

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

NEVERS

NEVERS

La carte géologique à 1/50 000
NEVERS est recouverte par la coupure
NEVERS (N° 123)
de la carte géologique de la France à 1/80 000.

Sancerre	La Charité- s-Loire	Prémery
Nérondes	NEVERS	St-Saulge
Dun- s-Auron	Sancoins	Decize

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
DES P et T ET DU TOURISME
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France



BRGM

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
NEVERS A 1/50 000**

par

J.H. DELANCE, G. LABLANCHE, L. CLOZIER

avec la collaboration de

**S. DEBRAND-PASSARD, Y. GROS, J. CORNET, Cl. MARTINS, Ch. VAUTRELLE,
M. GRATIER**

1988

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
HISTOIRE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	7
<i>JURASSIQUE</i>	7
<i>CRÉTACÉ</i>	17
<i>TERTIAIRE</i>	17
<i>PLIO-QUATERNAIRE</i>	20
<i>QUATERNAIRE</i>	26
TECTONIQUE	33
LA PRÉHISTOIRE ET LES SOLS	35
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	37
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	37
<i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i>	45
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	45
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	45
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	47
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	54
AUTEURS DE LA NOTICE	54

INTRODUCTION

Le territoire couvert par la feuille Nevers se situe dans la partie amont du "Val de Loire", juste au Nord de son confluent avec l'Allier. Le fleuve, dont le lit majeur atteint une largeur de 4 km, a une direction méridienne d'écoulement ; il divise le territoire en deux régions bien distinctes sur les plans géographique et géomorphologique. A l'Ouest les versants peu élevés de la vallée principale se prolongent par les grandes étendues de la Champagne berrichonne. Au Sud-Ouest, le paysage bocagé prolonge la "Vallée de Germigny" (feuille Sancoins). A l'Est, les versants plus escarpés s'ouvrent sur le paysage tourmenté des monts et des vaux de Nevers et de Pougues-les-Eaux. La marge nord de la feuille montre le début des grands entablements qui s'étendent largement sur la feuille la Charité-sur-Loire. Cette division traduit la présence de deux domaines sédimentaires distincts qui ont fonctionné de manière sensiblement différente durant une grande partie du Jurassique, et dont la frontière se place approximativement au niveau de la vallée de la Loire.

La faille de Sancerre constitue l'accident le plus important. En profondeur elle est bordée sur son côté ouest par l'anomalie magnétique du Bassin de Paris. De nombreux grands accidents méridiens ou sub-méridiens sont également visibles, qui orientent les principaux cours d'eau, l'Aubois, la Loire et les Nièvrès. La douceur des reliefs est accentuée par la présence d'un important manteau de terrains superficiels couverts de bois. Ceux-ci occupent plus de la moitié de la superficie de la carte. Ce trait joint à l'extrême rareté des affleurements en terrain découvert a souvent découragé les recherches de sorte que, mis à part quelques travaux ponctuels (A. Panthier, 1927), la connaissance géologique de cette région reposait jusqu'ici sur la carte géologique à 1/80 000 Nevers publiée en 1894 (et réimprimée en 1945). La mise au point de techniques appropriées de lever jointes à l'exploitation systématique d'assez nombreuses coupes temporaires (fouilles de constructions, travaux routiers,...) ont permis une progression notable dans la connaissance de l'histoire géologique de la région, que nous nous sommes efforcés de transcrire dans cette notice.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE SOMMAIRE

A la fin de l'ère primaire, des terrains permo-carbonifères, le plus souvent détritiques, vont se déposer sur les formations antérieures.

La base du Secondaire marque l'individualisation du Bassin de Paris dont le remplissage va s'échelonner jusqu'au Quaternaire.

Les premiers dépôts triasiques, constitués de sables, de grès parfois grossiers, de dolomies, d'argiles bariolées, témoignent de l'importance de l'érosion à laquelle sont soumises les terres émergées ainsi que des pulsations qui affectent le Bassin de Paris (dépôts continentaux, lagunaires, voire marins).

Au Lias, l'invasion marine, qui recouvre toute la région, nous donne des dépôts plus fins, argileux et calcaires.

Sur le territoire de la feuille Nevers, les terrains les plus anciens appartiennent au Domérien qui est constitué de marnes et de calcaires bioclastiques.

Au Toarcien et à l'Aalénien inférieur, la sédimentation essentiellement marneuse passe progressivement dans sa partie supérieure à des argiles avec des intercalations de bancs calcaires.

Au cours de l'Aalénien supérieur et du Bajocien inférieur s'installe une sédimentation carbonatée à laquelle succède une importante série à dominante marneuse, correspondant aux dépôts du Bajocien supérieur jusqu'au Callovien supérieur. La présence d'un niveau à oolithes ferrugineuses en rive droite de la Loire (Bajocien moyen), de faciès à entroques, témoignent d'un milieu peu profond et agité.

La Bathonien inférieur et moyen est à dominante argileuse avec quelques bancs calcaires alors que le Bathonien supérieur est constitué de deux ensembles calcaires encadrant une épaisse assise marneuse.

Le Callovien inférieur est essentiellement marneux, d'aspect sableux, tandis que le Callovien moyen, calcaire à l'Est (Pierre de Nevers), est nettement plus marneux à l'Ouest. Le Callovien supérieur et l'Oxfordien inférieur lenticulaires sont constitués d'argiles et d'oolithes ferrugineuses. Les séries constituant le Dogger sont dans l'ensemble beaucoup plus puissantes à l'Est (rive droite de la Loire) qu'à l'Ouest.

L'Oxfordien moyen et supérieur débute par les marno-calcaires à grains de glauconie et spongiaires à l'Est et par des marnes à spongiaires à l'Ouest. Au-dessus vient une puissante série de calcaires à faciès oolithique ou construit (rive droite de la Loire) alors que les calcaires lités prédominent en rive gauche.

L'émersion fini-jurassique est difficile à préciser. Au-dessus, quelques décimètres carrés d'une formation sableuse renfermant deux oursins silicifiés d'âge cénomanien témoignent, avec réserve, de la présence du Crétacé.

A l'Eocène un climat tropical favorise une puissante action pédologique. Plusieurs phases de cuirassement successives vont affecter les terrains affleurants. La fin de l'Eocène et l'Oligocène voient un ralentissement de l'érosion. Un système de failles, orienté sensiblement Nord-Sud, délimite des fossés d'effondrement. Le lessivage entraîne et concentre les altérites dans les dépressions (anciennes minières de fer). Ces dépôts sont ensuite recouverts par des lacs à l'origine des Calcaires du Nivernais.

Le Miocène n'a pas été reconnu.

Au Pliocène, des dépôts détritiques fluviaux et fluviolacustres, assez considérables par leur épaisseur et la surface qu'ils couvrent, se mettent en place dans les Limagnes d'Auvergne, la Sologne bourbonnaise et le Berry (fossé de la Loire). Ils témoignent des premiers écoulements Sud-Nord de la Loire et de l'Allier. Leur mise en place procède de modifications climatiques associées à des phénomènes tectoniques, rejeux des accidents N-S avec exhaussement des bordures et affaissement d'une zone déprimée : fossé de la Loire et de l'Aubois (Allier).

La région comprise entre les plateaux calcaires du Nivernais à l'Est de la Loire et la plaine calcaire de la Champagne berrichonne à l'Ouest doit à cette formation dite des Sables et argiles du Bourbonnais, ses principales caractéristiques.

Au cours du Quaternaire, l'encassement progressif du réseau hydrographique est à l'origine du dépôt de terrasses étagées. Le modelé du relief actuel, lié en majeure partie à l'action des mécanismes alluviaux, résulte également de l'intervention des divers processus de dégradation périglaciaire ; ceux-ci, par colluvionnement ou solifluxion, sont à l'origine du déplacement sur les pentes de matériaux meubles.

DESCRIPTION DES TERRAINS

JURASSIQUE

16. **Domérien. Marnes sombres et calcaires.** Prolongeant les affleurements de la feuille Sancoins, le Lias moyen (Domérien) affleure dans la portion sud-occidentale.

A la base il est représenté par la partie supérieure des marnes brun sombre à *Amaltheus margaritatus* riches en bélemnites et en microfaune.

Le sommet de la formation comporte des intercalations de calcaires bioclastiques faiblement argileux. La macrofaune est abondante dominée par les bivalves, nombreuses *Plicatula pectinoides*, *Aequipecten aequivalis*, *A. acutiradiatus*, *Entolium*, *Plagiostoma harmeni*, *Gryphaea gigantea*, auxquels sont associés bélemnites (*Hastites clavatus*), brachiopodes (*Spiriferina munsterii*, *Zeilleria quadrifida*, *Lobothyris* sp.) et céphalopodes (nautiles, *Pleuroceras* sp.) notamment. Ces calcaires sont les équivalents du Banc de Roc de l'Ouest du Bassin de Paris et des calcaires à gryphées géantes de Bourgogne ; ils caractérisent la zone à Spinatum.

17-8. **Toarcien — Aalénien inférieur. Marnes et argiles grises.** La série liasique se termine par un ensemble argilo-marneux. Il est visible au Sud-Ouest de la feuille et près du Bec d'Allier le long de la côte de Marzy.

Dans sa partie inférieure, cet ensemble est essentiellement marneux. On y observe vers la base, Sud-Ouest de la feuille, un petit niveau de schistes carton, ainsi que quelques développements de structures *cone-in-cone*. Les marnes relativement fossilifères ont permis de reconnaître des niveaux à *Dactyloceras* sp., *Harpoceras falcifer*, *Hildoceras bifrons* ; elles renferment également de petits gastéropodes (*Amphitrochus subduplicatus*, *Palaeonucula hammeri*,...), des bivalves (*Astarte voltzi*, *Amussium pumilus*) et des bélemnites (*Megateuthis tripartitus*).

Dans la partie supérieure, les marnes passent progressivement à des argiles grises peu riches en macrofaune. Dans le tiers supérieur s'intercalent des bancs décimétriques de calcaires argileux gris-beige, riches en fossiles pouvant former de véritables lumachelles à *Gryphaea (Bilobissa) pictaviensis* associées par places à des peuplements d'*Homeorhynchia cynocephala*. La microfaune a livré *Lenticulina orbigny*. Les ammonites présentes dans cette partie supérieure : *Pseudogrammoceras fallaciosum*, *Hammatoceras* gr. *speciosum*, et *Pleydellia* cf. *mactra*, *P.* aff. *aalensis* (dans les lumachelles à gryphées et rhynchonelles) indiquent la présence d'une grande partie du Toarcien supérieur (zones à Insigne et Aalensis) ; seule la zone à *Pseudoradiosa* n'a pas été reconnue avec certitude. Il semble ainsi qu'une large partie du Toarcien moyen manque (zones à *Variabilis* et *Thouarsense*).

j9-j1a. **Aalénien supérieur — Bajocien inférieur et moyen. Calcaires organodétritiques.** Cette formation se rencontre d'une part dans la partie occidentale et d'autre part le long de la rive droite de la Loire entre Marzy et Fourchambault (Pierre de Marzy). Son épaisseur semble diminuer quelque peu d'Ouest en Est de 10-15 m à 5-9 mètres.

Il s'agit d'un calcaire dur, cristallin, biodétritique, à patine jaune. Le microfaciès est celui d'une biomicrosparite. Les bioclastes sont de nature variée (crinoïdes et autres échinodermes, bivalves, bryozoaires, coelentérés...). Les débris à crinoïdes sont les plus abondants et forment parfois de véritables encrinites. Au toit de ces calcaires se trouve un niveau à nubéculaires encroûtants (*Nubecularia reicheli*). La macrofaune souvent disloquée s'est diversifiée et contient maintenant des brachiopodes (*Dundrythyris perovalis*), des gastéropodes (*Pleurotomaria*), des bivalves (pectinidés, *Trigonia formosa*, *Catinula*, *Ctenostreon*) et de rares échinides. Les ammonites, également rares, sont essentiellement des *Sonninia* souvent mal préservées et quelques *Witchellia* et *Dorsetensia*. Il faut rappeler la présence, dans la partie sud, des spécimens de *Lioceras opalinum* à la base des calcaires, indiquant un âge Aalénien supérieur pour la partie basale de ces dépôts.

Sur la rive droite de la Loire (Fourchambault, Garchizy), les calcaires sont surmontés par quelques décimètres d'un calcaire argileux à oolithes ferrugineuses. Homologue de l'oolithe ferrugineuse de Sermoise (feuille Sancoins), il est daté, par ammonites, du Bajocien moyen. Cartographiquement, il apparaît que ce niveau ferrugineux a une distribution discontinue.

Bajocien supérieur — Oxfordien supérieur. Les calcaires bioclastiques du Bajocien inférieur sont surmontés par une importante série à dominante marneuse, dont l'âge est Bajocien supérieur à Oxfordien supérieur. Les divers termes composant cette série présentent des différences sensibles, dans leur composition et/ou dans leur puissance, de part et d'autre d'un "axe" Nord-Sud coïncidant sensiblement avec le tracé de la Loire. Ces différences nécessitent des descriptions séparées.

j1b-2a. **Bajocien supérieur — Bathonien inférieur. Alternance de calcaires argileux et de marnes.** A l'Est de la Loire, la formation se présente comme une alternance assez régulière de calcaires micritiques et de marnes sombres. Les bancs de calcaires faiblement argileux de couleur gris-beige à noire, sont épais de 10 à 20 cm et se débitent en miches. L'épaisseur du Bajocien supérieur est d'environ 20 à 30 mètres.

La formation se termine par un banc plus calcaire contenant des galets, de taille variable, perforés (*Lithophaga bajociana*) à leur périphérie et parfois encroûtés de serpules à leur partie inférieure. Ce niveau est surmonté par place par quelques centimètres d'un calcaire beige faiblement argileux pétri de pseudo-oolithes ferrugineuses.

La macrofaune peu abondante dans la portion inférieure de la formation était constituée de bivalves fouisseurs (*Pholadomya*,...) et de rares ammonites (*Garantiana garantiana*). Dans la partie supérieure, les fossiles deviennent nettement plus abondants : bivalves (*Pleuromya*, *Trigonia*, *Gonyomia*,...), bélemnites (*Belemnopsis bessinus*), brachiopodes (*Aulacothyris* cf. *meriani*, *Ferrythyris ferryi*, *Morrisithyris phillipsi*, *Formosarhynchia* aff. *formosa*,...) et nombreuses ammonites (*Parkinsonia parkinsoni*, *P. acris*, *P. aff. neuffensis*, *Procerites*, *Morphoceras macrescens*, *Ebrayicerias*, *Oxycerites*,...). Ces fossiles

indiquent la présence des deux zones (Garantiana et Parkinsoni) du Bajocien supérieur. Le niveau à pseudo-oolithes ferrugineuses est daté de la base du Bathonien, zone à Zigzag.

La microfaune est riche notamment dans la partie supérieure de la formation : *Lenticulina munsteri*, *L. polymorpha*, *L. galatea*, *Lingulina* sp., *Tristix oolithica*, *T. somaliensis*, *Fronicularia oolithica*, *Citharina condita*,...

j1b-2. **Bajocien supérieur et Bathonien. Calcaires et marnes.** A l'Ouest de la Loire, cette formation affleure au Sud de Cours-les-Barres et près de Saint-Hilaire-de-Gondilly. Il s'agit également d'une alternance de calcaires argileux et de marnes qui se termine par un banc calcaire perforé de lithophages. Différence importante avec la rive droite où le niveau sus-jacent à pseudo-oolithes ferrugineuses n'a pas été reconnu. Bien que la fracturation des compartiments ne permette pas de suivre le contact avec les calcaires sous-jacents, il semble que cette formation soit moins épaisse sur la rive droite du fleuve où sa puissance ne semble pas dépasser 15 mètres.

j2b-c. **Bathonien. Marnes avec intercalations de niveaux calcaires.**

Bathonien inférieur et moyen. A l'Est de la Loire, dans leur partie inférieure, les dépôts de calcaires sont à dominante argileuse : calcaires argileux beiges en bancs compacts et marnes plus ou moins feuilletées, à patine beige clair. Il n'y a pas de véritable alternance calcaires-marnes. Près de la base s'intercalent quelques décimètres de calcaires micritiques clairs en plaquettes centimétriques riches en petites rhynchonelles silicifiées (*Rhynchonelloidella globosa*). Ailleurs la macrofaune est relativement peu abondante : bivalves fousseurs (*Homomya*, *Pholadomya*, *Gresslya*...) et ammonites (*Procerites*, *Siemiradzka demariae*, *Wagnericeras fortcostatum*, *W. pseudosubtilis*, *W. costatum*). La microfaune relativement peu abondante et peu diversifiée rappelle beaucoup celle des marnes bajociennes (*Lenticulina munsteri*, *L. polymorpha*, *Dentalina bicornis*, *Fronicularia oolithica*). Quelques ostracodes sont associés à ces foraminifères. Le microfaciès des niveaux calcaires est celui d'une biomicrite légèrement poreuse à micropellets et filaments ; vers le haut, certains niveaux renferment des petits terriers verticaux ou subverticaux. La majeure partie de cette série correspond au Bathonien inférieur ; le Bathonien moyen mal repéré paraît peu développé. L'épaisseur totale de la formation, difficile à estimer avec précision, semble être de l'ordre de 40 à 60 mètres.

A l'Ouest de la Loire, la série est notablement plus réduite en épaisseur. Dans la partie inférieure, le faciès est nettement carbonaté. C'est un calcaire argileux gris clair à jaune en bancs décimétriques, dont le microfaciès est celui d'une biomicrite à filaments contenant par places des granules ferrugineux. Il est surmonté par des marnes beiges. La macrofaune contient essentiellement des bivalves fousseurs. A Apremont (feuille Sancoins), la partie calcaire a livré des ammonites du Bathonien inférieur (zone à Zigzag).

Bathonien supérieur. A l'Est de la Loire, le Bathonien supérieur est constitué par trois termes : deux ensembles calcaires encadrant une épaisse assise marneuse.

La formation débute par quelques mètres de calcaires poreux, faiblement argileux, à patine claire, disposés en bancs décimétriques soulignés par des interlits argileux. Le microfaciès est celui d'une biomicrite à filaments. La macrofaune est très abondante et variée : brachiopodes (*Ornithella (Digonella) digona*, *O. (Obovothyris) obovata*, *Eudesia cardium*, *Cererithyris fleischeri*,

Rhynchonelloidella nivernensis, *R. curviviarians*), bivalves (*Pholadomya lirata*, *Homomya vezelayi*, *Inoperna plicatus*, *Modiolus cuneatus*,...), échinides (*Pygomalus analis*) et ammonites (*Clydoniceras discus*, *Delecticeras legayi*, *Paroecotraustes maubeugei*, *Homeoplanulites*, *Bullatimorphites bullatus*, *Oxycerites aspidoides*...). La microfaune a livré des ostracodes et des foraminifères (*Lenticulina quenstedti*, *L. mamillaris*, *Flabellamina*...). Les brachiopodes et les ammonites permettent de dater ces faciès du Bathonien supérieur ; ils attestent la présence de la zone à *Discus* et vraisemblablement, à la base, de la zone à *Retrocostatum*. D'ailleurs plus à l'Est (sur la feuille adjacente Saint-Saulge), un exemplaire de *Prohctioceras retrocostatum* a été récolté dans des faciès équivalents et avec la même association faunique.

Ces niveaux sont surmontés par une puissante assise de marnes et argiles compactes bleues, à patine blanche, à débit conchoïdal. Elles sont pratiquement dépourvues de macro- et de microfaune. Leur épaisseur est difficile à apprécier avec exactitude, elle paraît varier entre 30 et 40 mètres.

L'assise marneuse est surmontée par un ensemble de dominante calcaire mais de nature variée. Le plus souvent les marnes passent à des calcaires faiblement argileux, à stratification peu marquée ; de couleur claire, à patine blanche, ils apparaissent lardés de petits terriers à remplissage verdâtre ou ocre. Le microfaciès est celui d'une biopelmicrite à microfilaments. Ces calcaires peuvent s'intercaler vers le haut de lits argileux. Plus généralement ils sont surmontés de calcaires francs, en bancs de 10 à 20 cm, riches en débris organiques principalement bryozoaires et tubes de serpules ; également des débris de bivalves et de brachiopodes, parfois des restes d'échinodermes (crinoïdes, radioles,...) sont abondants. Le microfaciès est celui d'une biopelmicrosparite ou d'une biomicrosparite, quelquefois celui d'une encrinite. La macrofaune est nettement moins abondante et diversifiée qu'à la base de la formation. Les groupes dominants sont les bivalves (*Ph. lirata* et autres fousseurs, ostréidés,...) et les brachiopodes (*Cererithyris*, *E. cardium*, *Goniorhynchia maxima ligERICA*, *Dictyothyris coarctata* et *Kutchirhynchia morieri*). Ces deux dernières espèces n'ont pas été rencontrées dans les calcaires de base de la formation. En ce qui concerne les céphalopodes, seuls deux exemplaires de *Clydoniceras cf. discus* ont été trouvés. L'épaisseur de cet ensemble supérieur varie de 4 à 8 mètres. Les calcaires bioclastiques sont nettement développés vers le Nord (Chaulgnes - Perthuisseau).

A l'Ouest de la Loire, la série du Bathonien supérieur apparaît nettement moins épaisse qu'en rive droite du fleuve. Elle est essentiellement marneuse avec des intercalations de calcaires argileux. La macrofaune, assez diversifiée, diffère peu dans sa composition des faunes décrites en rive droite ; les brachiopodes en constituent un élément important (citons notamment *Goniorhynchia maxima ligERICA*).

j3a, j3b, j3c, j3b-c. **Callovien inférieur et moyen. Calcaire sableux, calcaire argileux (Pierre de Nevers), marnes à brachiopodes.**

j3a. **Calcaire sableux.** A l'Est de la Loire, généralement riche en fossiles variés, le Callovien inférieur s'identifie aisément. Malheureusement il affleure de manière discontinue et fragmentaire ce qui ne permet pas d'en apprécier le développement et l'épaisseur avec exactitude. Ainsi les meilleures coupes sont temporaires et n'ont pu être levées qu'à la faveur de travaux (voirie, fondations). On reconnaît dans la série deux termes.

A la base des marnes, d'aspect plus ou moins sableux, de couleur gris-beige, à patine brune, sont entrecoupées d'horizons de calcaires fins argileux ou franchement biodétritiques, de 10 à 20 cm d'épaisseur, disposés en lits discontinus. Le microfaciès des calcaires est celui de biopelmicrite à filaments ou de biomicrosparite. La macrofaune abondante est relativement peu diversifiée. Elle comprend principalement des bivalves fousseurs (*Pholadomya deltoidea*, *Ph. crassa*, *Gresslya* sp., *Pleuromya*,...) ou épibenthiques (*Aequipecten fibrosa*, *Plagiostoma subcardiiformis*, ostréidés), des brachiopodes (*Dictyothyris smithi*, *Ornithella* (*D.*) *divionensis* et surtout *Rhynchonelloidella spathica*) et des céphalopodes. On note plus sporadiquement la présence d'échinides (*Collyrites elliptica*). Les céphalopodes sont presque entièrement représentés par la famille des macrocéphalidés : *Macrocephalites macrocephalus* (avec les formes macroconques *macrocephalus* et microconques *typicus* et *dolius*), *M. compressus* (microconque), *Kamptocephalites herveyi* (microconque *kamptus* et *herveyi*). On rencontre également *Reineckeites douvillei*, *Reineckeia tyranites*, *R. pictavia*, *Choffatia* cf. *villanyensis*, *Elatmites*, *Subgrossouvria* gr. *recuperoi*... Cette faune indique la présence de la zone à *Macrocephalus* (quoique la présence de la sous-zone inférieure à *Bullatus* ne soit pas assurée) et de la partie inférieure de la zone à *Gracilis* (sous-zone à *Koenigi*).

Dans la partie supérieure, la série est bien diversifiée dans sa lithologie. On peut distinguer trois cas de figure :

- la série reste nettement marneuse et, en continuité avec le dispositif sous-jacent, vient une alternance de marnes beiges d'aspect feuilleté et de calcaires argileux en bancs décimétriques ;
- dans les marnes apparaissent 2 à 4 bancs assez massifs (pouvant atteindre 50 cm d'épaisseur) de calcaires gris clair, avec des concrétions ferrugineuses, biodétritiques ou même franchement crinoïdiques (biomicrosparite à encrinite). Des lits de calcaire argileux apparaissent au sommet ;
- sur les marnes inférieures se développe une zone d'oolithes ferrugineuses, soit dans une matrice de calcaire argileux gris clair soit dans une matrice de calcaire bioclastique.

Ces terrains sont très fossilifères (particulièrement les niveaux d'oolithes ferrugineuses) et la faune y est plus diversifiée que dans la partie inférieure de la série. On reconnaît des gastéropodes (*Pleurotomaria*,...), des bivalves (*Lopha*, *Ctenostreon*, *Pleuromya*,...), des échinides (*C. elliptica*, *Nucleolites* cf. *pulvinatus*, *Holactypus*,...), des brachiopodes (*D. smithi*, *Ornithella* sp., *Dorsoplicathyris* gr. *dorsoplicata*, *Aulacothyris pala*, *R. spathica*, *Septaliphoria mourdoni*). Les céphalopodes sont nombreux : *Indosphictes* cf. *patina*, *Macrocephalites lamellosus*, *Kamptocephalites tumidus*, *Hecticoceras*, *Chanasia turgida*, *Grossouvria*, *Reineckeites douvillei*, *Reineckeia* sp., *Kosmoceras enodatium*, *K. jason*.

Cette faune indique le sommet du Callovien inférieur (zone à *Gracilis*, sous-zone à *Patina*) et la base du Callovien moyen (zone à *Jason*, sous-zone à *Medea*). Il semble que la série diminue d'importance du Sud au Nord ; la réduction d'épaisseur affecte principalement la partie inférieure marneuse de la série.

A l'Ouest de la Loire, le Callovien inférieur (j3a) affleure près du fleuve (Cours-les-Barres) ainsi que près de Saint-Hilaire-de-Gondilly et Garigny, dans des zones fortement fracturées qui rendent les conditions d'observation très médiocres. Cependant on y reconnaît deux termes. A la base des marnes brunes, d'aspect sableux, sont entrecoupées de calcaires fins faiblement

argileux ou de calcaire "grenus", bioclastiques ; au-dessus vient une oolithe ferrugineuse dans une matrice de calcaire argileux ou de calcaire bioclastique. La macrofaune est abondante et variée, principalement dans le terme supérieur. Elle comprend des bivalves (*P. subcardiiformis*, *Lopha*, *A. fibrosa*, *Ph. deltoidea*,...), des brachiopodes (*D. smithi*, *O. (D.) divionensis*, *R. spathica*, *A. pala*,...), des échinides (*C. elliptica*) et de nombreux céphalopodes. Parmi ceux-ci les Macrocéphalites restent importants [*M. macrocephalus* (macroconque *macrocephalus*, microconque *dolius*), *M. lamellosus* (microconque *lamellosus*), *M. compressus* (microconque *gracilis*), *K. herveyi* (microconques *kamptus* et *herveyi*), *K. tumidus* (microconque)]. En outre on rencontre *Bullatimorphites bullatus*, *Elatmites* sp., *Oxycerites tilli*, *Indosphinctes* cf. *luceyensis*, *Reineckeia* sp., *Reineckeites savarensis*, *R. revili*, *Hecticoceras* cf. *canaliculatum*, *Gulimiceras gulielmi*, *Kosmoceras jason*...

Ces fossiles permettent de reconnaître la même succession zonale qu'en rive droite depuis la base de la zone à *Macrocephalus* jusqu'à la base de la zone à *Jason* (sous-zone à *Medea*). Néanmoins on note ici une épaisseur moindre de la série ainsi que la présence constante d'oolithes ferrugineuses à son sommet.

j3b, j3c, j3b-c. **Callovien moyen et supérieur p.p. Calcaires et marnes.** A l'Est de la Loire, le Callovien moyen (j3b-c) est représenté par la formation calcaire dite de la Pierre de Nevers, puissante de 25 à 30 m qui forme l'ossature des grands reliefs de la région (Côte de Soulangy, Mt. Givre, Montapin,...). Il s'agit d'un calcaire peu argileux (70 %-80 % Ca CO₃), de couleur claire, gris à beige rosé, à patine blanc jaunâtre, bien stratifié : en bancs épais (50 à 80 cm), veinés de chailles oblongues. La partie inférieure est représentée par des bancs plus minces (20-30 cm), séparés par des lits marneux dans le haut. Le dernier banc est, en règle générale, constitué par un calcaire très dur, de couleur gris-bleu (à patine beige à brune) dont la surface supérieure est irrégulière et plus ou moins ferruginisée ; parfois ce banc est fortement carié. Le microfaciès très homogène est de type *wackestone*. La Pierre de Nevers fut longtemps utilisée comme pierre de taille comme l'attestent la plupart des monuments et grands édifices de la ville ; malheureusement l'importance de la fraction argileuse la rend sensible au gel et elle s'effrite à la longue ce qui en fait un matériau assez médiocre pour la construction.

La macrofaune est représentée par des ostracodes et des foraminifères (*Spirillina* sp., *Lenticulina*...). La macrofaune est assez abondante et diversifiée ; elle a fourni autrefois plusieurs exemplaires de crocodilien (*Steneosaurus*). Les principaux groupes représentés sont : les bivalves (*Pholadomya hemicardia*, *Ph. exaltata*, *Plicatula*, *Lopha*, *Aequipecten*), les échinides (*C. elliptica* essentiellement), les brachiopodes, plutôt concentrés en certains points dans la partie supérieure (*Ornithella (D.) pseudoantiplecta*, *O. lagenalis*, *Dorsoplicathyris*, *Ivanoviella oxonensis*, *Septaliphoria orbignyana*) et évidemment les céphalopodes, nautilus (*Paracoenoceras*, *Pseudaganides* au sommet) et ammonites. Parmi celles-ci le groupe le plus important en taille et en nombre est celui des *Erymnoceras* (*E. coronatum*, *E. doliforme*, *E. richei*) ; il est suivi par les *Reineckéidés* (*R. anceps*, *R. lata*), *Collotia gaillardi* et les *Hecticocératinés* (*H. (Brightia) salvadori*, *H. (Lunuloceras) brighti*, *Loczyceras jeanneti*, *L. rota*). A côté on trouve *Kosmoceras jason* (à la base), *Grossouvria*, *Phlycticeras pustullatum*, *Flabellisphinctes villanyensis*. Dans la partie supérieure les groupes les plus importants sont les *Peltocératinés* (*Pseudopeltoceras*, *Peltoceras trifidum*, *P. oblungum*, *P. baylei*) et les *Kosmocératinés* (*K. proniae*, *K. compressum*, *K. arkelli*). Des *Hecticoceras* et *Orionoides* (*O. orion*, *O. termieri*) leur sont associés. Cette faune importante et diversifiée

caractérise la plus grande partie du Callovien moyen, portion supérieure de la zone à Jason, zone à Coronatum ainsi que la portion basale du Callovien supérieur : zone à Athleta, sous-zone à Trezeense.

A l'Ouest de la Loire, la série est sensiblement plus réduite en épaisseur et nettement plus marneuse. On y reconnaît deux termes qui ont été séparés cartographiquement. A la base, se trouvent des calcaires argileux (j3b), à patine claire, en bancs de 20-30 cm, séparés par des lits de marnes feuilletées. Ces calcaires sont assez fossilifères. Ils ont fourni notamment *Erymnoceras coronatum* et *Reineckeia anceps*, *Hecticoceras*, *Gulielmiceras complanatum*, *Kosmoceras bigoti* pour ce qui concerne les ammonites. Cette faune montre que ce terme peut être mis en corrélation avec la majeure partie de la Pierre de Nevers. Cependant son épaisseur ne paraît pas dépasser 10 mètres.

Au-dessus, viennent des marnes feuilletées beiges (j3c) intercalées de bancs décimétriques de calcaires argileux brun jaunâtre. Ces marnes se caractérisent par leur richesse en brachiopodes principalement *Dorsoplicathyris dorsoplicata* et des formes voisines, et *Ivanoviella oxonensis*, *Ornithella lagenalis*,... Les ammonites sont représentées notamment par *Pseudopeltoceras famulum*, *Ps. leckenbyi*, *Hamulisphinctes hamulatus*, des *Hecticoceras* et des *Peltoceras*. Tous ces fossiles indiquent le début du Callovien supérieur, zone à Athleta, sous-zone à Trezeense. L'épaisseur de ces marnes paraît atteindre 8 à 10 m ; ainsi cette portion du Callovien supérieur apparaît plus développée qu'en Nivernais.

j3d-4. **Callovien supérieur à Oxfordien moyen. Argiles et oolithes ferrugineuses.** Comme en d'autres régions du Bassin de Paris, les dépôts du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur sont lenticulaires et discontinus ; il existe plusieurs lacunes stratigraphiques dont le nombre et l'extension varie d'une localité à l'autre. Ceci rend les corrélation stratigraphiques délicates et nécessite la récolte précise et l'étude systématique de tous les fossiles.

A l'Est de la Loire, l'oolithe ferrugineuse repose sur le banc terminal, calcaire, de la Pierre de Nevers soit directement, soit par l'intermédiaire de quelques décimètres d'argile glauconieuse, de couleur vert sombre à noire, emballant des galets calcaires recouverts d'un enduit phosphaté ; en quelques points, cette couche est elle-même surmontée par un petit niveau de calcaire argileux, brun à versicolore également glauconieux. Les oolithes ferrugineuses se rencontrent au sein de marnes verdâtres et de calcaires faiblement argileux de type *wackestone* à *packstone* gris-bleu à jaunâtre. Des grains de glauconie peuvent coexister avec elles (e.g. à Pont-Saint-Ours). L'épaisseur de l'assise à oolithes ferrugineuses varie de 0,9 à environ 3 mètres.

Dans le niveau des marnes vertes abondent les bélemnites *Hibolites hastatus*, suivies par les bivalves fouisseurs (*Pholadomya*, *Pleuromya*,...) assez corrodés. Des fragments d'ammonites ont aussi été recueillis parmi lesquels on a reconnu *Quenstedtoceras lamberti*, *Hecticoceras nodulosum*, *Kosmoceras spoliatum*.

Cette faune caractérise le sommet du Callovien (zone à Lambert). Il y a donc lacune d'une partie de la zone à Athleta (sous-zone à Collotiformis). Le niveau calcaire sus-jacent, peu fossilifère, a néanmoins fourni *Cardioceras scaburgense* et *Pavloviceras pavlowi* indiquant la base de l'Oxfordien (zone à Mariae).

L'oolithe ferrugineuse est très fossilifère. A côté des céphalopodes largement dominants, on trouve des gastéropodes, des bivalves (*Pholadomya*, *Ctenostreon* et autres pectinidés...), des brachiopodes (*Ornithella (Digonella) moeschi*, *Moeschia alata*,...), des échinides (*Cardiopelta bicordata*) et des nautilies *Pseudaganides*. Les Ammonoïdés sont nombreux et variés : Cardiocératidés (*Cardioceras bukowskii*, *C. excavatoides*, *C. anacanthum*, *C. sequanicum*, *C. excavatum*, *Vertebriceras vertebrale*), Oppéliidés (*Campylites delmontanus*, *Neoprionoceras henrici*), Euaspidocératidés (*Euaspidoceras vettersianum*, *E. catena*, *E. douvillei*), Perisphinctidés, qui dominent outrageusement dans la partie moyenne et supérieure (*P. (Dichotomosphinctes) warte*, *P. (D) luciaeformis*, *P. (D) aff. elisabethae*, *P. (D) damesi*, *P. (Discosphinctes) lucingae*, *P. (D) jelskii*, *P. (Dis.) kreutzii*, *P. (Arisphinctes) plicatilis*, *P. (A.) cotovui*, *Perisphinctes panthieri*, *P. (Dichotomoceras) aff. bifurcatoides*, *P. (Dic.) stenocycloides*, *Larcheria subschilli*, *Passendorferia teresiformis*...).

En certains points (Pont-Saint-Ours), on observe dans la partie moyenne de la formation des empilements de grands spongiaires. La faune d'ammonites montre que, dans les localités où elle atteint son développement maximal (e.g. Pont-Saint-Ours), l'oolithe ferrugineuse s'est déposée depuis l'Oxfordien inférieur (zone à *Cordatum*, sous-zone à *Bukowski*) jusqu'à la base de l'Oxfordien supérieur (zone à *Bifurcatus*, sous-zone à *Stenocycloides*). Dans les autres points, elle ne dépasse pas l'Oxfordien moyen. Cette même faune met en lumière l'existence de trois lacunes stratigraphiques : une partie de la zone à *Mariae*, avant les premiers dépôts d'oolithe ferrugineuse, la partie supérieure de la zone à *Cordatum*, les sous-zones à *Antecedens* et *Parandieri* à l'Oxfordien moyen.

A l'Ouest de la Loire, l'oolithe ferrugineuse, toujours présente, repose directement sur les marnes à brachiopodes du Callovien supérieur (sous-zone à *Trezeense*). Cette formation ne se rencontre pas au Sud de Saint-Hilaire-de-Gondilly. La faune abondante est dominée par les ammonites (*Cardioceras cf. alphacordatum*, *C. bukowski*, *C. excavatum*, *Euaspidoceras* dont *E. cf. hantkei*, *Gregoryceras riasi*, *Pachyceras (Tornquistes) remoni*, *P. (O) gr. montfalconensis*, *P. (Arisphinctes) cotovui*, *P. (A.) helenae*, *P. (A.) plicatilis*, *P. (A.) pickeringus*, *P. (Discosphinctes) elisabethae*).

Cette faune montre la présence de la zone à *Cordatum*, sous-zone à *Bukowski* en certains points à la base et pour l'essentiel celle de la zone à *Plicatilis* (sous-zone à *Vertebrale*). Ainsi à l'Ouest de la Loire, l'oolithe ferrugineuse ne paraît pas dépasser la partie inférieure de l'Oxfordien moyen, il est vrai que son épaisseur est assez réduite ne dépassant pas 1 mètre.

j5-6a1. **Oxfordien moyen et supérieur. Marnes à spongiaires et calcaires glauconieux.** A l'Est de la Loire, au-dessus de l'oolithe ferrugineuse, vient un ensemble de calcaires argileux, gris clair à reflets bleutés, et de marnes blanches qui renferment des spongiaires, soit à l'état de débris, soit entiers sous forme d'accumulations (biostromes ?). Par endroits (Sud-Ouest du Tronsanges, Champvoux, Nord-Est de Vauzelles, Poiseux,...), cet ensemble marno-calcaire passe latéralement à un calcaire faiblement argileux, poreux, d'aspect plus ou moins sableux, de couleur beige-crème à brun verdâtre, moucheté de grains de glauconie. Des débris de spongiaires y sont quelquefois présents. Les deux faciès contiennent la même macrofaune. Les spongiaires sont soit allongés en forme de vase, soit aplatés en assiette. Parmi eux ont été reconnus autrefois par L. Moret : *Cnemidastreon striatopunctatum*, *Platychonia conchiformis*, *Craticularia cuspidata*, *Sporadopyle pertusa*, *Pachytrichisma gresslyi*. Les bivalves

fouisseurs sont assez bien représentés (*Pholadomya paucicosta*). Les ammonites constituent une part importante de la macrofaune : *Ochetoceras* gr. *canaliculatum*, *O. montapinense*, *Perisphinctes* cf. *panthieri*, *P. (Dichotomoceras) stenocycloides*, *P. (D.) bifurcatoides*, *P. (D.) grossouvrei*, *P. (Discosphinctes) kreutzi*, *P. (Dichotomosphinctes) wartae*, *P. (Dic.) ultimus* et *Larcheria* cf. *schilli*. Ces fossiles montrent la présence de l'Oxfordien moyen (zone à *Transversarium*) et la partie inférieure de l'Oxfordien supérieur (zone à *Bifurcatus*). Il se peut aussi que la base de la zone à *Bimammatum* soit représentée. C'est ce que suggère, au Nord de Nevers (les Bourdons), un fragment d'*Euaspidoceras* cf. *hypsolum*, dans un faciès de calcaire glauconieux.

L'épaisseur de la série est difficile à évaluer avec précision, elle paraît atteindre 20-25 m en bordure de la Loire mais semble nettement moindre en d'autres points.

A l'Ouest de la Loire, la série n'est composée que par les calcaires et marnes à spongiaires. Leur épaisseur peut être estimée à une vingtaine de mètres (sondage de Beffes). Une coupe levée à Garigny a permis d'observer des amas ferrugineux dans les niveaux calcaires de la base de la formation.

La macrofaune est peu abondante mais variée : spongiaires, bivalves fouisseurs (*Pholadomya*...), brachiopodes (*Dictyothyris kurri*, *Ornithella (Digonella) moeschi*, *Dictyothyropsis loricata*, *Moeschia alata* et au sommet, *M. engeli*, *Lacunosella* aff. *cracoviensis*) et ammonites. On y reconnaît les espèces rencontrées en rive droite.

Les ammonites récoltées permettent d'attribuer à cette formation un âge compris entre l'Oxfordien moyen, zone à *Plicatilis*, sommet de la sous-zone à *Antecedens* et l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Hypsolum* (S. Debrand-Passard, 1982).

j6a2. **Oxfordien supérieur. Calcaires lités inférieurs, calcaires et marnes.** A l'Est de la Loire, cette formation se présente sous trois faciès qui, dans le Nord de la feuille, semblent se succéder latéralement d'Ouest en Est :

— marno-calcaire, composé d'une assise de marnes blanches à la base d'une alternance de calcaires argileux, micritiques, beige clair et de marnes feuilletées. Ce faciès très peu fossilifère affleure à l'Ouest de Nevers (les Montots), dans la basse vallée de la Nièvre (Urzy) et au Nord autour du village de la Marche ;

— calcaire oolithique, blanc-jaune, parfois crayeux, à petites oolithes blanches et bioclastes : le microfaciès est une oobiosparite. On observe aussi des passées nettement graveleuses. Le faciès oolithique est développé au Nord de la Marche et dans la vallée de la Nièvre (Guérigny, Saint-Aubin-les-Forges) ;

— calcaire blanc construit à polypiers qui apparaît sur une quinzaine de mètres d'épaisseur au Nord-Est de Saint-Aubin-les-Forges.

Il n'est pas possible d'apprécier la puissance totale de cette formation qui se développe largement plus au Nord (1/50 000 la Charité-sur-Loire). La faune réduite permet cependant de rattacher cet ensemble à l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*.

A l'Ouest de la Loire, les calcaires lités inférieurs sont constitués par l'empilement de bancs calcaires. La puissance de la formation s'accroît d'Ouest en Est : réduite à 30 m à Châteaurox, elle atteint au moins 160 m à Beffes.

Les calcaires lités inférieurs exploités à Beffes sur une hauteur de 60 m apparaissent comme un ensemble homogène, régulièrement stratifié, constitué au sommet de la carrière par l'empilement de bancs pluridécimétriques de calcaires à pâte fine, jaunâtres, séparés par des joints marneux centimétriques. La base, moins altérée, montre des calcaires massifs, bleutés, en bancs de plusieurs mètres d'épaisseur.

La teneur moyenne en carbonate de calcium de ces calcaires est de 80 % avec des maxima de 90 % et des minima de 75 %. L'étude par diffractométrie des rayons X des argiles contenues dans la roche nous indique une prédominance de l'illite (5/10) sur les interstratifiés illite-smectite (3/10) et la kaolinite (2/10).

Des faciès particuliers s'intercalent dans les calcaires lités inférieurs :

— *lumachelle à Périssphinctidés encroûtés d'huîtres, à grains de glauconie* : elle semble avoir une extension réduite. Elle a été découverte dans des labours, au lieu-dit l'Etang-des-Barres, au Sud de Précy (x = 645,4 ; y = 2 230,9). Des marnes et des calcaires à lamines brunes silto-gréseuses accompagnent ce faciès coquillier grossier ;

— *niveaux marneux* : les deux principaux sont situés l'un à la partie inférieure des calcaires lités inférieurs, l'autre à la base des calcaires de la Vignonnerie. Le premier apparaît dans une carrière au Sud de Patinges, commune de Torton (x = 648,9 ; y = 2 221,5) où il est entrecoupé de quelques bancs calcaires dans lesquels se trouvent de très rares et petites ammonites. Le second, constant dans la région, est constitué par une alternance de marnes et de calcaires. Dans les calcaires se développent des lamines brunes, silteuses, bien visibles à Saint-Martin-des-Champs, au lieu-dit le Champ-des-Coudres (x = 644,7 ; y = 2 339,4) ;

— *les calcaires de la Vignonnerie* : le nom dérive du lieu-dit, commune de Charentonnay, à proximité duquel ils furent découverts. Ce sont des calcaires à caractère subrécifal, épais de 1 à 3 m qui forment un excellent repère cartographique. Ils sont constitués de faciès cryoturbés, lumachelliques, parfois riches en térébratules, s'intercalant dans des calcaires à pâte fine, gris clair, contenant des bivalves dont certains à tests roses (astartes, huîtres, brachiopodes...). Les pectinidés y sont également fréquents. En lame mince la roche peut être définie comme une biomicrite. Les passées lumachelliques montrent une concentration relativement importante de débris squelettiques peu fractionnés : huîtres, inocérames, brachiopodes, gastéropodes, annélides, spicules de silicisponges, foraminifères libres et encroûtants, bryozoaires, algues également encroûtantes (cyanophycées probables). Les calcaires de la Vignonnerie se situent à environ une vingtaine de mètres du sommet des calcaires lités ;

— en plus des faciès signalés ci-dessus, des calcaires finement lumachelliques à lamines brunes silto-gréseuses ont été rencontrés dans des labours, à Torton, au lieu-dit l'ancien étang de Feuillarde. Ces calcaires ont fourni quelques ammonites, dont *Epipeltoceras bimammatum*. A l'exception de ces dernières, la macrofaune des calcaires lités inférieurs est peu abondante, les ammonites étant le plus souvent représentées par des nucléus de Périssphinctidés généralement indéterminables. Seuls les calcaires de la Vignonnerie plus riches ont livré : *Orthosphinctes* sp., *Taramelliceras falculum*, *Glochiceras modestiforme*, *Epipeltoceras treptense* Enay que l'on peut rapporter à l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*. Des térébratules : *Dorsoplicathyris subinsignis*, *Moeschia campanea* et plus rares *Postepithyris cincta* ont également été récoltées dans ce faciès.

CRÉTACÉ

Au Sud-Est de la ferme du Maupas ($x = 642,95$; $y = 2\,225,58$), nous avons observé sur quelques décamètres carrés une formation argilo-sableuse, à granulométrie très fine dont l'épaisseur n'est pas connue. Deux oursins, entièrement silicifiés, ont été récoltés. Ils pourraient témoigner de l'extension vers le Sud de la mer cénomaniennne ?

TERTIAIRE

A la fin des temps crétacés, la région est définitivement exondée et aussitôt soumise à une puissante érosion. Une phase de cuirassement précède une phase de remblaiement qui se situe au Lutétien, mais surtout au Bartonien (s.s.) et persiste localement jusqu'au Ludien moyen.

Aux apports détritiques succède une nouvelle phase de cuirassement qui affecte la série déritique, les altérites, parfois sur plusieurs mètres, et aussi les sols. Elle est caractérisée par la couleur rouge sang des terrains affectés. Ceux-ci seront fossilisés au fond des lacs, ou remaniés dans les terrains postérieurs essentiellement lacustres. Ces lacs s'intercalent dans des zones d'effondrement, grabens, dus à la distension éocène — oligocène. En attestent sur sa bordure ouest, les limites faillées, sub-méridiennes, limitant le bassin lacustre Bearenard — la Guerche.

e6-7. Eocène supérieur. Argile à minerai de fer pisolithique (quelques mètres d'épaisseur). Autrefois d'une grande importance économique car riches en fer, ces dépôts, dits "sidérolithiques" ont été remarquablement observés et décrits par A. de Grossouvre (1886) à l'époque de leur exploitation. C'est à cet auteur qu'est emprunté l'essentiel des données ci-après, puisqu'au moment des levés aucune coupe n'était visible.

Deux sortes de dépôts peuvent être distingués : les dépôts en place et les dépôts remaniés.

Quasi uniquement conservés sous les dépôts lacustres, les sédiments "sidérolithiques" en place affleurent en bordure de ceux-ci à la faveur de leur érosion. Dans certains cas, lorsque l'épaisseur actuelle des calcaires lacustres est faible, ils peuvent apparaître sous forme d'"îlots" au sein des affleurements.

Mais les dépôts sidérolithiques ont subi pour la plupart un certain remaniement. Le minerai de fer se trouve alors concentré, par place, en nids et amas irréguliers. Ces concentrations se trouvent surtout à la partie inférieure des dépôts, proches des assises calcaires jurassiques. Ce sont ces niveaux qui ont donné lieu à une exploitation intense jusqu'au début de notre siècle. Le minerai de fer constitue de petites poches, des amas lenticulaires, des traînées allongées. Les argiles dans lesquelles le minerai est incorporé sont généralement de couleur claire, grise ou blanc verdâtre. Lorsqu'elles servent de gangue au minerai, elles prennent des teintes jaune ocreux ou rouge sanguin.

Le minerai se présente en grains, indépendants les uns des autres. Ces grains peuvent être agglomérés par un ciment ferrugineux, formant des blocs plus ou moins volumineux, que les mineurs nommaient "callots" (A. de Grossouvre, 1886).

Les observations, effectuées par A. de Grossouvre ou par nous mêmes, montrent à l'évidence que le minerai riche, anciennement exploité, procède d'une concentration du fer en des lieux privilégiés (pièges), distincts (mais peu éloignés) des aires de mise en place initiale. De multiples observations montrent aisément que les altérites ferrugineuses ont envahi les cavités d'un réseau karstique affectant les calcaires jurassiques, comblant les fentes verticales et s'infiltrant même dans certains joints horizontaux (interbanes).

La remobilisation des dépôts sidérolithiques s'est effectuée à des époques différentes, correspondant aux périodes d'évolution du karst. Cependant, celle qui précède immédiatement le dépôt des calcaires lacustres ludien est de loin la plus importante.

Les principales minières étaient situées en rive gauche de l'Aubois, surtout sur la bordure est du bassin lacustre Beurenard — la Guerche-sur-l'Aubois (feuille à 1/50 000 Sancoins). Elles s'étendaient sur les communes de Menetou-Couture, Torteron, le Chautay et la Guerche. Les plus importantes étaient situées à Bois-Minon, la Raquinerie, Mauregard, le Chautay, Andres et Beurenard. Des gisements plus isolés, en poches souvent de faible étendue, se prolongeaient vers le Nord jusqu'au delà de Sancergues.

e7-9. Eocène supérieur — Oligocène inférieur ? Marnes et calcaires lacustres du Nivernais. Le principal affleurement de calcaires lacustres se situe dans la partie sud-ouest de la feuille. Il forme une bande sub-méridienne d'environ 2 km de large s'étendant de Beurenard, au Nord, jusqu'à la hauteur de la Guerche-sur-l'Aubois, au Sud (feuille à 1/50 000 Sancoins). Son épaisseur peut être estimée à une dizaine de mètres.

A l'Ouest, ces dépôts lacustres butent par faille contre les calcaires lités de l'Oxfordien supérieur, alors que les formations détritiques du Bourbonnais, qui les recouvrent partiellement à l'Est, interdisent de connaître leur extension précise dans cette direction.

Les autres lambeaux affleurent au Montapins (Nevers), à Forge, angle sud-est de la feuille, ainsi que dans le coin nord-est (région Saint-Aubin-les-Forges — Poiseux).

Les marnes sont blanches associées à des argiles vert tilleul, renfermant de l'attapulgite, très compactes avec des concrétions mamelonnées (de la taille du poing ou de la tête) de calcite fibroradiée que l'on peut rapprocher de concrétions d'origine pédologique.

Les calcaires, de couleur blanche, ont des structures diverses. Ils peuvent être massifs, durs, à texture cristalline, bréchiques (brèche monogénique ou tectonique), noduleux, rubanés, vermiculés, silicifiés. Les calcaires bréchiques (monogéniques) dont les éléments constitutifs ont des formes géométriques très variées, anguleuses à subarrondies, sont la conséquence de la dessiccation périodique des fonds lacustres ce qui implique des zones où la tranche d'eau était très faible et, de ce fait, tributaire des variations climatiques.

La "brèche", observée entre le village de Beurenard et la ferme du même nom (x = 644 ; y = 2 224,3), dans le talus de la D 26 reliant Nérondes à Torteron, constitue un ensemble conglomératique composé d'éléments de calcaire lacustre de petite taille (quelques centimètres à dix centimètres maximum) et de blocs de calcaire jurassique de même taille, mais moins nombreux. Une

multitude de petits éléments de quelques millimètres à un centimètre de diamètre, mal cimentés, forment un ciment graveleux. Cette matrice renferme également quelques pisolithes ferrugineux. Le ciment, de même que les calcaires lacustres qui s'y trouvent piégés, sont plus ou moins recristallisés. L'ensemble des éléments constituant cette "brèche" sont légèrement arrondis. Cet amalgame, peu consolidé, se désagrège facilement.

La présence d'éléments arrondis dans la "brèche" laisse un doute sur son origine tectonique. Toutefois, sa localisation à proximité immédiate de la bordure faillée du bassin, la présence de brèches (s.s.) dans des situations identiques, et l'observation, dans une petite carrière de calcaire lacustre ($x = 644,1$; $y = 2\ 221,05$), de traces de dislocations et de froissements, impliquent une origine tectonique très probable. Il est vraisemblable que l'accident responsable de cette "brèche" a joué au moins deux fois : la première, lors de la formation du bassin, la seconde, postérieurement, pendant la sédimentation.

Les calcaires noduleux, dont l'origine peut être comparée à celle des calcaires bréchiques (monogéniques), ne diffèrent de ces derniers que par leur forme beaucoup plus arrondie qui pourrait être due à un léger transport des blocs consécutif à la montée des eaux, ou aux courants alimentant le lac.

Les calcaires rubanés, visibles à Andres ($x = 643,8$; $y = 2\ 222,5$) en cailloux épars, le plus souvent dans des blocs arrondis, correspondent à des constructions algaires stromatolitiques.

Les calcaires vermiculés montrent un ensemble de petits canaux assez complexes et très fournis. L'origine de ces vermicules et de ces tubulures doit être recherchée pour l'essentiel dans la destruction d'éléments végétaux (racines, bases de tiges). Ce faciès caractérise un milieu peu profond où la végétation pouvait se développer. Les nombreux fossiles récoltés (lymnées, planorbis, hydrobies, *Helix*) près de la ferme de Beaulieu ($x = 644,8,8$; $y = 2\ 223,9$ et $x = 644,9,8$; $y = 2\ 223,3$) étaient associés à ce faciès. A noter également dans ces niveaux fossilifères la présence de gyrogonites incomplètes et très encroûtées non déterminables spécifiquement.

Aux Montapins et à Saint-Aubin, Panthier et Jodot avaient identifié notamment *Planorbis rotundatus*, *P. lens*, *Limnaea longiscata*, *L. aff. ovum*, *Hydrobia*, *Bithynia*... De plus Panthier signala, aux Montapins, une characée, *Chara crassa*. Ces fossiles confirment un âge Ludien plutôt supérieur mais il n'est pas impossible que ces terrains se prolongent à la base de l'Oligocène comme cela est le cas en certains points du Berry. C'est pourquoi nous suivons les auteurs de la carte Sancoins en donnant à ces dépôts lacustres un âge Eocène supérieur — Oligocène inférieur.

Les calcaires lacustres peuvent être partiellement silicifiés ($x = 643,9$; $y = 2\ 223,7$). La conservation des textures originelles dans les parties silicifiées prouve l'origine diagénétique de la silicification.

Des brèches à éléments jurassiques, localisées surtout sur la bordure faillée soulignent les rives du lac : il s'agit de brèches d'écroulement. La base des calcaires lacustres peut être teintée en rouge brique. Cette coloration est due aux matériaux empruntés aux argiles à minerai de fer pisolithique, antérieurs aux calcaires lacustres. Des pisolithes épars sont parfois associés à ce faciès rouge.

ePC. Eocène indifférencié. Formation à chailles et à silex. Cette formation qui semble superficielle (aucune coupe) recouvre les sommets dans l'angle nord-ouest de la feuille mais se poursuit plus au Nord sur les feuilles la Charité-sur-Loire et Sancerre. Son altitude est comprise entre 226 m et 180 m, bien que les matériaux constitutifs aient pu glisser le long des versants. Elle atteint une altitude de 250 m sur Sancerre.

Les silex, de 5 à 20 cm de diamètre, sont blanc laiteux, blonds, bruns, parfois rougeâtres. La pâte est fine, la cassure tranchante. Les chailles, de 5 à 40 cm de diamètre, moins nombreuses que les silex, sont beaucoup plus diversifiées dans leur structure, forme et teinte. Elles sont peu roulées. A l'inverse des silex, les cassures fraîches sont rêches. Pour la plupart il s'agit de blocs calcaires silicifiés. Elles renferment : des spicules d'oursins, des lamellibranches, des polypiers... d'où une origine probable des assises crétacées, voire jurassiques proches. Leur teinte est très variable. Extérieurement elles peuvent être blanchâtres, ocre, brunâtres ou noires. Intérieurement elles sont blanchâtres, beiges, ocre, grisâtres, violacées, lie-de-vin.

Des poudingues siliceux, légèrement émoussés, sont associés aux chailles et silex. Leur diamètre varie de 5 à 40 cm, mais des blocs isolés peuvent atteindre des dimensions beaucoup plus importantes. Ils sont constitués d'éléments siliceux bruns de petite taille, quelques millimètres à 3 ou 4 cm, liés par un ciment grisâtre parfois rougeâtre formé d'un "sable" grossier, grésifié par un ciment siliceux très dur. Des petits quartz, 1 à 5 cm de diamètre, très roulés peuvent être associés à la formation. Tout cet ensemble, silex, chailles, poudingues, galets est emballé dans une gangue d'argile sableuse, de couleur ocre, plus rarement bariolée.

PLIO-QUATERNAIRE

Formations des sables et argiles du Bourbonnais

FL. Ensemble fluvio-lacustre d'argiles, silts, sables, galets. L'ensemble connu sous le nom de sables à cailloux du Bourbonnais (L. de Launay 1923) occupe en surface un quart de la feuille Nevers, soit approximativement l'espace compris entre les vallées, aux cours sud-nord, de l'Aubois et du Liseron à l'Ouest et celle de la Loire à l'Est.

Aucune différenciation n'avait été faite, sur la carte à 1/80 000, au sein de cet ensemble habituellement considéré comme pliocène ou mio-pliocène. Sur la présente carte à 1/50 000, il a été distingué plusieurs unités cartographiques, caractérisées par leur dominante argileuse ou sableuse, la présence ou non de galets. Cet essai de différenciation lithologique procède presque uniquement des observations de surface.

Les données géométriques acquises au cours de levés esquissent une lithostratigraphie élaborée sur les cartes situées en Limagne et Sologne bourbonnaises avec cependant de nombreuses lacunes imputables soit aux conditions de dépôts locaux soit à l'érosion. C'est ainsi que les deux cycles sédimentaires superposés, qui existent jusqu'à la limite sud de la feuille depuis la Limagne bourbonnaise, apparaissent de plus en plus incomplets en progressant vers le Nord, le second cycle étant totalement absent dans la partie septentrionale du territoire de la feuille Nevers. D'importantes lacunes et variations

d'épaisseurs rendent malaisée la définition d'une coupe type. Aussi faut-il interpréter avec beaucoup de réserves la coupe synthétique suivante.

La série se développe en moyenne sur une dizaine de mètres environ ; elle atteint exceptionnellement 16 m au château de Patinges (commune de Torte-ron). On distingue de bas en haut :

- une formation sableuse à galets de 5 à 10 m d'épaisseur,
- une série fine (sables fins, silts, argiles) de 0 à 3 m,
- des sables grossiers quartzo-feldspathiques localement à graviers et galets de 0 à 4 m,
- une alternance d'argiles, sables argileux, à tendance évolutive au limon en surface 0,5 à 4 mètres.

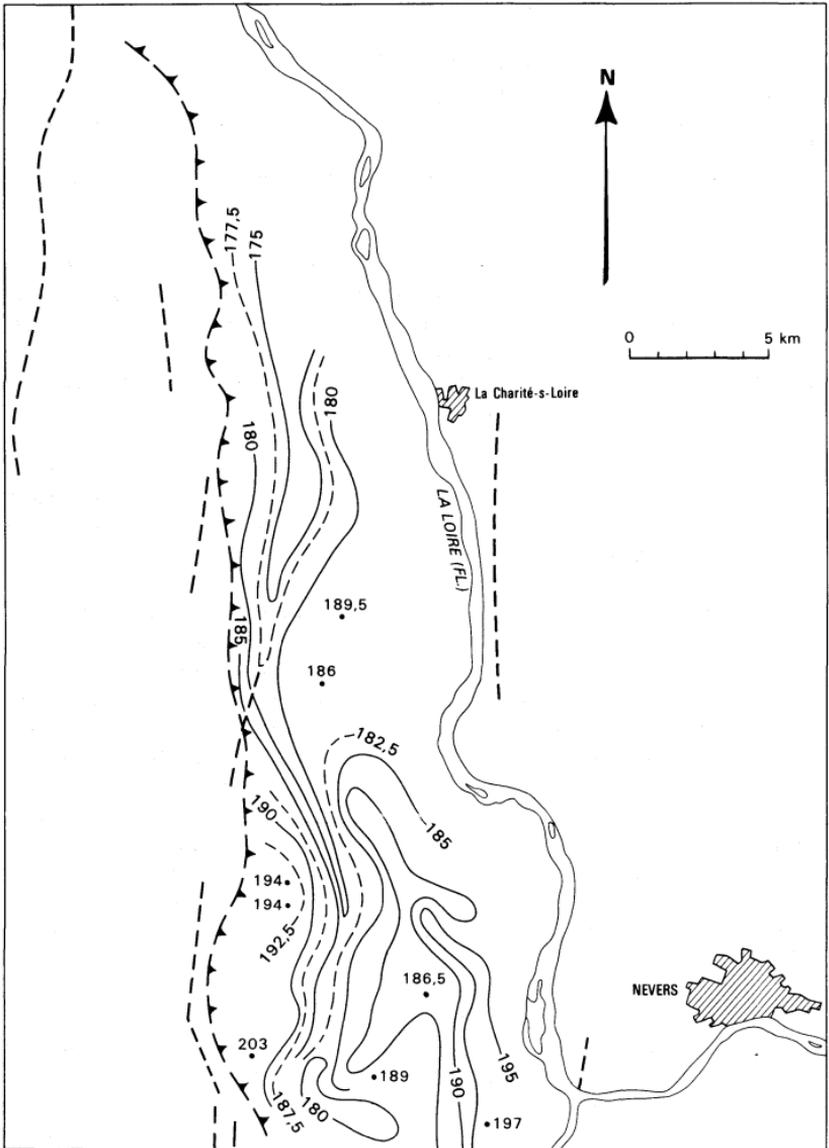
Sur l'ensemble de la série on remarque la grande constance des apports détritiques. Les éléments proviennent d'altérites élaborées sur le socle granitique et métamorphique avec localement une empreinte plus ou moins marquée de silex et de chailles, notamment sur les bordures. Parmi les apports détritiques il faut noter qu'une partie est issue de sédiments bordiers tertiaires (Limagne, Sologne bourbonnaise).

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 (fig. 1).

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, elle 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. Individualisés de part et d'autre du Forez, ces deux fleuves 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. A l'aval de cette structure, après avoir franchi le seuil jurassique du Veudre (feuille Lurcy-Lévis), l'écoulement en nappe se poursuit drainant les matériaux grossiers de la Loire et de l'Allier dans le "fossé de l'Aubois" prolongé en aval du Bec d'Allier (confluence Loire-Allier) par le fossé de la Loire.

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 fluvial 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 suractivées.

Sous l'effet de modifications morpho-climatiques (bassin en partie comblé, peu de pentes, climat plus frais, subsidence locale), des sédiments fins argileux viennent recouvrir, dans les zones distales, les unités grossières décrites précédemment, ou leur correspondent pour partie latéralement (diachronisme). La dynamique de transport s'établissant toujours à partir des bordures tendant à devenir progressivement nulles quand on s'en éloigne, seules vont se déposer des argiles. On remarque que leur extension s'inscrit à l'intérieur des limites des dépôts grossiers.



—▲— Limite d'épandages pliocènes
— — — — — Courbes isohypses de la base de la Formation du Bourbonnais

• Cote de la base de la Formation du Bourbonnais
- - - - - Faille

Fig. 1 - Carte schématique du Fossé de la Loire

Dans la moitié nord de la feuille Nevers, les dépôts d'argile ou de sédiments fins sont de plus en plus rares et de moins en moins épais. Il est probable que l'étroitesse du fossé qui fonctionne alors essentiellement en dynamique fluviale n'a pas permis le dépôt de sédiments fins, à moins que ceux-ci aient été érodés ou bien encore que la subsidence enregistrée au Sud n'aie pas eu lieu dans ce tronçon.

FL₍₁₎. **Formations à galets.** Les formations à galets prennent une grande extension en rive gauche de la Loire parallèlement à cette dernière. L'érosion liée au creusement des vallées de la Loire, de l'Aubois, du Liseron et à celle régressive des vallons qui s'y raccordent a permis leur mise à jour. Ces formations, connues en coupe dans de nombreuses carrières, montrent des figures de stratification, tantôt horizontales, tantôt obliques, voire entrecroisées pour ce qui concerne les sables qui accompagnent les galets, ces derniers étant le plus souvent disposés en cordons. Les sables toujours quartzo-feldspathiques (feldspaths blancs et roses) se présentent sous deux aspects différents suivant qu'ils sont lessivés par le brassage successif des différents courants ou sédimentés directement emballés dans leur matrice originelle argileuse compacte, jaunâtre à rougeâtre ; cette coloration est d'autant plus poussée que l'épaisseur de la couverture est faible. En sondage, ces mêmes sables apparaissent blonds, beiges ou gris, plus rarement blancs. Les sables bien lessivés affectent les mêmes teintes. 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 5 cm au Sud de la feuille, 1 à 3 cm au Nord et de la base au sommet, avec de notables exceptions, principalement en marge de fossé, à proximité des affleurements calcaires du Jurassique où le stock grossier est enrichi d'apports locaux (chailles blondes de 10 à 15 cm en fragments à peine émoussés allant parfois jusqu'au galet plat, oursins silicifiés). D'autre part, des blocs de silex de 1 à plusieurs décimètres-cubes empruntés aux marnes et calcaires du Nivernais (e7-g) silicifiés s'incorporent ici ou là à la base de la formation à galets.

Ces galets sont essentiellement du quartz, du silex, exceptionnellement des roches granitiques et/ou volcaniques. Le quartz est blanc, parfois rougeâtre dans les cailloutis de surface ; il en est de dimensions exceptionnelles atteignant 10 à 15 cm. Le silex est blond, à patine noire, mate et/ou luisante et présente parfois des traces en coups d'ongles. Ces mêmes silex peuvent présenter des figures de dissolution, ils ont alors un aspect carié à leur périphérie et caverneux dans la masse (meulière). D'autres, gris, altérés à coeur, phénomène peu fréquent, sont épuisés et leur degré d'altération est tel qu'ils s'écrasent sous la pression des doigts. La présence de fantômes de foraminifères, de spicules de spongiaires et d'échinodermes dans la trame des galets observés au microscope semble indiquer que ces accidents siliceux ont appartenu aux assises jurassiques. Des boules silteuses ou silto-argileuse micacées grises ou gris-vert, panachées de saumon, parfois de quelques centimètres à plusieurs décimètres, sont emballées dans les sables à galets (carrière de la Croix d'Or, commune de Torteron). Des lits argileux ou silteux millimétriques à centimétriques, des lentilles d'argile de plusieurs mètres de longueur peuvent s'intercaler dans la masse des sables à cailloux.

La base de la formation à galets montre une pente générale sud — nord voisine de 0,5 pour mille soit entre 185 m au Sud et 175 m au Nord (cotes de la base du cailloutis dans l'axe du chenal). Elle présente néanmoins des irrégularités dont la manifestation se traduit par des variations dans les épaisseurs. De fait, le sondage du Taillis Pointu (commune de Beffes) indique 5,50 m de puissance pour la formation à galets soit la base à 186 mètres. On a relevé 14 m

d'épaisseur au sondage 2-1006 situé à l'Est du précédent soit la base à 177,50 m, 5 m au sondage 5-22, commune de Torteron, soit la base à 190 m, 12 m à celui du bois de la Manche 5-21, base à 182 mètres.

Indépendamment du fait que l'épaisseur du cailloutis est logiquement plus importante dans l'axe du "chenal bourbonnais" (cf. fig. 1, schéma structural), on observe que ce vaste épandage s'est mis en place dans un fossé d'origine tectonique au plancher structural irrégulier.

Argiles situées à la base de l'ensemble à galets. Bien que non représenté cartographiquement en raison de sa faible puissance et du nombre limité des observations, un niveau argileux presque courant se développe au toit des formations marneuses ou calcaires du Jurassique.

Il s'agit d'une argile verte, brune, marron ou noire ; son épaisseur varie de quelques centimètres à 1 mètre. L'analyse palynologique, effectuée sur plusieurs échantillons révélant la présence de phytoplancton où les espèces sont caractéristiques de celles appartenant au substrat sous-jacent, montre qu'il s'agit très probablement d'une argile d'altération élaborée sous couverture. Le caractère minéralogique de ces argiles est différent de celui du substratum.

Il faut noter par ailleurs, qu'en suivant la ligne de contact sables à galets, calcaires jurassiques, on observe que l'ensemble de ces calcaires est restructuré, notamment lorsque les sables à cailloux sont peu épais.

FL₍₂₎. **Sables fins, silts, argiles dominants.** Le terme fin terminant la première séquence sédimentaire n'est que très rarement représenté sur la carte et n'est de toute façon décelable qu'en sondage, à proximité de l'axe du chenal bourbonnais. Son existence encore représentée dans le Sud de la feuille par des silts micacés gris verdâtre, des argiles silteuses micacées beige verdâtre à filets noirs et orange et des argiles compactes mauves, rosâtres, gris verdâtre ou noires n'est plus matérialisée vers le Nord que par un niveau peu épais d'argile kaki, grise, noire, mauve ou rosâtre.

FL₍₃₎. **Sables grossiers quartzo-feldspathiques argileux à cordons de galets (quartz dominant).** Correspondant au terme inférieur de la séquence supérieure, cette unité encore faiblement représentée au Sud se biseaute progressivement vers le Nord jusqu'à disparaître complètement, tout comme les dépôts fins décrits précédemment.

Du point de vue cartographique, ils sont presque toujours intégrés à la masse du cailloutis de l'extrême base auquel ils se superposent et que, sans l'identification de niveaux argileux intercalés, il est très malaisé de distinguer. En outre, l'analogie de faciès avec la partie supérieure du cailloutis inférieur, la faible puissance des dépôts, les remaniements superficiels renforcent la difficulté d'établir une véritable lithostratigraphie.

Quelques sondages réalisés à la tarière montrent que leur aire d'extension est sensiblement comparable à celle du cailloutis inférieur jusqu'à la latitude d'Argenvières, en aval de laquelle ils n'ont pas été reconnus sur le territoire de la feuille Nevers.

Ces sables, jaunâtres à rougeâtres, gris verdâtre parfois, fins à grossiers (aspect gros sel), quartzo-feldspathiques, à granoclassement croissant vers la

base, admettent des petits galets de 1 à 3 cm, où le quartz domine nettement. Leur épaisseur varie de 0 à quelques mètres.

Tout comme ceux de base, ils présentent des figures de sédimentation caractéristiques des dépôts fluviaux.

FL₍₄₎. **Argile compacte sableuse.** Cette unité n'est représentée que de façon sporadique dans la moitié sud de la carte où elle marque le passage à l'unité argileuse à tendance évolutive au limon en surface. Elle ne diffère de l'unité précédente que par sa plus forte teneur en argile.

FL₍₅₎. **Argiles accessoirement sableuses, à tendance évolutive vers un limon en surface.** Les formations argileuses des plateaux ont une grande extension. Si elles montrent une tendance évolutive au limon en surface, il ne semble pas que la pédogenèse puisse à elle seule expliquer leur formation. Il s'agit d'argiles parfois sableuses, très compactes, jaunes à marbrures grises (traces de racines), exceptionnellement ocre à rouge brique se développant sur 1 à 3 mètres. Un horizon de concrétions ferrugineuses se développe à la base des sols vers 1 mètre environ de profondeur.

Niveaux argileux. Des bancs ou lentilles d'argile se rencontrent à divers niveaux dans l'ensemble FL. Du fait de leur faible épaisseur, il est malaisé de les découvrir et cela d'autant plus qu'ils sont souvent masqués soit par les colluvions même lorsque celles-ci sont pelliculaires, soit par le couvert végétal. Aussi, leur délimitation a été faite chaque fois que cela était possible.

Variations minéralogiques principales et âges des formations fluvio-lacustres du Bourbonnais. L'analyse minéralogique de nombreux échantillons (J. Tourenq, laboratoire de géologie des bassins séd., Paris VI) montre pour l'ensemble des dépôts situés sur la coupure Nevers une association kaolinite, smectite, illite, avec d'une manière générale prédominance de la kaolinite vers le sommet et de la smectite vers la base, l'illite étant presque toujours accessoire et en proportion constante.

L'étude des relations entre les différentes espèces de minéraux lourds par l'analyse factorielle des correspondances (J. Tourenq, D. Ambroise et V. Rohrlich), portant sur des échantillons de sondages et d'affleurements naturels ou occasionnels, précise l'origine des matériaux constituant le dépôt des sables et argiles du Bourbonnais. L'étude, portant sur les feuilles de la Sologne bourbonnaise située au S.SE (Dornes - Moulins), montre que le cortège minéralogique varie d'Est en Ouest. Les prélèvements effectués dans la partie orientale de ces feuilles sont à dominante de zircons qui trouvent leur origine dans les roches granitiques de la bordure occidentale du Morvan, des monts du Forez, des Bois Noirs et de la Madeleine.

A l'inverse, les échantillons occidentaux sont dominés par la présence de minéraux métamorphiques : disthène, staurotide, grenat, sillimanite et andalousite fournis par les roches cristallophylliennes provenant des massifs qui bordent à l'Ouest la vallée de l'Allier.

L'étude des minéraux volcanique (1) montre qu'ils sont, pour certains d'entre eux, concentrés dans les dépôts du Bourbonnais. Les dépôts antérieurs n'en contenant pas (formation de Vendat, environs de Vichy), il semble que l'on puisse les utiliser comme repères chronologiques, dès lors qu'une activité volcanique contemporaine est prouvée dans les Monts Dore.

Leur répartition suggère pour les uns une distribution éolienne (saupoudrage), pour les autres une distribution alluviale (paléochenal de l'Allier), leur concentration relative à certains niveaux pouvant dans les deux cas correspondre à une phase d'émissions paroxysmales.

Les dépôts grossiers situés à la base de la série contiennent des sphènes éruptifs, des zircons éruptifs et/ou des quartz de ponces.

L'attribution d'une origine "mont-dorienne" à ce dernier minéral permettrait une datation d'environ 3,2 MA (coulée de ponces porphyriques datée de 3,18 MA à Perrier (3)).

Enfin, la partie inférieure de ce cailloutis de base admet ponctuellement des intercalations d'argile grise à bois fossiles, qui ont livré des spores et des pollens d'âge Reuvérien final (4) (feuille Moulins, sondage 598-7X-5, x = 687,375 ; y = 167,225 ; z = 265 m ; profondeur des prélèvements 35 m et 37,50 m).

Compte tenu de la superposition des résultats une datation d'environ 3,2 MA semble pouvoir être proposée pour le cailloutis de base du Bourbonnais.

La fin de cette première séquence sédimentaire est localement caractérisée par le dépôt d'argiles grises ou noires, à bois fossiles parfois, datée du Prétioglien (G. Farjanel, BRGM/MHS/258-1980).

Le second remblaiement admet ponctuellement des quartz bipyramidés à inclusions vitreuses qui proviendraient de la grande nappe de ponces rhyolitiques, laquelle marque le début du volcanisme acide strictement "montdorien" (2). Elle a été datée de 2,5 MA environ (entre 2,71 et 2,25). L'apparition discrète de l'augite aciculaire au sommet des dépôts de la formation des sables et argiles du Bourbonnais, alors qu'elle devient abondante dans les terrasses de la Loire et de l'Allier, semble indiquer que la fin du remblaiement coïncide avec la fin des émissions ponceuses soit 2,25 MA.

(1) J. TOURENQ - Laboratoire de géologie des bassins sédimentaires. Faculté des Sciences de Paris VI.

(2) J.-C. BAUBRON (BRGM), J.-M. CANTAGREL (CNRS) - Datation absolue K-Ar, Congrès 1980.

(3) LY MENG HOUR, J.-M. CANTAGREL, P.-M. VINCENT - Découverte de pyroclastites ponceuses à la base du plateau de Perrier (Massif Central français), âge des lahars anciens des Monts Dore et du Villafranchien. Réunion annuelle des Sciences de la Terre. Paris, 17 à 19 Mars 1982.

(4) G. FARJANEL (BRGM) - Laboratoire de palynologie. GF/ig/n° 467-1985.

QUATERNAIRE

Formations alluviales et dépôts associés

Dans le périmètre de la feuille Nevers, le réseau hydrographique se partage en quatre bassins versants, celui de Loire étant le plus important en superficie.

Tous les affluents de la rive gauche de l'Aubois et de la Vauvise, grossie du Liseron drainent principalement le plateau marno-calcaire jurassique et dans la partie aval de leur cours les formations du Bourbonnais, cette tendance

s'inversant pour des affluents de leurs rives droites et ceux de la rive gauche de la Loire. La Nièvre au cours nord - sud draine essentiellement le Jurassique et les formations à chailles.

Dans les limites de la feuille, il est possible de définir quatre nappes, les deux plus anciennes étant représentées uniquement en rive gauche de la Loire. Leur distinction procède des critères altimétriques et morphologiques. La chronologie relative est exprimée par une lettre de l'alphabet, de la plus ancienne (w) à la plus récente (z).

Fw. Vallée de la Loire. Limons argileux surmontant localement des sables granitiques à galets. Située en rive gauche, suivant une bande sensiblement parallèle au cours actuel, large de 1 km environ au Sud, se réduisant à quelques centaines de mètres au Nord de Saint-Léger-le-Petit, cette nappe domine la Loire de 15-20 mètres. Son altitude décroît de 185 m au Sud à 175 m au Nord soit une pente moyenne de 0,05 %.

Un limon très argileux beige jaunâtre à rougeâtre à marbrures grises (traces de racines) de 1 à 2 m d'épaisseur surmonte un cailloutis à galets de 3 à 5 m de puissance. Un sable fin à moyen se substitue localement au limon, notamment dans la zone correspondant à l'ancienne confluence Aubeis-Loire, au Sud de Marseilles-lès-Aubigny. Les rares coupes permettant d'observer cette formation se situent au toit des calcaires exploités pour alimenter les anciens fours à chaux en rive droite de l'Aubeis, à 1,5 km en amont de Marseilles-lès-Aubigny. Dans la partie découverte, on observe des galets disposés en cordons emballés dans une matrice sableuse ou sablo-argileuse quartzo-feldspathique rouge. La taille des galets est de 4 à 5 cm, atteignant 7 à 8 cm à la base ; ils sont constitués de quartz, silex noir, silex jaune, de chailles et plus rarement de rhyolites et de granites.

Le cortège des minéraux lourds est dominé par le volcanisme : augite et hornblendes vertes et brunes, sphène ; la biotite est abondante. Présence de grenat (25 % à la Gastonnerie), staurotide, sillimanite, apatite.

Les minéraux argileux sont représentés par des proportions équivalentes d'illite et de kaolinite, le pourcentage d'illite croissant légèrement vers la base de la formation.

En rive droite, dans l'agglomération de Nevers, cette nappe de faible extension correspond à la confluence Nièvre-Loire. Epaisse d'une dizaine de mètres, elle est constituée de sables brun-roux localement ferrugineux, emballant des galets de calcaire décalcifié, des chailles, des silex.

Fw. Vallée de l'Aubeis. Limons argileux. En rive gauche de l'Aubeis, deux petits lambeaux, l'un situé à la latitude de Torteron, l'autre à la confluence avec la Loire, dominent la rivière d'une quinzaine de mètres.

Le témoin amont est caractérisé superficiellement par un dépôt limoneux très compact beige jaunâtre à brun rougeâtre emballant quelques quartz. Un sondage réalisé à la moto-tarière jusqu'à 2,30 m de profondeur n'a pas traversé la couverture limoneuse.

Le témoin aval est caillouteux avec une matrice sableuse quartzo-feldspathique. Les indications d'épaisseur font défaut.

Fx. Vallée de la Loire. Limons, sables, graviers, galets. La nappe Fx n'est plus représentée qu'en rive gauche, immédiatement en amont du point de confluence avec l'Aubois. Elle domine la Loire de 10 à 12 mètres. L'épaisseur des matériaux ainsi que le contenu minéralogique nous sont fournis par le sondage de la Quillerie. On a relevé 9 m environ de dépôts dont 1,5 à 2 m de limon très argileux, compact, surmontant environ 6 à 7 m de sables et graviers gris à gris verdâtre quartzo-feldspathiques, micacés, à galets de roches cristallines, métamorphiques, volcaniques, de quartz et de silex de 2 à 5 cm.

Les minéraux lourds sont représentés par la hornblende, l'apatite, le sphène, la sillimanite et le grenat.

Les minéraux argileux caractérisés par la smectite, l'illite et la kaolinite indiquent des proportions variables de la base au sommet : tandis que le pourcentage de smectite croît de haut en bas, celui de la kaolinite décroît. L'illite demeure sensiblement consante.

Fx. Vallée de l'Aubois. Limons, sables, galets. L'existence de cette nappe est réduite à deux petits lambeaux situés en rive gauche au Sud-Est de Torteron. Comme pour la nappe Fw les matériaux sont essentiellement ceux remaniés de FL. Il s'agit d'un sable fin à grossier quartzo-feldspathique à galets de quartz et de silex pouvant atteindre 10 cm environ. L'épaisseur du remblaiement ne dépasse pas 2,50 à 3 mètres.

Fy. Vallée de la Loire. Sables, galets. Cette nappe est conservée suivant une étroite bande qui jalonne la basse plaine alluviale en rive gauche et qu'emprunte le tracé du canal latéral à la Loire. Elle emboîte les marnes et calcaires du Bathonien dans la partie amont puis ceux de l'Oxfordien supérieur dans la partie aval. Son altitude décroît de 175 m au Sud à 160 m au Nord, soit une pente de 0,075 %, la basse nappe se situant de 2 à 5 m en contrebas.

Le matériel est constitué de sable fin à grossier, localement argileux, rougeâtre, micacé. Les galets observés sur le premier mètre ne dépassent pas 2 cm et sont représentés par des quartz, des roches granitiques et volcaniques avec quelques silex.

Les indications d'épaisseur font défaut dans ce tronçon de vallée.

Fy. Vallée de l'Aubois. Limons, sables, galets. A l'approche de la confluence avec le fleuve, cette nappe domine de 3 à 5 m la rivière depuis les Chats-Huants en rive droite jusqu'au domaine de Marseilles en rive gauche où elle atteint quelques centaines de mètres de largeur. Les affleurements font défaut ; il est cependant possible d'observer en surface un sable fin à grossier, jaune rougeâtre plus ou moins argileux, à galets de 2 à 5 cm de quartz et de silex remaniés de FL.

Fy. Vallée de la Vauvise. Limons, sables. Quelques lambeaux de cette nappe subsistent sur la rive convexe des méandres, surplombant la basse vallée de 2 à 3 mètres. Les dépôts peu épais (quelques décimètres) sont constitués de limon associé à du sable fin.

Fz. Vallée de la Loire. Limons, sables, graviers, galets. La nappe alluviale Fz constitue une vaste plaine inondable large de 2 à 4 km. Son altitude varie de 170 m au Sud à 157 m au Nord soit une pente de 0,065 %. En surface, les

matériaux sont généralement fins (limons et sables fins de débordement), parfois essentiellement sableux avec graviers et galets.

L'ensemble du matériel alluvial est granocroissant vers la base : sables, graviers, galets de quartz, silex (chailles) qui constituent l'élément dominant des galets, roches granitiques et volcaniques. Des passées d'argile peuvent s'intercaler à la partie supérieure des alluvions. L'épaisseur du remblaiement est de l'ordre d'une dizaine de mètres.

L'étude des minéraux lourds (J. Tourenq) montre l'influence des apports venus de l'Allier qui se traduisent par une augmentation de la proportion d'augite et d'olivine.

Fz. Vallée de l'Aubois. Sables. La plaine alluviale de l'Aubois, large de 500 à 600 m en limite sud de la feuille, se réduit progressivement à quelques dizaines de mètres à l'approche de sa confluence avec la Loire. Aucune indication d'épaisseur n'a été relevée dans les limites de la feuille. En amont, sur le territoire de la feuille Sancoins, l'épaisseur du matériel alluvial est de l'ordre de 5,50 mètres. Il est constitué de sable grossier roux à gris-brun verdâtre, remanié des formations du Bourbonnais. L'altitude de cette nappe varie de 173 m au Sud à 163 m au Nord, soit une pente de 0,083 %.

Fz. Vallée de la Vauvise. Sables. La vallée de la Vauvise, au cours supérieur étroit et quasi rectiligne E.NE — W.SW, s'élargit et devient sinueuse après qu'elle ait reçu en rive droite le Liseron. Son altitude s'abaisse de 175 m à 165 m, soit une pente voisine de 0,1 %. L'absence de coupe et de sondage ne permet pas de fournir des indications précises sur l'épaisseur et la nature du remblaiement. Compte tenu de la nature des terrains traversés, il est vraisemblable que les caractères alluviaux de la Vauvise présentent beaucoup de similitude avec ceux de l'Aubois.

Fz. Vallée de la Nièvre. Sables. La vallée de la Nièvre se distingue des autres vallées par le fait qu'elle coule en sens inverse, donc nord-sud. Son altitude décroît de 211 m au Nord à 175 m à Nevers soit une pente 0,17 %.

L'absence de coupes et de sondages n'a pas permis d'identifier la nature et l'épaisseur du remblaiement. Superficiellement on observe un sable fin à moyen argileux.

L'absence de nappes étagées dans le tronçon inférieur de cette vallée est remarquable. Compte tenu de sa relative étroitesse et de sa pente assez forte, il est probable que l'ensemble du matériel constituant les niveaux plus anciens aura été déblayé lors de l'encaissement progressif du cours d'eau.

Colluvions et complexes de formations superficielles et de versants

LC. Sables, argiles et limons à chailles. Tous les plateaux boisés à l'Est de la Loire et en partie certains de leurs versants sont recouverts d'un manteau de sables, limons et argiles à chailles dont l'épaisseur varie de 1 à 6 m environ suivant les points. La quasi-absence de coupes permanentes et surtout l'importance du couvert forestier rendent très difficile l'étude de cette formation. Les auteurs de la première édition de la feuille Nevers à 1/80 000 l'ont décrite comme des limons argileux présentant à leur base des lits caillouteux "formés essentiellement de débris siliceux des roches sous-jacentes ou du voisinage" et lui

ont attribué un âge Pliocène supérieur. Les auteurs de la 2ème édition de cette même carte en font un placage de terrains superficiels résultant de la décalcification du Jurassique. Ils semblent avoir implicitement considéré que ces terrains s'étaient formés avant le dépôt de l'Hauterivien (cf. place du Jurassique décalcifié dans la notice). A l'occasion du lever de la présente coupure, G. Lucotte a pu étudier (mémoire DEA, Dijon, 1978, inédit) cette formation sur quelques affleurements récents et plusieurs sondages à la pelle mécanique réalisés par le BRGM. Pour partielle qu'elle soit, cette étude est corroborée par les observations de terrain faites au cours des levés.

Dans cette formation on trouve deux types principaux de faciès : sables à chailles non carbonatées, argiles et limons à chailles. Le passage de l'un à l'autre est progressif et se fait le plus souvent en forêt ce qui ne permet pas de les distinguer cartographiquement sur la majeure partie de la feuille. Les éléments siliceux de taille variable souvent anguleux constituent des silexites composées de calcaires silicifiés, de chailles, de fossiles silicifiés. Les fossiles silicifiés sont assez nombreux et variés : échinodermes (entroques, radioles, test d'oursins, en particulier de *Collyrites*), bivalves, brachiopodes (surtout des rhynchonelles), gastéropodes, ammonites. Ils se présentent généralement sous la forme de moules internes, de répliques ou de coquilles épigénisées. Leur âge va du Bajocien moyen à l'Oxfordien. Les calcaires silicifiés soit d'aspect sain soit avec un cortex brun appartiennent à des horizons variés du Jurassique, du Bajocien moyen à l'Oxfordien. Selon Lucotte, ces éléments siliceux proviennent pour leur majeure partie de la silicification des calcaires jurassiques (silicification ou/et destruction de la partie non silicifiée) et, pour une part secondaire, de dissolution de calcaires jurassiques. L'origine de la silice est à chercher dans la dégradation des minéraux argileux liée à la disparition, dans la région, des terrains du Jurassique supérieur et du Crétacé.

La matrice sableuse et/ou argileuse de cette formation a également été analysée par Lucotte. Dans la fraction sableuse il a montré que le cortège de minéraux lourds révèle l'existence d'un matériel d'âge Albien (zircon, tourmaline, rutile, sillimanite, staurotide, disthène, andalousite,...). Ceci concorde avec l'esquisse paléogéographique donnée par L. Courel *et al.* (1972). Sur ce plan il n'a pas été observé de différences significatives entre matériaux de surface et matériaux de profondeur sur l'étude verticale des sondages. L'analyse, par diffractométrie X, de la fraction argileuse a montré que la kaolinite représente 90 % des minéraux phylliteux, le reste se répartissant entre montmorillonite et illite. Là encore il n'y a aucune différence significative dans la composition de la fraction argileuse entre la base et le sommet des sections étudiées.

Il est à noter que l'évolution de cette formation ne s'est pas toujours faite sur place, le plus souvent un remaniement a dû s'effectuer. D'ailleurs on peut observer des glissements de ces terrains sur des formations sous-jacentes. Les fossiles silicifiés permettent de mettre en évidence la non cohérence du manteau superficiel avec son substratum. Ainsi à Eugnes, Lucotte a observé une formation à chailles contenant des fossiles du Callovien inférieur reposant sur un substratum daté du Callovien moyen. L'âge de ces terrains est d'autant plus difficile à déterminer qu'ils ont été affectés par les phénomènes tectoniques récents. On peut seulement avancer que la formation de ces terrains s'est faite au Tertiaire, vraisemblablement postérieurement aux calcaires lacustres qu'ils recouvrent parfois.

GP. Dépôts cryoclastiques : grès calcaires. Elles sont très peu développées sur le territoire de la feuille Nevers où seuls quelques affleurements de très

faible épaisseur apparaissent dans l'angle nord-ouest. Sous l'action du froid, certains calcaires dits gélifs (dans le cas présent seuls les sommets des Calcaires lités inférieurs ont été affectés) peuvent se déliter en éléments plus petits. L'accumulation de ces cailloutis, à certaines périodes, constitue les grèzes.

Elles sont constituées de petits éléments centimétriques, plus ou moins aplatis, sub-anguleux, de teinte claire. Une cimentation secondaire s'observe souvent dans les niveaux les plus proches de la surface. Des lits plus argileux, centimétriques, souvent discontinus, séparent les lits de cailloutis et donnent à la formation un aspect stratifié.

Ces grèzes se rencontrent sur les seuls versants à regard est, nord-est et sud-est. Dans ces régions à faible relief, les spécialistes de ces dépôts s'accordent en général pour admettre que les conditions périglaciaires avec enneigement important ont seules permis l'élaboration du matériel accumulé. Par ailleurs, le litage du dépôt fait penser à un phénomène cyclique, voire saisonnier. Les grèzes ne sont pas datées et nous ignorons si elles sont toutes de même âge.

LP. Couverture éolienne limono-argileuse et sableuse (0,4 à 1 m). Elle se rencontre en rive gauche de la Loire, essentiellement sur le plateau constitué par les Calcaires lités inférieurs. Elle s'étend sur la partie haute d'interfluves faiblement vallonnés et empâte également les versants à regards orientaux. Une certaine hétérogénéité ressort des analyses granulométriques dont les résultats diffèrent en fonction de la localisation géographique du prélèvement et de la profondeur de l'échantillonnage. On notera la rareté des éléments de taille supérieure à 2 mm, une diminution en profondeur des pourcentages de sables, grossiers ou fins, et corrélativement un accroissement de la fraction argileuse ou limoneuse. La nature de ce dépôt est complexe et tient à sa constitution hétérogène où se mêlent des éléments allochtones apportés par le vent, empruntés à des dépôts plus anciens et des éléments résiduels plus grossiers, plus lourds tels les pisolithes ferrugineux, mais surtout les gravelles ferrugineuses qui ont été conservées à la surface des terrains jurassiques et qui abondent au Nord du bassin lacustre de Beurenard.

FC. Sables de Pougues-les-Eaux. Alluvions anciennes post-pliocènes et colluvions dérivées : sables fins à moyens, roux, argileux, localement à chailles, silex et/ou calcaires décalcifiés. En rive droite de la Loire, l'espace compris entre Nevers et Pougues-les-Eaux supporte des sables fins à moyens gris, bruns, ou roux plus ou moins argileux, en placages discontinus, dominant de quelques mètres jusqu'à 110 mètres le niveau de la Loire actuelle.

Appelés Sables du Mont Givre par les anciens auteurs, on les rencontre en position de plateau, généralement associés à des chailles, des silex et/ou des fragments de calcaires décalcifiés ; ils sont alors peu épais (quelques décimètres à 2 m). Sur les versants orientés à l'Est, Nord-Est ou Sud-Est, là où ils ont semble-t-il été préservés de l'érosion, l'épaisseur maximum reconnue en sondage est de 4,50 mètres. Leur disposition suggère des remaniements superficiels au moins à l'échelle de certains versants. Seul un petit affleurement situé sur le flanc sud-est du vallon de Fougères au Nord-Est de Garchizy montre de belles structures fluviales entrecroisées. Facilement mobilisables, à toutes les époques, ils colluvionnent jusque dans les bas-fonds où ils surmontent des limons calcaires (marnes altérées remaniées). L'examen morphoscopique des grains de quartz (J. Tourenq, laboratoire de géologie des bassins sédimentaires, Paris VI) montre de nombreuses traces de chocs en cupules, facture d'un séjour en milieu fluvial (échantillons prélevés à Azy, la Côte Blanche, à

Fontenille entre Marzy et Fourchambault, à Foncelin au Nord-Est de Garchizy, à Fougères). Parmi les minéraux lourds, les éléments volcaniques dominent avec une prépondérance de l'augite.

Compte tenu de ces observations et sans nier l'existence de remaniements locaux, nous considérons que l'origine de ces dépôts doit être rapportée à celle de la plus ancienne terrasse de la Loire. Néanmoins, la situation particulière de ces sédiments, localisés en rive droite de cette dernière jusqu'à des altitudes relativement élevées, a pu laisser supposer une redistribution par le vent. Aussi, ne faut-il pas rejeter l'hypothèse selon laquelle les eaux de la Nièvre venues du Nord auraient freiné la dynamique des eaux de l'Allier et de la Loire venues du Sud provoquant une montée de celles-ci qui peut également avoir été favorisée par un barrage temporaire (seuil rocheux), incapable d'assurer l'écoulement de l'importante quantité d'eau issue de la convergence Allier-Loire-Nièvre, la perte de compétence résultant de ce phénomène permettant l'abandon des charges sableuses.

L'énergie de la Nièvre ancienne ayant fait migrer progressivement le cours de la Loire vers l'Ouest (jusqu'à la confluence avec l'Allier) pourrait avoir empêché le dépôt de terrasses étagées qui font défaut sur cette rive.

Sans exclure l'existence de remaniements superficiels de faible amplitude (éoliens, par ruissellement), il ne fait aucun doute que ce matériel a une origine fluviatile. Sa mise en place sur les assises du Mésozoïque au plancher structural irrégulier, dans une zone d'instabilité dynamique (confluence), peut facilement expliquer les variations d'épaisseur enregistrées, de même que sa distribution fluctuante.

La néotectonique pourrait avoir porté ces témoins à des altitudes relativement élevées.

Plusieurs cas semblables ont été observés ; tous appartiennent à une zone de confluence où les phénomènes de seuil rocheux constituant un barrage ont pu jouer : sables de la Cité en amont du Bec d'Allier (confluence Loire-Allier), sables dits du "Mont Givre" plus connus (confluence Aubeis-Loire), sables de Saint-Aubin-sur-Loire, à l'aval du seuil de Diou (confluence Besbre-Loire). Outre le phénomène de confluence notons que dans tous les cas ces secteurs appartiennent à des zones instables susceptibles de rejeux.

CF. Colluvions et alluvions indifférenciées. Cette unité cartographique a une notation différente de celle donnée aux colluvions de fonds de vallons malgré l'existence de relations étroites entre les colluvions et les alluvions. Il s'agit en fait d'un terme de passage entre alluvions et colluvions.

L'illustration de ce modèle nous est fournie dans la partie amont de la vallée du Liseron à l'aval de Menetou-Couture où, compte tenu de la morphologie du thalweg, alluvions et colluvions doivent s'imbriquer (apports latéraux de part et d'autre du thalweg et amorce de transport longitudinal déterminant un fond de vallée presque plat).

C. Colluvions diverses des bas versants et des fonds de vallons. Les colluvions, qui comblent les fonds de vallons et dans certains cas les bas de versants, sont évidemment hétérogènes. Suivant la nature des formations qui les alimentent, il s'agit d'argile, de limons, de sables ou de galets emballés dans une

matrice argilo-sableuse, plus rarement de marnes. La gélification est assez fréquente dans les fonds.

L'épaisseur des colluvions varie de 1 à 3 m dans l'axe des thalwegs.

TECTONIQUE

Le territoire couvert par la feuille à 1/50 000 Nevers occupe une position particulière à la limite de deux grands blocs constitutifs du Bassin de Paris : à l'Ouest le bloc armoricain, à l'Est le bloc bourguignon. Cette zone de fragilité du Bassin de Paris a joué à plusieurs reprises comme en atteste toute une série de faits tant sédimentologiques que tectoniques. Citons :

- les variations de faciès et de puissance qui affectent les dépôts d'âge Bathonien de part et d'autre de la faille de Cours-les-Barres et de son relais possible par la faille de Germigny-sur-Loire(*) ;
- les variations de faciès et de puissance visibles dans les dépôts d'âge Oxfordien supérieur, de part et d'autre de la vallée de la Loire. Plus à l'Ouest au centre de la Champagne berrichonne une distension d'âge Oxfordien supérieur, zone à Bimammatum (feuilles à 1/50 000 Bourges, Issoudun, Velles) serait à l'origine des passages de faciès : calcaires de Bourges, calcaires de Morthomiers, calcaires de Von, calcaires sub-récifaux de Brenne (Debrand-Passard S., 1979 ; Debrand-Passard S., Gros Y., 1980 ; Debrand-Passard S., 1982) ;
- une phase de compression nord-sud d'âge Crétacé supérieur à Eocène (phase pyrénéenne). Cette phase a été observée dans toute la Champagne berrichonne et affecte la totalité du plateau Nivernais. Elle se manifeste par une intense stylolithisation et en général par la formation de deux familles de fractures décrochantes (dextres et senestres) bien visibles dans la carrière de Beffes (fig. 2). Les pics des stylolithes toujours subhorizontaux montrent des orientations qui varient de N 160° à N 20°E avec un maximum à N 10°E. Les petites failles se répartissent en deux familles :

- une famille de direction moyenne N 160° à N 170°E. Les stries portées par les miroirs de ces failles sont toujours très peu pentées (*pitch* compris entre 0 et 25°) et indiquent un mouvement décrochant dextre ;

- une famille de direction moyenne N 30°E. Les petites failles de cette famille sont très nombreuses et leurs miroirs portent des stries toujours peu pentées qui soulignent un mouvement senestre. Ces divers jeux de fractures indiquent que les directions N 160°E et N 30°E constituent un système simple de fracturation apparu sous l'effet d'une compression horizontale proche de Nord-Sud. La présence de pics stylolithiques orientés suivant cette direction vient confirmer cette interprétation. Les directions N 160°E et N 30°E représentent les directions conjuguées de part et d'autre de cette contrainte.

Cartographiquement les failles qui rejoignent en décrochement au cours de cette compression correspondent à la faille de Sancerre (faisceau de failles méridiennes visibles à l'Ouest de la Loire) et à quelques failles tel l'accident de Germigny-sur-Loire ;

(*) Se reporter au schéma structural et à la coupe figurés au bas de la carte.

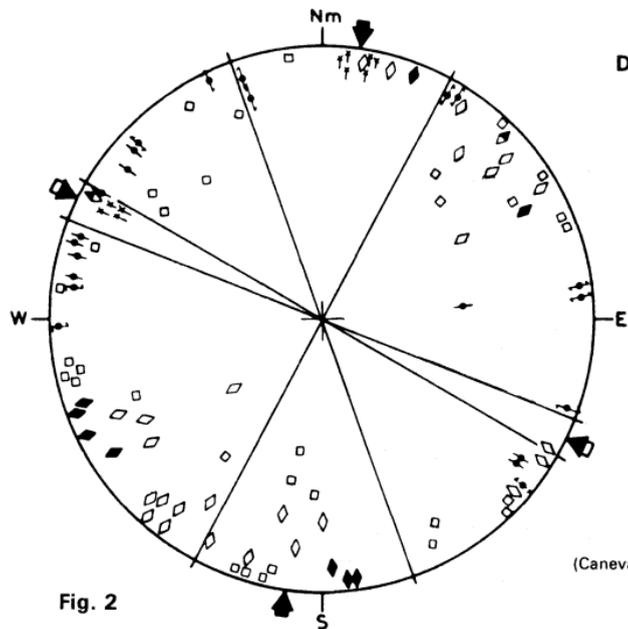


Fig. 2

- ◆ Pôle de décrochement dextre
- ◇ Pôle de décrochement senestre
- ◊ Pôle de faille avec sens du mouvement non déterminé
- ✧ Pôle de faille normale
- ◻ Pôle de diaclase

Diagrammes de fractures

CARRIÈRE DE BEFFES

(Canevas de Schmidt, hémisphère inférieur)

- Strie de faille (sens indéterminé)
- ↗ Strie de faille dextre
- ↖ Strie de faille senestre
- ⊥ Strie de faille normale
- ⊢ Pic stylolitique
- ▭ Pôle de fente d'extension

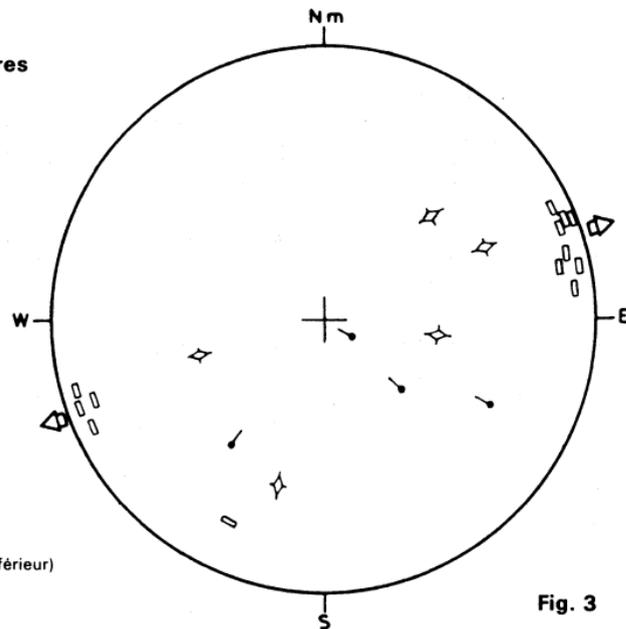


Fig. 3

- ◆ Direction de compression ou de raccourcissement (phase 1)
- ◇ Direction de compression ou de raccourcissement (phase 2)
- ◁ Direction d'allongement (phase de distension)

— une phase de distension E.NE — W.SW dite "Oligocène" mais qui a joué dès l'Éocène supérieur. Elle se manifeste sur toute la bordure occidentale du fossé de la Loire, seule visible sur la feuille Nevers, par des failles à jeux normaux. Celles-ci se produisent principalement aux dépens de failles préexistantes N 160°E et N 30°E portant deux générations de stries, une subhorizontale et une seconde très pentée. Mais il peut également se créer de petites failles normales de direction subméridienne présentant des pendages faibles de l'ordre de 30° à 50°, dirigés tantôt vers l'Ouest, tantôt vers l'Est et qui montrent une intersection subhorizontale. Ces failles à morphologie très irrégulière, guidées par la lithologie, portent des stries très pentées qui caractérisent toujours un mouvement en faille normale. Elle sont d'autre part jalonnées par des fentes d'extensions décimétriques subverticales et de direction moyenne N 150°E qui viennent confirmer ce jeu en faille normale. Les directions des stries de ces failles sont souvent comprises entre N 40°E et N 130°E (fig. 3). Cette phase de distension est à l'origine du fossé d'effondrement dénommé "fossé de la Loire" dont la faille de Sancerre délimite la bordure occidentale et la faille de Prémery (feuille Prémery), d'une manière moins nette, la bordure orientale. Des lacs d'extension originelle inconnue ont occupé ce fossé comme en attestent les calcaires lacustres encore visibles ;

— une phase de compression W.NW — E.SE, à rapprocher des compressions alpines néogènes visibles dans la carrière de Beffes (fig. 2). Au cours de cette compression apparaissent de petites fractures de directions dextres et senestres ainsi que des stylolithes à pics horizontaux d'allongement N 120°E. Au niveau cartographique aucune faille de cette direction n'a été observée sur la feuille Nevers ;

— une compression N-S à NW — SE, post-Miocène à Quaternaire, encore mal connue par suite du petit nombre de mesures possibles. C'est elle qui serait responsable du rejeu en décrochement des failles apparues lors de la distension "Oligocène".

En conclusion la structuration nord-sud de la feuille Nevers reflète la structure du socle sous-jacent (limite nord-sud du bloc armoricain et du bloc bourguignon), mais aussi l'histoire postérieure. Le fossé de la Loire ne constitue donc pas en lui-même un accident majeur mais il est la résultante de phénomènes distensifs sur une zone préalablement fragilisée.

Plusieurs épïcêtres de séismes jalonnent la faille de Sancerre. L'un d'eux, pouvant être rattaché à la faille subméridienne Sancerre — Sancoins, de magnitude 3,3 a été ressenti en décembre 1974. Ce séisme dont le foyer se situe dans la partie sud-ouest de la feuille Nevers (latitude 47°01' N et longitude 2°76'E et profondeur de 1 km à 2,5 km au Sud de Torteron) a fait l'objet d'un calcul du mécanisme au foyer. La solution obtenue caractérise un jeu normal de cet accident avec abaissement du compartiment ouest (Godefroy, 1980).

LA PRÉHISTOIRE ET LES SOLS

Sur les buttes d'argile à silex à l'Ouest de Sancergues (fig. 4), on trouve des ateliers de taille de silex du Paléolithique inférieur (Acheuléen) et moyen (Moustérien de tradition acheuléenne).

L'état altéré, soliflué (retouches irrégulières) et parfois éolisé des silex acheuléens permet de se faire une idée sur l'âge ancien des sols et les remaniements qu'ont subis au Quaternaire les formations antérieures.

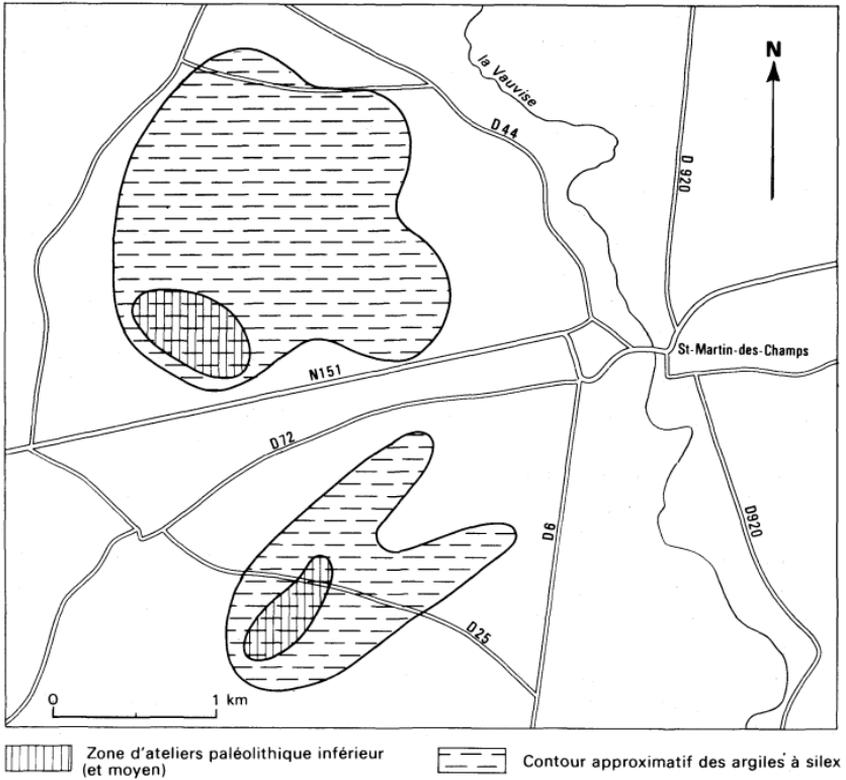


Fig. 4 - Ateliers paléolithiques

Plusieurs sondages effectués dans des sites semblables sur les buttes de Gron (feuille Nérondes) ont permis de voir que l'Acheuléen se trouve non seulement dans le limon éolien superficiel mais aussi incorporé à l'argile à silex solifluée sous-jacente jusqu'à une profondeur d'au moins 60 cm.

Le faciès d'atelier de cet Acheuléen lui confère un aspect archaïque qui le rend difficile à dater ; on pourrait proposer un âge rissien plutôt ancien pour le début de l'occupation.

Le sol est du type lessivé acide polygène ; le profil le plus répandu se présente ainsi : le limon est englobé dans l'horizon lessivé, tandis que l'argile sous-jacente, ocre à taches ferromanganiques (7,5 à 5 YR du code Munsell) montre, en lame mince, les ferriargilanes d'une pédogenèse de rang interglaciaire.

Là où l'épaisseur des formations siliceuses diminue, on passe à des sols brun-rouge qui, de plus en plus tronqués, laissent apparaître le calcaire cryoclasté ou bien une grèze.

Dans les sols très rajeunis (rendzines), les silex paléolithiques ont été détruits.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Pluviométrie, température et potentiel d'écoulement

La pluviométrie annuelle moyenne(*), pour une longue période (1931-1960), à la station de Météorologie nationale de Nevers/Fourchambault, est de 772 mm. La température moyenne annuelle(*), pour la même période, est de 10,5°C, la moyenne des maxima quotidiens étant de 15,6°C et celle des minima de 5,5°C.

La pluviométrie efficace moyenne annuelle correspondante, calculée suivant la méthode de Turc (pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle) et qui indique le potentiel d'écoulement total (ruissellement + infiltration), est de 216 mm(**). Sur le reste de la feuille, elle est un peu supérieure à 200 mm, sauf pour la vallée de la Loire, à l'aval de Marseilles-lès-Aubigny, où elle est un peu inférieure(**).

Hydrométrie

Le territoire de la feuille Nevers est couvert par un réseau hydrographique plutôt lâche, en partie souterrain, compte tenu de la prépondérance des formations calcaires des plateaux.

Il est traversé par trois cours d'eau principaux, d'orientation méridienne : la Loire en son milieu (et son canal latéral), la Nièvre dans sa moitié est, et l'Aubois dans le quart sud-ouest, qui confluent avec la Loire à Nevers et Marseille-lès-Aubigny respectivement.

Le débit de la Loire est connu :

- à Nevers(***) en amont du Bec d'Allier et en aval du confluent de la Nièvre,
- à l'aval du confluent de l'Allier, en ajoutant le débit de l'Allier, au Guetin(***) (feuille Sarcoins, en bordure nord).

Celui de la basse Nièvre (à l'aval du confluent de la Nièvre de Champlemy et de la Nièvre d'Arzembouy) est connu à Urzy.

Une étude hydrologique du bassin de la Nièvre(****) montre, pour la période 1969-1979 :

- un débit moyen annuel de la Nièvre à Urzy et Nevers de 5,0 m³/s (10,0 l/s/km²) et 6,0 m³/s (9,5 l/s/km²)

(*) Mémorial de la Météorologie nationale n° 50. Climatologie de la France. Sélection de données statistiques par M. Garnier, 1967.

(**) France. Précipitations efficaces moyennes annuelles (1946-1976) par M. Louvrier et J. Margat, BRGM 83 SGN 003 EAU.

(***) Annuaire national des débits des cours d'eau, année 1978, vol. II.

(****) "Monographie du bassin de la Nièvre. Eléments d'informations utiles pour l'aménagement des eaux". SRAE Bourgogne/Agence financière de Bassin Loire-Bretagne, Novembre 1981.

— un soutien notable des aquifères calcaires du Jurassique, au débit d'étiage moyen de la Nièvre (septembre), à hauteur de 1 l/s/km², par comparaison entre les débits de la Nièvre de Champlemy à Saint-Aubin-les-Forges(***) (bassin à dominante calcaire) et de la Nièvre d'Arzembouy à Poiseux (****) (bassin à dominante marneuse).

On note pour les débits moyens et d'étiage les valeurs ci-après :

	Débit moyen annuel (m ³ /s)	Débit spécifique moyen annuel (l/s/km ²)	Débit d'étiage moyen minimum : moyennes mensuelles interannuelles m ³ /s (débit spécifique l/s/km ²)
Loire à Nevers(*) période 1955-1978	182	10,4	61,5 en Août (3,3)
Allier au Guetin(*) période 1955-1978	146	10,2	53,5 en Août (3,74)
Nièvre à Urzy(**) période 1971-1978	4,5	8,9	0,49 en Septembre (0,97)

Ressources en eaux souterraines : partie orientale

Ressources actuelles exploitées

● **Nappe alluviale de la Loire.** La plupart des volumes prélevés, pour l'alimentation en eau potable publique, proviennent de la nappe des alluvions récentes de la Loire. Ces alluvions sont constituées de sables et graviers pouvant atteindre près de 10 m d'épaisseur, plus finement sableuses, voire sablo-argileuses, en surface. Des lentilles argileuses peuvent s'intercaler localement au sein de ces formations.

La nappe est libre, son niveau se situant à une profondeur variant de 0 à 4 m selon l'endroit ou la saison. Son battement saisonnier est d'environ 2 mètres.

Les zones de captage, au nombre de 2, sont situées à Marzy et à l'aval à Germigny-sur-Loire, assurant la totalité (ou la quasi-totalité) des besoins en eau potable de Fourchambault et du Syndicat de Pougues-les-Eaux respectivement. Elles présentent les caractéristiques géométriques et d'exploitabilité suivantes, à partir des ouvrages de captage ou d'essais en Banque des données du sous-sol (BRGM, Service géologique régional Bourgogne, Dijon) :

Localisation	Indice BRGM	Coordonnées Lambert		Cote NGF du sol	Profondeur ouvrages (m)	Mesure aux essais			Date	
		X	Y			Epaisseur mouillée (m)	Débit (m ³ /h) unitaire	Débit (m ³ /h/m) spécifique		
Marzy-la-Folie	P2	521.7.1	656.13	2223.00	(168)	7,40	7,00	200	162,6	29/10/65
	P1	521.7.8	656.15	2222.95	(168)	7,00	5,75	-	-	-
	F1	521.7.13	656.00	2222.85	(167)	9,90	6,30	80	69,0	19/05/82
Germigny-sur-Loire/Soulangy	P1	521.6.1	653.62	2229.13	(164)	6,45	4,40	70	66,7	15/05/57
	P2	521.6.2	653.55	2229.19	(164)	7,10	4,40	-	-	-
	P3	521.6.3	653.45	2229.05	(164)	8,20	5,60	-	-	-

(*) Station gérée par le Ministère de l'Industrie

(**) Station gérée par le Service hydrologique centralisateur (Bassin Loire-Bretagne)

(***) "Monographie du bassin de la Nièvre. Eléments d'informations utiles pour l'aménagement des eaux". SRAE Bourgogne/Agence financière de Bassin Loire-Bretagne, Novembre 1981

(****) Station gérée par le Ministère de l'Agriculture (SRAE Bourgogne).

Le substratum des alluvions est constitué :

- à Marzy par des calcaires à entroques très peu épais (Bajocien inférieur, Alénien) surmontant des marnes (Toarcien),
- à Soulangy par les marno-calcaires à pholadomyes du Bathonien supérieur.

Les données sur l'exploitation de la nappe, sa qualité, sa protection réglementaire, fournies par la DDA et la DDASS de la Nièvre, figurent dans le tableau ci-après :

Zone de captage	Collectivité alimentée	Nombre d'ouvrages	Prélèvements moyens (m ³ /j) (Nombre habitants raccordés)	Qualité		Traitement avant distribution	Définition des périmètres de protection	DUP
				Physico-chimique	Bactériologique			
Marzy-la Folie	Fourchambault	3	1 800 (5 925)	bonne	bonne	chloration	oui (1)	non
Germigny-sur-Loire/Soulangy	SIAEP de Pougues-les-Eaux	4	> 1 700 (3 400)	problème de fer, agressivité	bonne	déferri-sation filtres à neutralite	oui (2)	non

(1) Avis d'hydrogéologue agréé de J.-C. Menot, 11/08/1983

(2) Avis d'hydrogéologue agréé de J.-C. Menot, 10/09/1985

L'eau fournie est en principe de bonne qualité du point de vue bactériologique, par suite des possibilités de filtration des sables. Toutefois, à Marzy, une chloration est effectuée compte tenu de la présence proche d'anciennes décharges d'ordures ménagères.

Du point de vue physico-chimique, c'est une eau de type bicarbonaté calcaïque à minéralisation moyenne ; on note localement des teneurs élevées en fer et une certaine agressivité à Soulangy.

La nappe est notablement vulnérable à la pollution.

● **Aquifères des calcaires fissurés jurassiques du plateau de rive droite.** Les autres ressources, plus limitées, sont constituées par les eaux circulant en milieu fissuré dans les calcaires plus ou moins karstifiés du Jurassique moyen et supérieur. Ces aquifères peuvent être plus ou moins compartimentés selon les rejets des nombreuses failles subméridiennes. Certaines sources ou résurgences, à débit variable au cours de l'année, sont captées pour l'alimentation en eau potable des collectivités :

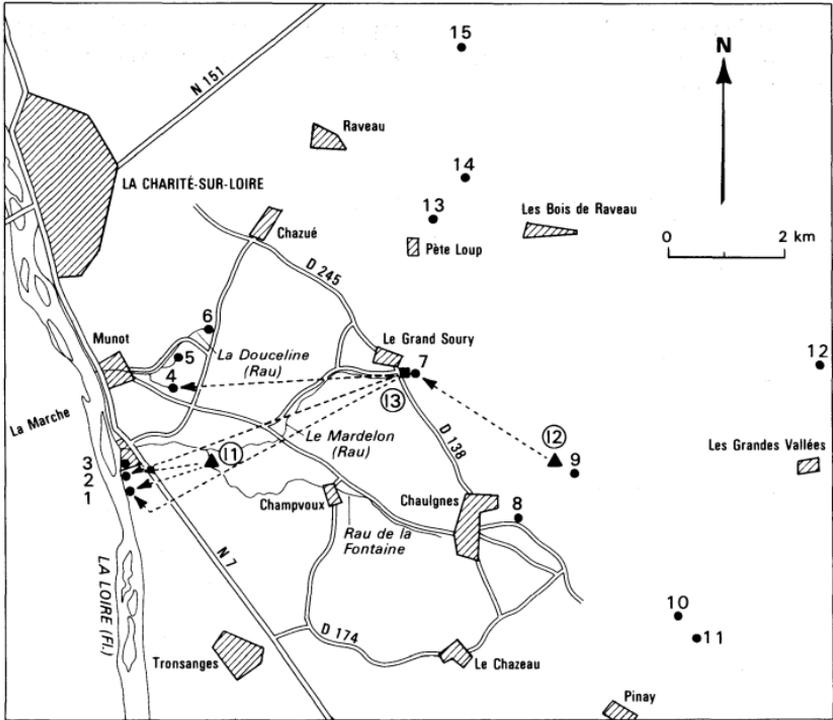
— *calcaires du Callovien moyen (Pierre de Nevers) :*

● source de Tigran au Grand Soury, alimentant provisoirement et pour partie le Syndicat de Pougues-les-Eaux (secteur de Chaulgnes-Champvoux), en relation avec les pertes de Vaux à 3 km au Sud-Est(*) ;

● source alimentant Urzy, correspondant au sommet de la Pierre de Nevers sous les calcaires glauconieux de l'Oxfordien moyen ;

— *calcaires du Bathonien moyen et supérieur*, exurgences alimentant, du Sud au Nord :

(*) Coloration du 23/10/1979 par CRG Garchy



- Sources surveillées
- ▲ Injection instantanée
- Injection en continu
- ← - - - - Parcours apparent des écoulements souterrains

RÉSURGENCES COLORÉES

- 1 Source du Cimetière
- 2 Source de la Marche
- 4 Résurgence du Trou Bleu
- 7 Source de Tigran

Fig. 5 - Résultats des colorations du Grand Bois (I1), de la Fontaine de Vaux (I2) et du Mardelon (I3)

- Guérisny : source de la Fontaine de la Vallée, source des Trois Chênes, au contact d'une faille ;
- Saint-Aubin-les-Forges : source de la Douée émergeant à la base des calcaires oolithiques et bioclastiques, au contact des marnes et calcaires argileux, en relation avec un doline à l'Ouest, constituant un point de pollution(*).

Le tableau ci-après indique les volumes exploités, la qualité de l'eau et sa protection réglementaire(**):

Zone de captage	Collectivité alimentée	Indice BRGM	Coordonnées Lambert		Cote NGF du sol	Prélèvements moyens (m ³)/(Nombre habitants raccordés)	Qualité		Traitement avant distribution	Définition des périmètres de protection	DUP
			X	Y			Physico-chimique	Bactériologique			
Urzy Source	Urzy + Saint-Martin-d'Heuille	521.8.35	666,59	2228,20	(190)	170 (1 000 + 400)	turbidité temporaire	variable	chloration	oui (1)	non
Guerigny source Trois Chênes Fontaine de la Vallée	Guerigny	521.4.1	663,49	2234,96	(210)	670 (2 500)	"	"	"	oui (2)	non
		521.4.2	661,74	2235,25	(240)	p.m.	"	"	"	non	non
Saint-Aubin-les-Forges Source de la Douée	Saint-Aubin-les-Forges	521.4.3	663,90	2239,61	(250)	65 (400)	"	"	"	oui (3)	non
Grand Soury Resurgence de Tigran	SIAEP de Puuges-les-Eaux	521.3.7	657,38	2239,48	(220)	120 (400)	"	"	"	non	non

(1) Avis d'hydrogéologue agréé de J. C. Menot, 23/09/1983

(2) Avis d'hydrogéologue agréé de J. C. Menot, 30/01/1974

(3) Avis d'hydrogéologue agréé de J. C. Menot, 14/08/1983

Ces eaux sont de bonne qualité physico-chimique de type bicarbonaté calcique à minéralisation moyenne, à part une turbidité temporaire après les fortes pluies. Les aquifères fissurés ne permettant pas de filtration bactériologique, une chloration est nécessaire avant distribution.

Ces ressources en eau sont très vulnérables à la pollution, lorsque la couverture de limons des plateaux (argiles à chailles) est érodée. Une fois atteint le niveau d'eau par le polluant (la profondeur peut atteindre sur le plateau plusieurs dizaines de mètres, avec des battements saisonniers de même ordre), la propagation de la pollution sera rapide, compte tenu de la vitesse élevée de circulation des eaux souterraines (vitesses moyennes minimales obtenues par traçages de 55 à 188 m/h(***)), jusqu'aux émergences, où son passage sera de brève durée.

Les traçages effectués dans le cadre de la thèse de B. Petitfils sont rappelés par le plan de situation (fig. 5) et le tableau correspondant(***) .

(*) Coloration en 1985 par CRG Garchy

(**) Renseignements fournis par la DDA et la DDASS de la Nièvre.

(***) "Etude d'un système aquifère complexe dans les calcaires du Jurassique de la Nièvre. Aspect hydrodynamique, hydrochimique et géophysique". Bernard Petitfils, Université d'Orléans, 20 février 1981.

RÉCAPITULATIF DES TROIS ESSAIS DE TRAÇAGE RÉALISÉS SUR LE BASSIN HYDROGÉOLOGIQUE DU MARDELON

	Date d'injection	Mode d'injection. Quantité et nature du colorant	Coordonnées Lambert du point d'injection	Sources touchées par le colorant	Caractéristiques de l'écoulement		
					Distance du point d'injection au point de réapparition	Temps de passage	
						Apparition	Max. de concentration
Coloration du Grand Bois	6/6/78	Instantanée 4 kg Fluorescéine	x = 503,89 y = 2220,96 z = 175,00	La Marche Cimetière	1 450 mètres	19,5 heures	21 heures
	10h00				"	"	"
Coloration de la Fontaine de Vaux	23/10/79	Instantanée 5 kg Fluorescéine	x = 659,73 y = 2238,00 z = 274,50	Tigran Trou Bleu La Marche Cimetière	2 850 mètres	15,5 heures	21 heures
	16 heures				6 375 mètres	83 heures	100-104 heures
					7 000 mètres	76 heures	86 heures
					"	"	"
Coloration du Mardelon	du 6/10/80 9h00 au 8/10/80 17h00	En continu 2 kg Fluorescéine	x = 658,33 y = 2239,58 z = 233,00	Trou Bleu	3 875 mètres	70 heures	85 heures

● **Eaux minérales.** A Pougues-les-Eaux, un établissement thermal a exploité comme eaux minérales des eaux froides (12,5 à 14,1°C), moyennement minéralisées (résidu sec = 2,4 g/l), bicarbonatées calciques et sodiques ; leur nature carbo-gazeuse paraît indiquer l'influence d'eaux issues du socle ou de la base de la couverture sédimentaire, vraisemblablement due à la présence des fractures subméridiennes. Les captages pouvaient produire 4 m³/h. L'établissement thermal était spécialisé dans le traitement des affections diabétiques et hépatiques.

Ressources restant à exploiter

La nappe alluviale de la Loire devrait permettre de satisfaire l'accroissement des besoins en eau des communes riveraines, surtout depuis la remontée du niveau d'étiage de la Loire, qui constitue le niveau de base de la nappe, par la mise en service du barrage-réservoir de Villerest.

L'éventuel aquifère alluvial de la Nièvre mériterait d'être reconnu par sondages.

Les formations aquifères de l'Oxfordien supérieur (calcaires oolithiques et récifaux), qui affleurent au Nord et à l'Ouest, mériteraient également d'être traversées par sondages.

Le captage par forages de formations plus profondes pourrait offrir sur le plateau une ressource alternative bien protégée en cas de pollution et, dans les vallées, un potentiel supplémentaire :

- calcaires à entroques (Aalénien — Bajocien inférieur) dans la plupart des cas,
- calcaires du Bathonien supérieur localement,
- calcaires du Callovien moyen selon les lieux.

Ressources en eaux souterraines : partie occidentale

Les réservoirs aquifères, essentiellement sollicités pour l'alimentation en eau des collectivités, sont :

- les alluvions de la Loire et de l'Aubois,
- les formations jurassiques.

Les collectivités sont regroupées pour une alimentation en eau, en syndicats, sauf deux communes (Marseilles-lès-Aubigny et Jouet-sur-l'Aubois) :

- le Syndicat de Sancergues,
- le Syndicat de Nérondes,
- le Syndicat de Cours-les-Barres.

Le Syndicat de Sancergues est alimenté par deux puits dans les alluvions de la Loire à Saint-Léger-le-Petit.

Le Syndicat de Cours-les-Barres - Cuffy est alimenté par les eaux des alluvions de la Loire à partir de la commune de Cuffy (feuille Sancoins - 548).

Il existe d'autres réservoirs de moindre importance :

- les sables (alluvions de basse terrasse),
- les sables plio-quadernaires (sables du Bourbonnais),
- les calcaires du Nivernais,
- les formations du Lias.

Ces réservoirs ont été parfois sollicités avec plus ou moins de succès.

● **Alluvions de la Loire (rive gauche).** Les eaux sont captées à Saint-Léger-le-Petit (521-2-1001 et 1002*), à Marseilles-lès-Aubigny (521-2-1003) ainsi que sur le territoire de la commune de Cuffy (alluvions de l'Allier, feuille Sancoins, 548-3-1009).

A Marseilles-lès-Aubigny, le débit spécifique est de l'ordre de $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, donnant une transmissivité calculée par transposition du débit spécifique de l'ordre de $5,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. La teneur en nitrates n'excéderait pas 12 mg/l .

A Saint-Léger-le-Petit, les deux puits ont respectivement 5 m et 10 m de profondeur. Il a été obtenu un débit de $46 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un rabattement de 1,6 m sur P1 et $86 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un rabattement de 1,95 m sur P2. La transmissivité calculée est de l'ordre de $0,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ à $1,2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

La productivité des ouvrages augmente en s'approchant du lit mineur du fleuve, par contre la teneur en nitrates passerait de 15 à 28 mg/l .

● **Alluvions des basses terrasses.** A Cours-les-Barres, les eaux de la basse terrasse donnent naissance à une source au lieu-dit La Grille, au contact des marnes du Bajocien supérieur.

A Argenvières, c'est une source non utilisée qui coule au contact de l'Oxfordien supérieur (source de trop-plein).

● **Sables plio-quadernaires.** Ces formations sableuses sont assez peu productives sur la feuille Nevers. Des zones où la perméabilité de l'aquifère atteint $2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (sables fins) ont été reconnues sur la commune de Sancoins (feuille Sancoins), 548-5-2 et 3.

● **Formations jurassiques.** Ces formations sont sollicitées pour l'irrigation. A Jussy-le-Chaudrier, au lieu-dit Limosin, un sondage de 40 m de profondeur

(*) Indice national d'archivage, au titre de l'application du Code minier, dans la Banque des données du sous-sol (BRGM, SGR/Centre).

(n° 521-1-5) a permis d'extraire un débit moyen de 50 m³/h pour un rabattement de 2,40 m, soit un débit spécifique de 201 m³/h/m (transmissivité transposée de 0,5 x 10⁻² m²/s) après acidification.

A Sancergues, au lieu-dit Augy, un forage agricole (521-1-6) de 21 m de profondeur a permis d'obtenir un débit de 160 m³/h, un débit spécifique de 11,2 m³/h/m et une transmissivité de 0,3 x 10⁻² m²/s.

La nature du sous-sol calcaire ou marneux contraint à une acidification pour obtenir des caractéristiques plus intéressantes du réservoir.

Les recherches entreprises par le Comité de développement du canton de Sancergues ont permis de mieux connaître ces horizons calcaires où de nombreuses sources jaillissent, soit au contact Oxfordien supérieur – Oxfordien moyen (sources de contact), soit à la faveur des failles méridiennes.

Sur la commune de Jouet-sur-l'Aubois, deux sources provenant des calcaires oxfordiens alimentent la population avec des débits d'exploitation respectifs de 35 et 40 m³/h (521-6-2 et 6-3). La teneur en nitrates ne semble pas dépasser les 10 mg/l.

Une recherche d'eau pour le compte du syndicat de Nérondes a été effectuée sur le territoire de la commune de Torteron, au lieu-dit Les Greffiers, par la réalisation d'un sondage de 47 m de profondeur (521-6-21), situé au contact des formations du Bourbonnais et de l'Oxfordien. Le débit maximum obtenu a été de 1 m³/h.

● **Calcaires du Nivernais.** Cet horizon n'est pas exploité. Seules quelques sources jaillissent, liées au système faille (Fontaine Sainte-Anne). Une prospection de ces calcaires permettrait peut-être de mettre en valeur les terres agricoles de cette région.

● **Formations du Liás.** Ces formations généralement argileuses ou marneuses ne contiennent pas de nappes bien individualisées.

Ressources potentielles

Une étude demandée par la Préfecture du Cher a été réalisée en 1975 par le BRGM, Service géologique régional Centre, portant sur les possibilités d'exploitation des captages d'alimentation en eau potable. Cette étude a montré que l'ensemble des communes concernées sur la feuille Nevers (département du Cher) n'avait pas de problème prioritaire à l'horizon 2000, sauf le syndicat de Nérondes, concernant les communes de Torteron, Menetou-Couture et Saint-Hilaire-de-Gondilly, où, dès 1976, les ressources en eau ne suffisaient plus à la population. Quelques sondages ont été réalisés (cf. formations jurassiques) sans apporter de réelles solutions.

Les alluvions de la Loire (syndicat de Sancergues, Marseilles-lès-Aubigny et syndicat Cours-les-Barres, Cuffy) sont sollicitées avec des résultats favorables. L'ensemble des alluvions de la Loire n'a pas été prospecté d'une façon systématique.

Elles représentent une potentialité tant au point de vue quantité que qualité, très favorable, qu'il faudra inventorier afin de satisfaire les besoins des syndicats environnants.

TABLEAU DES OUVRAGES D'ALIMENTATION EN EAUX POTABLE ET DES FORAGES AGRICOLES EXÉCUTÉS SUR LA FEUILLE NEVERS (département du Cher)

Commune	Indice BRGM	Coordonnées Lambert		Cote NGF Sol	Profondeur en m	Nappe	Date	Débit m ³ /h/m	Transmissivité en m ² /s	Débit utilisé en m ³ /h	Périmètre protection	Nature (1)	
		X	Y										
Jussy-le-Chaudrier	521-1-1	645,640	2237,815	+ 175		Jurassique	1944					oui	AEP
Charentonnay	521-1-2	641,040	2236,125	+ 177	6	"	1976			60		oui	FA
Sancergues	521-1-4	644,375	2238,030	+ 173	26	"	1978	12,5	0,3 × 10 ⁻²	60		oui	FA
Jussy-le-Chaudrier	521-1-5	643,750	2235,900	+ 174	40	"	1978	21	0,5 × 10 ⁻²	50		oui	FA
Sancergues	521-1-6	644,150	2238,900	+ 169	21	"	1979	11,2	0,3 × 10 ⁻²	40		oui	FA
Saint-Léger-le-Petit	521-2-1001	651,500	2235,900	+ 170	5	Alluvions	1949	28,7	0,8 × 10 ⁻²	58		oui	AEP1
Saint-Léger-le-Petit	521-2-1002	651,700	2235,150	+ 170	10	"	1974	62,5	1,7 × 10 ⁻²	90		non	AEP3
Marseilles-les-Aubigny	521-2-1003	651,450	2231,925	+ 164	7,8	"	1939					oui	AEP1
Saint-Hilaire-de-Condilly	521-5-20	642,990	2228,990	+ 184	8	"	1958			15		oui	AEP2
Jouet-sur-l'Aubois	521-6-2	648,990	2227,050	+ 172	22	Jurassique	1977			0		oui	FA
Cours-les-Barres	521-6-3	649,850	2227,400	+ 170		"	1965			25		oui	AEP
Torteron	521-6-20	653,570	2225,240	+ 166	7,4	Alluvions	1968			30		oui	AEP
Torteron	521-6-21	649,550	2224,950	+ 195	47	Jurassique	1976					oui	AEP

(1) AEP : alimentation en eau potable
FA : forage agricole

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

sab, sgr, sgal. **Sables à graviers ou sables à galets.** Les sables à graviers ou galets, abondants dans la région, sont exploités dans les alluvions quaternaires de la Loire ainsi que dans les horizons sableux du Bourbonnais. Dans cette dernière formation, ils font l'objet de nombreuses petites exploitations à caractère artisanal ou familial temporaire. Les matériaux sont destinés à l'entretien des chemins et plus rarement au remblai routier. Pour ce dernier usage, sont surtout exploités les sables à galets. Ils sont principalement exploités à la pelle mécanique sur quelques mètres de puissance.

Les sables et graviers des alluvions récentes sont exploités dans le lit vif de la Loire par dragage à point fixe. Les matériaux exploités constitués de roches cristallines, volcaniques, calcaires, silex, chailles, quartz sont à dominante sableuse. Les sables sont quartzo-feldspathiques micacés. Ils sont le plus souvent employés pour la construction, la fabrication d'enrobés bitumineux routiers et comme remblais. L'épaisseur de cette nappe est d'une dizaine de mètres.

Gîtes minéraux. Le terrain sidérolithique très développé dans la vallée de l'Aubois se présente sous forme d'argile ocreuse, avec minerai de fer en grains ou en concrétions ; on y trouve du quartz, parfois du gypse cristallisé.

Ce minerai a donné lieu à des exploitations importantes aux environs de Torteron (5-4001). Les exploitations de Bois-Minon, la Raquinerie, Bois-Louman, Lernay, Mauregard, le Chautay, Beurenard, Andres, Mentoux et Poulettrie produisaient, annuellement, environ 60 000 tonnes de minerai lavé.

Plus au Nord, aux Chaumes de Loudin, le minerai était extrait de poches superficielles, creusées en entonnoir au milieu des calcaires jurassiques (1-4001).

Les hauts-fourneaux de Fontmorigny et de Feuillarde, près de Torteron, alimentaient l'usine de Fourchambault.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

Le premier itinéraire permet d'observer l'emplacement des formations du Jurassique et du Tertiaire rencontrées à l'Est de la Loire.

Les conditions d'observation sont celles qui prévalaient en 1985.

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

- les carrières sont des *propriétés privées*, leur accès est donc soumis à une autorisation du propriétaire, c'est *a priori* le cas des affleurements situés en dehors des routes et des chemins,
- la visite d'une carrière, même abandonnée, présente toujours des risques d'accidents (chutes de pierres, éboulements, présence de pièges, risques de blessures ou de contamination du fait des déchets ou matériaux de décharge qui peuvent y être déversés).

Itinéraire 1

Il déborde au Sud sur la feuille Sancoins et au Sud-Est sur la feuille Decize. Pour réaliser l'excursion, le lecteur pourra éventuellement utiliser en plus les documents suivants :

- la carte Michelin à 1/200 000 n° 69
- la carte touristique IGN à 1/250 000 n° 8 (Nivernais-Bourgogne)
- le Guide géologique Bourgogne, Masson et Cie éditeurs.

L'excursion commence à Nevers au viaduc du chemin de fer. On suivra la rive droite de la Loire en empruntant d'abord la rue des Saulaies. Au début de celle-ci (entre les n° 5 et 8), les terrains du Bathonien supérieur : marnes compactes et calcaires sus-jacents affleurent en arrière des maisons. On les observe bien depuis la promenade du bord de Loire. Suivre la rue des Saulaies et son prolongement (D 504) jusqu'à la côte de Conflans puis gagner le Panorama du Bec d'Allier (panneaux indicateurs). Le site aménagé offre une vue remarquable du confluent de la Loire et de l'Allier qu'il domine de 70 m environ. On remarquera le contraste entre les paysages vallonnés de la région de Gimouille — Saincaize au Sud et les plateaux boisés (Jurassique moyen recouvert de Plio-Quaternaire) qui s'étalent à une altitude moindre à l'Ouest et au Sud-Ouest. Au fond du terre-plein aménagé affleurent les marnes et calcaires argileux fossilifères du Toarcien supérieur ; le pendage de quelques blocs souligne le passage d'une faille qui abaisse le compartiment plus à l'Est (on peut trouver quelques blocs de calcaires à entroques bajociens). Suivre la route jusqu'au carrefour de la Croix Morin et prendre à gauche la rue des Chèvres ; à 1 km environ du carrefour, un bâtiment agricole se trouve dans une ancienne carrière. C'est la dernière excavation encore visible dans les calcaires à entroques aaléno-bajociens : observer la stratification, recherche de fossiles (brachiopodes, mollusques...). De là suivre le chemin jusqu'à la D 504 : au croisement remarquer une source au contact marnes toarciennes — calcaires. En haut de Marzy, prendre la D 131 ; avant Corcelles, on a une bonne vue sur les plateaux boisés en rive gauche de la Loire. De Fourchambault longer le fleuve jusqu'au delà du hameau de Soulangy où l'on observera une falaise dans les calcaires argileux du Callovien moyen (Pierre de Nevers) : étude de la stratification, recherche de fossiles (ammonites, brachiopodes, bivalves). De retour à Soulangy, prendre la direction de Germigny-sur-Loire et Tronsanges où l'on rejoint la RN 7 au hameau de Barbeloup. Là, derrière la station d'essence, se trouve un affleurement de Callovien inférieur (marnes, calcaires et oolithe ferrugineuse) fossilifère. Emprunter la RN 7 jusqu'à Munot, au Nord de la Marche, puis la D 110 en direction de Chaulgnes. A 600 m du passage sous la voie ferrée, s'arrêter près d'une haie bordée d'arbres. En suivant cette haie on arrive au Trou Bleu : belle résurgence à régime intermittent du réseau

souterrain de la Fontaine de Vaux ; c'est une large vasque, profonde d'une dizaine de mètres, qui s'ouvre dans les calcaires lités de l'Oxfordien. En route vers Chaulgnes, un petit détour par la curieuse église romane de Champvoux permet d'apprécier la puissance des formations superficielles ici fortement rubéfiées. Depuis Chaulgnes, la route monte dans les marnes bathoniennes, plusieurs affleurements peu fossilifères en bord de route. Au sommet de la côte, panorama sur les Vaux de Pougues. Suivre la D 110, à 500 m environ de la ferme de la Mare et à 200 m de la route, un petit étang occupe le fond d'une ancienne carrière. Sur ses flancs, on observe les terrains depuis le Bathonien supérieur jusqu'à la base du Callovien moyen. Attention, la série géologique est coupée par une faille : observer la stratification et rechercher les fossiles caractéristiques (ammonites, bivalves, brachiopodes).

A Guérigny, suivre la D 977 jusqu'à Demeurs puis traverser la Nièvre et prendre la D 204 jusqu'au hameau de Feuille. Au croisement une petite route, à gauche, redescend sur la Nièvre ; elle montre au début le passage du Callovien inférieur marneux à la Pierre de Nevers. Longer la rive droite de la Nièvre jusqu'au hameau de Pont Saint-Ours où l'on s'arrêtera pour examiner les anciennes carrières. Celles-ci montrent une belle coupe de la Pierre de Nevers (Callovien moyen) avec des niveaux de chailles à la base, surmontée par un important dépôt d'oolithes ferrugineuses (Oxfordien). Cet affleurement est très célèbre dans la littérature géologique par les fossiles qu'il a livré. Dans son état actuel, il est relativement dangereux, les rochers n'étant pas solides, particulièrement dans sa portion supérieure. Il est d'ailleurs possible de récolter des fossiles dans les éboulis à la base. Suivant le temps dont on dispose, on peut soit regagner directement Nevers par la D 977, soit suivre la rive gauche de la Nièvre par la D 176 jusqu'à Trangy et prendre une route à gauche en direction de Saint-Eloi ; rejoindre près de l'église la RN 81 et l'emprunter en direction d'Imphy sur 2 km environ, là où la route passe en tranchée, parking au-dessus de la route. Il s'agit d'un affleurement des calcaires lacustres éocènes. Observer la diversité des faciès, les zones de silicification, la stratification diffuse perturbée par des phénomènes de karstification. A l'Est, au niveau du chemin de Thiot, cette formation est au contact du Callovien moyen.

En dehors des points signalés, il peut être possible d'effectuer d'intéressantes récoltes dans les parcelles labourées.

Itinéraire 2

On trouvera des renseignements géologiques complémentaires et en particulier un itinéraire dans le *Guide géologique régional : Bourgogne - Morvan*, par P. Rat, 2e édition, 1986, Masson, Paris :

— itinéraire 9b : de Nevers au horst de Saint-Saulge.

BIBLIOGRAPHIE

BEAU E. (1857-58) - Note géologique sur les minerais de fer de l'Aubois (Cher). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2e sér., t. XV, p. 673-678.

BELLON H. (1971) - Datation absolue de laves d'Auvergne par la méthode Potassium-Argon. Orsay, thèse doct. 3e cycle, p. 1-58.

BERTRAND-SARFATI J., FREYTET P., PLAZIAT J.-C. (1966) - Les calcaires concrétionnés de la limite oligocène-miocène des environs de Saint-Pourçain-sur-Sioule (Limagne d'Allier). Rôle des algues dans leur édification ; analogie avec les stromatolithes et rapport avec la sédimentation. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7e série, t. VIII, p. 652-662.

BOULANGER (1844) - Statistique géologique et minéralogique du département de l'Allier. Moulins, chez Desrosiers Ed., 483 p.

BOULLIER A. (1984) - Les associations de brachiopodes de l'Oxfordien supérieur du Berry. *Bull. inf. Géol. Bassin de Paris*, (21), n° 4, p. 9-20.

BOUT P. (1963) - Le Quaternaire du bassin supérieur de la Loire, des bassins moyen et supérieur de l'Allier et de leurs marges. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7e série, t. V, p. 472-482.

BOUT P. (1967) - Problèmes du volcanisme II. Augite en dents de scie. *Revue d'Auvergne*, t. 81, n° 81, n° 427 (1), p. 69-75.

BUSSAC G. de (éditeur) (1976) - Etat de nos connaissances géographiques sur le Massif Central français.

BUSSIÈRES P., PELLETIER H. (1973) - Nouvelles données pour une classification des sables anciens et récents de la Limagne d'Auvergne. *Revue d'Auvergne*, t. 87, n° 3, p. 170-202.

CHAPUT E. (1907) - Sur un ancien cours de la Loire pliocène. *C.R. Acad. Sci.*, série D, vol. 145, p. 892-894.

CHAPUT E. (1908) - Sur les alluvions quaternaires de la Loire et de l'Allier. *C.R. Acad. Sci.*, série D, vol. 147, p. 89-91.

CHAPUT E. (1913) - Essai de synchronisation des alluvions anciennes de la Loire et de ses affluents. *C.R. Acad. Sci.*, vol. 156, p. 358-360.

CHAPUT E. (1917) - Recherches sur les terrasses alluviales de la Loire. *Ann. Univ. Lyon*, p. 1-103.

CHAPUT E. (1918) - Réponse à quelques observations de M. Dollfus. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 75-76.

CHAPUT E. (1921) - Sur les terrasses alluviales de la Loire. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 112-113.

CHAPUT E. (1923) - Observation complémentaire sur les alluvions et les terrasses de la Loire. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, vol. 4, p. 101-112.

CHICHERY M. (1937) - Etude géologique du bassin primaire de l'Ardoisière. DES Clermont-Ferrand.

CHICHERY M. (1938) - Stratigraphie des formations dinantiennes du bassin de l'Ardoisière près de Vichy. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 206, p. 263-265.

CLOCCHIATTI R., TOURENQ J. (1971) - Présence de quartz des ponces du Mont-Dore, d'âge pliocène, dans les argiles sableuses du Bourbonnais. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 273, p. 2453-2455.

COUREL L. (1964) - Identification de Trias marin sur la bordure nord du Massif Central. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 2, p. 87-88.

COUREL L. (1970) - Trias et Rhétien de la bordure nord et est du Massif Central français. Modalités de la transgression mésozoïque. Dijon, thèse doct. ès Sc., 1970, 616 p.

COUREL L. (1973) - Modalités de la transgression mésozoïque : Trias et Rhétien de la bordure nord et est du Massif Central Français. *Mém. Soc. géol. Fr.*, vol. 52, n° 118, p. 1-150.

DANGEARD L. (1933) - Quelques observations sur le Tertiaire de la Limagne bourbonnaise. Importance de phénomènes karstiques dus à la présence des calcaires concrétionnés. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, t. III, p. 381-385.

DARESTE de la CHAVANNE J., PANTHIER A. (1914) - Sur l'âge des terrains lacustres du Nivernais méridional. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, t. 14, s. 4, p. 150-151.

DASSE J. (1914) - Les environs de Pougues. *Bull. Soc. nivernaise Lett. Sc. Art.*, 25, p. 45-115, 2 pl.

DEBRAND-PASSARD S., DELANCE J.H., LORENZ J., MARCHAND D. (1978) - Le Callovien supérieur et l'Oxfordien inférieur dans les départements du Cher et de la Nièvre. *Bull. BRGM*, section I, n° 4, p. 317-331, 2 pl.

DEBRAND-PASSARD S. (1980) - Le Jurassique supérieur du Berry. *Mém. BRGM*, n° 119, 226 p., 104 fig., 13 pl.

DEBRAND-PASSARD S. et GROS Y. (1980) - Fracturation de la Champagne berrichonne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. 22, n° 4, p. 647-653.

DELANCE J.H. (1974) - Zeilleridés du Lias d'Europe occidentale (brachiopodes). Systématique des populations, phylogénie, biostratigraphie. *Mém. géol. Univ. Dijon*, n° 2, 406 p., 113 fig., 7 pl.

DELANCE J.H. (1979) - Brachiopodes et chronostratigraphie du Jurassique. In 7e RAST, Lyon, Soc. géol. Fr. éd., p. 155.

DELANCE J.H., LAURIN B., MARCHAND D. (1979) - Observations sur la stratigraphie du Bathonien et du Callovien inférieur dans la région de Saint-Bénin d'Azy (Nièvre). *Bull. sc. Bourg.*, 32, (2), p. 71-95, pl. I-III.

DELANCE J.H., MARCHAND D., MENOT J.C. (1982) - Stratigraphie et paléogéographie de l'Oxfordien du Nivernais. 1) Coupe type de Pont-Saint-Ours. *Bull. sc. Bourg.*, 35, (2), p. 87-100, pl. 1-2.

DEWOLF (1962) - Etude des problèmes posés par la formation dite "des sables et argiles du Bourbonnais". *Bull. Asss. Fr. Et. Sols*, n° 6-7, p. 337-342.

DIDIER J. (1964) - Etude pétrographique des enclaves de quelques granites du Massif Central français. *Ann. Fac. Sci. Clermont-Ferrand*, n° 23, 254 p.

DI NOTA R. (1970) - Etude comparée des lambeaux dévono-dinantiens de la Montagne Bourbonnaise dans le NE du Massif Central français. Thèse 3e cycle, Clermont-Ferrand.

DOLLFUS G. (1910) - Notes géologiques sur le Bassin tertiaire de Saint-Gérand-le-Puy, Montaigu-le-Blin et de la vallée de la Besbre. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XXI, n° 128, p. 16-23.

DOLLFUS G. (1923) - Notes paléontologiques sur l'Oligocène de la Limagne. Mollusques. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XXVI, n° 147, p. 150-221.

DONSIMONI M. (1975) - Etude des calcaires concrétionnés lacustres de l'Oligocène supérieur et de l'Aquitainien de Limagne (Massif Central français). Thèse 3e cycle, univ. Paris VI, 197 p., 14 fig., 1 carte h.-t. Résumé par M. DONSIMONI et D. GIOT dans *Bull. BRGM*, (2) sect. 1, 1977-2, p. 131-170.

EBRAY Th. (1858) - Etudes géologiques sur le département de la Nièvre. Paris, J.-B. Baillière et fils, 373 p., 25 pl.

ETIENNE R. (1977) - Sur l'existence de deux phases sédimentaires postoligocènes dans le bassin tertiaire bourbonnais (région de Varennes-sur-Allier). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 285.

GINSBURG L. (1967) - L'âge relatif des gisements de Mammifères de la Limagne d'Auvergne. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 325.

GIRAUD J. (1902) - Etudes géologiques sur la Limagne (Auvergne). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XIII, n° 87.

GLANGEAUD Ph. (1916) - Les alluvions pliocènes et quaternaires de l'Allier aux environs de Pont-du-Château, Randan (Puy-de-Dôme); Vichy, la Ferté-Hauterive (Allier). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 16, p. 127-129.

GODEFROY P. (1980) - Apport des mécanismes au foyer à l'étude sismotectonique de la France. Un exemple de distribution des contraintes en domaine intraplaque. Rapport BRGM 80 SGN 032 GEG.

GORIN G. (1974) - Etude palynostratigraphique des sédiments paléogènes de la Grande Limagne (Massif Central, France). Avec applications de la statistique et de l'information. Thèse de la faculté des Sciences de l'Université de Genève, 1974.

GROLIER J. et TCHIMICKIAN G. (1963) - Connaissances nouvelles sur la géologie du socle de la Limagne d'après les sondages de la Régie autonome des pétroles. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, V, p. 930-937.

GROLIER J., LETOURNEUR J. (1968) - L'évolution tectonique du grand Sillon houiller du Massif Central français. 23e intern. geol. congr., 1, p. 107-116.

GROSSOUVRE A. de (1886) - Etude sur les gisements de minerai de fer du centre de la France. *Ann. Mines, Fr.*, (8), t. 10, p. 311-418.

GUILLOT L. et REY R. (1968) - Un niveau à *Potamides lamarcki* dans l'Oligocène moyen de Saint-Germain-des-Fossés (Allier). *Revue scient. Bourbonnais*, p. 56-66.

GUILLOT L. et REY R. (1973) - L'Oligocène du Bourbonnais. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 276, p. 1803-1811.

HUGUENEY M. (1972) - Les Talpidés (*Mammalia*, *Insectivora*) de Coderet-Bransat (Allier) et l'évolution de cette famille au cours de l'Oligocène supérieur et du Miocène inférieur d'Europe. *Documents labo. Géologie, Fac. Lyon*, Notes et Mémoires n° 50, p. 1-61.

JUNG J., CHICHERY M., VACHIAS D. (1939) - Contribution à l'étude stratigraphique, magmatique et tectonique de la Montagne bourbonnaise et du Forez. *Mém. Soc. géol. Fr.*, Paris, n° 38, 1 vol., p. 28.

JUNG J. (1946) - Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins. *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 1 vol., 372 p.

KURTBAS K. (1972) - Les granites de la Montagne bourbonnaise (Massif Central français), leur évolution pétrographique et géochimique. Thèse, Nancy.

LABLANCHE G. (1982) - Les calcaires lacustres paléogènes de la Champagne berrichonne (étude cartographique, pétrographique, reconstitution du milieu de sédimentation). *Document BRGM*, n° 49, 127 p., 28 fig., 4 cartes h.-t.

LAMOTHE M. de (1903) - Sur la présence d'alluvions granitiques à de grandes hauteurs au-dessus du niveau actuel de la Loire et du Cher. *Bull. Soc. géol. Fr.*, vol. 3, p. 36-39.

LARUE J.-P. (1979) - Les nappes alluviales de la Loire et de ses affluents, dans le Massif Central et dans le Sud du Bassin parisien : étude géomorphologique. Thèse de géomorphologie, doctorat d'Etat, Clermont-Ferrand, 1979.

LAKATOS C. (1959) - Bibliographie géologique et minière des départements du Puy-de-Dôme, du Cantal, de la Haute-Loire et de l'Allier. *Annales Fac. Sc. Univ. Clermont*, n° 1, 3e fasc.

LAUNAY L. de (1887-1888) - Les dislocations du terrain primitif dans le Nord du Plateau Central. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (3), t. XVI, p. 1045-1063.

LAUNAY L. de (1888) - Etude sur le terrain permien de l'Allier. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. XVI, p. 296-337.

LAUNAY L. de (1913) - Les gîtes minéraux et métallifères : tome 1. Ch. Béranger éd., Paris.

LAUNAY L. de (1923) - Etude sur le plateau central. Note sur le terrain tertiaire de la Limagne bourbonnaise. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 147, t. XXVI.

LAURIN B. (1984) - Les Rhynchonellidés des plates-formes du Jurassique moyen en Europe occidentale. *Cahiers de Paléontologie*, CNRS, 465 p., 14 pl.

LORENZ J., BERGERAT F., DELANCE J.H., LORENZ C., OBERT D. (1984) - Manifestations tectoniques et sédimentologiques affectant la couverture sédimentaire dans la zone sud de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. *Doc. BRGM*, n° 81-2, p. 149-161.

LEFAVRAIS A. (1955) - Lias du Nivernais d'après les sondages des Houillères de Decize. Rapport BRGM, n° 847, p. 1-19.

LE GRIEL A. (1978) - Alluvions anciennes de l'Allier et sables du Bourbonnais au Nord de la Grande Limagne. *Revue de Géographie de Lyon*, 1978/3.

LETOURNEUR J. (1953) - Le grand Sillon houiller du Plateau Central français. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 238.

MALINVAUD F. (1833) - Mémoire sur les gisements, l'exploitation et le traitement des minerais de fer de la vallée de l'Aubois (Cher). *Ann. Mines*, 3e sér., t. 4, p. 247-269.

MÉGNIEN Cl. (coord.) (1980) - Synthèse géologique du bassin de Paris. *Mém. BRGM*, n° 101-102-103, 3 vol.

MÉLINE L. (1973) - Analyse pollinique des argiles à kaolin de Diou-sur-Loire. *Bull. trim. de la Soc. d'Hist. nat. et des amis du Muséum d'Autun*, nouv. sér., 65, p. 24-27.

MORANGE A., HÉRITIER F., VILLEMEN J. (1971) - Contribution de l'exploration pétrolière à la connaissance structurale et sédimentaire de la Limagne, dans le Massif Central. In *Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif Central français*, Symposium Jean Jung, p. 285-308, Plein-Air Service Édité., Clermont-Ferrand.

PANTHIER A. (1927-1935) - Paléontologie nivernaise. Fortin et Cie, Nevers, 149 p., 12 pl.

PELLETIER H. (1968) - Nouvelles observations sur l'augite aciculaire et étude critique. *Revue d'Auvergne*, 1968, t. 82, n° 432, p. 121-126.

PELLETIER H. (1969) - Etude morphologique de l'augite denticulée dans les projections volcaniques du massif du Mont-Dore (Massif Central français). *Bull. hist. et scient. de l'Auvergne*, 1969, n° 622, p. 182-186.

PERRAUDIN J.-C. (1971) - Etudes géologiques sur le Nivernais : les formations bajociennes, les limites du Bathonien. Thèse 3ème cycle, Dijon (ronéo), 88 p., 4 pl.

POMEL A. (1846) - Sur les animaux fossiles découverts dans le département de l'Allier. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2e série, t. III, p. 376-385.

PROCHONNET G. (1967) - Etude sédimentologique et interprétation paléogéographique du Permo-Trias sur la bordure nord du Massif Central (du Morvan à la Marche). Thèse 3e cycle, Fac. sc. Bordeaux.

REY R. (1964) - L'Oligocène et le Miocène inférieur de la Limagne bourbonnaise. *Revue scientifique du Bourbonnais*, p. 56-81.

REY R. (1966) - Essais de corrélations entre bassins oligocènes de l'Europe occidentale, à l'aide des Gastéropodes continentaux. Thèse, Rennes.

REY R. (1970) - Rôle d'*Helix ramondi* dans la classification de l'Oligocène. *Revue scientifique du Bourbonnais*, p. 65-81.

REY R. (1971) - Biostratigraphie des bassins tertiaires du Massif Central. In *Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif Central français*. Symposium Jean Jung, Plein-Air Service Edit., Clermont-Ferrand, p. 309-330.

REY R. (1972) - Nouvelles extensions du calcaire de Moulins dans le département de l'Allier. *Revue scientifique du Bourbonnais*, p. 64-110.

RIBAULT L. Le, TOURENQ J. (1972) - Mise en évidence de trois types d'apports détritiques dans les sables et argiles du Bourbonnais, d'après l'examen de la surface des grains de quartz au microscope électronique à balayage. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 274, p. 528-531.

RICOUR J., HORON O., LIENHARDT G. (1960) - Le Trias du Jura, de la Bresse et de la bordure nord du Massif Central. *Bull. Soc. géol. Fr.*, vol. 2, p. 156-167.

RUDEL A. (1963) - Les minéraux lourds des terrasses quaternaires de Limagne d'Auvergne et les éruptions mont-doriennes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, V, 1963, p. 468-469.

TOURENQ J., AMBROISE D., ROHRLICH V. (1978) - Sables et argiles du Bourbonnais : mise en évidence des relations entre les minéraux lourds à l'aide de l'analyse factorielle des correspondances. Réunion annuelle des Sc. de la terre, Orsay : Société géologique - BRGM, p. 391.

TOURLONIAS D. (1965) - Les cornes vertes de la montagne Bourbonnaise, Massif Central français. DES, Clermont-Ferrand.

VAILLANT L. (1872) - Sur les crocodiles fossiles de Saint-Gérard-le-Puy. *C.R. Acad. Sci.*, t. LXXIV, p. 872-875.

VATAN A. (1937) - La présence de sables éoliens sur la bordure de la Sologne. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, n° 12, p. 179-180.

VIALETTE Y. (1973) - Age des granites du Massif Central. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7) XV, 1973, n° 3-4, p. 260-270.

VIRET J. (1925) - Sur la faune de Rongeurs de Saint-Gérard-le-Puy (Allier). *C.R. Acad. Sci.*, t. 181, p. 337-339.

VIRET J. (1926) - Nouvelles observations relatives à la faune de Rongeurs de Saint-Gérard-le-Puy. *C.R. Acad. Sci.*, t. 183, p. 71-72.

VIRET J. (1929) - Les faunes de Mammifères de l'Oligocène supérieur de la Limagne bourbonnaise. Thèse, *Ann. Univ. de Lyon*, fasc. 47.

Carte géologique de la France à 1/80 000

Feuille *Nevers* (1894), par de Grossouvre, Busquet, de Launay.

Carte géologique de la France à 1/320 000

Feuille *Bourges* : 1^e édition (1935), par P. Lemoine et P. Jodot
2^e édition (1968), par J. Labourguigne.

Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000

Feuille *Strasbourg* (1982), coordination par J. Méloux.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

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

- pour le département de la Nièvre, au SGR Bourgogne, Immeuble Caisse d'Epargne, 82 bd du Maréchal Joffre, 21100 Dijon ;
- pour le département du Cher, au SGR Centre, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2 ;
- ou encore au BRGM, Maison de la Géologie, 77 rue Claude Bernard, 75005 Paris.

AUTEURS DE LA NOTICE

Cette notice explicative a été rédigée par Jean Henri DELANCE, maître de conférences à l'université de Bourgogne (et UA-CNRS 157), Gérard LABLANCHE et Léopold CLOZIER, ingénieurs géologues au Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), avec la collaboration de :

- Serge DEBRAND-PASSARD et Yves GROS, ingénieurs géologues au BRGM, pour la tectonique ;
- Jacques CORNET, ingénieur géologue au BRGM, pour l'hydrogéologie dans le département de la Nièvre ;
- Claude MARTINS, ingénieur géologue au BRGM, pour l'hydrogéologie dans le département du Cher ;
- Christian VAUTRELLE, ingénieur géologue au BRGM, pour les gîtes minéraux ;
- Michel GRATIER, laboratoire de géographie physique de la Faculté de Poitiers, option pédologie, pour la préhistoire et les sols.

L'étude des minéraux lourds et des argiles a été effectuée par Josette TOURENQ (Fac. Sc. Paris VI).

Les études palynologiques ont été réalisées par Geneviève FARJANEL (BRGM).

Les déterminations des Foraminifères ont été réalisées par Christiane RUGET, professeur aux Facultés catho. de Lyon et chargée de recherche au CNRS (UA 12). Les déterminations des Térébratulidés du Jurassique supérieur ont été réalisées par Annick BOULLIER, maître de conférences à l'université de Franche-Comté.

Les déterminations des Rhynchonellidés du Jurassique moyen et supérieur ont été réalisées par Bernard LAURIN, professeur à l'université de Bourgogne (et UA 157). Les déterminations des Céphalopodes (Ammonites et Nautilus) ont été réalisées par Didier MARCHAND et Jacques THIERRY, maîtres de conférences à l'université de Bourgogne (et UA 157).

Les microfaciès jurassiques, à l'Est de la Loire, ont été étudiés par Jean-Claude MENOT, maître de conférences à l'université de Bourgogne (et UA 157).