



VATAN

La carte géologique à 1/50 000
 VATAN est recouverte par les coupures suivantes
 de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
 à l'ouest : VALENÇAY (N° 121)
 à l'est : BOURGES (N° 122)

Selles- -s-Cher	Vierzon	St-Martin- -d'Auxigny
Levroux	VATAN	Bourges
Châteauroux	Issoudun	Châteauneuf- -s-Cher

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

BUREAU DE
 RECHERCHES
 GÉOLOGIQUES
 ET MINIÈRES

VATAN

XXII-24

*Champagne
 berrichonne*

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
 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	3
INTRODUCTION	5
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	5
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	5
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE</i>	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	7
<i>TERRAINS NON AFFLEURANTS (sous-sol profond)</i>	7
<i>TERRAINS AFFLEURANTS</i>	8
Jurassique	8
Crétacé	16
Tertiaire	19
Plio-Quaternaire	21
Quaternaire	23
TECTONIQUE	28
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	31
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	31
<i>SUBSTANCES MINÉRALES</i>	34
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	38
<i>DESCRIPTION D'ITINÉRAIRES D'EXCURSION GÉOLOGIQUE</i> ..	38
<i>BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE</i>	44
Publications	44
Rapports	45
Autres documents consultés	45
<i>RESPONSABLES DES ÉTUDES DE LABORATOIRE</i>	45
<i>RENSEIGNEMENTS ORAUX</i>	46
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i>	46
<i>GLOSSAIRE</i>	46
<i>LÉGENDE ET NOTATION UTILISÉES DANS LES TABLEAUX</i>	
<i>DONNÉS DANS LE TEXTE</i>	47
AUTEURS	48

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

La feuille Vatan couvre, dans le Sud du Bassin de Paris, un territoire situé à la bordure nord-ouest de la Champagne berrichonne. Administrativement, les deux départements intéressés sont le Cher et l'Indre.

Sur la majeure partie de la région considérée, les terrains affleurants sont d'origine marine et d'âge jurassique. Ils sont recouverts dans le quart nord-ouest par des terrains crétacés argilo-sableux, dans le quart nord-est par des formations tertiaires continentales, partout ailleurs, mais sporadiquement, par des alluvions, des limons éoliens ou des grèzes périglaciaires.

De bas en haut, la série stratigraphique est représentée par les terrains suivants :

Formations d'âge secondaire

Jurassique supérieur

Oxfordien supérieur : calcaires lités avec intercalations récifales.

Kimméridgien inférieur : calcaires crayeux fossilifères passant à des niveaux bioclastiques, argileux, silteux, régressifs, le sommet de la séquence étant marqué par un niveau à galets glauconieux et perforés.

Kimméridgien supérieur : marnes et calcaires subordonnés à *Nanogyra striata*, début d'une nouvelle séquence régressive.

Portlandien : calcaires lités et marnes subordonnées passant à des calcaires bioturbés, puis lumachelliques.

Portlandien (Purbeckien) : marnes, sables, grès.

Crétacé

Barrémien (discontinu) : argiles bariolées.

Albien : sables et grès.

Cénomanién : marnes sableuses et glauconieuses. Sables, argiles et siltites à spicules de Spongiaires; grès à *Exogyra columba*.

Turonien : argiles blanches à silex.

Formations d'âge tertiaire

Eocène : argiles bariolées jaunes, brunes, rouge violacé, riches en pisolithes ferrugineuses.

Oligocène : calcaire lacustre localement silicifié.

Formations d'âge quaternaire

— 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 rivières, élargissement de la plaine alluviale;

— colluvions de fond de vallon représentées sur la carte avec les alluvions **Fy-z**;

— grèzes périglaciaires;

— limons éoliens;

— colluvions de pente alimentées principalement par les alluvions de haut niveau et non distinguées de ces dernières.

Les déformations tectoniques les plus importantes sont liées à des accidents du socle et ont joué à différentes époques. Dans tous les cas, leurs amplitudes sont faibles, ce qui explique que toutes n'ont pu être représentées.

Le principal réservoir aquifère est constitué par les calcaires du Jurassique, hélas dénués de tout pouvoir filtrant. Les alluvions de l'Arnon et de ses affluents,

chargées en éléments fins, fournissent des débits peu importants. Les calcaires lacustres et les sables cénomaniens sont également sollicités.

Le sous-sol ne renferme aucun minerai et le sondage pétrolier de Giroux est demeuré sec. Les carrières sont toutes abandonnées ou limitées à des exploitations temporaires liées à l'entretien des chemins communaux à l'exception de deux sablières exploitant les alluvions.

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Les levés sur le terrain ont été effectués d'août 1975 à décembre 1976.

La cartographie des terrains figurés est celle des principales unités lithostratigraphiques. La chronostratigraphie de ces unités 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 diagenèse ont été réalisées grâce à diverses techniques de laboratoire :

- granulométrie ;
- diffractométrie aux rayons X ;
- calcimétrie ;
- plaques minces.

Le levé des formations superficielles a été réalisé parallèlement à celui des autres horizons. L'épaisseur de 0,50 m, profondeur maximum d'investigation des labours, marque la limite en deçà de laquelle les formations superficielles n'ont pas été représentées sur la carte. Dans les bois, cette limite est moins précise.

PRÉSENTATION DE LA CARTE

La superficie représentée sur la feuille Vatan est d'environ 550 km². Elle intéresse des terrains situés dans le Sud du Bassin de Paris, à environ 200 km de la capitale. Ce territoire se rattache à la Champagne berrichonne, sauf dans le quart nord-ouest, où l'apparition des terrains crétacés marque la proximité de la Champagne tourangelle.

Cette région se présente comme un vaste plateau calcaire faiblement entaillé par l'érosion, avec un léger pendage vers le Nord-Ouest. Le pays crétacé est plus vallonné par suite de la nature différente des terrains et d'une multiplication des petits accidents tectoniques. Le couvert végétal est conditionné par la nature du sol. Les formations argileuses détritiques ou argilo-limoneuses crétacées, voire quaternaires, trop humides, les formations gréseuses de l'Albien, du Cénomaniens et les calcaires lacustres tertiaires, impossibles à travailler, sont abandonnées à la forêt. Les plaines alluviales inondables sont réservées à l'élevage, à la culture de maïs ou aux plantations de peupliers. La vigne est localisée sur les sables récents et les marnes du Kimméridgien. Les céréales et les plantes oléagineuses sont cultivées de façon extensive sur tous les autres terrains. Vatan et Graçay, les deux principales agglomérations, sont de petites cités agricoles et commerçantes. Reuil est connu pour son vignoble. Hormis ces petites villes, l'habitat est concentré dans de gros bourgs ou, au contraire, dispersé en fermes isolées.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE

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

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, dolomie) 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).

- Durant le Lias, les sédiments, franchement marins, deviennent plus fins, argileux ou calcaires.
- Au Dogger calcaire correspond un milieu de sédimentation agité (chenaux, dépôts oolithiques, à entroques...). Une phase plus fine, terrigène, marque la fin de la série.
- Pendant Jurassique supérieur, la sédimentation, principalement calcaire, s'ordonne suivant deux séquences à tendances régressives : la première, au cours de l'Oxfordien—Kimméridgien inférieur, dépose successivement des séries marneuses réduites ou lacunaires, des formations carbonatées, puis des formations organo-détritiques ; la seconde, d'âge kimméridgien supérieur—portlandien (purbeckien), est caractérisée par des dépôts moins puissants mais présente la même succession : marnes, calcaires fins, calcaires organo-détritiques. Elle se termine par l'installation d'un régime lagunaire.
- A la fin du Jurassique, la région émerge, subit de faibles déformations tectoniques et est soumise à l'érosion.
- Apparemment la transgression hauterivienne, qui plus au Nord-Est a déposé les calcaires à Spatangues, n'a pas atteint la région de Vatan. Les premiers dépôts attribués au Crétacé (argiles bariolées), d'ailleurs discontinus, se sont vraisemblablement déposés en milieu continental et ont été, par analogie de faciès, attribués au Barrémien.
- A l'Albien s'installe un régime de sédimentation deltaïque ou littorale sur la marge sud-ouest de la mer qui, vers le centre du Bassin de Paris, a déposé à la même époque des séries sableuses et argileuses. Une ligne de flexure correspondant à ce qui deviendra la *ride de Graçay* limitait vers le Sud-Ouest l'extension de ces dépôts.
- La majeure partie du territoire de la feuille a dû être envahie par la grande transgression marine du Cénomanién, qui a largement débordé, vers le Sud-Ouest, l'aire de sédimentation albienne ; dans toute cette région, il s'agissait d'une mer peu profonde où se sont déposés des sédiments détritiques alimentés par les zones émergées du Massif Central voisin.
- Dès le Turonien, la région se situe à la périphérie de la mer de la Craie qui a recouvert tout le Nord de l'Europe. Y prédomine un environnement particulier, riche en Spongiaires, où se déposaient des sédiments argilo-sableux.
La mer se retire à la fin des temps crétacés et la région est immédiatement soumise à une puissante érosion continentale.
- A l'Eocène, un climat chaud favorise une puissante action pédologique et plusieurs phases de cuirassement affectent cette portion de la Champagne. La dernière est caractérisée par une teinte rouge-lie-de-vin. Démantelés, remobilisés ou fossilisés sur place, les seuls témoins en sont conservés dans les dépressions.
- 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.

DESCRIPTION DES TERRAINS

Nous distinguons, d'une part les terrains non affleurants reconnus par sondages pétroliers et géophysique, d'autre part les terrains affleurants.

TERRAINS NON AFFLEURANTS (sous-sol profond)

Les travaux géophysiques les plus récents dans cette région sont ceux de C. Weber. L'auteur distingue essentiellement quatre ensembles :

- un socle briovérien ou paléozoïque inférieur ;
- des granites intrusifs avec une auréole ferrifère ;
- des roches basiques ;
- un bassin permo-carbonifère.

Le sondage pétrolier de Giroux (518-6-3) complète notre connaissance pour les terrains plus récents.

Trias

Anté-Rhétien : 230 mètres. Sables, grès avec intercalation d'argile et petits éléments conglomératiques à la base.

Rhétien : 60 mètres. Grès dolomitique moyen à grossier de teinte claire.

Lias

Hettangien : 55 mètres. Argile rouge silteuse avec rares petits bancs de grès très fins et dolomie grise gréseuse, pyriteuse et ligniteuse.

Sinemurien : 60 mètres. Alternance de calcaires cryptocristallins, graveleux, oolithiques grossiers, avec des fines passées argileuses.

Lotharingien : 30 mètres. Marnes sableuses avec calcaires subordonnés.

Carixien : 50 mètres. Marnes silteuses grises.

Domérien inférieur : 50 mètres. Marnes noires et calcaires microcristallins.

Toarcien : 105 mètres. Marnes silteuses noires surmontant 10 mètres de schistes bitumineux.

Dogger

Bajocien-Bathonien : 145 mètres. De bas en haut :

- calcaire graveleux bioclastique largement gréseux avec passées dolomitiques et plage silicifiée ;
- marnes gris-noir avec intercalation de calcaire microcristallin et plage silicifiée ;
- calcaire graveleux, oolithique, bioclastique avec passées silicifiées.

Callovien : 50 mètres. De bas en haut :

- marnes gris-noir à bancs ou nodules calcaires ;
- marnes brunes à oolithes ferrugineuses.

Malm

Oxfordien : 350 mètres. De bas en haut :

- marnes gris foncé ;
- calcaires et marnes à Spongiaires ;
- calcaires lités microcristallins ;
- calcaire subrécifal oolithique graveleux ;
- calcaires lités et marnes subordonnées.

Kimméridgien : environ 150 mètres. De bas en haut :

- calcaire graveleux biodétritique ;
- alternance de calcaire microcristallin, lumachelles, marnes, grès, se terminant par un niveau glauconieux ;
- marnes et calcaires subordonnés à *Nanogyra striata*.

TERRAINS AFFLEURANTS

Jurassique

j6b. Oxfordien supérieur. Calcaire de Von (puissance environ 30 mètres; zone à *Bimammatum* et *p.p.* zone à *Planula*). Le nom de calcaire de Von désigne une formation organo-détritique riche en Spongiaires (Hexatinellides) et Ammonites, incluse au sein d'un ensemble de calcaires lités. Par définition et en référence aux travaux de Douvillé et Jourdy, les calcaires lités sous-jacents sont appelés calcaires lités inférieurs et les calcaires lités susjacents calcaires lités supérieurs. Le calcaire de Von affleure d'Ouest en Est, en continu, entre le château d'Aleuf (feuille Velles à 1/50 000, x = 543; y = 197) et un point situé au Nord-Ouest de Villeneuve-sur-Cher (feuille Bourges à 1/50 000, x = 592; y = 226). Vers l'Est, une modification graduelle des faciès, calcaires bioturbés de Saint-Georges-sur-Arnon, calcaires à pelotes algaires du Grand-Entrevin, marque la transition avec le calcaire de Morthomiers et le calcaire crayeux de Bourges.

L'ensemble de ces faits montre que le calcaire de Von et le calcaire crayeux de Bourges sont les indices d'un même palier dans la subsidence du Bassin de Paris ou, tout le moins, de sa bordure sud. La nature différente des sédiments est un reflet des variations de profondeur qui affectaient le fond de la mer. Le calcaire de Von se déposait dans un milieu plus profond que le calcaire crayeux de Bourges. Le calcaire bioturbé de Saint-Georges-sur-Arnon, le calcaire à pelotes algaires du Grand-Entrevin, le calcaire de Morthomiers sont des termes de passage vraisemblablement déposés à des profondeurs intermédiaires. Des failles ont pu contrôler cette sédimentation.

Le calcaire de Von observé au microscope optique apparaît comme 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 : 80 % 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. Toutefois certains niveaux peuvent être très riches en smectite 9 et 10/10. 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 affleurements réduits ont limité les récoltes. Les Lamellibranches sont les macrofossiles les plus nombreux, des Éponges (Hexatinellides) leur sont associées, ainsi que quelques Ammonites non déterminables. Les datations de ce même niveau réalisées sur d'autres cartes à 1/50 000 (Châteauroux, Issoudun, Velles) permettent de rattacher cette faune à l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum* mais aussi, pour partie, à la zone à *Planula*. En effet lors de l'excursion 1977 du Groupe français d'étude du Jurassique deux exemplaires de cette espèce d'*Idoceras* ont été recueillis dans la carrière de Von.

j6c-7a. Oxfordien supérieur—Kimméridgien inférieur

j6c. Oxfordien supérieur. Calcaire lité supérieur (puissance décroissante de l'Ouest, environ 80 m, vers l'Est environ 40 m; zone à *Planula*). Les calcaires lités correspondent très exactement aux Calcaires à Pinnes tel que Douvillé et Jourdy les ont décrits, en 1874, à Bourges. Dans de précédents travaux (feuilles à 1/50 000 Châteauroux et Issoudun) nous avons subdivisé cet ensemble en deux parties : à la base le Calcaire de Montierchaume, au sommet la partie inférieure du Calcaire de Levroux caractérisé par la présence de lumachelles à Brachiopodes. Cette distinction

va progressivement disparaître vers l'Est par suite d'une condensation de la série liée à des accidents tectoniques contemporains de la sédimentation. Cependant elle reste valable dans la partie occidentale de la feuille. Nous la conserverons donc.

● *Calcaire de Montierchaume* (environ 60 mètres). C'est un calcaire à grain fin de teinte généralement gris clair en bancs décimétriques à pluridécimétriques séparés par des lits argileux centimétriques ou par des niveaux plus délités de même puissance. Les marnes des interbancs sont de teinte verte lorsqu'elles ne sont pas altérées ; elles sont beiges plus ou moins foncées dans le cas contraire. Comme les calcaires, les marnes sont généralement pauvres en microfaune et la microflore est inexistante. Des pseudomorphoses de gypses peuvent s'observer quand le pourcentage d'argile diminue. Elles ne doivent pas être confondues avec les sections des petits terriers que l'on trouve dans ces calcaires.

Des horizons marneux d'apparence feuilletée peuvent s'intercaler dans ces calcaires. Leur puissance atteint rarement 50 cm mais ils semblent se multiplier lorsque l'on se dirige vers l'Est. Ces marnes sont souvent fossilifères : Ammonites écrasées, Lamellibranches, Foraminifères.

En plaque mince le calcaire de Montierchaume est micritique avec des passées riches en *pellets* et des niveaux biomicritiques à intraclastes verdis riches en débris d'Échinodermes, spicules et rares Bryozoaires. Les Foraminifères sont peu abondants : Ophthalmiidés, Textulariidés, *Ammobaculites* sp., *Trochammina* cf. *pulchra* Ziegler, *Glomospira variabilis* (Kubler et Zwingli), *Lenticulina* cf. *quenstedti*. De rares Ostracodes leur sont associés.

Au microscope électronique à balayage, on observe que micrite et biomicrite sont constituées par l'assemblage de cristaux de calcite peu roulés auxquels s'associent parfois des cristaux d'argile. Ces derniers appartiennent presque toujours à la kaolinite, la smectite et l'illite. En montant dans la série la smectite se raréfie au profit de la kaolinite. A noter qu'il n'y a généralement pas d'interstatifiés illite-smectite. Les proportions relatives de ces minéraux varient constamment et traduisent des changements de milieu en relation avec l'irrégularité des apports terrigènes. Il en est de même pour les quartz qui, localement, peuvent devenir très abondants et donner naissance à des lentilles gréseuses. Exceptionnellement ces niveaux peuvent renfermer des Ophiures non déterminables par suite de leur mauvaise conservation.

Les marno-calcaires ont une teinte gris foncé qui s'éclaircit à l'affleurement. Leur débit est feuilleté et ils sont riches en Foraminifères : *Ammobaculites imlayi* Loeblich et Tappan, *A. coprolithiformis* (Schwager), *Sarancenaria cornucopiae* (Schw.), *Planularia tricarinnella* (Reuss), *Lenticulina quenstedti* (Gumbel), *Spiroptalmidium* sp. Ils contiennent en outre des Ostracodes : *Cytherella woltersdorfi* Oertli, *C. ovoidalis* Donze, *Monoceratina polita* Donze, *Schuleridea minuta* Donze et de petites Ammonites déformées ou brisées : *Glochiceras nimbatum* (Opp.), *G. (Lingulaticeras) nudatum* (Opp.), *Taramelliceras (Metahaploceras) litocerum* (Opp.).

Le calcaire de Montierchaume a une teneur en calcite élevée mais pouvant varier dans d'assez grandes proportions : entre 73 et 92 % suivant les échantillons étudiés. La recherche d'éléments-traces sur un nombre limité d'échantillons apporte des résultats difficiles à interpréter. Nous retiendrons parmi les valeurs supérieures aux teneurs moyennes de Green (1953-54) celles du chrome (de 5 à 20 fois), du nickel avec des valeurs comprises entre 5 et 19 ppm, du zinc (25 à 84 ppm) et du vanadium (10 à 59 ppm).

Les Ammonites, assez rares dans les calcaires, sont plus abondantes dans les niveaux plus argileux. Sur le territoire de la feuille Châteauroux nous avons recueilli : *Orthosphinctes tiziani*, *Decipia latecosta*, *Ochetoceras semifalcatum*, *Glochiceras nimbatum*.

● *Calcaire de Levroux inférieur*. C'est un calcaire fin, gris sans pseudomorphoses de

gypse en bancs décimétriques à pluridécimétriques séparés par des niveaux marneux ou des niveaux plus délités. En se rapprochant du centre du bassin (sondage), le pourcentage de marne et l'épaisseur desdits niveaux augmentent. Le calcaire de Levroux inférieur se distingue du calcaire de Montierchaume par la présence de niveaux fossilifères, lenticulaires. Ces niveaux ne sont jamais visibles en carrière toutefois la taille des blocs observés dans les labours indique que certains ont des puissances de plusieurs décimètres. De ces mêmes observations il ressort également que la base de la formation est caractérisée par des niveaux fossilifères puissants mais rares, la tendance s'inversant lorsque l'on monte dans la formation. La détermination de la macrofaune est souvent délicate par suite de la dissolution partielle des fossiles. Parmi les Brachiopodes nous citerons : *Terebratula bourqueti* (Et.) et *T. pelagica* (Roll.). Des Lamellibranches, des Polypiers simples et d'assez nombreuses Ammonites y sont associés. Parmi celles-ci : *Orthosphinctes polygyratus* (Rein.), *O. colubrinus* (Rein.), *O. (?) torrensensis* (Chof.), *Idoceras planula* (Hehl.), *I. laxevolutum* (Font.), *I. tonnerensis* (Lor.), *Paraspidoceras rupellense* (d'Or.) en nombreux exemplaires de très grande taille, *Physodoceras altenense* (d'Orb.), *Aspidoceras* sp.

En lame mince la roche est une micrite. La microfaune assez pauvre se concentre dans tous les niveaux fossilifères. A la base, ont été reconnus : *Triplasia*, *Lenticulina*, *Marginulina*, *Nubecularia*, des Ophthalmidiidés et *Ammobaculites*; vers le milieu : *Spirillina tenuissima* (Gumbel), et de rares Ostracodes.

La teneur en calcite du calcaire de Levroux inférieur est toujours supérieure à 70 %. Les insolubles correspondent essentiellement à du quartz et des argiles. Parmi ces dernières nous noterons la prédominance de l'illite sur la kaolinite elle-même plus abondante que les interstratifiés illite-smectite. Différence essentielle avec la formation sous-jacente : la smectite est remplacée par des interstratifiés.

L'ensemble des Calcaires de Levroux inférieurs et supérieurs (voir ci-après) a une épaisseur d'environ 20 mètres.

j7a. Kimméridgien inférieur. Calcaire de Levroux supérieur (zone à Baylei). A l'Ouest l'épaisseur de cette formation peut être estimée à une vingtaine de mètres. Vers l'Est elle se réduit considérablement puisqu'elle n'est plus que de 2 m à la carrière de la Madeleine (bord occidental de la feuille Bourges à 1/50 000).

A l'affleurement le calcaire de Levroux supérieur est un calcaire fin de teinte blanc cassé ou gris très clair, parfois crayeux et très poreux. Généralement il a un aspect massif (bancs pluridécimétriques à métriques). Il est gélif et à la fin de l'hiver les blocs remontés par les charrues apparaissent débités en tranche comme les paquets de pain grillé. En sondage la teinte de ces niveaux peut devenir très foncée. Corrélativement on note la présence de petits grains (*microsphères*) gris-noir apparaissant en relief à la surface des carottes par suite d'une résistance plus grande à l'abrasion.

L'étude de ces *microsphères* effectuée au microscope électronique à balayage (MEB) a montré qu'elles correspondaient à des amas fibroradiés constitués de gypse, ce dernier pouvant être partiellement remplacé par de la calcite. La concentration des *microsphères* dans les niveaux plus riches en matière organique laisse supposer que dans le milieu réducteur original la pyrite aurait remplacé les corpuscules organiques avant d'être elle-même transformée en gypse puis éventuellement en calcite.

Outre la présence de ces *microsphères* jamais observées à l'affleurement, le calcaire de Levroux supérieur est caractérisé par la présence de fins niveaux lumachelliques riches en petits fossiles (Lamellibranches, Gastéropodes...). Ces niveaux sont lenticulaires et correspondent vraisemblablement à des comblements de mini-chenaux de ravinement. Localement ils peuvent s'enrichir en quartz. Leur

teinte claire due à l'absence de fer permet de les distinguer facilement de ceux du calcaire de Buzançais qui leur est directement superposé.

Au microscope optique, la roche est tantôt une micrite, tantôt une biomicrite. Elle est alors riche en Foraminifères parmi lesquels nous citerons *Paalzowella undosa*, *Pseudocyclamina jaccardi*, *P. lituus*, *Everticyclamina virguliana*. Des Ammonites *Pictonia baylei* prouvent l'âge kimméridgien inférieur de ce calcaire.

j7b. Kimméridgien inférieur. Calcaire de Buzançais (zone à Cymodoce) ou Calcaire à Astartes de Douvillé et Jourdy (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'y 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.

Sur le territoire de la feuille à 1/50 000 Bourges, à la carrière de la Madeleine (x = 590,6; y = 228,5), le ravinement du sommet des calcaires de Levroux indique une discordance entre ces calcaires et ceux de Buzançais. Un niveau biodétritique comble les chenaux et localement de petits biohermes s'individualisent au-dessus de ces derniers. Ce niveau a été retrouvé en cailloux épars au Nord de Poisieux, partie orientale de la feuille Vatan. De petits Polypiers branchus y étaient visibles.

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 microfauve 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* (Rom.).

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

- *Niveau supérieur* (puissance environ 10 mètres). Calcaires bioturbés gris, peu différents des niveaux situés sous les oolithes ferrugineuses. Toutefois, les bancs calcaires ou marneux semblent s'épaissir. Au sommet de ces calcaires, un niveau discontinu mais constant à grains de glauconie et galets verdis nous a fourni des *Rasenia* dont *R. cymodoce*.

j8. Kimméridgien supérieur. Marnes de Saint-Doulchard (zones à Cymodoce, Mutabilis, Eudoxus et Autissiodorensis; 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 (feuille Bourges) 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 %), *Tena rioulti* (5 %), *Inaperturopollenites limbatus* (1 %), *Alisporites grandis* (2 %), *Gleicheniidites senonicus* (1 %), *Callialasporites segmentatus, dampieri* (3 %), *Lycopodiumsporites reticulumsporites* (1 %), *Sphaeripollenites subgranulatus* (70 %), *Nichrystridium fragile*, *Classopolis nooli* (3 %), *Cyathydites australis*, *Klukisoporites* sp. (1 %), *Densoisporites perinatus*, *Gonyaulacysta* sp. (1 %), *Todisporites* sp., *Parvisaccites radiatus*, *Pareodinia aeratophora*, *Staplinisporites caminus*, *Neoraitrickia 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 Nautilie.

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 des 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 pour partie à la zone à Cymodoce, à la zone à Mutabilis, à la zone à Eudoxus et à la zone à Autissiodorensis. Dans le détail, la partie inférieure des marnes, zone à Cymodoce, croît d'Est en Ouest, ce qui peut être l'indice d'un diachronisme.

La zone à Mutabilis est caractérisée par une riche faune d'Ammonites : *Orthoaspidoceras* gr. *Aspidoceras orthocera*, *O. lallierianum*, associées à des *Aulacostephanus* distincts de ceux de la zone à Eudoxus : *Aulacostephanus* gr. *quenstedti*, *A. gr. catalaunicum*, *Aspidoceras* gr. *caletanum* et *A. gr. binodum*.

La zone à Autissiodorensis est réduite à quelques mètres d'épaisseur. Localement (feuille à 1/50 000 Bourges), elle peut être difficile à distinguer des calcaires du Barrois.

j9. Portlandien (puissance environ 120 m). Il se subdivise en trois ensembles qui sont de bas en haut :

- les calcaires dits « du Barrois » (*),
- les calcaires bréchoïdes,
- les grès, marnes et calcaires de Gracay.

(*) Dans l'Est du Bassin de Paris le nom calcaire du Barrois désigne l'ensemble des terrains d'âge portlandien et purbeckien. Le terme est donc impropre dans le Berry et doit être remplacé par celui de calcaire de Saint-Martin-d'Auxigny.

j9a. Calcaires dits « du Barrois » (zone à Gravesia). La puissance de ces calcaires peut être estimée à 40 voire 50 mètres. Largement répandue, cette assise reste toutefois mal connue dans le détail, par suite de l'absence de coupe. Schématiquement ce sont des calcaires en bancs de 10 à 40 centimètres de puissance séparés par des interlits marneux centimétriques, voire des niveaux plus finement lités. A l'affleurement ces calcaires présentent un grain fin et une teinte gris clair. Ils sont peu gélifs et se débitent en plaquettes à cassure aiguë. Les *Nanogyra striata* abondent à certains niveaux où elles constituent de véritables lumachelles. Les autres macrofossiles sont constitués par des Pholadomies et des Trigonies, ces dernières localement abondantes. Des Ammonites se rencontrent çà et là concentrées en niches et paraissent plus ou moins liées à certains niveaux argileux. H. Tintant nous a déterminé : *Gravesia portlandis*, *G. gravesia*, *G. pachypleura*, *G. sp.*, *Perisphinctes rotundus*.

En lame mince, ces calcaires sont micritiques et pauvres en microfaune. Les niveaux lumachelliques (biomicrudites) sont plus riches et contiennent de grands débris de Lamellibranches parfois recristallisés, des Gastéropodes et des Échinodermes plus rares. Les Foraminifères sont représentés par quelques Lituolidés à tests quartzeux et des Lenticulines. Des analyses effectuées sur des calcaires prélevés en carrière à Saint-Martin-d'Auxigny ont donné une teneur en CaCO_3 proche de 85 %. La phase argileuse était représentée par de la kaolinite 4/10 et de l'illite 6/10.

j9b. Calcaires bréchoïdes du château d'eau de Massay (pour partie zone à Gravesia). La puissance de ces calcaires est sensiblement identique à celle des calcaires dits « du Barrois », soit 40 à 50 mètres. Le passage entre les deux formations n'est pas connu. Vraisemblablement il est franc, une limite cartographique relativement nette existant entre les calcaires dits « du Barrois » et les calcaires bréchoïdes.

Cette distinction est basée sur le débit de la roche : en plaquette pour les calcaires dits « du Barrois », en rognons pour les seconds d'où le nom de bréchoïde que nous leur donnons. Parmi les autres éléments distinctifs, on note la disparition presque totale des lumachelles à Huîtres, des intercalations argileuses et en carrière l'aspect massif non délité des calcaires bréchoïdes. Dans la réalité cela est parfois plus complexe et quelques bancs à débit en plaquettes ont pu être observés. En outre de petites variations latérales de faciès sont perceptibles.

Les calcaires bréchoïdes peuvent être subdivisés en trois sous-ensembles :

- les calcaires fins de base,
- les calcaires biodétritiques,
- les calcaires du sommet à *pellets*.

● **Calcaires fin de base.** Leur puissance est d'environ 30 mètres. Ils sont massifs, bréchoïdes, mal stratifiés. Leur cassure est de teinte gris très clair avec une patine plus foncée. Dans une des carrières proches du château d'eau de Massay nous avons observé une lumachelle centimétrique à Huîtres. Moins développées que dans les calcaires dits « du Barrois », ces dernières existent donc toujours, ce qui confirme les observations faites dans les labours sur les cailloux épars. Notons quelques rares niveaux argileux jamais observés en carrière mais bien visibles dans les champs situés au Sud de Nohant-en-Graçay.

La macrofaune peu abondante et constituée pour l'essentiel de Lamellibranches. Quelques *Gravesia* ont toutefois été recueillis tant à la base qu'au sommet de la formation.

La microfaune est représentée par des Lituolidés, des Lenticulines et de rares Ostracodes.

L'analyse semi-quantitative par diffractométrie des argiles contenues dans ces mêmes échantillons montre la proportion suivante : kaolinite 2/10, smectite 3 à 5/10, illite 3 à 5/10.

● *Calcaires biodétritiques*. Leur puissance est d'environ 10 à 15 mètres. Ce sont des calcaires blanc-crème, massifs, parfois stratifiés, en bancs métriques, d'aspect bréchoïde, bioclastiques où les fossiles sont toujours partiellement dissous. Au sommet de cette assise, entre les bancs calcaires, on observe parfois de petits lits centimétriques d'argiles noires riches en matières organiques. Une remobilisation partielle de ces argiles dans les karsts est visible ce qui explique les résultats négatifs des études palynologiques, le matériel étant toujours oxydé. Des variations latérales de faciès s'observent d'Ouest en Est, les calcaires deviennent progressivement plus compacts moins poreux et les fossiles moins abondants.

Dans la partie orientale des affleurements, des silicifications affectent le sommet de ces calcaires. Elles sont diverses : chailles, silex rognonneux, plats, branchus et rarement visibles en place. Une exception à Nohant-en-Graçay où nous avons pu observer quelques silex qui moulaient les creux d'une surface d'arrêt de sédimentation proche du sommet des « calcaires » et un autre isolé qui occupait une position verticale sur le trajet d'une diaclase. Sous la surface précédente et au sein du banc supérieur, se développent de nombreux terriers verticaux ou obliques.

En lame mince ces calcaires sont micritiques et riches en débris fossilifères : Bivalves, Gastéropodes, Échinodermes, Spongiaires représentés surtout par des Spicules. Des silicifications secondaires peuvent affecter les débris de tests. Dans la microfaune quelques Lituolidés voisinent avec de rares Ostracodes.

Les analyses semi-quantitatives d'argile sont trop peu nombreuses pour être caractéristiques. Toutefois, elles montrent une prédominance des smectites 6/10 sur les illites 4/10.

● *Calcaires du sommet à pellets*. Peu de bonnes coupes et une fracturation de faible rejet mais très intense rendent délicate l'étude de cet horizon épais d'environ 2 mètres. A sa base, une surface d'arrêt de sédimentation festonnée, percée de nombreux terriers, marque la limite avec le niveau sous-jacent. Au-dessus reposent des calcaires en bancs pluridécimétriques, riches en *pellets* qui envahissent les terriers creusés dans l'assise inférieure. Les *pellets* semblent plus nombreux au toit de l'horizon. La macrofaune, moins abondante que dans l'horizon précédent varie en proportion d'un point à un autre. Pour l'essentiel elle est représentée par des Trionies, des Pholadomies, des Huîtres et quelques autres Lamellibranches.

En lame mince, la roche montre une texture irrégulière avec des zones micritiques à éléments dispersés (*wackestone*) et des zones à forte concentration granulaire et ciment spathique (*grainstone*). Les *pellets* abondants sont de formes variées et micritiques. Ils incluent des bioclastes partiellement micritisés dérivant de pelotes algaires. La biophase est représentée essentiellement par des Gastéropodes, Échinodermes, Lamellibranches, Annélides, de rares Brachiopodes, des encroûtants mixtes, Algues, Bryozoaires, des spicules calcitisés de Spongiaires, quelques Lituolidés et de rares Ostracodes.

Les résultats des analyses d'argile montrent une prédominance des smectites 7/10 sur les illites 3/10.

j9c. Portlandien (Purbeckien). Calcaires gréseux, marnes et calcaires de Graçay. Dans le secteur étudié nous avons distingué deux formations :

- les calcaires gréseux de base,
- les alternances marno-calcaires.

● *Calcaires gréseux* (puissance 5 à 6 m). A Nohant-en-Graçay, comme partout ailleurs, le contact avec l'horizon à *pellets* sous-jacent n'est pas visible. Toutefois la lacune d'observation est très réduite et immédiatement au-dessus apparaissent des grès à stratifications obliques et débit en plaquettes. Au-dessus, ou variation latérale, des grès beiges en bancs métriques séparés par des niveaux plus tendres, ondulants sont constitués par des alternances millimétriques de grès et d'argile verte. Observés

au plafond des anciennes carrières souterraines ces lits se révèlent être des empreintes de rides de vagues.

En lame mince ces calcaires gréseux (moins de 70 % de calcite) correspondent à des biocalcarénites quartzеuses et sont constitués par une alternance de micrite à très rares éléments dispersés (sphérolites calcaires essentiellement) et de niveaux bioclastiques, quartzеux plus ou moins lumachelliques contenant des Lamellibranches à tests minces, des Ostracodes (?) et des Échinodermes.

Couronnant ces calcaires gréseux, un banc lumachellique plus grossier, à fossiles mal cimentés, renferme de très rares petites chailles roulées; il pourrait correspondre à un cordon littoral. En lame mince on distingue une phase détritique très mal classée à quartz mono- et polycristallins abondants, à traces de feldspath et de silex.

La biophase, très hétérométrique, est à Bivalves dominants : Lamellibranches, Brachiopodes plus rares, associés à des Gastéropodes et des Échinodermes.

Les résultats des analyses d'argiles montrent une prédominance de la smectite (7 à 8/10) sur la kaolinite et l'illite réduites chacune à 1/10.

• *Alternances marno-calcaires.* Nous regroupons sous ce terme un ensemble d'horizons généralement peu épais dont la succession est délicate à établir. Les principales difficultés sont liées à l'isolement de chaque affleurement, labours ou petites carrières, et à la dilacération de cet ensemble par de nombreuses petites failles de quelques mètres de rejet.

De bas en haut nous croyons pouvoir reconstituer la série suivante :

- calcaires argileux blancs à lamines et traces de racines;
- alternances de niveaux détritiques parfois grésifiés, de marnes et de calcaires;
- calcaires finement lités à intraclastes et Lamellibranches;
- alternances de calcaire d'apparence litée et de marnes associées à de minces lits de matières organiques;
- marnes et calcaires gris, parfois dolomitiques, à lamines gréseuses.

Nous ne décrivons que les deux premiers horizons, les autres n'étant pas représentés dans le cadre de la feuille Vatan.

• *Calcaires argileux blancs finement lités à traces de racine* (puissance 3 à 5 m). A l'affleurement ils sont blancs parfois tendres et très finement lités. La coupe de Villiers-le-Bas ($x = 567,4$; $y = 236,6$) montre un premier horizon d'environ 80 cm de puissance, séparé de la masse principale par un banc de calcaire gréseux, micacé, à entroques et stratifications obliques.

La coupe du four à chaux de la RN 722 ($x = 562,65$; $y = 239,80$) montre le sommet de la masse principale. Dans le détail on y observe des niveaux plus indurés de teinte beige-ocre, à traces de racines, surmontés de lits argileux centimétriques de teinte gris-vert. A la base d'un lit argileux nous avons observé sur quelques centimètres carrés un réseau polygonal à maille de 5 mm. Une déshydratation du niveau argileux au profil de l'horizon sous-jacent pourrait en être la cause.

Latéralement dans les labours, les niveaux à traces de racines semblent se multiplier comme si l'altération des affleurements tendait à les dissimuler. Parallèlement disparaît la teinte beige-ocre qui, en carrière, les caractérise.

• *Alternances de niveaux détritiques parfois grésifiés, de marnes et de calcaires* (puissance visible 1 m, maximum probable inférieur à 5 m). Ces alternances sont visibles dans la carrière du four à chaux citée ci-dessus. L'ensemble très altéré permet de reconnaître plusieurs horizons argileux décimétriques dans lesquels s'intercalent des calcaires fins et des niveaux grésifiés dont l'induration pourrait être largement postérieure.

• *Âge des faciès purbeckiens.* Les faciès décrits ci-dessus sont caractéristiques de

dépôts marins peu profonds (rides de vagues, cordons de plages), voire continentaux (horizons à lamines, traces de racines et Characées).

Ces caractères sont ceux du Purbeckien du Bassin de Paris. Dans le Berry, ces faciès ne sont pas datés : absence de pollens, Characées encroûtées indéterminables, Ostracodes petits non caractéristiques.

Crétacé

n4. Barrémien. Argiles bariolées, sables et grès silicifiés. Les terrains rapportés au Barrémien affleurent près de la bordure nord de la carte, sur le territoire des communes de Massay et Nohant-en-Graçay.

Il s'agit d'argiles bariolées silteuses, le plus souvent blanches et jaunes, parfois roses, très plastiques. On y rencontre également des passées finement sableuses grises ou rouges, parfois consolidées en grès siliceux, ainsi que des nodules ferrugineux et fragments de croûte d'hématite.

La phase argileuse est caractérisée par la nette prédominance (8 à 9/10) de la kaolinite sur l'illite.

Les analyses microgranulométriques des argiles bariolées montrent une répartition à part égale entre silts et argiles. L'épaisseur de ces argiles et sables ne semble pas dépasser 10 mètres.

Aucun fossile n'a jamais été récolté dans ce terrain sur le territoire de la feuille Vatan et l'attribution au Barrémien ne résulte que de l'analogie de faciès et de position stratigraphique constatée avec les affleurements de l'auréole crétacée orientale du Bassin de Paris.

Sur le territoire de la feuille Vatan, la répartition des affleurements et la composition du spectre minéralogique des argiles barrémiennes suggèrent un dépôt en milieu continental, dans des dépressions du substratum jurassique, avant la transgression des dépôts albiens.

Les zones d'affleurement des terrains barrémiens ont été fortement affectées par la phase d'altération ferrugineuse (« sidérolithisation ») de l'Éocène (voir paragraphe e7-Fe).

n7. Albien. Sables blancs, jaunes ou rouges, consolidés en grès. Les terrains rapportés à l'Albien sont essentiellement développés au Nord-Ouest d'une ligne joignant Graçay à Saint-Pierre-de-Jards. Au Sud-Est de cette ligne, l'Albien se termine rapidement en biseau, et c'est le Cénomaniens qui repose presque partout sur le Jurassique.

L'Albien se présente essentiellement sous forme de sables, grès et passées argileuses.

Les sables affleurent en général très mal et n'ont pu être observés dans des conditions satisfaisantes que dans les environs immédiats de Graçay (carrière abandonnée au lieu-dit la Chaume et diverses fouilles de fondation dans les faubourgs de la ville). Ils se présentent sous des teintes blanches ou rouges. Ils sont assez bien classés, souvent argileux et de grain en général assez fin (médianes comprises entre 0,120 et 0,170 mm). L'examen morphoscopique des grains de quartz montre une assez grande proportion de grains ronds, émoussés—mats. A la carrière de la Chaume, ils montrent des stratifications obliques à pente relativement forte (25-30°).

Les séquences sableuses sont séparées par des intervalles argileux ou argilo-silteux rouges ou gris verdâtre disposés en lentilles ou en nodules et dont le minéral dominant est la kaolinite. Des niveaux de croûte ferrugineuse surmontent parfois ces lits argileux.

Vers la base de l'Albien, les sables sont souvent cimentés en grès siliceux, blancs ou rosés, lenticulaires, discontinus donnant de gros blocs isolés, de forme arrondie, dont le volume avoisine le mètre cube et dont la position actuelle sur le

terrain résulte souvent d'un déplacement d'origine anthropique. L'examen en lame mince de ces grès montre qu'il s'agit soit de quartzarénites, résultant d'une cimentation par accroissement secondaire des grains de quartz, soit de grès cimentés par de l'opale et des hydroxydes de fer.

Les niveaux grésifiés correspondent souvent à des passées de sables quartzeux de granulométrie plus grossière.

L'épaisseur des sables et grès albiens atteint environ 30 m entre Massay et Nohant-en-Graçay. Au Sud et au Sud-Est de la vallée du Fouzon, les dépôts albiens voient leur épaisseur se réduire très rapidement avant de disparaître « en biseau » sous le Cénomaniens.

Aucun fossile n'a jamais été recueilli dans ce terrain sur le territoire de la feuille Vatan et les analyses micropaléontologiques et palynologiques n'y ont donné aucun résultat. L'âge albien attribué à ces dépôts est essentiellement déduit de leur position stratigraphique et de leur continuité avec les dépôts similaires du Berry oriental, datés eux par des faunes d'Ammonites.

Dans la zone étudiée, les caractéristiques sédimentologiques des terrains albiens suggèrent un dépôt dans un environnement deltaïque ou littoral.

c1-2. Cénomaniens. Les dépôts cénomaniens du territoire de la feuille Vatan sont transgressifs sur l'Albien et sur le Jurassique : au-dessus de ce dernier, ils apparaissent en discordance suivant deux aires faiblement synclinales, l'une correspondant aux buttes-témoins de Montplaisir, le Coudray, Luçay-le-Libre et Giroux, l'autre à la colline de Paincourt au Nord-Est de Rebourstin.

Sur la carte ont été distingués plusieurs faciès qui, dans certaines coupes, paraissent superposés ; cependant l'examen des contours montre que leurs limites ne sont pas synchrones et que, dans une certaine mesure, il peut y avoir passage latéral partiel de l'un à l'autre.

c1-2 M. Marnes sableuses glauconieuses. Ce niveau n'a pu être identifié et représenté sur la carte que localement (la Poterie, au Nord de Graçay, environs d'Orville, à l'angle nord-ouest de la carte, et de part et d'autre de la vallée du Pozon), sans que l'on puisse affirmer avec certitude son absence ailleurs, du fait du colluvionnement important des sables cénomaniens. La rareté des affleurements a nécessité le recours aux sondages légers pour identifier ce niveau et prélever des échantillons.

Il s'agit en général de sables argilo-calcaires grossiers, de marnes ou d'argiles vertes ou gris verdâtre, renfermant des grains de glauconie parfois abondants.

Entre Coulon et les Cindrays, sur le territoire de la commune de Graçay, on y a observé en outre des grès calcaires beiges.

La fraction argileuse de ces marnes sableuses est caractérisée par une nette prédominance des smectites (entre 7 et 9/10) ce qui permet de différencier ces niveaux des intercalations argileuses de l'Albien qui sont caractérisées par l'abondance de kaolinite et la quasi-absence de smectites.

Au Sud-Est de Graçay, au lieu-dit les Cindrays, un échantillon de marne prélevé vers le sommet du niveau **c1-2M** a fourni à l'analyse palynologique, une microflore d'affinité cénomaniens inférieur avec en particulier : *Cicatricosisporites dorogensis*, *Parvisaccites radiatus*, *Appendicisporites tricormitatus*, *Oligosphaeridium vasiformum*, *Surculosphaeridium longifurcatum*, *Cupressaceae*, *Tricolpes* abondants, etc. Les déblais d'un puits, au lieu-dit Bagnolet, sur la commune d'Orville (angle nord-est de la feuille) ont fourni des Ostracodes du Cénomaniens inférieur avec en particulier *Citherella ovata*, *Veenia ballonensis*.

L'épaisseur de ce niveau basal du Cénomaniens est comprise entre 0 et 5 mètres. Ces marnes sableuses glauconieuses sont des sédiments marins francs, déposés sous une faible tranche d'eau. Elles ont été parfois dénommées « craies glauconieuses » (feuilles Valençay et Bourges à 1/80 000).

c1-2 S. Sables. Ils occupent des superficies importantes au pied des buttes-témoins cénomaniennes. Du fait d'un colluvionnement important au bas des pentes, la limite inférieure qui en a été figurée sur la carte déborde souvent quelque peu la limite d'extension réelle de la formation, notamment vers Vatan, Luçay-le-Libre et Giroux.

Ce sont des sables blancs, gris-beige, jaunes ou parfois rouges, riches en paillettes de muscovite, souvent mal classés. La glauconie y est peu abondante, vu l'état d'altération des sables aux affleurements. Les analyses granulométriques mettent en évidence, en général, un grain moyen (médiane comprise entre 0,170 et 0,350 mm), mais on y note dans quelques échantillons des passées beaucoup plus fines, tendant vers le silt.

L'examen morphoscopique des quartz montre une forte proportion de grains émoussés-luisants dans les fractions supérieures à 0,300 mm. Au Nord de Meunet-sur-Vatan, à la base des sables se rencontrent en abondance des petits galets siliceux (quartz ou opale) et un mince banc de grès glauconieux.

Comme les sables albiens sous-jacents, mais dans une moindre mesure, les sables cénomaniens sont localement cimentés en grès à ciment silico-ferrugineux suivant des lits irréguliers et lenticulaires. Sur le terrain ils apparaissent sous forme de blocs de dimensions réduites de grès jaunes ou rouges, d'aspect caverneux.

Ces niveaux sableux n'ont fourni aucun fossile caractéristique. Ils rappellent par leur faciès les Sables de Vierzon dont ils pourraient être l'équivalent de la partie basale (Cénomaniens moyen). Leur épaisseur, dans le périmètre de la feuille Vatan, peut atteindre 25 mètres.

c1-2A. Argiles et siltites jaunes à spicules de Spongiaires. Ce niveau est bien caractérisé sur le terrain où il constitue la partie moyenne des buttes-témoins de Reboursin, Montplaisir, Luçay-le-Libre et Giroux.

Il se présente sous forme de silts meubles ou indurés (siltite) jaunes, ocre ou rouges, ou d'argiles sableuses ou silteuses jaunes. Les passées indurées présentent en lame mince les caractères d'une *gaize* : quartz assez abondants, petits, bien classés et anguleux, spicules de Spongiaires, glauconie, le tout pris dans un ciment argilo-ferrugineux.

L'analyse diffractométrique de la fraction argileuse montre la très nette prédominance des smectites dans les affleurements occidentaux (collines au Nord de Reboursin 7 à 10/10). Par contre la kaolinite domine nettement et les smectites sont absentes dans les affleurements les plus méridionaux (le Coudray, Luçay-le-Libre, Giroux). Au Sud de Luçay-le-Libre, les champs sont parsemés de plaquettes d'une siltite dure, jaune, finement rubanée. Les argiles et siltites à Spongiaires renferment quelques fossiles (Bivalves dont *Ostrea columba* var. *minor*).

La puissance du niveau **c1-2A** varie entre 10 et 15 mètres. Ces argiles à siltites passent latéralement et verticalement au terme supérieur du Cénomaniens (**c1-2G**). Elles représentent un équivalent latéral probable de la partie supérieure des sables de Vierzon (Cénomaniens supérieur ?).

A la butte de Paincourt, les argiles et siltites sont surmontées par un niveau (2 m) de sable argileux, rouge et vert, glauconieux à Bivalves (Huîtres) abondants.

c1-2G. Grès à *Exogyra columba*. Le sommet des buttes de Montplaisir, le Coudray, Luçay-le-Libre et Giroux est occupé par des grès tendres, gris et jaunes, irrégulièrement lités en bancs décimétriques et épais de 5 mètres au maximum. Les grains de quartz sont mal classés, moyens à grossiers, et pris dans un ciment argilo-silteux. A la carrière abandonnée du Grand-Creuset, sur la commune de Luçay-le-Libre, ils ont fourni des coquilles silicifiées d'*Ostrea columba*.

Sur le territoire de la feuille Vatan, ces grès terminaux du Cénomaniens semblent correspondre aux Marnes à Ostracées (Cénomaniens supérieur).

c3S. Turonien. Argiles blanches à silix. Le sommet de la butte de Paincourt est couronné par une formation argileuse blanche, jaune, ou d'aspect marbré, grise et

jaune, assez sableuse et contenant des fragments de silex blancs et jaunes, souvent brisés et patinés en surface. La mauvaise qualité des affleurements ne permet pas de se rendre compte de la disposition exacte des accidents siliceux au sein des argiles. L'analyse diffractométrique de la fraction argileuse fait apparaître la présence, en proportion à peu près égale, de kaolinite, de montmorillonite et d'illite.

Ces argiles blanches à silex, épaisses de 15 m au maximum, n'ont livré aucun fossile sur le territoire de la feuille Vatan. Cette formation est à rapprocher de ses homologues silico-argileuses décrites sur la feuille Vierzon (Delaunay, 1974) et sur la feuille Gien (Gigout, 1977) où ont été identifiés des Foraminifères d'âge turonien à sénonien. Ici, leur faible épaisseur et leur superposition directe aux sables et grès cénomaniens inclinent à les attribuer au Turonien.

Tertiaire

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 datée. 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.

e7-Fe. 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.

Un faciès particulier peut s'observer au lieu-dit la Loge, à la lisière sud-ouest de la forêt de Longchamp. Ce sont des fragments de grès rouges, des nodules et des pisolithes ferrugineuses cimentées ensemble dans un conglomérat, dont des blocs épars peuvent s'observer dans les champs.

Rubéfaction affectant les formations barrémiennes et albiennes (sidérolithisation).

Sur le territoire de la commune de Massay, les argiles bariolées barrémiennes et les sables et grès albiens sont indifféremment affectés, sur une épaisseur variable par une altération ferrugineuse, témoin de la phase de cuirassement intervenue au cours de l'Éocène (*).

Les talus du stade de Massay montraient en 1976-1977 une bonne coupe de cette cuirasse sidérolithique ; de bas en haut :

- argiles bariolées du Barrémien,
- poches creusées dans les argiles et remplies de galets et graviers anguleux de grès ou de quartz,
- croûte assez démantelée à fragments d'hématite plus ou moins continue et d'épaisseur variable 0,5 à 1,5 mètre.

Entre Massay et la forêt de Longchamp, le démantèlement superficiel de cette cuirasse donne aux labours une teinte rouge caractéristique.

g1-2. Stampien. Calcaires et argiles lacustres du Berry. Épaisseur maximale 30 mètres. Ce sont des calcaires gris-blanc, massifs, non gélifs, avec des structures diverses : compactes, bréchiqes, 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 bréchiqes 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.

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 et, jusqu'à ce jour, inconnue sur la rive gauche du Cher donc sur le territoire de la feuille Vatan. Néanmoins la proximité de Quincy situé en partie dans le périmètre de la feuille Vatan nécessite d'en dire quelques mots.

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

(*) Et non pas Oligocène, comme indiqué, par erreur, sur la légende de la carte.

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, Planorbes, Hydrobies, *Helix*. Des Characées étaient associées aux niveaux argileux de base.

A la Chapelle-Saint-Ursin (feuille Bourges à 1/50 000), C. Guillemin a récolté une flore constituée par : *Harrisichara tuberculata*, *Rhabdochara cf. cauliculosa*, *Sphaerochara cf. hirmeri*.

A Saint-Florent (feuille Bourges à 1/50 000), 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. A noter que, malgré les nombreux échantillonnages effectués sur la feuille Vatan, les niveaux a priori favorables se sont révélés aphytiques.

Les argiles généralement subordonnées aux calcaires ne sont pas visibles en cailloux épars et n'ont pu être observées que dans de rares carrières où elles forment des niveaux pluridécimétriques d'extension inconnue. Toutes les recherches de Characées effectuées dans ces niveaux se sont révélées négatives.

Essais d'interprétation de la mise en place des divers dépôts tertiaires. Pour nous la succession des phénomènes géologiques serait la suivante :

- exondation et érosion sans aplanissement syn- ou post-crétacé supérieur ;
- recouvrement partiel par une formation fluviatile d'âge éocène ;
- cuirassement terminal rouge brique ;
- effondrement localisé lié à la phase pyrénéenne créant de petites dépressions, sièges d'une sédimentation lacustre.

Plio-Quaternaire

F. Quaternaire indéterminé. Argiles, sables rouges et galets de Reboursin. A Reboursin, immédiatement au Nord du village, les champs cultivés montrent une formation constituée de sables légèrement argileux, rouge foncé à lie-de-vin, emballant des fragments de silex patinés plus ou moins roulés et quelques galets de grès. Ce terrain, très meuble, est fortement raviné par des entailles atteignant parfois

1 m de profondeur. Les sables sont de grain fin à moyen (médiane 0,207 mm) et leur fraction argileuse est surtout constituée de kaolinite (70 %) et accessoirement d'illite. L'origine et l'âge de cette formation restent imprécis : il peut s'agir d'alluvions quaternaires remaniant des sables cénomaniens et des silex du Crétacé supérieur, voire d'un résidu d'une formation tertiaire.

Fv-w. Alluvions anciennes non différenciées, partiellement éolisées et colluvionnées. Argiles, sables et graves rouges de haut et de très haut niveau. Formation d'Ardentes ou sables roux de Castelnau suivant que l'on se réfère aux cartes géologiques à 1/50 000 Issoudun ou Bourges. Localement, dans d'anciens chenaux, l'épaisseur peut atteindre 8 mètres.

La zone d'affleurement de la formation d'Ardentes évoque la partie en aval, très aplatée, d'un cône de déjection torrentiel. Des traînées de galets, de directions subméridiennes, peuvent y être observées. Au Nord-Ouest de Mâron, feuille à 1/50 000 Issoudun, au lieu-dit la Sablière ($x = 563,0$; $y = 201,7$; $z = + 164$), une carrière montre la coupe d'un ancien chenal. De haut en bas l'on distingue :

- sables argileux grossiers et galets, l'ensemble présentant une teinte rousse plus foncée en surface. Les galets sont en majorité des quartz, mais des chailles d'origine jurassique et plus rarement des calcaires oxfordiens s'y rencontrent également. Épaisseur 1,5 mètre;
- sables argileux, fins à moyens de teinte rousse. Épaisseur 1,5 mètre;
- sables argileux grossiers et galets roux. Le matériel semble en majorité avoir été emprunté au complexe détritique de Brenne. La présence de blocs de grès éocènes, mal cimentés, indique un transport sur une très courte distance. Épaisseur supérieure à 3 mètres.

Cartographiquement, une traînée riche en galets suit la rive droite de l'Arnon. Nous avons observé une traînée identique sur la rive gauche du Cher (*cf.* feuille à 1/50 000 Bourges). Apparemment, ce sont ces traînées qui, autrefois, ont été partiellement notées **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 lessivage et 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.

La formation d'Ardentes n'est pas datée. Elle est postérieure à l'Éocène dont elle remanie les matériaux. Elle est également postérieure aux calcaires lacustres de l'Oligocène qu'elle recouvre. Par ailleurs, la formation d'Ardentes montre un faciès totalement différent du Villafranchien moyen à supérieur reconnu dans le cadre de la feuille Châteauroux à 1/50 000. Enfin elle est antérieure au réseau hydrographique actuel puisque celui-ci ne présente aucune direction commune avec elle.

Les anciens auteurs donnaient à cette formation un âge miocène mais, actuellement, certains spécialistes penchent en faveur d'un Quaternaire ancien. La parenté qui semble exister entre cette formation et les sables du Bourbonnais va également dans ce sens.

Remarques. Certains affleurements présentent une dissymétrie dont l'origine doit être recherchée dans l'action du vent (transport éolien) ou de l'eau (pluie, colluvionnement). D'autres, à des altitudes anormalement basses, peuvent être les témoins des ondulations du niveau de base, chenaux, néotectonique (?), mais tout aussi bien être liés à des colluvionnements.

Quaternaire

Fx. Alluvions anciennes. Sables et graves à galets calcaires (épaisseur variable). Elles ont pratiquement disparu mais peuvent encore être observées en plusieurs points tant en bordure de l'Arnon que de la Théols.

Les rares carrières entaillées dans ces alluvions étaient quasi abandonnées au moment du levé de la feuille Vatan. Nos observations sont donc partielles. A l'Ouest de Saint-Georges-sur-Arnon une carrière nous a permis d'observer cette formation sur une hauteur voisine de 3 mètres. De bas en haut : un sable fin de teinte rousse accompagné dans la partie supérieure de plaquettes calcaires non roulées mais dérangées *a posteriori* (cryoturbation ou dissolution partielle).

Cette carrière est à rapprocher de celle de Meunet que nous avons décrite dans la notice du 1/50 000 Issoudun.

Le matériau constitutif, identique, est un sable rouge à rares galets de quartz. Un niveau d'une dizaine de centimètres d'épaisseur est formé presque exclusivement d'éléments empruntés aux grèzes calcaires. La présence de ces éléments remaniés est intéressante car elle indique que ces alluvions sont postérieures à la mise en place des grèzes. C'est hélas à ce jour le seul élément de chronologie que nous possédions. La couleur rouge de ces alluvions est due à leur richesse en oxydes ferriques par ailleurs très abondants dans les formations d'âge tertiaire et quaternaire qui ont nourri ces alluvions : complexe détritique de Brenne, sables roux d'Ardentes. Le rattachement de ces alluvions à d'autres de même teinte, basé sur ce seul critère, ne serait donc pas valable.

Erratum — En bordure nord de la feuille, l'affleurement **Fv-w** situé entre la voie ferrée et l'Arnon doit en réalité être rattaché aux formations **Fx**.

Fy-z. Alluvions anciennes, subactuelles et actuelles (épaisseur variable dont le maximum ne nous est pas connu). Ces dépôts composent le substratum des plaines alluviales et sont pour leur plus grande partie noyés. Quelques sondages réalisés pour l'eau ou pour des ouvrages d'arts (ponts) montrent des épaisseurs variables croissantes d'amont en aval. A Lury-sur-Arnon deux forages effectués dans le lit vif de la rivière ont montré que l'épaisseur de ces dépôts peut atteindre 6,3 mètres.

La coupe telle que nous croyons pouvoir la reconstituer serait la suivante. De haut en bas :

- 0 à - 1,90 m : pas de dépôt : lit actuel de la rivière
- 1,90 m à - 3,00 m : sable et graviers
- 3,00 m à - 4,10 m : sable et vase
- 4,10 m à - 5,60 m : sable et graviers
- 5,60 m à - 6,30 m : sable, graviers et galets.

Aucune analyse granulométrique n'a été effectuée sur ces dépôts et leur méconnaissance reste totale.

L'analyse de cette coupe montre des variations importantes de la vitesse d'alluvionnement en fonction du temps (intercalation de dépôts vaseux dans des dépôts plus grossiers). Ce phénomène se retrouve dans les thalwegs plus petits où les vases font parfois place à des tourbes.

Des essais de datation réalisés sur les alluvions des petits ruisseaux des feuilles à 1/50 000 Châteauroux et Issoudun montrent des flores riches en Polypodiacées (*Polypodium vulgare*) dont les âges s'échelonnent de l'Holocène à la période actuelle.

Remarque — Dans ce pays au relief quasi inexistant, l'érosion en « doigts de gant » des formations superficielles nécessite, pour être perceptible, la matérialisation des thalwegs sur la totalité de leur longueur. Celle-ci a été réalisée par la figuration des alluvions bien au-delà des points où elles peuvent être représentées sur la carte à l'échelle de 1/50 000. Les colluvions des fonds de vallon sont incluses dans cette

représentation. Leur importance reste toutefois trop faible pour justifier une notation compréhensive telle **Fy-z-C**. Avantage non négligeable, le chevelu hydrographique ainsi tracé complète une planimétrie peu riche et fourni de bons repères tant pour le levé de la carte que pour son utilisation.

GP. Dépôts cryoclastiques calcaires de plateau et de versant : grèzes. Épaisseur variable : 0,20 m à plus de 5 mètres. Sous l'action du froid, certains calcaires dits gélifs peuvent se débiter 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.

Nota — Dans la notice de la carte géologique à 1/50 000 Bourges nous avons donné quelques résultats des mesures effectuées par M. Malterre sur les éléments constitutifs de ces grèzes. Les mêmes matériaux et les mêmes conditions de dépôt se retrouvent ici, ce qui nous permet de donner une nouvelle fois ces résultats.

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 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 fluviatile 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, est-il si rare ?

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.

Dans ces régions à faible relief, les spécialistes de ces dépôts s'accordent en général pour admettre que les conditions périglaciaires avec enneigement important 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 de 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 à 1/50 000 Issoudun) (x = 571 ; y = 204), on peut observer des éléments constitutifs des grèzes résédimentés dans les alluvions **Fx** ;
- phase 5 (Würm pour partie) : mise en place des limons éoliens.

Remarque — Certains calcaires très gélifs comme le calcaire de Levroux supérieur se fragmentent encore actuellement en éléments dont la taille est voisine de celles des éléments calcaires des grèzes de plateau. En l'absence de coupe il devient alors très difficile de distinguer s'il s'agit de véritable grèze ou de fragmentation actuelle.

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 plus marqués dans certains secteurs que dans d'autres. Les grains non usés NU y sont subanguleux et assez peu luisants, les émoussés luisants EL sont peu émoussés mais très luisants et les ronds mats RM sont subémoussés mats avec moins de 10 % d'émoussés mats. La nature de ce dépôt est complexe et tient à sa constitution hétérogène où se mêlent des éléments allochtones apportés par le vent, empruntés à des dépôts continentaux et marins d'âges quaternaire, tertiaire et crétacé et des éléments résiduels plus grossiers de mêmes âges, plus lourds tels les pisolithes ferrugineuses, conservées à la surface des terrains jurassiques.

La datation de ce dépôt ne peut se faire dans le cadre limité de la feuille Vatan. 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-levalloisienne 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 wûrm 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 la présence de dépôt sur les versants à regards orientaux à des 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 empatement par colluvionnement. Des observations effectuées dans les limons, à la fin de l'hiver 1973-1974, étaient cette hypothèse. Au lieu-dit la Brosse-Thibault, au Nord de Saint-Florent (feuille à 1/50 000 Bourges), les sillons des labours orientés NW—SE apparaissent dissymétriques. Leurs flancs à regard ouest, bien lavés, brillaient par suite de l'abondance, en surface, des grains de quartz alors que les flancs opposés à regard est étaient mats, les éléments fins enrobant tous les grains de quartz et les empêchant de refléter la lumière.

RF. Résidus de nappes alluviales anciennes. Silex brisés et roulés. Entre Graçay et Reboursin existent des placages de silex patinés et brisés, sur des replats morphologiques, à une altitude comprise entre 120 et 130 mètres.

On peut les interpréter comme des résidus de démantèlement de nappes alluviales anciennes.

C. Colluvions de versant. Les versants des buttes de Paincourt et Reboursin sont recouverts partiellement par des colluvions sableuses alimentées par les sables et silts cénomaniens.

XFe. Ferriers. A la périphérie de la forêt de Longchamp, près des lieux-dits la Périnerie et Bois-Messire-Jacques, peuvent s'observer des tas de scories, témoins d'anciennes installations de traitement des minerais de fer barrémiens et sidéro-lithiques.

X. Remblais et terrassements hors agglomération. Au Sud-Est de Voeu des matériaux divers marquent l'emplacement des constructions aujourd'hui détruites qui ont appartenu à une grande base militaire de la première guerre mondiale. Dans cette même base, mais non indiqués sur la carte, des épandages de matériaux alluviaux soulignent les principales voies de circulation.

TECTONIQUE

STRUCTURE D'ENSEMBLE DE LA RÉGION

La répartition à l'affleurement des terrains jurassiques d'une part et crétacés et tertiaires d'autre part met en évidence, au moins dans la moitié nord de la feuille Vatan, des structures tectoniques faiblement marquées, orientées SE—NW, parallèlement aux directions armoricaines. On peut ainsi distinguer du Sud-Ouest vers le Nord-Est :

- une zone synclinale correspondant aux collines de Paincourt-Reboursin, Montplaisir, Luçay-le-Libre et Giroux, constituées essentiellement de terrains cénomaniens,
- le talus monoclinale de Graçay, jalonné par les affleurements portlandiens de la vallée du Fouzon, mais essentiellement mis en évidence par la dénivellation affectant les terrains crétacés situés de part et d'autre de ce cours d'eau : Albiens vers 120-130 m au Nord-Est et Cénomaniens à 110-115 m au Sud-Ouest; quant à l'anticlinal de Graçay lui-même, décrit dans la littérature géologique régionale, il semble qu'il s'agisse en fait d'une structure plus complexe, limité vers le Sud-Ouest par une légère flexuration, immédiatement au Sud du Fouzon, mais dont la crête structurale est à rechercher plus au Nord, vraisemblablement sur le territoire de la feuille Vierzon (actuellement en cours de lever),
- une zone synclinale, très faiblement marquée, jalonnée par les affleurements albiens de Longchamp, du bois de la Ville et du bois de Bornay,
- occupant l'angle nord-est de la feuille, le fossé tectonique comblé par les dépôts lacustres éocènes de Lury-sur-Arnon et Quincy.

FRACTURATION

L'examen détaillé de la région (cartographie à l'échelle de 1/25 000, étude des photographies aériennes, des images satellites, exploitation des données géophysiques disponibles à la banque des données du sous-sol) montre une fracturation importante bien que généralement de faible amplitude au niveau des terrains affleurants. Six directions d'inégales importances, empruntées par des failles ou des diaclases, peuvent être mises en évidence (*cf.* fig. 1).

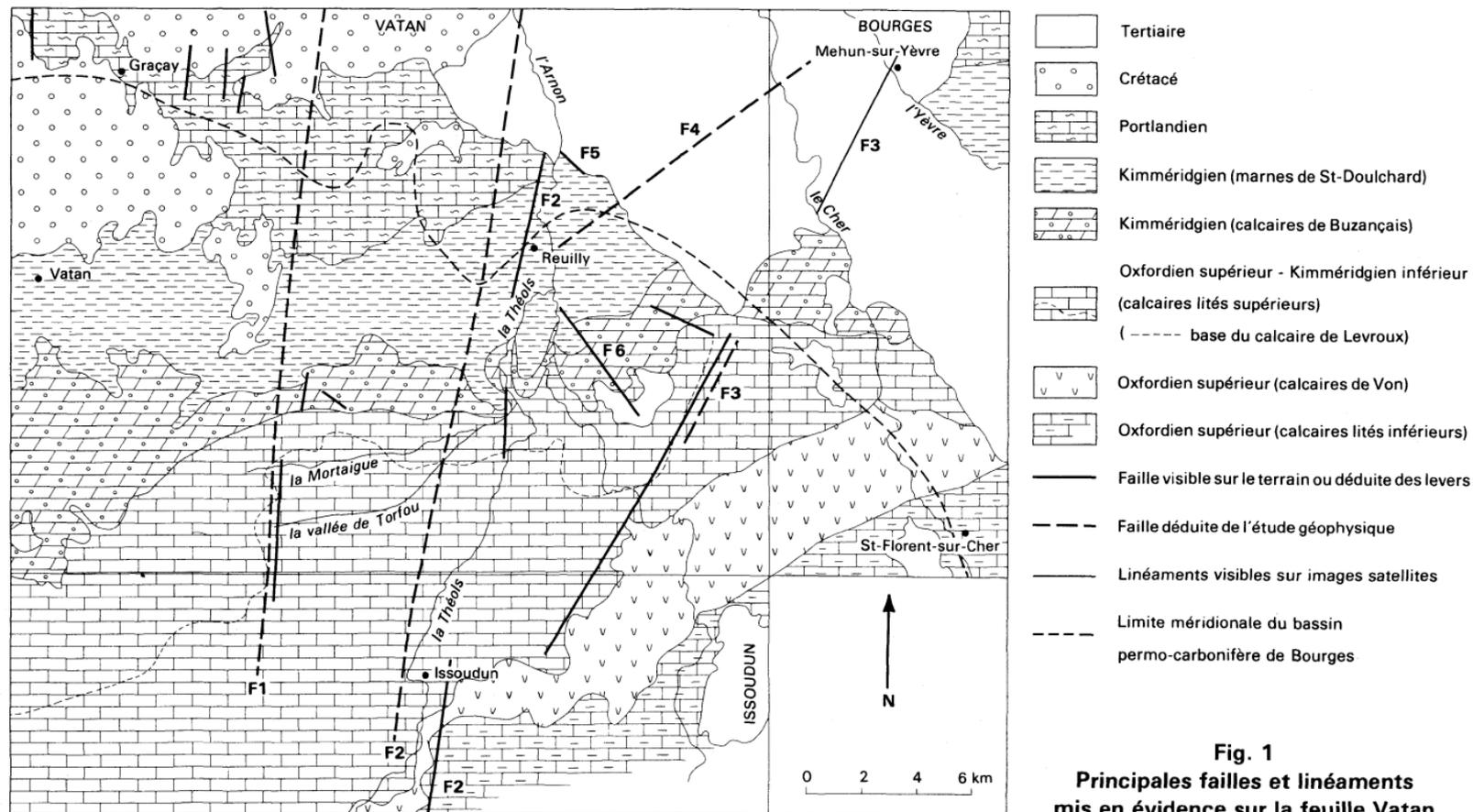


Fig. 1
Principales failles et linéaments
mis en évidence sur la feuille Vatan

Direction N 10° E. Deux accidents F1 à l'Ouest, F2 à l'Est, prolongement vraisemblable des failles mises en évidence par les forages pétroliers à Sennely (feuilles à 1/50 000 Lamotte-Beuvron et Argent-sur-Sauldre), traversent le territoire de la feuille Vatan du Nord au Sud. Ces deux accidents intrasocles (C. Weber, 1973) ont des rejeux postérieurs. Au niveau du Jurassique supérieur ils affectent :

- le calcaire de Von (feuille à 1/50 000 Issoudun) ;
- le calcaire de Levroux inférieur (feuilles Issoudun et Vatan). Dans ce cas le rejeu de F1 est contemporain de la sédimentation et entraîne immédiatement à l'Est de cet accident une réduction brutale de la puissance de ce calcaire ;
- le calcaire de Levroux supérieur mis en contact direct avec les marnes de Saint-Doulchard (faille F2) (feuille Vatan) ;
- le Portlandien et le Purbeckien (petit jeu de failles satellites de F1 bien visibles dans le Nord de la feuille Vatan).

De plus, sont affectés :

- le Cénomaniens dont l'extension en direction du Sud est maximum à l'Ouest de F1 ;
- le Tertiaire (?) : sidérolithisation du Crétacé inférieur limitée à une zone comprise entre F1, ses satellites et F2 ;
- le Quaternaire (?) : un rejeu récent (néotectonique) est possible pour l'accident F2. Il expliquerait la différence morphologique importante qui existe entre les deux rives de la Théols au Sud et plus au Nord celle de l'Arnon. Si cela était, l'abaissement du compartiment oriental serait d'une quinzaine voire d'une vingtaine de mètres et correspondrait aux différences d'altitude que l'on observe entre les deux rives de la Théols et de l'Arnon. L'encaissement de même ordre des affluents rive gauche corroborent cette valeur élevée.

Direction N 30° E. Un accident F3 à décrochement sénestre se déduit de la cartographie des formations jurassiques : calcaire de Von, calcaire de Levroux. Pour partie cet accident est contemporain de la sédimentation, en atteste les réductions de puissance qui affectent sur le bloc oriental la partie inférieure du calcaire de Levroux. Cet accident est visible en aéromagnétisme et sur image satellite. Vers le Nord-Est (feuille Saint-Martin-d'Auxigny), son prolongement est souligné par le cours rectiligne du Barangeon et, encore plus au Nord (feuille Aubigny-sur-Néré), par la bordure orientale de la fosse de Sologne (cf. carte géologique à 1/1 000 000). Vers le Sud-Ouest (feuille à 1/50 000 Issoudun), l'accident ne semble pas se poursuivre au-delà du cours de la Théols, prolongement vers le Sud de la faille F2 décrite ci-dessus.

Direction N 50° E. Plusieurs discontinuités repérables en gravimétrie, en aéromagnétisme et sur images satellites empruntent cette direction tectonique appelée varisque. L'une d'elles F4 serait responsable pour partie du décrochement sénestre d'environ 4 km qui affecte la bordure sud du bassin permio-carbonifère de Bourges.

Direction N 70° à 80° E. De petites failles orientées selon cette direction peuvent être observées tant sur le terrain que sur les photographies aériennes. Elles sont situées principalement dans l'angle nord-ouest du territoire de la feuille. Des linéaments leur correspondant sont visibles sur les images satellites. D'autres apparaissent dans le Sud. Dans ce dernier cas ils sont soulignés par l'orientation du réseau hydrographique : vallée de Torfou, ruisseau de Mortaigue.

Direction N 110° à 120° E. Cette direction dite armoricaine reflète l'organisation du socle en zone haute et basse. Elle ressort nettement sur les cartes gravimétriques et aéromagnétiques détaillées et sur les images satellites. Dans le sous-sol, la bordure sud du bassin permio-carbonifère de Bourges suit cette direction. A l'affleurement elle apparaît peu, seulement soulignée par de petites failles, également observables sur les photographies aériennes.

Direction N 140° à 150° E. Principalement visible sur la bordure est du territoire de la feuille, cette direction apparaît nettement dans toutes les études géophysiques : gravimétrie, aéromagnétisme et sismique, sur les images satellites et sur les photographies aériennes. C'est la direction du bassin lacustre de Quincy lui-même superposé à la bordure sud-ouest du bassin permo-carbonifère de Bourges. A l'affleurement quelques failles ont pu être observées (F5, F6).

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Sur le territoire couvert par la feuille Vatan, les puits et forages exploités sont en nombre très limité et sont exclusivement réservés aux distributions d'eau publiques ou à l'alimentation privée. On note l'absence de captages industriels. Quelques recherches pour l'irrigation se sont soldées par des échecs.

Par contre, les sources sont captées dans la majorité des cas et les communes sont regroupées en syndicats alimentés par ces sources.

Les réservoirs aquifères potentiels sont peu nombreux et leurs bassins alimentaires sont réduits par suite d'un développement important du réseau hydrographique de la rive gauche du Cher (sous-bassins du Fouzon, de la Théols, de l'Arnon). Ce sont :

- les alluvions et le substratum sous-alluvial,
- les calcaires lacustres du Berry,
- les sables du Crétacé,
- les calcaires du Portlandien, drainés par les sources des affluents de la rive droite du Fouzon,
- les calcaires de Buzançais et de Levroux.

Les marnes de Saint-Doulchard qui traversent le domaine de la feuille suivant une diagonale NE — SW constituent une coupure nette dans une série de réservoirs peu perméables.

Réservoirs alluviaux et sous-alluviaux

Dans leur grande majorité, les captages publics sont implantés dans les alluvions :

- alimentation en eau de Graçay (le Rincioux)
- alimentation en eau de Nohant-en-Graçay (Pied de Bic)
- alimentation en eau de Lury-sur-Arnon (Musay)
- alimentation en eau de Charost (Rougeline)
- alimentation en eau de Sainte-Lizaigne (les Chézeaux)
- alimentation en eau de Diou (Saint-Clément)
- alimentation en eau des Bordes

La productivité des captages varie en fonction de la surface du bassin versant, de la nature et de la fracturation du substratum :

Graçay : 10 m³/h (Portlandien)

Nohant-en-Graçay : 30 m³/h (Portlandien)

Diou : 331 m³/h (Calcaire de Buzançais)

Lury-sur-Arnon : 30 m³/h (Calcaire lacustre du Berry)

Charost : 80 m³/h (Calcaire de Von)

Sainte-Lizaigne : 60 m³/h (Calcaire de Levroux)

Le captage de Diou, le plus productif, est situé dans le prolongement de la faille de Reuilly (F2 sur la fig. 1).

Un puits agricole dans les alluvions du Fouzon à Graçay (Coulon) fournit 30 m³/h (substratum calcaire gréseux du Portlandien).

Réservoir potentiel des calcaires lacustres du Berry

Le captage de Massay (le Luard : 3-1) est implanté dans ces formations. Le débit est de l'ordre de 25 m³/h sous 7 m de rabattement (transmissivité 1×10^{-3} m²/s). La nappe est captive et jaillissante au sol.

Des forages de reconnaissance de ressources en eau, dans les mêmes formations, à Lury-sur-Arnon (Mussay) et à Brinay (ferme de la Brosse), se sont soldés par des échecs (puits secs).

Réservoirs sableux du Crétacé

Dans l'angle nord-ouest du territoire de la feuille, des puits privés captent les eaux du Cénomaniens (Bagnolet, ferme d'Orville) ou du Crétacé inférieur (Reboursin, ferme de Paincourt).

Les débits obtenus sont suffisants pour l'alimentation domestique (quelques mètres cubes par jour).

Quelques sources sont connues dans les sables du Cénomaniens et de l'Albien dans le bois de la Pelote et près de la ferme du Lac à Nohant-en-Graçay. Les eaux de ces sources sont assez chargées en fer.

Réservoir du Portlandien

Des émergences importantes sont connues dans les calcaires bréchoïdes entre Graçay et Massay. On peut citer les sources du Fouzon à Nohant-en-Graçay (près des fermes de la Roche et de Saint-Ladre) et à Graçay (sources des Villaines et de Bonnefont). Dans la vallée du Pozon, à Graçay, une ligne de sources apparaît entre les fermes des Reuillons et des Jonchères. A Massay, près de la ferme de la Châtaignerie, une source située dans une zone de fondrières est également connue.

Réservoirs du Kimméridgien

Le calcaire de Buzançais est un réservoir aquifère capté sous les marnes de Saint-Doulchard par les deux puits-sources du syndicat de Vatan (Fontaines du Seigneur).

La transmissivité est de l'ordre de $2,5 \times 10^{-3}$ m²/s, valeur caractéristique d'une nappe captive. Le débit naturel de l'émergence est voisin de 20 m³/h.

Les relevés des niveaux dans les puits, en septembre-octobre 1978, entre Ménétréols et Diou montrent que la surface piézométrique est très influencée par les vallées de l'Herbon au Nord-Est et du Pozon au Nord.

Deux dômes à écoulement divergent se dessinent : le premier, à l'Ouest, à l'aplomb de Ménétréols-sous-Vatan (cote d'équilibre de la nappe +195), le second, à l'Est, à l'aplomb de Poncet-la-Ville (cote d'équilibre +165). Entre les deux, la surface d'équilibre à Paudy est à la cote +150. En règle générale, le gradient d'écoulement est très élevé (supérieur à 1%), ce qui traduit une perméabilité primaire très médiocre au sein du réservoir aquifère. Au niveau des thalwegs, le gradient est compris entre 3 et 6%, valeur caractéristique d'une perméabilité secondairement acquise.

Les captages publics de Ménétréols-sous-Vatan et de Vœu s'adressent à cette formation.

A Ménétréols, il s'agit d'un champ captant de trois ouvrages implantés dans une zone peu perméable. Les puits, d'une profondeur comprise entre 17 et 22 m, pénètrent également dans les calcaires de Levroux. Les débits sont de l'ordre de 6 à 10 m³/h.

A Vœu, il s'agit d'un puits de 5,5 m de profondeur, dont le débit est de 16 m³/h, implanté dans le thalweg de l'Herbon. Cet ouvrage bénéficie de la perméabilité secondaire développée à l'aplomb des vallées.

Réservoir des Calcaires de Levroux

Ces calcaires renferment une nappe dont la surface piézométrique s'équilibre entre les cotes +180 au Sud de Ménétréols et +115 dans la vallée de l'Arnon. La nappe s'écoule d'Ouest en Est, parallèlement aux vallées de la Mortaigne et de Torfou, jusqu'à la vallée de la Théols (cf. fig. 2).

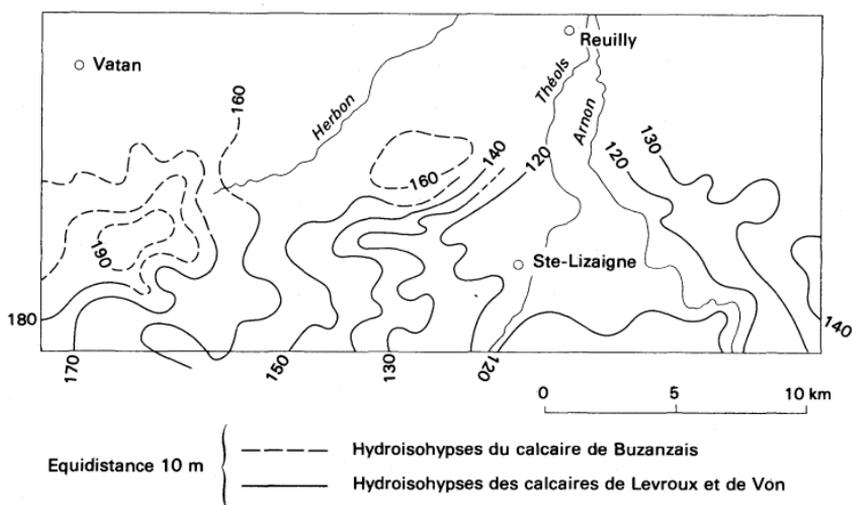
Entre la Théols et l'Arnon, la nappe s'écoule du Sud au Nord.

Les différents gradients observables montrent l'hétérogénéité du réservoir :

- 5 % à l'Ouest de Lizeray,
- 1,5 à 2 % entre Poncet-la-Ville et les Bordes,
- 2,5 % autour de Sainte-Lizaigne et de Saint-Georges-sur-Arnon.

La meilleure perméabilité apparaît entre Sainte-Lizaigne et Charost d'après le faible gradient que fait apparaître la surface piézométrique.

Fig. 2 - Carte piézométrique des calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien supérieur



Réservoirs profonds

Oxfordien supérieur : Calcaires de Montierchaume et de Von. Les échecs des forages communaux profonds de Vatan (181 m) et de Ménétréols-sous-Vatan (106 m) confirment que les calcaires de Montierchaume représentent un massif non productif.

Oxfordien supérieur (calcaire lité inférieur) et Bathonien. Aucun forage n'a été réalisé pour recherche d'eau dans ces formations qui pourraient être atteintes à des profondeurs comprises entre 350 et 500 m d'après le sondage de Giroux 1, mais on sait, par les exemples de la région même de Châteauroux, que la base de l'Oxfordien supérieur et le Bathonien sont aquifères près des zones d'affleurement.

Ces formations représentent donc actuellement une potentialité de ressources inexplorées.

Réservoirs du Lias et du Trias. L'interprétation des résultats du forage de reconnaissance de Giroux 1 montre que le Lias est très compact dans l'ensemble. Quelques passées métriques, dans des dolomies friables, auraient une porosité de 30 %.

Dans le Trias gréseux, les eaux sont salées (0,3 g/l en NaCl).

SUBSTANCES MINÉRALES

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

Minerai de fer

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

Dans le périmètre de la feuille Vatan, les gisements sont exclusivement concentrés dans la partie orientale de la feuille, plus précisément en bordure du bassin lacustre. Leur description est donnée avec celle des terrains de l'Éocène supérieur auquel ils appartiennent.

Les 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. Les exploitations sont toutes localisées dans la vallée du Cher. Elles se font en carrière ou par dragage. Le produit extrait est utilisé après criblage pour la construction (béton, agglomérés), le revêtement des routes et la confection du ballast.

Deux carrières étaient encore en exploitation en 1970.

— La première située à Quincy au lieu-dit le Firmament exploite les graviers dans le lit vif du Cher. L'épaisseur de la découverte atteint au maximum 50 cm et la puissance des alluvions varie entre 6 et 7 mètres. La granulométrie de ces alluvions ne nous est pas connue. Un examen rapide montre qu'elles sont constituées pour l'essentiel de sable et gravier siliceux (quartz et chailles) auxquels s'ajoute une proportion non négligeable d'éléments calcaires plus ou moins roulés.

— La seconde carrière est localisée au lieu-dit les Petites-Brosses sur la commune de Brinay. On y exploite hors d'eau, sur 4 m d'épaisseur et sous 0,5 m de découvert, un sable siliceux (quartz et chailles), peu argileux, faiblement rubéfié.

L'épuisement des graves en lit vif, les ressources potentielles des alluvions Fx non utilisées ont incité le département Matériaux du B.R.G.M. à réaliser quelques essais d'identification sur ce matériau. Pour des raisons de commodité, ils ont été effectués au Nord de Brinay (1/50 000 Vierzon), au lieu-dit Brinay. En voici les résultats.

Analyse granulométrique

Fines (particules de diamètre < 0,08 mm)	13 %
Sables (0,08 mm < diamètre < 5 mm)	60 %
Graviers (5 mm < diamètre < 20 mm)	23 %
Cailloux (diamètre > 20 mm)	4 %

Essai dit de friabilité

La valeur de 12,8 a été obtenue, ce qui indique une résistance mécanique suffisante à la confection des différents bétons, y compris les bétons précontraints.

Formations sableuses crétacées

Sables albiens n7 (épaisseur 30 m au maximum). Vu les mauvaises conditions d’affleurement, seuls ont pu être échantillonnés les sables albiens de la carrière abandonnée de la Chaume, sur le territoire de la commune de Graçay.

Un essai d’identification sur ces sables a donné les résultats suivants :

- analyse granulométrique (en %)
 - fines (< 0,08 mm) : 4
 - sable (0,08 à 5 mm) : 80
 - graviers (5 à 20 mm) : 13
 - cailloux (> 20 mm) : 3
- l’évaluation de l’équivalent de sable a donné les résultats suivants : ES visuel = 30, ES piston = 28.
- un essai de friabilité, sur la fraction granulométrique 0,1 — 2 mm a donné une valeur de 9,4.

Sables cénomaniens (c1-2S) (épaisseur 25 m). Les échantillons étudiés ont été prélevés à Reboursin et au lieu-dit Beauchamp (commune de Reboursin) dans des carrières abandonnées.

Les différents essais et analyses effectués sur ces sables sont résumés dans le tableau ci-après :

Point de prélèvement	Analyses granulométriques %				Équivalent de sable		friabilité (sur fraction 0,1-2 mm)
	Fines < 0,08 mm	Sable 0,08-5 mm	Graviers 5-20 mm	Cailloux > 20 mm	ES visuel	ES piston	
Reboursin	10	90	-	-	31	28	8,5
Beauchamp	11	89	-	-	36	29	7,5

Possibilités d’utilisation des sables albiens et cénomaniens. Ils sont susceptibles d’être utilisés à l’état brut pour réaliser des remblais. Après lavage ils peuvent être également aptes à entrer dans la fabrication des bétons hydrauliques. Les résultats d’essai de friabilité montrent qu’ils ont une résistance mécanique suffisante pour être utilisés pour tous les types de béton.

Grès quartzites albiens (n7). Les échantillons étudiés ont été prélevés dans des blocs épars, au Sud de la forêt de Longchamp à proximité de la route nationale n° 20.

Les essais d'identification effectués sur ces échantillons ont donné les résultats suivants :

Poids volumique :

— roche sèche : 2,56 t/m³

— roche saturée : 2,60 t/m³

Porosité : 3,7 % du volume total

Vitesse du son :

— roche sèche 4780 m/s

— roche saturée 5240 m/s

Par ailleurs ont été réalisés les essais mécaniques suivants :

— résistance mesurée sur carotte :

- à la compression simple : 298 MPa(*)

- à la traction indirecte (essai brésilien) : 18 MPa

— résistance mesurée sur fragment de roche (à traction indirecte à la presse Franklin) : 20,6 MPa

— essais de fragmentation dynamique sur granulats (micro-Deval)

- à sec = 2,5

- en présence d'eau = 5,0

Le résultat de ces essais montre que les caractéristiques mécaniques des quartzites albiens sont favorables à leur utilisation comme matériaux d'enrochement, remblais ou pour la fabrication de granulats. Cependant le mode de gisement particulier de ces quartzites (grésification irrégulière et discontinue des sables albiens) ne permet d'envisager que des exploitations sporadiques en fonction de chantiers avoisinants.

Calcaires. Ils peuvent être utilisés pour l'amendement, pour la fabrication de chaux, de ciment, comme matériaux de construction ou pour la fabrication de granulat. Un premier essai de caractérisation géotechnique de ces calcaires a été effectué dans le cadre de l'étude de la feuille Bourges, un second dans le cadre du levé de la feuille Vatan. L'étude ci-dessous reprend l'ensemble des données applicables à la feuille Vatan.

Essais de caractérisation géotechnique des calcaires. L'échantillonnage a été réalisé dans certaines formations lithostratigraphiques comportant des niveaux calcaires dont l'épaisseur et le volume sont *a priori* suffisamment importants pour permettre une 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 la faible résistance à la compression de l'ensemble de ces calcaires qui ne dépasse jamais 55 MPa. Il apparaît également que certaines caractéristiques géotechniques semblent liées entre elles, tels la résistance à la compression simple, le poids volumique saturé, la vitesse du son et la résistance à l'attrition.

Sur le plan de la technique routière, l'analyse des résultats montre la supériorité du calcaire lacustre de la Coudre, seul jugé utilisable en tant que grave non traitée pour l'établissement de la couche de base de certaines routes.

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

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES DES CALCAIRES DE LA FEUILLE VATAN ET DES FEUILLES A 1/50 000 VOISINES
(BOURGES ET SAINT-MARTIN-D'AUXIGNY)

Points de prélèvement	Symbole et numéro d'échantillon	Formation lithostratigraphique	Age	CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES					Caract. chimiques CO ₃ Ca (% vol.)	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES. RÉSISTANCE A					
				Poids volumique		Porosité à l'eau (% vol.)	Vitesse du son			compression simple Rc (MPa) (*)	traction indirecte		attrition micro-Deval		choc fragmentation dynamique FD
				sec d (t/m ³)	saturé sat (t/m ³)		roche sèche VL (m/s)	roche saturée VL sat (m/s)			essai brésilien RT (MPa) (*)	essai Franklin IT (MPa) (*)	humide MDh	sec	
(**) Saint-Georges-sur-Arnon (falaise)	S G — 12	Calc. de Von (j6b)	OXFORDIEN	2,50	2,58	9	4550	4950	89	52	5,8	3,8	38,6		28,1
(**) Nelles Galeries (affnt) (dépot NG bordure N 151)	N G — 2			2,50	2,58	8	4400	4550	86		4,7	4,5	52,6		25,7
(**) Bois de Pisse-Vieille (car. exploitée)	P V — 3	Calcaires lités supérieurs		2,42	2,53	11	4000	4200	87	35	6,9	3,8	36,6		29,4
(**) La Madeleine (car. expl.)	Ma — 6	(j6c)	Kimméridgien	2,49	2,58	8	4450	4700	95	56	3,2	3,5	28,8		23,1
Saint-Doulchard	S D — 4	Marnes de Saint-Doulchard (j8)		2,58	2,63	6	3800	4450	73	24	4,1	3,4	45,6		24,0
(**) Saint-Martin-d'Auxigny (... (car. aband.)	S M — 8	Calc. du Barrois (j9a)	Portlandien	2,37	2,50	13	3850	4200	85	44	5,7	5,0	20,8		24,3
Maurepas	—	Calc. du Barrois (j9a)	"	2,59	2,63	4,3	5050	5200	84	113,4	6,4	5,4	28,6	8,0	34,0
Massay	—	Calc. bréchoïde (j9b)	"	2,58	2,62	4,2	—	—	100	—	—	—	26,8	8,5	31,0
(**) 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
Champ Martin	—	Calc. lacustre oligocène	"	2,55	2,59	5,4	4860	5220	94	78,7	6,0	7,1	22,1	7,5	25,0

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

(**) Points de prélèvement extérieurs à la feuille Vatan.

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

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

DESCRIPTION D'ITINÉRAIRES D'EXCURSION GÉOLOGIQUE

Les itinéraires décrits ci-après correspondent aux conditions d'observation qui prévalaient en 1976 et 1977. Dans cette région, les carrières sont rares, irrégulièrement exploitées et souvent très rapidement comblées. Certains affleurements cités risquent donc de ne plus être visibles dans les années à venir. En outre 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 (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).

Itinéraire 1 : Jurassique supérieur

Il concerne les terrains d'âge jurassique supérieur et déborde sur la feuille à 1/50 000 Châteauneuf-sur-Cher non encore levée.

Le départ est fixé à Saint-Florent-sur-Cher et l'arrivée dans les environs de Graçay (*cf. fig. 3*).

D'ailleurs serpentiforme il montre les divers terrains dans l'ordre normal de succession (— 155 millions d'années pour les plus anciens, — 141 millions d'années pour les plus récents).

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 1/250 000 n° 6 (Val de Loire) ;
- le guide géologique Val de Loire. Masson et Cie, éditeurs.

Saint-Florent-sur-Cher atteint, prendre la D 27 en direction de Rosière pour une vaste carrière, point 1 de l'itinéraire, qui apparaîtra sur le côté droit de la route. Cette carrière, la plus vaste du secteur, est entaillée dans les *calcaires lités inférieurs d'âge oxfordien*. Observer le litage de la roche en bancs décimétriques à pluridécimétriques séparés par de minces niveaux marneux ou des horizons plus délités. Noter la finesse de ce calcaire qui autrefois était appelé *lithographique* malgré qu'à l'usage il se soit révélé impropre à l'impression. Chercher les fossiles toujours rares qui sont presque exclusivement des Lamellibranches. Ces derniers sont souvent partiellement ferruginisés par suite d'un processus complexe entraînant une transformation de la nature organique en pyrite qui s'oxyde en limonite.

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 sections du réseau karstique.

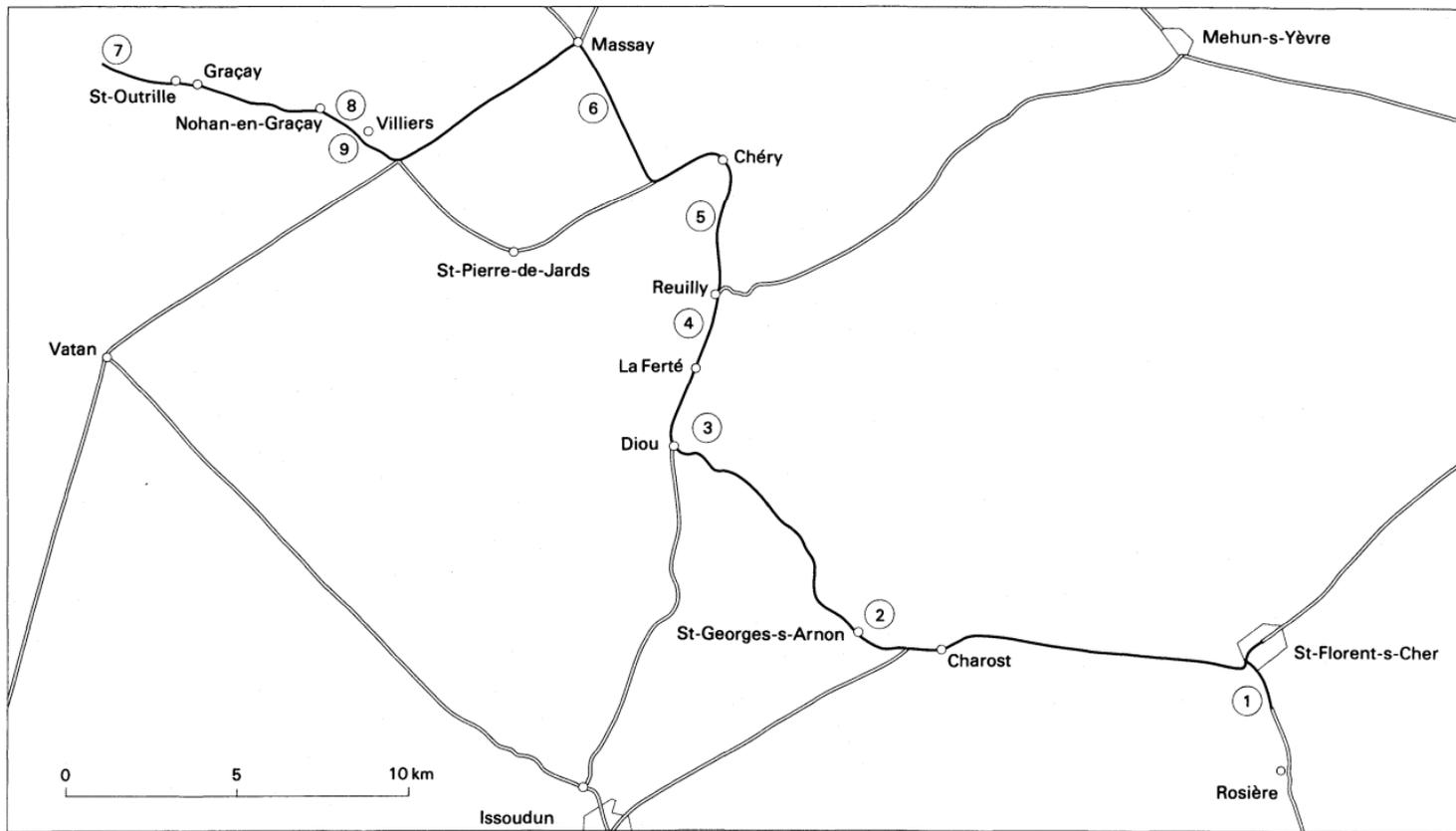


Fig. 3 - Itinéraire 1. Jurassique supérieur

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 (point 2).

La falaise est entaillée dans les *calcaires de Von*, d'âge oxfordien mais cependant plus récents que les calcaires du point 1. Noter l'aspect massif des bancs qui contraste avec le litage vu au précédent arrêt. Observer l'altération en petites boules due à une bioturbation du sédiment peu après sa mise en place.

Poursuivre quelques centaines de mètres jusqu'à Saint-Georges-sur-Arnon et emprunter la D 2 en direction de Diou. Arrêter la voiture avant le passage à niveau de Chaprenan.

Une petite carrière (point 3), ouverte sur le côté gauche de la route, montre des calcaires blancs en bancs décimétriques. Ces niveaux sont d'âge kimméridgien inférieur et ils appartiennent au *calcaire de Levroux supérieur*. Chercher les horizons fossilifères et à l'intérieur de ceux-ci les petits Gastéropodes qui caractérisent cette formation. Observer le pendage anormalement fort en direction de la rivière. Une faille dissimulée dans le lit de la rivière et dont les prolongements sont indiqués sur la carte géologique pourrait être responsable de cet état de fait. Au sommet de la carrière un mini-conglomérat à éléments de calcaires fins parfois anguleux marque le passage au calcaire de Buzançais et en constitue le premier niveau.

De ce point rejoindre Diou puis Reuilly par la D 918. Entre la Ferté et Reuilly (point 4) la route est entaillée dans les *marnes kimméridgiennes* surmontées d'alluvions attribuées à la *formation d'Ardenes (Fu)*. Observer les nombreux bancs calcaires interstratifiés dans les marnes et rechercher les petites Huîtres, *Nanogyra striata* soit dans les marnes où elles sont dégagées, soit dans les calcaires où elles forment des lumachelles consolidées.

Ces mêmes marnes affleurent encore plus au Nord entre Reuilly et Chéry (point 5) côté gauche de la route. On peut également y récolter des Exogyres.

Les rares carrières entaillées dans les *calcaires du Barrois* (Portlandien inférieur) sont en cours d'aménagement ou de comblement (Maurepas, Malassis), nous conseillons donc aux personnes intéressées de profiter de l'époque des labours pour observer cette formation dans les champs, en cailloux épars. Dans ce cas il leur suffira de se référer à la carte géologique pour localiser les limites de la formation.

Les calcaires du Barrois sont surmontés par les *calcaires bréchoïdes* pour partie encore d'âge portlandien inférieur. Pour les observer l'on quittera Chéry par la D 68 en direction de Saint-Pierre-de-Jards jusqu'au croisement avec la D 75 que l'on empruntera pendant environ 3 km en direction de Massay. Au point coté + 124 N.G.F., on prendra sur quelques centaines de mètres une petite route en direction de la ferme du Grand Veau. Sous le château d'eau de nombreuses petites carrières (point 6). Observer l'aspect massif et bréchoïde de la formation. Les fossiles sont rares si l'on excepte quelques grands Lamellibranches. Noter également quelques traces de terrier qui sont à l'origine de l'aspect fragmenté de ces calcaires.

Rejoindre Massay, puis Graçay par la RN 20 et D 68. Poursuivre par cette dernière route environ 2 km au-delà de Sainte-Outrille. Sur le côté droit de la route, en face de la ferme Vernet un chemin de champ conduit à la carrière point 7. Les niveaux qui affleurent ici correspondent au sommet des calcaires bréchoïdes. Observer l'aspect massif, blanc des bancs, l'existence de niveaux riches en matières organiques hélas aphytiques. On remarque immédiatement l'abondance des fossiles

représentés par des Lamellibranches et des Gastéropodes tous partiellement dissous. Quelques dents de Poisson ont également été recueillies dans cette formation et en particulier dans cette carrière.

De ce point rejoindre Nohant-en-Graçay. Arrêt à la sortie de la ville (D 68) à la hauteur de la station Shell. Les observations données ci-après sont à effectuer dans le chemin creux situé face à la station-service (point 8).

Il montre le sommet des calcaires bréchoïdes (Portlandien) et la base des *calcaires gréseux purbeckiens* :

— les calcaires bréchoïdes. De petites failles redoublent la série. On distingue cependant de bas en haut :

- 1 à 2 mètres de calcaire massif bréchoïde riche en terriers obliques ou verticaux ;
- environ 2 mètres de calcaires à *pellets*. Localement ces derniers remplissent les terriers creusés dans l'horizon sous-jacent.

Le contact festonné entre les deux horizons est bien visible dans l'encastrement du pylône électrique ;

— les calcaires gréseux. Il s'agit plus ici d'un grès micacé à ciment calcaire et stratification oblique. Des niveaux argileux blancs apparaissent à environ 5 mètres au-dessus de la base.

Tout en haut du chemin, une faille relève le compartiment oriental.

Dans la carrière située face à la station-service on observe la même succession redoublée par faille. Pour les sédimentologues, signalons sur le côté gauche de la carrière des silicifications au niveau de la discontinuité qui marque la base de l'horizon à *pellets*.

Reprendre la voiture et poursuivre jusqu'au chemin menant au hameau de Villiers. Sur le côté gauche de la route une pâture avec quelques arbres marque l'emplacement d'une ancienne carrière (point 9). La carrière de Villiers comprend une partie à ciel ouvert et une partie souterraine.

● *Carrière à ciel ouvert*. De bas en haut :

- 1 — banc de calcaire gréseux micacé (mica blanc) tendre dont seuls les 55 centimètres supérieurs affleurent ;
- 1 bis — niveau tendre micacé de 15 centimètres ;
- 2 — banc de calcaire gréseux tendre d'environ 60 centimètres ;
- 2 bis — niveau tendre biseauté de 20 à 30 centimètres. On distingue nettement des lamines vertes argileuses séparées par d'autres plus grossières ;
- 3 — banc de calcaire gréseux tendre de 1 mètre de puissance montrant des amorces de subdivisions secondaires ;
- 4 — banc de calcaire gréseux de 1 mètre. Présence d'une chaille noire de 2 centimètres de diamètre ;
- 5 — 50 centimètres de calcaires gréseux assez altérés ;
- 6 — 40 centimètres de calcaires gréseux à entroques et lamines entrecroisées. Latéralement, ce niveau peut passer à une lumachelle ;
- 7 — visibles pour partie à l'autre extrémité de la carrière, des calcaires argileux blancs finement lités, épais de plusieurs mètres. Dans une autre carrière, D. Giot a observé un niveau d'environ 5 centimètres, de teinte plus foncée, montrant de très nombreuses empreintes de racines.

● *Carrière souterraine*. Cette carrière est entaillée dans les mêmes calcaires gréseux. Autrefois, ceux-ci étaient employés pour confectionner les linteaux des portes et fenêtres. Au plafond de la carrière, dans la partie droite, les lamines ondulées vues sur le front de taille se révèlent être des rides de vague.

Nota : Pour un retour rapide vers Vierzon ou Vatan rejoindre la route nationale n° 20 située à environ 1 km 200 de ce point.

Itinéraire 2 : terrains crétacés

Au départ de Massay (carrefour avec la RN 20) prendre la route départementale 75 (marquée D17 sur la feuille) en direction de Dampierre-en-Graçay.

A 250 m après le carrefour, prendre une petite rue sur la gauche montant vers le stade. Arrêter la voiture à l'entrée du stade.

Les talus longeant le stade sur deux côtés permettent d'observer les *argiles sableuses et silteuses, blanches, jaunes et rouges du Barrémien*, recouvertes ici par la formation ferrugineuse du Sidérolithique. Noter le contact irrégulier du Sidérolithique, remplissant des poches (avec parfois petits galets siliceux au contact) du Barrémien sous-jacent.

Retourner au centre de Massay et prendre la route nationale 20 en direction de Vatan et Châteauroux. Après 4,5 km environ, juste avant l'embranchement menant au domaine de Longchamp, la route traverse un ressaut topographique correspondant à une langue de *grès et sables albiens*. Les travaux de défrichement entrepris de part et d'autre de la route avaient exhumé une grande quantité de gros blocs de *grès quartzifiés*, gris et blancs, à patine rousse. Quelques-uns de ces blocs peuvent s'observer à la lisière du bois, à gauche de la route.

Peu après, prendre sur la droite la route départementale 68, en direction de Graçay. Après Nohant-sur-Graçay, la route suit la vallée du Fouzon, correspondant sensiblement à l'axe de la flexure limitant vers le Sud l'anticlinal de Graçay (voir chapitre Tectonique).

A droite de la route peuvent s'observer *quelques blocs de grès albiens éboulés* (ou descendus sous l'effet de la solifluxion), à proximité d'une carrière ouverte dans les calcaires purbeckiens.

A 500 m après l'auberge du Fouzon, prendre une petite route à droite, perpendiculaire à la pente; à la première bifurcation, prendre à droite, en direction de la ferme la Chaume et s'arrêter tout de suite après le petit bois: à droite de la route, une ancienne petite carrière, encombrée de végétation, montre des *sables rouges grossiers, à stratification oblique de l'Albien* (noter, à la base, un lit subhorizontal de nodules argileux surmonté par un horizon induré ferrugineux).

Redescendre sur Graçay et prendre la route nationale 722 en direction de Vatan. A l'entrée du village de Reboursin, prendre la petite route sur la droite avant l'église, traverser un groupe de maisons, tourner de nouveau à droite et arrêter la voiture avant le virage à gauche; le sentier partant sur la droite longe une carrière abandonnée montrant des *sables jaune orangé, micacés*, à très rares grains de glauconie du *Cénomaniens (c1-2 S)*.

Le fossé, sur le côté droit de la route montant au plateau de Paincourt, permet d'observer successivement, de bas en haut, les *argiles et siltites jaunes*, puis des sables argileux rouges et verts, glauconieux à débris de Bivalves, avec en particulier des Huitres (*O. columba*) du *Cénomaniens (c1-2 A)*. Le sommet du plateau de Paincourt est occupé par les *argiles blanches et grises à silice* représentant vraisemblablement le *Turonien*, ici peu visibles.

Retourner vers Massay par Vatan et la route nationale 20.

Itinéraire 3 : terrains éocènes

Au départ de Massay, prendre la route départementale 75 en direction de Reuilly et Issoudun. A la sortie de Massay, la route traverse les formations argilo-sableuses du *Barrémien et de l'Albien* affectées par la sidérolithisation.

A 3 km environ de Massay, s'arrêter un peu après le léger relief constitué par des grès albiens. Le panorama visible à gauche de la route montre, surtout au moment des labours, au premier plan, un talus où affleurent les *calcaires bréchoïdes portlandiens (j9 b)* et les *argiles sableuses rouges à fragments de minéral de fer de*

l'Éocène (e7-Fe), et, tout à fait en contrebas, les *calcaires lacustres du Berry*, reconnaissables ici à la teinte gris cendré qu'ils donnent aux champs : on se trouve ici sur l'emplacement probable du rivage d'un des lacs qui ont essaimé dans la région à la fin de l'Éocène et au début de l'Oligocène. L'allure rectiligne des limites des terrains éocènes entre Massay et Chéry suggère la présence d'une faille d'effondrement ayant déterminé la zone déprimée où s'est installé le lac (voir chapitre Tectonique).

Continuer sur la D 75 jusqu'au carrefour avec la D 28^b : prendre à gauche, traverser Chéry, et à Lury-sur-Arnon, après avoir traversé la rivière, prendre à droite la route nationale 718 en direction d'Issoudun.

Après avoir franchi la deuxième porte de l'ancienne enceinte, prendre la première route à gauche sur 40 m, puis le chemin empierré situé dans le prolongement. Arrêter la voiture à l'entrée du stade, traverser celui-ci et franchir la clôture. On descend alors dans les anciennes carrières des Tureaux ouvertes dans le *calcaire lacustre du Berry (g1-2)* : les différents fronts de taille montrent ici des calcaires massifs, blancs, très durs, avec des figures de dissolution et de concrétionnement dues à l'action des eaux souterraines ; on peut y remarquer également des accidents siliceux épars.

Rejoindre le stade et la route nationale. A la sortie sud de Lury-sur-Arnon, prendre la route départementale 113 ; à l'entrée de Cerbois (une centaine de mètres après le panneau indiquant l'entrée dans cette localité), prendre sur la droite le chemin conduisant aux Cabarderies. S'arrêter environ 1 km plus loin, juste avant la ferme la Pinauderie : à droite de la route on descend dans une ancienne carrière, en traversant successivement deux fronts de taille ; le second, le mieux visible, montre une bonne coupe des *calcaires lacustres du Berry*, ici sous des faciès de calcaires blancs, très durs et bréchiques à la base, plus massifs et à aspect vermiculé vers le sommet.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Publications

- ABRARD R. (1950) — Géologie régionale du Bassin de Paris. 1 vol., 397 p., 34 fig., Paris, Payot.
- ALCAYDÉ G., BROSE R., CADET P.-P., DEBRAND-PASSARD S., GIGOUT M., LORENZ C., LORENZ J., RAMPNOUX J.-P., RASPLUS L. (1976) — Guides géologiques régionaux. Val de Loire, Anjou, Touraine, Orléanais, Berry. Masson et cie, éditeurs, p. 157 à 162 et p. 169-170.
- BOULANGER et BERTERA (1850) — Texte explicatif de la carte géologique du Cher. 1 vol., 230 p., 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. 4^e Réunion annuelle Sc. Terre, Paris.
- DEBRAND-PASSARD S. et TINTANT H. (1971) — Observation sur le Jurassique supérieur de l'Indre. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.* p. 104-105.
- DEBRAND-PASSARD S., LORENZ J. et TINTANT H. (1975) — Précision 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, 1974, n° 4 p. 470-475.
- DEBRAND-PASSARD S. et MENOT J.-C. (1977) — Caractères sédimentologiques du Jurassique supérieur dans le Sud du Bassin de Paris. Symposium sur la sédimentation du Jurassique ouest-européen, 8 et 9 Mai 1977.
- DEBRAND-PASSARD S. (1977) — Étude préliminaire du Portlandien et du Purbeckien du Berry (Bassin de Paris, départements du Cher et de l'Indre). *Bull. d'information des géologues du Bassin de Paris*, vol. 14, n° 4.
- DEBRAND-PASSARD S., OGIER M. et MÉDIONI R. (1977) — Un exemple de corrélation entre les données obtenues à partir des images ERTS, des études géophysiques et de la cartographie géologique : permanence et rejeu d'accidents profonds dans le Berry à différentes périodes comprises entre le Carbonifère et le Tertiaire (Cher et Indre, feuilles Vatan et Bourges à 1/50 000). G.D.T.A., Journées de télédétection, Saint-Mandé, 21-23 septembre 1977, G.D.T.A., Toulouse.
- DOUVILLÉ H. et JOURDY (1874) — Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Berry. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3^e série, t. 3, p. 93-112.
- DUPLAN C. (1931) — Les aspects naturels et les sols de l'Indre. Paul Mellottée éditeur, Paris.
- LASNE H. (1889) — Contribution à l'étude géologique du département de l'Indre. *Ann. Géol.*, t. 20, n° 1-2, 74 p., 8 coupes, 1 carte.
- 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 3^e cycle géologie, Orléans.
- RABATE P. (1926) — Le Berry géologique, climatologique et économique. Imprimerie Langlois, Châteauroux.
- VACHER A. (1908) — Le Berry. Contribution à l'étude géographique d'une région française. Librairie A. Colin, Paris.
- 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^e série, section II, n^{os} 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., ANGOT et TRANQUY (1976) — Compte rendu d'essais de micro-deval et de fragmentation dynamique. Rapport LRE Ponts et Chaussées de Blois.

LE BERRE P. (avec la collaboration de DEBRAND-PASSARD S., LABLANCHE G., MATIFAT J.-M., SCOUARNAC J.-L.) [1978] — Valorisation du levé de la carte géologique à 1/50 000 Vatan. Mise en évidence de gisements inexploités de matériaux de carrière. Rapport B.R.G.M. 78 SGN 096 MTX.

Autres documents consultés

Cartes géologiques à 1/50 000

Feuille *Châteauroux* :

1^{re} édition (1972) par S. DEBRAND-PASSARD et al.

Feuille *Issoudun* :

1^{re} édition (1975) par S. DEBRAND-PASSARD et al.

Feuille *Bourges*

1^{re} édition (1977) par S. DEBRAND-PASSARD et al.

Cartes géologiques à 1/80 000

Feuille *Bourges* :

1^{re} édition (1876) par H. DOUVILLÉ ;

2^e édition (1939) par H. DOUVILLÉ ;

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

Feuille *Issoudun* :

1^{re} édition (1885) par A. de GROSSOUVRE ;

2^e édition (1941) par A. de GROSSOUVRE.

Feuille *Valençay* :

1^{re} édition (1890) par A. de GROSSOUVRE ;

2^e 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^o 122.

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

Feuille *Valençay* (1969), n^o 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.

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

- 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. RIVELINE (laboratoire de géologie, faculté des sciences, Paris VI) : Characées
tertiaires.
H. TINTANT (laboratoire de géologie, faculté des sciences, Dijon) : Ammonites
jurassiques.

RENSEIGNEMENTS ORAUX

- A. BOULLIER, P. BOS, Cl. CAVELIER, J.-J. CHATEAUNEUF, N. DESPREZ, D. FLA-
MAND, C. JACOB, G. LABLANCHE, J. MANIVIT, M. OGIER, H. TINTANT.

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. Centre, Avenue de Concyr, à Orléans-la Source, soit au B.R.G.M., 6-8, rue Chasseloup-Laubat, 75015 Paris.

GLOSSAIRE

- Biocalcarénite*. Roche calcaire constituée d'éléments détritiques dont la majeure partie est composée de bioclastes ou de petits tests fossiles.
Biocalcirudite. Roche calcaire contenant plus de 50 % d'éléments accumulés (débris d'organismes, tests fossiles) dont le plus petits diamètre est supérieur à 1 mm.
Bioclaste. Débris d'organisme carbonaté, fragmenté, transporté puis déposé. Adj. dérivé : bioclastique.
Bioherme. Accumulation en terre ou en lentilles de débris organiques inclus dans des roches sédimentaires de lithologie différente.
Biomicrite. Calcaire constitué de débris d'organismes pris dans un ciment de calcite microcristalline.
Biophase. Ensemble des éléments d'origine organique qui entrent dans la composition d'une roche.
Calcaire micritique ou micrite. Calcaire constitué par l'agglomération de très fins cristaux de calcite (taille moyenne inférieure à 10 μ).
Cryoclastique. Se dit de dépôts directement liés à une période glaciaire.
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.
Quartzarénite. Grès à ciment siliceux. Taille des particules comprise entre 63 μ et 2 mm.
Silt. Roche non consolidée dont la taille de la majorité des éléments est comprise entre 2 et 63 μ . Désigne aussi la fraction grossière des éléments de taille inférieure à 63 μ .
Spicules. Éléments constitutifs du squelette des Éponges.

**LÉGENDE ET NOTATION UTILISÉES
DANS LES TABLEAUX DONNÉS DANS LE TEXTE**

Granulométrie

- (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 ;
- (Md) 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 : $Asq = \frac{Q3 + Q1}{2} - 2Md$, 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

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.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par S. DEBRAND-PASSARD, ingénieur géologue au B.R.G.M. avec la collaboration de R. MÉDIONI, ingénieur géologue au B.R.G.M. Le chapitre hydrogéologie a été rédigé par N. DESPREZ, ingénieur géologue au B.R.G.M.