



CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

LA CHARITÉ- SUR-LOIRE

par

J.C. MENOT, S. DEBRAND-PASSARD, L. CLOZIER,
Y. GROS

LA CHARITÉ-SUR-LOIRE

La carte géologique à 1/50 000
LA CHARITÉ-SUR-LOIRE est recouverte
par la coupure NEVERS (N° 123)
de la Carte géologique de la France
à 1/80 000

Léré	Cosne-sur-Loire	Clamecy
Sancerre	LA CHARITÉ-SUR-LOIRE	Prémery
Nérondes	Nevers	Saint-Saulge

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



**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
LA CHARITÉ-SUR-LOIRE À 1/50 000**

par

**J.C. MENOT, S. DEBRAND-PASSARD, L.
CLOZIER, Y. OROS**

avec la collaboration de
**J. CORNET, Y. PAUTRAT,
R. SIMON-COINÇON, M. THIRY**

1997

*Éditions du BRGM Service
géologique national*

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

pour la carte: MENOT J.C, CLOZIER L., DEBRAND-PASSARD S., LABLANCHE G., LENINDRE Y.M., INGARGIOLA J.F., ROY B. (1997) - Carte géol. France (1/50 000), feuille La Charité-sur-Loire (494). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.C. Menot, S. Debrand-Passard, L. Clozier, Y. Gros et coll. (1997), 107 p.

pour la notice: MENOT J.C, DEBRAND-PASSARD S., CLOZIER L., GROS Y., avec la collaboration de CORNET J., PAUTRAT Y., SIMON-COINÇON R., THIRYM. (1997) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille La Charité-sur-Loire (494). Orléans : BRGM, 107 p. Carte géologique par J.C. Menot, L. Clozier, S. Debrand-Passard, G. Lablanche, Y.M. Le Nindre, J.F. Ingargiola, B. Roy (1997).

© BRGM, 1997. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 2-7159-1494-6

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE	
D'ENSEMBLE	7
HISTOIRE GÉOLOGIQUE RÉSUMÉE	8
DESCRIPTION DES TERRAINS	11
TERRAINS NON AFFLEURANTS	11
TERRAINS AFFLEURANTS	12
Secondaire	12
Tertiaire	43
Quaternaire	63
TECTONIQUE	66
SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE	70
GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	76
OCCUPATION DU SOL	76
RESSOURCES EN EAU	76
RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES	82
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	83
PRÉHISTOIRE	83
SITES REMARQUABLES	85
BIBLIOGRAPHIE	87
DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES	92
DÉTERMINATIONS PALÉONTOLOGIQUES ET ANALYSES	92
AUTEURS	93
ANNEXES	95
COUPES RÉSUMÉES DE SONDAGES INÉDITS	
COLONNE STRATIGRAPHIQUE DU FORAGE SAINTE-COLOMBEI	
COUPE GÉOLOGIQUE	

RÉSUMÉ

La carte géologique La Charité-sur-Loire couvre un territoire qui s'étend à l'Ouest sur le Berry (département du Cher) et à l'Est sur le Nivernais (département de la Nièvre). La Loire qui le traverse du Sud au Nord correspond à la limite administrative.

D'un point de vue géodynamique, le territoire se rattache au bloc bourguignon, sa limite orientale se juxtaposant avec la faille de Sancerre et le sous-bloc biturige immédiatement à l'Ouest.

Les terrains les plus anciens observables appartiennent au Jurassique et sont vieux d'environ 185 millions d'années (Ma). Ce sont des dépôts marins tantôt argileux, tantôt calcaires au sein desquels des fossiles (restes d'organismes, débris de coquilles) témoignent de la vie passée. Parmi eux, la présence de polypiers indique que le climat de cette époque était tropical, à l'image de celui que l'on trouve dans certaines îles de l'océan Pacifique.

La mer quitte une première fois la région il y a environ 140 Ma, la recouvre à nouveau 20 Ma plus tard puis se retire à la fin des temps crétacés (70 Ma). Le climat est alors plus froid que celui du Jurassique.

À partir de ce moment, la région est soumise à une puissante phase érosive. Les dépôts calcaires se dissolvent partiellement abandonnant des résidus plus ou moins argileux (argiles à silex ou à chailles). Un puissant fleuve éocène dévale du Massif central, empruntant l'actuel cours de la Loire, mais ses dépôts ne sont connus que plus au Nord, à proximité de Cosne-sur-Loire. Le climat, de nouveau tropical à cette époque (35 Ma), favorise le cuirassement (sols rouges et silicifications).

Une phase tectonique importante étire alors l'Europe occidentale d'Ouest en Est. Elle crée les fossés d'Alsace, de Bresse, les Limagnes et détache la Corse et la Sardaigne du continent. Dans la région, les conséquences sont moindres mais de petits fossés, tel le fossé de la Loire, apparaissent. Des lacs et des marais s'y installent aussitôt. Ils existeront jusque vers 30 Ma. Au Rupélien inférieur, le fossé de la Loire permettra même à la mer d'atteindre les Limagnes.

Postérieurement, conséquence de la surrection des Alpes, elle-même induite par le télescopage de l'Afrique et de l'Europe, le Morvan mais aussi le Massif central se soulèvent. L'érosion reprend avec de nouveaux fleuves tous canalisés par le fossé de la Loire. Le plus ancien (20 à 4 Ma) comble la fosse de Sologne de matériaux plutôt fins. Plus tard, le fleuve bourgonnais (3 à 2 Ma) emprunte le même chemin avant de rejoindre

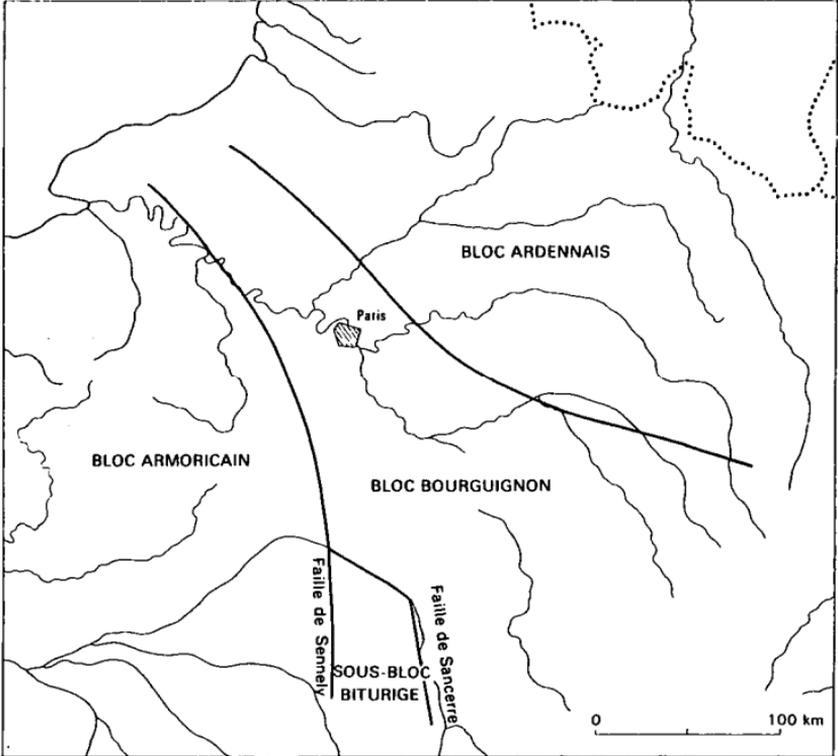


Fig. 1 - Schéma de la structuration en blocs du substratum du bassin de Paris

l'océan Atlantique dans la région de Saumur. Enfin, la Loire actuelle se met en place dans un fossé rajeuni par de nouveaux jeux tectoniques.

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

La feuille La Charité-sur-Loire couvre dans le Sud du bassin de Paris un territoire à la limite de deux régions administratives :

- à l'Ouest, le Berry représenté par le département du Cher, réunissant les communes de La Chapelle-Montlinard, Couargues, Herry et Saint-Bouize ;
- à l'Est, le département de la Nièvre rattaché à la Bourgogne, avec les communes d'Arbourse, Beaumont-la-Ferrière, Bulcy, La Celle-sur-Nièvre, Cessy-les-Bois, La Charité-sur-Loire, Chasnay, Châteauneuf-Val-de-Bargis, Garchy, Mesves-sur-Loire, Murlin, Nannay, Narcy, Pouilly-sur-Loire, Raveau, Saint-Andelain, Sainte-Colombe, Suilly-la-Tour, Tracy-sur-Loire, Varennes-lès-Narcy et Vielmanay.

La vallée de la Loire traverse ce territoire du Sud au Nord. Son lit majeur très étalé peut atteindre une largeur supérieure à 4 km. Il sépare deux des trois blocs principaux (fig. 1) qui constituent le substratum du bassin de Paris : à l'Ouest le bloc armoricain, à l'Est le bloc bourguignon (Debégliat et Debrand-Passard, 1980). Le fossé tectonique emprunté par le fleuve, de direction subméridienne, est implanté sur la lèvre abaissée, multifaillée, du bloc bourguignon. Il est bordé à l'Ouest par un accident majeur du bassin de Paris, dit faille de Sancerre.

La faille de Sancerre, contrairement à ce que son nom laisse supposer, est un accident profond, complexe, passant en surface à un faisceau d'accidents pour la plupart subparallèles entre eux, de direction méridienne, mais décalés progressivement vers l'Ouest par de petites failles transversales.

Les terrains affleurants les plus anciens appartiennent au Toarcien, sommet du Jurassique inférieur. Ils sont vieux de plus de 180 millions d'années et correspondent à des sédiments marins. Au-dessus, hormis quelques lacunes de sédimentation, voire des ablations causées par des érosions, le Jurassique moyen, le Jurassique supérieur, le Crétacé inférieur et la base du Crétacé supérieur sont bien représentés. Précisons cependant que sur la rive gauche, dans les limites du territoire de la feuille La Charité, la série réduite au Jurassique supérieur s'y présente parfois sous des faciès légèrement différents.

Les premiers dépôts d'âge tertiaire sont continentaux et appartiennent à l'Éocène moyen (40 Ma). Entre ce Tertiaire et les terrains crétacés sous-jacents se place une longue période dont il n'existe aucun témoin.

Les formations superficielles (altérites, alluvions, limons,..) couvrent près de la moitié de la superficie de la feuille, avec des épaisseurs non négligeables pouvant dépasser la dizaine de mètres.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE RÉSUMÉE

Nous la diviserons en trois grandes parties de durées inégales, les plus anciennes, celles dont la durée est la plus grande, restant les plus mal connues.

Période anté-Mésozoïque : du Protérozoïque supérieur (700 Ma) à la fin du Permien (250 Ma)

Ces terrains qui constituent le substratum de la région n'affleurent pas à l'intérieur du périmètre étudié. Ils sont connus par des observations faites dans des régions éloignées, grâce à certains forages tel celui de Couy du programme « Géologie profonde de la France », et surtout par l'interprétation des données géophysiques, plus spécifiquement celles relatives à la gravimétrie et à l'aéromagnétisme. La synthèse de ces résultats, exceptés ceux du sondage de Couy, a été présentée dans la Synthèse géologique du bassin de Paris par N. Debégliá (*in* Mégnien, 1980).

Pour l'essentiel, le soubassement de la série mésozoïque est constitué par des roches magmatiques acides au sein desquelles s'individualisent, plus au Sud, des leucogranites et des roches magmatiques basiques. À l'Ouest de la Loire, plus précisément de la faille de Sancerre, les roches sont plus variées :

— formations schisto-gréseuses plus ou moins métamorphiques dont l'âge s'échelonne du Protérozoïque supérieur au Dévonien ; —roches basiques, qui sont souvent en relation avec des accidents tectoniques importants ; —dépôts permo-carbonifères et formations magmatiques associées.

Des renseignements très précis mais ponctuels sont maintenant disponibles grâce au forage de Couy. Cet ouvrage a été arrêté à la profondeur de 3 500 m. Destiné à reconnaître l'anomalie magnétique du bassin de Paris (AMBP), il a été implanté, en rive gauche de la Loire, sur un horst à proximité du village de Couy (feuille 1/50 000 Nérondes) à 16 km à l'WSW de la ville de La Charité-sur-Loire.

Le toit de la série paléozoïque a été atteint une première fois à la profondeur de 810 m, puis une deuxième fois à la profondeur de 790 m dans un second ouvrage distant du premier d'une cinquantaine de mètres. Dessous ont été traversés 130 m de sédiments et de volcanites attribués au

Stéphano-Permien, épaisseur portée à plus de 200 m dans le second sondage. L'explication de cette rapide variation de puissance des dépôts stéphano-permiens n'est pas définitivement élucidée ; on peut supposer une cause sédimentaire, une cause tectonique, voire la combinaison des deux phénomènes. Cette série subhorizontale repose sur des formations leptyno-amphiboliques très redressées d'âge dévonien (fig. 2). La partie supérieure montre une prédominance des roches d'origine magmatique contrairement à la partie inférieure où dominent des roches d'origine sédimentaire. À l'extrême base, le forage s'est arrêté dans des gneiss anatectiques à biotite et grenat, à structure mylonitique ductile qui pourrait suggérer l'approche d'un cisaillement majeur. Le corps de l'anomalie n'a pas été atteint.

Mésozoïque

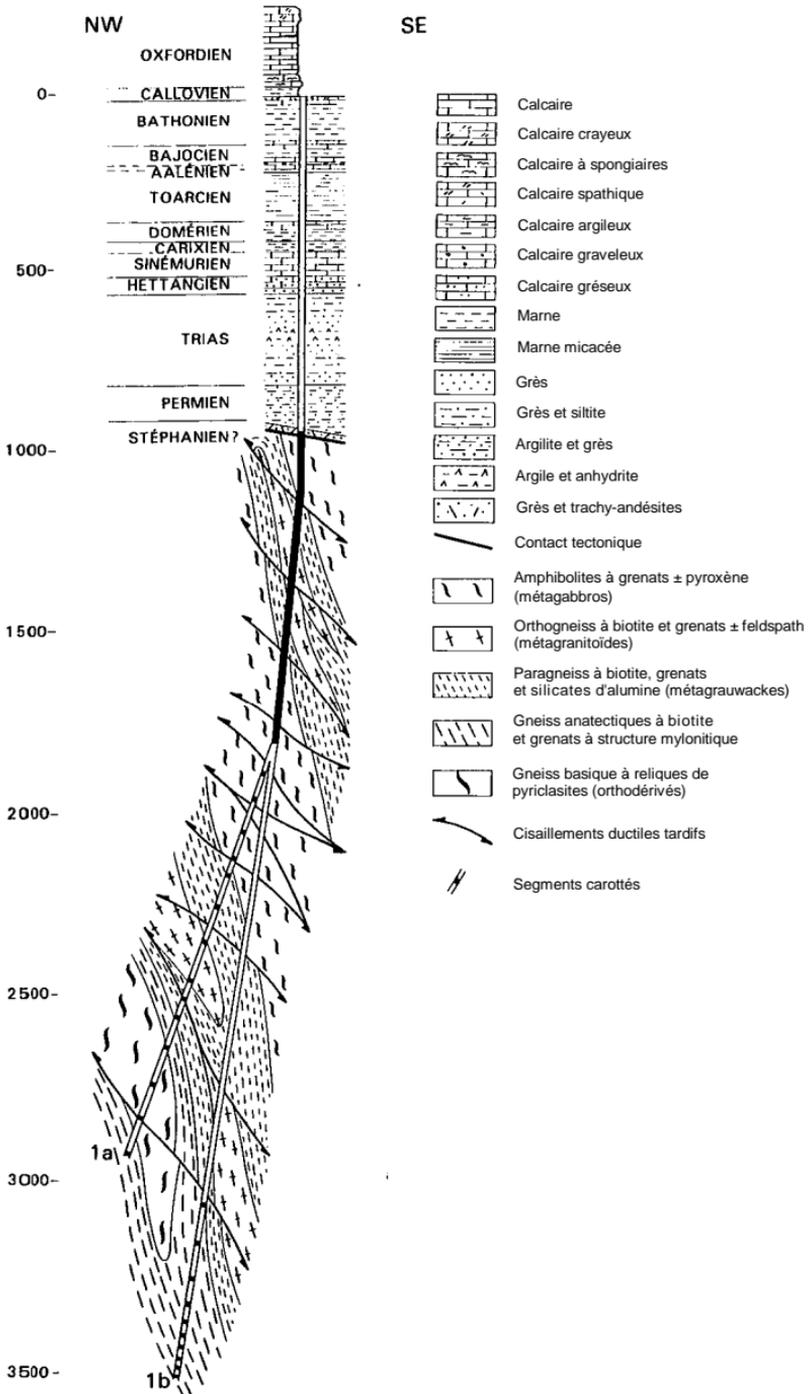
Il correspond à une période tectoniquement plus calme qui s'accompagne d'une submersion progressive du bassin de Paris.

- **Trias.** Les premiers dépôts d'abord continentaux, puis lagunaires et finalement marins, sont constitués de sables, de grès parfois grossiers, de dolomies et d'argiles bariolées. Ils témoignent de l'importance de l'érosion à laquelle ont été soumises les terres émergées.
- **Jurassique inférieur (Lias).** L'invasion marine recouvre toute la région. La sédimentation est essentiellement argileuse et calcaire. Dans un secteur plus limité (feuille La Charité-sur-Loire), les terrains les plus anciens connus à l'affleurement appartiennent au Toarcien et sont représentés par des marnes et des argiles noires dans lesquelles s'intercalent quelques bancs calcaires.
- **Jurassique moyen (Dogger).** Il montre une prédominance de la sédimentation carbonatée. Les dépôts sont d'origine moins profonde (faciès à entroques, à oolites ferrugineuses) ce qui n'exclut pas la présence de marnes, notamment en rive droite de la Loire, qui témoignent de faciès plus profonds et plus épais.
- **Jurassique moyen terminal-Jurassique supérieur.** Le Callovien supérieur et l'Oxfordien inférieur correspondent sur la bordure sud du bassin à une période de sédimentation réduite, discontinue, voire à une absence de dépôt. L'Oxfordien moyen et supérieur est caractérisé par des faciès différents de part et d'autre de la Loire : à l'Est, la sédimentation débute par des marmo-calcaires à grains de glauconie et se poursuit par des calcaires oolitiques ou construits ; à l'Ouest on observe des calcaires et marnes à spongiaires surmontés par une puissante série de calcaires lités. La plate-forme subrécifale s'estombe progressivement et la sédimentation

Fig. 2 - Forage de Couy-520-4-18

x = 638,390 ; y = 235,780 ; z = + 190

Programme de géologie profonde de la France
Reconnaissance de l'anomalie magnétique du bassin de Paris



s'homogénéise au Kimméridgien. Le Tithonien supérieur voit la mer se retirer en direction du centre du bassin.

- **Crétacé.** La mer revient au Crétacé inférieur avant de se retirer définitivement de la région, probablement avant la fin du Sénonien.

Cénozoïque

- La fin du Crétacé et le début du Tertiaire sont marqués par un climat tropical favorisant une puissante action pédogénétique. Elle sera pour partie responsable de la formation des argiles à silex. Plusieurs phases de cuirassement ont été reconnues. Régionalement, la plus importante s'est produite à la fin de l'*Éocène*. C'est aussi à cette époque que se produit la compression pyrénéenne. Elle induit un rejeu senestre des accidents méridiens et favorise la création de pull-aparts à sédimentation lacustre, tel celui de la vallée de la Nièvre.

- Une distension dite « *oligocène* », qui en réalité débute au Priabonien supérieur, engendre des fossés sièges d'une sédimentation palustre et/ou lacustre. Le *Miocène* n'est pas connu et correspond vraisemblablement à une puissante phase érosive à moins que ses séries n'aient été érodées postérieurement.

- Au *Pliocène* se met en place un important réseau fluvial dont témoignent les Sables et argiles du Bourbonnais. Les alluvions du *Quaternaire* ancien leur succèdent avant que de nouveaux réajustements tectoniques déplacent et fixent le tracé actuel de la Loire.

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS NON AFFLEURANTS

La succession en est fournie par le sondage pétrolier Sainte-Colombe (voir annexe) qui a rencontré de bas en haut :

- **Socle** : granite rosé à biotite et muscovite (de 1 550 à 1 100 m), puis leucogranite rosé à muscovite (de 1 100 à 715 m). Différents niveaux de granite altéré et de mylonite ont été recoupés.
- **Trias**, de 755 à 555 m soit 160 m d'épaisseur, comporte :
 - grès arkosiques, micacés, rougeâtres puis verdâtres (50 m) ;
 - argiles verdâtres avec dolomie et anhydrite (15 m) ;

-grès plus ou moins argileux, verdâtres ou rougeâtres, avec anhydrite (70 m) ;

— argiles verdâtres avec horizons de grès blancs ligniteux (25 m).

- **Hettangien** (50 m) : calcaire jaunâtre ou brunâtre, graveleux.
- **Sinémurien** (35 m) : calcaires bioclastiques à gryphées (15 m) à la base, puis marno-calcaires.
- **Carixien-Domérien** (110 m) : puissante série (100 m) de marnes grises ou brunâtres au sein desquelles s'intercalent quelques horizons plus calcaires. Le sommet, sur une dizaine de mètres, voit se développer un horizon plus calcaire correspondant vraisemblablement aux calcaires à gryphées géantes de Bourgogne.

TERRAINS AFFLEURANTS

Secondaire

Jurassique inférieur et moyen

17-8. **Toarcien. Marnes et argiles bleu-noir** (>20m). La formation se rencontre uniquement à l'Est de la carte dans deux secteurs de surface très restreinte : dans la vallée d'Arbourse et à l'Ouest de Châteauneuf-Val-de-Bargis.

Au-dessus d'un petit niveau de schistes carton, se développent des marnes et des argiles pyriteuses. Vers leur sommet, celles-ci sont plus sableuses et quelques petits horizons de grès sont alors présents. Ce sont ces derniers niveaux qui affleurent près de Châteauneuf-Val-de-Bargis. Ils sont constitués de marnes et d'argiles bleu-noir renfermant quelques bancs de calcaires argileux gris.

Au milieu des prairies qui couvrent ces faciès, la récolte de fossiles est inexistante. Seule une parcelle cultivée près du Pressour a permis de recueillir quelques rostrés de bélemnites (*Megateuthis* sp.), gastéropodes (*Amphitrochus subduplicatus*) et lamellibranches (*Amussium pumilus*). Les bancs plus calcaires ont en outre livré quelques exemplaires de grosses gryphées.

Âge. L'absence d'ammonites ne permet pas de préciser quelle partie du Toarcien est présente ici. Cependant, sa position sous les calcaires aalénobajociens et la comparaison avec les faciès décrits sur la feuille Nevers

(Delance *et al.*, 1987), conduit à penser qu'il s'agit ici de Toarcien supérieur.

jo-1a. Aalénien ?-Bajocien inférieur. Calcaires à entroques d'Arbourse (< 10 m). Visibles dans les mêmes secteurs que le Toarcien, ces calcaires ne couvrent que de faibles superficies. Aucun affleurement correct de cette formation épaisse de 8 à 9 m ne subsiste puisque les anciennes carrières d'Arbourse sont maintenant comblées. Elles montraient les 5 m supérieurs découpés en bancs de 30 à 50 cm.

La roche est une biosparite à bioclastes roulés hétérogènes (entroques, bryozoaires, lamellibranches). Certains fragments de ces derniers sont encroûtés par des nubéculaires. Localement (les Taules, à l'Ouest de Châteauneuf-Val-de-Bargis), des polypiers en grosses colonies lamellaires envahissent la partie supérieure de la formation. Une surface profondément perforée tronque le sommet de ces calcaires à entroques. Elle est couverte d'une croûte ferrugineuse.

Âge. Aucun fossile caractéristique n'a été recueilli ; les auteurs plus anciens ayant travaillé dans la région n'en citent pas non plus. Cependant, par comparaison avec les faciès identiques datés par ammonites sur les feuilles voisines Nevers et Prémery (à paraître), il semble logique d'attribuer aux Calcaires à entroques d'Arbourse un âge aalénien (?) à bajocien inférieur.

j1b-2a. Bajocien supérieur-Bathonien inférieur et moyen. Marnes et calcaires argileux. Au sein de ces ensembles de marnes et de calcaires argileux épais de 70 à 75 m il est possible de distinguer de bas en haut :

- marnes et calcaires argileux à oolites ferrugineuses (10 à 20 cm) plaqués à la surface des calcaires à entroques dont ils remplissent les perforations sommitales. Les ammonites récoltées : *Strenoceras subfurcatum*, *Garantiana garantiana*, *G. suevica*, *G. wetzeli*, *Bigotites* sp., *Parkinsonia parkinsoni*, indiquent un âge bajocien supérieur ;

- alternance (12 à 15 m) de calcaires micritiques gris, durs, et de calcaires argileux ou de marnes. Ce niveau très fossilifère permet la récolte à la surface des champs d'une abondante faune d'ammonites dont nous ne citerons que quelques formes : *Gonolkites convergens*, *Parkinsonia pachypleura*, *Ebrayiceras jactatum*, *E. filicosta*, *Morphoceras parvum*, *M. patescens*, *Procerites subprocerus*, *P. schlœmbachi*, *Siemiradzka aurigera*, *S. pro-cera*, *S. subcongenus*, *Parkinsonia wurtembergica*, *Oecotraustes* cf. *bromfordi*, *Oxycerites*. Parmi les autres organismes, beaucoup moins fréquents, il faut citer quelques pholadomyidés, et des petites rhynchonelles : *Rhynchonelloidella nivernensis* ;

- marnes grises ou blanchâtres par altération (60 % de CaCO₃) contenant des bancs de calcaires micritiques jaunâtres (80 % de CaCO₃) qui devien-

nent plus importants à certains niveaux et donnent de petits ressauts dans la topographie. Cette unité non fossilifère a environ 35 m de puissance ;

- calcaires micritiques jaunâtres (5 m) puis alternance (20 m) de marnes, de calcaires argileux et de calcaires micritiques jaunâtres qui se chargent en bioclastes en montant dans la série. Dès sa base, ce niveau est caractérisé par la présence de tulitidés : *Tulites cadus*, *T. subcontractus*, *T. tula* qui fournissent un âge bathonien moyen. Les pholadomyes sont présentes en faible quantité sur toute la hauteur tandis qu'au sommet s'ajoute aux précédents une importante faune d'oursins (*Collyrites analis*) et surtout des brachiopodes : *Rhynchonelloidella* sp., *Cererithyris fleischeri*, *Aulacothyris* sp., *Sphaeroidethyris* sp.

Âge. La base de la formation est datée du Bajocien supérieur, zones à *Subfurcatum*, *Garantiana* et *Parkinsoni*. Les alternances médianes sont pour l'essentiel d'âge bathonien inférieur, zone à *Zigzag*, sous-zones à *Convergens*, *Macrescens* et *Yeovilensis*, mais débutent dès le Bajocien supérieur comme le démontre la découverte d'un exemplaire de *Parkinsonia pseudoparkinsoni* 30 cm au-dessus de l'oolite ferrugineuse. La partie sommitale est datée du Bathonien moyen, zone et sous-zone à *Subcontractus*.

J2b. Bathonien moyen et supérieur. Calcaires de Nannay : alternances de calcaire argileux à brachiopodes et de calcaires bioclastiques (25 m). Cet ensemble est en continuité avec la formation précédente dont rien ne le sépare franchement si ce n'est sa plus grande richesse en bancs calcaires ; ceux-ci sont de plus en plus nombreux et de plus en plus épais (passant de 30 à 80 cm) vers le haut. Il forme un ressaut dans la topographie.

La nature de ces calcaires varie fortement d'un point à un autre : wackestone à bioclastes, packstone ou grainstone très bioclastiques. Les bioclastes, hétérogènes, sont constitués par des lamellibranches, des bryozoaires, des serpules et surtout des crinoïdes qui peuvent représenter 70 % des débris organiques et donner de véritables calcaires à entroques. En règle générale, les grainstones à crinoïdes sont surtout présents au Sud de Châteauneuf-Val-de-Bargis (Nannay, Chasnay, Arbourse, Saint-Lay, Gagy) tandis que les wackestones-packstones bioclastiques se rencontrent surtout au Nord et à l'Ouest de Châteauneuf (le Mont, Bondieuse, Cessy-les-Bois).

Les bancs de calcaires argileux ou de marnes (60 à 80 % de CaCO₃) sont très fossilifères avec une grande abondance de brachiopodes ; les térébratulidés : *Cererithyris intermedia*, *Pseudotubithyris globata*, *Pseudowattonithyris inflata*, *Holcothyris angulata*, *H. depressa* et *Dictyothyris*

coarctata présents seulement à la partie supérieure, sont dominants par rapport aux rhynchonellidés (*Rhynchonelloidella nivemensis*, *Kutchirhynchia obsoleta* et rares *Acanthothyris spinosa* au sommet) ; quelques zeilléridés sont présents dans la moitié supérieure (*Digonella* sp., ornithelidés *Flabellothyris flabellum*). Assez nombreux sont les échinides (*Collyrites analis*) et les lamellibranches : *Homomya vezelayi*, *Pholadomya lirata*, *Radulopecten*, ostréidés, cératomidés. Enfin, les ammonites sont assez fréquentes à la partie inférieure avec encore quelques tulitidés et surtout des *Morrisiceras* (*M. morrissi*, *M. kornstes*, *M. sphaera*), *Lycetticeras comma*, de même que dans la partie médiane : *Cadomites daubenyi*, *Wagnericeras fortcostatum*, *W. suspensum*, *Procerites clausiprocerus*, *Siemiradzka*. Elles deviennent plus rares à la partie supérieure : *Paraecos-trantes maubeugi*, *P. waageni*, *Oxycerites oppeli*, *Homeoplanulites homeomorpha*, *H. bugesiacus*.

Âge. La faune prouve que la base des calcaires de Nannay appartient au Bathonien moyen, zone à *Subcontractus*, sous-zone à *Morrissi* et le sommet au Bathonien supérieur, zone à *Retrocostatum*, sous-zone à *Blanazense*.

J2c. Bathonien supérieur. Calcaires et marnes de Guichy (35 m). Cet ensemble comprend de bas en haut :

-15 m de marnes blanchâtres (65 % de CaCO_3) renfermant des bancs décimétriques de calcaires micritiques faiblement argileux (80 % de CaCO_3). Ceux-ci deviennent plus fréquents, plus épais et plus carbonates (90 à 95 % de CaCO_3) quand on monte dans la série. Dans le Nord de la feuille (région de Bondieuse et Couthion), les marnes se chargent localement en fines oolites blanches qui vont envahir la série plus au Nord et au Nord-Est sur les feuilles Cosne-sur-Loire (levés en cours) et Clamecy ;

-10 m de calcaires micritiques également blanchâtres qui se chargent en bioclastes dans leur partie supérieure ;

- 10 m de calcaires bioclastiques. La base (6 à 7 m) se présente en bancs de 30 à 40 cm séparés par des joints marneux irréguliers. Il s'agit de grainstones à bioclastes (lamellibranches, bryozoaires, serpules et surtout crinoïdes) ; les interbancs marneux peuvent être riches en fragments de crinoïdes et renferment des petits polypiers globuleux.

Un banc marneux (68 % de CaCO_3), épais de 30 cm, sépare la masse inférieure de calcaire bioclastique de la masse supérieure ; il fournit par lavage d'assez nombreux fragments d'articles de crinoïdes.

Le sommet, épais de 3 à 4 m, est plus massif et les bancs épais et peu nets ne sont pas séparés par des joints marneux ; les bioclastes sont identiques à ceux de la masse inférieure mais il s'y adjoint un faible pourcentage (1 à 5 %) d'oolites plus fréquentes au sommet. Une importante surface perforée (perforations pouvant atteindre 5 à 7 cm) surmonte ces calcaires bioclastiques.

Les deux premiers niveaux sont caractérisés par une faune assez abondante de lamellibranches (*Pholadomya lirata*) et surtout de brachiopodes avec nombreux *Omithella (Digonella) digona* et de fréquentes *Eudesia multicostata* auxquelles s'associent *Dictyothyris coarctata*, *Flabellothyris flabellum*, *Rhynchonella bradfordensis*, *Rhynchonelloidella curvivarans*, *Goniorhynchia maxima ligerica*, *Kutchirhynchia morieri*, *K. obsoleta*. Les ammonites sont par contre exceptionnelles : un seul exemplaire de *Hecticoceras (Prohctioceras) retrocostatum* a été recueilli près de Couthion.

Âge. L'ensemble de la faune recueillie permet de rattacher les marnes blanches à *Eudesia* et les calcaires micritiques sus-jacents au Bathonien supérieur, zone à *Retrocostatum*.

Dans les calcaires bioclastiques, la faune est pauvre et sans doute localisée dans les interbancs argileux ; on récolte de rares *Omithella (Digonella) digona* et *Nucleolites clunicidaris* ; un exemplaire de *Clydoniceras discus* a été recueilli près de Guichy. Ces organismes caractérisent le Bathonien supérieur, zone à *Discus*.

J3a. Callovien inférieur. Marnes et calcaires argileux à *Collyrites* (10 m). Hormis les travaux de génie civil ce niveau n'affleure pratiquement jamais. Dans la topographie, il se traduit par un léger replat. Il s'agit de marnes claires intercalées de bancs centimétriques plus carbonatés.

Âge. Localement (réservoir situé au Sud-Est de Chasnay, champs à l'Ouest du Mont en lisière de la forêt de Bellary) ce niveau fournit une petite faune de *Collyrites elliptica* et de *Rhynchonelloidella spathica*. Quelques ammonites ont été trouvées au Nord-Est de la feuille : *Kamptokephalites* à l'Est de Couthion et *Macrocephalites* à l'Est de Bondieuse. Elles permettent de ranger les Marnes et calcaires argileux à *Collyrites* dans le Callovien inférieur.

J3b. Callovien inférieur et moyen. Calcaires fins (« Pierre de Nevers ») (30 m). Cette formation est d'observation très difficile sur tout le territoire de la carte, car elle est le plus souvent masquée par les argiles à silicites riches en éléments de calcaires silicifiés, elles-mêmes couvertes de forêts. De très rares petits affleurements (de la base ou du sommet le plus souvent) sont rencontrés deci-delà.

La base comprend des wackestones beiges ou jaunâtres à pellets et bioclastes, en bancs métriques séparés par des horizons de calcaires argileux ou de marnes. Le sommet est franchement carbonate. Il s'agit d'un micrograinstone à pellets bien calibrés (30 à 40 m) emballant quelques bioclastes plus grossiers (crinoïdes, échinides, lamellibranches et, fréquemment,

filaments). Des chailles sont présentes dans la masse. Près de la surface, les calcaires sont le plus souvent très silicifiés.

Âge. Les premiers bancs ont fourni entre Villarnault et Couthion *Septaliphoria orbignyana* avec *Macrocephalites macrocephalus*, puis un peu au-dessus avec *Choffatia tilli* et *C. porsocostata*. Ces faunes sont d'âge callovien inférieur, zone à *Macrocephalus* et peut-être *Gracilis*. Un peu à l'Est de Donzy (feuille Cosne-sur-Loire), les micrograinstones à pellets ont fourni *Etymnoceras (Erymnocerites) leuthardti* et *E. coronatum* du Callovien moyen, zone à *Coronatum*. Enfin, le sommet de la formation a livré à l'Est de Champcelée quelques exemplaires de *Reineckeia* sp., et surtout *Brightia (Hecticoceras) microconque grossouvrei*, *Hamulisphinctes* sp., *Okaites* sp. et un exemplaire de *Pseudopeltoceras gr.famulum*. Ces faunes montrent que la formation se développe jusqu'au sommet du Callovien moyen et peut-être même la base du Callovien supérieur, zone à *Athleta*.

Jurassique supérieur

Bien que les géologues soient capables de corréler assez exactement les faciès du Berry et du Nivernais, on note quelques différences qui imposent de les décrire séparément.

Berry

J6a2-5. Oxfordien supérieur. Calcaires lités inférieurs (puissance supérieure à 160 m). Les Calcaires lités inférieurs, comme leur nom l'indique, sont constitués par l'empilement de bancs calcaires d'épaisseur pluridécimétrique, séparés par des niveaux plus délités, parfois marneux et centimétriques, plus rarement pluridécimétriques.

La meilleure coupe pour observer ces faciès se trouve à Beffes (feuille à 1/50 000 Nevers) dans l'enceinte de l'usine des Ciments français (Debrand-Passard, 1980-1982). L'accès de la carrière est réglementé et la visite peut être dangereuse.

De près comme de loin, on remarque la grande homogénéité de ces assises et leur stratification régulière. Dans le détail, on observe que la roche généralement de couleur gris clair à l'affleurement prend une teinte presque noire lorsqu'elle est moins altérée. De même, on s'aperçoit que le débit en bancs pluridécimétriques, si caractéristique de la formation, est en fait lié à un processus d'altération, voire de décompression, et qu'il ne se retrouve pas en profondeur. Là, les bancs sont plurimétriques et tout au plus on remarque, en leur sein, la présence à intervalles réguliers de petits niveaux riches en lentilles millimétriques d'argile verte, véritable pré-découpage de ces masses.

La partie supérieure des Calcaires lités inférieurs, érodée, n'est pas présente à Beffes ; il s'y intercale des faciès particuliers qui sont autant de repères cartographiques :

- des niveaux marneux (5 à 10 m), non dénommés, qui se situent à la base des Calcaires de la Vignonnerie (voir ci-après). Ce niveau repère (J6a2-5[2i]) est constitué par une alternance de marnes et de calcaires en bancs plurimétriques. Les calcaires diffèrent de ceux déjà décrits par la présence de lamines plus riches en fer, de teinte brune et silteuses ;
- les Calcaires de la Vignonnerie (j6a2-5[1]) (3 à 5 m). Ce sont des calcaires subrécifaux de teinte blanche, lumachelliques, riches en lamellibranches divers (huîtres, pectens, astartes,...), brachiopodes (térébratules, rynchonelles), gastéropodes, annélides, ammonites, algues,... En lame mince, la roche peut être définie comme une biomicroite. Outre les organismes déjà cités on y reconnaît des foraminifères libres ou encroûtants, des bryozoaires, des spicules de silicisponges. On note le développement de cavités intrasédimentaires, avec localement des passées de brèches probablement liées à des phénomènes de contraction. Ces faciès caractérisent un milieu calme de plate-forme externe à la sédimentation peu active (présence d'organismes encroûtants).

Les nombreuses analyses chimiques réalisées par les cimentiers, gracieusement mises à notre disposition, nous ont permis une étude détaillée, mètre par mètre, de la variabilité des teneurs en CaCO_3 . Celle-ci a été réalisée sur deux sondages, le premier implanté au sommet de la carrière, le second à la base, soit approximativement au pied du premier. La coupe ainsi reconstituée a une hauteur de 125 m. La courbe des variations de la teneur en CaCO_3 présente des maxima égaux à 90 % et des minima inférieurs à 75 %. La teneur moyenne est quant à elle voisine de 80 %. Une comparaison effectuée entre cette courbe et le log électrique de résistivité ($\text{ohms/m}^2/\text{m}$) établi dans le sondage pétrolier voisin de Subligny (feuille à 1/50 000 Léré) montre un parallélisme très étroit.

La teneur en SiO_2 , de l'ordre de 10 %, varie en sens inverse des teneurs en carbonate de calcium. Il en est de même pour les teneurs en Fe_2O_3 , Al_2O_3 et MgO , ce dernier ensemble reflétant approximativement la teneur en argile de la roche. L'étude de celle-ci par diffractométrie de rayons X montre une prédominance de l'illite (5/10) sur les interstratifiés illite-smectite (3/10) et la kaolinite (2/10). Les résultats des autres analyses n'ont pu être interprétés, les variabilités étant trop faibles.

Âge. Les Calcaires lités inférieurs renferment des ammonites peu nombreuses, surtout représentées par des périsphinctidés rarement bien conservés et par conséquent peu propices à des datations précises. Celles-ci sont cependant possibles par déduction :

- les calcaires et marnes à spongiaires sous-jacents ont fourni à leur sommet une faune d'ammonites d'âge oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Bimammatum* ;
- les Calcaires de la Vignonnerie, niveau repère situé à la partie supérieure de la formation, ont fourni quelques ammonites dont *Epipeltoceras treptense*, qui caractérise la sous-zone à *Bimammatum* ;
- les Calcaires de Bourges sus-jacents et leurs équivalents latéraux, les Calcaires de Von, appartiennent à leur base à la sous-zone à *Hauffianum*.

Les Calcaires lités inférieurs appartiennent donc pour l'essentiel à l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Bimammatum*.

Les Calcaires lités inférieurs, exception faite des Calcaires de la Vignonnerie, sont pauvres en microfaune. De plus, les espèces sont peu nombreuses et donnent des datations peu précises. Les individus sont également rares et ordinairement de petites tailles. Les seules recherches palynologiques couronnées de succès ont été celles effectuées sur des marnes noires prélevées en sondage sous une importante couverture de Sables du Bourbonnais. Ces niveaux ont fourni une microflore abondante, bien connue, associée à des débris végétaux indiquant un milieu marin sous influence continentale (Debrand-Passard, 1980-1982).

J6b. Oxfordien supérieur. Calcaires crayeux de Bourges (puissance de l'ordre d'une cinquantaine de mètres). Ce sont des calcaires subrécifaux, tendres, massifs, à débit quelconque, de teinte gris clair, à patine parfois noire, riches en débris d'organismes divers. Autrefois, malgré leur médiocre qualité mais parce qu'ils étaient faciles à travailler, de bel aspect et relativement peu onéreux, les Calcaires crayeux de Bourges furent intensivement exploités pour la construction. Pour suivre les meilleurs bancs, les exploitations devinrent souterraines. À l'affleurement, les Calcaires crayeux de Bourges forment une bande continue d'environ 3 km de large qui s'étend de la Loire au Cher. Sur la rive droite de la Loire, ils sont connus sous le nom de Calcaires de Tonnerre (voir ci-après). En direction de l'Ouest, à proximité du Cher, les variations de faciès induites par un approfondissement lié à des mouvements tectoniques synsédimentaires sont plus importantes : Calcaires de Morthomiers et Calcaires de Von (Debrand-Passard, 1980-1982).

Les principaux affleurements de Calcaires crayeux de Bourges sont constitués par des labours qui se prêtent mal à une étude de la formation. La seule carrière observable sur la feuille est présentement abandonnée. Elle se situe aux Monteaux, commune d'Herry, au point de coordonnées $x = 642,7$; $y = 2244,3$; $z = + 170$ m. L'exploitation à ciel ouvert, contrairement à ce que l'on observe habituellement dans la région, était proba-

blement destinée à l'entretien des chemins. Le calcaire est visible sur une hauteur de 4 à 5 m (front de taille). Il est massif, gris, pisolithique, avec une faune relativement pauvre. Sur le côté à regard sud, à environ 2 m au-dessus du plancher, un niveau épais de 30 à 50 cm est constitué par la juxtaposition de polypiers rameux entre les branches desquelles ont été recueillis quelques exemplaires de térébratules : *Juralina subformosa*. Sans raison apparente, tectonique ou autre, ce niveau s'interrompt brusquement en direction de l'Est.

Les mêmes polypiers rameux associés à des polypiers de type boule, voire à des polypiers lamellaires, ont été retrouvés dans différents labours (j6b[1] et [2]). Leur position au sein de la formation paraît médiane, sans plus de précision. Il est cependant peu vraisemblable qu'ils appartiennent à un même horizon, au demeurant discontinu.

Silicifications. Dans les labours, des chailles sont associées à ces faciès. Toutes étaient au contact avec les sables résiduels appartenant aux Sables et argiles du Bourbonnais. Ces observations partielles, jointes à d'autres accumulées lors du levé de la Champagne berrichonne, suggèrent une diagenèse tardive, postérieure au dépôt des Sables et argiles du Bourbonnais (Debrand-Passard, 1980-1982).

Âge. En l'absence d'ammonite, si l'on excepte un périsphinctidé (*Orthosphinctes* sp.) recueilli en 1988 sur la feuille Nérondes (Lablanche *et al*, 1992), les brachiopodes font référence; parmi eux, *Juralina subformosa* qui caractérise la partie supérieure de la zone à *Bimammatum* et la zone à *Planula* de l'Oxfordien supérieur (Boullier, 1979). Cette térébratule, retrouvée à différents niveaux de la formation, est fréquemment associée à d'autres brachiopodes de même âge : *Postepithyris cincta*, *Septaliphoria* aff. *arduennensis*. Ces résultats s'accordent avec les âges connus des formations encadrantes.

J6c-7a. **Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur. Calcaires lités supérieurs** (puissance 20-25 m). Ils sont à pâte fine, en bancs bien réglés, séparés par des joints marneux ou des niveaux plus délités. À leur base, les Calcaires lités supérieurs reposent sur un niveau à pelotes algaires qui appartient aux Calcaires crayeux de Bourges sous-jacents (carrière de la Mignonne, commune de Sancerre, feuille à 1/50 000 Sancerre). Les Calcaires lités supérieurs, comme les Calcaires lités inférieurs, sont des calcaires à pâte fine, micritiques. On les distingue des premiers par leur position au-dessus des Calcaires crayeux de Bourges, par une épaisseur moindre et par la présence de lumachelles. La subdivision de la formation en deux membres, maintenant classique dans la Champagne berrichonne, n'a pu

être maintenue ici où les affleurements discontinus sont réduits à de rares labours et occupent une superficie de l'ordre de 2 km².

Âge. Les ammonites, pour l'essentiel des périsphinctidés, sont rares. Cependant, grâce aux levés effectués dans les autres parties de la Champagne berrichonne et aux travaux de P. Hantzpergue (1979) en Poitou, les Calcaires lités supérieurs sont maintenant bien datés. La partie inférieure est d'âge oxfordien supérieur, zone à Planula ; la partie supérieure appartient déjà au Kimméridgien, zones à Rupellensis et à Cymodoce.

j7b. **Kimméridgien inférieur pars. Calcaires de Buzançais** (puissance de l'ordre de 15 à 20 m). Ils sont constitués par la superposition ou la juxtaposition de calcaires variés, souvent bioturbés, parfois oolitiques ou graveleux ; ils renferment également des niveaux gréseux lenticulaires. Les huîtres, *Nanogyra virgula* souvent rassemblées en lumachelles (Gautret, 1982), sont les plus abondantes.

Comme les autres formations d'âge jurassique supérieur de la rive gauche de la Loire, les Calcaires de Buzançais occupent une superficie très réduite, de l'ordre de 1 à 2 km². Les trois membres constitutifs (Debrand-Passard, 1980-1982) peuvent cependant être aisément reconnus grâce à l'excellent repère que constituent les gravelles ou oolites ferrugineuses (j7b[1]) du membre moyen :

- membre inférieur : alternance de calcaires à pâte fine, bioturbés, de lumachelles, de grès et de marnes, ces dernières peu abondantes ;
- membre moyen : calcaires bioturbés et marnes (très réduites) à oolites ou gravelles ferrugineuses, à *Pholadomya*, brachiopodes et grosses nérinées : *Nerinea desvoidyi* ;
- membre supérieur : calcaires gris à pâte fine, bioturbés.

Les Calcaires de Buzançais sont riches en fossiles de genres et d'espèces divers (*Pholadomya*, huîtres, brachiopodes, nérinées,...) mais sont dépourvus d'ammonites, ce qui s'accorde mal avec la position sur la plate-forme externe que certains veulent leur donner. Selon toute vraisemblance, comme le suggère la grande diversité des faciès, il s'agit de dépôts peu profonds en milieu au moins partiellement protégé.

Âge. En dépit de l'absence d'ammonites, les Calcaires de Buzançais sont bien datés, les formations sous- et sus-jacentes ayant fourni des ammonites de la zone à Cymodoce. Cet âge est par ailleurs confirmé par les brachiopodes (Debrand-Passard *et al.*, 1978) :

- le membre inférieur renferme *Postepithyrus minor*, *Septaliphoria hudlestoni*, « *Terebratula* » *subsella*, *Zeillerina humeralis*, *Z. astartina* ;

—le membre médian, « *Rhynchonella* » *matronensis*, « *Terebratula* » *subsella*, *Zeillerina humeralis*, *Z. cf. gartyensis*, *Z. cf. astartina* ;
—le membre supérieur, « *Terebratula* » cf. *thurmanni*, *Zeillerina humeralis*.

j7c-8. *Kimméridgien inférieur pars-Kimméridgien supérieur. Marnes de Saint-Doulchard* (puissance estimée à 80 m). Elles sont représentées par des alternances de marnes et de calcaires ; les premières sont prédominantes. La formation est visible, en labour, sur une superficie de 6 à 7 km². La description donnée fait donc largement référence aux observations effectuées plus à l'Ouest (Debrand-Passard, 1980-1982).

Les Marnes de Saint-Doulchard débutent par un poudingue glauconieux (j7c-8[1]) riche en fossiles, de puissance décimétrique. Les galets proviennent du démantèlement des niveaux immédiatement sous-jacents ; ils sont calcaires, à pâte fine, parfois encroûtés et renferment des granules glauconieux plus ou moins altérés. Les fossiles associés : *Nanogyra virgula*, gastéropodes, ammonites, débris d'oursins, sont fréquemment recouverts par un enduit glauconieux ou ferrugineux.

Au-dessus, la formation paraît constituée par un empilement de marnes et de calcaires riches en horizons lumachelliques où abondent *Nanogyra virgula*. Le passage aux calcaires tithoniens dits de Saint-Martin-d'Auxigny est progressif. L'enrichissement en calcaires, parfois un léger ressaut de la morphologie, sont les seuls éléments dont dispose le géologue pour construire cette limite.

Âge. Les ammonites relativement abondantes sont irrégulièrement disséminées dans la formation. Toutes celles citées ci-après n'ont pas été recueillies sur le territoire de la feuille La Charité, par suite de la petitesse de la zone investiguée et des conditions d'affleurement. Cependant, les travaux réalisés sur les feuilles immédiatement voisines ne laissent supposer aucune différence notable. La zonation utilisée ici fait référence aux travaux de P. Hantzpergue (1979).

La base glauconieuse a livré *Rasenia* (*Eurasenia*) nov. sp. qui permet de la rattacher à l'horizon à *Rasenia* nov. sp. de la sous-zone à Chatellaillonensis, zone à Cymodoce du Kimméridgien inférieur. Au-dessus, les Marnes de Saint-Doulchard renferment une importante population de *Rasenia* qui se rattache aux horizons à *Evoluta* et Chatellaillonensis de la sous-zone à Chatellaillonensis. L'épaisseur de cet ensemble est estimée à quelques mètres.

Le passage au Kimméridgien supérieur se fait sans changement de faciès. La zone à Mutabilis, sous-zone à Mutabilis, est représentée par

quelques *Crussoliceras* ; la sous-zone à Lallierianum est caractérisée par *Orthaspidoceras lallierianum* ; la sous-zone à Orthocera par *Orthaspidoceras orthocera*. La zone à Eudoxus, sous-zone à Caletanum renferme une riche population d'*Aspidoceras caletanum* ; la sous-zone à Contejeani est caractérisée par *Aidacostephanus (Aulacostephanus) contejeani*. Quelques mètres de marnes dépourvues d'ammonites séparent le sommet de la formation des niveaux plus calcaires attribués au Tithonien.

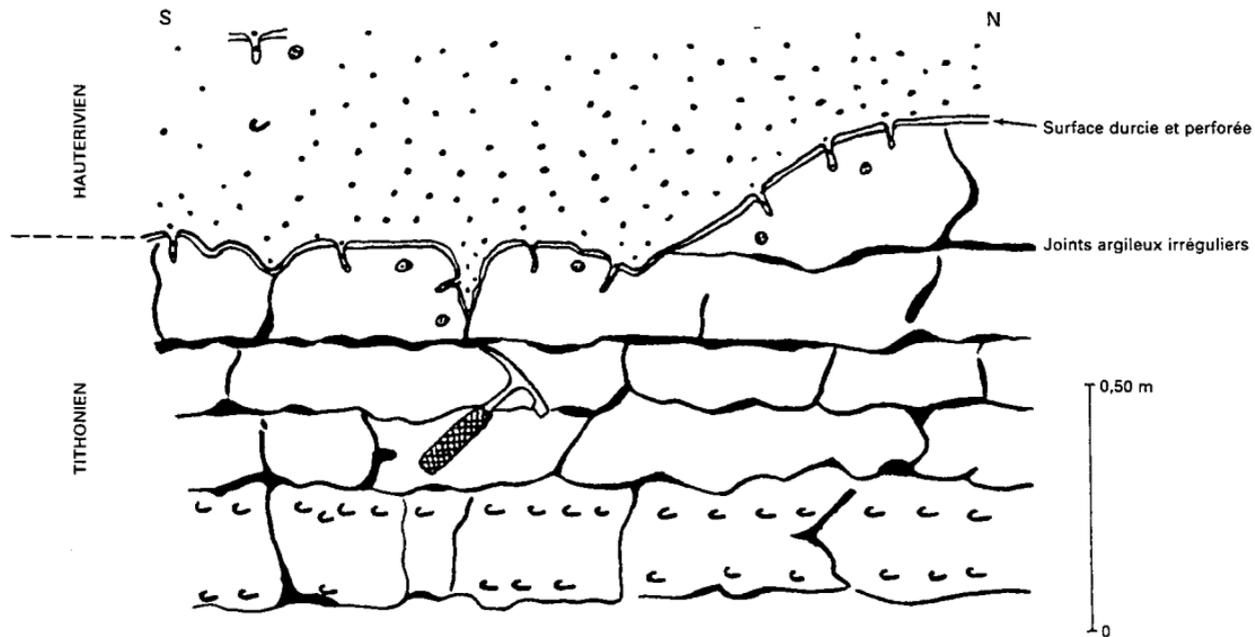
Les brachiopodes fournissent également des éléments très intéressants pour la datation : une association à «*Terebratida*» cf. *thurmani* et *Zeilleria humeralis* présente à la base de la formation, caractérise le sommet du Kimméridgien inférieur ; «*Terebratida*» *sella* a été recueillie au sommet de la zone à Mutabilis.

j9a. Tithonien inférieur. Calcaires de Saint-Martin-d'Auxigny (puissance à l'affleurement estimée à une trentaine de mètres mais augmentant rapidement en direction du centre du bassin). Ils se distinguent des Marnes de Saint-Doulchard sous-jacentes par leur caractère plus calcaire et l'apparition des *Gravesia*. Un léger ressaut dans la morphologie souligne parfois le passage entre les deux formations.

Ce sont des calcaires gris, à pâte fine, en bancs bien réglés de 10 à 40 cm d'épaisseur séparés par des interbancs marneux centimétriques ou des niveaux plus délités. Des passées marneuses pluridécimétriques sont également visibles. Une étude détaillée montre des bancs d'aspect et de nature variés qui indiquent une relative instabilité du fond au moment de la sédimentation. Sur la feuille voisine Sancerre, en face de la gare, dans le talus de la route, un petit affleurement (fig. 3) montre le sommet de la formation raviné, bioturbé, scellé par les calcaires hauteriviens à oolites ferrugineuses, ces dernières envahissant les terriers creusés dans le Tithonien.

Âge. La macrofaune est dominée par les huîtres, essentiellement *Nanogyra virgida* ; d'autres lamellibranches (pholadomyes, trigonies,...), des gastéropodes et des oursins, ceux-ci toujours brisés, les accompagnent. La présence d'ammonites indique un milieu de plate-forme externe : *Gravesia portlandica*, *G. gravesiana*, *Perisphinctes rotundus*. Cette faune caractérise le Tithonien inférieur .

Note ajoutée en cours d'impression : la découverte récente de *Autissiodorensis* sp. (Hantzpergue, in Debrand-Passard et Bouillier, 1995) indique que la base de la formation appartient en fait au Kimméridgien terminal.



Terriers à remplissage hauterivien

Nanogyra striata

Fig. 3 - Gare de Sancerre (Cher) : contact Hauterivien - Tithonien visible dans le talus de la route

La microfaune est peu abondante, surtout composée de lenticulines et d'ostracodes. La microflore est plus intéressante mais nécessite un échantillonnage en forage, non réalisé ici, seule méthode permettant de recueillir des échantillons non altérés.

Nivernais

j5-6a1. *Oxfordien moyen et supérieur. Calcaires fins et glauconieux des Bertins* (10-12 m). Dans la partie médiane de la feuille (Vielmanay, les Bertins, Raveau), après l'importante lacune du Callovien supérieur et l'Oxfordien inférieur, la sédimentation reprend avec des faciès très comparables macroscopiquement et très proches microscopiquement de ceux du Callovien directement sous-jacent. Les fossiles caractéristiques étant très rares, il est donc souvent difficile sur le terrain de séparer les deux formations. De plus, leur contact direct n'a jamais été observé sur le territoire de la feuille La Charité.

Dans la région d'affleurement (Narcy, les Bertins, Vielmanay), l'épaisseur de ces calcaires à grain fin, glauconieux, peut être évaluée à une douzaine de mètres. Le sondage du Centre géophysique de Garchy les a recoupés sur 44 à 45 m. Cette rapide et importante augmentation d'épaisseur en direction de l'Ouest, associée à la quasi-disparition des chailles, est sans doute la preuve d'une tectonique synsédimentaire.

La série doit débiter par 80 cm à 1 m de calcaire micritique gris clair, faiblement glauconieux, qui renferme localement des spongiaires. Quelques cailloux de ce faciès ont été rencontrés à la surface des champs vers les fonds de vallons de la région des Bertins ; en un point même (x = 657,0 ; y = 2235,8) s'y trouvaient associés quelques échantillons pétris d'oolites ferrugineuses. Des faciès comparables, avec de très rares oolites ferrugineuses, ont été rencontrés vers 134 m de profondeur dans le sondage destructif réalisé dans le domaine du Centre géophysique de Garchy (x = 655,3 ; y = 2255,4).

La masse principale est constituée par un calcaire à grain fin, poreux, brun clair ou beige, faiblement glauconieux, qui renferme des chailles noduleuses sphériques ou ovoïdes dont le diamètre diminue de la base (10-12 cm) au sommet (3 à 4 cm). Disposé en bancs de 80 cm à 1 m, ce calcaire était visible dans les carrières, maintenant comblées, situées à l'Est de Narcy ; il reste observable dans celle en cours de comblement sise à 500 m au Sud-Ouest des Bertins (x = 657,9 ; y = 2247,0).

Microscopiquement, la roche est une pelsparite poreuse à bioclastes. Les pellets bien calibrés sont plus gros que ceux du Callovien sous-jacent (entre 50 et 125 μm avec une majorité autour de 80-100 μm). Ils sont soit

isolés et régulièrement répartis, laissant entre eux des espaces de même dimension remplis par de la sparite qui peut être enlevée par dissolution secondaire, soit groupés en petits paquets. Les bioclastes sont plus gros, de taille millimétrique ; il s'agit pour l'essentiel de débris de crinoïdes et plus rarement de lamellibranches. Quelques *Haplophragmium* sont présents. La glauconie est le plus souvent altérée et de teinte brune.

Âge. La macrofaune est rare : lamellibranches (grosses pholadomyes et pectinidés), térébratules et fragments usés et écrasés de périsphinctidés dont la détermination n'a pas été possible.

Sur la feuille Cosne-sur-Loire (à paraître), cette formation a fourni dans la région de Donzy une faune de l'Oxfordien moyen, zone à *Transversarium* et de l'Oxfordien supérieur, zone à *Bifurcatus*.

j6a2. **Oxfordien supérieur. Calcaires fins à oolites et bioclastes de Nancy** (10 à 12 m). Ce niveau, dont la distinction est un peu artificielle, constitue une transition entre les Calcaires fins glauconieux des Bertins sous-jacents et les Calcaires oolitiques de La Charité qui les surmontent ; leur moitié inférieure aurait très bien pu être rattachée aux premiers et la partie supérieure aux seconds. Ils s'observent dans les anciennes carrières situées au Nord de la D 38 entre Nancy et les Bertins ($x = 657,2$; $y = 2248,6$ et $x = 658$; $y = 2248,4$). Ils ont été recoupés sur 9 m par le sondage du Centre géophysique de Garchy.

Les calcaires de la base, encore stratifiés et renfermant de rares petites chailles noduleuses, se distinguent des faciès sous-jacents par l'apparition d'oolites disséminées dans la masse des pellets ou groupées en petits amas, et par la présence de bioclastes plus abondants et plus gros (millimétriques à plurimillimétriques) de crinoïdes et à un degré moindre de lamellibranches. Très vite, le faciès finement oolitique devient prépondérant, les chailles disparaissent, la roche prend un aspect massif ou mal stratifié.

Les pellets disparaissent, remplacés d'abord par des grains cortiqués de dimension équivalente (150 à 200 μm) puis par des oolites le plus souvent micritiques dont le diamètre oscille entre 150 et 500 μm vers le haut. Le ciment est microsparitique mais de nombreux vides persistent ; leur forme montre qu'ils sont le résultat d'une dédolomitisation. Des cristaux de sparite aux formes rhomboédriques, développés sur le bord ou dans la masse des oolites, témoignent aussi de cette dolomitisation suivie postérieurement d'une dédolomitisation. Les bioclastes sont toujours présents : échinodermes (crinoïdes et échinides), lamellibranches, brachio-podes ; les foraminifères sont fréquents : textulariidés, valvulinidés, verneulinidés, miliolidés, nodosariidés et nautiloculines.

Dans la partie terminale, la taille des oolites (1 000 μm) et des bioclastes (plurimillimétriques) augmente ; des intraclastes ou des agrégats d'oolites et bioclastes se développent.

Âge. Aucun fossile caractéristique n'ayant été recueilli, l'âge de la formation est établi par référence aux formations encadrantes.

j6a3. *Oxfordien supérieur. Calcaires oolitiques de La Charité* (70 m environ). Cette formation constitue le substratum de la région comprise entre La Charité, Raveau, Narcy, Bulcy et Garchy. Elle se retrouve également dans la vallée de la Nièvre au Sud de La Celle-sur-Nièvre. Elle fut jadis largement utilisée, mais actuellement seule la carrière de Malveaux ($x = 652,8$; $y = 2252,1$) fait l'objet d'une exploitation temporaire. Toutes les autres carrières sont abandonnées et parmi celles-ci la plupart ont été comblées au cours de la dernière décennie ou sont en voie de comblement ; les observations restent encore possibles dans la carrière de Sainte-Hélène ($x = 655$; $y = 2244,75$) ou dans celle des Étivaux ($x = 651,3$; $y = 2245,25$) récemment agrandie pour la construction de la déviation routière de La Charité-sur-Loire.

L'épaisseur de cette formation affectée par des fractures est difficile à appréhender ; seuls les forages permettent de l'apprécier. Celui de la ferme des Aillots ($x = 653,225$; $y = 2245,725$) l'a traversée sur 59 m sans atteindre sa base ; celui de Sourdes ($x = 654,975$; $y = 2245,05$) pourrait l'avoir recoupée en totalité, mais la description fournie par le sondeur est tellement imprécise et fantaisiste qu'elle est inutilisable. Celui enfin du Centre géophysique de Garchy l'a traversée sur 68 à 69 m. Il est possible que l'épaisseur soit un peu plus forte sur la bordure occidentale suivant une bande La Charité-Bulcy-Malveaux, Ouest du Centre géophysique de Garchy.

Les calcaires, de teinte blanche, beige ou jaunâtre, sont essentiellement oolitiques. Dans la région de Garchy-Narcy, les oolites sont bien calibrées (1 à 2 mm) ; un peu plus à l'Ouest de Malveaux, à Bulcy et La Charité, le faciès est plus grossier et plus bioclastique ; les oolites de 2 à 3 mm sont alors mélangées à des gravelles de 5 à 10 mm et localement à des bioclastes centimétriques à pluricentimétriques. Les organismes entiers sont rares et localisés dans les faciès les plus grossiers. Il s'agit de débris de polypiers massifs ou rameux, de quelques gastéropodes (nérinées, *Ptygmatitis*) et lamellibranches (essentiellement *Diceras*) ; tous ces débris sont le plus souvent très usés, traduisant leur séjour sur un fond marin à hydrodynamisme fort.

Dans la vallée de la Nièvre, un horizon à fines oolites (surtout développé sur la feuille Nevers) est surmonté par des calcaires bioclastiques blancs à

polypiers formant sans doute de petits biohermes (l'absence d'affleurements rend les observations délicates), auxquels s'associent *Diceras* et nérinées.

Le microfaciès est toujours une oosparite parfois à bioclastes. Les oolites sont micritiques, généralement non jointives, elles peuvent parfois être contiguës et légèrement déformées par compression réciproque. Les bioclastes, rares et toujours encroûtés par de la micrite, sont des fragments de lamellibranches (surtout de *Diceras*), de brachiopodes, de crinoïdes ainsi que quelques algues : *Cayeixia*, *Solenopora jurassica*, *Bacinella irregularis*, encroûtant les bioclastes et participant à la réalisation d'oncoïdes pluricentimétriques. Les foraminifères sont exceptionnels : *Haplophragmium* et *Nautiloculina oolithica* sont présents à la base. Le ciment sparitique est le plus souvent plurigénérique. Une première génération de calcite fibreuse isopaque cerne alors les éléments figurés d'une couche plus ou moins épaisse ; elle traduit une diagenèse précoce en milieu infralittoral supérieur. Dans les faciès grossiers les plus occidentaux, cette première phase de cimentation précoce est suivie d'une seconde d'origine vadose (silt vadose) avant que n'apparaisse la sparite (plus tardive) en grands cristaux.

La transition avec la formation sus-jacente est rapide ; dans le dernier mètre, les oolites et les bioclastes plus fréquents sont noyés au sein d'une matrice micritique de plus en plus abondante vers le haut.

Âge. Aucun fossile caractéristique n'a été rencontré dans cette formation. C'est donc par comparaison et étude des passages latéraux de faciès que l'on peut attribuer à cette formation un âge oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*.

j6a2-4, j6a3-4. **Oxfordien supérieur. Calcaires lités inférieurs** (plus de 100 m). Ils se présentent sous la forme d'une alternance de bancs pluridécimétriques de calcaire mudstone gris clair (95 à 97 % de CaCO_3) et d'interbancs plus minces (10 à 20 cm) de mudstone faiblement argileux (80 à 85 % de CaCO_3). Ces calcaires à débit feuilleté, équivalents des Calcaires lités inférieurs du Berry et des Calcaires de Vermenton de l'Yonne, ont jadis été exploités pour la fabrication de ciment à la sortie sud de La Charité en bordure de la RN 7.

Dans la partie supérieure, rencontrée de part et d'autre des Calcaires de Mézières, l'alternance est moins marquée et les interbancs faiblement argileux sont très peu épais (ancienne carrière, maintenant comblée, de la Castinière : x = 656,45 ; y = 2 256,85). La surface des champs est alors couverte de nombreux cailloux plats, voire de petites dalles de calcaire micritique (sauf broyage mécanique des cailloux pour améliorer les

cultures). Il s'agit sans doute de la terminaison sud-ouest des Calcaires de Cravant de l'Yonne.

Le microfaciès est micritique avec de très rares et fins bioclastes (spicules et débris coquillers divers) associés à des quartz détritiques silteux ; localement existent en leur sein des lamines de fines oolites blanches et de bioclastes.

Le passage latéral entre les Calcaires oolitiques de La Charité et les Calcaires lités inférieurs se fait à proximité de la vallée de la Loire. Ainsi, le flanc de la vallée dans la partie nord de la ville montre par place les calcaires micritiques gris bien stratifiés renfermant des lentilles, de minces lits ou des poches de bioturbations, de faciès oolitiques.

Âge. La macrofaune est exceptionnelle ; quelques petits *Orthosphinctes* sp. ont été récoltés ainsi qu'un *Taramelliceras pilcheri* à l'Est du Centre géophysique de Garchy, et un *Ochetoceras marantianum* au sommet de l'ancienne carrière de la sortie sud de La Charité. Comme dans le Berry voisin, leur âge doit être oxfordien supérieur, zone à Bimammatum.

j6a4. **Oxfordien supérieur. Calcaires de Mézières** (0 à 18 m). Ces calcaires micritiques à biohermes de madréporaires sont localisés suivant une bande large de 1 à 1,5 km et longue de 5 km comprise entre Malveaux, Mézières, Vesvres, le Bois-Rond, la Buffière et la Milloterie ainsi qu'à l'Est et au Nord-Est de Bulcy.

Les constructions à madréporaires lamellaires ou massifs (essentiellement *Thamnoseris* sp. et *Thamnasteria* sp.) sont subcirculaires et de taille hectométrique. Elles dessinent dans le paysage une topographie mamelonnée et se traduisent dans les labours par des surfaces très pierreuses. Entre les constructions se développent des calcaires mudstones ou parfois wackestones gris clair ou gris noirâtre, renfermant quelques horizons de calcaires argileux qui se débitent en fines plaquettes. Ces micrites renferment quelques bioclastes (spicules de spongiaires notamment) et de nombreux quartz détritiques silteux.

A la périphérie des biohermes à madréporaires apparaît un faciès biodétritique très riche en organismes peu ou pas fragmentés, avec lamellibranches (pectinidés, ostréidés, trichites) madréporaires, serpules, bryozoaires, échinodermes, brachiopodes, spongiaires souvent associés à des encroûtements stromatolitiques ; enfin, localement se développent des oncoïdes roux pluricentimétriques. Ce faciès biodétritique peut apparaître localement en minces lits ou lentilles au sein des calcaires micritiques interbiohermaux. Il est alors riche en brachiopodes à tests rosés parmi lesquels *Septaliphoria pinguis*, *Zeilleria* cf. *astartina*, *Terebratula subsella*.

Âge. Quelques ammonites ont été récoltées mais, mal conservées, elles n'ont pu être déterminées à l'exception de *Subclisosphinctes gredengensis* recueillies à l'Ouest de Vesvres, à proximité d'un bioherme à madréporaire. Ces calcaires micritiques à biohermes de madréporaires semblent s'être développés en contrebas du sommet de la ride oolitique des calcaires de La Charité dans la région de Bulcy, et sur le sommet de celle-ci en cours d'immersion de Malveaux à Mézières et la Buffière. Ils passent latéralement à des calcaires micritiques aussi bien à l'Est (J6a3-4) qu'à l'Ouest (sommet de la série j6a2-4). Vu leur position, il pourrait s'agir d'un équivalent latéral des Calcaires de Gravant (ou de la base des Calcaires de Bazarnes) définis dans l'Yonne sur les feuilles Vermenton et Courson-les-Carières (Mégien *et al.*, 1971, 1972).

J6a5. Oxfordien supérieur. Calcaires de Bazarnes (25 m). Il s'agit d'un ensemble de calcaires stratifiés en bancs pluridécimétriques aux faciès variés, comprenant généralement de bas en haut les quatre termes suivants, dont les épaisseurs varient d'un point à un autre (les successions ont été déterminées sur des forages réalisés sur la feuille Cosne-sur-Loire) :

- calcaires micritiques gris ou beiges ou calcaires micritiques à pellets, bioclastes et fines oolites blanches. Ces éléments figurés sont soit isolés, soit groupés en minces lamines, poches de bioturbation, minces lentilles, voire lits (épaisseur 6 à 10 m) ;
- calcaires oolitiques et bioclastiques marron à beiges, de texture packstone ou grainstone, fossilifères (1 à 3 m) ;
- alternance de calcaires micritiques gris à rares bioclastes et de marnes noires (5 à 6 m) ;
- calcaires micritiques à bioclastes et oolites plus ou moins abondants et nombreux oncolites (4 à 7 m).

Les microfaciès sont à dominante micritique avec présence de quartz détritrique silteux ; seuls les faciès les plus bioclastiques et oolitiques présentent localement un ciment sparitique. Les oolites sont le plus souvent fibroradiées et de teinte ambrée. Les oncoïdes, souvent pluricentimétriques, présentent généralement un nucleus de forme et nature quelconque (débris coquillier, fréquemment entroque ou huître) et un cortex micritique d'origine algo-bactérienne avec nubéculaires, serpules et fragments coquilliers divers.

La nature des bioclastes est excessivement variable (crinoïdes, radioles de cidaridés, brachiopodes, lamellibranches, gastéropodes, serpules, spongiaires et spicules, bryozoaires, rares foraminifères). Leur taille assez faible (100 à 300 μ m) lorsqu'ils sont disséminés dans les faciès micritiques,

devient plus importante (millimétrique à plurimillimétrique) dans les minces lentilles ou lits oobioclastiques.

Âge. La macrofaune est généralement groupée au niveau des faciès les plus bioclastiques, petites exogyres formant par place de véritables luma-chelles ; brachiopodes localement abondants : *Septaliphoria pinguis*, *Zeillerina* cf. *astartina*, *Terebratula subsella*, *Postepithyris cincta*, *Dorsoplicathyris subinsignis* ; rares céphalopodes : *Paracoenoceras* sp., *Perisphinctes (Orthosphinctes) tiziani*, *P. (O.)* gr. *colubrinus*, *Subdiscosphinctes gredingensis* (toutes ces formes récoltées à proximité du château du Magny : x = 655,40 ; y = 2 257,6), *Ochetoceras marantianum* (près de la ferme des Aillots : x = 655,2 ; y = 2 246,15), *Taramelliceras trachynotum* (au Sud-Est de La Charité : x = 653,95 ; y = 2 241,2). Les faunes de brachiopodes et ammonites caractérisent l'Oxfordien supérieur, zone à Bimammatum.

Nota : la base des Calcaires de Bazarnes est souvent difficile à séparer des Calcaires lités inférieurs sous-jacents qui localement peuvent aussi se charger en oolites et bioclastes. Il est donc possible que certaines formations attribuées ici aux Calcaires de Bazarnes (dans la région de La Charité notamment) appartiennent en réalité à la formation sous-jacente.

j6b. **Oxfordien supérieur. Calcaire de Tonnerre** (80 à 90 m). Ensemble entièrement calcaire présentant trois faciès fondamentaux :

- un faciès grossièrement oolitique et bioclastique, dénommé localement « Oolite de Suilly-la-Tour » (J6b[1]) ;
- deux faciès fins constituant le Calcaire de Tonnerre *sensu stricto*, l'un sublithographique compact, l'autre crayeux friable.

Oolite de Suilly-la-Tour (0 à 30 m environ). Elle est présente à la base de la série uniquement dans la partie nord de la feuille et se prolonge sur la feuille Cosne-sur-Loire. Les meilleurs points d'observation se rencontrent à l'Ouest de Suilly-la-Tour (ancienne carrière de Presle : x = 654,35 ; y = 2259,85 et chemin creux : x = 654,3 ; y = 2259,65), au lieu-dit la Coulerette (ancienne carrière : x = 653,5 ; y = 2259,75) et à l'Est de Chevroux (ancienne carrière : x = 652,3 ; y = 2 259,57) (Bernard, 1988).

Vers l'Ouest et le Sud, l'Oolite de Suilly-la-Tour n'existe plus, elle passe latéralement, sans doute par indentation, au Calcaire de Tonnerre (*s.s.*). Son épaisseur, une trentaine de mètres, n'a pu être appréciée que dans les sondages de la vallée du Nohain (feuille Cosne-sur-Loire) à environ 3 km au NNW de Suilly-la-Tour.

Le faciès fondamental est un calcaire oolitique et bioclastique, parfois grossier, en bancs pluridécimétriques à plurimétriques, présentant localement un litage interne oblique. Les bancs s'organisent alors en feuillets obliques plans, concaves ou sigmoïdes, de 5 à 10 cm d'épaisseur, qui traduisent une sédimentation par progradation. Au sein d'un même feuillet oblique, la texture du calcaire varie de grainstone en sommet de faisceau à packstone ou wackestone à la base. Suivant les bancs, ou les faisceaux à l'intérieur des bancs à litage oblique, les éléments dominants sont les oolites (oolites de 200 à 1 000 μm , à gros nucléus micritique et cortex peu développé) ou les bioclastes (bioclastes souvent très grossiers de brachiopodes, lamellibranches, gastéropodes, échinodermes, spongiaires, madréporaires, serpules) ; quelques encroûtements micritiques de type oncoïde peuvent exister. Des ciments précoces de calcite fibreuse isopaque sont présents dans les grainstones ; ils traduisent une diagenèse précoce en milieu infratidal supérieur.

Au sein des faciès oolitiques et bioclastiques caractéristiques de l'Oolite de Suilly-la-Tour se rencontrent des faciès soit crayeux, soit micritiques compacts, typiques du Calcaire de Tonnerre (*s.s.*). L'absence d'affleurements ne permet pas de juger de leur géométrie ni de leur rapport précis réciproques (lentilles, bancs, masses intercalées ?).

Âge. Les fossiles sont le plus souvent en mauvais état, émoussés, écrasés, dissociés ; les listes fournies par les anciens auteurs sont souvent longues ; nous ne retiendrons que les principaux, avec les exogyres localement abondantes et les brachiopodes : *Septaliphoria pingnis*, *Aromasithyris nazi* et *Zeilleria egena*. Ces faunes et la comparaison que l'on peut faire avec les formations encadrantes permettent d'attribuer à cette formation un âge oxfordien supérieur.

Calcaire de Tonnerre sensu stricto. Ensemble de calcaires généralement fins, présentant deux aspects principaux soit blancs, crayeux, assez peu consolidés, mal stratifiés ou massifs, soit blanc jaunâtre, compacts, sublithographiques, généralement en bancs pluridécimétriques à métriques. Ces calcaires de texture mudstone-wackestone se chargent localement en fines oolites, en oncolites centimétriques parfois roux, en pelleteïdes ou en bioclastes (madréporaires, brachiopodes, échinodermes, lamellibranches principalement).

Certains niveaux sont riches en madréporaires, de forme massive, lamellaire ou branchue. Bien que peu ou pas remaniés, il est difficile de dire si ces organismes ont ou non élaboré de véritables constructions. Un tel horizon riche en polypiers, épais de 10 à 12 m, se développe un peu avant le sommet de la formation. Le reste de la faune est constitué par des lamellibranches (trichites, dicéras, ostréidés, pholadomyidés), des gastéropodes et

surtout d'assez nombreux brachiopodes : *Septaliphoria pinguis*, *S. cf. huddlestoni*, *Zeilleria egena*, *Juralina subformosa*, *Postepithyris cincta*, *Terebratula grossouvrei*, *Zeillerina cf. astartina* dans une partie compacte près du sommet. Un seul exemplaire d'ammonite : *Orthosphinctes* sp. a été récolté sur le territoire de la feuille.

Les faciès compacts sont plus développés vers l'Ouest ; ils occupent la plus grande partie de la série à l'affleurement dans la région de Charenton et Pouilly-sur-Loire. Le sondage de Saint-Laurent (x = 649,75 ; y = 2260,23) a recoupé les 34 m supérieurs du Calcaire de Tonnerre sous ce faciès. Vers l'Est par contre (Chaume, Chevroux, Suilly-la-Tour), le faciès crayeux est dominant, le faciès compact formant plusieurs masses plurimétriques à décamétriques intercalées au sein de l'Oolite de Suilly ou du faciès crayeux de Tonnerre.

Les cinq à huit derniers mètres de la formation sont particuliers. Ces calcaires soit mudstone-wackestone, soit packstone bioclastique, soit grainstone oolitique et bioclastique, sont caractérisés par la présence de nombreux nérinées, dicéras, algues (*Cayeuxia*), serpules, madréporaires et localement ostréidés et brachiopodes (*Septaliphoria pinguis*). Ce terme sommital est sans doute un équivalent latéral du « Marbre de Bailly » de l'Yonne.

L'épaisseur de la formation n'a pu être appréciée que par les sondages de recherche d'eau, ceux de la vallée du Nohain (feuille Cosne-sur-Loire) et celui de Chevroux (x = 651,0 ; y = 2259,18). Bien que la limite inférieure soit délicate à apprécier sur les cuttings, l'épaisseur de la formation est dans les trois cas de 87 à 88 m. Sur le territoire de la feuille, cette formation est affectée par des fractures sans doute subméridiennes qui abaissent les compartiments d'Est en Ouest ; leur position exacte est souvent très difficile à localiser sur le terrain mais seule leur présence peut expliquer les différences de cotes des formations relevées entre les divers sondages de recherche d'eau. Ainsi, d'Est en Ouest la base du Calcaire de Tonnerre a été repérée (cf. annexe) :

- au sondage de la Buffière (494-2-16) à 173 m ;
- au sondage de Chaume (494-2-15) à 144 m ;
- au sondage de Chaume (494-2-14) à 115 m ;
- au sondage de Chevroux (494-2-13) à 92 m ; soit un abaissement global de 81 m en 3,250 km.

La base crayeuse du Calcaire de Tonnerre est vraisemblablement l'équivalent latéral des Calcaires crayeux de Bourges, tandis que les faciès plus compacts du sommet, rencontrés près de la Loire, assurent sans doute la transition avec les Calcaires lités supérieurs du Berry.

Âge. En l'absence d'ammonite, seuls les brachiopodes peuvent nous renseigner sur l'âge de la formation ; parmi eux, *Juralina sabformosa* caractérise l'Oxfordien supérieur, sommet de la zone à Bimammatum et la zone à Planula, tandis qu'*Aromasithyris nazi* est dans le Jura caractéristique de la zone à Planula. Ces âges sont en accord avec ceux fournis par les rares ammonites récoltées dans le Calcaire de Tonnerre de l'Yonne, qui caractérisent la zone à Planula.

L'ensemble de la formation « Calcaire de Tonnerre *sensu lato* » est donc d'âge oxfordien supérieur sommet de la zone à Bimammatum, sous-zone à Hauffianum et zone à Planula ; par comparaison avec les formations équivalentes de l'Yonne, elle pourrait monter dans la base du Kimméridgien inférieur, zone à Baylei.

J6c-7ab. Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur. Calcaires de Villiers (35 m). Ces calcaires ont été jadis décrits sous le nom de « Calcaires à astartes ». Mais la rareté de ce fossile et l'utilisation de ce même nom pour des formations d'âge différent ont conduit à l'abandon de cette dénomination au profit d'un nom local de formation. Villiers est une localité située sur la feuille Cosne-sur-Loire à 2 km de la limite nord de la feuille La Charité-sur-Loire. À l'exception de l'ancienne carrière de Vaurigny au Nord-Est de Pouilly-sur-Loire (x = 648,25 ; y = 2 254,3) ces calcaires n'ont pu être observés sur la feuille qu'en cailloux épars dans les labours où ils apparaissent généralement en plaquettes centimétriques.

Dans la région de Villiers, trois termes successifs peuvent être reconnus de bas en haut :

-calcaires fins (9 à 10 m). Ce sont des mudstones beiges ou grisâtres, en bancs pluridécimétriques séparés par des interbancs calcaréo-argileux jaune rouille pluricentimétriques à décimétriques. Cette micrite à quartz détritique silteux et très rares bioclastes est caractérisée par de nombreuses traces d'activités organiques (bioturbations et terriers de type *Chondrites*) ; des nuages d'oolites rousses se disséminent dans la masse vers le sommet ;

-calcaires fins à oolites et bioclastes roux (4 à 5 m). Mudstone à wackestone-packstone, beige jaunâtre, compact, en bancs pluridécimétriques. La matrice micritique à quartz détritique silteux est souvent très bioturbée (terriers de type *Chondrites*). Les bioclastes (lamellibranches, crinoïdes, brachiopodes) et les oolites de teinte rouille, accompagnés parfois de gravelles lithoclastiques de nature micritique et de même teinte rousse, remplissent les terriers ou sont disséminés dans la masse. *Alveosepta jaccardi* est présent ;

-calcaires fins avec niveaux lumachelliques et à galets perforés et verdis au sommet (20-21 m). La masse principale est constituée par un calcaire mudstone beige à gris, riche en intercalations calcaréo-argileuses. Cette

micrite à quartz silteux et très rares bioclastes est parfois fortement bioturbée (terriers de type *Chondrites*). Près du sommet peuvent exister des lentilles ou de minces passées de calcaire oolitique.

Au sommet, se rencontrent deux niveaux, distants de 6 à 7 m, de « poudingues » à galets indurés, perforés, glauconitisés et/ou ferruginisés à la périphérie (j6c-7abm). Ces niveaux n'apparaissent qu'en surface de champ sous forme de dalles pluricentimétriques. Ce sont des calcaires micritiques ou bioclastiques de teinte grise ou brune. Aux bioclastes (ostréidés, brachiopodes, crinoïdes, annélides, madréporaires) sont associés quelques oolites, des pellets et des quartz silteux. Les galets (10 à 20 % de la masse) de composition micritique, de taille variable (des graviers jusqu'à des galets de 7 à 8 cm) sont aplatis pour les plus gros et perforés. À leur périphérie, ou dans la totalité de la masse pour les plus petits, apparaît soit une ferruginisation, soit une glauconitisation. Les perforations qui affectent préférentiellement la face supérieure des galets peuvent recouper les bordures ferruginisées ou verdies, leur paroi, étant ou non affectées par ces phénomènes.

L'ensemble des Calcaires de Villiers marque un changement dans l'évolution sédimentaire de la région. Après le dépôt du Calcaire de Tonnerre, formation de plate-forme superficielle, avec laquelle se termine la mégaséquence oxfordienne, les Calcaires de Villiers correspondent à la phase d'approfondissement du début de la mégaséquence kimméridgienne. Les poudingues à galets perforés, verdies et ferruginisés, traduisent l'arrêt de sédimentation et la bioturbation intense du fond lors d'une période d'approfondissement du bassin sédimentaire.

Âge. La macrofaune de ce niveau est constituée essentiellement par des huîtres (*Nanogyra virgula*) localement abondantes ; le foraminifère *Alveoseptajacardi* a été rencontré dans ces faciès. Une petite faune de brachiopodes (*Terebratula subsella*, *Zeillerina humeralis*) a été récoltée au Nord de Pouilly-sur-Loire sous le poudingue sommital.

Par comparaison avec les régions voisines (Berry et Yonne) et du fait de la présence des brachiopodes, on rattachera cette formation tantôt à l'Oxfordien terminal-Kimméridgien inférieur, tantôt au seul Kimméridgien inférieur, zone à *Cymodoce*.

J7C-8. Kimméridgien inférieur pars-Kimméridgien supérieur. Marnes et calcaires à *Nanogyra virgula* (100 m). Support d'une grande partie du vignoble de Pouilly-sur-Loire ou couverte de cultures, cette formation est d'observation précise délicate ; seules deux tranchées de la déviation de Pouilly-sur-Loire l'ont partiellement entaillée, l'une à l'Ouest du château du Nozet dans les marnes noires du sommet, l'autre entre Pouilly et le

Bouchot dans les calcaires et les marnes grises de l'extrême base de la série. De précieuses indications ont été fournies par le forage de la Bretauche (feuille Cosne-sur-Loire, vallée du Nohain à 6 km de la limite nord de la feuille La Charité-sur-Loire).

Sur le terrain, les niveaux plus calcaires inclus au sein des marnes forment dans la topographie de légers ressauts qu'une observation attentive permet généralement de repérer et de suivre. En fonction des différentes données, il est possible de subdiviser la formation de la manière suivante :

-partie inférieure (17 à 18 m) à dominante calcaire, avec la succession verticale suivante de bas en haut :

- (1) calcaires micritiques gris, massif, qui se débite en petits blocs à cassure conchoïdale caractéristique (1-1,50 m),
- (2) marnes grises ou noires à rares bancs de calcaire micritique, présence d'assez nombreuses *Exogyra (Nanogyra) virgula* (5-6 m),
- (3) calcaires micritiques en bancs pluridécimétriques séparés par des joints ou de minces bancs de marnes (10-11 m) ;

- partie médiane (48 à 50 m). Calcaires argileux et marnes grises ou noires souvent assez riches en *Exogyra (Nanogyra) virgula*, au sein desquels s'intercalent quelques horizons plus calcaires (calcaires micritiques ou bioclastiques) formant des ressauts. La succession semble être la suivante :

- (4) marnes et calcaires argileux (11-12 m),
- (5) calcaires micritiques (3-4 m),
- (6) marnes et calcaires argileux avec un horizon plus carbonaté dans la partie médiane (11-12 m),
- (7) calcaires bioclastiques brun jaunâtre de plus en plus argileux vers le sommet, souvent riche en ammonites (4-5 m),
- (8) calcaires argileux et marnes grises plus ou moins riches en huîtres (14-15 m),
- (9) calcaires bioclastiques faiblement argileux brun jaunâtre, fournissant des ammonites (3-4 m) ;

- partie supérieure (30 à 32 m). Marnes noires souvent riches en huîtres qui localement forment des lentilles ou de minces bancs lumachelliques. Il est possible de subdiviser ces marnes en trois parties :

- (10) marnes noires (10 m),
- (11) calcaires argileux formant un ressaut à peine marqué (5-6 m),
- (12) marnes noires recoupées par la tranchée de la déviation de la RN 7 à l'Est du château du Nozet au Nord de Pouilly-sur-Loire (15-16 m).

L'épaisseur de la formation, évaluée dans la région de Pouilly-Saint-Andelain (voir ci-dessus), de même que celle trouvée dans le sondage de la Bretauche, est voisine de 100 m. Cette puissance est supérieure à celles données d'une part à l'Ouest de la Loire pour les « Marnes de Saint-Doulchard » (80-90 m sur la feuille Sancerre, 50 m plus au Sud-Ouest sur celle

de Bourges) et d'autre part à l'Est de la Loire pour les « Marnes et calcaires à *Ostrea virgula* » (une soixantaine de mètres sur la feuille Courson-les-Carières).

Âge. La faune est caractérisée par l'abondance des petites huîtres : *Exogyra (Nanogyra) virgula* qui peuvent former des lumachelles. A côté se rencontrent de rares pholadomyes et gastéropodes ainsi que localement des térébratules (*Xestosina arguta*) dans le sommet du niveau 8. Les ammonites ne sont présentes qu'à certains niveaux bien précis :

- un exemplaire d'*Eurasenia (Involuticeras)* aff. *gothica* dans le niveau de base (1), un exemplaire de *Rasenia (Involuticeras) crassicosata* et un autre de *Lithacosphinctes* sp. dans le niveau (2) prouvent que celui-ci appartient toujours au Kimméridgien inférieur, zone à Cymodoce, sous-zone à Chatellaillonensis ;

- le niveau (7) livre de nombreux *Orthaspidoceras lallierianum* (associés à la forme macroconque *O. liparum*) dont certains individus tendent vers *O. schilleri*. Ce niveau appartient donc au Kimméridgien supérieur, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum ;

-enfin le niveau (9) fournit *Aulacostephanusyo*, *A. calvescens*, *A. pinguis* ainsi que de fréquents *Aspidoceras caletanum*, ammonites caractérisant la zone à Eudoxus du Kimméridgien supérieur.

J9a. Tithonien inférieur. Calcaires du Barrois (30 à 35 m). Il constitue, dans la partie nord-ouest de la feuille, le substratum du plateau faiblement incliné qui s'étend entre les Loges et les Berthiers d'une part, Maltaverne et Bois-Gibault d'autre part.

La base (15 à 16 m environ) est constituée par une alternance de calcaires micritiques gris ou beiges en bancs décimétriques à pluridécimétriques et de bancs de calcaires argileux ou de marnes riches en *Nanogyra virgula* généralement moins épais, à l'exception de une ou deux passées franchement argileuses d'épaisseur métrique près de la base. Aucun changement net de faciès ne s'observe entre le Kimméridgien et le Tithonien et la séparation a été placée par convention à l'apparition des premiers bancs de calcaires micritiques.

Le reste de la série observable (15 à 20 m) voit la très forte diminution des interbancs argileux séparant les bancs de calcaires micritiques gris, beiges ou veinés de rose, et la disparition des petites huîtres.

Le sommet de cette formation, observé uniquement en surface de champ de part et d'autre de Maltaverne, présente des blocs de calcaires perforés dont les rares fossiles (lamellibranches et gastéropodes de petite taille) ont leurs coquilles dissoutes.

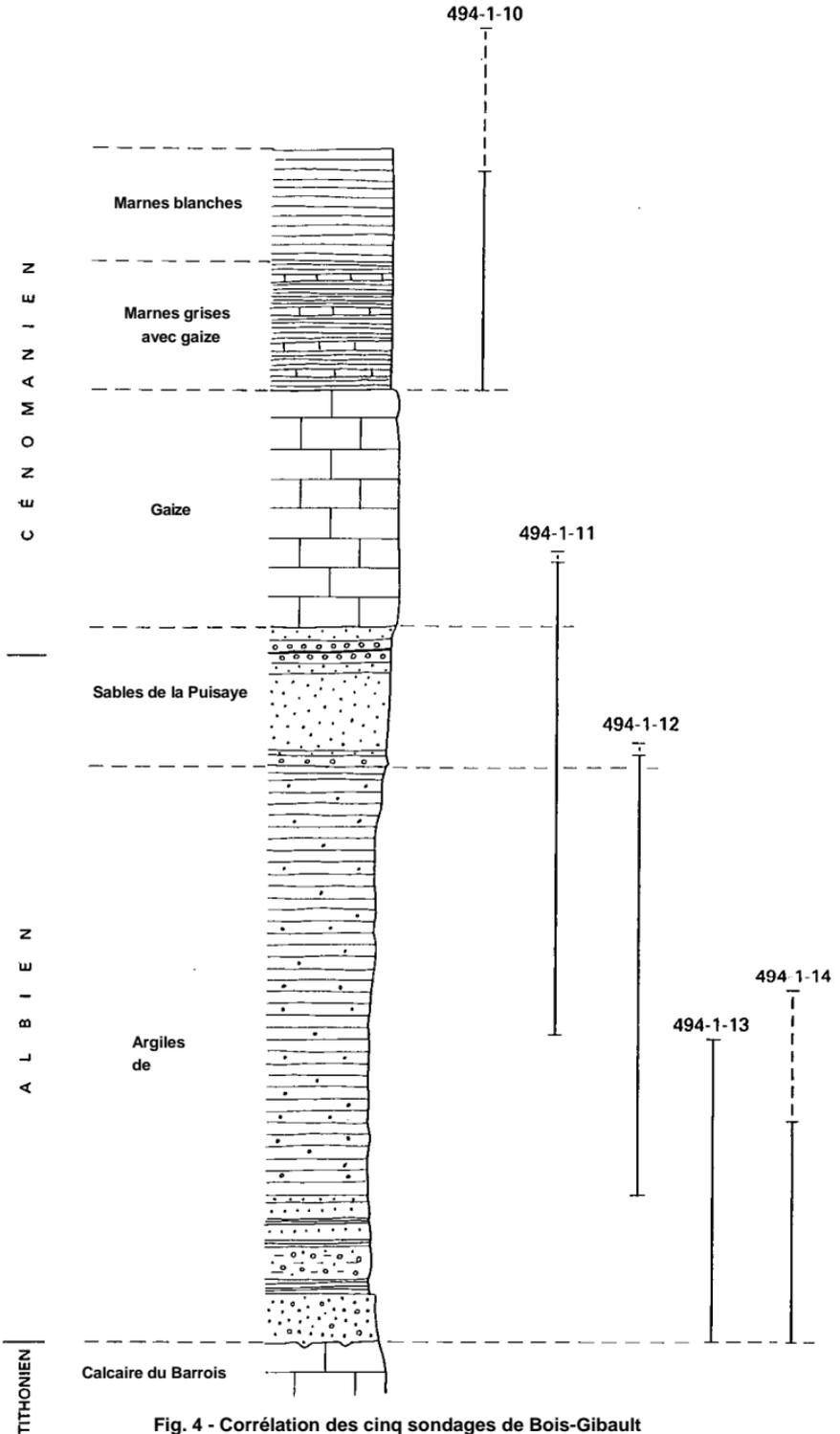


Fig. 4 - Corrélation des cinq sondages de Bois-Gibault
Les formations superficielles sont figurées en trait discontinu

L'épaisseur de cette formation est estimée ici à 30 à 35 m. Elle augmente très rapidement vers le Nord ; sur la feuille Cosne-sur-Loire, 45 m ont été traversés sous les alluvions récentes du Nohain au sondage de la Bretauche, ce qui laisse supposer une puissance supérieure à 50 m. La rapide diminution d'épaisseur vers le Sud est le résultat de l'importante érosion qu'a subi le sommet de cette formation à la fin du Jurassique et au début du Crétacé, avant le dépôt des terrains surincombants.

Âge. Aucun fossile caractéristique n'a été récolté sur le territoire de la feuille. Les faciès comparables ont fourni sur la feuille voisine Cosne-sur-Loire une *Gravesia* gr. *gravesiana*, permettant d'attribuer ces calcaires au Tithonien inférieur.

Crétacé

Localisé dans l'angle nord-ouest de la feuille, son étude sur le terrain est délicate. Il est en effet couvert de bois et cultures ; de plus, les formations superficielles présentes sur les sommets colluvionnent plus ou moins le long des pentes, masquant la nature exacte du substratum. Heureusement, cinq sondages à la tarière réalisés par le BRGM près de Bois-Gibault (répertoriés 494-1-10 à 1-14 ; cf. carte et annexe) ont permis de reconnaître la série.

Les foraminifères recueillis ont été étudiés par F. Magniez-Jannin et la limite Albien/Cénomaniens a ainsi été déterminée avec précision. Enfin, l'étude palynologique de quelques échantillons réalisées par D. Fauconnier a permis de préciser l'âge de la partie inférieure de la série. Malgré cela, la connaissance reste imparfaite car les corrélations entre les sondages, pourtant très proches les uns des autres, sont délicates du fait de la présence de failles peu visibles sur le terrain et au rejet difficile à apprécier (fig. 4).

n7a. Albien inférieur-moyen. Sables et grès ferrugineux puis Argiles de Myennes : argiles sableuses noires ou bleu-noir (épaisseur évaluée à 50 m). La série débute par un mince horizon de sables brun-roux à dragées et galets (3 à 5 cm) de quartz. Localement, ces sables peuvent être cimentés en un grès ferrugineux auquel s'associent des croûtes ferrugineuses. Sables et grès sont localement conservés à la surface des calcaires tithoniens en minces placages qui n'ont pu être figurés sur la carte.

Au-dessus se succèdent, de bas en haut :

- 8 m de sables et sables argileux. Les trois premiers mètres sont sableux. Ils sont surmontés de sables un peu argileux au sein desquels s'intercalent

des horizons de marnes noires un peu sableuses. Les sables sont toujours fins, quartzeux et micacés ;

—7 à 8 m d'argiles sableuses noirâtres avec de minces passées (10 à 30 cm) de sables fins ou de sables argileux ;

—35 à 36 m d'argiles noires ou brun-noir, le plus souvent très faiblement et finement sableuses, pouvant renfermer de minces horizons (lentilles ou couches ?) de sables argileux.

La fraction sableuse est essentiellement constituée par du quartz auquel s'associent quelques paillettes de muscovite ; elle peut être cimentée en fines plaquettes de grès ferrugineux qui abondent à la partie supérieure de la formation. La pyrite est fréquente. Par contre, le carbonate de calcium est totalement absent de tous les échantillons examinés. Le quartz blanchâtre ou translucide est en grains anguleux dont la taille diminue de la base au sommet (jusqu'à 1 mm à la base, 100 à 150 μ m au sommet). Presque tous les niveaux fournissent de fins débris ligneux.

La macrofaune est excessivement restreinte et se cantonne à la partie supérieure de la formation. Les lavages ont livré de très rares moules internes de lamellibranches et gastéropodes ainsi que des spicules ou des fragments de squelette de spongiaires siliceux. Les rares foraminifères sont tous des agglutinants quartzeux (*Ammobaculites*, *Trochammina*, *Haplophragmoides*). Ils semblent caractériser un milieu à salinité anormale.

Âge. La faune de foraminifère récoltée donne un âge crétacé inférieur. La microflore est par contre beaucoup plus précise mais la partie inférieure de la formation n'a pas été étudiée de ce point de vue. Les premiers échantillons examinés, à 36 m du sommet de la formation, sont très peu fossilifères : pollens de gymnospermes (*Classopollis*), spores de ptéridophyte (cicatricosées) et quelques dinoflagellés (*Achomosphaera ramidifera*, *Oligosphaeridium complex*, *Cribopteridinium orthoceras*). Il s'agit d'Albien basai probable.

Les échantillons situés à 31 m et 21 m du sommet, toujours assez peu fossilifères, fournissent des pollens de gymnospermes (disaccates, inaperturés, *Classopollis*), des spores de ptéridophytes (gleicheniacées, cicatricosées), et des dinoflagellés (*A. ramulifera*, *O. complex*, *Palaeopteridinium cretaceum*, *Pteridinium aliferum*, *Spiniferites ramosus*, *Ovoidinium scabrosum*, *Subtilisphaera pimaensis*, *Cassiculosphaeridia* cf. *radiculata*). Leur âge serait albien inférieur à albien moyen basal.

À 18 m, spores de ptéridophytes, pollens de gymnospermes, dinoflagellés (*O. complex*, *Cyclonephelium distinctum*, *P. cretaceum*, *C. orthoceras*,

Surculosphaeridium trunculam, *Florentinia radiculata*) donnent un âge Albien moyen.

Enfin, les échantillons recueillis à - 10 m, - 6 m et au sommet de la formation sont beaucoup plus fossilifères, avec pollens de gymnospermes (disaccates, inaperturés, *Classopollis*, *Inaperturopollenites hiatus*, *L. limbatus*, *Cerebropollenites mesozoicus*) spores de ptéridophytes (gleichéniacées, cicatricosées, cyathéacées), dinoflagellés (*Epilidosphaeridia spinosa*, *O. complex*, *O. asterigerum*, *C. orthoceras*, *S. trunculum*, *Cyclonephelium distinction*, *A. ramulifera*, *Protoellipsoidium spinocristatum*, *Exochosphaeridium phragmites*, *Florentinia clavigera*, *Palaeohystrichophora infusorioides*). Cette microflore indique un âge albien moyen élevé à albien supérieur basal.

n7b-c1a. **Albien terminal-Cénomanién basal. Sables de la Puisaye : sables glauconieux** (12 m). Il s'agit de sables plus ou moins glauconieux, blancs, jaunâtres ou verdâtres, renfermant des passées de sables argileux, voire plus rarement d'argiles sableuses, et quelques horizons riches en galets de quartz arrondis qui peuvent atteindre 1,5 cm de diamètre. La majorité des grains de quartz mesure entre 100 et 500 μm ; ils sont toujours faiblement arrondis. Les grains sphériques de glauconie ont une taille le plus souvent comprise entre 80 et 400 μm ; ils peuvent être agglomérés en granules plus grossiers.

D'après le forage qui a traversé la totalité de cette formation, la succession verticale serait la suivante de bas en haut :

- (1) sables jaunâtres assez grossiers, très glauconieux, renfermant quelques galets de quartz (1 m) ;
- (2) sables jaunâtres assez fins avec passées de sables argileux, pauvres en glauconie (6,50 m) ;
- (3) sables blancs assez fins, pulvérulents, pauvres en glauconie (1,50 m) ;
- (4) sables jaunâtres, très glauconieux, riches en galets de quartz, pouvant passer à des sables argileux (1 m) ;
- (5) argiles sableuses, glauconieuses (0,25 m) ;
- (6) sables très glauconieux à galets de quartz (0,40 m) ;
- (7) sables fins ou grossiers très glauconieux (1,10 m) ;
- (8) argiles faiblement sableuses très glauconieuses (0,25 m).

Âge. Les fragments d'organismes et la microfaune, rares dans la partie inférieure de la formation, sont beaucoup plus abondants au sommet (niveaux 6, 7 et 8). Ce sont des spicules et des fragments de squelette de spongiaires siliceux, des débris de lamellibranches (uniquement dans les

niveaux terminaux 7 et 8) et des foraminifères agglutinants quartzeux. Ceux-ci se répartissent ainsi :

—niveau (1). Faune pauvre, mais une *Hagenowina advena praeadvena* caractérise l'Albien terminal, zone à Dispar ;

—niveaux (2) et (3). Faune excessivement pauvre avec quelques *Ammobaculites* et *Trochammina* ;

- niveaux (4) à (8). Faune de plus en plus abondante avec *Hagenowina advena advena*, *H. anglica*, cf. *Ataxophragmium*, *Plectina*, *Eggerellina*, *Arenobulimina*, *Trochammina*, *Ammobaculites*. Cette association faunique est caractéristique du Cénomanién basal.

Les Sables de la Puisaye s'étagent donc ici sur l'Albien terminal et le Cénomanién basal.

c1b. Cénomanién inférieur. Argiles, gaize, marnes crayeuses, craie (> 35 m). Les observations très fragmentaires de terrain et les renseignements également partiels fournis par les forages semblent permettre d'envisager les subdivisions suivantes, de bas en haut :

- argile et gaize. La série, en parfaite continuité avec la formation sous-jacente (le niveau 8 décrit ci-dessus assure la transition entre les deux ensembles), débute par 1,80 m environ d'argile brune ou brun verdâtre, légèrement sableuse et faiblement glauconieuse, renfermant quelques débris ligneux. Elle se poursuit par de la gaize, roche blanchâtre peu consolidée, silico-argileuse, totalement dépourvue de carbonate de calcium. L'épaisseur de cette formation est difficile à évaluer car ni les forages, ni les affleurements ne permettent de l'appréhender en totalité ; nous l'estimons à 18-20 m ;

-marnes grises puis marnes crayeuses blanches puis craie marneuse. Le contact entre cette formation et la gaize sous-jacente n'a pu être observé ni sur le terrain, ni en sondage. Ces trois termes passent insensiblement des uns aux autres. Leur épaisseur respective n'a pu être déterminée. Dans les marnes grises et les marnes blanches, les teneurs en carbonates oscillent entre 25 et 30 %, à l'exception de quelques niveaux plus carbonatés (jusqu'à 60 %) ou à l'inverse presque dépourvus de carbonates (1 %) ; ces derniers sont des horizons de gaize. Le quartz est toujours présent en petits fragments brillants peu émoussés. Le mica blanc est rare, la pyrite peu fréquente et la glauconie exceptionnelle.

Âge. Le contenu faunique de l'argile et de la gaize est comparable à celui des niveaux supérieurs des Sables de la Puisaye sous-jacents : débris de lamellibranches, spicules et fragments de squelettes de spongiaires siliceux, foraminifères agglutinants quartzeux (voir la liste ci-dessus) qui fournissent un âge cénomanién inférieur.

Seuls les forages ont fourni des renseignements sur la faune des marnes. Les débris de lamellibranches n'ont été rencontrés que dans les marnes grises. Les marnes blanches et grises fournissent d'assez fréquentes spicules et fragments de spongiaires siliceux et plus rarement des radioles d'oursin. Les ostracodes sont abondants à certains niveaux de même que les foraminifères. Ainsi, les marnes grises et la base des marnes blanches livrent *Hagenowina advena advena*, *H. anglica*, *Gavelinella cenomanica*, *G. baltica*, *Lingulogavelinella*, *Rotalipora appenninica*, *R. gandolfii*, *R. miche*, *H. Praeglobotruncana delrioensis* et de rares *Hedbergella*. Cette faune, dont certains éléments sont comparables à celle des niveaux sous-jacents, a plutôt un cachet cénomanien inférieur. Elle traduit un milieu marin assez peu ouvert. Dans la partie supérieure des marnes blanches crayeuses, la faune de foraminifères se réduit à de rares *Gavelinella* ; celle de la craie marneuse supérieure n'a pas été recherchée.

Tertiaire

Paléogène

e5. Lutétien. Marnes et calcaires lacustres de la vallée de la Nièvre.

Localisées dans le fossé tectonique de la Nièvre (angle sud-est de la feuille), ces formations, qui prolongent celles rencontrées sur la feuille de Nevers, affleurent très mal car elles sont recouvertes par des dépôts pliocènes. Elles ont été observées essentiellement en rive gauche de la rivière à la faveur de l'entaille liée à l'encaissement de celle-ci. Il s'agit de marnes, de calcaires argileux ou de calcaires francs, durs, blancs ou parfois rosés, présentant localement des planorbes ou des lamellibranches dont les coquilles sont souvent dissoutes.

Âge. Un échantillon prélevé dans une ancienne marnière à l'Est du Château-Sauvage. (x = 667,800 ; y = 242,650 ; z = 229 m) a livré des charophytes parmi lesquelles J. Riveline (Paris VI) a pu déterminer *Hamsichara brevipes*, *Maedleriella mangeloti*, dont l'association plaide pour un âge lutétien. Cet âge est aussi celui des calcaires lacustres à *Planorbis pseudoammonius* du Magny à l'Est de La Celle-sur-Loire (1/50 000 Cosnesur-Loire).

Les formations lacustres du Berry sont au contraire plus récentes car elles ont livré des characées d'âges priabonien supérieur ou oligocène inférieur. Cet âge avait été retenu, en l'absence d'informations plus précises, pour les calcaires lacustres du 1/50 000 Nevers. Cette interprétation n'est pas reprise ici.

e6-7. **Bartonien-Priabonien. Argiles rouges (rive droite de la Loire)** (0 à 26 m). Ces argiles ont été découvertes lors de la campagne de sondages réalisés par le Service géologique national dans le cadre du levé des cartes La Charité-sur-Loire et Prémery. Généralement masquées par une couverture d'argiles à silicites, leur épaisseur est très exactement de 25,5 m au forage (494-8-3) implanté au lieu-dit la Tuilerie ($x = 687,9$; $y = 2243,0$; $z = 232$ m). Pour les raisons ci-dessus (présence d'une couverture d'argiles à silicites) leur extension précise n'est pas connue.

De haut en bas :

- de 0 à 9 m : argiles compactes, de teinte rouge brique, avec quelques filonnets d'argiles blanchâtres à beiges entre 7 et 9 m ;
- de 9 à 10,5 m : argiles rouges à petits éléments siliceux blancs, parfois poudreux (éclats de chailles épuisées ?) et granules de gypsite ;
- de 10,5 à 12 m : argiles compactes, grisâtres, à passées rouilles. La teinte des argiles devient lie-de-vin entre 11,5 et 12 m ;
- de 12 à 21 m : argiles compactes, d'apparence homogène, jaunâtres avec quelques traces noirâtres de manganèse. L'analyse de ces argiles montre une prédominance de la kaolinite (66 %) sur les interstratifiés illite-smectite (28 %) et l'illite (6 %). La goëthite, très finement associée aux argiles, est abondante. Latéralement dans un second forage ($x = 667,8$; $y = 2242,9$; $z = + 228$ m) situé à environ 200 m au Sud-Ouest, ces argiles et celles situées au-dessous passent à des marnes jaunâtre ;
- de 21 à 22 m : argiles rouges à lie-de-vin avec quelques éléments centimétriques de cuirasse ferrugineuse remaniée ;
- de 22 à 23 m : argiles gris-vert à rouges, finement sableuses ;
- de 23 à 25,5 m : argiles bariolées, rouges, à éléments siliceux et lentilles d'argiles jaunâtres ;
- de 25,5 à 26 m : marnes et calcaires lacustres lutétiens.

Âge. Aucune de ces argiles n'est datée. La cuirasse rouge sommitale semble horizontale et pourrait donc être en place. Dans le Sud du bassin de Paris, son âge est anté-distension (Priabonien supérieur ?). Ces argiles pourraient donc dater du Bartonien-Priabonien.

e6-7Fe. **Bartonien-Priabonien. Argiles à minerai de fer pisolithique (rive gauche de la Loire)** (dépôt résiduel de quelques mètres d'épaisseur). Elles diffèrent des précédentes par leur richesse en fer. Leur mode de mise en place n'est pas clairement établi : argiles d'altération (origine la plus probable) qui se seraient développées aux dépens des calcaires jurassiques, ou argiles lacustres et dans ce cas peu différentes. Recherchées pour leur fer, elles donnèrent lieu autrefois dans le Berry à une exploitation très importante (10 millions de tonnes produites pour l'essentiel entre 1820 et 1908).

A. de Grossouvre (1886) les a remarquablement observées et décrites ; il distingue deux types de dépôts.

- *Dépôts in situ*. Ce sont eux qui occupent les superficies les plus vastes mais ils sont généralement moins riches que les dépôts remaniés. Les argiles également appelées « argiles sidérolitiques » sont de couleur claire, gris ou blanc verdâtre, mais prennent une teinte jaune-ocre, voire rouge brique à lie-de-vin lorsqu'elles servent de gangue au minerai. Hormis la présence de celui-ci, elles sont souvent pures et presque réfractaires.

Les nids et concentrations de minerai (petites poches, amas lenticulaires et traînées allongées selon une seule direction) se trouvent rassemblés surtout à la partie inférieure du dépôt, au voisinage des calcaires jurassiques qui supportent les argiles. Quelques autres nids, moins riches, existent à des niveaux plus élevés et sont reliés entre eux par une série de veinules de minerai qui s'entrecroisent dans tous les sens et forment un réseau inextricable au sein des argiles. Le minerai de fer se présente quant à lui sous forme de grains libres (pisolites) disséminés dans l'argile. Quelquefois, les grains sont soudés entre eux par un ciment ferrugineux constituant ce que les mineurs appellent des « callots ». La taille de ceux-ci peut atteindre plusieurs décimètres de diamètre.

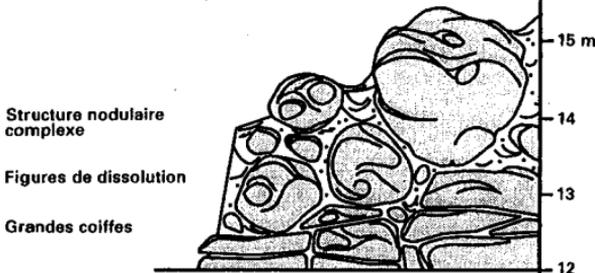
Lors du levé de la carte géologique à 1/50 000 Bourges nous avons transmis l'un des échantillons de ce minerai au laboratoire du BRGM. Voici les résultats de cette étude, au demeurant peu différents de ceux publiés par A. de Grossouvre et donc généralisables à l'ensemble de la Champagne berrichonne : Fe_2O_3 (66,10 %) ; FeO (0,10 %) ; MgO (0,25 %) ; SiO_2 (10,50%) ; Al_2O_3 (14,10%). A. de Grossouvre remarque toutefois que la richesse en fer diminue lorsque les pisolites atteignent des tailles supérieures à la moyenne (4 à 6 mm de diamètre) et des formes irrégulières.

Enfin, des concentrations de manganèse et de cobalt ont été observées sous la forme de pisolites friables et noirs. La teneur en soufre est faible mais peut atteindre 0,4 %. Des traces de zinc ont également été observées dans les embrasures des tuyères des hauts-fourneaux.

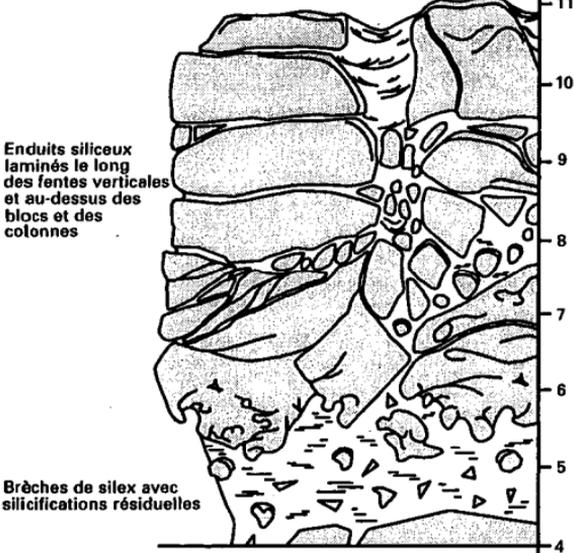
- *Dépôts remaniés*. Ces dépôts piégés dans le réseau karstique sont constitués par une argile plastique ocreuse, veinée de blanc, riche en pisolites de fer. Généralement, une fente verticale large de quelques décimètres, également remplie d'argiles à minerai de fer, prolonge la cavité à ses parties inférieures et supérieures. L'alignement de ces dépôts suivant une orientation méridienne est assez général.

Âge. À La Chapelle-Saint-Ursin (feuille à 1/50 000 Bourges), C.B. Guillemain (1976) a récolté dans les calcaires lacustres du Berry, immédiatement au-dessus des argiles à minerai de fer pisolitique, une flore consti-

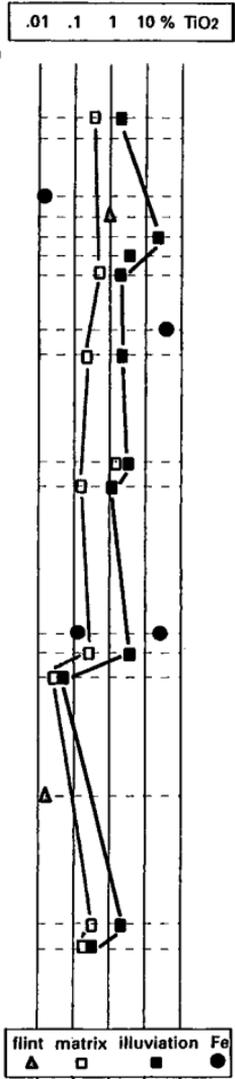
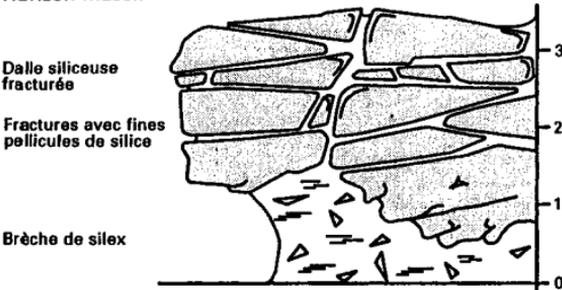
Horizon à blocs



Horizon colonnaire



Horizon massif



À la base de la coupe la silicification est massive, plus haut elle montre de grandes structures colonnaires, et la partie supérieure de la coupe est formée de gros blocs arrondis à structure noduleuse complexe. Les teneurs élevées en oxydes de titane sont clairement associées aux structures d'illuviation, et par endroits avec des cutanes riches en oxydes de fer, et augmentent vers le sommet de la coupe

Fig. 5 - Coupe schématique du profil des brèches de silex silicifiées de Tracy (carrière des Roches et butte des Froids)

tuée par *Harrisichara tuberculata*, *Rhabdochara* cf. *caulicidosa*, *Sphaerochara* cf. *hirmeri*, qui caractérisent le Priabonien supérieur, partie moyenne ou supérieure de la zone de Bembridge, âge proche de la limite Eocène/Oligocène. Les argiles sidérolitiques sont antérieures aux calcaires lacustres mais ne sont pas datées. Nous leur supposons un âge proche, vraisemblablement compris entre le Bartonien et le Priabonien.

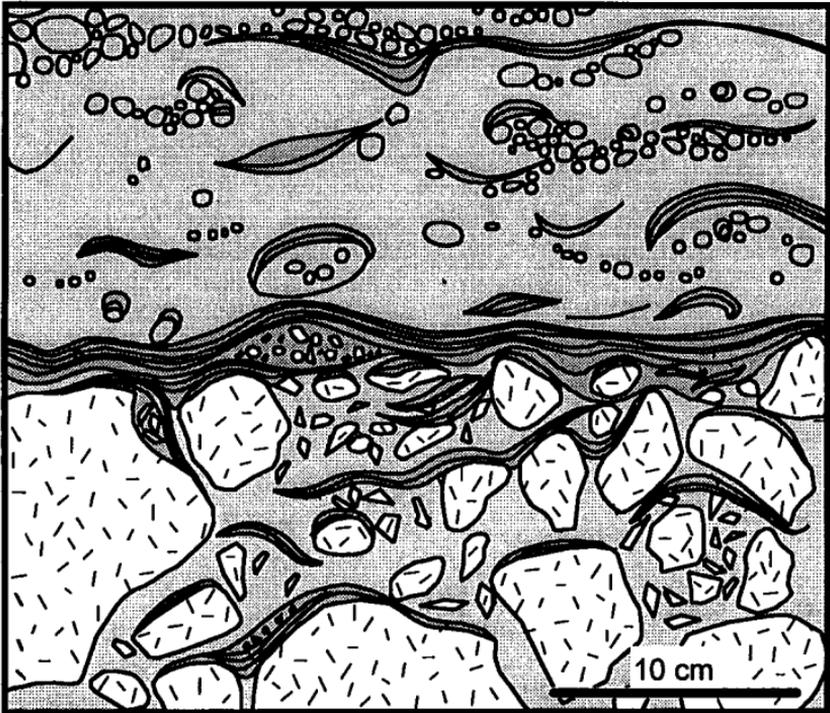
Nota. Localement, des limons des plateaux (E) viennent recouvrir les argiles sidérolitiques elles-mêmes colluvionnées, rendant toute distinction aléatoire entre les deux formations.

S. Silcrètes éocènes. Les silcrètes ne constituent pas à proprement parler un dépôt mais une transformation et une silicification des argiles à silex, voire des alluvions anciennes d'une paléo-Loire, oued d'âge éocène inférieur. Elles arment les glacis (au pied des escarpements, ceux du Massif central dans le Sud du bassin de Paris) et la zone de transition qui s'étend entre ceux-ci et les plaines. C'est dans la zone de transition que les silcrètes atteignent leur développement maximum. C'est précisément dans cette zone que se situe Tracy, en rive droite de la Loire, sur la bordure septentrionale de la carte, ce qui justifie les épaisseurs pluridécimétriques observées.

La carrière des Roches, la carrière Hanniet et d'autres plus petites, toutes situées sur la butte qui à l'Est domine la gare de Tracy-sur-Loire, permettent une bonne vue de cet ensemble ; au total : plusieurs paliers indurés, d'épaisseur plurimétrique, très silicifiés, séparés par des masses peu ou pas silicifiées. La description détaillée ci-dessous est empruntée à un travail de R. Simon-Coinçon et M. Thiry (1995).

- *Partie inférieure* (carrière des Roches). A la base de la coupe (fig. 5), la silicification est lustrée et massive. Des fractures horizontales et verticales découpent les paliers en dalles d'épaisseur plurimétrique, formées de brèches de silex silicifiées très dures. Les fractures recoupent la matrice et les silex. Le long des bordures, les matériaux silicifiés sont altérés (poreux et blancs). Quelques fractures verticales présentent une fine pellicule de silice sur leurs parois. Ces masses silicifiées reposent sur des brèches de silex meubles emballées dans une matrice argileuse discontinue et de couleur saumon. La transition entre les matériaux meubles et la matrice silicifiée est progressive et se fait le long d'une surface irrégulière.

- *Partie moyenne* (carrière Hanniet, ultérieurement occupée par une usine de parpaings). La silcrète présente une large structure colonnaire. Les fractures verticales sont remplies par des matériaux argileux et sableux emballant des nodules de silcrète. L'intérieur des corps silicifiés est identique aux faciès de la partie inférieure de la coupe.



Galet de silex



Figure d'illuviation



Matrice siliceuse

Fig. 6 - Organisation des illuviations et des coiffes

dans les blocs de la partie supérieure de la brèche de silex silicifiée

À la base, ces illuviations sont formées de dépôts de silice finement laminés qui enveloppent les silex, puis se poursuivent vers le haut par des dépôts de granules de silicrètes à séquences granulométriques inverses et formant des stratifications entrecroisées

Des enduits siliceux, jaunâtres, finement laminés, riches en oxydes de titane, recouvrent toutes les fentes verticales et certaines fractures horizontales. Ce sont des illuviations qui s'épaississent le long des fentes verticales majeures jusqu'à former des dépôts centimétriques. La partie supérieure des corps silicifiés et les nodules des fentes sont coiffés par une alternance de fines lamines de silice et de lits plus grossiers formés de granules et de petits nodules de silcrète.

Les fentes horizontales montrent une organisation différenciée entre leur plancher et leur toit. Au toit de ces fentes, les silex sont mis en relief par dissolution préférentielle de la matrice, alors que de fines lamines de silice recouvrent le plancher. Ces fentes sont l'indice d'un régime complexe de percolation de solutions, entraînant la dissolution et l'érosion de certains matériaux, et aboutissant finalement au remplissage des fentes et au colmatage des horizons par divers matériaux arrachés aux horizons supérieurs.

Les silcrètes columnaires reposent sur des masses irrégulières de brèche de silex non cimentées. Ces brèches contiennent des silicifications résiduelles et altérées, et leurs silex montrent des plans de fracture blancs et poreux, altérés, alors que ceux des brèches silicifiées sont toujours frais. Ces brèches ont à l'évidence été altérées après la silicification.

- *Partie supérieure* (carrières de la colline de Tracy et perrons). Les niveaux supérieurs du profil sont formés de blocs arrondis de silcrète, de 0,5 à 2 m de diamètre. La structure de ces silcrètes est plus complexe, la fragmentation et la nodulation du matériel est très importante, polygénique. Les silex sont légèrement arrondis, mais de nombreux éclats vifs sont toujours présents dans la matrice. Cette dernière est de couleur variée, grise, jaunâtre, ou brune et rouge quand des oxydes de fer sont présents, et formée de matériaux fins ou de sables, et renferme des grains de quartz grossiers.

Les illuviations et coiffes forment une partie importante de ces faciès. On y observe souvent une séquence à granoclassement inverse (fig. 6). Celle-ci débute avec des dépôts de silice finement laminés qui moulent les éléments de silex en formant des rubans onduleux ; elle se poursuit par des lits formés de granules millimétriques de silcrète, disposés suivant des stratifications entrecroisées, et se termine par des lits peu stratifiés contenant des nodules centimétriques. De telles structures d'illuviation peuvent se superposer et former des coiffes de 0,50 m d'épaisseur au sommet des grands blocs.

Les vides sont abondants dans ces faciès, en particulier autour des silex et des nodules. Ils indiquent des soutirages de matériaux par dissolution et éluviation.

Âge. Les silcrètes sont postérieures aux argiles à silex et aux alluvions d'un paléo-oued d'âge éocène inférieur aux dépens desquelles elles se sont formées. Elles sont antérieures aux dépôts lacustres qui ont suivi la distension éo-oligocène. Leur âge est donc éocène moyen à éocène inférieur non terminal. Les auteurs s'accordent en général sur un âge éocène supérieur anté-distension.

e7-gS. **Priabonien-Rupélien. Cône de déjection résiduel à chailles et silex.** Ce complexe, longtemps énigmatique car constitué de chailles jurassiques, de silex crétacés, de poudingues (perrons) éocènes, de graviers de quartz vraisemblablement albiens et d'argiles parfois sableuses, correspond en fait à la partie siliceuse, résiduelle, d'un cône de déjection qui s'était constitué au débouché du graben de Gron dans le fossé de la Loire situé quelque 100 m plus bas. Sur les feuilles Sancerre et Nevers, ce complexe, non clairement identifié, a été cartographié sous la notation ePC et parfois confondus avec les argiles à silex de Sancerre (Rs) ou des buttes de Gron.

Les silex, de 5 à 20 cm de diamètre, sont blanc laiteux, blonds, bruns, parfois rougeâtres. Leur pâte est fine, leur cassure tranchante à éclat gras. Les chailles, de 5 à 40 cm de diamètre, moins abondantes que les silex, sont beaucoup plus diversifiées que les silex. Leurs teintes extérieures sont variables avec des patines blanches, ocre, brunes ou noires alors que leur corps peut être blanc, beige, ocre, grisâtre, violacé ou lie-de-vin. Elles sont peu roulées et leur cassure, à l'inverse des silex, sont sèches. Elles sont aussi plus riches en fossiles très difficiles à extraire. Les poudingues siliceux, de 5 à 40 cm de diamètre mais parfois de plus grande taille, légèrement émoussés, sont constitués d'éléments généralement bruns, de petite taille (quelques millimètres à quelques centimètres) liés par un ciment grisâtre, parfois rougeâtre, constitué d'un sable grossier grésifié. Les quartz sont blancs, de petite taille (1 à 5 cm), bien roulés et semblent identiques à ceux que l'on rencontre dans l'Albien. Tous ces éléments sont mélangés entre eux et emballés dans une argile parfois sableuse de teinte brune, ocre ou bariolée. Ces dépôts reposent sur différents termes du Jurassique, plus rarement sur les argiles à minerai de fer de l'Éocène supérieur.

Âge. La présence de chailles jurassiques associées aux silex crétacés et perrons éocènes, accreditte l'origine détritique de cette formation. Sa localisation à la jonction du graben de Gron et du fossé de la Loire, jointe à la différence d'altitude des deux structures, explique la formation du cône de déjection. Ce dépôt est donc postérieur à la distension « oligocène » responsable de la création du fossé de la Loire. Il est également antérieur au soulèvement du Morvan (Oligocène supérieur ? Miocène à Pliocène) responsable du basculement du graben de Gron en direction du Sud. Ce

cône de déjection s'est donc constitué au cours du Priabonien supérieur post-distension et il a dû continuer à s'accroître à l'Oligocène, jusqu'au moment où l'inversion du relief a tari les eaux qui l'alimentaient.

e7-gE. **Priabonien-Rupélien. Cônes d'éboulis.** Résiduels, ils ont pour origine la destruction des falaises créées par la distension « oligocène ». La dissolution des éléments calcaires, jointe au processus d'érosion (pour l'essentiel lié au ruissellement et au colluvionnement), font que l'épaisseur actuelle de ces dépôts est comprise entre zéro et quelques mètres.

La formation est pour l'essentiel constituée de chailles jurassiques, de teintes foncées, emballées dans des argiles grasses. La dissolution postérieure des éléments calcaires, certainement les plus abondants au moment de la mise en place, pourrait expliquer l'importance de la phase argileuse.

Âge. Localement, le matériel repose sur des argiles à minerai de fer pisolitique, ce qui confirme son âge post-distension « oligocène ». Sa localisation à proximité des failles qui ont créé le fossé de la Loire renforce l'hypothèse d'une origine liée à la destruction de ces dernières. L'apparente homogénéité du matériel indique une provenance proche, d'où l'idée d'assimiler ces dépôts à des cônes d'éboulis ce qui n'exclut pas que des colluvions, voire des éléments torrentiels, aient pu y être associés. La mise en place des dépôts a débuté immédiatement après la formation des falaises, comme le confirme (feuille à 1/50 000 Léré) la cimentation du pied de ces dépôts par les calcaires lacustres contemporains. Leur âge est donc priabonien supérieur-rupélien.

Mio-Pliocène (?)

Rj. Jurassique résiduel : argiles à silixites (de 5 à 10 m). Ce sont des argiles plus ou moins sableuses très riches en éléments de calcaires silicifiés. Dans la moitié orientale de la carte, elles forment le substratum superficiel des plateaux boisés (forêts domaniales des Bertranges et de Bellary) et colluvionnent très largement sur les versants des vallées qui les entaillent.

Elles se développent essentiellement à la surface du Jurassique moyen et particulièrement du Callovien calcaire (J3b) mais elles couvrent également la base de la série oxfordienne (J5-6a1). Mises à part quelques tranchées de route, les affleurements sont inexistantes. La surface du sol des forêts ou des rares parcelles cultivées est caractérisée par l'abondance des cailloux plats ou massifs, de 5 à 15 cm dans leur plus grande dimension, de calcaire très fortement silicifié, dénommés « chailles » dans la littérature et qu'il vaudrait mieux appeler « silixites ». Afin de mieux connaître cette for-

mation, un certain nombre de sondages à la pelle mécanique ont été réalisés par le BRGM et ont été étudiés par G. Lucotte (1978).

Les argiles à silexites reposent sur des calcaires parfois à silex, secondairement resilicifiés et décalcifiés ; cette silicification secondaire, associée à une décalcification du substrat, diminue très vite de la surface vers la profondeur, l'épaisseur de cet horizon transformé ne semblant pas dépasser 2 m. Les calcaires transformés sont préférentiellement ceux du Callovien (J3b) qui fournissent les éléments de silexite les plus abondants, les plus massifs et les plus volumineux. À un degré moindre, la transformation peut atteindre les calcaires de la base de la série oxfordienne (J5-6a1). Dans tous les cas, il s'agit de calcaires à grain fin mais non micritiques, souvent microporeux. Par contre, les calcaires bioclastiques et/ou oolitiques du Bajocien, du Bathonien supérieur ou de l'Oxfordien supérieur, ne semblent pas avoir été touchés par ces phénomènes.

La formation est constituée par des argiles, fréquemment sableuses, de teinte ocre, brun rougeâtre ou rougeâtre, parfois marbrée, emballant des galets ou des blocs de silexite. Ceux-ci de forme variable, souvent anguleux, augmentent généralement en taille, (pouvant atteindre 20 à 30 cm) et en proportion vers la profondeur ; en base de formation, ces silexites peuvent former des bancs pluridécimétriques fracturés dans la masse et plus ou moins discontinus (tranchée de la D 38 au carrefour des bois d'Artonne : $x = 661,4$ à $661,7$; $y = 2\ 246$ et carrefour des routes départementales D2 et D 125 : $x = 662,9$; $y = 2\ 255,8$). Des fossiles silicifiés sont présents : échinodermes (radioles, oursins et notamment des *Collyrites* sous forme de moules internes souvent déformés et plus ou moins fracturés), lamellibranches, brachiopodes, gastéropodes, ammonites (reineckéidés). Enfin, des granules ferrugineux peuvent se rencontrer à différents niveaux.

La matrice argilo-silto-sableuse (la fraction argilo-silteuse représentant 80 à 90 % de la masse) est constituée, pour la fraction sableuse, par du quartz associé à de la muscovite et à un important cortège de minéraux lourds (zircon, rutile, anatase, tourmaline, disthène, sillimanite, staurotide, andalousite). Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les matériaux de surface et ceux de la profondeur. Ce cortège minéralogique montre l'existence d'un matériel albien dans les formations superficielles étudiées (Lucotte, 1978). La fraction argileuse est constituée à 90 % par de la kaolinite, le reste se répartissant entre la montmorillonite et l'illite.

Localement, à l'Est de Beaumont-la-Ferrière, en bordure de la D 38 ($x = 668$; $y = 2\ 244$), on peut observer au sein des argiles à silexites, des

zones rubéfiées (Rj[1]) pluridécamétriques à plurihectométriques. Des traces de fouilles et des scories laissent supposer que ces niveaux ont été exploités pour leur fer. Deux hypothèses :

- la première fait intervenir une altération particulière et récente des argiles à silixites. Toutefois, si l'on se réfère à l'âge attribué à ces niveaux (cf. *infra*) il ne semble pas que le climat qui régnait au moment de leur formation fut suffisamment chaud pour concentrer le fer ;
- la seconde suppose une altération du Jurassique à l'Eocène, période parfois appelée « sidérolitique » et bien connue pour ses rubéfections et ses gisements de fer. Postérieurement, la formation des argiles à silixites se serait faite aux dépens des calcaires jurassiques mais aussi des altérites éocènes localement conservées à leur surface. Ces faits peuvent expliquer la présence de zones rubéfiées au sein des argiles à silixites.

Âge. Les auteurs de la première édition de la feuille à 1/80 000 Nevers attribuaient cette formation au Pliocène supérieur. Ceux de la deuxième édition en faisaient un placage de terrains superficiels résultant de la décalcification du Jurassique, sans préciser l'âge. En l'absence d'éléments précis de datation, quels arguments peut-on retenir pour connaître la période au cours de laquelle se sont produits les phénomènes d'altération, décalcification, silicification des formations sous-jacentes ?

Les argiles à silixites n'ont jamais été observées sous les marnes et calcaires lacustres (*es*) mais les surmontent et les silicifient partiellement en surface. Elles recouvrent et masquent les failles affectant le substratum. Leurs éléments sont repris et alimentent pour partie les Sables et argiles du Bourbonnais (formation p2ab), preuve qu'elles leur sont antérieures.

En fonction de ces éléments, il est possible d'envisager l'évolution suivante. Dès l'émergence de la fin du Crétacé, l'altération continentale débute et se poursuit avec les phénomènes de cuirassement et de silicification de la fin de l'Éocène. Progressivement, sous l'action conjuguée des mouvements tectoniques liés d'abord au plissement pyrénéen, la région commence à se failler et à se soulever. Des demi-grabens d'âge éo-oligocène accueillent des éléments de la cuirasse en cours de destruction. Les terrains jurassiques sont alors coiffés par les silcrètes éocènes et des sédiments crétacés plus ou moins riches en silice (sables et grès de l'Albien, silex du Crétacé supérieur). À partir du Miocène (l'Oligocène post-lacustre est inconnu), sous l'action d'une pluviométrie plus élevée, se produit une altération importante dont témoignent, plus en aval, les Sables et argiles de l'Orléanais puis les Sables et argiles de Sologne. Les calcaires sont dissous et la silice migre *per descensum*. Au Pliocène supérieur, les argiles à silixites alimentent pour partie les Sables et argiles du Bourbonnais. Bien

évidemment, le phénomène continue de nos jours, facilité par les importantes productions d'acide humiques que libèrent les forêts.

L'âge des argiles à silexites serait donc pour l'essentiel mio-pliocène.

CRj. *Colluvions d'argiles à silexites*. Ces formations colluviales, qui proviennent du remaniement des argiles à silexites, sont largement étalées en un vaste glacis au pied des reliefs boisés qui bordent les hautes vallées du Mazou et de la Nièvre. Leur composition reflète celle des argiles à silexites originelles. Pour cette raison, les limites entre les deux formations sont imprécises bien que dans les grandes lignes elles se situent majoritairement à la rupture des pentes. L'épaisseur est de l'ordre du mètre mais varie en fonction de la pente et de la régularité de celle-ci.

Rc. *Crétacé supérieur résiduel : argiles à silex*. Cette formation, présente principalement dans la partie septentrionale du secteur cartographié, repose sur des terrains variés dont l'âge s'étend du Jurassique supérieur au Crétacé. Elle occupe généralement des points hauts et de ce fait ses éléments ont largement colluvionné sur les pentes (CRc).

Les observations ponctuelles (fondations de maisons ou creusement de fossés) montrent qu'il s'agit d'argiles blanches, brunes, verdâtres qui emballent des silex très irrégulièrement répartis dans la masse. Ceux-ci, de taille variant de 5 à 20 cm, sont de couleur beige, brune, noire avec presque toujours un cortex blanchâtre.

Âge. Il faut distinguer l'âge des formations originelles (Albien, Crétacé supérieur) de celui de l'altération à l'origine des argiles à silex *s.s.*

L'âge des formations originelles est relativement bien connu grâce à des éléments encore parfaitement identifiables : dragées de quartz attribuées à l'Albien, silex de la craie, une éponge silicifiée du Crétacé supérieur (récoltée sur le flanc est de la butte de Saint-Andelain dans des colluvions de cette formation). Des études micropaléontologiques réalisées par C. Monciardini ont en outre permis de reconnaître :

— dans des silexites faiblement biogéniques à rares quartz silteux, recueillies à Saint-Andelain au lieu-dit le Champ-de-Pierre ($x = 648,5$; $y = 256,8$; $z = + 235$ m), quelques prismes d'inocérames, des tests d'autres bivalves et d'échinodermes, des spicules de spongiaires et des bryozoaires. La microfaune associée est représentée par quelques hedbergelles et whiteinelles, des hétérohélicidés, de rares gavelinelles, arénobuliminidés, quelques valvulinidés, la présence probable de *Rotalipora gr. brotzeni-greenhornensis* ;

- d'autres silexites prélevées à Sainte-Colombe, au lieu-dit la Forêt (x = 660,1 ; y = 258,1 ; z = + 237m) se sont révélées biogéniques ou faiblement biogéniques, parfois associées à des quartz très fins, gréseuses, vacuolaires. Quelques silexites à fantômes organiques renferment des bryozoaires, des spicules de spongiaires et des fantômes ou des moules internes indéterminés. Parmi les microfossiles on remarque quelques hedbergelles, des hétérohélicidés, des agglutinants de type valvulinidés ainsi que des verneuilinidés.

Régionalement, les hedbergelles et les hétérohélicidés n'apparaissent qu'au Cénomanién. La *Rotalipora* probable indique le Cénomanién. Les whiteinelles (« grosses globigérines ») apparaissent au Cénomanién moyen, deviennent fréquentes au Cénomanién supérieur, très abondantes au Turonien inférieur et sont encore bien représentées au Turonien moyen.

Ces altérites sont identiques à celles des buttes de Gron (Debrand-Passard *et ai*, 1992a). L'âge crétacé (Albien-Turonien) des formations originelles est donc confirmé et il est probable que, comme à Gron, de meilleures conditions d'affleurement auraient permis de mettre en évidence du Sénonien plus ou moins basal.

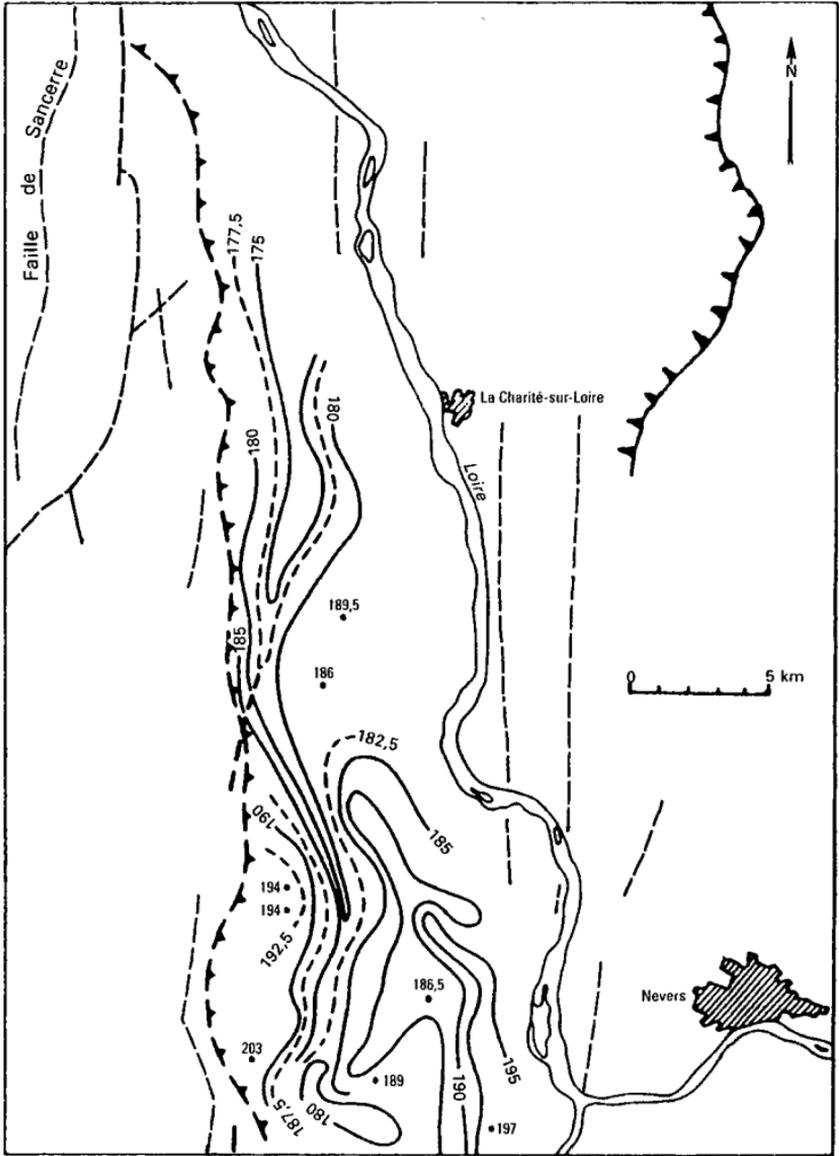
Ces faciès crétacés sont de mer ouverte (présence de bryozoaires, d'échi-nodermes et de microfaune planctonique). Des silex identiques à ceux examinés sont connus régionalement dans les craies turoniennes et séno-niennes. Elles sont moins connues dans le Cénomanién, la partie inférieure étant en outre plus détritique.

L'âge de l'altération responsable de la formation des argiles à silex est moins bien connu. Il est probable que l'altération des assises crétacées a débuté dès l'émersion. Elle s'est ensuite poursuivie pendant le Cénozoïque jusqu'à la disparition totale du sédiment calcaire originel.

Pliocène supérieur : Sables et argiles du Bourbonnais

Ensemble fluvio-lacustre composé d'argiles, silts, sables et galets. L'ensemble, connu sous le nom de « Sables à cailloux du Bourbonnais » (Launay, 1923), occupe approximativement en rive gauche de la Loire l'espace compris entre cette dernière et la Vauvise (fig. 7) ; en rive droite, de manière beaucoup plus discontinue, celui compris entre le fleuve et les premiers reliefs constitués par les forêts domaniales de Bellary au Nord, des Bertranges au Sud, qui supportent les argiles à silexites.

La distinction entre rive droite et rive gauche s'appuie sur les variations de faciès observées. Les matériaux de la rive gauche, liés à une dynamique de transport principalement longitudinale, sont caractéristiques d'un amont Loire-Ailier d'origine centralienne. Ceux reconnus en rive droite sont dominés pour les apports latéraux à dominante de chailles issues principa



-  Limite d'extension des épanchages du Pliocène supérieur
-  Courbes isohypses de la base de la Formation du Bourbonnais
-  Faille
-  Cote de la base de la Formation du Bourbonnais

Fig. 7 - Carte schématique du fossé de la Loire : prolongements septentrionaux de la Formation des Sables et argiles du Bourbonnais

lement du Mazou, auxquels se mêle en faible proportion du matériel ligérien plus fin. Autrefois considéré comme mio-pliocène (carte à 1/80 000), aucune différenciation n'avait été faite au sein de cet ensemble, si l'on excepte une partie du terme caillouteux appelé Sables de Châtillon-sur-Loire. Ici, deux unités cartographiques caractérisées par leur dominante argileuse ou sableuse sont distinguées, et ceci presque uniquement à partir des observations de surface.

Présenter les Sables et argiles du Bourbonnais implique que l'on déborde vers le Sud le cadre de cette feuille où ils ne sont qu'incomplètement représentés : en Limagne et Sologne bourbonnaise notamment, deux cycles sédimentaires se superposent. Tous deux présentent à la base un terme grossier et au sommet des dépôts fins argileux. La série se développe sur 40 m environ. On distingue de la base au sommet :

- une formation sableuse à galets de 10 à 20 m d'épaisseur ;
- des sédiments fins (sables, silts, argiles) de 6 à 12 m d'épaisseur ;
- des sables grossiers quartzo-feldspathiques à galets sur les bordures (10 à 25 m) ;
- une alternance d'argiles et sables argileux ;
- des argiles à tendance évolutive au limon en surface (2 à 5 m).

Dans l'ensemble de la série on remarque la grande constance des apports détritiques. Les éléments proviennent d'altérites élaborées sur le socle granitique et métamorphique, avec localement une empreinte plus ou moins marquée de matériel volcanique, de silixites (principalement sur les bordures). Parmi les apports détritiques, notons qu'une partie est issue de sédiments bordiers tertiaires.

En Limagne et Sologne bourbonnaise, les matériaux déposés s'inscrivent dans la limite des bassins d'effondrement oligocènes. Ici, leur extension est limitée au système de fossé encadré de failles N-S où ils reposent sur les terrains du Mésozoïque.

La mise en place de chacune des deux principales séquences détritiques grossières correspond à une phase tectonique majeure (rejeu des failles N-S) associée à des modifications climatiques (climat plus humide). En amont du bassin de Paris, ceci se traduit par un vaste épandage fluvial réparti selon deux cours principaux qui préfigurent en grande partie ceux de la Loire et de l'Allier. Individualisées de part et d'autre du Forez, ces deux rivières aboutissent dans une vaste plaine (bassin de Moulins entre Loire et Allier) où tout le réseau converge. Cette zone de confluence correspond à une structure de bassin subsident à l'Oligocène.

À l'aval de cette structure, après avoir franchi le seuil jurassique du Veurdre, l'écoulement en nappe se poursuit drainant les matériaux gros-

siers de la Loire et de l'Allier dans le « fossé de l'Aubois », prolongé en aval du bec d'Allier (confluence Loire-Ailier) par le fossé de la Loire. On observe que :

- les matériaux se mettent en place à partir des bordures suivant de vastes chenaux anastomosés ou non, dans lesquels dominent les apports locaux. L'écoulement longitudinal permanent de type fluvialite l'emporte nettement au pied des reliefs situés en bordure de fossé. Cette chenalisation préférentielle est parallèle à l'axe des fossés, eux-mêmes commandés par le jeu des failles bordières réactivées ;

- sous l'effet de modifications morphoclimatiques (bassin en partie comblé, réduction des pentes, climat plus frais, subsidence locale), des sédiments fins argileux viennent recouvrir, dans les zones distales, les unités grossières évoquées précédemment, ou leur correspondre pour partie latéralement (asynchronisme). La dynamique de transport s'établit toujours à partir des bordures et tend à devenir progressivement nulle quand on s'en éloigne ; seules vont alors se déposer des argiles. Leur extension s'inscrit toujours à l'intérieur des dépôts grossiers.

Sur la rive gauche de la Loire, en progressant vers le Nord à partir de la latitude de Marseille-lès-Aubigny (feuille Nevers), les dépôts d'argile ou de sédiments fins sont de plus en plus rares et de moins en moins puissants. Il est probable que l'étroitesse du fossé, qui fonctionne alors essentiellement en dynamique fluvialite, n'a pas permis le dépôt de sédiments fins, à moins que ceux-ci n'aient été érodés.

Ainsi, sur le territoire de la feuille La Charité-sur-Loire, l'épaisseur maximum reconnue est de 10,50 m (sondage de la Raimbauderie) représentée par 1,50 m de limon très argileux surmontant 8,70 m de sable fin à grossier quartzo-feldspathique plus ou moins argileux, à galets de quartz et de silice (chailles) atteignant 6 cm vers la base. Une passée d'argile, sableuse à la base, de 1,50 m environ d'épaisseur, s'intercale dans la masse sablo-caillouteuse entre 4,50 et 6 m.

Les données géométriques acquises au cours des levés dans la partie amont permettent de rattacher ces corps sablo-caillouteux à sablo-argileux au terme inférieur du premier cycle sédimentaire.

Rive gauche de la Loire

p2a. ***Sables à galets de quartz, chailles, silice.*** Ils prennent une assez grande extension en rive gauche de la Loire. Dans l'espace compris entre la Vauvise à l'Ouest et le canal latéral à la Loire à l'Est, l'érosion liée au creusement de ces vallées et à celle régressive des vallons qui s'y raccordent, a permis leur mise à jour.

Cette formation, connue en coupes dans différentes carrières, montre des figures de stratification tantôt horizontale, tantôt oblique, voire entrecroisée pour ce qui concerne les sables qui accompagnent les galets, ces derniers étant le plus souvent disposés en cordons. Les sables sont toujours quartzo-feldspathiques (feldspaths blancs et roses), micacés, parfois, plus ou moins argileux, compacts, souvent jaunâtres à rougeâtres. La taille des galets est comprise entre 1 et 4 à 5 cm. D'une manière générale, la taille moyenne diminue d'amont en aval : 1 à 3 cm au Sud de la feuille, 1 à 2 cm au Nord, et de la base au sommet, avec de notables exceptions, principalement en marge de fossé, à proximité des affleurements de Jurassique et de Tertiaire silicifiés. Notamment entre Beaugard et Saint-Bouize, le stock grossier typiquement « bourbonnais » est enrichi d'apports locaux : chailles blondes de 10 à 20 cm en galets ou blocailles, oursins silicifiés, blocs de silex lacustres et/ou marins fossilifères parfois, quartzites, atteignant plusieurs décimètres cubes, conglomérats, perrons.

Les petits galets hérités des provinces méridionales sont essentiellement du quartz, du silex, exceptionnellement des roches granitiques. Le quartz est blanc, parfois rougeâtre dans les cailloutis de surface, quelques rares quartz atteignent 10 à 15 cm. Le silex est blond à patine noire, mate et/ou luisante et présente des traces en « coups d'ongle ». Ces mêmes silex peuvent présenter des figures de dissolution, blanchis partiellement (dépatinés) ou en totalité ; ils offrent un aspect carié à leur périphérie et caverneux dans la masse (meulière). Des grès, altérés à cœur, phénomène peu fréquent, sont épuisés et s'écrasent sous la pression des doigts.

La présence, observés au microscope dans la trame des galets, de fantômes de foraminifères, de spicules de spongiaires et échinodermes semble indiquer que ces accidents siliceux ont appartenu aux assises jurassiques. On distingue encore, emballées dans les sables à galets, des boules silteuses ou silto-argileuses micacées, grises ou gris-vert panachées de saumon ou de brun parfois, de quelques centimètres à plusieurs décimètres. Des lits argileux ou silteux millimétriques à centimétriques, des lentilles d'argile de plusieurs mètres de longueur, peuvent également s'intercaler dans la masse des sables à cailloux.

La base de la formation à galets montre une pente générale SSE-NNW voisine de 1,2 %, soit entre 175 m au Sud et 157 m au Nord à Saint-Bouize. Son épaisseur varie de 5 à 8 m.

p2b. *Sables argileux fins à grossiers, quartzo-feldspathiques.* Seul un petit affleurement au Pré-Simon près de Saint-Bouize permet d'observer cette unité cartographique. Plus largement représentée sur les feuilles méridionales, elle se situe au sommet des sables à galets et marque le passage

aux argiles qui terminent la première séquence sédimentaire. Elle se développe aussi latéralement, constituant l'hétéroptique d'une partie des sables à galets et d'une partie des argiles.

Au Pré-Simon, il s'agit de sables fins à grossiers, quartzo-feldspathiques, argileux, compacts, emballant quelques galets de quartz et de silex de 1 à 2 cm. Ces éléments roulés ont probablement une origine locale et pourraient représenter des résidus de poudingue tertiaire démantelé. Les indications d'épaisseur font défaut.

p2c. Argiles sableuses, limons, sables, accessoirement cailloutis. Les formations argileuses des plateaux ont une grande extension. Il est malaisé de déterminer s'il s'agit de dépôts d'argiles au sens strict, et qui dans ce cas constitueraient l'équivalent des sédiments fins connus plus au Sud, ou si elles correspondent simplement à l'altération par la pédogenèse des sables à cailloux.

Il s'agit d'argiles parfois sableuses, très compactes, jaune rougeâtre à marbrures grises (traces de racines) se développant sur 1 à 3 m, à tendance évolutive vers les limons en surface. Un horizon de concrétions ou plaques ferrugineuses (alios) se développe à la base des sols entre 0,5 et 1 m de profondeur. Cette formation recouvre, en position de plateau, l'ensemble des sables à galets, soulignant une légère dissymétrie des versants par le fait qu'elle s'étend plus largement sur ceux à pente douce à regard nord-est et est que sur ceux plus redressés à regard sud ou ouest.

Âge. La présence de minéraux éruptifs a été mise en évidence par J. Tourenq. Ceux-ci, disséminés par voie d'eau tels les sphènes et les quartz de ponce, ou par le vent tels les zircons volcaniques, permettent d'attribuer un âge pliocène supérieur à ces argiles.

Rive droite de la Loire

p2ab. Argiles, sables, cailloux à éléments silicifiés, chailles. Ces formations alluviales qui proviennent du remaniement des argiles à silexites sont largement étalées en un vaste glacis au pied des reliefs boisés qui les ont alimentés. Elles peuvent être confondues avec les colluvions d'argiles à silexites (CRj). Elles sont présentes dans les hautes vallées du Mazou et de la Nièvre ainsi que sur le plateau qui, à l'Ouest, borde les reliefs des forêts domaniales des Bertranges et de Bellary. Les deux formations passent progressivement de l'une à l'autre et la limite adoptée est souvent conventionnelle ; elle s'appuie toutefois sur les données de la morphologie. Au-delà de ce glacis, vers l'Ouest, ces alluvions forment des placages discontinus en direction de la Loire de part et d'autre des vallées du Mazou et

du ruisseau d'Asvins. Il en est de même au Nord de la feuille, de part et d'autre des vallées de l'Acotin et du Nohain. Enfin, quelques témoins de petite superficie ou des cailloutis résiduels disséminés, non figurables sur la carte, indiquent que ces formations ont dû occuper une grande partie de la surface du plateau qui s'étend du Nord-Est et de l'Est de La Charité en direction de l'Est de Saint-Andelain.

L'épaisseur de la formation reste notable : 5 m ont été traversés par deux sondages à la pelle mécanique, sans atteindre la base, dans le bois de Montifaut à la partie occidentale de la forêt des Bertranges. Elle est de 4 m, non compris les remplissages des poches karstiques, au sommet de la carrière de Malveaux ; elle dépasse 6 m dans la carrière ouverte au Sud-Est de Pouilly-sur-Loire pour la construction de la déviation de cette agglomération.

La composition de ces alluvions rappelle beaucoup les argiles sableuses à silexites dont elles dérivent. Il s'agit d'argiles plus ou moins sableuses, beiges, ocre, rougeâtres, marron ou jaunes, emballant des granules de quartz, localement des grains ferrugineux et des galets de silexite. Sables et argiles sont soit mêlés entre eux et aux galets, soit disposés en lentilles séparées. L'ensemble est parfois grossièrement stratifié. Les galets de silexite, souvent aplatis, émoussés mais jamais bien arrondis, sont en général peu fréquents dans les couches de surface et un peu plus abondants en profondeur. Leur taille est de 5 à 10 cm, voire 15 cm à proximité des forêts. Ces formations se distinguent donc des formations mères par la diminution de la proportion et de la taille des éléments silicifiés, la quasi-disparition des éléments anguleux et l'enrichissement en sables quartzofeldspathiques à rares galets de roches granitiques à l'approche de la Loire. Dans l'angle nord-ouest de la carte, à proximité des affleurements de l'Albien, les sables incorporent des dragées de quartz d'origine albienne. De même, les perrons alimentent cette formation en gros éléments à proximité de Tracy.

Des phénomènes périglaciaires peuvent affecter certains dépôts de surface (cryoturbation, fentes en coin observées dans la carrière de Malveaux).

L'ensemble de ces dépôts domine la Loire de 30 à 40 m ; 50 à 60 m pour ceux situés au Nord-Est de Pouilly et à l'Ouest de Maltaverne. Une déformation (basculement) de la surface pliocène au cours du Quaternaire pourrait en être la conséquence.

Âge. Les échantillons prélevés dans les carrières de Malveaux et à - 11 m dans le sondage la Charbonnière ont été étudiés par J. Tourenq qui a mis en évidence la présence de minéraux éruptifs. Ceux-ci permet-

tent, comme en rive gauche, d'attribuer cette formation au Pliocène supérieur.

p2c. Argiles sableuses, limons, sables, accessoirement cailloutis. De même que sur la rive opposée, le plateau correspondant à la surface fini-pliocène (glacis-versant) est recouvert par des matériaux fins, pour l'essentiel argiles, limons, sables, accessoirement grossiers (cailloutis). Leur épaisseur varie de quelques décimètres à plusieurs mètres. Leur mise en place procède de l'altération du substrat (Jurassique, Albien) et du transport fluviatile (limons, sables, cailloutis de crue), d'où leur hétérogénéité. La topographie actuelle implique des remaniements sur les versants, surtout par ruissellement.

Au lieu-dit Champs-de-Garchy, au Nord de Mézières, la fraction sableuse d'un échantillon, prélevé en sondage ($x = 653,4$; $y = 256,4$; $z = +195\text{m}$) à 0,80 m, admet un cortège de minéraux lourds d'origine albienne ou remanié des argiles à silexites, et de minéraux volcaniques (zircon, tourmaline, rutile, anatase, sphène, grenat, andalousite, staurotide, disthène, monazite). Les minéraux volcaniques témoignent de dépôts ligériens contemporains des éruptions du mont Dore (Tourenq, 1989 : n° 89-6, p. 302-303) dont l'âge est compris entre 2,5 et 2 Ma.

Au Nord-Est de Tracy, l'échantillon prélevé à - 3 m dans le sondage la Charbonnière (494-1-10) correspond à un sable fin à moyen, compact, jaunâtre, quartzo-feldspathique très micacé. Outre des zircons volcaniques, il incorpore des augites.

Un autre échantillon de sable fin prélevé à 1 m de profondeur, dans une ancienne carrière au lieu-dit les Froids ($x = 642,2$; $y = 259,6$; $z = + 210\text{ m}$), soit 70 m au-dessus du cours actuel de la Loire, contient : quartz de ponce (0,05 %), augite, grenat, sphène, hornblende brune, staurotide, hypersthène, diopside, tourmaline, zircon.

L'origine de ces minéraux est diverse :

- les sables albiens sous-jacents sont au moins pour partie repris dans les formations alluviales ;
- la présence de l'augite dans ces sables supérieurs n'exclut pas leur rattachement aux Sables et argiles du Bourbonnais (ceux à l'Ouest de la Loire en incorporent notamment dans leur moitié supérieure), mais ne s'oppose pas à l'existence d'une terrasse qui pourrait correspondre aux premiers écoulements ligériens à augite. Le début de cet épisode, postérieur aux Sables et argiles du Bourbonnais, pourrait couvrir la fin du Pliocène et/ou le début du Pléistocène.

À l'exception des terrasses bien caractérisées, d'autres témoins de sables fins à augite, sans que le cas de superposition aux Sables et argiles du

Bourbonnais ait été observé comme au sondage de la Charbonnière, sont tous situés sur la rive droite de la Loire et de l'Allier (en amont du bec d'Allier) et sont toujours à des cotes supérieures au toit actuel des Sables et argiles du Bourbonnais de la rive gauche.

Quaternaire

Fx. Alluvions anciennes. Limons, sables, graviers et galets siliceux.

Principalement conservée en rive gauche suivant une étroite bande sensiblement parallèle au cours actuel, large de quelques centaines de mètres en amont à 1 km en aval, cette nappe domine la Loire d'une quinzaine de mètres maximum. Son altitude décroît de 175 m au Sud à 155 m au Nord, soit une pente moyenne de 1‰. La pente plus accentuée au Nord de la Sarrée traduit une légère déformation.

Ces alluvions sont constituées par un limon épais de plusieurs mètres (matériaux fins de débordement) beige jaunâtre, chargé d'argile rouge (paléosol), qui surmonte un cailloutis constitué de graviers et galets siliceux, plus rarement de roches cristallines très altérées ; disposés en cordons, les galets sont emballés dans une matrice meuble sableuse à sablo-argileuse, quartzo-feldspathique, rougeâtre.

Âge. Ces alluvions ne sont pas datées. L'absence d'éléments calcaires en leur sein, leur altitude et leur localisation à proximité du fleuve, suggèrent un âge antérieur à l'établissement du chevelu hydrographique actuel, c'est-à-dire anté-Würm.

Fy. Alluvions anciennes. Sables, graviers et galets. En rive droite, depuis la Pointe jusqu'à Mesves-sur-Loire, une étroite bande d'alluvions jouxte la basse plaine du fleuve en le dominant d'une dizaine de mètres. À Mouron, un témoin isolé appuyé sur un îlot de Jurassique appartient à ce même ensemble. Les matériaux sont identiques à ceux des alluvions anciennes Fx.

Âge. Traditionnellement, on attribue ces dépôts au Würm. Aucun élément ne permet dans le cas présent de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Fz. Alluvions modernes et actuelles. Sables, graviers et galets, limons.

La nappe alluviale Fz de la Loire constitue une vaste plaine inondable large de 2 à 4 km. Son altitude varie de 158 m au Sud à 148 m au Nord, soit une pente moyenne de 0,5 ‰. Creusée postérieurement au Würm, cette plaine conserve des alluvions de cette époque sous une

pellicule holocène et moderne que les divagations du cours principal ou de ses affluents remanient constamment.

L'ensemble de ces alluvions a une épaisseur de 9 m à Bois-Gibault (dragages) et à la Pointe au Nord de La Charité (sondage), et 6 m en rive droite à Pouilly-sur-Loire.

Leur composition est la suivante : gros galets de 10 cm environ en calcaire et Jurassique silicifié ; petits galets avec de nombreuses roches cristallines, quartz, basalte. La matrice sableuse est quartzo-feldspathique. En surface, les matériaux sont généralement fins (limons et sables fins de crue). Les alluvions des rivières et ruisseaux affluents sont constituées par un matériel plus fin où dominent les limons et les tourbes.

À Bois-Gibault, plusieurs dents *d'Elephas* (mammouth ?) et d'autres mammifères ont été ramenées dans les dragages.

Âge. La partie la plus ancienne de ces dépôts s'est mise en place à l'Holocène. Le processus, bien que ralenti, se poursuit encore de nos jours.

CF. Colluvions de bas de versant et alluvions indifférenciées dans la partie amont des talwegs (0 à 1 ou 2 m). Les colluvions de bas de versant sont un mélange de fragments de roches du substratum proche, entraînés sur les versants par la solifluxion, le ruissellement et la cryoclastie. Dès que le talweg est clairement identifié, le ruissellement prédomine sur le colluvionnement et l'on passe à une formation alluviale. La limite entre colluvions de bas de versant et alluvions de fond de vallon est progressive et ne peut donc être cartographiée.

La composition de ces dépôts reflète celle du versant et leur granulométrie est très hétérogène. A titre d'exemple, une excavation dans le bas d'un versant, à Chevroux (x = 651,8 ; y = 2 260,3, à 100 m au Nord-Est du carrefour coté 162 m) a montré 1 m de calcaires en rognons emballés dans une poudre calcaire (produits cryoclastiques), supportant 1,5 m de limons sableux riches en granules calcaires et en cailloux émoussés de Jurassique silicifié, ces derniers éléments étant empruntés à la bordure du plateau.

Âge. Ces dépôts sont liés au chevelu hydrographique actuel dont on admet qu'il s'est mis en place à partir du Würm. La formation de ces dépôts se poursuit de nos jours.

SG. Grèzes ou dépôts cryoclastiques calcaires (0 à quelques mètres). Elles ont pour origine l'éclatement sous l'action du gel des roches calcaires. Préférentiellement, accumulation ou conservation, les grèzes occupent les versants des interfluves à regard est. Deux types de dépôts prédominent :

- les grèzes de versant qui sont constituées de petits éléments de taille centimétrique, aplatis, subanguleux parfois agglomérés secondairement par un ciment calcaire. En coupe, la formation apparaît constituée de lits d'épaisseur croissante vers l'aval. La pente du dépôt, qui à l'origine est celle de l'interfluve, diminue donc progressivement à mesure que la formation s'épaissit, d'autant que lors des phases de dégel, des glissements synsédimentaires peuvent se produire au sein de ce matériel gorgé d'eau ;
- les grèzes de plateau. Elles sont formées des mêmes plaquettes calcaires subanguleuses mais dépourvues des éléments les plus grossiers qui s'intercalent dans la formation précédente. Le pourcentage de sable quartzeux peut atteindre 10 %. Localement, l'incorporation des grèzes aux limons laisse supposer qu'elles sont remaniées puisque dépourvues de tout contact avec la roche mère calcaire.

En rive droite de la Loire, la présence de ces dépôts ne semblent pas significative, sans doute par suite de l'abondance et de l'omniprésence des dépôts argilo-sableux.

Âge. Les grèzes ne sont pas datées. Toutefois, les limons auxquels elles s'incorporent et les interfluves qu'elles tapissent ne semblent pas antérieurs au Würm. Leur âge peut donc être identique tout en étant légèrement postérieur.

Œ. Limons des plateaux (0,4 à 1,5 m). Ils s'étendent, essentiellement en rive gauche sur la partie haute d'interfluves faiblement vallonnés et colluvionnent légèrement sur les versants à regard oriental. En rive droite, les limons sont associés à des sables argileux et à des éléments silicifiés empruntés aux formations argileuses à silexites, et ne peuvent être distingués cartographiquement des parties limono-sableuses des Sables et argiles du Bourbonnais.

La formation se caractérise essentiellement par sa phase sablo-argileuse prédominante. Elle est toutefois hétérogène et son épaisseur réduite facilite son mélange (colluvionnement, défrichage,...) avec la partie supérieure des formations sous-jacentes telles les argiles à minerai de fer pisolitique, les formations argilo-marneuses du Jurassique,... Hormis ces pollutions, la taille des éléments constitutifs des limons est généralement très inférieure à 2 mm. La proportion d'argile augmente avec la profondeur.

Âge. Les limons des plateaux n'ont pas été datés dans le périmètre de la feuille. Plus à l'Ouest, P. Rigaud a observé (feuille à 1/50 000 Velles) une industrie moustéro-levallaisienne éolisée. On peut donc avancer un âge wurmien sans plus de précision, car il est probable que plusieurs phases d'éolisation ont eu lieu et que les dépôts actuels en constituent la somme.

XFe. **Scories de fonderies.** Ces dépôts résiduels et de peu d'extension sont les ultimes témoins d'anciens emplacements liés à la métallurgie du fer. A ce sujet, un extrait paru dans un journal local sous la signature de P. Denis (1991), lui-même faisant référence à C. Bernard et J.L. Carnat, rappelait quelques détails sur l'ancienneté de l'exploitation du fer dans le Nivernais :

- 1456 : il était dû au prieur deux cents de fer long sur la forge de Cramin, qui fonctionnait donc à cette époque ;
- 1665 : le bail pour l'exploitation du fourneau s'élevait à 10 000 livres, preuve de l'activité intense du fourneau ;
- 1669 : on y fond des canons pour le roi ;
- 1693 : 60 000 boulets de canon y sont fabriqués par mois ;
- 1807 : un haut fourneau remplace l'ancien fourneau. 71 personnes y travaillent. La production de l'année est de 200 tonnes de fonte et 20 tonnes d'acier.

L'activité, arrêtée en 1883, cessera définitivement le 9 décembre 1884, probablement au profit d'autres exploitations plus rentables.

X. **Remblais.** Sous cette appellation ont été cartographiés des dépôts anthropiques liés à la réalisation de grands travaux, qui étaient encore visibles au moment des levés ; d'autres, tels ceux qui constituent le soubassement du centre des villes où, jusqu'à une époque récente, les constructions nouvelles se faisaient sur les décombres des plus anciennes. Ceux liés au comblement partiel ou total des anciennes carrières sont plus difficiles à mettre en évidence ; ils n'ont pas été représentés.

TECTONIQUE

CONTEXTE RÉGIONAL

Le substratum du Bassin parisien est constitué par la juxtaposition de trois grands blocs tectoniques (Autran et *al*, 1976 ; Héritier et Villemin, 1971) (cf. fig. 1):

- à l'Ouest, le bloc armoricain ;
- au Nord, le bloc ardennais ;
- au Sud-Est le bloc bourguignon.

La limite entre le bloc bourguignon à l'Est et le bloc armoricain à l'Ouest est traditionnellement placée au droit de la faille de Sancerre. Pour C. Weber (1973), cette faille et l'anomalie magnétique du bassin de Paris ont pour origine un rift cadomien (540 Ma).

Le territoire couvert par la feuille à 1/50 000 La Charité-sur-Loire se situe tout entier sur le bloc bourguignon. Plus spécifiquement, il se place à la limite de celui-ci et du bloc armoricain, représenté ici par sa partie orientale que constitue le sous-bloc biturige (Debégliá et Debrand-Passard, 1980). Trois domaines peuvent être distingués :

- à l'Ouest, la Champagne berrichonne ;
- à l'Est, les plateaux du Nivernais ;
- entre les deux, le fossé de la Loire.

Cette zone de transition, relativement instable à l'échelle des temps géologiques, s'est fracturée à différentes reprises depuis le Primaire jusqu'au Quaternaire (fig. 8) :

- la bordure orientale de la Champagne berrichonne a été intensément tectonisée à la fin de l'Éocène ; certains des accidents ont en outre rejoué au Quaternaire ;
- les plateaux du Nivernais correspondent à une ancienne plate-forme marine dont la bordure ouest est affectée par de très nombreuses fractures. Ces dernières, où prédominent les directions N5 à 10°E, ont joué à toutes les époques ;
- le fossé de la Loire est limité à l'Ouest par la faille de Sancerre, à l'Est par un faisceau d'accident N20°E au sein duquel il est difficile de repérer la faille majeure (Lorenz *et al.*, 1985). Arbitrairement, nous fixerons celle-ci à la hauteur de la route nationale 7. Le fossé de la Loire est considéré par tous les géologues comme une structure ancienne qui a constamment rejoué au cours du Mésozoïque. Toutefois, des travaux nouveaux (Debrand-Passard *et al.*, 1992a) indiquent une origine récente induite par la distension « oligocène ».

PRINCIPALES DIRECTIONS TECTONIQUES

Trois directions principales de fractures se rencontrent sur la feuille La Charité-sur-Loire.

Failles de direction N5 à 10°E

Ces failles d'orientation classique (Debégliá et Debrand-Passard, 1980 ; Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Debrand-Passard *et al.*, 1989, 1992b ; Lorenz *et al.*, 1985) limitent d'étroits compartiments. Elles sont souvent difficiles à mettre en évidence au sein des épaisses séries à faciès homogène (Calcaires oolitiques de La Charité, Calcaire de Tonnerre, Marnes et calcaires à *Nanogyra virgula*) ou du fait de la présence des formations superficielles. Une prospection électrique a été réalisée en 1978 par le BRGM dans la forêt des Bertranges (rive droite de la Loire) pour recher-

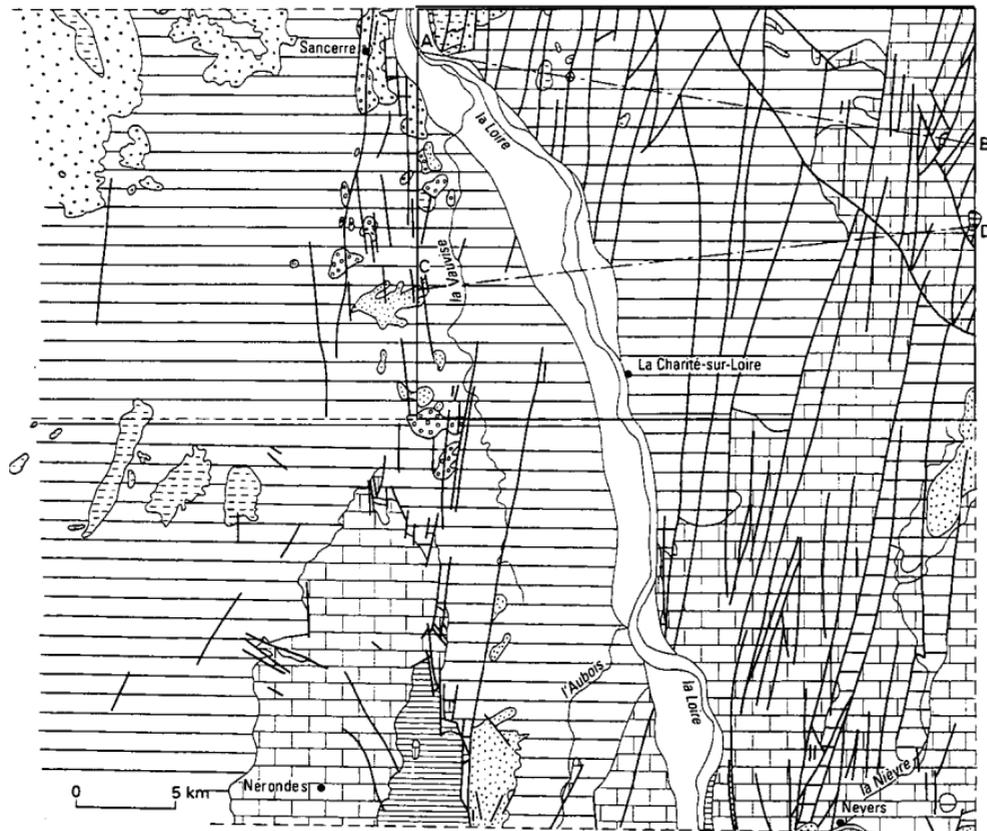


Fig. 8
Intensité de la fracturation à la limite
du sous-bloc biturige et du bloc bourgignon
dans la région de La Charité-sur-Loire

-  Alluvions holocènes et actuelles
-  Tertiaire (faciès lacustre et argiles à minéral de fer pisolitique)
-  Tertiaire (non lacustre)
-  Crétacé résiduel (argiles à silex *s.l.*)
-  Crétacé
-  Jurassique supérieur
-  Jurassique moyen
-  Jurassique inférieur
-  Tracé des coupes
-  Limite de la feuille La Charité-sur-Loire

cher ces structures, notamment sous la couverture des argiles à silexites ; la campagne géophysique effectuée suit la route forestière de la Bertherie puis celle des Forêts. Les résultats ayant été positifs, une seconde campagne de prospection a été effectuée par B. Roy (1983) dans la forêt de Bellary. D'autres méthodes ont également été utilisées telle l'étude des photographies aériennes et des coupes de sondages. Malgré ces prospections, il est très probable que d'autres fractures ont échappé à la sagacité des auteurs de la carte.

Ces failles N5 à 10°E sont responsables de la création du fossé de la Loire, mais aussi plus à l'Est :

- d'une zone en horst, complexe, à substratum de Jurassique moyen, de Murlin à Chasnay, Châteauneuf-Val-de-Bargis et Bondieuse ;
- de l'étroit fossé de la Nièvre qui se prolonge sur les feuilles voisines Nevers et Prémery.

Failles de direction N30 40°E

Ces accidents, visibles principalement dans la partie nord-est de la carte, sont bien connus en géophysique (Debégliia, *in* Mégnien, 1980). Il a été montré sur la rive gauche, feuille à 1/50 000 Nérondes (Debrand-Passard et Gros, *in* Lablanche *et al.*, 1992), que des accidents de même direction avaient pour cause la distension liasique avec une réactivation au Jurassique supérieur et à l'Oligocène.

Failles de direction N150 à 160°E

Ces failles, qui n'avaient jamais été signalées dans la Nièvre, s'observent dans la partie nord-est de la feuille et se prolongent sur celle de Cosne-sur-Loire. Elles induisent un soulèvement relatif du compartiment nord-oriental ; elles peuvent également présenter un jeu décrochant senestre et semblent interrompre ou décaler les failles subméridiennes de la première famille. Trois cassures principales sont repérées :

- faille La Celle-sur-Nièvre-Suilly-la-Tour. Observable au Sud-Est de Suilly-la-Tour, elle est ensuite masquée par les formations superficielles mais a été bien caractérisée par géophysique (Roy, 1983) au Nord et au Nord-Est de Vielmanay. Déduite, au Sud de Guichy, de la position respective de l'Oxfordien moyen au fond de la vallée du Mazou et du Bathonno-Callovien près du sommet des reliefs, elle est à nouveau observable près de Chasnay. Au-delà, en direction de la vallée de la Nièvre, elle est à nouveau masquée par les formations superficielles et déduite d'une part de la position respective des différents termes du Bathonien, et d'autre part de l'alignement d'une série de dolines ;

- faille Arbourse-Ouest des Taules (près de Châteauneuf-Val-de-Bargis), que l'on perd au-delà ;
- faille Sainte-Colombe-Nord de Champcelée, caractérisée sur la feuille Cosne-sur-Loire mais masquée ici par les formations superficielles ; sa présence est alors déduite de la position de l'Oxfordien moyen au fond de la vallée du ruisseau d'Asvins et de celle du Callovien sur les reliefs plus au Nord.

Il est possible, voire même probable, que ces deux dernières cassures se raccordent.

Quelques petits tronçons de failles parallèles à cette direction sont visibles sur les cartes géologiques à 1/50 000 Nevers et Nérondes. Plus à l'Ouest, des accidents de même direction ont joué en distension dès la fin de l'Eocène et sont à l'origine de plusieurs bassins lacustres tels ceux de Châteauneuf-sur-Cher et Mehun.

Relation avec le chevelu hydrographique

Tous ces accidents influent sur l'orientation du réseau hydrographique (Debrand-Passard *et ai*, 1989). C'est encore plus vrai pour les failles qui effondrent les Sables et argiles du Bourbonnais. L'actuel tracé de la Loire en semble une conséquence comme le suggère les différents tronçons du fleuve qui du Sud au Nord ont été répertoriés :

- 500 m, orienté N150°E de la limite sud de la feuille, au Sud de la ville de La Charité ;
- 750 m, orienté N15°E au niveau de La Charité ;
- 3 000 m, orienté N160°E de La Charité au Sud de Mesves ;
- 2 000 m, orienté N10°E à l'Ouest de Mesves ;
- 4 500 m, orienté N140°E de Charenton à Tracy-sur-Loire ;
- 1 000 m, orienté N90°E au Sud de Tracy ;
- puis, hors de la carte, nouveau tronçon orienté N25°E en direction de Cosne-sur-Loire.

SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE

Paléozoïque

Le substratum paléozoïque, relativement profond, est encore mal connu au droit de la feuille à 1/50 000 La Charité-sur-Loire.

À l'Ouest, un domaine restreint se rattache au sous-bloc biturige. Les connaissances les plus récentes sont liées au programme Géologie profonde de France (GPF), sondage de Couy (feuille Nérondes à 1/50 000) et

aux études géophysiques associées (Debégliia, *in* Mégnien, 1980 ; Weber, 1973).

À l'Est, la connaissance de la retombée occidentale du Morvan s'appuie sur les mêmes études géophysiques et sur deux forages pétroliers qui ont atteint le granite.

Entre les deux se place le fossé de la Loire qui, en rive droite du fleuve, accueille un étroit bassin stéphanien d'orientation N-S (Debégliia, *in* Mégnien, 1980, pl. S1).

Mésozoïque

Le levé cartographique du Sud du bassin de Paris et différentes études microstructurales (Bergerat, 1984 ; Blés *et al*, 1989 ; Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Freytet *et al*, 1986 ; Lerouge, 1984) soulignent le caractère polyphasé de la tectonique essentiellement cassante post-hercynienne qui affecte cette région. Les différents états de contrainte qui s'y exercent ont pour effet de réactiver les principales failles présentes dans le socle. Ainsi, les accidents affectant la couverture se localisent à l'aplomb des structures cassantes hercyniennes du socle et montrent sensiblement les mêmes orientations. Régionalement, ces accidents à jeu mésozoïque peuvent contrôler la sédimentation (Debrand-Passard, 1980-82 ; Gély *et al*, 1992 ; Lerouge, 1984 ; Lorenz *et ai*, 1985).

Trias (245 à 215 Ma)

Faute de marqueur, la tectonique triasique reste mal connue notamment dans le Sud du Bassin parisien. Il est donc nécessaire d'étendre le sujet parfois au-delà de nos frontières.

Ainsi, dans le cadre de la Synthèse des Pyrénées (à paraître) nous avons pu examiner les courbes isopaques du Nord de l'Ibérie. Elles montrent, pour une période fini-Permien-Trias inférieur, une prédominance de la structuration NW-SE sur une structuration secondaire NE-SW moins marquée. Cette seconde structuration devient prépondérante au sommet du Trias gréseux tant en Espagne que dans le Sud-Est de la France. Pour les mêmes périodes, il est probable mais non certain que ces contraintes ont affecté le Bassin parisien.

Jurassique (205 à 135 Ma)

Il se caractérise par un régime distensif WNW-ESE au Lias inférieur en relation avec les ouvertures des océans Ligurie et Atlantique (Blés *et al*,

1989 ; Gros et Martin, 1981 ; Lerouge, 1984). Au Lias inférieur, cette distension structure le sous-bloc biturige, partie orientale du bloc armoricain, selon une direction N40°E et induit le graben de Gron (Debrand-Passard *et al*, 1992b). Cette structure est scellée au Lias supérieur. Comparativement, le taux de sédimentation apparaît plus faible sur le bloc bourguignon que sur le bloc armoricain (Lefavrais-Raymond, *in* Mégnien, 1980, pl. L7).

Au Dogger (180 à 155 Ma), de nouveaux jeux distensifs induisent des basculements de direction NNE-SSW sur le sous-bloc biturige (Lablanche *et al*, 1991). Le sillon en limite des blocs armoricain et bourguignon est le siège d'une sédimentation calcaréo-marneuse prédominante (Giot, *in* Mégnien, 1980, pl. JM4). Le bloc bourguignon joue en zone haute et accumule moins de sédiments. Le Callovien supérieur n'est pas représenté si ce n'est par des niveaux phosphatés en bordure de la Loire et du sillon marneux (Nevers).

Au Malm (155 à 135 Ma), le bloc armoricain et le bloc bourguignon constituent localement des zones hautes. L'Oxfordien inférieur et la partie inférieure de l'Oxfordien moyen y sont inconnus, exception faite des bords de la Loire. Plus tard, des faciès récifaux ou subrécifaux s'installent sur le bloc bourguignon où ils persistent jusqu'à la fin de l'Oxfordien. Au niveau de la Loire, sur la bordure occidentale du Morvan, ils passent à des faciès de mer plus profonde à dominante calcaréo-marneuse. Avec le Kimméridgien, la sédimentation s'homogénéise mais la subsidence est plus marquée. Ceci se traduit par une épaisseur plus importante des dépôts à proximité de la Loire, à la limite occidentale du bloc bourguignon. Au cours du Tithonien, la mer s'est retirée et la région a été soumise à l'érosion. Actuellement, seuls quelques affleurements des calcaires du Tithonien inférieur sont encore conservés.

Crétacé (135 à 65 Ma)

Au Nord de Chablis, les Calcaires de Bernouil, non datés, sont attribués au Valanginien mais pourraient tout aussi bien appartenir au Purbeckien. Plus au Sud, aucun indice du Valanginien n'a été reconnu. A l'Hauterivien, des zones plus subsidentes délimitées par des accidents ont ainsi été mises en évidence dans le secteur de Cosne-sur-Loire. Toutefois, l'extension de la mer hauterivienne sur le Morvan est peu vraisemblable, les grès albiens reposant directement sur le Jurassique immédiatement au Sud de Chablis.

Plus au Nord, dans l'Yonne, la série se complète avec un Barrémien inférieur marin, un Barrémien supérieur et un Aptien continentaux ou au mieux lagunaires. Ces niveaux, à l'exception du Barrémien inférieur marin, sont également présents sur la rive gauche de la Loire. La mer revient à

l'Albien, plus ou moins tôt selon les secteurs, et déborde sur les formations hauteriviennes pour venir reposer directement sur le Jurassique.

Le Crétacé supérieur est représenté, au Cénomaniens, par des argiles et des marnes crayeuses et des faciès gaïze. L'extension dans cette région du Turonien et du Sénonien (?) est attestée par la présence de silex résiduels et localement (graben de la Nièvre) par quelques débris remaniés de craie bioclastique cuirassée (silice + fer) à l'Eocène supérieur.

Cénozoïque

Paléocène (65 à 24 Ma)

Durant cette période, une altération intense affecte la totalité des terres émergées. Les éléments mis en solution favorisent d'autant le nivellement des reliefs que la tectonique semble peu importante.

Éocène (53 à 35 Ma)

Dans tout le Sud du Bassin parisien, se développe un régime compressif pyrénéen N-S à NNE-SSW (Bergerat, 1984, 1985 ; Blès *et al.*, 1989 ; Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Lerouge, 1984). Cette compression génère des ondulations WNW-ESE à E-W de la couverture sédimentaire à l'origine d'anticlinaux et de synclinaux. Elle fait également jouer en faille inverse certains accidents E-W du socle, notamment en rive gauche de la Loire, sur le flanc nord de la forteresse de Saint-Amand-Montrond (Lablanche *et al.*, 1994).

Pour sa part, le Nivernais est affecté de décrochements conjugués senestres NNE-SSW à NE-SW et dextres NNW-SSE à NW-SE. Des blocs basculés sont générés dont les points bas vont canaliser les écoulements fluviaux de l'Eocène inférieur (fleuve de Clamecy) ou piéger à l'Eocène moyen des calcaires lacustres (vallée de la Nièvre, hameau de Sauvage au Sud de Beaumont-la-Ferrière). Le champ de contrainte correspond à une contrainte principale maximale (s1) horizontale et N-S (azimut 000-020) et une contrainte minimale (s3) également horizontale et E-W. Les pics stylistolites rares dans le plateau nivernais, mais des fentes de tension subméridiennes assez nombreuses témoignent également de cette compression N-S. L'état de contrainte est constant à l'échelle régionale. Il caractérise une direction de compression (s1) très proche de N-S (Bergerat, 1984).

Éocène terminal et Oligocène inférieur (35 à 28 Ma)

Ces périodes se caractérisent par un régime distensif ENE-WSW à l'origine des rifts européens : fossés des Limagnes, de Bresse, d'Alsace, de la Loire,... (Bergerat, 1984, 1985 ; Blès *et al.*, 1989 ; Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Debrand-Passard *et al.*, 1992a,b ; Lerouge, 1984, Lerouge *et al.*, 1986). Cette déformation est connue également sur tout le pourtour du Massif central et notamment dans le Sud du Bassin parisien.

Succédant à la compression N-S, cet épisode distensif a provoqué le fonctionnement des failles normales subméridiennes. Les fractures N160°E à N30°E préexistantes ont également pu jouer en failles normales. Leur analyse indique une contrainte principale maximale (s1) verticale et une contrainte minimale (s3) horizontale. La direction d'extension est proche de 070 dans la plupart des sites, sauf à l'extrémité nord du Morvan où elle tourne vers 110.

Cette distension induit des rejeux en faille normale des accidents subméridiens, créant des points bas où s'installent lacs et marais. Régionalement, le plus important de ces fossés est le demi-graben de la Loire. Il fossilise, au pied des escarpements nouvellement créés, d'importants cônes de déjection et d'éboulis actuellement en relief inversé (carrière de la Ferrolerie : Simon-Coinçon *et al.*, 1995).

À la fin de l'Oligocène inférieur (30 à 28 Ma), les trois blocs constitutifs du bassin de Paris plongent en direction du Nord-Ouest. Au maximum de la transgression marine, au Rupélien inférieur, la mer atteint Sennely au centre de la Sologne (Debrand-Passard *et al.*, à paraître) et probablement les Limagnes par le fossé de la Loire. Elle se retire aussi rapidement, abandonnant définitivement le Massif central et le Sud du Bassin parisien.

Un dernier épisode marin (faluns d'Ormoy) précède ou accompagne le relèvement de la partie nord-ouest des trois blocs. La mer quitte alors définitivement le bassin de Paris par la Haute-Normandie. Elle laisse place à un lac, celui du Calcaire d'Étampes *s.l.* qui s'étend sur la Beauce et l'Île-de-France.

Miocène-Pliocène inférieur (24-3 Ma)

Au début du Miocène, à l'Aquitainien (24 à 20 Ma), le mouvement de basculement du bloc armoricain en direction du Sud, s'amplifie. Le lac de Beauce succède au lac d'Étampes mais sa paléogéographie est différente. L'extension du lac en direction du Nord est réduite alors qu'elle s'accroît considérablement vers le Sud. La Beauce, et la Sologne jusqu'à Selles-sur-

Cher, sont inondées. Des apports détritiques témoignent d'arrivée d'eau, mais jusqu'à ce jour aucune paléo-rivière n'a été cartographiée.

Durant le Miocène inférieur et moyen, Burdigalien-Serravallien (20 à 11 Ma), le bloc armoricain continue son basculement en direction du Sud pour atteindre son maximum au Miocène moyen. Des eaux marines en provenance de l'Atlantique envahissent la Touraine (Cavelier *et al.*, in Mégnien, 1980) et s'étendent temporairement au moins jusqu'à Salbris (faluns de Touraine et du Blésois). Par le fossé de la Loire se mettent en place les Sables et marnes de l'Orléanais. Au cours de la même période, le bloc bourguignon paraît plus stable mais peut-être s'agit-il d'un manque de données.

Au Miocène supérieur (11 à 5,3 Ma), une compression alpine WNW-ESE s'exerce sur l'ensemble de la région (Bergerat, 1985 ; Blès *et al.*, 1989 ; Lerouge, 1984 ; Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Lerouge *et al.*, 1986). Cette déformation, connue également sur tout le pourtour du Massif central (Bergerat, 1985 ; Blès *et al.*, 1989), induit le jeu en décrochement des failles du socle de direction proche de E-W et en faille inverse de celles d'orientation subméridiennes ; c'est notamment le cas de la faille de Sancerre (Trémolières, 1981). La surrection du Morvan (bloc bourguignon) lui est imputable. Elle provoque un basculement d'Est en Ouest du bloc armoricain. La mer quitte d'abord le Blésois, puis la Touraine, puis l'Anjou au Miocène terminal voire au Pliocène inférieur (5 à 3 Ma). Les Sables et argiles de Sologne succèdent aux Sables et marnes de l'Orléanais (Miocène supérieur-Pliocène inférieur).

Pour certains auteurs, cette compression serait responsable d'une surélévation du Morvan (Rat, 1974) qui porte certains dépôts du Trias et du Lias à plus de 800 m d'altitude. Elle est également la cause du gauchissement de la surface Éocène supérieur.

Pliocène supérieur (3 à 2 Ma)

Il est marqué par une réactivation des reliefs et la mise en place du volcanisme montdorien induits par une compression ESE-WSW. Cet épisode se manifeste dans toute la région, essentiellement par des rejeux en coulissements senestres, des décrochements NW-SE ainsi que des failles normales subméridiennes. Dans le Nivernais, le rejeu en faille normale de certains accidents subméridiens détermine ou accentue le basculement de blocs dont les parties basses piègent une sédimentation argilo-sableuse à éléments de cuirasses éocènes associés à de rares passées de chailles. Ces mouvements en faille normale sont parfois accompagnés de coulissements dextres conjugués E-W. L'état de contrainte correspondant était caractérisé par une compression horizontale d'azimut moyen 115.

Pléistocène

Un puissant réseau fluvial s'installe, dont témoignent les alluvions anciennes perchées (cote supérieure à 200 m au Nord de Nevers). Postérieurement au dépôt de ces dernières, la compression N-S à NW-SE induit un jeu en faille normale le long de certains accidents subméridiens (Cornet et Burlet, 1992) et entraîne un affaissement d'une partie du fossé de la Loire, principalement à l'amont de Sancerre (Debrand-Passard *et ai*, 1992b). Les Sables et argiles du Bourbonnais sont abaissés d'une trentaine de mètres sur la rive gauche. La Loire est déviée vers l'Ouest en direction de Sancerre d'où elle bifurque vers l'Est pour rejoindre le plus rapidement son précédent lit.

GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

OCCUPATION DU SOL

Elle est étroitement liée à la nature des terrains affleurants :

- les sols argilo-siliceux acides, de médiocre qualité, à éléments grossiers, tels les Sables et argiles du Bourbonnais, les formations à chailles et à silex, les silcrètes éocènes, les argiles à silexites, sont abandonnés à la forêt dès lors que leur épaisseur est supérieure à la profondeur de travail des charrues ;
- les terrains calcaires, plus riches, sont cultivés intensément (céréales, oléagineux, maïs,...) ;
- la plaine alluviale et les terres les plus grasses portent les prairies de plus en plus remplacées par des cultures de maïs.

La principale localité, qui a donné son nom à la feuille, concentre les principales activités (petite industrie, commerce et secteur tertiaire).

RESSOURCES EN EAU

Département de la Nièvre

Le domaine de la feuille La Charité-sur-Loire s'étend, pour les trois quarts de son territoire, sur la rive droite de la Loire, dans le département de la Nièvre.

Pluviométrie, température et potentiel d'écoulement

La pluviométrie moyenne annuelle pour une longue période (1955-1977), d'après une carte départementale à 1/1 000 000 réalisée à

partir de moyennes établies sur les stations pluviométriques (Petitfils, 1981), montre la décroissance des précipitations des coteaux à la Loire d'amont en aval de celle-ci. On distingue ainsi, sur le domaine nivernais de la feuille, deux zones de part et d'autre d'une ligne brisée passant par Suilly-la-Tour, Pouilly-sur-Loire, Bulcy (Neuville), Narcy, Narcy (les Bertins) et Raveau (les Bois-de-Raveau) :

- à l'Est de celle-ci, plus de 750 mm, voire 800 à 850 mm au-delà du méridien de Sainte-Colombe (Villarnault), soit une zone représentant les deux tiers du domaine nivernais de la feuille ;
- à l'Ouest jusqu'à la Loire, 700 à 750 mm au Sud de Pouilly-sur-Loire et décroissant de 750 à 600 mm de cette ville à Tracy-sur-Loire.

La température moyenne annuelle sur la période 1961-1980 décroît du nord-ouest au sud-est de 10,7 °C à Pouilly-sur-Loire, à 10,1 °C, et présente des valeurs plus élevées dans l'angle nord-est, passant de 11,1 ° à 10,6 °C de Sainte-Colombe à Châteauneuf-Val-de-Bargis.

La pluviométrie efficace moyenne annuelle, calculée suivant la méthode de Turc (pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle) et qui indique le potentiel d'écoulement total (somme du ruissellement et de l'infiltration) est, pour la période 1946-1976 (Louvrier et Margat, 1983) répartie en deux zones de part et d'autre d'une ligne passant par Sainte-Colombe (Villarnault), Châteauneuf-Val-de-Bargis (Asvins), Chasnay (les Moutots) et Raveau (Chazué) :

- l'une comprise entre 150 et 200 mm à l'Ouest de cette ligne, c'est-à-dire notamment sur la plaine de la Loire, avec une décroissance d'amont en aval, cette zone représentant environ 80 % du domaine nivernais de la feuille ;
- l'autre supérieure à 200 mm à l'Est.

Hydrographie et hydrométrie

À part la Loire, le réseau hydrographique, plutôt lâche (plateau calcaire), est constitué par ses affluents : la Nièvre de Champlemy (bordure sud-est), le Mazou dont le bassin occupe une grande partie du centre de la feuille et le Nohain (sur la limite nord) grossi par l'Acotin.

La direction moyenne d'écoulement est d'Est en Ouest, avec des tronçons orientés SE-NW et NE-SW, sauf pour la Nièvre, N-S avec des tronçons NE-SW.

Les stations hydrométriques situées légèrement au-delà de la feuille sur le Nohain à Saint-Martin-sur-Nohain (Villiers), sur la Nièvre de Champlemy à Saint-Aubin-les-Forges (station gérée par le S.R.A.E. Bourgoigne) fournissent les renseignements suivants :

Lieux (et période de mesure)	Villiers-sur-Nohain (1971-1979)	St-Aubin-les-Forges (1970-1979)
Bassin-versant topographique (km ²)	473	192
Débit moyen annuel (m ³ /s)	3,15	1,75
Débit spécifique moyen annuel (l/s/km ²)	6,66	9,11
Débit moyen mensuel d'étiage (m ³ /s) (septembre)	1,64	0,54
Débit spécifique moyen mensuel d'étiage (m ³ /s)	3,47	2,81
Coefficients moyens de débit :		
minimum	0,52	0,31
maximum	2,01	2,42
maximum/minimum	3,86	7,83

Du point de vue géologique, les bassins-versants topographiques de ces stations, qui se poursuivent largement au-delà de la feuille La Charité-sur-Loire, sont à prépondérance calcaire.

Le débit spécifique moyen d'étiage, qui permet d'approcher le débit moyen des écoulements souterrains, est assez élevé, et plus sur le Nohain que sur la Nièvre de Champlemy, bien que le bassin de cette dernière soit plus abondamment arrosé.

Le coefficient moyen de débit (rapport du débit moyen mensuel au débit moyen annuel) indique :

- par sa valeur minimale, la part des écoulements souterrains dans les écoulements de surface ; les valeurs sont respectivement fortement et moyennement élevées ;
- par le rapport maximum/minimum pas trop élevé, l'influence régularisatrice des eaux souterraines, plus forte pour le Nohain.

Les valeurs les plus élevées obtenues pour les calcaires du Nohain s'expliquent :

- soit par leur plus grande variété, et alors par une participation notable des calcaires du Kimméridgien inférieur ;
- soit par la position de la station sur les marnes du Kimméridgien supérieur, favorable au débordement des eaux souterraines.

Phénomènes karstiques

Les cavités et phénomènes karstiques sont assez nombreux, avec notamment du Nord au Sud et d'Est en Ouest (Chabert et Couturaud, 1986) :

- à Tracy-sur-Loire : une petite grotte dans les bois des Crots ;
- à Cessy-les-Bois : deux gouffres dans le bois des Forts ;
- à Sainte-Colombe : dolines de la forêt domaniale de Guichy ;

-à Raveau : les pertes de la mare de l'Ourdon et des Singibeaux et la source de la fontaine de la Vache.

Ressources en eaux souterraines

• **Ressources actuellement exploitées.** En suivant l'ordre chronologique des terrains aquifères, ce sont :

- les *alluvions récentes de la Loire*, reconnues localement à La Charité-sur-Loire, Mesvres, Pouilly-sur-Loire et Tracy-sur-Loire et caractérisées par une granulométrie plus ou moins grossière, une épaisseur totale de 6 à 11 m, et 4 à plus de 6 m d'épaisseur mouillée, mais pour lesquelles on ne dispose pas de carte piézométrique. Elles sont captées à usage d'eau potable publique, d'amont en aval à :
 - La Charité-sur-Loire, alimentée en secours par trois puits profonds de 5 à 11 m pouvant fournir 5 000 m³/j, l'un d'eux ayant produit aux essais 100 m³/h pour 0,55 m de rabattement (le 19 juillet 1973),
 - Tracy-sur-Loire (les Vallées d'Orléans-Nord), où un forage de 120 m³/h assure les besoins du syndicat de Pouilly-sur-Loire *pro parte* (270 000 m³/an en 1988), c'est-à-dire hormis ceux de la commune de Pouilly.
- les *calcaires du Jurassique récifal* à :
 - Narcy, où la source de la fontaine Saint-Jean, d'un débit de 2 600 m³/j, assure largement l'alimentation du syndicat du Mazou (53 200 m³/an en 1988),
 - Bulcy, alimenté largement par la source du moulin de l'Écorce débitant 430 m³/j à travers les alluvions du Mazou,
 - Mesvres-sur-Loire (la Pointe) où un forage dans la plaine alluviale a fourni aux essais le 2 avril 1989 un débit de 196 m³/h avec un faible rabattement (2,95 m), et alimente en totalité la commune de La Charité-sur-Loire (1 011 000 m³/an en 1988) ;
- les *calcaires de l'Oxfordien moyen* à Raveau, alimenté (54 000 m³/an en 1988) par la source de fontaine Rouge qui débite 280 m³/j ;
- les *calcaires du Callovien* à Sainte-Colombe, avec la source de Villarnault qui débite 400 m³/j et assure la totalité des besoins de cette commune (12 000 m³/an prélevés en 1988) ;
- les *calcaires du Bathonien supérieur* à Cessy-les-Bois, avec la source de Bondieuse (380 m³/j), qui fournit la totalité de l'approvisionnement de cette commune (13 000 m³/an en 1988) ;
- les *calcaires du Bathonien inférieur* à Chasnay, où la source du Lavoir (1 120 m³/j) assure largement les besoins du syndicat du Val-de-Bargis (prélèvements de 66 000 m³/an en 1988).

Ces ressources sont aussi utilisées en forage pour l'irrigation des maïs.

• **Ressources restant à exploiter.** Ce sont les mêmes que ci-dessus :

- les alluvions de la Loire qui peuvent encore être exploitées et où un schéma de zonage (Javey et Toubin, 1986) a été étudié pour concilier les conflits d'usage potentiels avec les extractions de granulats ;
- les calcaires fissurés du Jurassique supérieur plus ou moins karstifiés, rarement captés par forages et sous-exploités compte tenu des débits importants qui y circulent (cf. *supra*). Ils méritent d'être reconnus également dans la vallée de la Loire, et les calcaires de l'Oxfordien supérieur à faciès récifal méritent une attention toute particulière ;
- les calcaires tithoniens constituent également un aquifère potentiel ;
- enfin, il convient d'attirer l'attention sur l'aquifère du Bajocien moyen et supérieur, productif sur la feuille Nevers, qui devrait être présent en profondeur et bien protégé des pollutions sur l'ensemble du domaine nivernais de la feuille La Charité-sur-Loire.

Qualité des eaux souterraines et vulnérabilité à la pollution

Les différents aquifères offrent une eau de bonne qualité physico-chimique, de type bicarbonaté calcique, à minéralisation moyenne et de dureté acceptable. On observe cependant des teneurs fluctuantes en nitrates avec des maxima élevés (données D.D.A.S.S. Nièvre) :

- dans la vallée de la Loire :
 - nappe alluviale : 15,9 à 60 mg/l à Tracy-sur-Loire, de 1985 à 1989 ;
 - calcaires sous-alluviaux : 38 à 49 mg/l à Mesves-sur-Loire au puits de la Pointe ;
- sur le plateau calcaire : 25 à 40 mg/l pour la même période, probablement à cause du couvert forestier notable.

On note également, pour la nappe alluviale de la Loire, une teneur en fer un peu élevée localement : jusqu'à 0,15 mg/l à Tracy-sur-Loire.

Comme pour tous les aquifères calcaires fissurés, on rencontre par ailleurs sur ceux de la feuille des problèmes de contamination bactériologique, et de turbidité en période humide.

La nappe alluviale de la Loire, qui ne bénéficie que d'un faible recouvrement protecteur limoneux (0 à 1 m), est très vulnérable à la pollution, mais moins que les aquifères calcaires fissurés lorsque ceux-ci affleurent.

Département du Cher

Le domaine de la feuille la Charité-sur-Loire s'étend, pour le quart de son territoire en rive gauche de la Loire, dans le département du Cher.

Pluviométrie, température et potentiel d'écoulement

La pluviométrie moyenne annuelle, pour la longue période 1921-1950, est comprise entre 600 et 700 mm (Atlas climatique de la France, 1969).

La température moyenne annuelle pour la période 1961-1980 est légèrement supérieure à 10 °C.

La pluviométrie efficace moyenne annuelle, calculée comme ci-dessus (département de la Nièvre), est, sur la période 1946-1976, comprise entre 150 et 200 mm, excédant 200 mm dans le coin sud-ouest de la feuille. Elle croît en s'éloignant de la Loire et en remontant celle-ci.

Hydrographie et hydrométrie

La part de la feuille concernée comprend, excepté la Loire elle-même, les bassins de ses petits affluents, soit, d'amont en aval, les ruisseaux de Chateaufort et du Lac et les rivières le Moule et la Vauvise, celle-ci étant grossie de la Chantereine et de la Berrelle notamment.

Le réseau hydrographique est de densité moyenne, plus faible sur le plateau calcaire. La direction moyenne d'écoulement est N-S, avec des tronçons orientés SE-NW et SW-NE.

On ne dispose pas de données hydrométriques sur ce domaine.

Ressources en eaux souterraines

• ***Ressources actuellement exploitées. Ce sont uniquement celles des alluvions de la Loire, exploitées pour l'eau potable publique à :***

- Herry, par un puits de 10 m capable de 45 m³/h, fournissant 650 à 900 m³/j pour l'approvisionnement partiel du syndicat de Sancergues ;
- Couargues (les Vallées), sur la rive opposée à Pouilly-sur-Loire, où un puits de 10 m capable de 100 m³/h permet de desservir en totalité cette localité nivernaise (30 000 m³/an en 1988).

On note, au captage d'Herry, une épaisseur totale d'alluvions de 8,7 m sur 1,3 m de calcaire dur, avec une épaisseur mouillée de 7,2 m.

• **Ressources restant à exploiter.** La nappe alluviale de la Loire devrait permettre de satisfaire l'accroissement des besoins en eau potable des collectivités.

Les calcaires fissurés du Jurassique supérieur mériteraient d'être reconnus :

- calcaires kimméridgiens et oxfordiens sous-jacents sur le territoire de la commune de Herry, et calcaires oxfordiens seulement sur celui de La Chapelle-Montlinard, à l'affleurement ou sous recouvrement par les Sables et argiles du Bourbonnais ou des alluvions de la Loire ;
- calcaires tithoniens localement à Saint-Bouize, sous la plaine alluviale ligérienne.

On doit également observer que les calcaires du Bajocien moyen et supérieur, productifs sur la feuille Nevers dans la Nièvre, pourraient être présents sur tout le secteur, en profondeur et donc bien protégés des pollutions.

Qualité des eaux souterraines et vulnérabilité à la pollution

La nappe alluviale de la Loire présente une eau de bonne qualité physico-chimique, de type bicarbonaté calcique, à minéralisation peu accentuée en moyenne, et de dureté moyenne.

On note toutefois des teneurs élevées en nitrates (oscillant de 40 à plus de 60 mg/l) à Herry, et un peu élevées en fer (jusqu'à 0,12 mg/l) à Couargues (données D.D.A.S.S. Cher).

La nappe alluviale est très vulnérable à la pollution, mais moins que les aquifères calcaires, lorsque ceux-ci affleurent.

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

Des substances utiles variées ont jadis été extraites du sous-sol de la région. De ces exploitations anciennes ne restent actuellement que quelques vestiges et de nombreuses carrières ont été comblées ou sont en voie de comblement.

Presque tous les niveaux calcaires ont été exploités soit pour la construction, soit pour l'empierrement des routes et chemins. Pour cette dernière utilisation on a aussi beaucoup fait appel aux silixites (Rj) ainsi qu'aux silcrètes de l'Eocène extraites dans les carrières de la gare de Tracy (angle nord-ouest de la feuille). Les Calcaires de Villiers, carrière de Vaurigny à l'Est de Pouilly-sur-Loire, ont permis la fabrication de chaux hydraulique. Il faut enfin mentionner les extractions très locales de mine-

rais de fer dans les formations paléogènes (e6-7Fe), qui se signalent par des accumulations de scories de fonderies d'importance variable.

Sables, sables à graviers ou sables à galets

Ces matériaux sont extraits des alluvions quaternaires de la Loire, soit par dragage dans le lit mineur (ceci de moins en moins), soit par exploitation de gravières dans la plaine alluviale où la formation peut atteindre 10 à 12 m de puissance. Les sables sont de nature quartzo-feldspathique, ils sont assez souvent grossiers et peuvent renfermer des horizons d'épaisseur notables à galets de quartz, roches cristallines ou volcaniques, silexites, chailles. Ces matériaux sont utilisés dans la construction et les travaux publics.

Les cailloutis à éléments silicifiés (p2ab) sont également utilisés, de temps en temps, pour l'empierrement des chemins. La carrière de Charenton a été ouverte pour la réalisation des remblais de la déviation de Pouilly-sur-Loire.

Calcaires pour moellons et sciage

Les Calcaires des Bertins (J5-6a1) et surtout les Calcaires de Narcy (J6a2) ont jadis été largement exploités pour la construction ou l'empierrement entre Narcy et les Bertins. Toutes les carrières sont abandonnées et certaines sont comblées ou en voie de comblement.

Les Calcaires oolitiques de La Charité (J6a3) ont également été largement exploités (autour de La Charité et près de Narcy, Bulcy et Garchy). Actuellement, seule la carrière de Malveaux (entre Garchy et Pouilly-sur-Loire) reste en activité temporaire pour l'extraction de blocs utilisés pour le sciage. La carrière des Etiveaux, au Nord de La Charité, a été récemment réexploitée pour livrer les matériaux concassés nécessaires à la construction des chaussées de la déviation de La Charité.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

PRÉHISTOIRE

Le peuplement préhistorique de ce territoire est riche, bien que très diversement mis en évidence. Des différentes industries lithiques localisées en surface par prospection, aucune n'a fait l'objet d'une étude stratigraphique poussée accompagnée de datations absolues.



Fig. 9 - Vue du glissement sous-marin des Buriaux

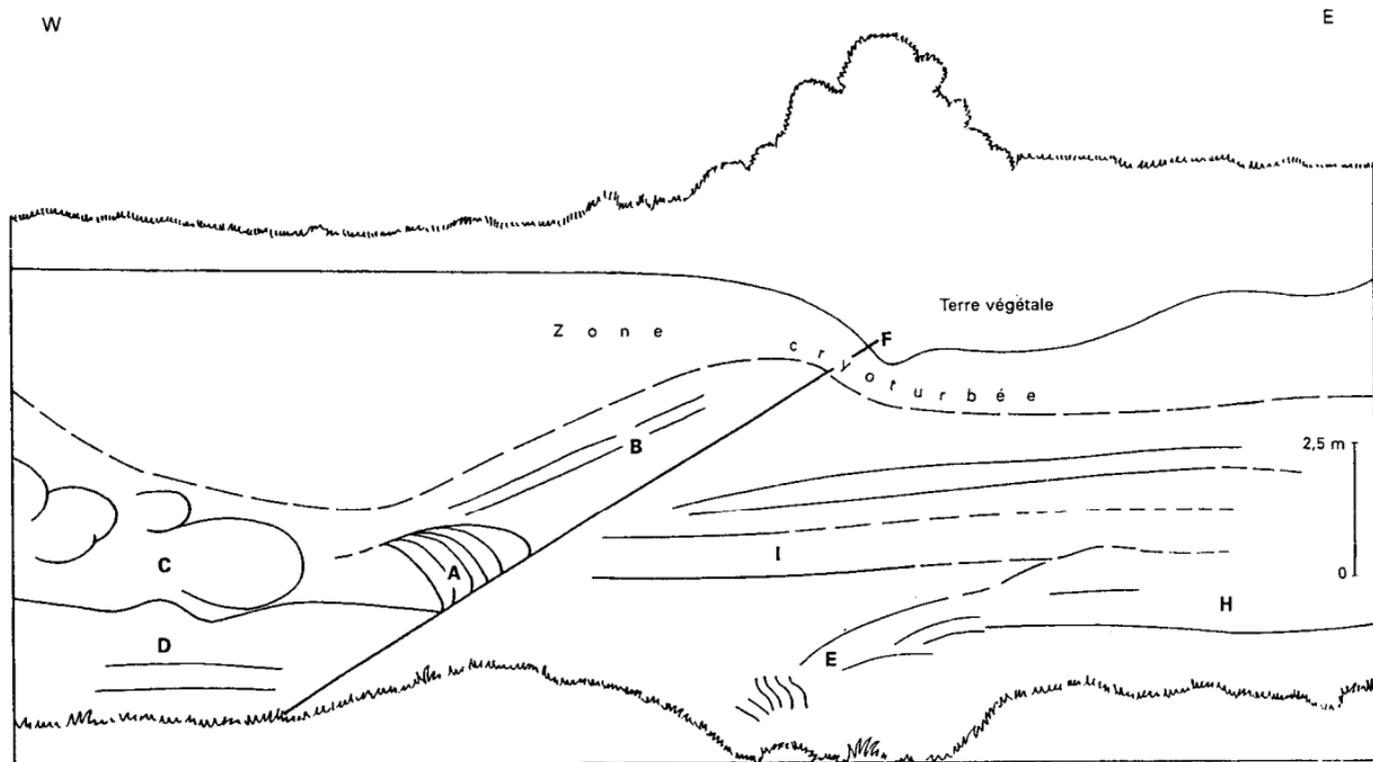


Fig. 10 - Schéma interprétatif du glissement sous-marin des Buriaux

Les témoignages les plus anciens se rattachent à l'Acheuléen ; il s'agit souvent de bifaces en chaille, amygdaloïdes ou cordiformes, parfois accompagnés d'industries sur éclats (Suilly-la-Tour : la Coulemelle, le Magny). Mieux connus, les gisements moustériens sont beaucoup plus abondants et appartiennent dans leur majorité au Moustérien de tradition acheuléenne. C'est le cas du champ de l'Étang (Suilly-la-Tour) : l'industrie y est fortement levallois à tendance laminaire, elle comprend plusieurs bifaces et un fort pourcentage de racloirs. D'autres gisements moustériens sont présents, bien que rares : industrie à dominante levalloisienne à la Forêt (Sainte-Colombe) ou encore Moustérien charentien à la Mouillée (Suilly-la-Tour) ; cette dernière industrie se caractérise par une retouche écailleuse scalariforme typique et un très fort taux de racloirs : 84 % des outils.

Le Paléolithique supérieur est moins connu, parfois uniquement par des découvertes isolées comme la feuille de laurier solutréenne de Tracy-sur-Loire. C'est enfin à la transition Mésolithique/Néolithique qu'appartiennent peut-être certaines industries riches en pics droits ou à crochet : la fonction de ces outils réalisés sur des plaquettes de chaille reste encore énigmatique.

Le Néolithique, pour sa part, est présent partout : découvertes isolées d'outils caractéristiques (haches polies, armatures de flèches,...) ou gisements développés, tout particulièrement sur les rebords des plateaux dominant la Loire et le long de ses principaux affluents (Mazou, Nohain). L'absence de vestiges céramiques ne permet pas de caractériser le type de culture néolithique, ni d'en préciser la datation. Aucun mégalithe n'est recensé.

SITES REMARQUABLES

La carte géologique La Charité-sur-Loire présente peu de points d'observations à caractère didactique (Alcaydé *et al.*, 1976) si l'on fait exception d'une petite carrière sise au lieu-dit les Buriaux, commune de Sancergues ($x = 642,6$; $y = 2\ 241,8$; $z = +175\text{m}$), qui montre un des rares glissements synsédimentaires visibles dans le bassin de Paris. En outre on y observe, fossilisée, la trace de l'onde de choc qui se déplaçait à l'avant du glissement (Debrand-Passard, 1980-82). Pour toutes ces raisons, la carrière mériterait d'être classée et protégée. Elle est hélas en cours de comblement.

L'affleurement est situé dans une petite carrière d'orientation N-S. Le front du glissement se juxtapose au front de taille à regard est ; la coupe du glissement et l'onde de choc sont visibles sur le front de taille à regard sud.

Sur le front de taille à regard est, dans la partie nord, la coupe est située en arrière du front de glissement. On observe des calcaires à pâte fine de teinte gris clair, bien lités qui pendent en direction du Nord de 24° et, plus au Sud, un banc contourné qui matérialise la semelle du glissement.

Sur le front de taille à regard sud (fig. 9 et 10), d'Est en Ouest on observe des calcaires de teinte gris clair à pâte fine (H), régulièrement lités, qui pendent de 6° en direction du Nord-Est. L'ensemble est découpé par de très nombreuses diaclases subverticales de directions N 20°E et N110°E. Un « accident » (F) de direction N16°E pente à 80° en direction de l'Ouest sépare ce premier ensemble d'un second beaucoup plus chahuté où l'on reconnaît successivement :

- une première masse contournée (A) et des calcaires fortement pentés vers l'Ouest (B), surmontant le front du plissement (F) ;
- d'autres masses contournées (C) situées en arrière de la première et surmontant des bancs plissotés ou bréchiques (D).

Interprétation. Le glissement s'est produit en direction de l'Est, dans la mer, au sein de vases non encore consolidées. La cause originelle ayant entraîné la déstabilisation du dépôt n'est pas connue ; peut-être un léger séisme ? L'accident (F), qui originellement n'était pas une faille, matérialise le front du plissement c'est-à-dire de la zone désorganisée (A,B,C). Les calcaires (D) constituent la semelle du glissement. La zone (E) pentée comme l'accident (F), délimite le bord interne du panneau (I), celui qui a reçu le choc. Sous ce coup de boutoir, il a été désolidarisé de la masse (H) qu'il chevauche maintenant. Les principaux arguments en faveur de cette interprétation sont les diaclases courbes visibles en (E). Le déplacement quant à lui est d'ordre centimétrique à la base ; il s'annule très rapidement dans les bancs supérieurs.

BIBLIOGRAPHIE

- AUTRAN A., GERARD A., WEBER C. (1976)-La carte gravimétrique de la France. Exemples d'utilisation géologique. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), 18, p. 1119-1132.
- ALCAYDE G., BROUSSE R., CADET J.P., DEBRAND-PASSARD S., GIGOUT M., LORENZC, LORENZJ., RAMPNOUX J.P., RASPLUS L. (1976)-Guides géologiques régionaux : Val de Loire, Anjou, Touraine, Orléanais, Berry. Paris : Masson, p. 157-162, et p. 169-170.
- BERGERAT F. (1984)-La fracturation nivernaise : influences bourguignonnes et centraliennes sur la structuration du Nivernais. *Bull. inf. géol. bassin Paris*, vol. 21, n° 4, p. 27-31.

- BERGERATF. (1985)-Déformations cassantes et champs de contraintes tertiaires dans la plate-forme européenne. Thèse doct. univ. P.-et-M.-Curie, 315 p.
- BERNARD P. (1988)-La plate-forme carbonatée niverno-iconnaise à l'Oxfordien supérieur et au Kimméridgien inférieur. Thèse doct. univ. Bourgogne (Dijon), 293 p., 4 pi.
- BLÉS J.L., BONJOLY D., CASTAING C, GROS Y. (1989) - Successive post-Variscan stress fields in the French Massif Central and its bordures (western European plate) : comparison with geodynamic data. *Tectonophysics*, 169, p. 79-111.
- BOUILLIER A. (1979)-Essai de zonation de l'Oxfordien et du Kimméridgien au moyen des térébratulidés (brachiopodes). *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), 22, n° 4, p. 599-606.
- CHABERT C, COUTURAUD A. (1986) - La Nièvre des grottes et des rivières souterraines. Camosine.
- CORNETF.H., BURLETD. (1992)-Stress field déterminations in France by hydraulic tests in boreholes. *J. Geophys. Research*, vol. 97, p. 11829-11849.
- DEBGLIAN., DEBRAND-PASSARD S. (1980)-Principaux accidents issus des corrélations entre les données de géophysique et les données de terrain (au sens large), dans le Sud-Ouest du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), 22, n° 4, p. 639-645.
- DEBRAND-PASSARD S. (1980-1982)-Le Jurassique supérieur du Berry (Sud du bassin de Paris). Mém. BRGM n° 119, 226 p., 108 fig., 20 pl., 13 annexes.
- DEBRAND-PASSARD S., BOUILLIER A. (1995)-La Champagne berrichonne. *Bull. inf. géol. bassin Paris*, p. 43.
- DEBRAND-PASSARD S., GROS Y. (1980) - La fracturation de la Champagne berrichonne. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), 22, n° 4, p. 647-653.
- DEBRAND-PASSARD S., ANDREIEFF P., BOUILLIER A., CHATEAUNEUF J.J., DELANCE J.H., FAUCONNIER D., JACOB C, LAURIN G., LORENZ J., MARCHAND D., TINTANT H. (1978)-Répartition des faunes d'ammonites, de brachiopodes, de foraminifères, d'ostracodes et des flores dans les principales formations lithologiques de la Champagne berrichonne, départements du Cher et de l'Indre. *Bull. inf. géol. bassin Paris*, vol. 15, n°2, p. 33-51.
- DEBRAND-PASSARD S., FLEURY R., LABLANCHE G., DEBGLIAN N. (1989) - Néotectonique de la Sologne et de la Champagne berrichonne (Sud du bassin de Paris). Apports et problèmes liés à l'utilisation du chevelu hydrographique. *Bull. Assoc. fr. étude Quaternaire*, n° 3, p. 137-151, 10 cartes.

- DEBRAND-PASSARD S., GROS Y., LABLANCHE G. (1992a)-L'énigme des buttes de Gron (Champagne berrichonne, Sud du bassin de Paris) : un piégeage de sédiments crétacés dans un graben d'âge liasique réactivé au Jurassique supérieur et à la fin de l'Eocène. *Bull. inf. géol. bassin Paris.*, vol.29,n°4,p.57-61,3fig.
- DEBRAND-PASSARD S., GROS Y., LABLANCHE G., MENOT J.C., avec la collaboration de CLOZIER L., TOURENQ J., (1992b)-Âge, genèse et évolution du fossé de la Loire : nouvelle approche stratigraphique, morphologique et structurale. *Bull. inf. géol. bassin Paris.*, vol. 29, n° 4, p. 63-74, 7 fig.
- DEBRAND-PASSARD S., ALABOUVETTE B., GOËR DE HERVE A. (DE), DUBREUILH J., GIOT D., GUENNOG P., PAIRIS J. L., SIMON-COINÇON R., THIRY J. (à paraître) - Drainages et rivages cénozoïques de la France.
- DELANCE J.H., INGARGIOLA J.F., LABLANCHE G., MENOT J.C., ROY B., DEBRAND-PASSARD S., CLOZIER L. (1987)-Carte géol. France (1/50 000), feuille Nevers (521). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.H. Delance, G. Lablanche, L. Clozier et coll. (1987), 55 p.
- DENIS P. (1991)-Le haut fourneau de Cramin, vestige industriel du Nivernais.
- FREYTET P., LEROUGE G., LORENZ C, LORENZ J. (1986)-Intérêt de l'étude pluridisciplinaire d'une région ; stratigraphie, géologie structurale, géomorphologie, néotectonique, télédétection du Sud du bassin de Paris. *Bull. inf. géol. bassin Paris.*, vol. 23, n° 2, p. 3-15.
- GAUTRET P. (1982) - Le genre *Nanogyra* BEURLEN dans le Jurassique supérieur nord-aquitain. Paléontologie. Paléoécologie. Utilisation biostratigraphique. Diplôme études pratiques scientifiques, Poitiers, 97 p., 25 fig., 8 pl. h.-t.
- GELY J.P., LORENZ C, LORENZ J., OBERT D. (1992)-Faille de Sennely - faille du Cher : un grand accident subméridien du Bassin parisien entre le bloc armoricain et le sous-bloc biturige. *Bull, inf géol. bassin Paris.*, vol. 29, n° 4, p. 27-38, 6 fig.
- GROS Y., MARTIN P. (1981)-La fracturation de la bordure nord du Massif central (région des horsts de La Machine, Neuville, Saint-Pierre-le-Moutier). Étude géométrique, cinématique et chronologique. Rapp. BRGM, 81 SGN 859 GEO, 18 p., 11 fig.
- GROSSOUVRE A. (DE) (1886) - Étude sur les gisements de fer du centre de la France. *Ann. Mines* (8), t. 10, p. 311 -418.
- GUILLEMIN C.B. (1976)-Les formations carbonatées dulçaquicoles tertiaires de la région Centre (Briare, Château-Landon, Berry, Beauce). Thèse de 3^e cycle, Orléans, 258 p., 97 fig.
- HANTZPERGUE P. (1979)-Biostratigraphie du Jurassique supérieur nord-aquitain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 21, n° 6, p. 715-726, 2 fig.

- HÉRITIER F., VILLEMEN J. (1971)-Mise en évidence de la tectonique profonde du bassin de Paris par l'exploitation pétrolière. *Bull. BRGM*, (2), 1, p. 11-30, 1 pl.
- LABLANCHE G., MARCHAND D., GARCIA J.P., DUBUGUET M. (1991) - Mise en évidence d'une structuration synsédimentaire entre la vallée de l'Arnon à l'Ouest et la Loire à l'Est, d'après les dépôts d'âge bajocien inférieur à oxfordien supérieur. *Géologie de la France*, n° 2.
- LABLANCHE G., MARCHAND D., LEFAVRAIS A., DEBRAND-PASSARD S., GROS Y., MAGET P. (1992)-Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Nérondes (520). Orléans : BRGM, 44 p. Carte géol. par G. Lablanche (1992).
- LABLANCHE G., MARCHAND D., LEFAVRAIS-RAYMOND A., DEBRAND-PASSARD S., GROS Y., DEBEGLIA N., MAGET P., LALLIER D. (1994) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Amand-Montrond (572). Orléans: BRGM, 81p. Carte géologique par G. Lablanche (1994).
- LAUNAY L. (DE) (1923)-Étude du Plateau central. Note sur le terrain tertiaire de la Limagne bourbonnaise. *Bull. Soc. géol. Fr.*, n° 147, t. XXVI.
- LEROUGE G. (1984)-Contribution à l'étude de la fracturation du Nord-Ouest du Massif central et du Sud du bassin de Paris (France). Thèse 3^e cycle, Orléans, 394 p.
- LEROUGE G., FREYTET, LORENZ C, LORENZ J. (1986)-Proposition d'une chronologie des événements tectoniques, sédimentaires et morphologiques néogènes et quaternaires dans le Sud du bassin de Paris et le Nord-Ouest du Massif central français. *C. R. Acad. Sci*, Paris, t. 303, sér. II, n° 19, p. 1749-1752.
- LORENZ J., LORENZ C, BERGERAT F., BERNARD P., MENOT J.C. (1985) - Etudes structurales et sédimentologiques sur la couverture mésozoïque de la partie méridionale de l'anomalie magnétique du bassin de Paris ; rapports entre le sous-bloc biturige, le fossé de la Loire et le bloc bourguignon (GPF2, thème 2). Documents BRGM, n° 212, p. 137-149.
- LOUVRIER M., MARGAT J. (1983)-France. Précipitations efficaces moyennes annuelles (1946-1976). Rapp. BRGM 83 SGN 003 EAU, 40 p., 6 fig., 1 tabl., 1 pl. h-t.
- LUCOTTE G. (1978)-Les « argiles à chailles » de la région de Nevers et La Charité-sur-Loire. Mém. D.E.A., Dijon, 55 p., 1 pl., 15 p. annexes.
- MEGNIEN C. (éd.) (1980) - Synthèse géologique du bassin de Paris. Mém. BRGM, n° 101,102,103.
- MEGNIEN C, MEGNIEN F., TURLAND M., VILLALARD P., avec la collaboration de BERGER G., MARQUET G., RAMPON G. (1971)-Carte géol.

- France (1/50 000), feuille Vermenton (435). Orléans : BRGM. Notice explicative par F. Mégnién, M. Turland (1971), 22 p.
- MEGNIEN C, MEGNIEN F., TURLAND M., VILLALARD P. (1972)-Carte géol. France (1/50 000), feuille Courson-les-Carières (434). Orléans : BRGM. Notice explicative par C. Mégnién, F. Mégnién, M. Turland, P. Villalard(1972),22p.
- PETITFILS B. (1981)-Étude d'un système aquifère complexe dans les calcaires du Jurassique de la Nièvre. Aspect hydrodynamique, hydrochimique et géophysique. Thèse 3^e cycle, Orléans, 172 p., 58 fig., 19 tabl., 12 annexes.
- RAT P. (1974) - Le système Bourgogne-Morvan-Bresse. *In* J. Debelmas : « Géologie de la France ». Paris : Doin, t. 2, p. 480-500.
- ROY B. (1983)-Géologie, géophysique, hydrogéologie des formations d'âge jurassique moyen dans le nord-ouest de la Nièvre. Thèse 3^e cycle, Dijon, 174 p., 39 fig.
- SIMON-COINÇON R., THIRYM. (1995)-Carrière Hanniet, les Roches, Tracy. *Bull inf. géol. bassin Paris*, vol. 32, n° 4, p. 77-83.
- SIMON-COINÇON R., THIRY M., DEBRAND-PASSARD S. (1995) - Les carrières de la Ferrolerie, Sainte-Gemme. *Bull inf. géol. bassin Paris*, vol. 32, n° 4, p. 89-92, 4 fig.
- TREMOLIERES P. (1981)-Mécanismes de la déformation en zones de plate-forme, méthode et application au bassin de Paris. Deuxième partie. *Rev. Inst.fr. pétrole*, vol. 36, n°5.
- WEBER C. (1973) - Le socle anté-triasique sur la bordure sud du bassin de Paris d'après les données de la géophysique. *Bull. BRGM*, sect. II, n° 3 et 4, p. 219-343.

Documents consultés

- Carte géologique des formations superficielles à 1/50 000 et notice par M. Gigout (inédit).
- Carte géologique de la France à 1/80 000, feuille *Nevers* : 1^{re} édition (1894) par A. de Grossouvre, M. Busquet et L. de Launay ; 2^e édition (1945) par A. de Grossouvre.
- Carte géologique de la France à 1/320 000, feuille *Bourges* : 1^{re} édition (1935) par P. Lemoine, P. Jodot ; 2^e édition (1968) par J. Labourguigne.
- Fichiers des analyses d'eaux brutes des captages publics de la D.D.A.S.S. de la Nièvre (Nevers) ;
- Fichiers des analyses d'eaux brutes des captages publics de la D.D.A.S.S. du Cher (Bourges) ;
- Fichier des prélèvements d'eau souterraine publics (année 1988) de l'agence de bassin Loire-Bretagne (Orléans).

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres ouvrages souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés :

- pour le département de la Nièvre, au service géologique régional Bourgogne, parc technologique, 3, avenue Jean-Bertin, 21100 Dijon ;
- pour le département du Cher, au S.G.R. Centre, avenue Claude-Guillemain, 45100 Orléans ;
- ou encore au BRGM, Maison de la Géologie, 77 rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

Les collections de fossiles sont archivées à l'université de Bourgogne, 6, bd Gabriel, 21100 Dijon.

DÉTERMINATIONS PALÉONTOLOGIQUES ET ANALYSES

Ammonites : Didier MARCHAND et Jacques THIERRY, respectivement maître de conférences et professeur à l'université de Bourgogne (Dijon) et Pierre HANTZPERGUE, professeur à l'université Claude-Bernard (Lyon I).

Brachiopodes du Jurassique moyen : Bernard LAURIN, professeur à l'université de Bourgogne.

Brachiopodes du Jurassique supérieur : Annick BOUILLIER, maître de conférences à l'université de Franche-Comté (Besançon) et Jean-Henri DELANCE, maître de conférences à l'université de Bourgogne.

Foraminifères : Françoise MAGNIEZ-JANNIN, chargé de recherche au CNRS, université de Bourgogne et Christian MONCIARDINI, ingénieur géologue au BRGM (Orléans).

Palynologie : Danièle FAUCONNIER, ingénieur géologue au BRGM (Orléans).

Minéraux lourds : Josette TOURENQ, université Paris VI.

Microfaciès du Jurassique :

- en rive gauche de la Loire : Yves LE NINDRE et Denis GIOT, ingénieurs géologues au BRGM (Orléans) ;
- en rive droite de la Loire : Jean-Claude MENOT, maître de conférences à l'université de Bourgogne.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par Jean-Claude MENOT, maître de conférences à l'université de Bourgogne (Dijon) et Serge DEBRAND-PASSARD, ingénieur géologue au BRGM (Orléans). Quelques textes plus spécifiques sont dus à :

- Léopold CLOZIER (ingénieur géologue au BRGM, Orléans), pour les formations plio-quadernaires ;
- Régine SIMON-COINÇON et Médard THIRY (chercheurs, ENSM de Paris, Fontainebleau), pour la description des silcrètes éocènes des carrières de Tracy ;
- Yves GROS (ingénieur géologue au BRGM, Orléans), pour la tectonique ;
- Jacques CORNET (ingénieur géologue au BRGM, Dijon), pour l'hydrogéologie ;
- Yves PAUTRAT, conservateur des Fouilles (direction des antiquités préhistoriques du Limousin), pour la préhistoire.

Présentation au C.C.G.F. : 28 novembre 1991

Acceptation de la carte et de la notice : 26 juin 1995

Impression de la carte : 1997

Impression de la notice : décembre 1997

ANNEXES

COUPES RÉSUMÉES DE SONDAGES INÉDITS

**Sondage 494-1-10, au Nord de Bois-Gibault
(commune de Tracy-sur-Loire)**

x = 642,575 ; y = 2259,425 ; z = 195 m

0 à 2 m	Terre végétale puis argile faiblement sableuse avec petits silex (3 à 4 cm)	Colluvions d'argiles à silex
2 à 6,50 m	Argile brune sablo-graveleuse à très rares petits silex (1 à 2 cm)	Sables et argiles du Bourbonnais
6,50 à 11 m	Sable fin argileux, quartzo-feldspathique et micacé, un peu de glauconie	
11 à 12,50 m	Argile brun verdâtre ou noirâtre faiblement quartzreuse et micacée, un peu de pyrite et débris charbonneux	
12,50 à 20 m	Mame et argile blanchâtre, un peu de quartz silteux, assez nombreux microfossiles (spicules de spongiaires, radioles d'oursins, foraminifères, ostracodes)	Cénomaniens
20 à 26 m	Argile et mame grisâtre avec morceaux de gaize, un peu de quartz silteux, foraminifères, spicules de spongiaires	
26 à 30,50 m	Argile et mame brunâtre ou gris noirâtre de plus en plus compacte vers le bas, présence de quartz silteux, d'un peu de mica blanc, de pyrite et microfossiles (spongiaires abondants, foraminifères, ostracodes, lamellibranches)	

Description J.C. Menot

**Sondage 494-1-11, au Nord de Bois-Gibault
(commune de Tracy-sur-Loire)**

x = 642,7 ; y = 259,0 ; z = 181 m

0 à 1 m 1 à 1,20 m	Terre végétale puis argile et sable rougeâtre veinés de blanc Argile rouge et blanche	
1,20 à 1,80 m 1,20 à 2 m 2 à 6,5 m	Gaize blanchâtre pulvérulente Argile blanchâtre avec veinules jaunâtres Gaize blanchâtre ou grisâtre d'abord pulvérulente puis de plus en plus compacte vers le bas, quartz silteux, microfossiles (spongiaires abondants, foraminifères)	Cénomaniens
6,60 à 6,75 m 6,75 à 7,85 m 7,85 à 8,25 m 8,25 à 8,50 m 8,50 à 9,50 m 9,50 à 11 m 11 à 17,5 m 17,50 à 18,50 m	Argile glauconieuse faiblement sableuse avec microfossiles (spongiaires, foraminifères, lamellibranches) Sable quartzeux très glauconieux, assez grossier Sable très glauconieux, fin, à dragées de quartz Argile sableuse glauconieuse Sable glauconieux à dragées de quartz et passées argileuses (foraminifères et spongiaires) Sable blanc très fin, non consolidé, spongiaires, peu de glauconie Sable jaunâtre moins glauconieux avec passées argileuses et plaquettes de grès ferrugineux Sable jaunâtre assez grossier, très glauconieux avec quelques dragées de quartz	Sables de la Puisaye
18 à 41 m	Argile noire, faiblement sableuse et peu micacée, (muscovite) avec plaquettes de grès ferrugineux, pyrite, débris charbonneux, rares fossiles (spongiaires, très rares lamellibranches et très rares foraminifères agglutinants)	Argiles de Myennes

Description J.C. Menot

**Sondage 494-1-12, au Nord de Bois-Gibault
(commune de Tracy-sur-Loire)**

x = 642,725 ; y = 2258,75 ; z = 168 m

0 à 2 m	Terre végétale puis sable jaunâtre, faiblement glauconieux	Sables de la Puisaye
2 à 35 m	Argile noire, faiblement sableuse et un peu micacée (muscovite) avec plaquettes de grès ferrugineux, pyrite, débris charbonneux, pratiquement sans microfossiles (rares foraminifères agglutinants)	Argiles de Myennes

Description J.C. Menot

**Sondage 494-1-14, à l'Ouest de Bois-Gibault
(commune de Tracy-sur-Loire)**

x = 642,375 ; y = 2257,725 ; z = 148 m

0 à 0,30 m	Terre végétale sableuse	Alluvions modernes
0,30 à 3 m	Sable assez fin quartzo-feldspathique	
3 à 5 m	Argile noire et sable alluvial mélangés avec un horizon à silex dans la partie inférieure	Éboulis anciens de pied de pente ?
5 à 11 m	Argile faiblement sableuse avec galets de silex ou de gaize	
11 à 21 m	Argile noire très faiblement sableuse, compacte avec passées de grès ferrugineux à 20 m	Argiles de Myennes
21 à 21,50 m	Sable fin argileux	
21,50 à 22,25 m	Argile noire	
22,25 à 23 m	Sable fin argileux	
23 à 25 m	Argile noire, faiblement sableuse	
25 à 29 m	Sable fin, argileux puis sable peu argileux plus grossier.	
29 m	Poudre de calcaire à l'extrémité de la tarière	Calcaires du Barrois

Description J.C. Menot

**Sondage 494-1-13, à l'Est de Bois-Gibault
(commune de Tracy-sur-Loire)**

x = 643,5 ; y = 2258,75 ; z = 174 m

0 à 0,20 m	Terre végétale	
0,20 à 2 m	Argile gris verdâtre légèrement sableuse	Argiles de Myennes
2 à 3,50 m	Sable argileux très fin, brun roux ou verdâtre	
3,50 à 9 m	Argile très faiblement sableuse, gris bleuté	
9 à 11 m	Argile très faiblement sableuse gris bleuté avec passées de 10 à 20 cm d'épaisseur de sable fin argileux	
11 à 13 m	Argile très faiblement sableuse noirâtre avec passées de sable argileux micacé plus épaisses vers le bas	
17 à 20 m	Sable fin, plus ou moins argileux avec passées d'argile sableuse, noirâtre	
20 à 21 m	Argile très faiblement sableuse noirâtre	
21 à 24,70 m	Sable fin, micacé plus ou moins argileux, qui devient plus grossier et peu argileux vers le bas et renferme des petits galets de quartz	
24,70 à 25 m	Poudre blanchâtre, donc calcaire tithonien dans lequel la tarière refuse de s'enfoncer	Calcaires du Barrois

Description J.C. Menot

**Sondage 494-2-1, métairie Buchet
(commune de Pouilly-sur-Loire)**

x = 650,8 ; y = 2253,1 ; z = 162 m

0 à 2 m	Terre végétale		
2 à 12 m	Calcaire micritique gris-beige avec quelques bioclastes		Calcaires de Bazames
12 à 27 m	Calcaire gris, oolitique et bioclastique (échinodermes et brachiopodes)		
21 à 33 m	Calcaire micritique gris avec quelques bioclastes	Calcaires de Cravant	Calcaires lités inférieurs
33 à 39 m	Marne jaunâtre avec quelques oolites et bioclastes	Marnes de Fougilet	
39 à 79 m	Calcaire micritique gris bleuté avec passées de calcaire argileux et mame	Calcaire de Vermenton	
79 à 85 m	Calcaire oolitique et bioclastique jaunâtre		Calcaires oolitiques de La Charité

Description J.C. Menot, P. Bernard

**Sondage 494-2-11, le Petit-Soumard
(commune de Saint-Andelain)**

x = 648,00 ; y = 2258,05 ; z = 210 m

0 à 12 m	Marne bleu-noir	Marnes et calcaires à <i>Nanogyra virgula</i>
12 à 14 m	Calcaire micritique gris riche en exogyres	
14 à 40 m	Marne bleu-noir, présence de bancs peu épais (20 à 30 cm) de calcaire argileux gris	
40 à 42 m	Alternance de marne bleu-noir et de calcaire micritique gris, débris coquilliers noirs	
42 à 48 m	Marne bleu-noir	
48 à 59 m	Calcaire micritique gris, présence de grains noirs subsphériques	

Interprétation B. Roy

Sondage 494-2-12, à Saint-Laurent

x = 649,75 ; y = 2260,23 ; z = 169 m

0 à 4 m	Terre végétale puis argile riche en cailloux calcaires	
4 à 26 m	Calcaire micritique beige à bioclastes et oolites rouges disséminées en quantité variable, quelques quartz silteux, joints de calcaire argileux entre les bancs	Calcaires de Villiers
26 à 60 m	Calcaire micritique à tendance crayeuse, à bioclastes de brachiopodes, madréporaires, échinodermes	Calcaire de Tonnerre

Interprétation J.C. Menot, P. Bernard

**Sondage 494-2-13 à Chevroux
(commune de Saint-Quentin-sur-Nohain)**

x = 651,00 ; y = 2259,18 ; z = 186 m

0 à 7 m	Argile sableuse brune avec granules ferrugineux	Sables et argiles du Bourbonnais piégés dans une fissure
7 à 14 m	Calcaire micritique blanc crème ou beige	Calcaire de Tonnerre
14 à 20 m	Galets de calcaire micritique blanc crème, emballés dans de l'argile brune	Fissure avec argile de décalcification et galets de Calcaire de Tonnerre
20 à 24 m	Argile brune	
24 à 27 m	Galets de calcaire blanc micritique avec quelques oolites	
27 à 32 m	Argile brune	
32 à 38 m	Galets de calcaire blanc, finement oolitique	
38 à 62 m	Calcaire micritique blanc crème, crayeux	Calcaire de Tonnerre
62 à 94 m	Calcaire oolitique blanc	Oolite de Suilly-la-Tour
94 à 98 m	Calcaire à grain fin blanc jaunâtre à rares oolites	Sommet des Calcaires de Bazames ?

Interprétation J.C. Menot, P. Bernard

**Sondage 494-2-14, à Chaume
(commune de Saint-Quentin-sur-Nohain)**

x = 652,4 ; y = 2257,17 ; z = 185 m

0 à 5,50 m	Terre végétale puis argile brune avec cailloux calcaires		
5,50 à 33 m	Calcaire blanc crème, crayeux avec rares oolites		Calcaire de Tonnerre et Oolite de Sully-la-Tour
33 à 37 m	Calcaire micritique fragmenté + sable de calcaire oolitique + argile brune de décalcification	remplissage de fissure	
37 à 44 m	Blocs de calcaire jaunâtre oolitique et bioclastique mélangés avec un sable calcaire oolitique et de l'argile brune de décalcification		
44 à 48 m	Calcaire blanc, finement oolitique + calcite + argilite de décalcification		
68 à 70 m	Calcaire micritique blanc crème		
70 à 83 m	Calcaire micritique gris avec débris de lamellibranches et rares petits oolites blanches		Calcaires de Bazarnes

Interprétation J.C. Menot

**Sondage 494-2-15, à Chaume
(commune de Saint-Quentin-sur-Nohain)**

x = 652,47 ; y = 2256,77 ; z = 186 m

0 à 5,40 m	Terre végétale puis argile brune sableuse emballant des cailloux de calcaire		
5,40 à 9 m	Calcaire blanc crayeux à polypiers		Calcaires de Tonnerre et Oolite de Suilly-la-Tour intercalés
9 à 17 m	Calcaire blanc oolitique et bioclastique		
17 à 27 m	Calcaire blanc crayeux		
27 à 41 m	Calcaire oolitique et bioclastique blanc crème		
41 à 63 m	Calcaire micritique gris clair avec rares petites oolites blanches, débris d'organismes (échinodermes et lamellibranches) et quelques petits quartz, quelques horizons faiblement argileux		Calcaires de Bazarnes
63 à 80 m	Calcaire micritique gris, assez riche en fines oolites blanches et bioclastes	Calcaires de Cravant	Calcaires lités inférieurs
80 à 86,50	Alternance de mame et de calcaire micritique argileux gris à oncolites dont les nuclei sont des fragments d'huîtres	Marnes de Fougilet	
86,50 à 94	Calcaire micritique gris	Calcaires de Vermenton supérieur	

Interprétation J.C. Menot, P. Bernard

**Sondage 494-2-16, à la Buffière
(commune de Suilly-La-Tour)**

x = 654,27 ; y = 2257,5 ; z = 194 m

0 à 2,50 m	Argile sableuse brune	Sables et argiles du Bourbonnais
2,50 à 4,50 m	Argile brune	
4,50 à 22 m	Calcaire beige compact finement oolitique à matrice importante (oomicrite)	Oolite de Suilly-la-Tour
22 à 32 m	Calcaire micritique gris, à fines oolites blanches et nombreuses petites huîtres	Calcaires de Bazarnes
32 à 45 m	Pas d'échantillons récupérés	
45 à 94 m	Calcaire micritique gris	Calcaires de Cravant + Calcaire de Vermenton = Calcaires lités inférieurs
94 à 97 m	Calcaire argileux et mame	
97 à 112 m	Calcaire oolitique beige	Calcaires oolitiques de La Charité

Interprétation J.C. Menot, P. Bernard

**Sondage 494-3-3, Centre géophysique de Garchy
(commune de Garchy)**

x = 655,3 ; y = 2255,4 ; z = 188 m

0 à 13,50 m	Calcaire micritique gris	Calcaires de Cravant Calcaires lités inférieurs
13,5 à 54 m	Calcaire finement oolitique beige puis bleuté	Calcaires oolitiques de La Charité
54 à 80 m	Calcaire oolitique et bioclastique grossier	
80 à 90 m	Calcaire finement oolitique	Calcaires à oolites et bioclastes de Narcy
90 à 127 m	Calcaire à grain fin un peu glauconieux à rares débris siliceux (chailles) vers la base	Calcaires fins glauconieux des Bertins
127 à 134 m	Calcaire à grain fin avec interbanes de marnes feuilletées	
134 à 135 m	Calcaire micritique gris à très rares oolites ferrugineuses	
135 à 150 m	Calcaire à grain fin (pelsparite) dur de teinte grise avec débris coquillers et chailles	«Pierre de Nevers»

Interprétation J.C. Menot, B. Roy

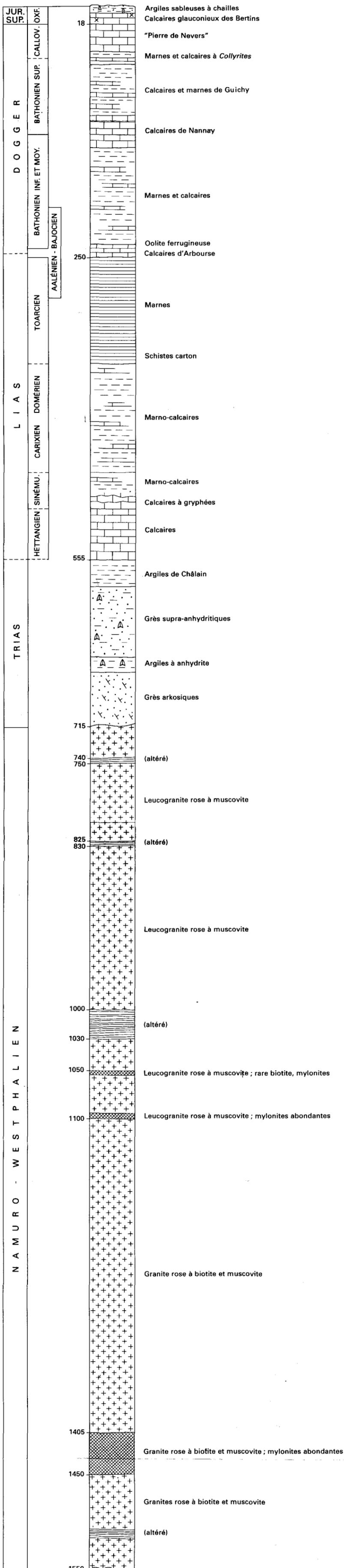
**Sondage 494-6-21, ferme des Aillots
(commune de Varennes-lès-Narcy)**

x = 653,225 ; y = 2245,725 ; z = 187 m

0 à 0,80 m	Terre végétale sablo-argileuse	
0,80 à 3,50 m	Argile brune avec quelques cailloux calcaires	
3,50 à 17 m	Calcaire micritique gris avec quelques oolites disséminées	Calcaires de Bazarnes
17 à 25,50 m	Calcaire jaunâtre faiblement bioclastique	Calcaires oolitiques de La Charité
25,50 à 43 m	Calcaire oolitique blanc avec petites huîtres	
43 à 50 m	Calcaire finement oolitique jaunâtre à rares madréporaires	
50 à 68 m	Calcaire oolitique blanc à bioclastes et polypiers	
68 à 76 m	Calcaire oolitique et bioclastique blanchâtre	

Description J.C. Menot

x = 659,47
y = 2258,33

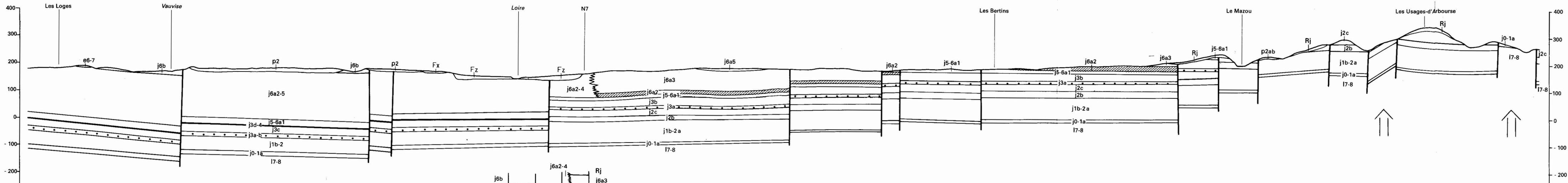


COLONNE STRATIGRAPHIQUE DU FORAGE SAINTE-COLOMBE 1 494-3-002

Interprétation S. Debrand-Passard, R. Gable, A.-M. Hottin et G. Lablanche (1989)

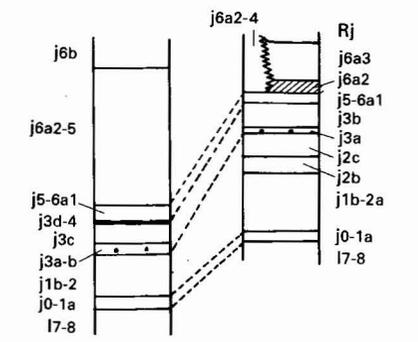
C

WSW



D

ENE



Détails des variations de faciès et de puissance de part et d'autre de la Loire



Mouvements relatifs des panneaux

j3d-4
j3c

Terrains affleurants au sud sur la carte Nevers