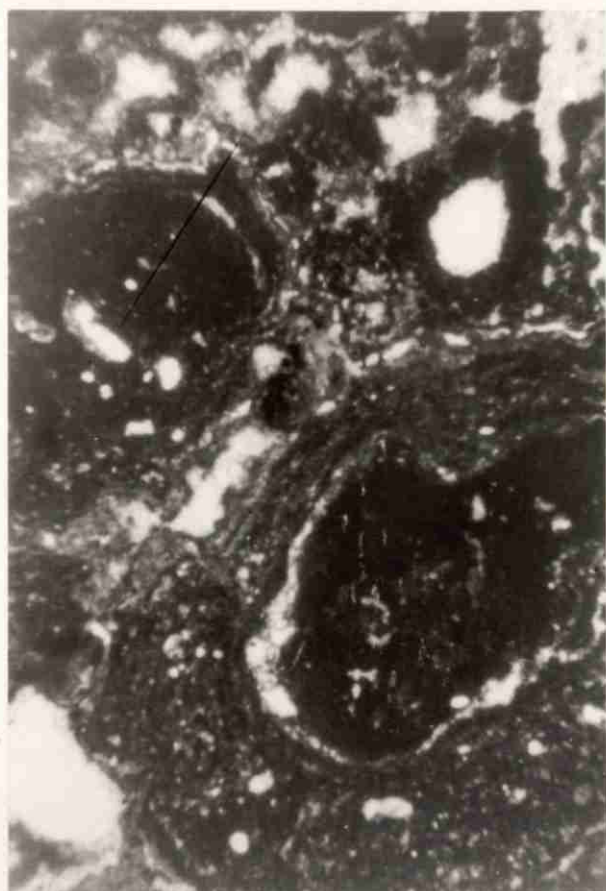
PLANCHE VI

Micro-faciès

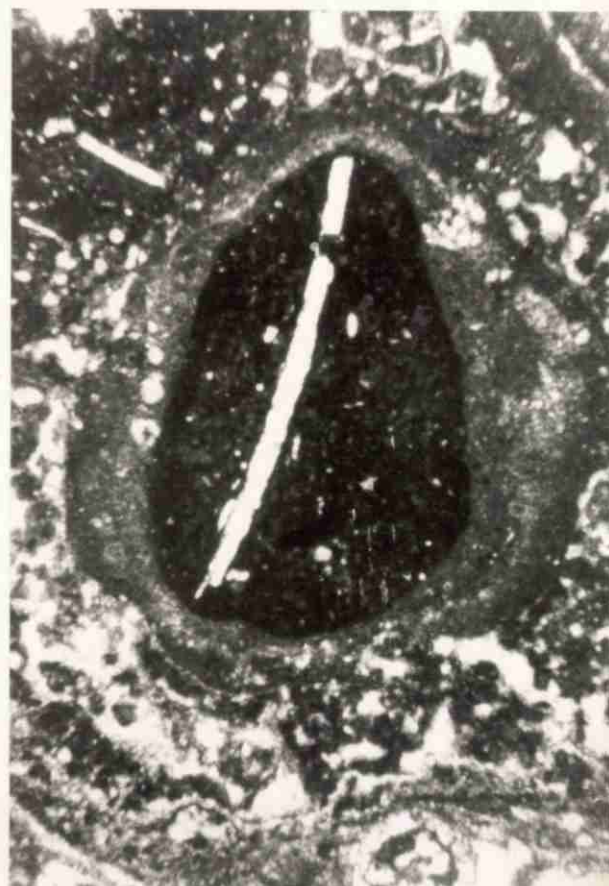
- Fig. 1 - Prasville (Eure-et-Loir), carrière du Bas de Monaille (L).
Ech. 34, lame n° A67712. x 60 LP orientation \uparrow .
Calcaire noduleux à croûtes : en sombre, nodule carbonaté à structure grossièrement concentrique en contact direct avec une zone silicifiée (en clair) d'allure flexueuse dans laquelle se développe un réseau de microkarstification.
- Fig. 2 - Beaugency (Loiret), les Carrières (R).
Ech. 50, lame n° A67720. x 60 LN orientation \uparrow .
Calcaire à nodules encroûtés : agrégats à structure grossièrement concentrique (gravelles), ciment micritique dans lequel se développe un important réseau de fissures partiellement colmatées de calcite vadose.
- Fig. 3 - Pithiviers-le-Vieil (Loiret), carrières du Monceau (N).
Ech. 38, lame n° A67718. x 60 LN orientation \uparrow .
Calcirudite à structure graveleuse encroûtée : éléments ovoïdes de taille variable ($50\mu < \varnothing < 3 \text{ mm}$) à structure grossièrement concentrique, incluant souvent des débris organiques fins et possédant parfois un noyau central constitué par un gros fragment coquillier. Ciment micritique, le plus souvent finement clastique. Micro-porosité importante.



1



2



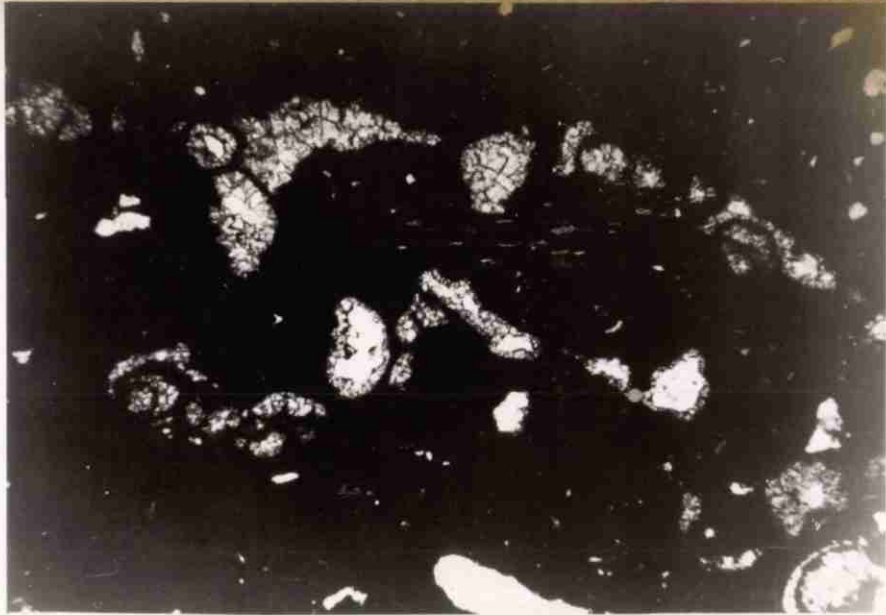
3

PLANCHE VII

Micro-porosité

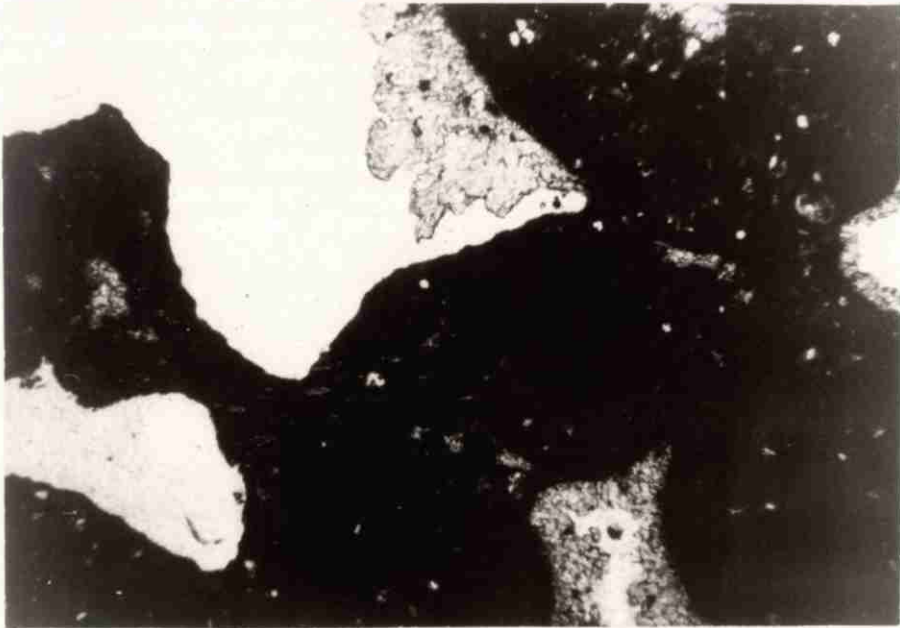
- Fig. 1 - Prasville (Eure-et-Loir), carrière du Bas de Monaille (L).
Ech. 34, lame n° A67712. x 60 LN orientation_T.
Développement dans une biocalcilitite argileuse bioturbée et partiellement silicifiée, d'un réseau de dissolution organo-pédologique. Les pores sont parfois colmatés par de la calcite spathique, mais le plus souvent restent à l'état de pores ouverts.
- Fig. 2 - Dadonville (Loiret), carrière de Secval (O).
Ech. 44, lame n° A67716. x 60 LN orientation_T.
Calcarénorudite microkarstifiée : roche vacuolaire mal cimentée (pores de plusieurs millimètres). La voûte des pores de grande taille est souvent tapissée de calcite vadose.
- Fig. 3 - Pithiviers-le-Vieil (Loiret), carrières du Monceau (N).
Ech. 40, lame n° A67714. x 60 LN orientation //
Calcilitite argileuse pseudo-bréchique : pores assez volumineux dont les parois sont tapissées de calcite vadose à structure microgrenue, avec développement secondaire de calcite à structure spathique.

↓
bas

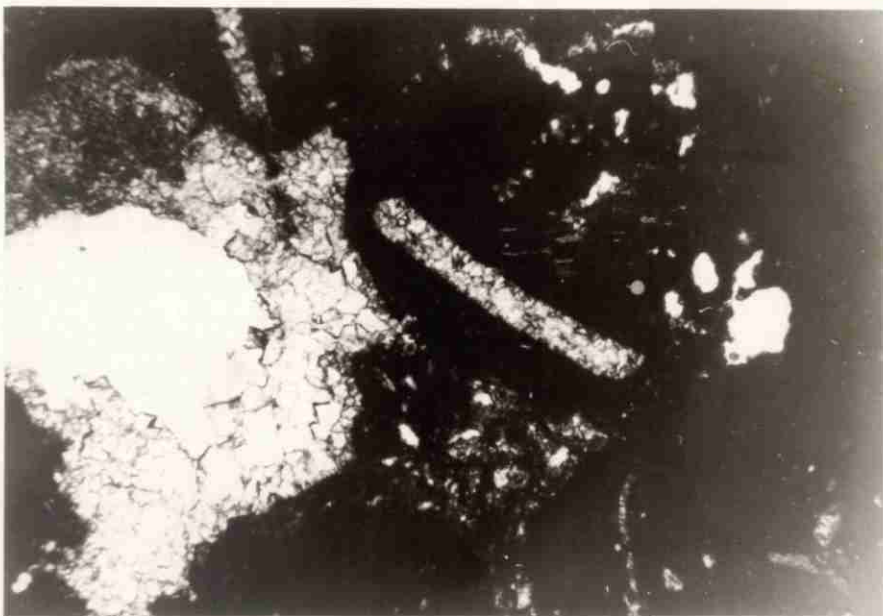


1

↓
bas



2

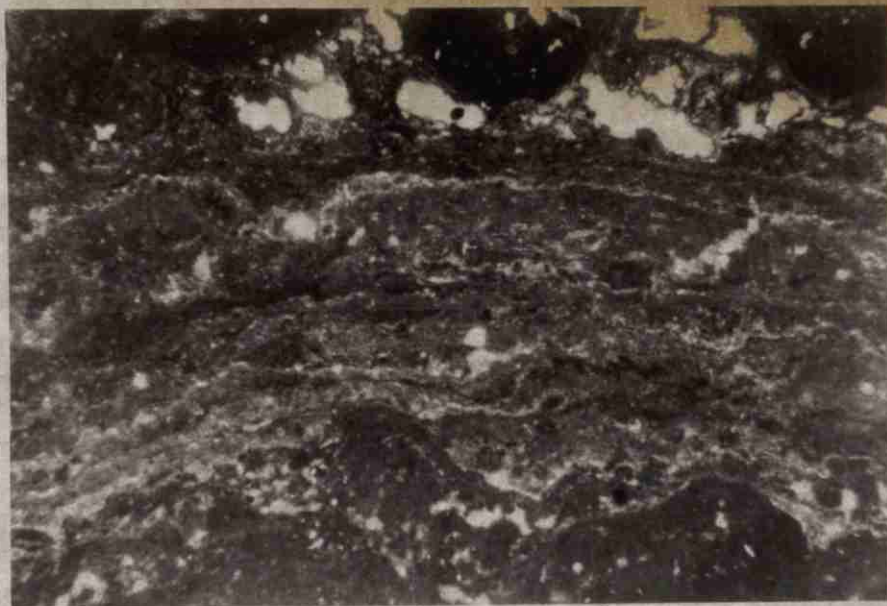


3

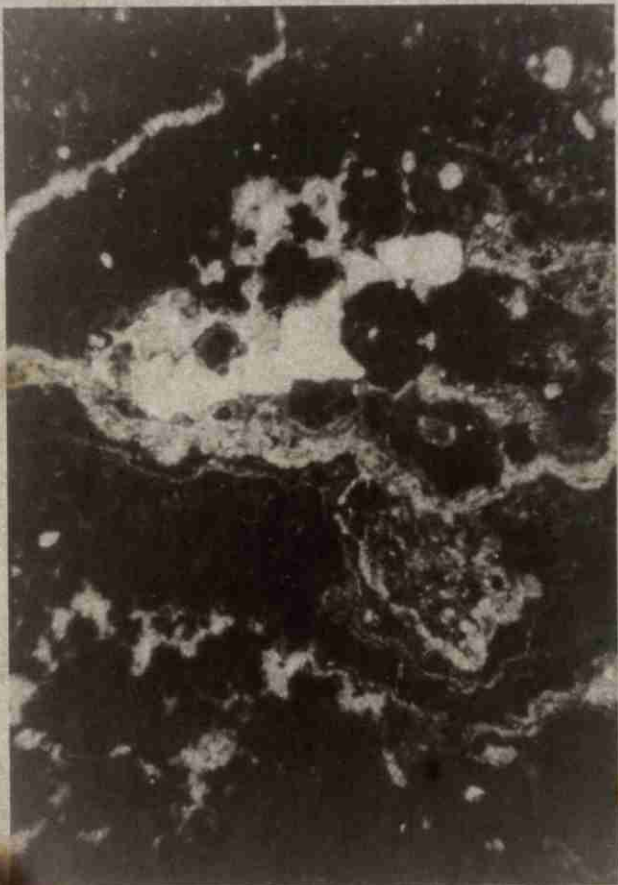
PLANCHE VIII

Les calcaires rubanés : aspects microscopiques

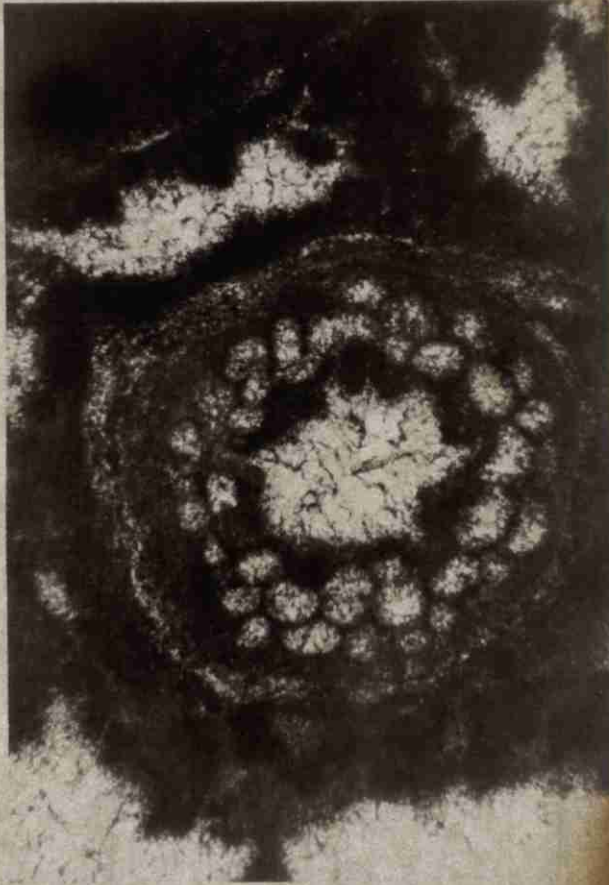
- Fig. 1 - Prasville (Eure-et-Loir), carrière du Bas de Monaille (L).
Ech. 35, lame n° A67713. x 60 LN orientation_T.
Brèche hétérométrique à encroûtements : structure lamelleuse d'origine organo-pédologique au-dessus de laquelle se développe un réseau de micro-pores partiellement colmaté de calcite spathique.
- Fig. 2 - Beaugency (Loiret), lieu-dit Les Carrières (R).
Ech. 50, lame n° A67720. x 60 LN orientation_T.
Calcaire noduleux à croûtes : encroûtements lamelleux et flexueux et niveaux "travertineux" à traces végétales ou algaires. Dans ces niveaux, se développe un réseau de micro-karstification partiellement colmaté de calcite vadose.
- Fig. 3 - Beaugency (Loiret), lieu-dit Les carrières (R).
Ech. 50, lame n° A67720. x 240 LN orientation_T.
Calcaire noduleux à encroûtements : section d'une tige d'algue ?



1

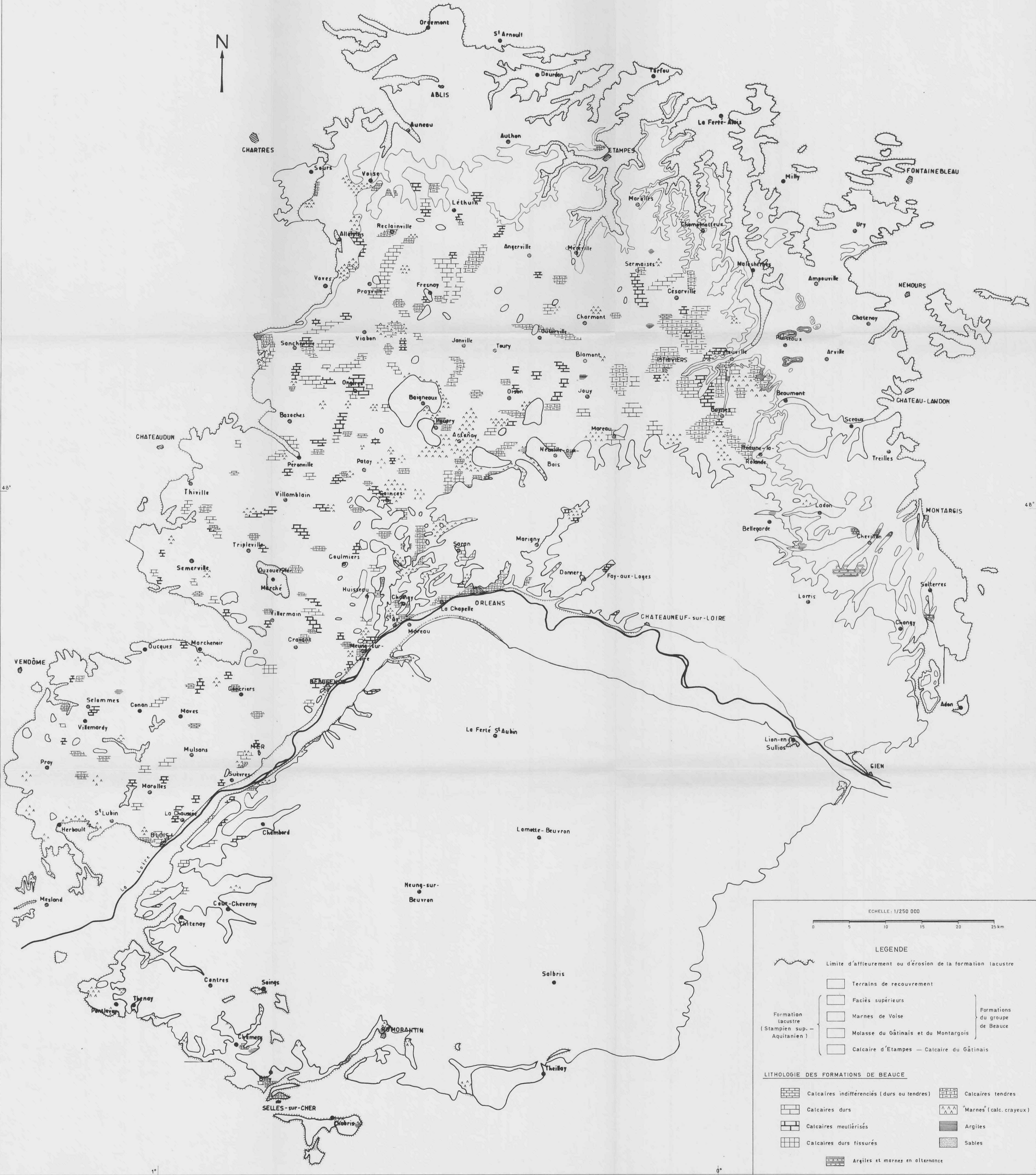


2



3

CARTE LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS DU GROUPE DE BEAUCE



ECHELLE: 1/250 000

0 5 10 15 20 25 km

LEGENDE

- Limite d'affleurement ou d'érosion de la formation lacustre
- Terrains de recouvrement
- Faciès supérieurs
- Marnes de Voise
- Molasse du Gâtinais et du Montargois
- Calcaire d'Etampes — Calcaire du Gâtinais

Formation lacustre (Stampien sup. - Aquitainien)

Formations du groupe de Beauce

LITHOLOGIE DES FORMATIONS DE BEAUCE

- Calcaires indifférenciés (durs ou tendres)
- Calcaires tendres
- Calcaires durs
- Marnes (calc. crayeux)
- Calcaires meulés
- Argiles
- Calcaires durs fissurés
- Sables
- Argiles et marnes en alternance