



BOURGES

La carte géologique à 1/50 000
BOURGES est recouverte par la coupure
BOURGES (N° 122)
de la carte géologique de la France à 1/80 000

Vierzon	S'-Martin- d'Auxigny	Sancerre
Vatan	BOURGES	Nérondes
Issoudun	Châteauneuf- -s-Cher	Dun- -s-Auron

**CARTE
GÉOLOGIQUE
DE LA FRANCE
A 1/50 000**

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

BOURGES

XXIII-24

Berry

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE, DU COMMERCE ET DE L'ARTISANAT
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45018 Orléans Cédex - France



NOTICE EXPLICATIVE

SOMMAIRE

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE	2
INTRODUCTION	4
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	4
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	4
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE</i>	4
DESCRIPTION DES TERRAINS	5
<i>TERRAINS NON AFFLEURANTS (sous-sol profond)</i>	5
<i>TERRAINS AFFLEURANTS</i>	6
Jurassique	6
Crétacé	13
Formations tertiaires	14
Terrains plio-quaternaires	17
TECTONIQUE	28
SOL, VÉGÉTATION ET CULTURE	29
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	33
<i>ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE</i>	33
<i>SUBSTANCES MINÉRALES</i>	34
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	37
<i>DESCRIPTION D'ITINÉRAIRES D'EXCURSIONS GÉOLOGIQUES</i>	37
<i>BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE</i>	41
<i>RAPPORTS</i>	42
<i>AUTRES DOCUMENTS CONSULTÉS</i>	42
<i>RESPONSABLES DES ÉTUDES DE LABORATOIRE</i>	43
<i>RENSEIGNEMENTS ORAUX</i>	43
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i>	43
<i>GLOSSAIRE</i>	43
<i>LÉGENDE ET NOTATION UTILISÉES DANS LES TABLEAUX DONNÉS DANS LE TEXTE</i>	44
AUTEURS	45

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

Le territoire couvert par la feuille Bourges occupe, dans le Sud du Bassin de Paris, le centre de la Champagne berrichonne. Administrativement, il se rattache au département du Cher.

Les terrains affleurants, tous sédimentaires, sont d'origine marine ou continentale. Les premiers, essentiellement calcaires, sont les plus épais et les plus anciens. Ce sont eux qui donnent ses caractéristiques géographiques à la Champagne berrichonne. Les seconds terrains sont plus divers, tant dans leur mode de dépôt : fluvatile, lacustre, éolien, que dans leur nature : calcaire, argiles, sables et galets, limons. Leur épaisseur réduite et les démantèlements importants qu'ils ont subis rendent parfois difficiles leur interprétation et leur datation.

A l'affleurement, la série stratigraphique montre des lacunes importantes. De bas en haut, elle est représentée par les termes suivants :

Formations d'âge secondaire

Jurassique supérieur

Oxfordien supérieur : calcaires dans lesquels s'intercale un niveau récifal.

Kimméridgien. De bas en haut :

- calcaire lité, crayeux, à petites Nérinées ;
- calcaires lités argileux à poudingues lenticulaires et marnes subordonnées ;
- marnes à *Exogyra virgula* ;
- calcaire lité fin cartographié pour des raisons essentiellement lithologiques avec le Portlandien.

Portlandien : calcaires lités fins avec marnes subordonnées.

Crétacé :

- *Barrémien* : argiles et sables de teinte brune renfermant des lits brisés de croûtes ferrugineuses zonées. Ces dernières furent autrefois activement exploitées, notamment à Saint-Éloy-de-Gy.
- *Cénomanién* : grès et poudingues silicifié découvert lors de ce levé cartographique.

Formations d'âge tertiaire

Éocène : argiles bariolées jaunes, brunes, rouge violacé, riches en pisolithes ferrugineuses et autrefois activement exploitées : la Chapelle-Saint-Ursin, Mehun...

Oligocène : calcaire lacustre localement silicifié.

Tertiaire indéterminé : argiles jaunes à chailles, quartz et poudingues silicifiés.

Pliocène : sables grossiers argileux gris, feldspathiques, assimilés aux sables de Rosières.

Formations quaternaires

— alluvions appartenant à différents niveaux : limons, sables, galets. Des niveaux plus riches en matières organiques, parfois tourbeux, peuvent apparaître dans les flats lorsque l'écoulement y est ralenti : confluent de rivière, élargissement de la plaine alluviale ;

- colluvions de fond de vallon représentées sur la carte avec les alluvions Fz-y ;
- grèzes périglaciaires ;
- limons éoliens ;
- colluvions de pente alimentées principalement par les alluvions de haut niveau et non distinguées de ces dernières.

Les déformations tectoniques sont de faibles amplitudes, mais nombreuses. Les plus importantes sont soulignées par le réseau hydrographique et conditionnent la répartition des terrains à l'affleurement.

Le principal réservoir aquifère est constitué par les calcaires du Jurassique, hélas dénués de tout pouvoir filtrant. Les alluvions du Cher et de ses affluents sont également sollicitées, mais l'exploitation intensive des graves diminue le volume du réservoir en même temps qu'elle entraîne des risques de pollution.

Depuis l'abandon de l'extraction des minerais de fer barrémiens et sidérolithiques, il n'existe plus d'exploitation minière sur le territoire concerné. Citons une curiosité minéralogique : *la quincyte*, qui est une variété de calcaire lacustre coloré en rose.

Concurrencées par la brique et le béton, les carrières de pierre de taille sont toutes abandonnées. Seules subsistent quelques exploitations de calcaires pour matériaux de remblais. Elles sont en général d'assez faible rendement, par suite de la faible dureté de la roche et de la présence d'argile. Les sables et graviers sont extraits des alluvions du Cher et de l'Yère, mais leur réserve est limitée.

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Les levés sur le terrain ont été effectués d'août 1973 à octobre 1975.

La cartographie des terrains figurés est celle des principales unités lithostratigraphiques. La chronostratigraphie des unités représentées sur la carte a été l'objet de soin tout particulier grâce à l'appui de la macropaléontologie, de la micropaléontologie et de la palynologie. La pétrographie, l'étude du milieu de sédimentation et des conditions de diagénèse ont été étudiées grâce à diverses techniques de laboratoire :

- granulométrie ;
- diffractométrie au R. X. ;
- calcimétrie ;
- plaques minces ;
- microscope électronique à balayage.

Le levé des formations superficielles a été réalisé parallèlement à celui des autres horizons et a été complété par l'exécution de petits sondages de reconnaissance à la mototarière dans le double but de reconnaître le substrat, plus particulièrement dans certaines zones boisées, et de préciser la nature et l'épaisseur du recouvrement.

L'épaisseur de 0,50 m, profondeur maximum d'investigation des charrues, marque la limite en deçà de laquelle les formations superficielles n'ont pas été cartographiées. Dans les bois, cette limite est moins précise.

PRÉSENTATION DE LA CARTE

Au Sud du Bassin parisien, à 200 kilomètres à vol d'oiseau et presque sur le même méridien que Paris, Bourges occupe le centre de la Champagne berrichonne. La ville industrielle et commerçante, préfecture du Cher, ancienne capitale du Berry, occupe une position privilégiée au confluent de l'Yèvre et de l'Auron. Tout autour la Champagne céréalière, aplanie par une érosion ancienne, apparaît comme un vaste plateau faiblement incliné vers le Nord-Ouest et plus ou moins entaillé par des vallées dont les principales sont celles du Cher et de l'Yèvre.

Le couvert végétal est conditionné par la nature du sol. Les formations argileuses détritiques ou argilo-limoneuses, trop humides et impossibles à travailler, sont abandonnées à la forêt. Les plaines alluviales inondables sont réservées à l'élevage, à la culture maraîchère et, depuis peu, à la production du maïs. Sur les points hauts, les limons sableux donnent, lorsqu'ils existent, des sols profonds bien drainés à réserve d'humidité importante. La vigne en recul et les vergers en bénéficient. Les terrains calcaires sont ceux dévolus aux cultures céréalières et, accessoirement, à celle du maïs lorsqu'il existe à proximité des ressources en eaux suffisantes. Dans quelques endroits, le calcaire est plus massif, plus induré ; ces terrains sont abandonnés à la forêt.

Hormis les villes, l'habitat est de type dispersé. Toutefois, les villages rares et peu importants se développent rapidement avec la construction des maisons individuelles, notamment à proximité de Bourges : la Chapelle-Saint-Ursin, le Subdray, Asnières-lès-Bourges, Saint-Germain-du-Puy, Fussy...

HISTOIRE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE

A la fin de l'ère primaire, des terrains *permo-carbonifères* souvent détritiques vont se mettre en place sur les formations principalement sédimentaires antérieures.

La base du Mésozoïque marque l'individualisation du Bassin de Paris et le début de son remplissage par des dépôts qui vont s'échelonner jusqu'au Quaternaire.

Les sédiments triasiques (grès, dolomies) témoignent de l'importance de l'érosion à laquelle sont soumises les terres émergées et des pulsations qui affectent le Bassin de Paris (dépôts continentaux, lagunaires, voire marins).

Au Lias, les dépôts franchement marins deviennent plus fins, argileux et calcaires.

Le Dogger calcaire montre un milieu de sédimentation agité (chenaux, dépôts oolithiques, à entroques...). Une phase plus fine terrigène inconnue dans le secteur semble marquer la fin de la série.

Le Jurassique supérieur principalement calcaire est incomplet, la base et le sommet, non dépôt ou érosion, manquent. Des récifs à Spongiaires à l'Ouest, à Polypiers à l'Est, s'y intercalent à certains niveaux.

Le Crétacé est cité pour mémoire. Seuls le Barrémien et le Cénomaniens, ce dernier découvert lors de l'établissement de cette carte, y sont connus. Le premier s'y montre sous un faciès continental (sols et croûtes ferrugineuses), alors que le second est marin (poudingue à ciment calcaire ultérieurement silicifié). La région fut ensuite soulevée, probablement dès la fin des temps crétacés, et soumise à l'érosion continentale.

A l'Éocène, un climat chaud permet la formation de cuirasses latéritiques. Démantelées et remobilisées, elles viendront se déposer dans les dépressions et les aires subsidentes.

L'Oligocène montre un ralentissement de l'érosion. Des lacs de grande superficie s'installent dans les points bas, puis en débordent largement.

Le Miocène, probablement érodé, n'a pas été reconnu sur le territoire de la feuille Bourges.

Plio-Quaternaire. Alluvionnement et érosion vont se poursuivre pendant toute cette période de temps donnant à la Champagne berrichonne sa physionomie actuelle. Le froid intense de certaines périodes laisse ses empreintes : dépôts cryoclastiques, phénomène de cryoturbation. En l'absence de végétation, des vents violents favorisent les accumulations de limons.

DESCRIPTION DES TERRAINS

Nous distinguerons d'une part les terrains non affleurants, reconnus par sondage et géophysique, d'autre part les terrains affleurants.

TERRAINS NON AFFLEURANTS (sous-sol profond)

Sur le territoire de la feuille Bourges, aucun sondage n'est suffisamment profond pour atteindre le Paléozoïque. La connaissance de ce dernier est donc limitée à l'interprétation de mesures géophysiques. En les confrontant avec les sondages pétroliers réalisés sur les feuilles à 1/50 000 voisines, C. Weber distingue une série sédimentaire schisteuse anté-houiller, recouverte par des terrains permo-carbonifères.

Mésozoïque anté-oxfordien

Au Nord de Bourges (feuille Saint-Martin-d'Auxigny), le sondage pétrolier de Saint-Georges-sur-Moulon nous donne quelques précisions sur les terrains de cette époque.

Trias : 400 mètres dont :

— *Trias inférieur* : 200 mètres. Argiles brun-rouge, vertes, sableuses, micacées alternant avec des grès à ciment argileux légèrement dolomitique. Elles reposent sur le Permien par un conglomérat siliceux à éléments de grès quartzite blanc.

— *Lettenkohle* : 15 mètres. Grès fins gris-vert à ciment siliceux et dolomitique dans lesquels s'intercale une passée d'argile brun-rouge également dolomitique.

— *Keuper moyen et inférieur* : 60 mètres. Argile dolomitique brun-rouge, gréseuse, micacée avec intercalation d'anhydrite soit sous forme de bancs massifs, soit sous forme d'inclusions dans les argiles.

— *Keuper supérieur* : 130 mètres. Argile dolomitique brun-rouge, gréseuse, micacée, avec intercalations de grès blancs et de niveaux plus grossiers, voire conglomératiques dans la partie supérieure de cette série.

Jurassique : plus de 1000 mètres dont :

Lias inférieur : 80 mètres. De bas en haut :

- argile et grès gris-vert,
- calcaire argilo-dolomitique,
- marnes gris-noir, calcaire gréseux et argile verte,
- calcaire lumachellique beige, grès fin, argiles grises et calcaire oolithique,
- argiles et marnes dolomitiques,
- marnes vertes dolomitiques et calcaires gris,
- environ 35 mètres de calcaire dolomitique devenant crayeux et graveleux à sa partie supérieure.

Lias moyen et supérieur : 170 mètres. Argiles et marnes plastiques gris-noir, sableuses, micacées, pyriteuses, localement feuilletées : Schistes cartons.

Dogger : 160 mètres. De bas en haut :

- 20 mètres de calcaires à entroques,
- 25 mètres de marnes à *Acuminata*,
- 70 mètres de calcaires à pâte fine faiblement gréseux,
- 15 mètres de marnes compactes gris foncé, finement gréseuses, avec intercalation de calcaires argileux gris.

Oxfordien inférieur et moyen : environ 80 mètres. De bas en haut :

- 7 à 8 mètres de calcaires argileux et marnes grises fossilifères se terminant par un niveau brun à oolithes ferrugineuses,
- 70 mètres de calcaires clairs à pâte fine renfermant des Spongiaires.

TERRAINS AFFLEURANTS

Jurassique

j6a. **Oxfordien supérieur (zone et sous-zone à *Bimammatum*)**. Calcaires lités inférieurs ou calcaires lithographiques inférieurs. Environ 100 mètres de puissance. L'expression « calcaires lithographiques » a été créée il y a plus d'un siècle par Douvillé et Jourdy. En 1975, elle n'est plus rigoureusement exacte, d'où la modification terminologique proposée.

Comme leur nom l'indique, les calcaires lités apparaissent comme une succession de bancs calcaires décimétriques séparés par des lits argileux centimétriques ou par des niveaux plus délités également centimétriques. Les argiles sont généralement vertes, mais elles deviennent brunes par altération. Elles sont très pauvres en microfaune et sans flore. Les calcaires, de teinte gris-blanc, à pâte fine, sont généralement argileux. Des pseudomorphoses de gypse (Saint-Just) peuvent s'observer quand le pourcentage d'argiles diminue.

Vers la base de la formation, sur le territoire de la feuille Châteauneuf-sur-Cher, des chenaux (trace de ravinement) peuvent être reconnus. Dans la partie supérieure, mais non terminale des calcaires lités inférieurs, apparaissent des niveaux gélifs localement bien visibles en photographie aérienne. Des lumachelles diverses (à *Astartes*, à *Brachiopodes*...) les encadrent. Tout au sommet, celles-ci se développent, les niveaux à

Brachiopodes passent à des niveaux à Huîtres, le calcaire devient plus crayeux, gélif. On atteint la base des calcaires récifaux ou pseudo-récifaux. Localement, en bordure du Cher, des niveaux lenticulaires, bioclastiques, sub-récifaux précèdent l'apparition des biohermes à Spongiaires.

Au microscope optique, la roche est une micrite parfois gréseuse (Trouy), azoïque ou renfermant une microfaune pauvre : *Epistomina*, *Lenticulina* et de rares Lituolidés (*Ammobaculites* ?). A plus fort grossissement, au microscope électronique à balayage, on distingue des cristaux de calcite peu roulés, associés ou non à des minéraux argileux : kaolinite 3/10, smectite ou interstratifié smectite-illite 3/10, illite 4/10 plus ou moins abondants. La macrofaune, hors des niveaux lumachelliques, toujours lenticulaires, est rare. Dans la partie terminale, nous avons récolté de nombreux nucleus de Périssphinctidés généralement indéterminables. Parmi eux : *Orthosphinctes polygiratus* Quenstedt associés à des *O. tizinai*, *Trimarginites* sp., *Taramelliceras lithocera*, *Glochiceras nimbatum* et de grands *Decipia*. Cette faune caractérise la zone à Bimammatum.

j6b. **Oxfordien supérieur. Calcaire de Von, Calcaire de Morthomiers, Calcaire crayeux de Bourges.** Puissance environ 40 mètres. *Le Calcaire de Von* a été défini au Sud de Châteauroux. Il affleure d'Ouest en Est sur plus de 60 kilomètres entre le Château d'Aleuf (feuille Velles : x = 543 ; y = 197) et le Nord-Ouest de Villeneuve-sur-Cher (feuille Bourges : x = 592 ; y = 226). Au-delà de ces deux points, il est remplacé par un faciès oolithique graveleux et plus ou moins riche en Polypiers. Le calcaire de Von est caractérisé par la présence de biohermes à Spongiaires ou de biostromes (ces derniers correspondent souvent à des biohermes de dimensions kilométriques) intercalés au sein des calcaires lités de l'Oxfordien supérieur. Dans la carrière de Von, le calcaire du même nom repose sur les calcaires lités par l'intermédiaire d'un banc plus massif, d'aspect porcelané, à grosses perforations riches en pseudomorphoses de gypse. Un banc porcelané d'apparence identique s'observe au sommet du bioherme. Sur la feuille Bourges, ces bancs font place à d'autres d'apparence craquelée, écrasée qui, en surface polie, apparaissent constitués de pelotes algaires. Des silicifications (chailles) peuvent apparaître et même prendre une certaine importance.

Au microscope optique, on reconnaît une biomicrite ou intrabiomicrite à éléments ni roulés ni encroûtés, où dominent les spicules de Spongiaires, les débris d'Échinodermes et de grands Bryozoaires. Des Bivalves, des Ostracodes et de rares Foraminifères (*Lenticulina*, Ophthalmidiidés) leur sont associés.

Au microscope électronique à balayage, la biomicrite apparaît comme un assemblage de cristaux de calcite peu roulés auxquels se mêlent quelques cristaux d'argile. Ce calcaire a une forte teneur en calcite : 89 % et plus. La fraction argileuse varie tant en composition qu'en pourcentage. A Saint-Georges, nous avons obtenu les teneurs suivantes : smectite 6/10, illite : 4/10. La recherche d'éléments-traces apporte peu de résultats, ceux-ci ayant généralement des teneurs inférieures aux teneurs moyennes des éléments-traces dans les roches sédimentaires (Green, 1953-54). La macrofaune est abondante, mais les Éponges et les Ammonites se raréfient lorsqu'on se dirige vers l'Est.

Le calcaire de Morthomiers, à l'Est, fait la transition entre le calcaire de Von et le calcaire crayeux de Bourges. Il se distingue essentiellement du premier par la présence d'oolithes, de gravelles et de Polypiers, par l'absence de Spongiaires. Par rapport au second, il est plus induré et non crayeux.

Dans le détail, il est massif en bancs métriques oolithiques à la base, graveleux biodétritiques au sommet. Des Lamellibranches dont de gros Pectens et de rares Polypiers plats composent l'essentiel de la macrofaune. Le sommet de la formation montre des pisolithes ferrugineuses ou une imprégnation de fer, indice d'arrêt de sédimentation.

Le calcaire crayeux de Bourges a été décrit par Douvillé et Jourdy en 1874. L'épaisseur de 12 m donnée par ces auteurs est largement sous-estimée puisque la hauteur cumulée de la partie exploitée et des galeries d'aération atteint à elle seule 33 mètres.

La base de la formation est constituée par un calcaire crayeux, oolithique, tendre, se prêtant facilement à la taille et autrefois très exploité, malgré qu'il soit un peu gélif. A l'air, il prend une patine noire, mais il est blanc sur une cassure fraîche. Un ou deux interlits marneux jaune-brun d'environ 20 à 30 centimètres s'intercalent dans la formation. Le calcaire crayeux de Bourges a un pourcentage de CaCO_3 parfois voisin de 100 % (98 % au lieu-dit la Tallerie). Les argiles forment l'essentiel des 2 % restant et se répartissent ainsi : kaolinite 6/10, illite 4/10.

Le calcaire crayeux de Bourges est très riche en fossiles dont de nombreuses listes ont été publiées : Douvillé et Jourdy en 1874, Peron en 1902, plus récemment, F. Tissot en 1960. Pour notre part, nous avons recueilli de très nombreux Lamellibranches : Pectens, Pinnidés, Moules... ; des Brachiopodes à tests roses : *Zeillerina egena* (Bayle), *Rhynchonella ordinaria* Childs, *R. pinguis* Roem, *Juralina subformosa* (Rollier), *J. bautrini* (Et.) ?, *Postepithyris cincta* (Cotteau), *Septaliphoria hudlestoni* (Rollier), *S. arduensis* (Oppel), *Somalirhynchia cf. romalica* (Darque) ; des débris d'Oursins, des Polypiers en boules, un Nautile.

La partie supérieure du calcaire crayeux, connu sous le nom de calcaire compact, est peu visible actuellement. Elle fut exploitée au début du siècle pour la fabrication de la chaux et également comme castine.

Les calcaires de Von, de Morthomiers et de Bourges ne nous ont pas fourni d'Ammonites. Toutefois, celles-ci sont présentes dans les niveaux immédiatement sous-jacents : zone à Bimammatum et dans les niveaux directement superposés où le sommet contient des *Ataxioceras* de la base du Kimméridgien : zone à Platynota probable. En conséquence, les calcaires de Von, de Morthomiers et de Bourges appartiennent vraisemblablement encore à l'Oxfordien supérieur : zone à Bimammatum et peut-être aussi pour partie à la zone à Planula.

j6c. **Oxfordien supérieur (zone à Planula). Calcaire lité supérieur.** Puissance croissante d'Ouest en Est : minimum 20 mètres. Les calcaires lités supérieurs correspondent très exactement aux calcaires à Pinne décrits en 1874 par Douvillé et Jourdy : « Calcaires caractérisés par la présence d'une grande Pinne (*P. obliquata*) très abondante dans certains lits et ayant presque toujours conservé sa station normale ».

Ce sont des calcaires en bancs de 10 à 40 cm séparés par des marnes gris foncé d'apparence feuilletée. Ces terrains s'observent dans la falaise du stade J. Brivot ($x = 603,5$; $y = 229,4$). Ils constituent le substratum du cimetière de Bourges ($x = 608$; $y = 231$) et de l'entrepôt des Nouvelles Galeries ($x = 609$; $y = 233$).

En ce dernier point, des calcimétries effectuées sur les niveaux calcaires nous ont donné 86 % de CaCO_3 . La fraction argileuse est représentée par de la kaolinite 3/10, de l'illite 3/10 et des interstratifiés illite-smectite 4/10.

Au sommet de la formation, carrière de la Madelaine ($x = 590,6$; $y = 228,5$), le pourcentage de CaCO_3 augmente : 95 % sans que la fraction argileuse évolue beaucoup (kaolinite 2/10, illite 4/10, interstratifiés illite-montmorillonite 4/10). Tous ces chiffres ne sont donnés qu'à titre indicatif, les analyses réalisées existant en nombre trop réduit pour avoir une valeur statistique.

En lame mince, c'est un calcaire micritique légèrement gréseux. Les débris coquilliers sont rares et minces. A la base, ont été identifiés des Échinodermes, des Bivalves et des Ostracodes ; au sommet, persistance des Échinodermes, mais apparition des Gastéropodes et de Serpules. Les niveaux fossilifères du quart nord-est de la feuille sont plus riches : grands fragments d'Inocérames et autres Bivalves, de très rares micro-Gastéropodes et d'assez fréquents petits Foraminifères (*Lenticulina*, *Epistomina*) le plus souvent recrystallisés.

La macrofaune est dominée par les Lamellibranches, essentiellement des Astartes et des Huîtres. Elle est concentrée dans des niveaux lenticulaires très abondants dans le quart nord-est du domaine de la feuille. Quelques Ammonites, des Perisphinctidés, sont associées à ces niveaux. A la Madelaine ($x = 590,6$; $y = 228,5$), au sommet de

cette formation, quelques Ammonites ont été recueillies : *Ataxioceras* sp., *Pachypictonia* sp., *Paraspidoceras ruppelense*, *Decipia* sp. Ces fossiles caractérisent la base du Kimméridgien : zone à Platynota. Néanmoins, il est probable que la plus grande partie des calcaires lités supérieurs appartiennent encore à l'Oxfordien supérieur : zone à Planula.

j7a. **Kimméridgien inférieur (zone à Platynota ?). Calcaire de la Guenoisterie.** Équivalent latéral du calcaire de Levroux (partie supérieure) : feuilles à 1/50 000 Châteauvroux et Issoudun. La puissance augmente progressivement d'Ouest en Est : 2 mètres à la carrière de la Madelaine (x = 590,6 ; y = 228,5), 15 à 20 mètres à la Guenoisterie (x = 609 ; y = 234,5).

C'est un calcaire massif de teinte claire, parfois crayeux, gélif, pouvant renfermer des niveaux lumachelliques à fossiles dissous : petits Lamellibranches à tests roses, petites Nérinées. A noter que dans le quart nord-est du territoire de la feuille, ces dernières peuvent également être observées dans les calcaires lités supérieurs.

En lames minces, les niveaux fossilifères de la base apparaissent tantôt comme des biomicrudites ou biolithes à spongiomorphes riches en spicules, Bivalves, Bryozoaires et Serpules, tantôt comme des biopelsparrudites pétries de Serpules, de fragments d'Ostréidés enduits de glauconie et à rares Échinodermes et Gastéropodes. La microfaune : Ostracodes et Foraminifères dont *Conicospirellina basiliensis*, *Lenticulina*, *Epistomina* (?), donne un âge kimméridgien.

Aucune Ammonite déterminable n'a été recueillie dans cette formation, mais les Ammonites recueillies au sommet des calcaires lités supérieurs nous confirme l'âge donné par la microfaune. Le calcaire de la Guenoisterie, qui a le même faciès et qui occupe la même position stratigraphique que les calcaires de Levroux (partie supérieure), constitue, semble-t-il, le prolongement oriental de cette formation.

j7b. **Kimméridgien inférieur (zone à Cymodoce). Calcaire de la butte d'Archelet,** anciennement dénommé calcaire à Astartes par Douvillé et Jourdy. Formation équivalente latéralement aux calcaires de Buzançais. Épaisseur 40 à 45 mètres. Trois niveaux peuvent être distingués :

— *niveau inférieur* : alternance de calcaires, de lumachelles et de marnes. Puissance : environ 30 mètres. Les calcaires sont gris, bioturbés, en bancs de 20 à 40 cm, séparés par des lits marneux et de curieux niveaux centimétriques noirs très riches en matières organiques. Des lumachelles à Huîtres, Serpules et galets roux, des calcaires oolithiques, des grès en niveaux discontinus s'intercalent fréquemment. Exposés à l'air, ces calcaires se débitent en éléments rognonneux et se différencient aisément des niveaux sous-jacents caractérisés par un débit en plaquettes.

A la carrière de la Madelaine (x = 590,6 ; y = 228,5), le ravinement du sommet des calcaires de la Guenoisterie indique une discordance entre ces calcaires et ceux de la butte d'Archelet. Un niveau biodétritique comble les chenaux et localement de petits biohermes s'individualisent au-dessus de ces derniers.

Des lames minces effectuées dans les biohermes permettent de décrire la roche tantôt comme une biocalcirudite à ciment-matrice irrégulière, micritique et spathique tantôt comme une micrite bioclastique ou intraclastique. Des éléments micritiques ou bioclastiques, parfois gréseux, faiblement roulés, perforés par des lithophages, accompagnent une faune abondante et diversifiée. Ils sont emballés dans un ciment à fraction terrigène fine (quartz, muscovite). L'examen détaillé révèle en outre la présence de cavités type *bird's eyes* avec fréquentes dissolutions internes sans toutefois que l'on puisse conclure à des émergences.

Dans la faune prédominant des organismes fixés : Polypiers branchus, Encrines, Huîtres ou encroûtants : Foraminifères et Algues habituels des pelotes algaires, Bryozoaires, Serpules... Des Échinodermes, des Lamellibranches divers, des Brachiopodes et des Gastéropodes leur sont associés.

La microfaune date ces niveaux du Kimméridgien : *Pseudocyclamina jaccardi*, *Epistomina*, *Lenticulina* et *Ammobaculites*.

Les Ammonites sont peu nombreuses. Douvillé et Jourdy (1874) citent *Ammonites cymodoce* d'Orb. Dans la tranchée de la gare de Bourges, J.H. Delance a recueilli plusieurs exemplaires de *Rhynchonella ordinaria* Childs, *Zeillerina humeralis* (Roemer).

— **niveau moyen** : calcaire à oolithes ferrugineuses disséminées. Puissance : 2 à 5 mètres. Ensemble de faciès calcaires ou marneux gris ou beiges, fins ou grossiers plus ou moins bien cimentés, caractérisés par la présence d'oolithes ferrugineuses plus ou moins disséminées. La macrofaune est généralement abondante : Lamellibranches dont des Pholadomies, Brachiopodes : « *Terebratula* » *subsella* Leymerie, *Zeillerina humeralis* (Roem) ; Gastéropodes : *Nerinea desvoidyi* d'Orb. Ce niveau apparemment continu et unique constitue un excellent repère cartographique.

— **niveau supérieur** : calcaires bioturbés gris, peu différents des niveaux situés sous les oolithes ferrugineuses. Toutefois, les bancs calcaires ou marneux semblent s'épaissir. La puissance de cette assise est d'une dizaine de mètres. Au sommet de ces calcaires, un niveau discontinu mais constant à grains de glauconie et galets verdis nous a fourni des *Rasenia cymodoce*, Ammonites du Kimméridgien inférieur (zone à *Cymodoce*).

j8a. Kimméridgien supérieur (zones à *Mutabilis* et à *Eudoxus*). Marnes de Saint-Doulchard. Puissance environ 50 mètres. Cette formation est constituée par une alternance de marnes et de calcaires ; les premières prédominent. Une coupe incomplète de la partie inférieure est visible à Saint-Doulchard dans le talus de la rue du cimetière ($x = 601,5$; $y = 233,6$). Elle montre sur 25 mètres des calcaires et des marnes, ces dernières remplaçant progressivement les calcaires au fur et à mesure que l'on monte dans la série. Entre 11 et 16 mètres au-dessus de la base, trois niveaux se distinguent par la teinte noire des marnes. Ils nous ont donné, dans un faciès fin, une riche flore très bien conservée, sans pyrite abondante.

J.J. Châteauneuf y a reconnu : *Cupressacites oxycedroides* (10 %), *Tenua rioulti* (5 %), *Inaperturopollenites limbatus* (1 %), *Alisporites grandis* (2 %), *Gleicheniidites senonicus* (1 %), *Callialasporites segmentatus*, *dampieri* (3 %), *Lycopodiumsporites reticulumsporites* (1 %), *Sphaeripollenites subgranulatus* (70 %), *Nichrystridium fragile*, *Classopollis nooli* (3 %), *Cyathydites australis*, *Klukisporites* sp. (1 %), *Densosporites perinatus*, *Gonyaulacysta* sp. (1 %), *Todisporites* sp., *Parvisaccites radiatus*, *Pareodinia aeratophora*, *Staplinisporites caminus*, *Neorastrickia trichosa*, *Todites major* (1 %).

Une macrofaune relativement pauvre accompagnait ces niveaux. Cette pauvreté peut être toute relative, le pillage des gisements étant fréquent dans la région. Associés à quelques Ammonites indéterminables, nous y avons recueilli, par ordre d'importance décroissante, des Huîtres, principalement des *Exogyres*, des Pholadomies, des Brachiopodes, dont « *Terebratula* » *sella* Leym., ces derniers concentrés dans un seul niveau, quelques *Diceras* et un Nautilé.

Des lames minces effectuées dans un banc calcaire lumachellique situé au-dessus des marnes noires révèle une biomicrudite. Elle renferme de fréquents débris de Bivalves, de Gastéropodes, d'Échinodermes associés à de rares Serpules. Les Foraminifères sont essentiellement des Lituolidés à tests agglutinés, quartzeux, accompagnés par quelques *Lenticulina*.

Des analyses effectuées sur ce même niveau ont montré qu'il renferme 73 % de CaCO_3 et que sa phase argileuse est représentée par de la kaolinite 2/10, de l'illite 5/10 et de interstratifiés illite-smectite 3/10. En aucun cas ces résultats, donnés à titre indicatif, ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la formation.

Chronologiquement, les marnes de Saint-Doulchard correspondent approximativement à la zone à *Mutabilis* et à la zone à *Eudoxus*.

La zone à *Mutabilis* débute au-dessus des niveaux glauconieux qui marquent le sommet des calcaires de la butte d'Archelet et se termine avec les niveaux à marnes noires. Elle est caractérisée par une riche faune d'Ammonites : *Orthoaspidoceras* gr. *Aspidoceras orthocera*, *O. lallierianum*, associées à des *Aulacostephanus*.

La zone à *Eudoxus* monte jusqu'à la base des calcaires dits du Barrois suivant notre cartographie. Elle possède une riche faune très caractéristique : *Aulacostephanus* gr. *quenstedti*, *A.* gr. *catalaunicum*, *Aspidoceras* gr. *caletanum* et *A.* gr. *binodum*.

Aucune coupe de cette partie des marnes de Saint-Doulchard n'est observable dans le périmètre de la feuille Bourges.

j8b-9. **Kimméridgien supérieur—Portlandien. Calcaire du Barrois (zone à Autissiodorensis et zone à Gravesia).** Puissance supérieure à 20 mètres. Sur la commune de Vasselay, au lieu-dit les Traines, nous avons reconnu, de bas en haut :

- un niveau de lumachelle à *Exogyra virgula* très induré se débitant en plaques épaisses ;
- des calcaires de teinte claire à débit en plaquettes ;
- des alternances de calcaires et de marnes, les premiers dominant, où l'on observe des surfaces d'arrêt de sédimentation ;
- une seconde assise de calcaire lité clair à débit en plaquettes.

Latéralement, la position et l'importance des différents niveaux ou assises peuvent varier tant en puissance qu'en position, la formation reste cependant représentable sur la carte, les calcaires lités se distinguant aisément de ceux rognonneux inclus dans les marnes de Saint-Doulchard.

En lame mince, ce calcaire est micritique et pauvre en microfaune. Les niveaux lumachelliques, biomicrudites, sont plus riches : grands débris de Lamellibranches parfois recristallisés, Gastéropodes et Échinodermes plus rares. Quelques Foraminifères : Lituolidés à tests quartzeux et des *Lenticulina*. Des analyses effectuées sur des calcaires prélevés en carrière à Saint-Martin-d'Auxigny (feuille voisine au Nord) ont donné une teneur en CaCO_3 proche de 85 %, la phase argileuse étant représentée par de la kaolinite 4/10 et de l'illite 6/10.

La macrofaune est également rare si l'on excepte les lumachelles à *Exogyra virgula* et les Pholadomies disséminées çà et là. Quelques rares Ammonites heureusement bien distribués permettent de dater cette formation :

- au sommet de la première assise de calcaire lité, nous avons recueilli une Ammonite de la zone à *Autissiodorensis* (Kimméridgien supérieur) ;
- au sein des alternances de calcaires et de marnes, plusieurs exemplaires de *Gravesia* caractérisent le Portlandien.

Essai d'interprétation paléogéographique des dépôts d'âge jurassique supérieur. A l'Oxfordien supérieur, le Bassin de Paris apparaît comme un bassin peu profond, recouvert par une mer chaude. La Champagne berrichonne occupe une partie de la bordure méridionale.

Les types de dépôts que l'on y rencontre sont le résultat des diverses influences subies. En simplifiant, on peut donc, pour chaque dépôt, reconstituer les principaux éléments ou facteurs qui ont conditionné la sédimentation.

Calcaires porcelanés à pseudomorphoses de gypse : type certains niveaux de calcaire lité inférieur. Tranche d'eau très faible, température élevée qui permet la formation de gros cristaux de calcite et la précipitation des sulfates. Agitation faible. Toutefois l'association de ces niveaux avec ceux à Spongiaires pose un problème. Pour le résoudre, certains auteurs pensent à des phénomènes diagenétiques.

Calcaires crayeux oolithiques : type calcaire crayeux de Bourges. Profondeur d'eau légèrement supérieure, agitation forte qui permet la formation des oolithes. Corrélativement, l'oxygénation meilleure permet l'apparition des Polypiers. Pour résister, la coquille des Lamellibranches s'épaissit.

Calcaire oolithique, graveleux : type calcaire de Morthomiers. Mer légèrement plus profonde, plus froide que pour les calcaires crayeux. Oxygénation et luminosité encore grandes pour permettre une vie abondante.

Calcaire subrécifal à Spongiaires : type calcaire de Von. La profondeur de ces dépôts est légèrement plus grande et la température plus basse. Le milieu est également moins agité et une diagenèse intense et précoce, peut-être liée à des microorganismes, pourrait être responsable de l'édification des biohermes. Les Ammonites abondent et principalement les formes jeunes qui y trouvent à la fois nourriture et refuge. A la base des biohermes, les bancs sous-jacents sont fréquemment écrasés par suite des pressions exercées par le poids de cette accumulation sur des formations inférieures en cours de consolidation.

Au sein de ces sédiments, la fossilisation des organismes siliceux tels les Spongiaires s'accompagne de phénomènes complexes où le pH du milieu et les éléments catalyseurs jouent un rôle important. Dans un premier temps, la silice est libérée et remplacée par la calcite. Dans un second temps, elle va migrer et s'accumuler en des points privilégiés, riches en matières organiques (terriers, organismes morts), où elle remplacera la calcite et se lithifiera suivant les cas en chailles ou silix.

Calcaire crayeux : type calcaire de la Guenoisterie. Épaisseur de la tranche d'eau plus importante que pour les calcaires crayeux oolithiques, mais surtout température, agitation et luminosité plus faibles ; l'oxygénation reste grande et permet un développement intense de la vie. Ce n'est pas vrai à la carrière de la Madelaine.

Calcaires lités : type calcaire lité inférieur ou supérieur et calcaire du Barrois. Épaisseur d'eau probablement voisine ou plus forte que celle du niveau à Spongiaires. Agitation faible ou nulle. Faible luminosité et faible agitation peu propices à la vie, mais favorables à l'accumulation des carbonates nouvellement précipités.

Calcaire argileux détritique : type calcaire de la butte d'Archelet. Mer peu profonde. Instabilité du fond et apport détritique parfois en quantité suffisante pour permettre l'individualisation de niveaux marneux ou gréseux. Des niveaux centimétriques riches en débris relativement grossiers de matière organique traduisent vraisemblablement de brutales variations climatiques : périodes pluvieuses, tempêtes, petite transgression ? Périodiquement, des courants parcourent la plate-forme, rassemblant les fossiles en bancs discontinus et mêlant aux lumachelles des galets intraformationnels. A la carrière de la Madelaine, des chenaux, sur lesquels s'individualisent des biohermes, sont visibles à l'extrême base de cette formation.

Calcaire à oolithes ferrugineuses : type oolithe ferrugineuse du calcaire de la butte d'Archelet. Milieu peu différent du précédent. On remarque toutefois l'arrivée d'oolithes et de grosses Nérinées en cours d'oxydation qui s'échappent d'un milieu moins profond et plus agité et viennent se sédimenter dans ce milieu plus calme. Les autres fossiles, essentiellement Pholadomies et Brachiopodes, pourraient avoir vécu sur place.

Marnes à Exogyra virgula : type marnes de Saint-Doulchard. Le milieu assez proche de celui qui existait au sommet du dépôt des calcaires de la butte d'Archelet est soumis à des venues de produits terrigènes fins plus abondantes et plus régulières. Les séquences plus épaisses, la relative abondance de grandes Ammonites, laissent supposer qu'il était également plus profond. Au sommet de la zone à Mutabilis, l'existence d'une puissante passée de marnes noires riche en matière organique, de granulométrie très fine, sans pyrite abondante, indique un milieu réducteur, mais ouvert (présence de plancton), dans un faciès côtier relativement éloigné du littoral. L'abondance des Cupressacites et des Taxicodon indique l'existence en bordure de mer de lagune. L'absence de conifère indique un arrière-pays de faible altitude.

Remarque générale : ceci est une esquisse qui correspond à des conditions de sédimentation précises. Dans la réalité, les facteurs qui interviennent sont plus nombreux. La multiplicité des faciès intermédiaires n'a pas d'autres causes.

Crétacé

On sait encore fort peu de choses sur le Crétacé de la feuille Bourges. Plus au Nord (feuille Saint-Martin-d'Auxigny), existent de meilleures conditions d'observation. Au lieu-dit la Tranchée des Bruyères (x = 456,9 ; y = 233,4). Nous observons, de bas en haut :

- les calcaires du Barrois, fins, à patine crème d'âge portlandien inférieur ;
- le calcaire à Spatangue, argileux, brun-jaune à oolithes disséminées, non daté, mais probablement d'âge hauterivien ;
- les argiles rouges à lits de croûtes ferrugineuses attribuées au Barrémien ;
- les sables argileux jaune clair rapportés à l'Albien ;
- des sables argileux glauconieux d'âge cénomaniens.

Le Valanginien et l'Aptien ne sont pas représentés.

Sur le territoire de la feuille Bourges, le Crétacé inférieur et moyen est encore plus réduit, puisqu'il se limite aux sables et argiles bariolés du Barrémien et à des grès et poudingues glauconieux nouvellement découverts, peut-être cénomaniens, mais non datés.

n4. **Barrémien. Sables et argiles panachées.** Puissance supérieure à 6 mètres. Dans cette formation apparemment continentale, la notice de la carte à 1/80 000 Bourges signale des empreintes de fossiles marins. Nous n'avons pu les retrouver.

Au Nord de Bourges, le Barrémien est généralement masqué par les colluvions d'une formation argilo-détritique que nous attribuons à l'Éocène. Pour en faire la description, nous avons donc dû effectuer un forage que nous avons implanté à Saint-Éloy-de-Gy en x = 601,3 ; y = 239,7. De haut en bas :

- 0 à - 1 mètre : argile rougeâtre avec éléments de croûtes ferrugineuses ;
- 1 à - 2 mètres : sable brun rougeâtre argileux ;
- 2 à - 2,5 mètres : sable ocre moins argileux que le précédent ;
- 2,5 à - 3,5 mètres : argile bariolée ocre, grise, rougeâtre avec *raies* passées sableuses ;
- 3,5 à - 4,5 mètres : argile sableuse ocre, grise ;
- 4,5 à - 6 mètres : argile ocre et grise à toucher savonneux ;
- 6 à - 6,5 mètres : argile de décalcification avec rognon de calcaire portlandien ;
- 6,5 à - 7 mètres : calcaire du Barrois (Portlandien inférieur).

Remarquons que le sondage n'a pas été implanté au sommet de la formation et que la partie la plus ferrugineuse, autrefois activement exploitée, nous a vraisemblablement échappé. Autre constatation : le Barrémien est ici plus épais que plus au Nord au lieu-dit la Tranchée des Bruyères (respectivement 6 mètres ou plus et 1 mètre).

Les résultats des différentes analyses effectuées sont les suivants, de haut en bas :

0 à - 1 mètre : la kaolinite constitue la totalité de la fraction argileuse. Présence de quartz. Goethite abondante.

- 1 à - 2 mètres : idem, goethite exceptée.
- 2,5 à - 3,5 m : fraction argileuse constituée de kaolinite 4/10, smectite 4/10, illite 2/10. Présence de goethite, quartz abondants.
- 3,5 à - 4,5 m : phase argileuse identique à la précédente. Présence de goethite. Quelques quartz.
- 4,5 à - 6 mètres : diminution de la kaolinite 3/10, de la smectite. Corrélativement, augmentation de la quantité d'illite 4/10. Présence de quartz et de goethite.
- 6 à - 6,5 m : kaolinite 3/10, smectite 5/10, illite 2/10.

Remarque : l'abondance de la kaolinite dans la partie supérieure résulte vraisemblablement de phénomènes d'altération postérieurs au dépôt et non d'une différence d'apport entre les niveaux supérieurs et les niveaux inférieurs.

C1-2. **Cénomaniens non datés. Poudingue de la Pierre de Lu.** Le Cénomaniens découvert lors du présent levé et exception faite des galets issus de son démantèlement

n'est actuellement connu qu'en deux points de la feuille Bourges. L'un situé sur la commune de Marmagne en $x = 597,9$; $y = 230,6$ correspond à un bloc silicifié d'environ un mètre cube qui a été conservé dans une petite dépression (gouffre ?) du calcaire jurassique. Cet affleurement isolé pourrait être un lambeau d'une formation, plus étendue, puisque plus au Nord sur le territoire de la feuille Saint-Martin-d'Auxigny, au lieu-dit la Pierre de Lu nous avons retrouvé un affleurement plus important atteignant quelques centaines de mètres carrés.

Pétrographiquement, il s'agit d'un conglomérat silicifié d'aspect lustré. En lame mince, la roche montre des quartz hétérométriques et des fragments de silex jointifs liés par un ciment calcédonieux. Tous montrent un degré d'usure variable. Les minéraux lourds sont peu abondants. La présence d'organismes silicifiés dans la matrice du conglomérat : Échinodermes, spicules de Spongiaires, Lamellibranches, Foraminifères, et les traces de carbonates indiquent un ciment probablement carbonaté à l'origine.

Le second affleurement, situé sur la commune de Berry-Bouy en $x = 598,8$; $y = 238,7$, correspond à une accumulation de petits blocs de grès grossiers, conglomératiques, également piégés dans un gouffre.

Pétrographiquement, les échantillons montrent des éléments fins (quartz, débris de chailles) bien roulés et des éléments plus grossiers qui le sont moins. Quelques débris de coquilles également silicifiés peuvent aussi y être observés.

En l'absence de critère paléontologique, nous rattachons ces faciès à ceux voisins du Cénomaniens (feuilles à 1/50 000 Châteauroux, Selles-sur-Cher).

Formations tertiaires

A la fin des temps crétacés, la région est définitivement exondée et aussitôt soumise à une puissante érosion. Une phase de cuirassement précède une phase de remblaiement encore mal daté. Débutant à la fin des temps lutétiens, elle se poursuit pendant une partie du Bartonien. Une nouvelle phase de cuirassement précède un renouveau de l'érosion. Pour finir, des lacs s'installent dans les parties subsidentes ou plus basses et les fossilisent.

e6-7. Complexe détritique fluviatile du bois du Montet, équivalent latéral possible du complexe détritique de Brenne.

Cette formation, encore mal connue et non datée paléontologiquement, est caractérisée par des dépôts argileux sableux mal classés, riches en graviers et blocs, la taille de ces derniers pouvant être supérieure à 40 cm :

- les argiles sont grises, jaunes ou rouges, collantes quand elles sont humides ;
- les sables sont toujours argileux ; à l'affleurement leur teinte est généralement ocre ;
- les galets sont toujours siliceux : quartz, chailles dont certaines à patine noire ;
- les blocs sont constitués de grès plus ou moins grossiers et de poudingues.

Au Sud de l'Yèvre, des faciès franchement sableux ou gréseux évoquant le complexe détritique de Brenne se juxtaposent à ces dépôts.

e6-7F_e. Éocène supérieur indéterminé. Argiles parfois rubéfiées à pisolithes ferrugineuses dites sidérolithiques. Quelques mètres d'épaisseur. Sous cet ensemble, nous regroupons des dépôts *in situ* et des dépôts remaniés. Autrefois d'une grande importance économique car riches en fer, ils ont été remarquablement observés et décrits par de Grossouvre, à qui nous empruntons l'essentiel du texte ci-après.

Dépôts *in situ*. Ces dépôts, essentiellement constitués par des argiles, «... forment des nappes puissantes au milieu desquelles le minerai se trouve concentré par place en nids et amas irréguliers. Les argiles sont d'une couleur claire, grise ou blanc verdâtre, mais devenant jaune ocreux ou même rouge sanguin lorsqu'elles servent de gangue au minerai. Hors la présence du minerai, l'argile est souvent pure et presque réfractaire.

Les nids et amas de minerai se trouvent surtout à la partie inférieure du dépôt, au voisinage des roches calcaires qui supportent l'argile sidérolithique ; c'est seulement

dans cette position qu'ils se présentent dans des conditions favorables pour l'exploitation. Les nids rencontrés à un niveau supérieur sont généralement peu riches et peu puissants : ils sont reliés entre eux et avec les amas inférieurs par une série de veinules de minerai qui s'entrecroisent dans tous les sens, et forment un réseau inextricable au milieu de l'argile « sidérolithique »... Les dépôts inférieurs constituent tantôt de petites poches, tantôt des amas lenticulaires, tantôt des traînées allongées dans un seul sens...».

Le minerai se présente d'ordinaire en grains libres disséminés dans une gangue argileuse ; parfois ceux-ci sont agglomérés par un ciment ferrugineux en rognons plus ou moins volumineux, nommés par les mineurs *callots*.

L'analyse chimique d'un échantillon de ce minerai dans les laboratoires du B.R.G.M. donne les résultats suivants : Fe_2O_3 : 66,10 % ; FeO : 0,10 % ; MgO : 0,25 % ; SiO_2 : 10,50 % ; Al_2O_3 : 14,10 %. Ces résultats peuvent être généralisés car ils diffèrent peu de ceux publiés par de Grossouvre en 1886. Toujours selon cet auteur, il faut remarquer « que plus les grains de minerai sont gros, moins ils sont réguliers et riches...».

Notons encore quelques concentrations de manganèse et de cobalt qui constituent des pisolithes friables noires. La teneur en soufre est faible, depuis de simples traces jusqu'à 0,4 %. Des traces de zinc ont été observées dans les embrasures des tuyères des hauts fourneaux.

Dépôts remaniés. Ces dépôts sont formés « par une argile plastique ocreuse, veinée de blanc, dans laquelle sont empâtés les grains de minerai » de fer. Ils remplissent toutes les cavités du réseau karstique. Généralement, une fente verticale large de quelques décimètres, remplie d'argile à minerai, prolonge la cavité à ses parties inférieure et supérieure. L'alignement de ces cavités suivant une direction nord-sud est assez général.

Ces dépôts ont pu être remaniés à différentes époques. Nous avons retrouvé le faciès le plus typique, rouge violacé, dans les calcaires lacustres et même très localement dans le Quaternaire.

e7-g1.2. Ludien—Stampien. Calcaires lacustres du Berry. Épaisseur maximale 30 mètres. Ce sont des calcaires gris-blanc, massifs, non gélifs, avec des structures diverses : compactes, bréchiques, rubanées, vermiculées. Les faciès fins sont rares. A la base ils renferment parfois des pisolithes ferrugineuses bien utiles pour les distinguer des calcaires jurassiques. Les faciès bréchiques sont presque toujours surimposés aux faciès rubanés ou vermiculés. Les premiers correspondent à des constructions algaires stromatolitiques, les seconds montrent des tubulures dans lesquelles sont incrustées des argiles noirâtres ou verdâtres. L'origine des tubulures doit être recherchée dans la destruction d'éléments végétaux (racines, bases de tige) ou la fossilisation de terriers d'animaux fouisseurs comme les vers. Aux faciès vermiculés est associée une riche faune de Gastéropodes : *Helix*, Lymnées, Planorbis, Hydrobies.

Ces calcaires peuvent être partiellement silicifiés. Dans ce dernier cas, la conservation des textures originelles prouve l'origine diagénétique de la silicification.

La découverte en différents points de la commune de Marmagne d'un faciès conglomératique à éléments siliceux, quartz, chailles et ciment de calcaire lacustre pose quelques problèmes. Voici les éléments et observations que nous avons recueillis :

- ce niveau est intra-lacustre. La base des calcaires lacustres lui est antérieure et le sommet de ces mêmes dépôts lui est postérieur ;
- les éléments siliceux sont toujours dispersés et il n'existe pas d'éléments plus fins que les quartz (remarque de Cl. Cavalier) ;
- ce conglomérat apparaît comme une couronne discontinue autour du bois du Château ($x = 596$; $y = 232$), sorte de paléorelief à substratum kimméridgien ou éocène détritique sur lequel transgresse le dépôt lacustre.

L'interprétation que nous donnons de tous ces éléments est la suivante :

- exondation et érosion sans aplanissement post-kimméridgien,
- remblaiement par une formation fluviatile détritique éocène moyen mais plus vraisemblablement supérieur,
- nouvelle phase d'érosion et effondrement localisé permettant l'installation d'un lac. Une érosion probablement faible, éboulement, entraîne à certains moments quelques matériaux dans l'eau.

Les éléments siliceux dispersés dans le calcaire lacustre à proximité du bois du Château n'ont pas d'autre origine.

En laboratoire, l'analyse des calcaires lacustres montre qu'ils renferment 85 % de CaCO_3 . Dans la fraction argileuse, nous trouvons kaolinite 2/10, smectite 7/10 et illite 1/10. Des analyses anciennes effectuées sur les marnes associées donnent des pourcentages de CaCO_3 identiques : 85 à 87 %.

Ces calcaires sont en outre connus par la présence en leur sein d'une substance minérale rare appelée *quincyte*, localisée au centre du bassin. Par suite du manque d'affleurement, il n'a pas été possible de déterminer, d'une part si la minéralisation affectait toujours le même horizon, d'autre part si cette minéralisation était continue ou discontinue.

Minéralogiquement, la quincyte est une variété de sépiolite colorée en rose carmin par une substance organique. Elle se trouve à l'état dispersé dans un calcaire lacustre parfois silicifié. Sa teneur dans la roche est d'environ 0,5 %. Examinée au microscope électronique à transmission, la quincyte se présente en paillettes cristallines de quelques centaines de microns.

Sur le terrain, la quincyte frappe par la vivacité de sa teinte. Elle est inaltérée par les agents atmosphériques. Au laboratoire, l'action directe des solvants organiques est sans effet. Soumise à une attaque fluorhydrique, la quincyte livre une substance colorante, de nature organique. L'étude préliminaire entreprise à l'Institut français du Pétrole permet de dégager les remarques suivantes :

- « — La couleur de la quincyte est due à plusieurs colorants.
- Ces matières colorantes ne sont pas des porphyrines.
- La présence d'acide organique incite à supposer une origine végétale à ces colorants.
- L'acide O— phtalique a été reconnu. Cet acide n'existe pas à l'état libre dans le monde vivant, il provient sans doute de l'oxydation de molécules aromatiques existant dans les organismes végétaux... Sa présence révèle un milieu oxydant à un moment donné de l'histoire du sédiment... ».

Une étude complémentaire a été entreprise à l'Organic Geochemistry Unit de Bristol. Elle a conclu que les colorants se trouvent dans une gamme de composés aromatiques, étroitement liés les uns aux autres, contenant de l'oxygène.

La plupart des colorants isolés consistent en produits de décomposition. Ils possèdent le même chromophore qui est un système aromatique fortement conjugué, peut-être un quinone. Ces colorants sont vraisemblablement liés chimiquement à la roche.

A la différence des dépôts continentaux détritiques antérieurs, le calcaire lacustre est fossilifère. Nous y avons recueilli une riche faune de Gastéropodes : Lymnées, Planorbis, Hydrobies, *Helix*. Des Characées étaient associées aux niveaux argileux de base.

A la Chapelle-Saint-Ursin, C. Guillemain a récolté une flore constituée par : *Harri-sichara tuberculata*, *Rhabdochara cf. cauliculosa*, *Sphaerochara cf. hirmeri*.

A Saint-Florent, nous avons recueilli des Gyrogonites incomplètes et très usées : *Tectochara cylindrica* (Madler) = *Chara cylindrica* (Gramb.), *Tectochara tornata* (Reid et Groves) Madler = *Chara tornata* (Gramb.), *Chara cf. microcera*.

La première flore caractérise la partie moyenne ou supérieure de la zone de Bembridge, âge proche de la limite Éocène—Oligocène, et la seconde, plus récente, appartient à la zone de Fontainebleau (Stampien supérieur). Le relatif éloignement des

points datés, la discontinuité des affleurements ne nous permettent pas de préciser si les deux niveaux datés appartiennent à un épisode lacustre de grande ampleur ou à deux épisodes successifs séparés par une période plus sèche.

Terrains plio-quaternaires

En pratique, tous les résultats de laboratoire, analyse granulométrique, morphoscopie, étude morphométrique ont été empruntés à la thèse de Malterre, intitulée : Les formations superficielles de la carte Bourges à 1/50 000.

Ces données ont été complétées par nos observations personnelles. L'interprétation des faits, les conclusions sont également différentes et ne peuvent engager la responsabilité de Malterre.

p ? **Sables de Coudray**, équivalent possible des sables de Rosières. Cette formation piégée dans un gouffre du Jurassique a été rattachée aux sables de Rosières par Douvillé. Les analogies de faciès et l'identité de position sont les seuls arguments de l'auteur. Les sables de Coudray sont très riches en quartz (70 % de la formation). Des débris de chailles (10 à 15 %), des feldspaths généralement altérés et quelques micas leur sont associés.

Les granulométries montrent une prédominance de la fraction argileuse.

N° éch.	R	s.g.	s.f.	L	CaCO ₃
J 581	9,17	53,45	11,68	24,70	0
J 582	1,18	62,59	11,16	25,07	0

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
J 581	1,20	0,27	0,56	3,40	- 0,10
J 582	0,64	0,24	0,38	2,05	- 0,15

Les médianes montrent des sables moyennement grossiers, relativement bien classés par rapport aux formations sableuses de la région. La tendance au meilleur classement du côté le plus fin est constante.

Les sables du Coudray montrent des quartz toujours subanguleux avec un très léger émoussé pour la classe des NU, les grains RM montrant un picotis important.

La prédominance des éléments fins, leur meilleur classement, le faible pourcentage des rudites et leur petite taille distinguent ces formations des alluvions plus récentes type Fv.

Toutefois, il est possible que le matériel observé diffère par suite d'une remobilisation partielle consécutive à l'entraînement au sein du réseau karstique.

Les sables de Coudray sont azoïques. Il nous est donc impossible de confirmer ou d'infirmer les corrélations établies par Douvillé.

Fv. Alluvions anciennes. Sables roux de Castelnau et sables roux de Villaine. Ces deux formations sont liées à des rivières différentes. Elles doivent donc, bien que peu différentes, être étudiées séparément.

Sables roux de Castelnau. Épaisseur maximale 5 à 6 mètres. L'ensemble de la formation est conservée sur la rive gauche du Cher, à l'exception d'un petit lambeau situé au Nord de Quincy. Sa teinte est rousse caractéristique et elle est composée de sables, graviers ou galets emballés dans une matrice argileuse. Les sables sont essentiellement quartzeux, les graviers et galets sont siliceux (quartz, chailles jurassiques, accessoirement éléments de roches éruptives : granite, gneiss, etc.).

Les meilleures carrières pour observer cette formation se situent à la limite des feuilles à 1/50 000 Vatan et Vierzon. On y distingue un horizon fin encadré par des horizons plus grossiers. Des traces de chenaux y sont visibles. Cartographiquement, une

traînée riche en galets suit la rive gauche du Cher. Nous avons observé une traînée identique sur le territoire de la feuille Vatan sur la rive droite de l'Arnon. Apparemment, ce sont ces traînées qui autrefois ont été partiellement représentées en a1 sur la carte à 1/80 000 Bourges. Deux interprétations sont possibles. Ces traînées correspondent à des alluvions différentes des alluvions Fv. Ces traînées sont dues à une concentration secondaire des éléments grossiers contenus dans Fv, concentration obtenue après entraînement des éléments fins. Ces deux hypothèses ne sont pas totalement contradictoires et il est vraisemblable que, suivant les lieux, l'un ou l'autre de ces phénomènes prédomine.

A Champigny (x = 589,1 ; y = 227,9), nous avons récolté à 50 centimètres de profondeur dans un talus de fondation une pointe de flèche brisée. La faible altitude : 130 m incite à penser que cette flèche doit dater non pas le dépôt des alluvions Fv, mais un remaniement postérieur de ces dépôts.

Aucun autre outillage, aucun argument paléontologique ne permettent actuellement de dater cette formation.

Sables roux de Villaine. Environ 2 mètres d'épaisseur. Ces sables sont conservés au Nord de Bourges principalement sur le territoire de la commune d'Asnières. Ils sont argileux, de teinte brun-roux et d'apparence mal classés. A Villaine, plusieurs carrières abandonnées sont encore visibles. A la base des chailles rubéfiées peuvent atteindre 15 centimètres de diamètre.

Dans la masse des quartz, d'autres chailles, des pisolithes ferrugineuses, de rares éléments granitiques et d'aussi rares éléments calcaires. La matrice argilo-sableuse est formée de quartz, de feldspaths et d'argile. La partie supérieure est lessivée. Les pisolithes y paraissent plus abondantes.

Les granulométries confirment l'apparence mal classée et le caractère argileux. Curieusement, la partie grossière paraît mieux classée que la partie fine.

N° éch.	R	A	L
B 171	19,30	62,40	18,30
B 191	25,72	56,46	17,55
B 1911	24,18	49,18	26,03

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
B 171	1,6	0,17	0,58	4,9	0,3
B 191	2,0	0,40	0,95	3,5	0,25
B 1911	1,96	0,04	0,61	8,2	3,17

Les morphoscopies montrent des grains NU subanguleux luisants. La classe des EL contient des grains mal arrondis mais à aspect très luisant. L'éolisation très faible est marquée en surface sur les grains RM. Elle se retrouve sur les quartz de 0,5 mm à 1 mm.

N° éch.	NU	EL	RM
B 171	79	11	10
B 191	80	9	11
B 1911	76	12	12

L'altitude de ces alluvions : 150 mètres, leur faciès excepté quelques caractères locaux hérités : grosses chailles, pisolithes ferrugineuses, les rapprochent des sables

de Castelnau. Il faut donc voir en elles un lambeau témoin d'une pré-Yèvre au parcours quelque peu distinct de celui de la rivière actuelle. Comme leur homologue du Cher, ces alluvions ne sont pas datées.

Fw. Alluvions anciennes de l'Yèvre, du Cher et de l'Annain

Sables et graves rouges des Chailloux brûlés (vallée de l'Yèvre). Épaisseur maximale 1 à 2 mètres. Ces alluvions localisées sur la rive gauche de l'Yèvre, à environ 10 à 15 m au-dessus du flat sont formées de sables rubéfiés, quartz, feldspaths, et de galets en majorité calcaires. Quelques rares pisolithes ferrugineuses s'observent par place, et principalement à la base de la formation.

Des débris de chailles et d'éléments granitiques peuvent également s'y trouver. Les galets sont assez petits, 2 à 3 centimètres de diamètre maximum, et très aplatis lorsqu'ils sont calcaires. Des stratifications obliques existent localement. Une décalcification irrégulière, avec poches, tassements, affecte la partie supérieure de ce dépôt sur 0,50 à plus d'un mètre.

En amont dans la ville de Bourges, sur les deux rives de l'Auron, des terrasses recouvertes d'une mince pellicule sableuse doivent être rattachées à cette formation. Ces alluvions sont très grossières, mal classées, principalement les éléments les plus gros souvent calcaires. On note un mode principal à 0,450 mm correspondant aux sables quartzeux et un mode secondaire à 7,5 mm correspondant aux éléments calcaires.

N° éch.	R	A	L	CaCO ₃
D 711	40,09	57,16	2,75	39
D 712	46,32	50,73	2,95	36,9

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
D 711	8,0	0,43	0,93	6,32	- 2,95
D 712	7,2	0,46	1,5	6,05	- 0,65

L'étude morphoscopique montre des grains NU subanguleux, luisants ; la classe des EL contient des grains très luisants et mal émoussés, alors que les quartz RM sont sub-émoussés mats, parfois très francs ; le maximum d'éolisation apparaît à 0,700 mm. Ces alluvions, en position de plateau lors des dernières phases glaciaires, étaient très exposées à toute action climatique et ont subi l'influence de vents puissants puisque l'éolisation maximum habituellement observée sur les tailles de 0,400 mm est notée sur des tailles de 0,700 mm.

Tailles	NU	EL	RM
0,500 à 1,00 mm	40	7	53
0,315 à 0,500 mm	53	13	34
0,160 à 0,315 mm	63	15	22

Les mesures de morphométrie ont été centrées sur les tailles de 25 mm ; les aplatissements sont très forts, de même que les émoussés montrant un transport fluvial relativement important des éléments rattachés au substratum.

Indices	Minimum	Médiane	Maximum
Indice d'aplatissement	1,5	3,6	7,0
Indice d'émoussé	83	261	500

Sables et galets de Sainte-Thorette, vallée du Cher. Épaisseur 50 centimètres. Au Nord de Sainte-Thorette, sur la rive droite du Cher, un petit affleurement retient l'attention. Situé à 15 mètres au-dessus de la rivière, il est constitué d'éléments relativement grossiers, chailles, quartz et galets calcaires emballés dans une matrice sableuse. L'altitude

du dépôt, la présence de galets calcaires en font un équivalent des sables et graves rouges de l'Yèvre (Fw). D'autres lambeaux de ces alluvions doivent vraisemblablement exister, mais leur mise en évidence est difficile par suite du colluvionnement d'alluvions anciennes de plus haut niveau.

Sables et graves de l'Annain. Épaisseur environ 5 mètres. Ils affleurent d'une manière continue entre les vallées de l'Annain et du ruisseau des Sandins. La pente actuelle indique un écoulement en direction du Sud-Est. Un phénomène de capture accompagnée ou non d'une déformation tectonique peut seul expliquer la position actuelle de ces alluvions à cheval sur deux bassins versants indépendants. Dominant les flats des rivières d'une dizaine de mètres, ce sont des sables de teinte brun-ocre quartzeux (60 %) à rares feldspaths, mal roulés. Ils sont accompagnés : de chailles, 20 à 25 % de la formation, souvent cassées et rubéfiées, de grains ou pisolithes ferrugineux préférentiellement concentrés dans certains lits, de lentilles argileuses de teinte plus claire, parfois grise. En outre, à la carrière de Rongin, nous avons observé la présence :

- à la base et dans des lits plus grossiers, de petits galets calcaires d'environ 2 mm de diamètre associés à des galets de cuirasse sidérolithique rouge de 3 à 4 mm de diamètre, et quelques galets gréseux ;
- dans la partie supérieure mais non terminale, de biseaux à matériel plus grossier ;
- au sommet, un niveau de sables fins grisâtres, argileux, à chailles brisées de 3 à 4 centimètres de diamètre et bandes noires d'altération doit être interprété avec prudence, des phénomènes pédogénétiques et colluviaux pouvant être responsables de son aspect, voire de son existence.

Les granulométries confirment la prédominance des sables et le caractère grossier de ces dépôts. Les niveaux les plus grossiers sont les mieux classés.

N° éch.	R	A	L
A 131	21,21	65,04	13,75
A 1313	1,21	83,96	15,24
B 1610	7,24	73,38	12,92
B 1611	9,17	69,26	18,48

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
A 131	1,79	0,41	0,03	3,16	0,34
A 1313	0,74	0,24	0,47	2,30	0,40
B 1610	1,05	0,30	0,63	2,60	0,60
B 1611	1,15	0,26	0,56	3,40	0,00

L'étude morphoscopique montre que les grains NU sont subanguleux luisants, les grains EL sont très luisants mais peu émoussés. Dans la classe des RM les grains bien arrondis ont une surface dépolie nette (15 % des grains sont éolisés). En sondage, des différences s'observent. Les quartz sont sub-anguleux et leur surface est nettement picotée.

N° éch.	NU	EL	RM
A 131	77	11	12
A 1313	76	10	14
B 1610	75	7	18
B 1611	80	6	14

L'étude succincte des minéraux lourds montre un enrichissement des fractions les plus fines.

Ces alluvions de l'Yèvre, du Cher et de l'Annain dominant d'une dizaine de mètres le flat des rivières nourricières. Les faciès sont peu différents, sauf à Sainte-Thorette où toutefois l'absence de coupe empêche toute étude. Pour ces raisons, nous considérons ces alluvions comme de même âge, sans toutefois pouvoir le préciser, aucun élément de datation n'étant en notre possession.

Tailles	NU	EL	RM
A : 0,500 à 1,00 mm	67	6	27
B : 0,315 à 0,500 mm	56	10	34
C : 0,160 à 0,315 mm	71	10	19

L'étude morphométrique a été centrée autour des tailles voisines de 25 mm ; l'aplatissement est élevé ainsi que l'émoûssé ; les apports d'amont apparaissent prédominants.

Indices	Minimum	Médiane	Maximum
Indice d'aplatissement	1,4	3,6	6,2
Indice d'émoûssé	90	281	500

Alluvions de l'Auron. On les connaît au Sud du Porche, au confluent de l'Auron et de la Rampenne. Elles sont composées de quartz (40 % environ), de feldspaths (5 à 10 %), d'éléments granitiques, de chailles parfois rubéfiées et de rares débris de pisolithes ferrugineuses. Les galets calcaires sont orientés suivant le sens du courant. Ils sont redressés dans la partie supérieure de la gravière. Le paléosol décalcifié offre les mêmes caractéristiques que pour l'Yèvre.

Ces alluvions sont grossières, mal classées. La fraction sableuse, toujours mieux classée, a un mode à 0,500 mm, tandis que les éléments calcaires sont bien représentés à 6,5 mm. Les courbes cumulatives sont très plates dans les grandes tailles, peu abondantes pour l'Auron.

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq	R	A	L	CaCO ₃
G 201	3,1	0,50	1,00	4,00	- 1	35,60	59,97	5,43	42,50
G 2012	2,5	0,44	0,84	3,8	- 1	30,68	54,36	4,96	46,35
G 2013	4,2	0,54	1,2	4,4	- 0,85	39,46	56,32	4,22	43,40

L'étude morphoscopique montre des grains NU légèrement picotés en surface et subanguleux ; les grains EL possèdent un émoûssé très grossier, alors que quelques émoûssés mats sont notés parmi les RM. L'éolisation est faible.

Fx. Alluvions anciennes de l'Yèvre, de l'Auron et du Cher. Sables et graves jaunes. Épaisseur supérieure à 3 mètres.

Alluvions de l'Yèvre. Elles se situent à environ 3 mètres au-dessus de la plaine alluviale. Les principaux lambeaux sont visibles à Pierrelay, Marmagne et les Varennes. Aux Varennes, ces alluvions silico-calcaires comprennent un fort pourcentage d'éléments calcaires aplatis et arrondis, assez souvent nettement redressés, surtout vers le haut de la coupe (50 % environ) ; les quartz sont assez roulés dans les tailles supérieures à 2 mm (40 à 50 %) ; on note des fragments de chailles ainsi que des pisolithes ferrugineuses (5 %).

Au sommet s'observe un paléosol (40 à 70 cm) qui contient des éléments cristallins : sables grossiers rougeâtres, quartzeux (70 %), feldspathiques, des éléments granitiques, quelques chailles et des pisolithes ferrugineuses. Des lambeaux de la partie inférieure subsistent, non décalcifiés. En bordure des poches d'altération ou des lambeaux conservés, les éléments calcaires montrent en surface une poudre carbonatée de début d'altération.

Ces alluvions sont très grossières et mal classées. On notera le fort pourcentage de rudites, calcaires et chailles. Les teneurs en calcaire justifient le terme de matériau silico-calcaire.

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq	R	A	L	CaCO ₃
C 611	16,6	0,65	6,7	6,9	3,05	60,98	37,52	1,50	43,60
C 612	8,40	0,70	3,2	5,4	1,30	56,72	42,11	1,17	49,50
D 115	7,00	0,80	3,15	4,7	1,30	56,35	42,99	1,66	49,18

L'étude morphoscopique montre dans la classe des NU des grains subanguleux assez luisants. Les EL sont peu caractéristiques, mal émoussés mais très luisants. Dans les RM de la fraction A, un grain sur quatre possède une éolisation bien marquée. Les autres sont subanguleux à subémoussés et présentent un picotis intense sur la surface du grain. L'éolisation maximale est atteinte pour des tailles de 0,400 mm.

N° éch.	NU	EL	RM
G 201	70	14	16
G 2012	76	9	15
G 2013	78	8	14

Les éléments calcaires montrent un bon aplatissement, mais l'émoussé est assez moyen.

Indices	Minimum	Médiane	Maximum
Indice d'aplatissement	1,6	3,9	7,1
Indice d'émoussé	14	100	270

L'étude de la composition, du classement, de la morphoscopie et de la morphométrie fait ressortir une parenté nette quant à leur origine avec les alluvions de même niveau de l'Yèvre. L'altération, la rubéfaction de la partie supérieure résultent d'un même phénomène, à savoir une décalcification du matériel silico-calcaire primitif par des phénomènes paléopédologiques.

L'âge de ces alluvions est encore mal défini. Leur situation à proximité de la plaine alluviale et à une altitude peu supérieure indique qu'elles sont immédiatement antérieures au dernier creusement. L'altération paléopédologique peut être un argument supplémentaire ; cependant, il peut s'agir tout aussi bien d'une altération plus récente liée à des conditions de milieu que d'une altération liée à une époque déterminée. Pour notre part, nous avons noté la présence dans ces alluvions de grèzes périglaciaires, ce qui indique une mise en place postérieure à celle des grèzes, ou contemporaine dans le meilleur des cas.

Soulignons que des observations identiques ont déjà été effectuées sur le territoire des feuilles Châteauroux et Issoudun. Par ailleurs, R. Dion et M. Lebras ont signalé au sommet de ces mêmes niveaux (feuille Châteauroux) des traces d'action éolienne. Celle-ci est vraisemblablement d'âge würm (cf. feuille Châteauroux), donc postérieure à la mise en place de ces alluvions.

Fy-z. Alluvions anciennes, subactuelles et actuelles. Le sommet de ces dépôts en majeure partie noyés forme le flat ou plaines alluviales des rivières.

Alluvions du Cher. De Saint-Florent au confluent de l'Yèvre, le lit du Cher est entaillé dans des formations calcaires.

La largeur de la vallée croît inégalement du Sud au Nord. Elle est étroite à l'amont immédiat de Saint-Florent (300 mètres), large d'environ 800 mètres à l'amont de Fublaine et de 1500 mètres en amont de Quincy. Par place à Quincy, Preuilly, des niveaux plus résistants forment des goulets d'étranglement. En photo-interprétation (M. Lafage), on distingue des paléochenaux qui soulignent l'enfoncement du Cher dans ses propres alluvions.

Qualitativement en amont, ces alluvions sont siliceuses, quartz et chailles. En aval, elles se chargent progressivement en éléments calcaires. A Saint-Florent, la teneur en calcaire dans la fraction > à 5 mm passe à 45 %, mais simultanément la proportion de graviers diminue. A Villeneuve-sur-Cher, les proportions d'éléments calcaires sont de 1 à 5 % de 0 à 6,3 mm, 3 à 10 % de 6,3 à 20 mm, < à 20 % au-delà de 20 mm. Vers Quincy, le pourcentage de calcaire peut atteindre 35 à 40 % de la masse. Localement apparaissent des concentrations de pisolithes ferrugineuses provenant du démantèlement des dépôts sidérolithiques.

L'étude granulométrique montre que ces alluvions sont grossières et mal classées.

N° éch.	R	A	L
B 11	76,84	21,66	1,50
B 12	36,19	63,25	0,56

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
B 12	30,0	2,3	12,5	5,6	1,70
B 11	2,8	0,55	1,25	3,4	0,1

De l'amont à l'aval, les alluvions s'appauvrissent en éléments grossiers. A Saint-Amand, la fraction > à 5 mm est de 25 % ; elle passe à 15 % en aval de Châteauneuf, puis à 10 % à Saint-Florent, enfin à 8 % à Brinay.

L'étude morphoscopique montre des grains NU subanguleux luisants avec parfois un très léger picotis sur une ou plusieurs faces ; les grains EL sont très luisants mais très peu émoussés, alors que la classe des RM comprend surtout des quartz subanguleux à aspect mat relativement prononcé.

L'étude morphométrique sur les éléments calcaires d'une taille supérieure à 15 mm a donné les résultats suivants :

Indices	Minimum	Médiane	Maximum
Indice d'aplatissement	1,5	3,6	7,1
Indice d'émoussé	45	152	440

Le commentaire est difficile, car Malterre n'a pas tenu compte de l'origine marine ou lacustre des calcaires mesurés, de leur densité, de leur débit en plaquettes ou en blocs, des distances parcourues (de quelques mètres à plusieurs kilomètres), du pourcentage d'éléments siliceux abrasifs dans le sédiment.

Alluvions de l'Yèvre. En amont du confluent avec l'Auron, la plaine de l'Yèvre est large de 5 à 600 mètres. Les alluvions qui en forment le substratum sont grossières, 40 à 80 % de la masse totale. Dans la classe des rudites, les éléments sont exclusivement calcaires. Les parties marécageuses sont plus riches en éléments fins et ont une composition proche des tourbes (éch. E 262).

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
D 28	4,8	1,4	2,55	2,65	0,05
D 2712	10,8	3	6,40	2,80	0,45
E 262	3,8	1,2	2,30	2,40	0,40

N° éch.	R	A	L	CaCO ₃
D 28	58,21	31,79	10	96,81
D 2712	80,95	11,12	7,93	98,42
E 262	38,50	28,09	30,92	94,49

L'étude morphoscopique montre des grains NU subanguleux accompagnés d'un léger picotis. Les EL sont peu émoussés. Dans les RM on a compté 80 à 85 % des grains avec un picotis très intense et des arêtes atténuées. La part restante est représentée par des émoussés mats.

N° éch.	NU	EL	RM
D 28	37	4	59
D 2712	50	8	42

L'étude morphométrique a été réalisée plus à l'Est, dans la région de Moulins-sur-Yèvre. Elle suscite les mêmes réserves que pour le Cher. Pour cette raison, nous n'en commenterons pas les résultats donnés ci-dessous :

Indices	Minimum	Médiane	Maximum
Indice d'aplatissement	1,2	2,5	7,7
Indice d'émoussé	42	138	265

En aval du confluent avec l'Auron, les alluvions se chargent en éléments siliceux (quartz, feldspaths et éléments granitiques), ceux-ci pouvant atteindre 50 % du total. Ces alluvions restent grossières, mal classées, avec une proportion de rudite et d'arénite équivalente. Les courbes cumulatives sont bimodales avec un mode à 7 mm qui correspond aux éléments calcaires et un autre vers 0,500 pour les sables quartzeux.

N° éch.	R	A	L	CaCO ₃
E 153	43,78	51,24	4,98	36,80
E 154	55,10	41,85	3,05	42,50
B 81	43,70	54,61	1,69	39,90

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
E 153	10	0,43	1,2	6,8	-2,1
E 154	17	0,68	5	7	1,55
B 81	7	0,50	1,25	5,7	-1,7

Alluvions de l'Auron. Elles sont silico-calcaires avec une légère prédominance des éléments siliceux : quartz, feldspaths, éléments granitiques et chailles. L'étude granulométrique montre des valeurs comparables à celle de l'Yèvre en aval de Bourges. Les courbes cumulatives sont bimodales avec un mode à 6 mm, plus petit que celui de l'Yèvre inférieur, représenté par les éléments calcaires, et un mode à 0,500 pour les sables.

N° éch.	R	A	L	CaCO ₃
J 262	13,52	71,50	4,98	19,54
G 2011	47,31	49,22	3,47	50,53
G 204	41,92	55,03	3,05	45,90

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
J 262	0,70	0,41	0,52	1,15	-0,15
G 2011	5,50	0,60	1,70	4,80	-0,30
G 204	5,80	0,51	1,25	5,20	-1,30

Alluvions des ruisseaux. Elles sont semblables à celles de l'Yèvre en amont de Bourges et, dans certains cas, légèrement différentes à cause du remaniement de formations tertiaires ou quaternaires. Généralement on note un enrichissement en éléments fins dû au plus faible débit de ces cours d'eau.

Alluvions et colluvions des fonds de vallons. Ces vallons sont occupés par des alluvions dans la partie inférieure des plus importants et par des colluvions de fond de vallons partout ailleurs. Le passage des alluvions aux colluvions, quand il existe, est toujours progressif et ne peut être indiqué. Quel que soit le cas, ces dépôts sont peu épais,

généralement inférieurs à un mètre. Leur largeur est également faible et parfois ils se confondent avec les colluvions de l'un des versants.

Leur cartographie s'identifie à celle du réseau naturel de drainage. A l'échelle de la carte, elle permet de lire plus aisément la dissymétrie des versants et montre l'érosion en « doigts de gants » des formations superficielles. A l'échelle régionale, elle apporte des éléments sur la structure de la région, les directions préférentielles de drainage, les directions tectoniques, les panneaux abaissés ou partiellement basculés.

GP. Dépôts cryoclastiques calcaires de plateau et de versant (grèzes). Épaisseur variable : 0,40 à plus de 5 mètres. Sous l'action du froid, certains calcaires dits gélifs peuvent se déliter en éléments plus petits. L'accumulation à certaines périodes de ces cailloutis constitue les grèzes. Deux types de dépôts prédominent : les grèzes de versant, les grèzes de plateau.

Grèzes de versant. Elles sont constituées de petits éléments centimétriques, aplatis, sub-anguleux, de teinte claire. Une cimentation secondaire s'observe dans les niveaux les plus proches de la surface.

L'indice d'aplatissement mesuré successivement sur des éléments de 20 mm, de 10 mm et de 5 mm donne les résultats suivants :

– éléments de 20 mm

Indice d'aplatissement			
N° éch.	Minimum	Médiane	Maximum
J 261	3,4	5,6	7,2

– éléments de 10 mm

Indice d'aplatissement			
N° éch.	Minimum	Médiane	Maximum
J 261	3,0	4,4	5,9
H 231	3,1	4,4	6,5

– éléments de 5 mm

Indice d'aplatissement			
N° éch.	Minimum	Médiane	Maximum
J 252	1,3	3,3	5,2
J 261	1,9	3,2	5,3
J 271	1,0	3,2	5,2
H 231	1,6	3,7	6,6

Ces résultats montrent la diminution normale des médianes avec les tailles, ainsi que les faibles variations des valeurs des médianes pour une taille donnée. La fraction la plus petite, de la taille des sables, comporte en plus des quartz (pourcentage de l'ordre de 5 %) et de rares débris de pisolithes ferrugineuses.

Des lits plus argileux généralement très minces, centimétriques, souvent discontinus, séparent les lits de cailloutis. Ils donnent à la formation un aspect stratifié et rendent visibles les phénomènes de solifluxion.

La proportion d'éléments fins dans les grèzes est variable. Ci-dessous les résultats d'analyse de 6 échantillons :

N° éch.	Fraction > 2 mm	Fr. de 2 mm à 0,050 mm	Fr. de 2 mm à 0,200 mm	Fr. de 0,200 à 0,050 mm
J 252	79,98	10,57	9,52	1,05
J 261	80,93	10,60	7,67	2,93
J 271	74,75	10,79	8,75	2,04
H 231	76,76	3,24	2,43	0,81
J 2521	50,97	16,67	12,99	3,68
H 2311	36,35	27,52	22,78	4,84

Les éléments supérieurs à 2 mm sont prépondérants. Le pourcentage correspondant aux lutites est relativement faible, sauf dans l'échantillon H 231 où l'on note un enrichissement en fraction inférieure à 50 microns au détriment de la fraction de 2 mm à 50 microns. Les fractions correspondant aux sables grossiers montrent toujours une valeur très nettement supérieure à la fraction correspondant aux sables fins. Les deux derniers échantillons représentent des niveaux plus argileux, d'épaisseur centimétrique.

Fait intéressant et nouveau dans la région, Malterre signale des niveaux ou lentilles riches en sables éolisés au sein des grèzes. A moins qu'il ne s'agisse d'un remaniement fluvial alors sans intérêt, ce fait indiquerait une certaine contemporanéité entre les accumulations de grèzes et les actions éoliennes. Une question toutefois : pourquoi ce phénomène, s'il existe, n'est pas plus général ?

Les matériaux constitutifs de ces grèzes, et notamment la fraction la plus grossière, sont généralement bien classés. Les quatre analyses ci-dessous en témoignent.

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq
J 252	5,1	2,3	3,7	1,70	0,20
J 261	6,9	2,8	5,1	2,40	0,70
J 271	5,8	2	3,9	2,25	0,65
H 231	7,3	2,4	5,2	1,40	0,90

Ces grèzes, absence de dépôt ou érosion, se rencontrent sur les seuls versants ouest, nord-ouest et sud-ouest. La pente du dépôt est toujours faible (5 à 30°).

Grèzes de plateaux. Elles sont formées de plaquettes calcaires sub-anguleuses, de teinte claire, souvent de taille inférieure à celle des grèzes litées. Les débris de pisolithes ferrugineuses sont peu abondants.

Localement, on note un pourcentage de sables quartzeux pouvant atteindre 10 %.

En granulométrie, les pourcentages des fractions correspondant aux rudites sont toujours faibles, alors que la fraction de 2 à 0,05 mm est plus forte que pour les grèzes de versant ; cependant le rapport des fractions de 2 à 0,200 mm et de 0,200 à 0,05 mm reste du même ordre.

N° éch.	Fraction > 2 mm	Fr. de 2 mm à 0,050 mm	Fr. de 2 mm à 0,200 mm	Fr. de 0,200 à 0,050 mm
A 252	29,11	22,41	18,69	3,72
H 273	22,91	23,07	18,14	4,93

Par ailleurs, le pourcentage élevé de la fraction (argile + limons) environ 50 % peut être dû à un mélange grèzes et limons, les deux formations peu épaisses étant toujours étroitement associées dans un même gisement.

Les indices granulométriques ont des valeurs comparables à ceux des grèzes litées, avec un bon classement pour les éléments de taille supérieure à 2 mm.

N° éch.	Q1	Q3	Md	Hq	Asq	CaCO ₃
A 252	2,4	0,003	0,08	14,4	- 0,4	86,51
H 273	1,8	0,003	0,038	13,8	- 3	94,07

Les mesures d'indices d'aplatissement ont porté sur des tailles supérieures à 5 mm et inférieures à 10 mm.

N° éch.	Minimum	Médiane	Maximum
A 252	1,7	2,9	5,4
H 273	1,35	3,1	5,5

Les valeurs des médianes sont fortes et restent très peu inférieures à celles des grèzes de versant.

Les auteurs s'accordent en général pour admettre que les conditions périglaciaires avec enneigements importants ont seules permis l'élaboration du matériel accumulé. Par ailleurs, le litage du dépôt fait penser à un phénomène cyclique, voire saisonnier.

Les grèzes ne sont pas datées et nous ignorons si elles sont toutes de même âge. En le supposant, cas le plus simple, nous pouvons établir la succession suivante :

- phase 1 (âge probable : Riss) : approfondissement des thalwegs ;
- phase 2 : cryoturbation du substratum des vallées. Elle s'observe (feuille à 1/50 000 Issoudun) d'une part en photographie aérienne, d'autre part sur le terrain dans une carrière sur la droite du chemin d'accès à Nouan, rive droite de l'Arnon (x = 584 ; y = 209), où l'on voit les grèzes parfaitement litées reposer sur le substratum cryoturbé ;
- phase 3 : mise en place des grèzes ;
- phase 4 : remblaiement Fx des vallées accompagné d'une érosion des grèzes. A Meunet (feuille 1/50 000 Issoudun) (x = 571 ; y = 204), l'on peut observer des éléments constitutifs des grèzes resédimentés dans les alluvions Fx ;
- phase 5 (Würm pour partie) : mise en place des limons éoliens.

LP. Couverture éolienne argilo-limoneuse et sableuse (« Würm »). Cette couverture éolienne riche en limon (entre 20 et 50 %) occupe les interfluves et les sommets du plateau calcaire. Elle empâte également la partie haute des versants à regards orientaux. Une certaine hétérogénéité ressort des analyses granulométriques dont les résultats diffèrent, d'une part en fonction de la localisation géographique du prélèvement, d'autre part en fonction de la profondeur de l'échantillonnage. D'une manière générale, on note la rareté des éléments de taille supérieure à 2 mm, une diminution en profondeur des pourcentages de sables, grossiers ou fins, et corrélativement un accroissement de la fraction argileuse ou limoneuse. L'étude des éléments les plus grossiers montre une prédominance des grains de quartz sur les feldspaths, les éléments siliceux (chailles) et les pisolithes ferrugineuses. Le calcul des indices granulométriques fait apparaître le mauvais classement de cette formation lié à une asymétrie positive. Les indices d'éolisation sont toujours observables, mais ils sont plus marqués dans le secteur de Saint-Michel-de-Volangis. Les grains non usés NU y sont subanguleux et assez peu luisants, les émoussés luisants EL sont peu émoussés mais très luisants, les ronds mats RM comprennent 8 % d'émoussés mats, le restant étant subémoussé mat. La nature de ce dépôt est complexe. Elle tient d'une part aux apports par le vent d'éléments d'origine différente : alluvions anciennes, sédiments crétacés, détritiques tertiaires, mais aussi, semble-t-il, pour partie à une pellicule de formation plus ancienne conservée à la surface des dépôts jurassiques (cette pellicule pourrait expliquer la présence et parfois la relative abondance des pisolithes ferrugineuses à la base de ce complexe).

La datation de ce dépôt ne peut se faire dans le cadre limité de la feuille Bourges. Au niveau de la région, la principale donnée concerne la découverte par P. Rigaud, sur le territoire de la feuille Velles à 1/50 000, d'une industrie moustéro-levalluoisienne éolisée. L'habitat, nécessairement de plein air, incite à situer l'occupation du site dans une phase climatique tempérée. Par référence aux travaux de F. Bordes, ce préhistorien considère que le premier interstade wurmien serait l'âge le plus probable. L'éolisation de l'outillage würm II pourrait être contemporaine de la mise en place de la couverture éolienne.

Une question importante est celle de la direction des vents au moment de la mise en place de cette couverture éolienne. Deux hypothèses sont possibles :

— la première lie l'absence de dépôt sur les versants à regards occidentaux à des apports dus aux vents venant de l'Ouest. Ces faits prouveraient la permanence de la direction des courants aériens, puisque la rose des vents actuelle est semblable. Un inconvénient, nous semble-t-il : les vents les plus chargés d'humidité seraient les responsables du transport aérien des matériaux ;

— une deuxième hypothèse admet au contraire que la localisation des dépôts sur les flancs à regards orientaux est la conséquence d'un remaniement actuel par l'action conjuguée du vent et de la pluie. Cette pluie oblique frappe avec plus de force les versants à regards occidentaux, entraînant une érosion intense, alors que sur les versants opposés, plus protégés, il y a empâtement par colluvionnement. Des observations effectuées sur des sillons de labour à la fin de l'hiver pluvieux de 1974 étayent cette hypothèse. Au Nord de Saint-Florent, en bordure de la Nationale 151, au lieu-dit la Brosse Thibault, les flancs à regards occidentaux des sillons montraient une prédominance des grains de quartz sur les particules plus fines et les flancs opposés une prédominance des éléments fins.

TECTONIQUE

Les conditions d'affleurement sur le territoire de la feuille Bourges rendent difficile la compréhension de la tectonique. Nos observations ont été faites sur le terrain, sur photographies aériennes, sur photo-satellites. Nous les décrivons dans cet ordre.

Accidents visibles sur le terrain

Au Nord de Bourges, dans un lotissement pavillonnaire en $x = 602,2$ et $y = 234,5$ nous avons pu observer un contact anormal entre les marnes de Saint-Doulchard abaissées et les calcaires de la butte d'Archelet. L'accident de direction nord-sud pourrait être responsable de l'orientation de la vallée du Moulon. Vers le Sud, cet accident ne semble pas se poursuivre au-delà de l'Yèvre.

A Saint-Florent, sur la rive gauche du Cher, en $x = 592,4$ et $y = 221,4$ on peut voir de belles brèches de failles sans pouvoir être sûr de l'orientation de l'accident.

En de nombreux autres points de petites failles, parfois avec stries horizontales comme à Morthomiers $x = 595,5$; $y = 225,7$ sont également observables.

Linéaments visibles sur les photographies aériennes

Excessivement nombreux, ils sont rarement visibles sur les distances supérieures à quelques centaines de mètres.

Cinq directions principales ressortent de cette étude :

— *linéaments orientés N 5° à N 20° E*. Visibles dans tous les terrains, ils sont particulièrement abondants dans les marnes de Saint-Doulchard. La bonne qualité des photos de la mission 1959 permet de distinguer les diaclases, cassures sans déplacement, des failles parfois accompagnées de crochons qui indiquent le sens du déplacement mais non sa valeur. Une pincée s'observe sur la commune de Saint-Doulchard. Lorsque ces linéaments sont visibles sur une certaine distance, ils apparaissent flexueux. Leur dernier rejeu est vraisemblablement post-oligocène, puisque les calcaires lacustres sont affectés ;

— *linéaments de direction N 160° E.* On les observe surtout dans le quart nord-est de la feuille Bourges. La nature des terrains qu'ils affectent : calcaire de la butte d'Archelet et calcaire crayeux de Bourges, ne permet de préciser s'il s'agit de diaclase, de faille ou d'autres structures ;

— *linéaments de direction N 90° à N 100° E.* Ils s'observent principalement dans la moitié sud du territoire de la feuille Bourges, suivant un axe Morthomiers—Soye-en-Septaine. Ils affectent le calcaire lacustre, ce qui expliquerait des rejeux post-oligocènes ;

— *linéaments de direction N 140° E.* Quelques linéaments ne dépassant pas quelques centaines de mètres s'observent au lieu-dit le Champ de la Traîne au Sud de Bourges. Ils marquent le prolongement du cours de l'Yèvre, section Marmagne—Mehun ;

— *linéaments de direction N 40° E.* Ils sont aussi peu visibles que les précédents hors du lieu-dit le Champ de la Traîne. A noter leur direction parallèle aux cours inférieurs du Moulon et du Colin.

Linéaments visibles sur photo E.R.T.S.

L'étude est très délicate, les voies ferrées, les routes constituant de très beaux linéaments. Il faut se méfier également des lignes électriques, gazoducs et autres linéaments humains. Ces contrôles effectués, nous retiendrons les linéaments suivants :

— *linéaments N 120° E.* Plusieurs linéaments de cette direction traversent la région couverte par la feuille Bourges. Nous retiendrons plus spécialement ceux passant à proximité de Villeneuve-sur-Cher, Sainte-Thorette, Preuilly, tous parallèles à la bordure du principal affleurement de calcaire lacustre. Ils confirment l'origine tectonique de ce lac (graben) déjà déduite des levés cartographiques. A noter que ces linéaments, trace des accidents affectant la bordure sud-ouest de ce bassin, se superposent très exactement à ceux déduits de l'interprétation aéromagnétique par M. Ogier et qui, eux, marquent la bordure sud-ouest du bassin permo-carbonifère de Bourges ;

— *linéaments N 10° E.* Deux de ces linéaments passent à l'Est de Bourges parallèlement aux cours du Moulon et de la Rampenne. Des observations de terrain nous montrent que le compartiment abaissé est le compartiment occidental. Un autre linéament existe, centré sur Saint-Florent et Marmagne. Son rôle exact, compartiment oriental abaissé, n'est pas encore clairement établi. Ces linéaments ne sont pas isolés et nous connaissons plus à l'Ouest (feuilles Vatan, Issoudun, Châteauroux), de nombreuses failles parfois importantes qui leur sont parallèles.

Conclusions

Nous remarquerons :

— que certaines failles observables sur le terrain, mais d'importance inconnue, ne sont visibles ni en photographie aérienne ni sur image E.R.T.S. ;

— que les directions visibles en photographies aériennes et satellites sont peu compatibles, les premières correspondant à des diaclases ou à des failles de faible rejet, alors que les secondes correspondent plus vraisemblablement à des rejeux d'accidents du socle d'importance supérieure.

SOLS, VÉGÉTATION ET CULTURE

L'essentiel de notre documentation est extrait d'un texte de G. Monterlet : « Observations géologiques sur quelques sols des environs de Bourges (Cher) », publié dans les *Annales agronomiques*, n° 5 de 1947. Les observations ont porté sur le Jurassique (Oxfordien supérieur et Kimméridgien inférieur), sur les formations éoliennes et sur les alluvions. Cette étude est limitée dans l'espace à Bourges dans un rayon de 10 km. L'auteur distingue :

- 1) des sols brun-rouge calcaires sur calcaires jurassiques ;
- 2) des rendzines :
 - a - sols bruns ou gris calcaires sur calcaires jurassiques ;
 - b - sols bruns calcaires sur alluvions anciennes calcaires ;
- 3) des sols gris siliceux sur des terrasses ;
- 4) des sols brun-rouge siliceux sur les dépôts éoliens ;
- 5) des sols noirs de marais.

● **Sols brun-rouge calcaires sur calcaires jurassiques**

Ils occupent la majeure partie de la région étudiée, principalement sur le haut des plateaux où ils disparaissent parfois sous une couche de limon. Souvent, ils contiennent de nombreux cailloux calcaires, débris de la roche sous-jacente.

Sur le calcaire lité inférieur

Les profils observés présentent les caractères généraux suivants (plateaux de Soyec-en-Septaine, Plaimpied, Trouy) :

- horizon A (0;20) : sol marneux brun-rouge avec abondance plus ou moins grande de cailloux calcaires provenant de la désagrégation de la roche-mère ;
- horizon C (roche-mère) : plaquettes horizontales de calcaire lité pouvant par place être dérangées de leur position. Les plaquettes peuvent devenir plus épaisses vers 60-80 cm de profondeur.

Sur le calcaire crayeux de Bourges

Profil observé à Mézières sur sol brun-rouge :

- horizon A (20 cm) : sol brun-rouge un peu pierreux,
- horizon C¹ (20 à 50 cm) : cailloux arrondis disposés sans ordre,
- horizon C². (au-dessus de 50 cm) : bancs horizontaux de calcaire blanc à nombreuses fissures verticales.

Sur le calcaire lité supérieur

Profil observé au Sud de la Guenoisterie :

- horizon A (0 à 30 cm) : sols marneux brun plus ou moins rouge, à nombreux cailloux calcaires anguleux,
- horizon C¹ (30 à 150 cm) : cailloux calcaires anguleux blancs, en plaques épaisses, enrobés dans une terre marneuse blanchâtre.

En résumé, l'ensemble de ces sols a une couleur brun-rouge. Ils sont assez marneux et compacts, peu épais. Ils sont assez comparables aux sols de garrigues méditerranéennes : même couleur, même faible épaisseur et roche sous-jacente de nature très voisine. Il est donc possible que leurs origines soient semblables : sol issu de la décalcification d'une roche calcaire dont le résidu a subi un phénomène de rubéfaction. Une différence toutefois avec les sols de garrigues : nulle part n'existe un sol entièrement décalcifié.

Végétation et culture en 1947

Les vastes plaines ondulées où se trouve le sol brun-rouge sont presque entièrement cultivées, avec çà et là quelques bois. Les cultures sont variées : blé, avoine, orge, betteraves, pommes de terre, prairies artificielles, plantes oléagineuses. De nombreux noyers bordent les chemins. Ils sont associés à des ormes et des buissons d'épine noire ou d'aubépine. Les bois sont constitués d'essences variées, principalement de chênes, de charmes, de noisetiers. Dans de tels sols, les cultures ont à redouter la sécheresse. Aucune réserve d'eau ne peut se constituer dans le sol trop peu épais, ni dans le sous-sol rocheux, fissuré, très perméable.

Végétation et culture en 1975

Les betteraves, les pommes de terre, les prairies artificielles sont rares, mais les céréales restent très développées. Parmi les plantes oléagineuses, le tournesol semble remplacer peu à peu le colza. Partout où l'eau est abondante, le maïs se développe rapidement. Les haies et quelques bois ont disparu avec le remembrement et l'extension des cultures.

• **Sols bruns sur calcaires jurassiques**

Sur le calcaire lité inférieur

Profil observé près de Saint-Ladre sur sol inculte :

- 0 à 15 cm : sol gris à brun-gris rougeâtre, pierreux,
- 15 à 60 cm : gros cailloux, plus ou moins arrondis, ensablés dans une terre marneuse jaune,
- 60 à 150 cm : mêmes cailloux enrobés dans calcaire blanc friable.

Sur le calcaire lité supérieur

Profil observé à 1 km à l'Ouest de Saint-Germain :

- horizon A (15 à 40 cm) : brun assez clair, jaunâtre, marneux, pierreux,
- horizon C : roche-mère.

Sur les calcaires de la butte d'Archelet

Profil observé en bas de pente à l'Ouest de la butte d'Archelet :

- 0 à 30 cm : horizon brun à brun grisâtre, graveleux, marneux, calcaire,
- 30 à 60 cm : couche très pierreuse : fragments de calcaire anguleux mêlés d'un peu de terre graveleuse jaune clair ou brune,
- 60 à 250 cm : cailloux calcaires blancs, anguleux, de plus en plus gros, enrobés dans une terre très calcaire, blanche ou jaune-brun clair, friable,
- strates horizontales de calcaire blanc ou blanc grisâtre à grain fin, tachant les doigts, divisées par fissures verticales. Les strates sont séparées par une terre blanche ou jaune-brun clair.

En résumé, sols peu différents des sols brun-rouge, mais parfois appelés rendzines par suite de la superposition à un horizon superficiel alluvial ou colluvial, plus riche en limons.

Végétation et culture

L'occupation des sols est la même que sur les sols brun-rouge des plateaux. Les cultures se poursuivent jusqu'à la vallée.

Lorsque ces sols sont proches des habitations, les jardins y sont fréquents.

• **Sols bruns calcaro-humifères sur alluvions anciennes (rendzines)**

Observés dans diverses carrières au Sud de Bourges : les Ravières, Plaimpied, bois de Faïtin.

Le sol peut présenter plusieurs horizons :

A. 0 à 20-40 cm :

aux Ravières : sol brun, très graveleux, calcaire, provenant d'un enrichissement de la roche-mère en humus ;

à Plaimpied : sol gris calcaro-humifère, avec quelques graviers calcaires reposant sur la roche-mère ;

dans le bois de Faïtin : le sol est gris, calcaro-humifère, peu graveleux, et semble résulter de l'accumulation d'humus sur place.

Végétation et culture identiques à celles des sols bruns sur calcaires jurassiques.

• **Sol gris silico-humifère sur alluvions anciennes**

Observations faites au Sud de Bourges (carrières du Porche et de Saint-Ladre). Description d'un profil typique :

— A¹. 0 à 20 cm : sol gris, humifère, léger, peu compact, sableux (grains de quartz arrondis blancs ou violacés), sans calcaire ;

— A². 20 à 30 cm : moins humifère que A¹, de couleur ocre-gris terne ; semblable à A¹ pour les autres caractères ;

— B¹. 30 à 50 cm : horizon ocre terne, sableux (même sable que précédemment), mais dur et compact par accumulation d'argile jaune clair et ocre. Vers le bas, le sable devient grossier, graveleux, avec quelques pisolithes de limonite. Pas de calcaire.

— B². Passage latéral de B¹ : même aspect, mais sans taches argileuses de couleur claire.

Ces différents horizons siliceux reposent sur les alluvions anciennes calcaires, qu'ils ont profondément altérées.

Cette formation, très peu étendue, porte les mêmes cultures que le plateau jurassique qu'elle prolonge. Le sol léger et facile à travailler convient à l'établissement des jardins.

● **Sols brun-rouge siliceux sur dépôts éoliens**

Ces dépôts occupent les sommets des plateaux. Ce sont des limons recouvrant des éléments des formations plus anciennes. Les observations ont été faites au Nord-Est de Bourges entre Fussy et le Langis (les Quatre-Vents, la Guenoisterie), puis entre Lizy et Saint-Michel-de-Volangis, enfin au Sud-Est de Bourges, près de la cote 167 (Nord-Est de Gionne), pour finir à Trouy.

Le sol, sans calcaire, est formé d'un mélange de sable quartzueux blanc avec un limon argileux brun-rouge terne, brun-ocre, ou brun-rouge orangé. Les cailloux sont rares. Le sable peut devenir très peu abondant. Un profil observé près de Gionne, où se voient quelques pisolithes de limonite et des traces de calcaire, ne montre aucun horizon différencié. A Trouy, le limon est brun-jaune clair, calcaire.

Aux bords des affleurements, le limon se mêle aux formations jurassiques qui le rendent plus ou moins calcaire et lui communiquent des colorations brunes, grises, gris-brun, etc.

Végétation et culture

Le plus souvent semblables à celles des plateaux calcaires jurassiques.

Signalons cependant la région située à l'Ouest de la Guenoisterie, où l'on remarque une végétation arbustive abondante contrastant avec les vastes espaces découverts du Jurassique. On y trouve de petits bois et de nombreuses haies d'aubépine, épines noires, érables, ormes, noisetiers, ronces etc. Les noyers sont toujours nombreux. Il existe aussi quelques vignes.

● **Sols de marais sur alluvions anciennes, subactuelles et actuelles**

Ces sols se développent sur les alluvions des flats des vallées. Les alluvions y sont argileuses, sableuses, caillouteuses. Lorsqu'elles sont marécageuses, elles sont fortement enrichies en humus.

Les observations ont été faites dans les marais de l'Yèvre qui s'étalent au Nord-Est de Bourges. A l'époque du siège de la ville par Jules César, ils constituaient une défense naturelle et furent pour cette raison longtemps incultes.

Plus récemment, un vaste réseau de petits canaux a été aménagé. Facilitant l'écoulement de l'eau, il a permis l'abaissement de la nappe phréatique et la mise en culture.

Le sol est gris foncé ou noir, très humifère, riche en calcaire. Vers 40-50 cm de profondeur, il se superpose à un horizon bleuâtre de gley très argileux.

La grande richesse de ce sol noir permet d'obtenir des rendements horticoles élevés. Toutefois les plantes doivent pouvoir s'adapter à la faible épaisseur dénoyée du sol. La vigne y possède une végétation exubérante et produit beaucoup. Les arbres fruitiers peuvent également prospérer, mais sont parfois tués par l'excès d'humidité ou le gley. A noter que la couleur foncée du sol et l'humidité de l'air stagnant provoquent un réchauffement intense accélérant la maturation. Les sols marécageux existent aussi en de nombreux autres endroits. Ils sont généralement couverts de prairies humides, bordées de saules et de peupliers blancs.

● **Sols des forêts**

Hors le domaine militaire, les forêts recouvrent généralement des sols argileux, arides, sans grand intérêt pour la culture :

— le bois des Champs-Montaux (Sud de Bourges) est sur des limons argileux.

— le parc de Castelnau (Nord-Ouest de Saint-Florent) est pour partie sur des graves anciennes argileuses.

— le bois du Château (Ouest de Bourges), le bois de Jarry, le bois du Montet, reposent sur des terrains détritiques argileux.

Le cas du bois de la Coudre, du bois de la Corne (Nord-Est de Saint-Florent) est différent : ils reposent sur des calcaires lacustres. Ici, la faible altérabilité du calcaire, bloc de plusieurs tonnes, constitue le seul frein à la mise en culture.

• **Autres sols**

Dans une étude pédologique, il faudrait encore citer de nombreux autres sols ou variantes. A ce niveau, le travail devient affaire de spécialistes. Nous conseillons au lecteur intéressé de consulter les travaux des stations agronomiques de la région, notamment ceux de celle de Châteauroux.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE

Les réservoirs aquifères dans la région de Bourges sont nombreux dans le Tertiaire et le Jurassique supérieur, en raison de cloisonnements par des formations imperméables. Cependant les principaux réservoirs captés appartiennent :

- aux alluvions de l'Yèvre, du Cher et de l'Auron,
- aux calcaires de l'Oxfordien.

Dans les autres terrains, les eaux souterraines sont peu exploitées car peu abondantes.

Elles sont drainées par des sources : sources de piedmont (Mehun, Saint-Germain-du-Puy, Berry-Bouy), sources de failles (Fussy) ou sources perchées (Preuilley).

Réservoirs alluviaux

Des captages dans les alluvions alimentent les communes de Mehun-sur-Yèvre, Preuilley, Marmagne et Saint-Florent. Le débit spécifique des puits est compris entre 20 et 65 m³/h/m. Des captages industriels ont été créés à Mehun et à Saint-Florent.

Les eaux des alluvions ont une résistivité voisine de 2000 ohms/cm à 20°. Leur dureté est de l'ordre de 30°. Elles sont assez riches en sulfates (SO₄⁼⁼) dans la vallée du Cher. Elles sont, en général, dépourvues de germes microbiens, sauf à l'aval des agglomérations.

Les alluvions représentent une ressource importante en eau souterraine. Mais c'est une ressource très vulnérable aux pollutions, soit par relations avec la rivière, soit par des apports de la surface.

Réservoir de l'Oxfordien

La partie supérieure de l'Oxfordien représente le meilleur réservoir aquifère de la région, au niveau des calcaires lités et des calcaires crayeux.

Les eaux sont captées par les 7 forages de Bourges-Ville, les forages industriels de Saint-Doulchard, ainsi que ceux de l'Est et du Nord de Bourges.

La nappe est jaillissante au sol à Saint-Michel-de-Volangis.

Les débits spécifiques sont compris entre 10 et 50 m³/h/m. La bonne perméabilité du réservoir se traduit par un gradient compris entre 0,5 et 2 ‰.

Au Sud d'une ligne Saint-Florent-sur-Cher—Moulins-sur-Yèvre, le réservoir aquifère s'enrichit d'interlits argileux ou marneux et la productivité des captages diminue (débits spécifiques compris entre 1 et 3 m³/h/m). Le gradient hydraulique de la nappe atteint, dans cette région, 0,5 ‰.

Les eaux de l'Oxfordien ont une résistivité moyenne de 2000 ohms/cm et une dureté voisine de 30° F.

Les teneurs en nitrates (NO₃) sont parfois à la limite des normes de potabilité admises.

Autres réservoirs

Sables du Quaternaire ancien (Fv). Ce réservoir est limité au plateau de la rive gauche du Cher entre Quincy et Saint-Florent. Les eaux sont captées par des puits privés. Elles ne présentent pas d'intérêt économique.

Deux sources sont connues à Preuilley-sur-Cher : la Fontaine et la source du Coteau (débit de 4 à 5 l/s). La minéralisation traduit des apports polluants au niveau de la source du Coteau (1.045 ohms à 20°).

Calcaires du Berry. Le réservoir aquifère a un faible coefficient d'emmagasinement qui se traduit par d'importantes variations de la surface piézométrique.

Plusieurs émergences, à faibles débits, existent à Mehun (Montcorneau et la Belle-Fontaine), Marmagne (fontaine de Saint-Martin et des Chaumes), Berry-Bouy (sources du Fontillet et de l'Hermitage) et Villeneuve-sur-Cher (fontaine Claire).

Aucun captage public ne s'adresse aux Calcaires du Berry. Cependant le réservoir lacustre est atteint par un des puits communaux de Mehun-sur-Yèvre, sous les alluvions. Ici le calcaire est très fissuré et l'ensemble alluvions-calcaire permet d'obtenir un débit spécifique de $130 \text{ m}^3/\text{h/m}$.

Les mesures de résistivité sur les eaux des sources montrent une pollution chimique à partir des eaux de surface (1.300 à 1.500 ohms/cm à 20°). Les calcaires lacustres sont dénoyés au Sud de la Chapelle-Saint-Ursin.

Sidérolithique. Les eaux dans le Sidérolithique sont citées pour mémoire. Elles n'existent que dans les passages argilo-sableux et ne peuvent suffire qu'à l'alimentation du bétail dans les pâturages.

Barrémien. Autour de Saint-Éloy-de-Gy, plusieurs puits domestiques de 15 à 20 m de profondeur atteignent la nappe du Barrémien. Ces puits peuvent fournir de 150 à 200 l par jour.

Portlandien. Les eaux du Portlandien ne sont captées que par des puits domestiques ou des puits dans les champs (profondeur 6 à 15 m) à Berry-Bouy et Saint-Éloy-de-Gy. La surface piézométrique passe de $+ 170$ à l'Est à $+ 125$ à l'Ouest (Mehun-sur-Yèvre).

Kimméridgien. Les ressources en eau du Kimméridgien supérieur sont très limitées. Elles suffisent à l'alimentation des habitations isolées et du bétail (Fussy, Berry-Bouy). La fontaine de Nohan et la fontaine des Berjoux (Berry-Bouy) sont des émergences de la base du Kimméridgien supérieur au contact des alluvions de l'Yèvre.

Dans le Kimméridgien inférieur (calcaire à Astartes), les ressources sont variables. Nulles au Nord de Saint-Doulchard, elles permettent l'irrigation à Saint-Michel-de-Volangis, Fussy et Saint-Germain-du-Puy.

Les anciens captages communaux de Saint-Doulchard s'adressaient à cette formation.

Réservoirs aquifères antérieurs au Malm. Sur le territoire de la feuille Bourges, aucun captage n'a atteint le Jurassique moyen. Cependant, un forage de reconnaissance pétrolière (feuille voisine Saint-Martin-d'Auxigny) a mis en évidence, à la base du Lias, des eaux à 3 g/l de NaCl équivalent et 31 g/l de NaCl dans le Permien.

SUBSTANCES MINÉRALES

On peut les classer en deux groupes que nous traiterons séparément : les minerais de fer, les matériaux.

Minerais de fer

L'industrie du fer dans le Berry remonte probablement à la plus haute antiquité.

Dans le périmètre de la feuille Bourges, les gisements se rencontrent dans deux formations : Barrémien et Sidérolithique.

Gisements du Barrémien. Cette formation apparaît à la bordure septentrionale de la feuille d'où elle s'étend sur la feuille voisine Saint-Martin-d'Auxigny. Le minerai se présente en paillettes et en géodes dans les sables et argiles. Il a été exploité à Bourgneuf (commune de Saint-Éloy-de-Gy) et aux Fontaines (commune d'Allouis). Ces communes chevauchent la limite des feuilles Bourges et Saint-Martin-d'Auxigny. La production a atteint $30\,000 \text{ t}$ en 1899 (teneur moyenne : 40%).

Gisements du Sidérolithique. Tous se trouvent sur le plateau jurassique. Ils ont été plus activement exploités que les précédents. Le minerai, sous forme de grains pisolithiques, est disséminé dans une gangue argileuse (minerai en grains du Berry). Les gisements sont divers : amas superficiels en poche, lentilles intercalées entre le calcaire jurassique

et le calcaire lacustre, remplissage de fissures appelées « filons ». Les principaux sont groupés entre la Chapelle-Saint-Ursin et Villeneuve-sur-Cher : gisements superficiels (Luet, Plantes-de-Bois-Vert), « filons » exploités jusqu'à 8 ou 10 m de profondeur et grandes lentilles jusqu'à 30 m (les Bordes, Ignoux, la Corne, Prunet).

La production annuelle a dépassé 40 000 t.

Le minerai est également connu au Nord-Est de Mehun-sur-Yèvre et à l'Est de Villeneuve-sur-Cher.

Composition moyenne : SiO_2 : 10,6 % ; Al_2O_3 : 12,1 % ; Fe_2O_3 : 58,7 % ; CaO : 1,2 % ; P : 0,2 % ; S : traces ; manganèse non dosé.

Ces minerais alimentaient des hauts fourneaux situés dans le département du Cher et ils étaient exportés dans l'Allier et jusqu'au Creusot.

Production totale du département du Cher :

1820 : 10 000 t

1839 : 102 000 t

1846 : 201 000 t

1853 : 310 000 t

1856 : 450 000 t

de 1866 à 1884 : entre 100 et 200 000 t

Arrêt en 1886

Reprise en 1889

Fermeture définitive en 1908.

Entre 1889 et 1908, l'extraction moyenne annuelle fut de 20 000 t. Au total, la production s'est élevée à près de 10 millions de tonnes.

Matériaux

Sables, graviers et galets des alluvions quaternaires. Ils font l'objet d'exploitations en carrière ou par dragage et sont utilisés après criblage pour la construction (béton, agglomérés), le revêtement des routes et la confection du ballast.

Dans la vallée du Cher, les épaisseurs de matériaux les plus fréquentes sont comprises entre 3,50 et 4 mètres. Mais, dans plusieurs carrières, elles ont des valeurs très supérieures : 6 à 9 m (carrière entre Saint-Florent et Villeneuve), 5 m (carrière près de Preuilly), 6 à 7 m (carrière près de Quincy). Dans toutes ces exploitations, la découverte ne dépasse jamais 0,50 m et a, le plus souvent, une épaisseur de 0,10 à 0,20 mètre. Les carrières représentent évidemment une sélection des zones où l'exploitabilité est la meilleure. Mais des épaisseurs inférieures à 3 m ne sont connues qu'à Villeneuve et près de Quincy.

Dans la vallée de l'Yèvre, les quelques épaisseurs relevées, juste en amont du confluent, varient de 2,70 à 4 mètres.

L'équivalent de sable ne varie pas de façon notable de Saint-Amand-Montrond à Vierzon, mais il varie d'un point à un autre du lit majeur, suivant que l'échantillon est prélevé dans un ancien chenal ou dans un atterrissement. L'équivalent de sable humide mesuré au piston est compris entre 75 et 92 à Saint-Amand-Montrond, entre 65 et 88 à Brinay et Méry-sur-Cher, entre 72,8 et 84 au moulin d'Abriçot.

Les sables de dragage ont toujours un équivalent de sable élevé, compris entre 92 et 98. L'indice de plasticité correspondant aux équivalents de sable ci-dessus est toujours nul.

Calcaires. Ils peuvent être utilisés pour l'amendement, pour la fabrication de la chaux, comme matériaux de construction ou pour la fabrication de granulats.

Pour faciliter l'utilisation de la carte par les géotechniciens, le levé de la feuille Bourges a été complété, et ceci pour la première fois, par une caractérisation mécanique des formations calcaires représentées sur la carte.

Essais de caractérisation géotechnique des calcaires. L'échantillonnage a été réalisé dans toutes les formations lithostratigraphiques comportant des niveaux calcaires dont l'épaisseur et le volume sont *a priori* suffisamment importants pour permettre une

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES CALCAIRES DE LA FEUILLE BOURGES

à 1/50 000

Points de prélèvement	Symbole et numéro d'échantillon	Formation lithostratigraphique	Age	Caractéristiques physiques					Caract. chimiques CO ₂ Ca (% vol.)	Caractéristiques mécaniques Résistance à					
				Poids volumique		Porosité à l'eau (% vol)	Vitesse du son			compression simple Rc (MPa)(*)	Traction indirecte		attrition micro- Deval humide MDh	choc fragmentation dynamique FD	
				sec d (t/m3)	saturé sat (t/m3)		Roche sèche VL (m/s)	Roche saturée VL sat (m/s)			essai brésilien RT(MPa) (*)	essai Franklin IT(MPa) (*)			
Saint-Just (car. aband.)	S J - 9	Calcaires	OXFORDIEN	2,15	2,35	20	4000	4300	97	43	4,5	6,3	54	20,9	
Saint-Florent 2 (car. expl.)(**)	S F 2 - 5	lités		2,57	2,62	5	5100	5300	82	72	6,7	4,5	23,2	20,6	
Saint-Florent 1 (car. aband.)	S F 1 - 14	Inférieurs		2,14	2,35	21	3550	4000	98	7,9	4,4	4,2	63,4	28,9	
Saint-Florent 1 (fossilif.)	S F 1 - 13 fos	(j6a)		98	57	5,5	4,2	26,2	23,4						
Trouy (car. aband.)	Tr - 1			2,34	2,47	14	4350	4350	85	46	4,5	3,3	54,8	24,0	
Carr. des Talleries (tranchée RN 140)	C T - 10	Calc. de Bourges (j6b)		2,06	2,29	23	3150	3750	98	8,4	0,7	1,5	91,4	47,7	
Morthomiers (car. aband.)	M - 11	Calcaire de Morthomiers (j6b)		2,51	2,59	7	5000	5350	100	60	7,2	5,0	18,6	22,9	
Saint-Georges-sur-Arnon(**) (falaise)	S G - 12	Calc. de Von (j6b)		2,50	2,58	9	4550	4950	89	52	5,8	3,8	38,6	25,1	
Nelles Galeries (affnt) (dépôt NG bordure N 15)	N G - 2	Calcaires		2,50	2,58	8	4400	4650	86		4,7	4,5	52,8	25,7	
Bois de Pisse-Vieille (car. exploitée)	PV - 3	lités supérieurs		2,42	2,53	11	4000	4200	87	35	6,9	3,8	36,6	29,4	
La Madelaine (car. expl.)	Ma - 6	(j6c)		2,49	2,58	8	4450	4700	95	55	3,2	3,5	28,8	23,1	
Saint-Doulchard	S D - 4	Marnes de Saint- Doulchard (j8)		Kimmérid- gien	2,58	2,63	6	3800	4450	73	24	4,1	3,4	45,6	24,0
Saint-Martin-d'Auxigny(**)	S M - 8	Calc. du Barrois (j9)		Portlandien	2,37	2,50	13	3850	4200	85	44	5,7	5,0	20,8	21,7
Bois de la Coudre (excavation)	C - 7	Calc. du Berry lacustre		Oligocène	2,65	2,68	2	3900	5900	85	48	7,7	2,3	17,2	20,6

(*) MPa : Mégapascal = 10 kg/cm² = 10 bars.

(**) Points de prélèvement en bordure extérieure de la feuille Bourges.

Note. Ces données ponctuelles, à caractère indicatif, n'engagent en aucun cas la responsabilité de l'organisme qui a établi ce document.

éventuelle exploitation. Chaque prélèvement est ponctuel, c'est-à-dire qu'il a été effectué dans le même niveau lithologique, sur quelques mètres de largeur au maximum. On s'est efforcé de choisir des échantillons représentatifs, mais on ne peut cependant accorder aux mesures effectuées une valeur statistique. Elles ne sont qu'indicatives.

La détermination systématique des principaux paramètres utilisés par les géotechniciens pour caractériser une roche a été réalisée sur quatorze échantillons de calcaires. Elle a été complétée par deux essais de qualité pour granulats routiers.

L'analyse des résultats montre que les différentes caractéristiques géotechniques sont généralement liées entre elles. En particulier, il apparaît une nette relation entre certains paramètres, notamment entre la résistance à la compression simple et la densité saturée, ou la vitesse sonique, ou la résistance à l'attrition.

Le tableau récapitulatif des mesures respectives de ces paramètres fait ressortir, de façon nette, la supériorité des caractéristiques géotechniques de trois des échantillons étudiés, provenant respectivement des niveaux lithostratigraphiques et des localisations suivantes :

- calcaire lacustre du Berry : bois de la Coudre,
- calcaire de Morthomiers : carrière abandonnée près de Morthomiers,
- calcaire lité inférieur : carrière en exploitation au Sud de Saint-Florent.

L'échantillon de calcaire de Morthomiers est celui qui présente le meilleur ensemble de mesures, en ce sens que chacune d'elles, comparée à celle des autres échantillons, occupe un des meilleurs rangs.

Sur le plan de la technique routière, les échantillons de calcaire lacustre et de calcaire de Morthomiers apparaissent comme les meilleurs. Ils sont jugés utilisables en tant que grave non traitée pour couche de base de certaines routes.

Avec toutes les réserves qui ont été faites plus haut, quant à la représentativité de ces mesures par rapport à un lithofaciès donné, il est intéressant de constater que ces échantillons proviennent des formations jugées *a priori* les plus favorables au cours des levés géologiques. Deux d'entre elles font ou vont faire l'objet d'exploitation pour concassé : le calcaire lacustre du bois de la Coudre et le calcaire lité inférieur de Saint-Florent. Le calcaire de Morthomiers n'est par contre plus exploité depuis plusieurs années.

Il faut cependant remarquer les faibles valeurs des résistances mécaniques de l'ensemble de ces calcaires. La résistance à la compression simple ne dépasse pas 72 mégapascals, alors que certains calcaires de Bourgogne, de Provence, du Boulonnais atteignent 260 à 280 MPa.

Les porosités de ces trois échantillons sont faibles à moyennes, respectivement 2,7 et 5 %.

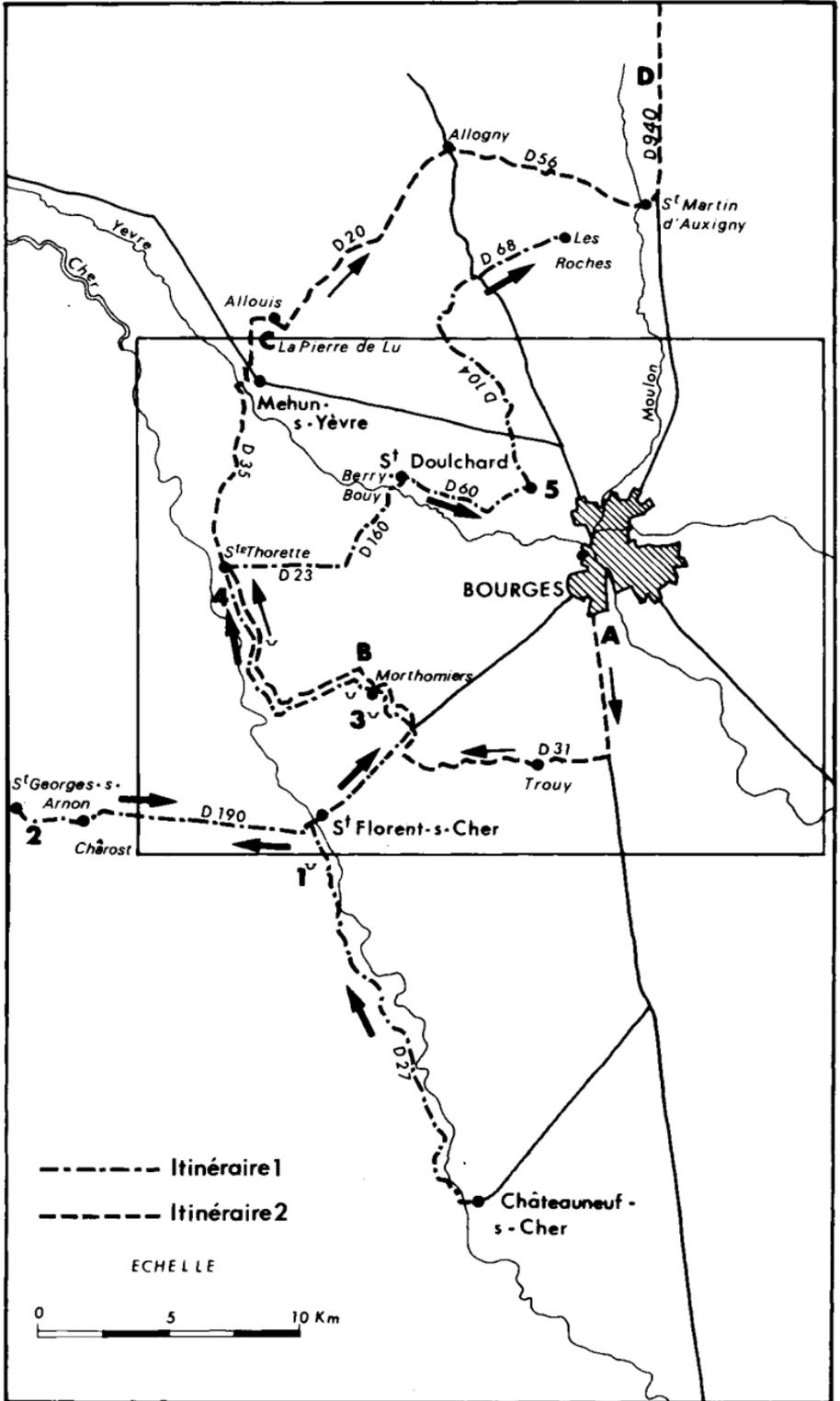
Celui de Morthomiers est le plus pur (100 % de CaCO_3). C'est un calcaire très fin, déterminé comme une biointramicrite, fossilifère, dont les éléments organiques sont encroûtés.

Le calcaire de Saint-Florent est une micrite à fins débris coquilliers et celui de la Coudre est une microsparite azoïque, silicifiée, ce qui explique, à l'état granulaire, sa bonne tenue à l'attrition et au choc, bien que sa résistance à la compression simple soit faible, du fait de l'hétérogénéité propre aux calcaires lacustres.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

DESCRIPTION D'ITINÉRAIRES D'EXCURSIONS GÉOLOGIQUES

Deux itinéraires d'une journée chacun sont proposés. Le premier est essentiellement consacré à l'étude du Jurassique, le second, plus varié, montre le Jurassique, le Crétacé et le Tertiaire.



Les conditions d'observations sont celles qui prévalaient en 1975.

L'attention du lecteur est attirée sur les faits suivants :

- les carrières sont des *propriétés privées* ; leur accès est donc soumis à une autorisation du propriétaire ;
- la visite d'une carrière présente toujours des dangers d'accident (chutes de pierres, éboulements, présence de pièges, risques de blessures ou de contamination du fait de déchets ou matériaux de décharges qui peuvent y être déversés).

Premier itinéraire

Il déborde au Sud sur la feuille Châteauneuf-sur-Cher, dont le levé va débiter ces prochaines années, à l'Ouest sur la feuille Vatan, en cours d'impression, au Nord sur la feuille Saint-Martin-d'Auxigny. Pour réaliser l'excursion, le lecteur pourra éventuellement utiliser en sus les documents indiqués ci-dessous :

- les cartes Michelin à 1/200 000 n° 64, 68 et 69 ;
- la carte touristique IGN à 1/25 000 n° 6 (Val de Loire) ;
- le guide géologique Val de Loire. Masson et Cie, éditeurs.

L'excursion débute à Châteauneuf-sur-Cher, que l'on rejoindra au départ de Bourges par la Nationale 140, au départ d'Issoudun par la D 9 jusqu'à Mareuil-sur-Arnon puis par la D 14 à partir de ce lieu. Dans Châteauneuf, prendre la D 27 en direction de Saint-Florent. Entre ces deux localités, sur le côté gauche de la route une succession de carrières, certaines en cours d'exploitation, offrent de belles coupes du Calcaire lité inférieur. Observer la régularité du litage. Chercher les rares niveaux fossilifères généralement plus ferrugineux. A l'entrée de Saint-Florent, la plus vaste carrière⁽¹⁾ du secteur montre des niveaux proches du sommet de la formation. Ils sont identiques au précédent. Sur la droite de cette carrière, la coupe d'un petit thalweg montre son remplissage par des colluvions. Observer également en différents points de la carrière des poches d'argile. Ces poches correspondent à des coupes du réseau karstique. Remarquer le granuloclasement des sédiments souvent sableux à la base. Des pisolithes ferrugineuses parfois concrétionnées de l'Éocène peuvent y être recueillies en grand nombre. De gros blocs de calcaire sont entreposés dans la partie droite de la carrière. Il s'agit de calcaire lacustre que l'on peut voir en place, au sommet de la carrière, côté gauche en entrant. Reprendre la voiture en direction de Saint-Florent et rejoindre Chârost par la N 151. Dans la ville, prendre la D 88 pendant 2 km en direction de Saint-Georges-sur-Arnon. Après Thoiry sur la droite un petit chemin rejoint l'Arnon. Quitter la voiture et monter dans la falaise jusqu'à la petite grotte⁽²⁾. Observer les calcaires en bancs massifs, d'aspect subcraeyeux très riches en débris fossilifères et, à la base de la grotte, un niveau d'une vingtaine de centimètres constitué presque exclusivement de petites boules centimétriques, d'origine algaire (oncolithes).

Rejoindre Saint-Georges-sur-Arnon puis revenir jusqu'à Saint-Florent. Poursuivre quelques kilomètres en direction de Bourges jusqu'au croisement de la D 135 qui conduit à Morthomiers. En arrivant dans le village, tourner à gauche, puis 25 mètres après encore à gauche. La carrière partiellement envahie par les détritux jouxte la dernière maison⁽³⁾. Observer le calcaire en banc massif abondamment diaclasé. Les niveaux de base sont oolithiques, mais ceux de la partie supérieure sont graveleux. On peut y observer des empreintes de Lamellibranches, dont des Pectinidés et des Polypiers. Rejoindre Villeneuve-sur-Cher, puis suivre la direction de Sainte-Thorette jusqu'à la ferme de la Madelaine. Une grande carrière⁽⁴⁾, une des plus intéressantes de la région, apparaît sur la droite. Trois parties peuvent être distinguées, de bas en haut :

- a - des bancs calcaires bien lités d'épaisseur variable séparés par des niveaux plus ou moins argileux, où nous avons observé quelques rares *Pinus* en position de vie ;
- b - un horizon calcaire plus massif de teinte plus claire ;
- c - un ensemble de bancs calcaires ondulants, décimétriques, rognonneux, séparés par des interlits argileux renfermant des niveaux fossilifères qui, localement, s'individualisent en biohermes. Observer les petits chenaux à la base de la formation.

Le niveau (a), d'âge kimméridgien inférieur, appartient au sommet des calcaires lités ; le niveau (b) montre la réduction maximale des calcaires de la Guenoisterie de même âge ; le niveau (c) représente la base des calcaires de la butte d'Archelet également datée du Kimméridgien inférieur.

Rejoindre Saint-Doulchard au Nord-Ouest de Bourges par la D 35 jusqu'à Sainte-Thorette, par la D 23, puis la D 160 jusqu'à Berry-Douy, puis la D 60. Abandonner la voiture en face du cimetière et descendre vers la rivière. Le talus de la route ou les fossés donnent une bonne coupe des marnes de Saint-Doulchard. Observer l'imbrication des niveaux argileux et des niveaux calcaires. Des Ammonites, des Nautilus et de nombreux Lamellibranches ont été recueillis le long de cette coupe. En outre, les niveaux de marnes noires ont fourni une riche flore (cf. paragraphes consacrés aux marnes de Saint-Doulchard dans la présente notice). Quitter Saint-Doulchard par la D 104 en direction de Vouzeron. Parcourir environ 10 km, puis tourner à droite et gagner les Roches par la D 68.

Sur le côté gauche de la route, une petite carrière avec dépôt de gravillons montre les calcaires du Portlandien inférieur avec ici un niveau marneux intercalé. Des *Gravesia* (Ammonites) y ont été recueillies. Pour regagner Bourges ou Issoudun, il est conseillé de rejoindre la D 940 à Saint-Martin-d'Auxigny.

Deuxième itinéraire

En plus de la présente carte, les documents ci-après peuvent être consultés :

- la carte géologique à 1/50 000 Saint-Martin-d'Auxigny, en cours de préparation ;
- les cartes Michelin à 1/200 000 n° 65, 68 et 69 ;
- la carte touristique IGN à 1/25 000 n° 6 « Val de Loire » ;
- le guide géologique « Val de Loire », Masson et Cie, éditeurs.

Rejoindre Bourges et emprunter, sur environ 1,500 km, la N 140 en direction de Levet. Arrêter le véhicule face à une petite route conduisant à la distillerie de Germigny. La tranchée de la nationale est entaillée dans le calcaire crayeux de Bourges oolithique, biodétritique. Des Polypiers, des Lamellibranches, des Brachiopodes dont des Rhynchonelles à tests roses peuvent y être observés. De ce point, rejoindre la D 16, en direction de Villeneuve-sur-Cher, en passant par Trouy (important placage de limon visible surtout en hiver) et Morthomiers.

Après le thalweg, à 50 mètres sur le côté gauche de la route, une petite carrière est entaillée dans les calcaires lacustres tertiaires. Comparer avec le faciès précédent et rechercher des échantillons riches en pisolithes de fer. Poursuivre jusqu'à Mehun-sur-Yèvre par Villeneuve-sur-Cher et la D 35. Les vieilles carrières de cette ville intéresseront les minéralogistes, car dans les tas de déblais issus de la destruction de vieux murs, il n'est pas rare de recueillir de très beaux échantillons de *quincyte*.

Quitter Mehun pour la Pierre de Lu (C), un gros rocher brun en bordure de la D 79. La roche originelle, un poudingue marin à ciment calcaire, a été silicifiée et la Pierre de Lu constitue l'un des rares témoins d'une formation qui, au sommet de son dépôt, s'étendait beaucoup plus au Sud. Observer les fantômes de galets et l'aspect lustré de la roche. Par Allouis, première route à gauche, rejoindre Saint-Martin-d'Auxigny en suivant la D 20 jusqu'à Allogny par la D 56. Poursuivre jusqu'à la D 940 que l'on empruntera en direction de Paris.

S'arrêter sur le côté gauche de la route à la hauteur de la borne kilométrique 72. La tranchée de route montre, réduit à quelques mètres, la presque totalité du Crétacé inférieur et le sommet du Jurassique. De bas en haut, on observe :

- calcaire fin à patine crème : *Portlandien inférieur* ;
- calcaire argileux et argile brun-jaune à oolithes ferrugineuses disséminées : *Haute-rivien* ;
- argile rouge avec lits de croûtes ferrugineuses : *Barrémien* ;
- sables argileux clairs : *Albien*.

Les ondulations de quelques mètres d'amplitude que dessinent les couches crétacées ont pour origine la dissolution des calcaires jurassiques sous-jacents. Sur l'autre côté de la route, vers la limite nord de la tranchée, un petit affleurement de sédiment glauconieux doit être attribué au Cénomaniens.

Continuer en direction de Paris jusqu'à la maison forestière de la forêt de Saint-Palais au croisement de la D 940 et de la D 20. Abandonner la voiture et redescendre à pied jusqu'au rétrécissement à deux voies de la route. Un petit affleurement dont la teinte verte est due à la présence de glauconie est visible de chaque côté de la route. On observe :

- à la base, des sables argileux glauconieux vert-noir entrecoupés de petits lits jaunes ;
- dessus, un petit niveau riche en Lamellibranches : Pectens, Huîtres ;
- au sommet, des argiles vertes parfois jaunes qui renferment de petites inclusions d'une poudre blanche siliceuse.

Cette formation appartient aux Marnes à Ostracées, sommet du Cénomaniens. La teinte jaune provient vraisemblablement de l'oxydation du fer.

En remontant, observer la formation détritrique qui recouvre le Cénomaniens : silex peu roulés, enrobés dans une argile sableuse rouge, localement grésifiés (quelques dizaines de mètres au-delà de la maison forestière lorsque l'on progresse en direction de Paris). Cette formation à base d'éléments crétacés remaniés appartient à l'Éocène.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ABRARD R. (1950) — Géologie régionale du Bassin de Paris. Payot éd., Paris.
- CAVELIER Cl., DEBRAND-PASSARD S., GUILLEMIN C., RIVELINE J. (1976) — Apport de l'étude des Characées dans la chronologie des calcaires lacustres de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène au Sud du Bassin de Paris. 4ème Réunion annuelle Sc. Terre, Paris.
- DEBRAND-PASSARD S. et TINTANT H. (1971) — Observations sur le Jurassique supérieur de l'Indre. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 6, p. 104-105.
- DEBRAND-PASSARD S., LORENZ J. et TINTANT H. (1974) — Précisions sur le passage Dogger—Malm et la série jurassique supérieur dans le Sud du Bassin de Paris (région d'Issoudun, Indre). *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), XVI, n° 4, p. 470-475.
- DEBRAND-PASSARD S., FLAMAND D. et MANIVIT H. (1975) — Ultrastructures nouvelles et non identifiées dans les calcaires de l'Oxfordien supérieur de la Champagne berrichonne. *Géobios*, 8, fasc. 5, 6 p., 1 fig., 2 pl. photos.
- DOUVILLE et JOURDY (1874) — Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Berry. *Bull. Soc. géol. Fr.* (3), 1, III, p. 93-112.
- DUPLAN C. (1931) — Les aspects naturels et les sols de l'Indre. P. Mellotée éd., Paris.
- GIGOUT M. et al. (1975) — Val de Loire. Guides géologiques régionaux. Masson et Cie, éd., Paris.
- GROSSOUVRE de A. (1886) — Étude sur les gisements de minerais de fer du centre de la France. *Ann. des Mines*, X, p. 211-315.
- LORAIN J.-M. (1971) — Esquisse géologique et géotechnique de la région Centre. *Bull. liaison labo. P. et C.*, n° 55.
- MALTERRE M. (1976) — Les formations superficielles de la carte de Bourges à 1/50 000. Thèse 3ème cycle géologie, Orléans.

- MÉNILLET F. (1974) — Étude pétrographique et sédimentologique des calcaires d'Étampes et de Beauce. Thèse 3ème cycle, Paris-Orsay.
- VACHER A. (1908) — Le Berry...
- VERLEVOUX J. (1912) — Ancienne exploitation du fer dans le Berry. *Revue technique et civilisation*, vol. V, n° 2, Rapport de l'Ingénieur en chef des Mines du 19.10.1912.
- WEBER C. (1973) — Le socle anté-triasique sous la partie sud du Bassin de Paris d'après les données géophysiques. *Bull. B.R.G.M.*, 2° série, section II, n° 3 et 4.

RAPPORTS

- BOS P. et TRAUTMANN F. (1970) — Étude des gisements potentiels de sables et graviers de la vallée du Cher. Rapport B.R.G.M. 70 SGN 201 BGA.
- CHAMPION J.H., LORAIN J.M. et MAILLARD — Études géotechniques d'ouvrages d'art : ponts, autoroutes,... Rapports inédits du Laboratoire des Ponts et Chaussées de Blois.
- CHAMPION J.H., ANGOT et TRANQUY (1976) — Compte-rendu d'essais de micro-deval et de fragmentation dynamique. Rapport LRE Ponts et Chaussées de Blois.
- DURAND E. avec la collaboration de BOS P., DEBRAND-PASSARD S., SARRADIN J. et SCOUARNEC J.-L. (1976) — Caractérisation géotechnique des calcaires de la carte géologique de Bourges (Cher), feuille à 1/50 000. Rapport B.R.G.M. 76 SGN 315 AME.

AUTRES DOCUMENTS CONSULTÉS

Cartes géologiques à 1/50 000

Feuille *Châteauroux* :

1ère édition (1972) par S. DEBRAND-PASSARD.

Feuille *Issoudun* :

1ère édition (1975) par S. DEBRAND-PASSARD et al.

Cartes géologiques à 1/80 000

Feuille *Bourges* :

1ère édition (1876) par H. DOUVILLÉ ;

2ème édition (1939) par H. DOUVILLÉ ;

3ème édition (1967) par H. DOUVILLÉ et G. BOUILLET.

Feuille *Issoudun* :

1ère édition (1885) par A. de GROSSOUVRE ;

2ème édition (1941) par A. de GROSSOUVRE.

Feuille *Valençay* :

1ère édition (1890) par A. de GROSSOUVRE ;

2ème édition (1954) par G. DENIZOT, H. BOUGEARD et G. LECOINTRE.

Cartes gravimétriques à 1/80 000

Feuilles : *Bourges* (122), *Châteauroux* (133), *Issoudun* (134), *Valençay* (121).

Cartes magnétiques à 1/80 000

Feuille *Bourges* (1970), n° 122.

Feuille *Châteauroux* (1970), n° 133, par G. DUBREUIL et C. WEBER.

Feuille *Valençay* (1969), n° 121, par J. CORPEL et C. WEBER.

Archives de la Banque des données du sous-sol (Service géologique national).

RESPONSABLES DES ÉTUDES DE LABORATOIRE

P. ANDREIEFF (B.R.G.M.) : Jurassique : micropaléontologie, microfaciès.

J.J. CHATEAUNEUF (B.R.G.M.) : palynologie.

J.H. DELANCE, LAURIN (laboratoire de géologie, faculté des sciences, Dijon) : Brachiopodes jurassiques.

D. GIOT (B.R.G.M.) : pétrographie des grès.

C. JACOB (B.R.G.M.) : détermination des minéraux argileux par diffractométrie de rayons X.

J.Y. MOAL (B.R.G.M.) : dosages des éléments-traces par spectrométrie d'émission à lecture directe.

J. RIVELINE (laboratoire de géologie, faculté des sciences, Paris VI) : Characées tertiaires.

A. BOULLIER (laboratoire de géologie, faculté des sciences, Besançon) : Brachiopodes jurassiques.

H. TINTANT (laboratoire de géologie, faculté des sciences, Dijon) : Ammonites jurassiques.

RENSEIGNEMENTS ORAUX

F. BAVOUZET, A. BOULLIER, P. BOS, Cl. CAVELIER, J.J. CHATEAUNEUF, N. DESPREZ, C. JACOB, G. LABLANCHE, J.M. LORAIN, H. MANIVIT, R. MÉDIONI, H. TINTANT, F. TRAUTMANN.

DOCUMENTS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au S.G.R. Bassin de Paris, Agence régionale Centre, Avenue de Concyr, à Orléans-la Source, soit au B.R.G.M., 6-8 rue Chasseloup-Laubat, 75015 Paris.

GLOSSAIRE

Bioherme. Accumulation en terre ou en lentilles de débris organiques inclus dans des roches sédimentaires de lithologie différente.

Biomicrorite. Calcaire constitué de débris d'organismes pris dans un ciment de calcite microcristalline.

Biomicrosparrudite. Roche analogue à la biomicrodite mais avec une partie du ciment calcitique cristallisé plus grossièrement.

Biomicrodite. Roche constituée de fragments d'organismes de grande taille dans un ciment calcitique microcristallin.

Biophase. Ensemble des éléments d'origine organique qui entrent dans la composition d'une roche.

Biostrome. Récif ou complexe récifal fossile strictement stratiforme. Peut-être une identification stratiforme d'un bioherme.

Calcaire micritique ou micrite. Calcaire constitué par l'agglomération de très fins cristaux de calcite (taille moyenne inférieure à 10 μ).

Faciès organogène. Faciès riche en fossiles ou débris d'organismes.

Intraclaste. Fragment carbonaté péné-contemporain du dépôt de la roche dans laquelle il est inclus.

Pellets. Éléments microscopiques des roches carbonatées, de forme ovoïde, formés de calcite très finement cristallisée et souvent de matière organique.

Pseudomorphose de gypse. Calcite cristallisée comblant les vides laissés par la dissolution de cristaux de gypse.

Spicules. Éléments constitutifs du squelette des Éponges.

LÉGENDE ET NOTATION UTILISÉES
DANS LES TABLEAUX DONNÉS DANS LE TEXTE

Granulométrie : on note, de gauche à droite :

- le n° de l'échantillon ;
- le % de rudite R ; d'arénites A ; de sables grossiers sg ; de sables fins sf ; de lutites L ; de CaCO_3 .

Dans un second tableau, mais parfois en tête du premier :

- (Q1) taille mini. exprimée en mm des 25 % les plus grossiers des éléments ;
- (Q3) taille mini. exprimée en mm des 75 % les plus grossiers des éléments ;
- médiane, taille mini. exprimée en mm ;
- indice d'hétérométrie : $Hq = \frac{Q3 - Q1}{2}$, exprimé en unités α , dont la valeur croît avec le mauvais classement ;
- indice d'asymétrie : $Asq = \frac{Q3 + Q1 - 2md}{2}$, exprimé en unités α : il indique un meilleur classement de la fraction fine s'il est négatif, et de la fraction grossière s'il est positif ; il est nul si le classement est symétrique.

Morphoscopie des éléments calcaires

Les études ont porté :

- sur les éléments calcaires des alluvions pour des tailles moyennes centrées autour de 25 mm ;
- sur les grèzes pour des éléments de 5 à 20 mm.

Les valeurs d'indices sont calculées sur 100 éléments dans chaque taille après mesure des paramètres :

- l'indice d'aplatissement (A) est mesuré comme indice de forme :

$$A = \frac{L + l}{2e}$$

L est la plus grande dimension mesurable sur le galet ou le gravier ;

l est la plus grande dimension dans un plan perpendiculaire à L ;

e est la plus grande dimension perpendiculaire à L et à l ;

— l'indice d'éroussé (E) constitue l'indice d'usure :

$$E = \frac{2 r_1}{L} \times 1000$$

r_1 est l'indice d'éroussé de premier ordre, c'est-à-dire le plus petit rayon de courbure mesuré avec une cible sur le galet ou le gravier.

On donnera, pour chaque taille des formations, la valeur minimale, la médiane et la valeur maximale obtenues par le calcul des indices.

Morphoscopie des grains de quartz

L'étude a porté sur des grains dont les tailles varient de 0,16 à 1,00 mm. Les distinctions suivantes ont été effectuées :

- classe des grains non usés (N U) : elle comprend des grains non usés et des grains sub-anguleux luisants ;
- classe des grains éroussés-luisants (E L) : elle comprend des grains éroussés luisants, sub-éroussés luisants, et sub-anguleux très luisants ;
- classe des grains ronds-mats (R M) : elle comprend des grains ronds-mats, éroussés-mats, sub-éroussés mats, et sub-anguleux mats.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par S. DEBRAND-PASSARD, ingénieur géologue au Bureau de recherches géologiques et minières, avec la collaboration de N. DESPREZ pour la notice hydrogéologique, de P. BOS, E. DURAND, F. TRAUTMANN pour la partie géotechnique et de A. BAMBIER pour l'étude historique de l'industrie du fer.

REMERCIEMENTS

Parmi les personnes rencontrées lors du lever nous tenons à remercier plus spécialement Messieurs FERRY, LAMY, LEFOL, Mademoiselle Danielle MOREAU, le directeur de l'usine LUCHAIRE de la Chapelle-Saint-Ursin et le personnel du Service d'aménagement forestier de la Direction départementale et administrative du Cher.

S. DEBRAND-PASSARD

SAINT LAMBERT IMPRIMEUR à MARSEILLE
Dépôt légal : 3e trimestre 1977 – numéro d'impression : 862