

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE À 1/50 000

COSNE-SUR-LOIRE

par

J.C. MENOT, L. CLOZIER, D. BONIJOLY
J. CORNET

COSNE-SUR-LOIRE

La carte géologique à 1/50 000
COSNE-SUR-LOIRE est recouverte
par la coupure CLAMECY (N° 110)
de la Carte géologique de
la France à 1/80 000

| | | |
|----------|----------------------|-----------------------|
| Gien | St-Fargeau | Courson-les-Carrières |
| Léré | COSNE-SUR-LOIRE | Clamecy |
| Sancerre | La Charité-sur-Loire | Prémery |

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



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

par

**J.C. MENOT, L. CLOZIER, D. BONIJOLY,
J. CORNET**

2001

***Editions du BRGM
Service géologique national***

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

- *pour la carte*: MENOT J.C., CLOZIER L., FOURNIGUET J., FAGARD N. (2001) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Cosne-sur-Loire (464). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.C. Menot, L. Clozier, D. Bonijoly, J. Cornet (2001), 106 p.

-*pour la notice* : MENOT J.C., CLOZIER L., BONIJOLY D., CORNET J. (2001) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Cosne-sur-Loire (464). Orléans : BRGM, 106 p. Carte géologique par J.C. Menot, L. Clozier.

© BRGM, 2001. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 2-7159-1464-4

SOMMAIRE

| | Pages |
|--|--------------|
| RÉSUMÉ | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| INTRODUCTION | 7 |
| <i>SITUATION GÉOGRAPHIQUE</i> | 7 |
| <i>CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL - PRÉSENTATION DE LA CARTE</i> | 9 |
| <i>TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i> | 10 |
| DESCRIPTION DES TERRAINS | 10 |
| <i>TERRAINS NON AFFLEURANTS</i> | 10 |
| <i>TERRAINS AFFLEURANTS</i> | 11 |
| Secondaire | 11 |
| Tertiaire | 34 |
| Quaternaire | 46 |
| TECTONIQUE | 51 |
| CONDITIONS DE FORMATION DES ENTITÉS GÉOLOGIQUES - SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE | 54 |
| GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT | 63 |
| <i>OCCUPATION DU SOL</i> | 63 |
| <i>RESSOURCES EN EAU</i> | 65 |
| <i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i> | 74 |
| DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE | 75 |
| <i>BIBLIOGRAPHIE</i> | 75 |
| <i>DOCUMENTATION ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i> | 81 |
| <i>DÉTERMINATIONS PALÉONTOLOGIQUES ET ANALYSES</i> | 82 |
| AUTEURS | 82 |
| ANNEXES | 84 |
| <i>COUPES RÉSUMÉES DE SONDAGES INÉDITS</i> | 84 |
| <i>COLONNE STRATIGRAPHIQUE DU FORAGE SAINTE-COLOMBE 1</i> | (hors-texte) |
| <i>COUPE GÉOLOGIQUE SCHÉMATIQUE</i> | (hors-texte) |
| <i>LOGS STRATIGRAPHIQUES SYNTHÉTIQUES</i> | (hors-texte) |

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 -Schéma de la structuration en blocs du substratum
du bassin de Paris 8
- Fig. 2-Coupe schématique du profil des brèches de silex
silicifiées de Tracy 40

RÉSUMÉ

La feuille Cosne-sur-Loire, couvre, dans le Sud du bassin de Paris, un territoire qui s'étend essentiellement sur le Nord-Ouest du Nivernais (département de la Nièvre), tandis que seule une très minime partie du Berry (département du Cher) est présente en limite occidentale, au-delà de la vallée de la Loire. Le fleuve sert de limite administrative entre les deux départements.

Le substratum de la région est constitué majoritairement par des terrains marins de l'ère secondaire. Les plus anciens, présents dans l'angle sud-est de la feuille, appartiennent au Jurassique moyen (Bathonien) et sont vieux d'environ 160 Ma. Les plus jeunes datant du début du Crétacé supérieur (Cénomaniens environ 95 Ma), se rencontrent en bordure de la vallée de la Loire, soit au Sud de Cosne-sur-Loire, soit dans l'angle nord-ouest de la carte. La répartition générale des terrains secondaires entre ces deux extrêmes est liée au très faible pendage de l'ensemble de la série en direction du NNW, ainsi qu'au jeu d'un important réseau de failles qui abaissent les terrains d'Est en Ouest. Un manteau d'altérites recouvre fréquemment ces terrains jurassiques et crétacés. Des formations d'âge tertiaire, présentes en placages ou développées dans des fossés d'effondrement orientés Nord-Sud sont localisés de part et d'autre de la vallée de la Loire. La basse vallée de la Loire est occupée par des formations alluviales d'âge quaternaire.

La succession des terrains et leur disposition générale est le résultat de l'histoire sédimentaire et tectonique de la région qui fait partie intégrante de celle du bassin de Paris. Les formations jurassiques sont d'origine marine. La région émerge au cours du Tithonien, il y a 140 Ma. La mer revient 20 Ma plus tard, puis se retire définitivement à la fin du Crétacé, il y a 70 Ma. Depuis cette date la région a été faiblement déformée et soumise à l'érosion. Celle-ci a enlevé une partie des formations les plus jeunes, faisant apparaître des termes plus anciens de la série initialement recouverts, tout en laissant subsister des résidus insolubles (argiles, silex par exemple) qui ont pu être repris par la suite. Des mouvements tectoniques en compression et en distension ont, au cours du Tertiaire (à l'Éocène supérieur et à l'Oligocène principalement), fracturé la région et provoqué, au voisinage de l'actuelle vallée de la Loire, l'apparition de fossés d'effondrement qui ont piégé une sédimentation lacustre. Enfin, la surrection du Massif central a favorisé au Miocène-Pliocène la reprise de l'érosion et l'épandage sur la région de matériaux détritiques apportés par une paléo-Loire s'écoulant dans un fossé tectonique situé dans le prolongement des Limagnes.

ABSTRACT

The Cosne-sur-Loire map area, in the south of the Paris Basin, mainly represents the northwestern part of the Nivernais (Nièvre Dept.) plus a very small part of Berry (Cher Dept.) at the western border, beyond the Loire Valley. The Loire is the administrative boundary between the two Departments.

The region is underlain predominantly by Mesozoic marine deposits, the oldest of which, in the southeastern corner of the map area, are of Middle Jurassic (Bathonian) age (~160 Ma). The youngest, dating from the beginning of the Late Cretaceous (Cenomanian ~95 Ma), are exposed at the edge of the Loire Valley both to the south of Cosne-sur-Loire and in the northwestern corner of the map area. The general distribution of the Mesozoic rocks between these two extremes is related to the very shallow north-northwest dip of the succession, as well as to a major fault network that caused downthrow of the succession from east to west. Weathering products commonly cover the Jurassic and Cretaceous rocks. Deposits of Tertiary age, forming a veneer over the Mesozoic succession and also developed in north-south-trending grabens, are found on both sides of the Loire Valley. The lower Loire Valley is filled with Quaternary alluvium.

The lithological succession and general outcrop pattern derive from the sedimentary and tectonic history of the region that is an integral part of the Paris Basin. The Jurassic deposits are of marine origin. The region was emergent during the Tithonian (140 Ma). The sea transgressed 20 Ma later, before withdrawing definitively at the end of the Cretaceous (70 Ma), following which the region was weakly déformed. Erosion has since removed the youngest deposits, exposing older units that were initially buried, albeit leaving insoluble clay and flint residues that were later incorporated in continental deposits. Compressive and extensional tectonic movements during the Tertiary (mainly from Late Eocene to Oligocene) fractured the region and, near the present Loire Valley, formed grabens that were the site of lacustrine sedimentation. Finally, uplift of the Massif Central during the Miocene-Pliocene resulted in renewed erosion and the spread of detrital material carried by a paleo-Loire flowing within a tectonic graben located in the extension of the Limagnes.

INTRODUCTION

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Dans le Sud du bassin de Paris, la carte Cosne-sur-Loire s'étend principalement sur le Nord-Ouest du Nivernais. A sa limite occidentale une infime partie du Berry est présente. La vallée de la Loire sépare ces deux régions. Elle parcourt l'Ouest de la feuille du Sud vers le Nord. Le lit majeur, assez étroit au Sud de Cosne-sur-Loire (1,5 km), s'élargit ensuite pour atteindre 4 à 5 km. Il est installé dans un fossé tectonique de direction subméridienne où se sont accumulées les formations pliocènes et les alluvions récentes du fleuve, alluvions sablo-graveleuses localement très exploitées.

À la surface du plateau du Nivernais, les différences de nature lithologique du sous-sol permettent de distinguer des petites régions naturelles qui recoupent la carte en oblique du Sud-Ouest au Nord-Est :

- *le Donziais* occupe l'angle sud-est de la carte. Il est caractérisé par la prédominance des forêts installées sur les formations bathono-calloviennes recouvertes d'altérites (argiles à silexites). La Talvanne, affluent rive gauche du Nohain, draine ce plateau faiblement incliné en direction du Nord et du Nord-Ouest ;

- *le plateau de la Champagne nivernaise* se développe au Nord de la vallée du Nohain sur les calcaires de l'Oxfordien et de la base du Kimmérien. Ce plateau est parcouru par des vallées et vallons secs, affluents rive droite du Nohain. Quelques grosses résurgences apparaissent dans les parties aval de certaines de ces vallées (Ciez, les Rabions, Crezan, Fontbout). Elles donnent naissance aux seuls ruisseaux pérennes ou quasiment pérennes. Les cultures (céréales, colza, plantes fourragères) dominent très largement et ne laissent que peu de place à quelques îlots forestiers ;

- *la cuesta des calcaires tithoniens* se suit de l'Est de Cosne-sur-Loire à l'angle nord-est de la feuille. Son front à sous-sol de marnes kimméridiennes supporte à l'Est de Cosne la partie principale du vignoble des «Coteaux du Giennois». Ailleurs les cultures ont presque partout remplacé les anciennes prairies. Les petites sources, fréquentes vers le pied du versant, donnent naissance à de maigres ruisseaux qui n'occupent que la partie amont des vallées mentionnées ci-dessus, car leurs eaux se perdent dans le sous-sol dès leur arrivée à la surface des calcaires. Sur le revers de la cuesta, le plateau tithonien est largement cultivé dans le secteur de Bouhy-Dampierre-sous-Bouhy ; plus à l'Ouest, là où les calcaires tithoniens sont recouverts par des altérites de Crétaçé, les forêts supplantent les cultures ;

- *la partie nord de la feuille, à substrat crétaçé* souvent masqué par une couverture d'altérites, correspond à la terminaison sud-occidentale de la Puisaye. Cette région verdoyante, au relief faiblement vallonné, à sols peu perméables et sensibles à l'excès d'eau, est un pays de bocage avec des prairies, des cultures diverses et des forêts. L'argile y est encore exploitée pour la poterie. L'extraction de l'ocre est intermittente.

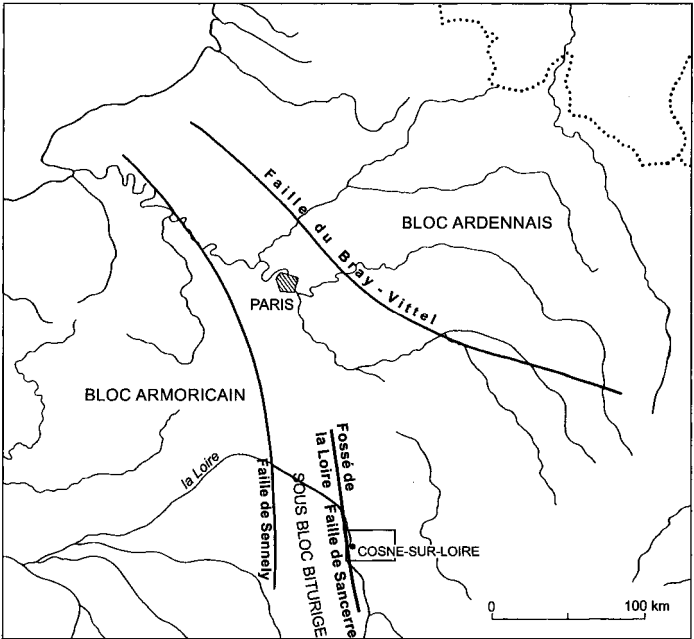


Fig. 1 - Schéma de la structuration en blocs du substratum du bassin de Paris

CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL-PRÉSENTATION DE LA CARTE

Les séries sédimentaires représentées sur la feuille Cosne-sur-Loire appartiennent à une entité géographique et géologique dénommée le bassin de Paris. Elles reposent sur un socle (substratum) constitué de blocs délimités par des structures majeures : ce sont les failles d'échelle crustale (failles de Bray-Vittel, de la Seine-Sennely et de Sancerre, fig. 1) qui affectent la totalité de l'épaisseur de la croûte continentale, soit environ une trentaine de kilomètres. La faille de Sancerre se situe à l'extrémité occidentale de la feuille Cosne-sur-Loire.

À la suite de A. Autran et *al.* (1976), F. Héritier et J. Villemain (1971), il est classique de dénommer les trois grands blocs tectoniques du substratum du bassin de Paris comme indiqué ci-après (cf. fig. 1) :

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

Ces blocs de socle sont hérités de l'histoire paléozoïque de l'Europe occidentale qui a vu s'ériger puis s'effondrer une chaîne de montagnes de l'ampleur de la chaîne de l'Himalaya (Mattauer et *al.*, 1988), c'est la chaîne hercynienne. La majeure partie du territoire de la feuille Cosne-sur-Loire dépend du bloc bourguignon.

Les failles crustales qui délimitent ces blocs sont restées mobiles pendant toute l'évolution de cette portion de croûte. Les dernières manifestations apparaissent à l'Ouest de la carte géologique commentée dans ce document, sous la forme d'un fossé d'effondrement tertiaire : le fossé de la Loire, délimité à l'Est, par la faille qui se suit de Moussard au Sud, à la Motte au Nord, en passant par Saint-Père-Cours et Vieux Champs et à l'Ouest par la faille de Sancerre, accident majeur du bassin de Paris, au-delà duquel se développe le sous-bloc biturige, sous-unité du bloc armoricain (Debéglija et Debrand-Passard, 1980).

Les terrains affleurants appartiennent majoritairement au secondaire, les plus anciens étant d'âge bathonien, les plus jeunes d'âge cénonanien. Du fait du très faible pendage (environ 1/2 degré) en direction du NNW, ils se succèdent assez régulièrement des plus anciens dans l'angle sud-est de la feuille aux plus récents dans l'angle nord-ouest. Les terrains secondaires sont fréquemment recouverts d'un manteau d'altérites qui localement masquent totalement le substratum.

L'autre caractéristique de la géologie locale est la présence d'assez nombreux accidents, les uns de direction subméridienne, les autres orientés SE-NW. Les premiers, souvent de faible rejet, abaissent les séries d'Est en Ouest. Les seconds sont des failles décrochantes senestres. Les deux familles ont contribué à la création du fossé tectonique dans lequel s'est installée la Loire. Ils ont guidé la sédimentation tertiaire et quaternaire. Les formations lacustres de l'Eocène sont

concentrées au niveau de petits fossés visibles sur les deux versants de la vallée, mais il est probable qu'il en existe sous la vallée actuelle (cas entre autres du sondage-indice BSS : 464-5-33). Les dépôts fluvio-lacustres du Pliocène apportés par la paléo-Loire sont largement étalés de part et d'autre de la vallée actuelle mais à l'intérieur du fossé majeur. Ceux fluviaux d'âge quaternaire sont concentrés dans la vallée actuelle et surtout développés en rive gauche.

TRAVAUX ANTÉRIEURS CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Les documents utilisables pour la première approche de la feuille Cosne-sur-Loire comprennent d'abord les cartes géologiques : carte à 1/80 000 Clamecy (1ère édition, 1886; 2ème édition, 1945 et 3ème édition, 1965), carte à 1/320 000 Bourges (1ère édition, 1935 ; 2ème édition, 1968). Viennent ensuite des ouvrages généraux : «Géologie régionale du bassin de Paris» (Abrard, 1950) et «Synthèse géologique du bassin de Paris», (Mégien, 1980) et des travaux portant sur des points particuliers : DES de M. Perreau (1960), thèses de J. Trescartes (1971), P. Bernard (1988), O. Pernet (1983), B. Roy (1983), G. Robin (1984), A. Orange (1985), M. Hamidi (1989).

Vu la rareté des affleurements naturels et le petit nombre de carrières utilisables, la reconnaissance des différentes unités cartographiées et de leurs rapports viennent essentiellement de l'observation des « cailloux » présents à la surface du sol, observation compliquée par la présence de fréquentes et plus ou moins épaisses formations superficielles. L'étude des photographies aériennes et l'analyse précise du réseau hydrographique ont été d'un grand secours. Enfin les successions rencontrées dans les sondages ont permis de connaître la nature et l'épaisseur des différentes séries.

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS NON AFFLEURANTS

Sur la feuille Cosne-sur-Loire aucun forage profond n'a recoupé des terrains plus anciens que ceux rencontrés à l'affleurement. Pour cette raison on se reportera à la succession des terrains fournie par le sondage pétrolier Sainte-Colombe (voir annexe) situé sur la feuille La Charité-sur-Loire à 2 km de la limite sud de notre feuille. On peut donc reprendre, en la complétant vers le haut, la succession décrite dans la notice de cette feuille, soit de bas en haut :

• **Socle** : granite rosé à biotite et muscovite (de 1 550 à 1 100 m), puis leucogranite rosé à muscovite (de 1 100 à 715 m). Différents niveaux de granite altéré et de mylonite ont été recoupés ;

- **Trias moyen à supérieur** : de 715 à 555 m, soit 160 m d'épaisseur ; il comporte :
 - grès arkosiques, micacés, rougeâtres puis verdâtres (50 m),
 - argiles verdâtres avec dolomie et anhydrite (15 m),
 - grès plus ou moins argileux, verdâtres ou rougeâtres, avec anhydrite (70 m),
 - argiles verdâtres avec horizons de grès blancs ligniteux (25 m) ;
- **Hettangien** (50 m) : calcaire jaunâtre ou brunâtre, graveleux ;
- **Sinémurien** (35 m) : calcaires bioclastiques à gryphées (15 m) à la base, puis marno-calcaires (20 m) ;
- **Carixien-Domérien** (110 m) : puissante série (100 m) de marnes grises ou brunâtres au sein desquelles s'intercalent quelques horizons plus calcaires. Le sommet, sur une dizaine de mètres, voit se développer un horizon plus calcaire correspondant vraisemblablement aux calcaires à gryphées « géantes » de Bourgogne ;
- **Toarcien** (105 m) : débute par des formations de schistes carton et se prolonge par des marnes micacées noires, finement sableuses à leur partie supérieure ;
- **Aalénien-Bajocien** (10 m environ) : calcaires bioclastiques riches en débris de crinoïdes qui se terminent par une surface perforée couverte d'une croûte ferrugineuse, elle-même surmontée par un mince niveau de marnes et calcaires argileux à oolites ferrugineuses ;
- **Bathonien inférieur** : la série débute par une alternance (environ 15 m) de calcaires micritiques gris, durs et de calcaires argileux ou de marnes, très fossilifères ; elle se poursuit par des marnes grises, non fossilifères, incluant des bancs de calcaires micritiques (environ 35 m).

TERRAINS AFFLEURANTS

Secondaire

Voir coupes géologiques sur la carte et en annexe et logs stratigraphiques synthétiques en annexe.

Jurassique moyen

j3M. **Marnes et calcaires argileux, calcaires à bioclastes (Bathonien moyen)** (15 à 20 m visibles). Présents uniquement dans la haute vallée de la Talvanne et de ses affluents (angle sud-est de la feuille) ces terrains occupent les fonds des vallons et la base des versants. Par comparaison avec les observations effectuées immédiatement au Sud sur la feuille La Charité-sur-Loire, les formations rencontrées ici ne

représentent que la partie supérieure de la série et vraisemblablement uniquement le Bathonien moyen. Il s'agit d'une alternance de marnes et de calcaires faiblement argileux, les faciès les plus carbonatés variant entre des mudstones argileux et des wackestones à bioclastes. Les bancs carbonatés sommitaux sont plus bioclastiques (wackestones à packstones bioclastiques). Les niveaux les plus marneux sont fossilifères : lamellibranches (*Homomya vezelayi*, *Pholadomya* sp., ostréidés, cératomyidés), gastéropodes (*Pleurotomaria* sp.). Au sommet s'y ajoutent quelques ammonites (*Morrisiceras morrisi*, *Wagnericeras fortcostatum* et *Holzbergia schwandorfense*) et une riche faune de brachiopodes (*Pseudowattoniathyris inflata*, *Cererithyris arkelli*, *Rhynchonelloidella nivernensis*, *Kutchirhynchia obsoleta*, et rares *Dictyothyris coarctata*).

Âge. Les faunes d'ammonites et de brachiopodes fournissent un âge bathonien moyen, zone à Morrisi, puis zone à Bremeri.

j3C. Calcaires argileux et calcaires oolitiques et bioclastiques (Bathonien supérieur) (30 m environ). Les rares petits affleurements et les observations de surface de champ permettent de reconnaître successivement :

- **marnes et calcaires micritiques faiblement argileux**, gris-beige ou blanchâtres (7 à 8 m), que seules les faunes de brachiopodes et d'ammonites séparent des niveaux sous-jacents. En effet, mis à part les lamellibranches (*Homomya vezelayi*, *Pholadomya* sp., ostréidés, cératomyidés) et les gastéropodes (*Pleurotomaria* sp.) qui sont comparables, ce niveau permet de récolter d'assez nombreux brachiopodes (*Pseudowattoniathyris inflata*, *Cererithyris arkelli*, *Rhynchonella bradfordensis*, *Rhynchonelloidella curvivarans*, *Zeilleria biappendiculata*, *Dictyothyris coarctata*) associés à de rares ammonites (*Paraecotraustes maubeugi*, *Gracilispinctes* sp.) et quelques échinides (*Collyrites analis*).

- **calcaires bioclastiques et oolitiques** (6 à 7 m) en bancs décimétriques à pluridécimétriques séparés par de minces lits argileux (affleurement du moulin Poinçon x = 666,125, y = 2 262,175 et ancienne carrière de La Bretonnière x = 663,5, y = 2 264,0 ; Roy, 1983). Les bancs inférieurs sont à dominante oolitique alors que les supérieurs sont nettement plus bioclastiques. Les microfaciès les plus fréquents sont des bio-oo-sparites, mais des plages à matrice micritique existent dans la masse. Les bioclastes, très hétérométriques, sont constitués par des bryozoaires souvent abondants, des lamellibranches et en beaucoup moins forte proportion par des échinodermes, des brachiopodes et des serpulidés. Il faut noter la présence exceptionnelle de *Meyendorffina bathonica* (*Orbitamina elliptica*). Des petits polypiers sont présents dans les interbancs calcaréo-argileux. Une surface perforée termine le dernier banc.

- **marnes et calcaires argileux** (environ 10 m), de teinte blanchâtre ou beige. Ces derniers sont des mudstones ou des pelmicrites argileuses à rares spicules de spongiaires, bioclastes de lamellibranches et crinoïdes.

Ils fournissent *Pholadomya lirata*, *Eudesia multicosata*, *Ornithella (Digonella) digona*, *Rhynchonella bradfordensis*, *Goniorhynchia maxima ligerica*, *Cererithyris intermedia*. Un exemplaire de *Paraecostrustes maubeugi* a été récolté à la base de ce niveau.

• **calcaires oolitiques et bioclastiques** (5 à 6 m). Il s'agit de grains-tones parfois assez grossiers (taille des éléments pouvant atteindre 2 mm) avec bioclastes de crinoïdes, bryozoaires, lamellibranches, brachiopodes, serpules. Les bioclastes ayant subi un début d'oolitisation sont plus ou moins abondants. Une surface perforée couronne ce niveau.

Âge. Les faunes du niveau 1 appartiennent au Bathonien supérieur, zone à *Retrocostatum*, sous-zone à *Blanazense*. Le niveau 2 est à rattacher à cette même zone car les faunes du niveau 3 sont toujours à ranger dans la zone à *Retrocostatum*, âge confirmé par la récolte dans le même niveau, sur la feuille La Charité-sur-Loire près de la limite avec la feuille Cosne-sur-Loire, d'un exemplaire de *Hecticoceras (Prohctioceras) retrocostatum* (Roy, 1983). Les calcaires oolitiques et bioclastiques du niveau 4 n'ont fourni aucune faune, mais, sur la feuille La Charité-sur-Loire, B. Roy y a récolté un exemplaire de *Clydoniceras discus* qui atteste de leur âge bathonien terminal, zone à *Discus*.

j4M. Marnes et calcaires argileux à Collyrites (Callovien inférieur) (14 à 15 m). Reconnu seulement en surface de champ ou dans des cuttings de forage, ce niveau se traduit par un léger replat dans la topographie. Il est constitué de marnes de teinte blanche ou beige au sein desquelles sont intercalés des bancs de calcaire argileux ou de calcaire finement bioclastique, essentiellement crinoïdique. On y récolte localement *Collyrites elliptica*, *Rhynchonelloidella spathica*, *Ornithella (Digonella) digona* forme *marsensis*, *O. (D.) cf. divionensis* ; un exemplaire de *Macrocephalites macrocephalus* a été recueilli par B. Roy dans la vallée de la Talvanne à l'ESE de La Bretonnière (x = 664,0, y = 2 263,9).

Âge. Les quelques macrocéphalités récoltés dans cette formation permettent de la ranger dans le Callovien inférieur, sans doute zone à *Herveyi* (ancienne zone à *Macrocephalus*).

j4C. Calcaires à grain fin et à chailles (Callovien inférieur, moyen et supérieur?) (35 à 40 m). En l'absence de carrières les quelques petits affleurements de cette formation se rencontrent essentiellement vers la base des versants. Ailleurs, elle est masquée par les argiles à silixites, elles-mêmes couvertes de forêts.

La transition avec le niveau précédent étant progressive, on placera la limite inférieure lors de la disparition des horizons argileux. La série débute par quelques mètres de calcaire finement crinoïdique (biosparite à entroques) encore observable dans les restes d'une ancienne et très petite carrière à l'Est de la ferme de Savigny (x = 664,9, y = 2 262,8) où a été récolté un exemplaire de *Macrocephalites macrocephalus* forme macroconque.

La masse principale est constituée par des calcaires à grain fin, disposés en bancs de 0,80 à 1,20 m séparés par des joints de calcaire faiblement argileux. De grosses chailles noduleuses ou de forme irrégulière sont présentes dans la masse. En lame mince apparaît une pelmicrosparite à très petits pelloïdes bien calibrés (15 à 30 μm) et bioclastes plus grossiers mais peu abondants : spicules sphériques de spongiaires, crinoïdes, échinides, lamellibranches surtout représentés par des filaments (prodissocoques).

La microfaune comprend des ostracodes et des foraminifères (*Lenticulina* sp., *Spirillina* sp.). Du fait des mauvaises conditions d'observation, la récolte de macrofaune a été peu abondante. On observe cependant des lamellibranches (pectinidés localement assez nombreux et pholadomyidés surtout au sommet), des brachiopodes (*Septaliphoria orbignyana* à la base), des échinides (*Collyrites elliptica* essentiellement), enfin des céphalopodes : *Choffatia porsocostata* (dans un petit affleurement sur le flanc du vallon du Bois de Malgouverne : x = 662,95, y = 2 262,75), *Erymnoceras* (*Erymnoceras*) *leuthardt* et *E. coronatum* (dans une fondation de maison à l'Est de Donzy : x = 660,5, y = 2 264,3), enfin *Erymnoceras coronatum*, *Rehmania jeanneti*, *Reineckeia* sp., (en surface de champ au Sud de Donzy près de Lyot au sommet de la formation).

Il faut noter que près de la surface, sous les argiles à silexites superficielles, ces calcaires sont plus ou moins fortement silicifiés et que des orbicules de silice sont souvent présents à la surface des fossiles. Cet ensemble représente une série de transition entre le sillon marneux du fossé de la Loire et vers l'Est la plate-forme bourguignonne au niveau de laquelle se développent essentiellement des calcaires oolitiques et bioclastiques.

Âge. Le *Macrocephalites* récolté à la base fournit un âge callovien inférieur, soit zone à Herveyi-sous-zone à Kamptus, soit zone à Koenighi-sous-zone à Gowerianus. Les *Choffatia* datent toujours le Callovien inférieur mais zone à Calloviense. Enfin, les autres ammonites appartiennent au Callovien moyen, zone à Coronatum. Localement, la série pourrait peut-être se terminer à la base du Callovien supérieur ainsi que l'atteste la petite faune récoltée immédiatement au Sud de la feuille sur celle La Charité-sur-Loire.

Jurassique supérieur

j5S. Calcaires à spongiaires, puis calcaires à grain fin (Oxfordien moyen) (12 à 15 m). Après l'importante lacune du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur, la série débute très localement (observation ponctuelle en surface de champ à l'WNW de Lyot : x = 657,75, y = 2 262,45) par un niveau lenticulaire de calcaire à oolites ferrugineuses épais d'environ 30 à 40 cm. Il s'agit d'une dolomicrite à rares gros bioclastes d'échinodermes et lamellibranches, sans aucun macrofossile. Les « oolites » ferrugineuses sont en réalité des oncoïdes de 1 à 2 mm de diamètre ou des grains ferrugineux sans structure visible.

Mise à part cette exception locale, la série comporte les deux termes successifs suivants :

- **calcaires micritiques à spongiaires** (1 à 2,50 m), gris clair ou gris bleuté, faiblement glauconieux, dont la partie supérieure est caractérisée par l'abondance des fragments de spongiaires hexactinellides apparaissant sous forme de taches rougeâtres dans la roche. Le microfaciès est une micrite à rares bioclastes (spicules de spongiaires, lamellibranches, tubes de serpulidés). La macrofaune comprend de grosses pholadomyes (*Pholadomya ampla*), des pectinidés, des ammonites : *Arisphinctes plicatilis*, *Dichotomosphinctes antecedens*, *Kranaosphinctes promiscuus*, *K. trifidus*, *Perisphinctes chloroolithicus*, *P. cf. pumilus*, *Cardioceras cf. maltonense*, *Euaspidoceras paucituberculatum*, *E. perarmatum*. Une surface perforée couronne ce niveau.

- **calcaires à grain fin** (12 à 13 m), beiges ou brun clair, en bancs de 40 à 80 cm séparés par de minces horizons (5 à 15 cm) de calcaire faiblement argileux à débit feuilleté (anciennes carrières de Donzy : x = 658,4, y = 2 263,75 et de Pilles : x = 665,5, y = 2 267,6). Le microfaciès est une pelmicrosparite à pelloïdes bien calibrés (30 à 60 µm). Les bioclastes y sont rares : spicules de spongiaires rencontrés surtout à la base, quelques fragments de lamellibranches et brachiopodes. Quelques grains de glauconie sont encore présents à la base. La macrofaune peu abondante est localisée à la base : lamellibranches (pectinidés, ostréidés), brachiopodes assez nombreux par endroits (*Gallienithyris maltonensis*, *Septaliphoria arduennensis*, *Moeschia alata*, *Dorsoplicathyris ledonica*), ammonites (*Dichotomosphinctes cf. wartae*, *Arisphinctes sp.*, *Euaspidoceras paucituberculatum*).

Ce calcaire est l'équivalent des Calcaires fins glauconieux des Bertins de la feuille La Charité-sur-Loire. En l'absence de faune ce type de calcaire peut parfaitement, au premier abord, être confondu avec les calcaires calloviens sous-jacents. Une faible différence existe dans la taille des pelloïdes qui est un peu plus faible chez ces derniers.

Un faciès particulier de calcaire à entroques (biosparite à bioclastes de crinoïdes et échinides dont le réseau calcitique est parfois verdi par de la glauconie) a été observé ponctuellement au Nord de les Pénitoux (x = 665,0, y = 2 263,95) dans une faible dépression qui a dû être une petite carrière et dans de gros blocs entassés en bordure de champ. Il a fourni quelques ammonites : *Arisphinctes sp.*, *Tornquistes kobyi*, *Cardioceras cf. vertebrale*, *C. gr. excavatum*, *Euaspidoceras paucituberculatum*. Sa position géométrique n'a pu être précisée car il est cerné par les formations d'argiles à silixites. Il semble situé assez bas dans la série, peu au-dessus du sommet des calcaires calloviens, ce que confirme son contenu faunistique.

Âge. Grâce aux ammonites les calcaires micritiques à spongiaires sont datés de l'Oxfordien moyen, zone à Plicatilis, sous-zone à Antecedens. Les calcaires à grain fin sus-jacents sont également datés de

l'Oxfordien moyen, mais zone à Transversarium, la base appartenant avec certitude à la sous-zone à Parandieri.

j5. Oxfordien supérieur. Durant cette période se développent différentes formations qui se superposent ou passent latéralement les unes aux autres (les coupes sur la carte et en annexe donnent leur position relative).

- Les formations de la partie inférieure sont les plus variées car correspondant à deux domaines sédimentaires différents. Il est ainsi possible de les regrouper en deux ensembles :

- *formations récifales* de plate-forme proximale superficielle, qui correspondent à la prolongation vers l'Ouest des formations récifales reconnues sur les feuilles Clamecy, Courson-les-Carières et Vermenton et décrites antérieurement par l'auteur ;
- *formations non récifales* de milieu sédimentaire plus profond (plate-forme distale) qui prolongent les précédentes au Nord et à l'Ouest.

- Au sommet par contre, l'homogénéisation du domaine sédimentaire avec le retour d'un domaine de plate-forme proximale assure le développement sur toute la région d'une même formation le *Calcaire de Tonnerre* (sensu lato).

Formations de la partie inférieure

• Formations récifales

j5Pl. Calcaires à polypiers lamellaires (12 à 15 m). Rencontrés dans la haute vallée du Nohain, entre la limite orientale de la carte et le NNE de Donzy, ce sont des wackestones gris clair ou beiges, disposés le plus souvent en bancs métriques, mais parfois mal stratifiés, caractérisés par la présence de polypiers lamellaires appartenant à la famille des microsolenidés (genres *Microsolena*, *Dimorpharea*, *Dimorphastrea*).

À la base la transition entre les calcaires à grain fin sous-jacents et cette formation est très progressive. Les 3 ou 4 premiers mètres sont bien stratifiés. Les colonies de polypiers très minces (1 mm ou moins) et flexueuses y sont d'abord peu nombreuses et dispersées, avant de devenir plus fréquentes. Des polypiers solitaires de type *Montlivaltia* sont également présents.

La masse principale, plus ou moins bien stratifiée suivant les endroits, est très riche en constructeurs. Les colonies y sont plus épaisses (un à plusieurs centimètres) et couvrent de plus grandes surfaces. Il s'agit d'une construction de type biostrome. Mis à part les polypiers, les autres organismes (pectinidés, cidaridés, crinoïdes) ne jouent qu'un rôle annexe.

Les microfaciès évoluent dans le temps. Les faciès fins de la base sont des pelmicrosparites (ou plus rarement des micrites) à bioclastes dont les pelloïdes mesurent de 25 à 75 μm . Dans la masse principale du biostrome on passe à des pelsparites ou à des pelbiosparites à éléments

plus grossiers (150 à 250 µm). Les polypiers, les crinoïdes, les échinides et les lamellibranches fournissent les principaux bioclastes. Il faut en outre signaler la relative abondance à certains niveaux de spicules subsphériques (spicules de type *sterraster*) de spongiaires géodiidés.

Cette formation représente la terminaison occidentale du « biostrome à microsolenidés » défini dans la vallée de l'Yonne (Menot et Rat, 1967 ; Menot, 1967, 1974, 1980 et 1991). Elle passe latéralement aux « Calcaires à grain fin et ammonites » (j5A) décrits plus loin par disparition progressive mais rapide des polypiers.

Age. Aucun fossile caractéristique n'a été récolté sur le territoire de la feuille. Plus au Nord-Est, cette formation a été datée de l'Oxfordien supérieur, zone à *Bifurcatus*, sous-zone à *Stenocycloides* (Menot, 1991). Ici elle est identiquement datée par son passage latéral aux calcaires à grain fin et ammonites (j5A) décrits plus loin.

Calcaires à polypiers massifs ou en gerbes (j5Pm) passant latéralement aux calcaires oolitiques de La Charité (j50)

j5Pm. **Calcaires à polypiers massifs ou en gerbes (35 à 40 m).**

Cette formation prolonge vers le haut les calcaires à polypiers lamellaires et aucune limite précise ne peut être tracée entre les deux ensembles sédimentaires. Elle constitue le substratum d'un plateau largement cultivé où les affleurements sont presque inexistantes et les anciennes et petites carrières pratiquement toutes comblées. Seules les grandes carrières de Jussy (x = 665,75, y = 2 272,60) en entaillent la partie supérieure sur une douzaine de mètres.

Les calcaires blancs ou jaunâtres, de texture wackestone ou packstone ou grainstone, sont massifs ou mal stratifiés. En dehors de la carte, ces formations plus ou moins massives laissent apparaître de grands litages obliques dont le pendage peut atteindre 15 à 16° en direction N330° à 340°.

La quantité de polypiers présents au sein de la roche est très variable. Peu abondants à la base où se rencontrent essentiellement des formes lamellaires, ils sont bien plus fréquents dans la moitié supérieure où se développent des constructions de type bioherme. On y rencontre soit des formes massives en boule ou lame épaisse (*Pseudocoenia*, *Stylina*, *Confusastrea*,...), soit des colonies rameuses (*Donacosmilia*, *Dermoseris*, *Calamophylliopsis*,...) dont certaines gerbes peuvent dépasser 2 m de hauteur (carrière de Jussy). La majeure partie de ces formes est en position de vie dans la roche.

La macrofaune associée comporte des lamellibranches (pectens, chlamys, tridacnes, trichites et à la partie supérieure des *Diceras*), des gastéropodes (nérinées), des térébratules (*Galliennithyris* gr. *maltonensis* à la base, *Juralina bauhini* et *J. rauraca* plus haut dans la série), des fragments de crinoïdes et de plus rares échinides. Enfin, il faut signaler

la relative abondance de *Solenopora jurassica* en association avec les polypiers dans la partie sommitale.

Les microfaciès varient de pelbiomicrites à des pelbiosparites, avec pelloïdes de 250 à 500 µm mais parfois plus gros et bioclastes millimétriques de lamellibranches, crinoïdes, radioles de cidaridés principalement. Sont également présents des tubes de serpulidés, des algues (*Cayeuxia*) et des foraminifères (miliolidés, *Nautiloculina oolitica*, *Ammobaculites coprolithiforme*, *Haplophragmium*). Les bioclastes, notamment à la partie supérieure de la formation, sont le plus souvent micritisés à la périphérie et encroûtés par de la micrite algobactérienne à laquelle s'associent parfois des algues (*Lithocodium aggregatum*, *Bacinella irregularis*). Cette même micrite algobactérienne forme également de minces laminations horizontales.

Le ciment sparitique est plus ou moins abondant, avec à la partie supérieure plusieurs générations dont la première de ciment fibreux isopaque traduit une diagenèse précoce en milieu infratidal supérieur. Ce milieu sédimentaire superficiel est également attesté par la présence de structures oeillées globulaires ou laminées.

Cette formation représente la terminaison occidentale du « complexe récifal supérieur » défini dans la vallée de l'Yonne (Menot et Rat, 1967 ; Menot, 1967, 1974, 1980, 1991).

Âge. Aucun fossile caractéristique n'a été récolté sur le territoire de la feuille. Plus au Nord-Est sur la feuille Courson-les-Carières, un exemplaire de *Epipeltoceras berrense* a été recueilli au front de la formation (Menot, 1991). Son âge est donc oxfordien supérieur, zone à Bimammatum. Cet âge est confirmé par son passage latéral aux « Calcaires oolitiques de La Charité » qui sont datés par ammonites (voir ci-dessous).

j50. Calcaires oolitiques de La Charité (10 à 35 m). En réalité 30 à 35 m mais ils s'amenuisent vers l'Ouest à moins de 15 m dans les forages les plus occidentaux.

Affleurant à l'Ouest d'une ligne Les Rabions-Donzy, ils sont exploités dans les carrières de Vergers (x = 657,1, y = 2 260,85) et dans celle sise à l'Ouest de Donzy (x = 657,4, y = 2 263,6). En dehors de la zone d'affleurement ils se poursuivent vers l'Ouest et ont été atteints ou traversés par plusieurs forages : les Fontaines (indice BSS : 464-7-11), les Fontaines (indice BSS : 464-7-12), les Buffats (indice BSS : 464-7-10), Fontbout (indice BSS : 464-6-2).

Stratifiés en bancs d'épaisseur variable (de 0,80 à 3 m), ces calcaires qui sont des grainstones oolitiques à bioclastes, ont permis la récolte de pholadomyes et de quelques ammonites : *Pseudorthosphinctes* sp. à la base et plus haut dans la carrière de Vergers de *Decipia* aff. *robusta* et *D.* aff. *marstonensis*, ainsi que des empreintes de végétaux flottés (frondes de ptéridophyte du genre *Scleropteris* proche de *Scleropteris dissecta* et de bennettitale : *Zamites moreaui*).

Le microfaciès est une oosparite à bioclastes avec de petites oolites bien calibrées (150 à 250 μm) à nucléi micritiques et couches corticales peu nombreuses (le plus souvent deux), et des bioclastes un peu plus gros (jusqu'à 500 μm), non oolitisés, de lamellibranches et surtout échinodermes. Les foraminifères sont rares : *Nautiloculina oolithica* et *Haplophragmium*. Une dolomitisation plus ou moins importante affecte le ciment sparitique et la roche est fréquemment poreuse par suite d'une dédolomitisation secondaire qui crée de petits vides à contour géométrique.

Âge. Les quelques *Decipia* rencontrées caractérisent l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Bimammatum*. Vu la présence de *Epipeltoceras berrense* au front des formations récifales et assez bas dans la série, on doit admettre que l'ensemble calcaires à polypiers massifs—calcaires oolitiques de La Charité occupe une grande partie de la zone à *Bimammatum*, les sous-zones à *Berrense* et *Bimammatum* étant caractérisées, alors qu'à la base la sous-zone à *Semimammatum* ne l'est pas.

j5OB. Calcaires oolitiques et bioclastiques terminaux (30 à 35 m au maximum). Prolongeant vers le haut, sans discontinuité, les calcaires à polypiers massifs, ces calcaires sont largement entaillés par les grandes carrières de Jussy. Très rapidement vers l'Ouest et le Nord ils diminuent d'épaisseur et passent aux Calcaires de Cravant et de Bazarnes.

Ces calcaires très purs, de teinte blanche ou beige, sont disposés en bancs d'épaisseur variable (0,40 à 2,50 m) à surface parfois onduleuse. Dans les carrières de Jussy ces bancs sont affectés d'un plongement, sans doute en grande partie d'origine sédimentaire, en direction du N330° qui passe rapidement de 2,5° à 4,5°.

Au sein de chaque banc les lithofaciès s'organisent en séquence évoluant depuis des wackestones à la base vers des grainstones, parfois grossiers, au sommet qui présentent localement des litages obliques d'angle faible (litages de plage). Les faciès les plus fins, constitués de pelloïdes de 100 à 250 μm , sont assez fréquemment caractérisés par la présence de petits oncoïdes (3 à 5 mm) d'origine algo-bactérienne. Dans les grainstones, les pelloïdes sont plus grossiers et souvent réunis en agrégats de 2 à 3 mm. Ils emballent des organismes ou des débris d'organismes très usés : *Diceras*, nérinées, crinoïdes, polypiers et plus rarement solénopores. Des laminations algo-bactériennes et même de petits dômes stromatolitiques sont fréquents. Enfin, il faut signaler la fréquence des structures ocellées globulaires ou laminées.

Outre les pelloïdes et les bioclastes, les lames minces permettent de reconnaître des algues (*Cayeuxia* et *Bacinella*) et des foraminifères (valvulinidés, miliolidés, *Ammobaculites coprolithiforme*, *Nautiloculina oolithica* et de rares *Alveosepta jaccardi*). Les ciments sparitiques montrent souvent plusieurs générations avec une première fibreuse isopaque ou anisopaque qui traduisent des conditions de diagenèse précoce en milieu infratidal supérieur ou intertidal.

Tous les caractères énoncés ci-dessus caractérisent des conditions de sédimentation de plate-forme très superficielle proche de l'émergence. Cette formation correspond aux «Faciès terminaux d'émergence» définis dans la vallée de l'Yonne (Menot, 1980, 1991).

Âge. Aucun élément précis de datation n'a été recueilli. On place cette formation dans l'Oxfordien supérieur, sans doute zone à Bimammatum, sous-zone à Hauffianum, grâce aux terrains qui l'encadrent.

• Formations non récifales

j5A. Calcaires à grain fin et ammonites (12 à 15 m). Présents depuis le NNW de Donzy jusqu'à la limite méridionale de la carte, ils surmontent les calcaires à grain fin sous-jacents (j5S) dont ils ne se distinguent pas au premier abord. Seule la faune d'ammonites permet de les séparer. En effet, outre les lamellibranches communs aux deux formations (gros pectinidés, *Pholadomya ampla*), ce niveau fournit localement d'assez nombreux *Perisphinctes panthieri*, *Dichotomoceras stenocycloides* et *D. bifurcatoides*.

Au sommet les microfaciès évoluent progressivement. Les pelloïdes sont plus gros (150 à 250 µm), les bioclastes sont également plus gros et plus abondants. Enfin des oolites apparaissent disséminées dans la masse. La transition avec les calcaires oolitiques (j50) qui viennent au-dessus est donc progressive.

Les calcaires à grain fin et ammonites se prolongent vers le Sud sur la feuille La Charité-sur-Loire par les Calcaires fins à oolites et bioclastes de Narcy. Latéralement, ils passent très rapidement vers le Nord-Est aux Calcaires à polypiers lamellaires (j5P1).

Âge. Les ammonites caractérisent l'Oxfordien supérieur, zone à Bifurcatus, sous-zone à Stenocycloides. Bien que n'ayant fourni aucun fossile caractéristique, les Calcaires à polypiers lamellaires décrits ci-dessus sont du même âge étant donné le passage latéral d'une formation à l'autre.

j5V. Calcaires de Vermenton (reconnus en sondage, non affleurant, 0 à 70 m). Dans les sondages, ils reposent sur les Calcaires oolitiques de La Charité (j50), mais leur épaisseur croît rapidement d'Est en Ouest, passant de 0 m au forage les Fontaines (indice BSS : 464-7-12) ou au forage les Buffats (indice BSS : 464-7-10), à 13 m au forage les Fontaines (indice BSS : 464-7-11), puis 70 m à celui de Fontbout (indice BSS : 464-6-2) soit en un peu moins de 3 km. Dans le même temps les calcaires oolitiques sous-jacents s'amenuisent (voir ci-dessus). On peut penser qu'un peu plus à l'Ouest les calcaires oolitiques disparaissent totalement, les Calcaires de Vermenton reposant alors sur les Calcaires à grain fin et ammonites (j5A).

Dans le forage de Fontbout (Bernard, 1988), cette formation est constituée par une alternance de calcaires micritiques gris faiblement argileux, de calcaires argileux (80 à 90 % de CaCO₃) et de marnes (70 à 75 % de CaCO₃) grises à noires. Les bioclastes petits et le plus souvent pyritisés, de lamellibranches et crinoïdes sont rares. Le quartz silteux et la pyrite sont abondants, les grains de glauconie peu fréquents. Il faut enfin signaler la présence de minces lamines riches en oolites pyritisées qui témoignent du passage latéral entre cette formation et les Calcaires oolitiques de La Charité (j50).

j5 CF. Marnes et calcaires argileux de Crezan-les Fontaines (7 m).

Affleurant dans le Sud de la feuille à proximité de ces deux lieux-dits, ils ont été recoupés par le forage de Fontbout entre 46 et 53 m. Vers l'Est, ils passent latéralement aux Calcaires oolitiques de La Charité (j50), en même temps qu'ils les surmontent (forage les Fontaines indice BSS : 464-7-12 ou forage les Buffats, indice BSS : 464-7-10). Un peu plus à l'Ouest ils surmontent les Calcaires de Vermenton (forage les Fontaines indice BSS : 464-7-11 et forage Fontbout, indice BSS : 464-6-2).

Il s'agit d'une alternance de marnes beige clair à l'affleurement, mais grises en profondeur, et de calcaires micritiques plus ou moins argileux, gris clair. Certains niveaux peuvent être assez riches en huîtres, brachiopodes et serpules. La faune de foraminifères (*Lenticulina*, *Astacolus*, *Spirillina*, *Neobulimina*) est identique à celle des « Calcaires de Vermenton et de Cravant ». Les fragments coquilliers servent souvent de nucléi à de petits oncolites centimétriques. Le quartz silteux et la pyrite sont abondants.

Cette formation est vraisemblablement l'équivalent des Marnes de Fougilet de la feuille Courson-les-Carières et des Marnes de Fontenay de celle de Vermenton.

Âge. Aucun élément de datation n'a été rencontré sur la feuille. Sur la carte Courson-les-Carières, P. Bernard (1988) a récolté dans les « Marnes de Fougilet » deux exemplaires de *Decipia* cf. *latecosta* caractéristique de l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*. De plus leur passage latéral à une partie des « Calcaires oolitiques de La Charité » permet de confirmer cette datation.

j5C. Calcaires de Cravant (17 à 18 m). Calcaires micritiques gris clair, compacts, en bancs décimétriques à pluridécimétriques séparés par des horizons d'épaisseur variable de calcaires argileux ou marnes. La macrofaune est réduite à quelques lamellibranches et de très rares térébratulidés (*Zeillerina* cf. *astartina*).

D'après les données du sondage de Fontbout, P. Bernard (1988) a distingué successivement :

- une masse inférieure (7 m) essentiellement calcaire, constituée de calcaires micritiques, à quartz silteux subanguleux abondant et rares bioclastes (spicules de spongiaires, lamellibranches, brachiopodes, crinoïdes

et radioles d'échinides). À la base existe un mince horizon de calcaire finement oolitique et bioclastique ;

- une partie médiane plus marneuse (7 m) formée par des alternances de marnes noirâtres et de calcaires micritiques argileux, à quartz silteux et rares bioclastes ;

- un ensemble supérieur (4 m) de calcaires micritiques à quartz silteux, rares bioclastes et oolites à nucléi micritiques ou bioclastiques et cortex fibro-radié.

Les décharges oolitiques et bioclastiques locales traduisent la proximité de formations récifales latérales, vraisemblablement les «Calcaires oolitiques et bioclastiques terminaux» (j50B).

Vers le Sud, sur la feuille La Charité-sur-Loire, les Calcaires de Cravant se poursuivent avec les Calcaires de Mézières.

Âge. Aucun élément de datation n'a été recueilli sur la feuille. Par contre *Ochetoceras marantianum* cité dans le même niveau sur les feuilles Vermenton et Courson-les-Carières permet de rattacher cette formation à l'Oxfordien supérieur, zone à Bimammatum.

j5B. Calcaires de Bazarnes (25 à 27 m). À la base la transition entre les Calcaires de Cravant et les Calcaires de Bazarnes est progressive et la séparation est parfois subjective. La formation des Calcaires de Bazarnes correspond à un ensemble de calcaires disposés en bancs pluridécimétriques et présentant des faciès variés aussi bien dans le sens vertical qu'horizontal en fonction de la proximité ou de l'éloignement des formations récifales. En effet, si leur partie inférieure est en position latérale par rapport au sommet des «Calcaires oolitiques et bioclastiques terminaux» (j50B), leur partie supérieure vient les recouvrir.

Globalement, d'après P. Bernard (1988), il est possible de distinguer de bas en haut les quatre termes suivants :

- **calcaires grisâtres** de texture mudstone ou calcaires de texture wackestone ou packstone ou plus rarement grainstone à pellets (40 à 150 µm), bioclastes (100 à 300 µm) et oolites. Dans la matrice micritique le quartz silteux est abondant, la pyrite, les micas et la glauconie présents. Les éléments figurés sont soit disséminés dans la masse, soit groupés en poches de bioturbation ou minces lamines ou petites lentilles au sein desquelles la texture est de type grainstone. L'épaisseur varie de 7 à 10 m ;

- **calcaires oolitiques** et très bioclastiques (packstones ou grainstones), beiges ou marron, qui fournissent des exogyres et des brachiopodes (*Zeillerina* cf. *astartina*) d'épaisseur 2 à 3 m ;

- **alternances de marnes noirâtres et de calcaires micritiques gris**, de texture mudstone ou wackestone, à rares bioclastes qui livrent *Zeillerina* cf. *astartina* ; l'épaisseur est comprise entre 5 et 6 m ;

• **calcaires bioclastiques**, oolitiques et oncolitiques, à matrice micritique importante à certains endroits (wackestones-packstones) ou ciment sparitique ailleurs (grainstones) d'épaisseur 8 à 9 m. Ils assurent la récolte d'une faune variée de fossiles entiers ou brisés : exogyres, trigonies, pholadomyes, pectens, entroques, radioles de cidaridés, tubes de serpulidés, madréporaires, nombreux brachiopodes (*Zeillerina* cf. *astartina*, « *Terebratula* » *subsella*, « *T.* » *grossouvrei*, *Dorsoplicathyris subinsignis*, *Postepithyris cincta*, *Septaliphoria pinguis*) et quelques céphalopodes (*Lithacoceras* sp., *Epipeltoceras bimammatum*). Outre les bioclastes fournis par les organismes cités ci-dessus, les lames minces permettent de reconnaître des bryozoaires, des spicules monaxones de spongiaires (géodiidés), ainsi que des foraminifères (lenticulines, miliolidés). Les oncolites roux, de taille centimétrique, comprennent un nucléus (le plus souvent un fragment de coquille d'huître) et des encroûtements complexes avec de la micrite algo-bactérienne associée à des nubéculaires et des serpules.

Âge. Les brachiopodes et les ammonites récoltés, complétés par les ammonites trouvées un peu au Sud sur la feuille La Charité-sur-Loire, permettent de placer les Calcaires de Bazarnes dans l'Oxfordien supérieur, zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Bimammatum*.

Calcaire de Tonnerre (sensu lato)

j5 T. Calcaire de Tonnerre (55 à 80 m). L'épaisseur de la formation est de 55 à 60 m dans la partie nord-est de la feuille ; elle atteint 70 à 80 m au Sud en bordure de la vallée du Nohain. L'ensemble, constitué de calcaires très purs (98 à 99,5 % de CaCO_3), comporte **trois faciès fondamentaux** :

- un faciès oolitique et bioclastique dénommé *Oolite de Suilly-la-Tour*, présent à la base dans le Sud de la feuille mais non séparé sur la carte ;

- deux faciès, l'un micritique compact, l'autre crayeux et peu consolidé, formant le *Calcaire de Tonnerre* sensu stricto.

• ***Oolite de Suilly-la-Tour*** (0 à 30 m). Présente dans le Sud de la feuille (de Saint-Quentin-sur-Nohain à la région de Ciez), elle a été bien reconnue dans les sondages de la vallée du Nohain (indices BSS : 464-6-3 et 464-6-5) et était jadis visible dans les anciennes carrières de Ciez ($x = 662,75$, $y = 2\ 272,43$), maintenant en grande partie comblées [Bernard (1988) a attribué par erreur les faciès observables dans cette carrière au Calcaire de Bazarnes].

Elle correspond à des calcaires oolitiques et bioclastiques, soit à matrice micritique (texture wackestone ou packstone) soit à ciment sparitique (grainstone). La stratification en bancs d'épaisseur pluridé-cimétrique à plurimétrique peut être entrecroisée. Des niveaux luma-chelliques sont présents.

Les lames minces assurent la reconnaissance de deux familles d'oolites, les unes à gros nucléus micritique et cortex réduit, les autres à petit nucléus micritique ou bioclastique mais à cortex multicouche. Leur taille varie de 150 µm à 1 mm. Les bioclastes de lamellibranches, gastéropodes, brachiopodes, crinoïdes et échinides, bryozoaires, spongiaires, madréporaires, apparaissent roulés, usés, mal triés. Les plus gros présentent des encroûtements de type oncoïde.

Les fossiles sont le plus souvent écrasés, émoussés, dissociés. Parmi les nombreuses formes citées par D. Reyre (1943) nous retiendrons les exogyres, trigonies, *Diceras* et les principaux brachiopodes : *Zeilleria egena*, *Aromasithyris riazii*, *Septaliphoria pinguis*.

Au sein des faciès oolitiques et bioclastiques apparaissent des faciès micritiques, compacts ou crayeux, typiques du Calcaire de Tonnerre (s.s.). Il n'est pas possible de préciser leur géométrie, ni leurs rapports réciproques précis.

• **Calcaire de Tonnerre sensu stricto.** Trouvé en position latérale et au-dessus de l'Oolite de Suilly-la-Tour, il se présente sous deux aspects différents qui passent de l'un à l'autre aussi bien dans le sens vertical qu'horizontal : calcaire blanc jaunâtre, compact, disposé en bancs pluridécimétriques à métriques et calcaire blanc, crayeux, assez friable, mal stratifié. Dans les deux cas les textures oscillent entre des mudstones et des wackestones à bioclastes qui se chargent localement en fines oolites ou oncolites flous de taille centimétrique.

La faune est assez abondante et variée. On peut y récolter lamellibranches (dicératidés, pectinidés, ostréidés, trichites,...), brachiopodes (*Postepithyris cincta*, *Juralina subformosa*, « *Terebratula* » *grossouvrei*, *Zeillerina egena*, « *Rhynchonella* » *ordinaria*, *Septaliphoria pinguis*), gastéropodes, serpulidés, bryozoaires, échinides et crinoïdes, spongiomorphidés (*Cladocoropsis mirabilis*), foraminifères (miliolidés, lituolidés, *Alveosepta jaccardi*, *Everticyclamina virguliana*), algues (*Thaumatoporella parvovesiculifera* souvent associée à *Bacinella irregularis*, *Salpingoporella annulata*, *Cylindroporella*, *Clypeina*). Enfin certains niveaux sont riches en madréporaires en colonies de formes variées, lamellaires, massives, branchues, soit isolées, soit groupées en petites constructions ; P. Bernard (1988) cite les genres *Microsolena*, *Dimorpharea*, *Stylina*, *Ovalastrea*, *Isastrea*, *Comoseris*.

Dans sa partie sommitale (5 à 6 derniers mètres) les faciès crayeux disparaissent et laissent la place à un calcaire compact, beige, en bancs massifs. Les textures oscillent depuis des mudstones-wackestones vers des packstones bioclastiques et même des grainstones bioclastiques, oolitiques et oncolitiques, à lithoclastes. Une surface perforée, ferruginisée est présente localement au sommet. Ce niveau est vraisemblablement l'équivalent latéral du Marbre de Bailly des feuilles Vermenton et Courson-les-Carrières. Il est mal caractérisé dans le Sud de la feuille à proximité de la vallée du Nohain.

Âge. En l'absence d'ammonites, seuls les brachiopodes permettent de dater les Calcaires de Tonnerre (*s.l.*). Les faunes citées fournissent un âge oxfordien supérieur, sans doute zone à *Bimammatum*, sous-zone à *Hauffianum*, pour la base, puis zone à *Planula*. Il n'est cependant pas impossible que cette formation monte jusque dans le Kimméridgien inférieur, zone à *Baylei*.

j6V. **Calcaires de Villiers (Kimméridgien inférieur)** (25 à 35 m). Cette formation, anciennement dénommée Calcaires à astartes, n'affleure pratiquement jamais, car les quelques anciennes et petites carrières ont été comblées. Elle se manifeste à la surface du sol par des cailloux généralement de petite taille et aplatis (débit en plaquettes). Son épaisseur croît du Nord-Est vers le Sud-Ouest, passant de 25 à 35 m.

Elle marque le retour des faciès à dominante micritique. Il est possible de distinguer de bas en haut :

- **calcaires de texture variée** (4 à 5 m), soit mudstones, beige-roux, compacts, riches en oncoïdes et nérinées, soit packstones bioclastiques, grossiers, à madréporaires, algues (*Cayeuxia*), nérinées, *Diceras*, serpules, soit grainstones oolitiques à passées lumachelliques avec ostréidés et *Septaliphoria pinguis*. Cette unité a été appelée « Calcaire oolitique à nérinées, algues et *Diceras* » par P. Bernard (1988) ;
- **calcaires micritiques beiges ou grisâtres** (8 à 10 m au Sud, mais diminuant d'épaisseur en direction du Nord-Est), en bancs pluridécimétriques séparés par des joints calcaréo-argileux centimétriques, jaune-rouille. Le quartz détritique silteux et les bioclastes sont rares ; bioturbations et les terriers de type *Chondrites* sont par contre fréquents et souvent associés à des nuages de fines oolites ;
- **calcaires micritiques à bioclastes et oolites rousses** (3 à 5 m), beige jaunâtre, compacts. La matrice micritique, à quartz détritique silteux, est fortement bioturbée avec des terriers à remplissages oolitiques et bioclastiques rouille ;
- **calcaires micritiques, lumachelliques et niveaux à galets perforés et verdis** (8 m au Nord-Est, 15 m au Sud à proximité du Nohain). À la base et au Sud, les micrites beiges ou grisâtres, à rares quartz silteux et bioclastes, sont riches en intercalations calcaréo-argileuses et terriers de type *Chondrites*. En se dirigeant vers le Nord-Est le faciès devient plus calcaire et s'enrichit en oolites. Le sommet est caractérisé par deux niveaux, distants de 6 à 7 m, de « poudingues » à galets perforés et verdis qui apparaissent sous forme de dalles pluricentimétriques. La micrite, à quartz silteux, emballe de fréquents bioclastes (ostréidés, brachiopodes, gastéropodes, crinoïdes, madréporaires), des oolites, des lithoclastes, de nombreuses *Nanogyra virgula*, enfin des «galets». Ces derniers, de taille centimétrique à pluricentimétrique, sont de même nature micritique que le reste de la roche, dont ils représentent 10 à 20% du volume. Le plus souvent aplatis, ils sont perforés et leur périphérie, ou la

totalité de la masse pour les plus petits, est glauconitisée et/ou ferruginisée dans le niveau inférieur, seulement ferruginisée dans le niveau sommital.

Excepté au niveau des lumachelles à *Nanogyra virgula* terminales, la faune rencontrée est réduite. Les astartes sont rares, mais on peut récolter quelques brachiopodes (*Zeillerina* cf. *astartina*, *Postepithyris minor* et au sommet *Zeillerina humeralis*, *Terebratula subsella*) et de plus fréquents foraminifères (*Alveosepta jaccardi*, *Everticyclamina virguliana*, *Nautiloculina oolitica*, *Haplophragmium*, miliolidés).

Âge. Les quelques brachiopodes récoltés permettent de ranger les « Calcaires de Villiers » dans le Kimméridgien inférieur, zone à Cymodoce. Cette datation est en accord avec celle des formations équivalentes du Berry et de l'Yonne.

j6M. Marnes et Calcaires à *Nanogyra virgula* (Kimméridgien inférieur et supérieur) (60 à 95 m). Bien exposée tout le long du front de la cuesta tithonienne depuis le Nord-Est de la feuille jusqu'à Saint-Loup, cette formation s'étale plus largement entre cette localité et le Sud. Cependant dans tout ce domaine où dominent les cultures, les affleurements sont exceptionnels et les observations le plus souvent limitées à la nature du sol et aux cailloux de surface.

Si la limite inférieure de la formation est nette, la supérieure est plus difficile à apprécier. En effet, aucun changement tranché de faciès ne s'observe entre le Kimméridgien et le Tithonien, le seul critère de séparation étant l'enrichissement progressif de ce dernier en bancs calcaires. Il est donc difficile de donner à cette formation une épaisseur précise. Tout le long de la cuesta l'épaisseur semble être de 60 à 70 m. Elle doit augmenter assez vite vers le Nord-Ouest : environ 95 m au sondage des Trotiers (indice BSS : 464-3-10), et vers le Sud : 95 m (en fonction de la limite supérieure adoptée) recoupés au forage de la Breauche (indice BSS : 464-5-24) où la base n'a pas été atteinte.

Les marnes noires, plus ou moins riches en *Nanogyra virgula* associées à des calcaires argileux souvent lumachelliques, constituent le faciès principal. Cependant quelques horizons de calcaire micritique s'intercalent dans la masse. Ces niveaux plus carbonatés forment de légers ressauts dans la topographie que seule une observation attentive du terrain permet de repérer. En fonction des données de terrain et surtout de celles fournies par les sondages, notamment celui de la Breauche (observation des cuttings par B. Roy et diagraphie g-ray par CPGF), il est possible de reconnaître successivement de bas en haut :

- (1) calcaire micritique gris, compact, qui se débite en petits blocs à cassure conchoïdale (2 à 5 m), niveau non atteint à la Breauche ;
- (2) marnes gris bleuté ou noirâtres, avec bancs de calcaire argileux intercalés (14 m recoupés à la Breauche, mais la base n'a pas été atteinte) ;
- (3) calcaire micritique gris ou beige et calcaire argileux ou marnes intercalés (11 m) ;

- (4) marnes grises avec quelques passées de calcaire argileux bioclastique (7 m) ;
- (5) alternance de calcaire argileux, bioclastique, noirâtre, riche en exogyres, et de marnes grises (12 m) ;
- (6) alternance de calcaire micritique plus clair et de marnes (10 m) ;
- (7) alternance de calcaire micritique, bioclastique, riche en exogyres, et de marnes (4 m) ;
- (8) alternance de calcaire micritique et de calcaire argileux (4 m) ;
- (9) alternance de marnes grises et de calcaire micritique, parfois un peu gréseux (6 m) ;
- (10) marnes gris sombre avec intercalations de calcaire argileux et de calcaire bioclastique à gravelles noires (15 m) ;
- (11) marnes noires (12 m).

La succession rencontrée dans le forage des Trotiers est comparable. Le niveau (2) a 23 m de puissance. Les épaisseurs des termes supérieurs sont un peu plus faibles (19 m contre 25 m pour les niveaux 8-9-10, 7 m contre 12 m pour le niveau 11).

Âge. La faune est caractérisée par l'abondance des petites huîtres : *Nanogyra virgula* qui forment des lumachelles à certains niveaux. Les autres organismes sont plus rares : gastéropodes, pholadomyes, térébratules peu fréquentes, foraminifères (*Pseudocyclamina jaccardi*, *Everticyclamina virguliana*, *Lenticulina*). Enfin, des ammonites sont présentes à différents niveaux :

- dans le niveau inférieur elles sont très rares. Un *Perisphinctes* sp. permettrait de dater le Kimméridgien inférieur, zone à Cymodoce. Cette datation est en accord avec celle des mêmes niveaux de la feuille La Charité-sur-Loire ;
- des calcaires faiblement argileux, bioclastiques, associés à des lumachelles à exogyres, donc vraisemblablement le niveau (7), livrent de fréquents *Orthaspidoceras lallierianum* datant le Kimméridgien supérieur, zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum ;
- enfin un autre niveau de calcaire argileux bioclastique et lumachelique, sans doute le niveau (9), permet la récolte d'assez nombreux *Aulacostephanus* dont *A. yo* typique et *Aspidoceras caletanum*, ammonites caractérisant le Kimméridgien supérieur, zone à Eudoxus.

j6-7B Calcaires du Barrois (Kimméridgien - Tithonien inférieur) (30 à 55 m). L'épaisseur évaluée à 30-35 m dans la région nord-est (Bouhy, Bitry), augmente en s'approchant de la Loire. Ainsi le sondage de la Bretauche, qui a débuté un peu en dessous de la partie sommitale, a recoupé cette formation sur 52,50 m, soit de bas en haut d'après la diagraphie g-ray et les cuttings :

- 6,50 m : alternance de marnes noires et de calcaires micritiques (soit 2 m de calcaire argileux, 2 m de marnes, 1 m de calcaire, 1,50 m de marnes) ;

- 8 m: calcaires micritiques gris avec quelques horizons de marnes noires ;
- 5,50 m : alternance marnes noires-calcaires micritiques gris (soit 2,50 m de marnes, 1 m de calcaires et 2 m de marnes) ;
- 17 m : calcaires micritiques gris, compacts, avec quelques intercalations de calcaires argileux ou de marnes noires ;
- 2,50 m : calcaires argileux et marnes noires ;
- 13 m: calcaires micritiques blanchâtres plus ou moins fracturés.

On voit donc que la base, dans le prolongement du Kimméridgien et sans limite nette, comporte une alternance de calcaires, de calcaires argileux et de marnes qui sont toujours riches en *Nanogyra virgula*.

Les calcaires de teinte grise ou beige, parfois veinés de rose, sont micritiques. Ils donnent à la surface du sol d'abondants cailloux à cassure conchoïdale. La macrofaune est peu abondante à l'exception de quelques bancs bioclastiques et lumachelliques proches du sommet avec essentiellement des lamellibranches (pholadomyes, trigonies, exogyres, mytilidés), plus accessoirement des gastéropodes et des échinodermes. Des foraminifères benthiques sont observables : *Lenticulina*, *Pseudocyclamina*, *Everticyclamina virguliana*. Les ammonites sont rares. Cependant un exemplaire de *Gravesia* cf. *gravesiana* a été récolté près de Bouhy.

Le sommet de cette formation, observé en surface de champ, présente des blocs de calcaires perforés, karstifiés, localement couverts d'une mince croûte ferrugineuse, donc des marques d'altération et d'érosion, phénomènes décrits par O. Pernet (1983). Les forages de la Tuilerie (indice BSS : 464-3-11) et de Myennes (indice BSS : 464-1-38) ont montré des phénomènes comparables.

Il faut enfin noter que très localement (région de Dampierre-sous-Bouhy, Bitry) se rencontre au-dessus des calcaires tithoniens une petite formation très peu épaisse de calcaire à polypiers. Dépourvue de fossiles caractéristiques, mais classiquement attribuée au Valanginien, elle sera traitée ci-dessous avec le Crétacé. Cependant son apparente > continuité avec le calcaire tithonien (observations ponctuelles uniquement en surface de champ), la similitude des faciès que seuls les polypiers différencient, la présence d'une importante surface érodée et perforée à son sommet, laissent planer un doute sur son attribution stratigraphique exacte. Représente-t-elle la fin de la sédimentation tithonienne ou le début de la sédimentation crétacée ?

Âge. Les très rares *Gravesia* rencontrées permettent d'attribuer les Calcaires du Barrois au Tithonien inférieur.

La base de la formation a livré de très rares *Gravesianum* ainsi que *Aulacostephanus*, formes du Kimméridgien terminal.

Les calcaires du Barrois débuteraient ici au Kimméridgien terminal pour se poursuivre au Tithonien.

Crétacé

Aucune trace de faciès purbeckiens n'a été reconnue sur la feuille. Les premières formations du Crétacé reposent directement sur le sommet karstifié du Tithonien.

n2-3. Calcaire à polypiers et Calcaire à spatangues (Valanginien? - Hauterivien) (0 à 2,50 m).

• **Calcaire à polypiers.** Cette petite formation, épaisse de 0,50 à 1 m, est très localisée (région de Dampierre-sous-Bouhy, Bitry). Elle n'a été observée qu'en surface de champ, mais O. Pernet (1983) décrit, à 1,500 km au Nord-Ouest de Dampierre-sous-Bouhy, une coupe qu'il n'a pas été possible de retrouver.

Elle est constituée par un calcaire à grain fin, en bancs massifs mal individualisés, très riche en polypiers dont les colonies lamellaires ont 2 à 3 cm d'épaisseur. Quelques lamellibranches et échinodermes sont également rencontrés. Entre les constructeurs, la matrice est une biomicrite à bioclastes souvent grossiers (polypiers, bryozoaires, lamellibranches, échinodermes) qui inclut également des grains de quartz de grande taille (>800 μm). Il faut mentionner la présence de quelques oolites ferrugineuses éparses et de minéraux argileux : kaolinite 4/10, illite 3,5/10, interstratifiés 2,5/10 (Pernet, 1983).

Le sommet est marqué par une surface perforée, avec dissolution des polypiers et ferruginisation.

• **Calcaire à spatangues.** La formation épaisse de 5 m environ dans le Nord de la feuille s'amenuise vers le Sud (1 m à 1,50 m dans la région de Cosne-sur-Loire) puis disparaît. Elle repose soit sur le « Calcaire à polypiers », soit le plus souvent directement sur le calcaire tithonien. Elle se présente sous forme d'une alternance de bancs décimétriques de calcaire plus ou moins argileux, gris clair, jaunâtre ou rouille, et de marne ou d'argile marron. De minces horizons de grès fins peuvent se rencontrer. Les oolites ou grains ferrugineux sont localement abondants, notamment à la base. Globalement les teneurs en CaCO_3 diminuent de la base (80 à 90 %) au sommet (55 à 60 %). La macrofaune est riche en espèces et nombre d'individus : oursins (*Toxaster retusus*, *Holaster intermedius*, *Pygurus* sp., etc), lamellibranches (gros ostréidés, pholadomyidés, pectinidés, etc.), gastéropodes, brachiopodes, crinoïdes, etc. (voir les longues listes de fossiles dans la littérature). Les céphalopodes, bien représentés dans les formations équivalentes plus au Nord-Est, sont par contre absents dans la région.

En lame mince, les oolites ou grains ferrugineux montrent un cortex avec ou sans couches concentriques autour d'un nucléus (grain détritique ou débris coquillier). La matrice est une micrite ou une biomicrite argileuse. Le quartz, sous forme de sable très fin ou de silt, est peu

abondant (< 3 %). La phase argileuse est constituée de kaolinite dominante (5 à 6/10), d'illite et de smectite. La microfaune est assez riche. O. Pernet cite des foraminifères (*Everticyclamina virguliana*, *Lenticulina* gr. *rotulata*, *Citharina sparsicostata*, *Nodosaria*, *Marginulina*, *Epistomina ornata*) et des ostracodes (*Protocythere triplicata*, *P. cancellata*, *P. granifera*, *Cythereis bernardi*, *Schuleridea* cf. *punctatula*).

Âge. Hors de la feuille les ammonites récoltées ont permis d'attribuer le Calcaire à spatangues à l'Hauterivien inférieur. L'âge du Calcaire à polypiers sous-jacent est plus sujet à conjectures. Classiquement les calcaires à polypiers et leurs équivalents latéraux rencontrés à la base de la série crétacée, sont attribués au Valanginien. Cependant pour O.Pernet «il n'y a aucune certitude sur l'âge des Formations à polypiers et leur éventuelle équivalence chronologique entre elles. Tout au plus,..., il existe des présomptions (lithofaciès, association d'échinides) sur un âge approximativement identique à celui de la base des Calcaires à Spatangues». De ce fait, le Calcaire à polypiers pourrait donc aussi appartenir à l'Hauterivien inférieur.

Une autre hypothèse est encore possible. Vu leur placage à la surface des calcaires du Barrois, vu leur similitude d'aspect avec ces derniers, vu l'importante surface perforée qui les couronne, ils pourraient peut-être représenter les derniers faciès tithoniens juste avant l'émersion. Ils seraient dans cette hypothèse les reliques épargnées par l'érosion de cette dernière couche tithonienne.

Lumachelles et marnes « ostréennes » (Barrémien inférieur).

Cette formation connue plus au Nord (feuille Saint-Fargeau) et au Nord-Est (feuille Courson-les-Carières et autres) a peut-être été rencontrée sous forme de quelques cailloux de calcaire lumachellique en surface de champ, au Nord de Dampierre-sous-Bouhy où elle ne dépasserait pas un mètre. Certains forages réalisés dans le Nord-Ouest de la feuille (la Métairie Houard, indice BSS : 464-1-20 ou ceux effectués dans le cadre de l'implantation de la centrale de Belleville) ont recoupé 7 à 10 m d'argile ou de marne brune à passées verdâtres incorporant quelques petits bancs de calcaire micritique gris. Ces formations qui surmontent en parfaite continuité les Calcaires à spatangues, peuvent peut-être correspondre aux Lumachelles et marnes ostréennes.

n6S. Sables et argiles inférieurs (Albien inférieur) (15 à 28 m).

L'épaisseur de cette formation diminue du Nord au Sud : 27 à 28 m dans les forages du Nord, une vingtaine de mètres dans la région de Bitry, enfin une quinzaine de mètres dans la partie sud de la feuille (et dans la partie nord de celle de La Charité-sur-Loire où elle a été regroupée avec les Argiles de Myennes).

Elle n'affleure pratiquement jamais. Seuls les forages ont permis de connaître sa constitution. Les plus représentatifs sont ceux réalisés pour l'implantation de la centrale de Belleville et notamment celui

répertorié indice BSS : 464-1-18, ceux effectués dans et autour de l'ancienne carrière de Bitry (indice BSS : 464-3-4), enfin celui répertorié indice BSS : 464-5-19 dans le Sud de la feuille (que l'on peut comparer aux forages 494-1-13 et 494-1-14 de la feuille La Charité-sur-Loire).

Elle est formée de sables fins à moyens, de sables argileux et d'argiles sableuses au sein desquelles s'intercalent des horizons centimétriques à décimétriques de sables qui peuvent être indurés par un ciment ferrugineux. Dans les forages du Nord, ces formations sont de teinte beige grisâtre à brun. Dans la région de Bitry, elles sont plus vivement colorées : brun jaunâtre, bariolées de blanc, rouge et violacé, avec un horizon épais de 5 à 6 m rouge ou brun-rouge. On y trouve des débris végétaux.

Le niveau supérieur (7 à 10 m au Nord, mais diminuant d'épaisseur en direction du Sud) est un sable glauconieux, grossier, vert en forage et brun jaunâtre à l'affleurement qui peut localement être grésifié. Il fournit un peu de bois silicifié et par place (Ouest du Gué de Frise) des brachiopodes. Il correspond sans doute à la formation, ou seulement à la partie supérieure de la formation, des Sables verts de l'Yonne et de l'Aube.

Ce niveau sableux supérieur est couronné dans les forages du Nord de la feuille par un horizon épais de 0,80 à 1,70 m d'argile compacte, ocre jaune ou verdâtre, ou lie-de-vin. Ce *niveau d'ocre a.* jadis été exploité à la Bergeatterrie (x = 654,5, y = 2 278,80). Il a été décrit par J. Trescartes (1971) dans les carrières des Mottes et des Beaux-Arts sur la feuille à 1/50 000 Saint-Fargeau, en bordure de la feuille Cosnesur-Loire. Il est encore observable à la base des argilières des Perchers. Dans l'orientale (x = 654,65, y = 2 279,95), au-dessus du sable grossier brun jaunâtre, viennent 0,20 m d'argile noire, puis 0,80 m d'argile rouge, lie-de-vin ou rose, enfin 0,40 m d'argile brun-rouge. Le tout est recouvert par les argiles noires exploitées (Argiles de Myennes). Dans l'occidentale (x = 654,30, y = 2 279,95), la succession légèrement différente expose le sommet des sables grossiers, brun jaunâtre, avec lentilles de grès ferrugineux, sables dénommés « sables ocreux » par les carriers locaux. Puis au-dessus d'une limite ondulée viennent successivement : 0,40 à 0,45 m de sable grossier très argileux ocre, veiné de rose, 1 m d'argile compacte, dure, brun clair (ocre jaune des carriers), 0,20 à 0,25 m d'argile très dure, brun-rouge, à surface supérieure durcie avec une croûte ferrugineuse (couche d'hématite ou « ferrié » des carriers), enfin quelques centimètres d'ocre rouge. L'étude de ces niveaux d'ocre dans la carrière des Beaux-Arts par J. Trescartes fournit les résultats suivants :

| | DIAMÈTRE DU PLUS PETIT GRAIN DE QUARTZ | DIAMÈTRE DU PLUS GROS GRAIN DE QUARTZ | TENEUR EN FER |
|------------|--|---------------------------------------|---------------|
| OCRE ROUGE | 0,06 mm | 0,06 mm | 13,44 % |
| ' FERRI " | 0,06 mm | 1,94 mm au sommet 2,64 mm la base | 23,52 % |
| OCRE JAUNE | 0,06 mm | 6 mm | 11,20 % |

Reprenons les conclusions de l'auteur de l'étude : «j'ai observé une granulométrie décroissante du bas vers le haut donc en allant des sables inférieurs aux argiles de Myennes. Le passage sable-argile serait progressif. Il n'y aurait pas eu d'arrêt de sédimentation, ni de latéritisation à faible profondeur sous un climat chaud et humide. Après diagenèse, une circulation d'eau *per ascensum* aurait traversé l'épaisseur des sables inférieurs très ferrugineux entraînant le fer avec elle. Celui-ci se serait trouvé piégé sous les argiles de Myennes. Le fer à l'état colloïdal n'aurait pas diffusé dans les couches supérieures».

Âge. Aucun élément de datation n'a été rencontré au cours des levés de la carte. Comme le signale la littérature plus ancienne (P. et J.P. Destombes, 1965 ; Courel et al, 1972) seules les Argiles de Myennes qui les surmontent sont datées dans la région. Dans l'Aube les Sables verts sont datés de la base de l'Albien inférieur, zone à *Leymeriella tardefurcata*. La formation des Sables et argiles inférieurs semble donc devoir être rattachée à la base de l'Albien inférieur.

Classiquement la partie sablo-argileuse, parfois vivement colorée était rattachée à la formation des Sables et argiles panachés du Barrémien supérieur présents au Nord-Est, les sables grossiers terminaux étant inclus dans l'Albien inférieur. Cependant sur le terrain comme dans les forages la continuité de la succession semble parfaite et aucune trace de discontinuité ne marque l'importante lacune de l'Aptien qui existerait dans cette acception. Comme d'autre part la base de l'ensemble sablo-argileux est transgressive et discordante sur les formations plus anciennes, reposant successivement du Nord au Sud sur les Marnes ostréennes du Barrémien inférieur, puis dans la région de Bitry et Saint-Vérain (puits des Berthes) sur les Calcaires à spatangues hauteriviens, enfin dans le Sud de la feuille sur les calcaires tithoniens, il semble plus logique de voir une seule et même formation transgressive en direction du Sud et donc de la placer en totalité dans l'Albien inférieur. Ce caractère transgressif et discordant est déjà signalé par L. Courel et al., 1972.

n6M. Argiles de Myennes (Albien inférieur et moyen) (20 à 40 m).

L'épaisseur de 38 à 40 m au Nord-Ouest dans les forages de la centrale de Belleville, diminue légèrement vers le Sud (35 à 36 m au Sud de Cosne) et également vers l'Est (une vingtaine de mètres). Le faciès principal est une argile noire, plastique, au sein de laquelle s'intercalent des niveaux de sables argileux ou de sable pur. Ainsi le forage de la centrale de Belleville indice BSS : 464-1-1018 a recoupé de bas en haut :

- 6,40 m d'argile noire, plastique, compacte ;
- 6,20 m de sable grossier, argileux, noir ou verdâtre, très coquillier ;
- 10,10 m d'argile noire, plastique, compacte ;
- 3,80 m de sable fin, argileux à très argileux, gris-noir ;
- 2,80 m d'argile noire, compacte, légèrement sableuse et coquillière ;
- 7,90 m de sable très argileux, gris-noir, avec passages de sable propre vert ;
- 0,80 m d'argile plastique, noire.

La fraction argileuse comporte kaolinite, illite, smectite. La fraction sableuse est constituée de quartz blanchâtre ou translucide, en grains anguleux, de paillettes de muscovite et de glauconie. Cette dernière fraction peut être cimentée en fines plaquettes de grès ferrugineux. La pyrite est fréquente.

Les ammonites sont rares : *Leymeriella tardefurcata*, *Bucaillella* sp., *Cleoniceras* aff. *platidorsatum*. On peut également récolter des lamellibranches (certains niveaux sont très riches en petites huîtres), des gastéropodes, des crustacés (*Hoploparia longimana*), des feuilles de végétaux évoquant des ptéridophytes.

La microfaune est peu abondante et comprend essentiellement des foraminifères arénacés : *Haplophragmoides nonioninoides* F. *rotonda*, *Gaudryina* cf. *dividens*, *Flabellamina* sp., *Trochamina* sp., *Reophax* sp. (détermination C. Monciardini).

La microflore déterminée par D. Fauconnier comprend des dinoflagellés (*Oligosphaeridium* complex, *Dingodinium cerviculum*, *Cribroperidinium edwardsii*), des spores de ptéridophytes (cyathéacées, gleichéniacées, schizéacées), du pollen de conifères (cheirolépidiacées, cupressacées) et de gymnospermes disaccates. Cette flore est caractéristique d'un milieu côtier.

Âge. Les quelques ammonites récoltées de même que les rares citées dans la littérature (P. et J.P. Destombes, 1965 ; Trescartes, 1971) caractérisent l'Albien inférieur. La microflore recueillie à différents niveaux des Argiles de Myennes sur la feuille La Charité-sur-Loire a permis de caractériser l'Albien inférieur et aussi l'Albien moyen et peut-être même la base de l'Albien supérieur ?

n6-c1P. **Sables de la Puisaye (Albien moyen ?, supérieur à Cénomaniens basal)** (24 à 25 m). La série débute avec des alternances (7 à 8 m dans les forages de la centrale de Belleville) de sable très fin, très argileux, noir et de sable plus propre, vert ou noir qui assurent la transition entre les Argiles de Myennes et les Sables de la Puisaye.

Elle se poursuit avec 14 à 15 m de sables d'abord fins à moyens, puis moyens à grossiers, plus ou moins glauconieux, de teinte beige jaunâtre ou rousse, dont certains horizons peuvent être partiellement ou totalement grésifiés (grès ferrugineux). Quelques niveaux sont faiblement argileux. La fraction sableuse est surtout constituée de quartz auquel s'associent des paillettes de muscovite.

A l'affleurement on note la présence de stratifications obliques et une concentration de dragées de quartz vers le sommet. La morphoscopie montre une majorité de quartz émoussés-luisants. Des traces de chocs ont été observées au MEB sur les grains à aspect mat ce qui traduit des influences éoliennes dans ces sables pourtant marins.

La série se termine par 0,50 à 2,50 m de sable argileux, bariolé jaune, ocre et vert, contenant des dragées de quartz, le tout aggloméré par un ciment phosphaté blanchâtre. Ce niveau, visible par exemple près de Cadoux au Nord de La Celle-sur-Loire, est connu sous le nom de **Gravier à Opis**. Il fournit une faune abondante avec lamellibranches (*Opis glareosa*, *Anisocardia* sp., *Cucullaea* sp., *Trigonia* sp.), gastéropodes (*Ampullospira sublaevigata*, *Turitella* sp.), brachiopodes (*Rhynchonella* sp.). Des ammonites sont signalées dans la notice de la feuille Clamecy à 1/80 000 *Mortoniceras inflatum*, *Hoplites splendens*.

Âge. Aucune faune caractéristique n'a été recoltée sur la feuille. D'après L. Courel et *al.* (1972) «les Sables de la Puisaye couvrieraient une période allant du sommet de l'Albien inférieur (zone à *D. mammillatum*) au milieu de l'Albien moyen (zone à *H. dentatus*, sous-zone inférieure à *H. dentatus-spathi*) ». Cependant d'après les foraminifères étudiés dans la même formation sur la feuille La Charité-sur-Loire, elle s'étagerait sur l'Albien terminal et le Cénomanién basal.

c1. Craie marneuse de la Puisaye (Crétacé supérieur : Cénomanién) : marnes, marnes crayeuses, craie, gaize (15 à 20 m). Les médiocres conditions d'affleurement de cet étage ne permettent pas d'en fournir une description précise. Au-dessus du niveau à *Opis* et en continuité apparente, se rencontrent 8 à 10 m de marnes d'abord gris sombre, mais qui s'éclaircissent rapidement en passant à des marnes crayeuses blanches. À ces dernières fait rapidement suite la masse principale de la craie.

On rencontre également des gaizes, roches siliceuses légères, non ou très peu calcaireuses, plus ou moins riches en spicules de spongiaires. Vu leur position proche de la surface du sol, on peut se demander s'il s'agit d'une formation intercalée dans la craie ou si elles représentent le produit d'une importante altération (décalkification) de la craie sous-jacente.

Âge. Sur la feuille La Charité-sur-Loire, les marnes grises puis les marnes crayeuses de la base ont été datées grâce aux foraminifères du Cénomanién inférieur. Les microfaunes de la craie, étudiées par C. Monciardini, fournissent des âges différents suivant les gisements. La plupart sont du Cénomanién inférieur. Cependant, les craies de la Pierre Aiguë au Nord de la feuille et celles de Blys sur la rive occidentale de la Loire sont du Cénomanién moyen à supérieur.

Tertiaire

Voir coupes géologiques sur la carte et en annexe et logs stratigraphiques synthétiques en annexes.

e5. Calcaire lacustre du Magny (Lutétien) (\pm 6 m). L'affleurement se limite à un petit lambeau situé en bas de versant, vers la cote 187 m, en bordure de la D 242, à l'Est du hameau «le Magny» au Nord-Est de

La Celle-sur-Loire. Il était déjà signalé sur la carte à 1/80 000 Clamecy, où la présence de *Planorbis pseudoammonius* var. *angigyra* avait permis de lui assigner un âge lutétien.

Il s'agit d'un calcaire dur, beige blanchâtre, plus ou moins granuleux à graveleux. Situé dans le compartiment le plus effondré de la rive droite de la Loire, sa position rappelle celle des marnes et calcaires lacustres localisés dans le fossé tectonique de la Nièvre (feuille La Charité-sur-Loire) dont un échantillon prélevé dans une ancienne carrière à l'Est du « Château Sauvage » a livré des charophytes dont l'association plaide également pour un âge lutétien (J. Riveline, Faculté des Sciences de la Terre, Paris VI).

Dans le sondage à la tarière effectué à 500 m au Nord du Magny, à l'Est de la D 162, le calcaire est plus ou moins argileux, pulvérulent, localement plus dur, avec au sommet quelques passées d'argile verte. Il atteint 6 m de puissance, soit 190 m comme cote de base. Subordonnées à ces calcaires on observe une argile jaune verdâtre sur 3,50 m, puis sur 4 m une argile rouge et jaune à granules siliceux et ferrugineux (Éocène remaniant du Crétacé et probablement du Jurassique : quartz et feldspaths plus ou moins roulés, silex plus ou moins émoussés, rares oolites limonitiques, traces de spicules) au toit des formations à silex du Crétacé.

e7. Calcaire lacustre de Gien (Priabonien : Ludien) : calcaire, marnes et argiles (quelques m à 15 m). Les calcaires sont blancs, roses, beiges, verdâtres ou grisâtres, parfois durs, le plus souvent assez tendres ou pulvérulents, ou bien compacts ou encore percés de vermiculations.

Généralement en masse, mais quelquefois stratifié (ancienne carrière à la sortie de Bannay sur la D 255), le calcaire est en bancs décimétriques, soit fin et homogène, soit avec des vermiculations vides et des hétérogénéités dans les bancs durs, avec dans les joints de l'argile brune. Au contraire, dans la tranchée de la déviation de la RN 7 à Cosne-sur-Loire, sur la rive gauche du Nohain, le calcaire est massif, sans stratification, mais avec des lentilles hétérogènes, le plus souvent sublithographique, parfois bréchiique ou marneux, sans horizons argileux, de teinte blanche à jaunâtre.

Au Nord-Ouest de la carte, dans la carrière située à l'Ouest de la ferme de l'Étang, on observe sur les 2 m inférieurs un calcaire beige blanchâtre, massif, dur, incorporant des silex de 15 à 20 cm qui correspondent probablement soit à une reprise de craie à silex toute proche en contact par faille, soit à des phénomènes de silicifications pédogénétiques antérieurs aux dépôts lacustres et qui seraient remaniés ici. Un lit plus friable de 15 cm sépare cet horizon à silex du niveau massif supérieur dépourvu de silex, où l'on distingue mieux le litage.

Localement des passées décimétriques à pluridécimétriques d'argile compacte ou de marne, verte, rouge, brune, jaune, kaki ou rose, peuvent s'intercaler dans la masse des calcaires.

L'épaisseur maximale des dépôts lacustres est de 10 à 15 m.

Les rapports géométriques avec les conglomérats meubles ne sont pas complètement clairs. Ces derniers apparaissent bien comme antérieurs aux dépôts lacustres. Ils sont nettement interrompus par le jeu des failles sub-méridiennes et reposent en discordance uniquement sur les assises mésozoïques. Le contact entre les deux formations ne semble pas pouvoir s'observer autrement que par l'intermédiaire d'une faille.

L'antériorité de l'un par rapport à l'autre pourrait laisser supposer que l'on puisse observer leur superposition (même si les conditions d'affleurement et de topographie sont très défavorables). Tout au plus quelques très rares indices ont été relevés ponctuellement à partir de sondages réalisés à la tarière. Quant aux passages latéraux qui avaient été évoqués par M. Gigout, aucun élément de terrain ne permet de les appréhender sur le territoire de la feuille. De plus, l'étroitesse relative de certains de ces grabens qui conservent les sédiments lacustres, ne peut permettre d'envisager une dynamique compatible avec ce type de schéma.

En revanche, il est remarquable d'observer la répartition des blocs silicifiés (perrons) qui jalonnent le tracé des failles encadrant les dépôts lacustres.

L'étude des résidus de lavage (C. Monciardini, BRGM) indique la présence de quartz roulés, de silex roux un peu émoussés, de silex blonds à cassure fraîche, de silex blanchâtres. Les indices de remaniement du Crétacé supérieur le plus souvent, du Crétacé inférieur (Albien), voire du Jurassique, ne sont pas rares (spicules de spongiaires, bryozoaires silicifiés, limonite, hématite).

Le cachet lacustre est assez fréquemment attesté par la présence de *Microcodium*, plus rarement par celle de débris de characées non déterminables. C. Monciardini, au vu de ses examens micropaléontologiques, émet l'hypothèse selon laquelle le Cénomani en place est infiltré et «digéré» par les *Microcodium*. De fait, la présence de *Microcodium* dans certains affleurements crayeux ne constitue pas un élément suffisant pour les considérer en tant que dépôts lacustres.

Les dépôts lacustres ou palustres se situent dans des fossés d'origine tectonique de direction principalement N-S ou NW-SE. Il semble bien que ce soit le jeu des failles sub-méridiennes en système distensif qui induise la sédimentation lacustre dans les zones effondrées. On remarque en effet que, dans les secteurs où seuls des dépôts carbonatés (jurassiques et/ou crétacés) encadrent le graben, la sédimentation lacustre est essentiellement calcaire. Dans le cas où la lithologie du substrat environnant varie (argiles et sables albiens par exemple), on enregistre alors une sédimentation plus contrastée intégrant des argiles plus ou moins sableuses, parfois très colorées (remaniement d'altérites éocènes ?) et des marnes.

Fossilifères en plusieurs points, dans la vallée du Nohain (Maison Rouge, Fontaine Morin, Montchevreau) les calcaires renferment *Planorbis goniobasis*, *Limnaea longiscata*, *L. pyramidalis* (Jodot, 1912). En rive gauche de la Loire, A. de Grossouvre (1995) signale qu'ils sont fossilifères à Bannay, avec les genres *Pisidium*, *Limnaea*, *Planorbis*, *Helix*, *Pupa*, *Pomatias*, qui n'ont pu être déterminés spécifiquement d'une manière satisfaisante (*in* Denizot, 1927, p. 172). Ils correspondraient à une partie des calcaires du Berry, au calcaire de Briare et de Champigny.

Re4. Formation du Poudingue de Gien (Nemours) (Yprésien ?) : formation résiduelle à galets de silex roulés, sables, argiles (0,3 à 4,5 m). Cette formation est représentée dans les champs par de gros galets siliceux bien roulés, avec une patine souvent bleu-noir marquée de guillochures en «cups d'ongles».

Concentrés par lessivage en surface et colluvionnant la moindre pente, ils laissent l'impression d'une formation assez puissante. Ils sont en réalité le plus souvent résiduels (quelques décimètres) mais empêchent toute identification du substrat. Toutefois, en coupe ou en forage, on observe qu'ils sont associés à des argiles et/ou à des sables plus ou moins argileux, fins à grossiers, beiges, jaunâtres, parfois rougeâtres. Ces sables contiennent des quartz, des feldspaths, des silex plus ou moins roulés, l'ensemble pouvant développer 3 à 4,50 m de puissance au maximum. En règle générale aucune stratification n'y est visible et ils sont mal triés. J. Tourenq a identifié la staurotite, le rutile et des zircons roses roulés, ces derniers étant caractéristiques du Cuisien du bassin de Paris. La kaolinite est le minéral argileux prédominant ?

Accompagnant les gros galets de silex, dont la taille peut atteindre 25 à 30 cm, on trouve généralement des galets avellanaires et/ou des dragées de quartz de 0,5 à 2 ou 3 cm, très probablement remaniés de l'Albien.

Ces dépôts fluviatiles sont connus dans plusieurs paléovallées de direction N-S le long de la bordure du Massif central (Donnadieu, 1976). En particulier, les formations à galets de silex de la paléo-Loire peuvent être suivies sur plus de 100 km vers le Nord, jusque dans la région de Nemours-Montereau. Répartis en cônes-glacis (de part et d'autre de la Loire actuelle) ils constituaient les apports latéraux qui à l'origine se rattachaient au cours Sud-Nord du fleuve, se poursuivant en direction de la Seine en passant par le poudingue de Nemours. Sur le territoire de la carte Cosne-sur-Loire, ils se superposent uniquement aux assises mésozoïques, en discordance.

Leur mise en place est très probablement antérieure aux dépôts des calcaires lacustres du fossé ligérien, pour la plupart d'âge ludien, plus exceptionnellement lutétien, même s'il n'a pas été possible ici d'observer leur subordination. Ils sont donc antérieurs à la tectonique Est-Ouest en extension de la fin de l'Eocène, laquelle a pu être induite par

une compression d'axe subméri dien attribuée à la « phase pyrénéenne ». Dans le fossé, les formations fluviales à galets ont subi, de la même manière que les dépôts lacustres, une phase d'érosion qui les a ramenés sensiblement au même niveau tabulaire, d'où l'existence de remaniements et la concentration en surface des gros galets.

Signalons qu'en rive droite de la Loire, au Nord du Nohain, l'absence de minéraux volcaniques dans leur contenu matriciel exclut tout remaniement d'âge pliocène supérieur ou plus récent.

A l'Est du fossé de la Loire, leur disposition en plateau et leur caractère facilement mobilisable sont à l'origine de leur grande répartition sur les versants. Il apparaît également très nettement que cette couverture - constituée à dominante de galets de silex crétacés - maintenant disséquée en lambeaux par le jeu de l'érosion quaternaire a grandement contribué à protéger son substrat. De fait, les dépôts mésozoïques, et notamment le Jurassique, dépourvus de cette carapace siliceuse protectrice sont décapés sur une centaine de mètres environ.

Enfin, ces formations à galets de silex sont localement silicifiées. Les silicifications jalonnent les failles ou épousent les zones de flexures. La représentation cartographique des « perrons » en blocs isolés est très démonstrative à cet égard. On observe qu'ils jalonnent les accidents qui encadrent les dépôts de calcaires, marnes et argiles lacustres dans le graben nord-sud situé à l'Est de la Loire. Ces accidents favorisant le drainage sont probablement à l'origine des phénomènes de circulation d'eaux alors chargées en silice et ont ainsi, sous l'effet de conditions climatiques particulières, permis aux mécanismes de ces silicifications de se mettre en place.

R. Simon-Coinçon et M. Thiry (1995) ont étudié ces silicifications près de Tracy-feuille La Charité-sur-Loire (voir plus loin les altérites éocènes). Il s'agit de blocs de silcrètes, formés à partir des argiles à silex *in situ* ou à partir des conglomérats à silex roulés, voire des sables ou des argiles qui leur sont parfois associés. Ils distinguent les silcrètes massifs, remarquables par le fait qu'ils préservent entièrement les structures des formations primaires, et les silcrètes pédogénétiques avec une silicification plus noduleuse avec de nombreuses structures spécifiques. Cet horizon à blocs alimente parfois des colluvions. Leur aspect en boules pourrait laisser à penser qu'il s'agit de blocs roulés. Ils sont en réalité soit résiduels, soit faiblement remaniés sur les pentes par simple gravité et peuvent dans ce cas venir recouvrir les dépôts lacustres situés en contrebas, notamment à proximité des failles.

Rc. Altérites issues des formations crétacées (Éocène) : argiles à silex (quelques m à ± 20 m). Formations argileuses à silex en place ou peu remaniées, se réduisant en de nombreux endroits à la présence à la surface des terrains crétacés et tithoniens de silex plus ou moins abondants et plus ou moins gros (5 à 20 cm de diamètre) qui sont alors notés CR.

Plusieurs témoins de dépôts crétacés entièrement décalcifiés par lessivage intense subsistent en couverture sur les terrains allant du Jurassique supérieur (Tithonien principalement) au Crétacé (Albien-Cénomaniens). Ayant préservé leur substrat de l'érosion, ils occupent généralement des points hauts et de ce fait, colluvionnent sur les pentes.

On les observe principalement au Nord et au Sud du Nohain, armant les buttes situées à l'Est de la faille de Saint-Père, aux environs de la cote 200, de même qu'à l'Ouest de la faille passant par les Breuillards, ainsi qu'à la Roche dans l'angle sud-ouest de la feuille.

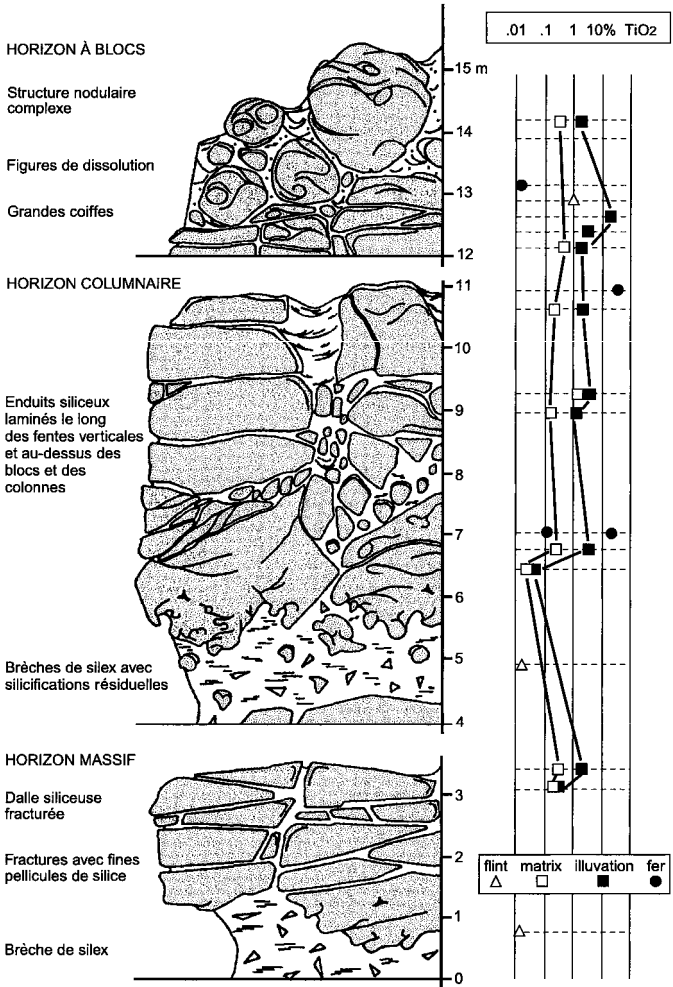
Les observations ponctuelles (fondations de maison, ou creusement de fossés) montrent que ces paléaltérations sont formées d'argiles blanches, brunes, verdâtres, saumon, parfois bariolées de rouge ou lie-de-vin, parfois un peu sableuses ou renfermant des lentilles de sables brun-rouge qui emballent des silex très irrégulièrement répartis dans la masse.

Les silex ont de 5 à 20 cm de diamètre. Ils sont profondément corrodés et ont un cortex friable blanc. À la cassure ils sont de couleur beige, brune, noire ou parfois rougeâtre.

Certains paléoprofils dépassent 20 m d'épaisseur. Des remaniements locaux peuvent exister. Ils sont principalement signalés par la présence de silex arrondis (galets) et cassés, mais il n'est pas possible cartographiquement de les distinguer de la formation d'altération *in situ*.

La présence d'éléments résiduels issus de l'altération des assises crétacées, tels les dragées de quartz attribuées à l'Albien, les silex qui proviennent de la craie, des fossiles silicifiés (éponges, bryozoaires, oursins, bivalves) montrent que la superposition des niveaux crétacés a été préservée dans certains paléoprofils de ces argiles à silex. Ces faits ont été confirmés par l'étude micropaléontologique réalisée par C. Monciardini dans des échantillons de la butte de Saint-Andelain (Nord de la feuille La Charité-sur-Loire). Ont été reconnus des hedbergelles dont de grosses globigérines, des hétérohélicidés, de rares gavelinelles, des arénobuliminidés, quelques valvulinidés, la présence probable de *Rotalipora* gr. *brotzeni-greenhornensis*. Régionalement les hedbergelles et les hétérohélicidés n'apparaissent qu'au Cénomaniens. La *Rotalipora* probable indique le Cénomaniens. Les grosses globigérines apparaissent au Cénomaniens moyen, deviennent fréquentes au Cénomaniens supérieur, très abondantes au Turonien inférieur et sont encore bien représentées au Turonien moyen.

Des silicifications affectent la couverture d'altérites ainsi que les dépôts sédimentaires tertiaires des fossés. Des carapaces silicifiées de 2 à 4 m d'épaisseur (environs de la Roche dans l'angle sud-ouest de la feuille et à proximité du château d'eau de la Mouillière au Nord), parfois disloquées et réduites à de gros blocs dispersés appelés « perrons »,



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

Fig. 2 - Coupe schématique du profil des brèches de silex silicifiées de Tracy
(carrière des Roches et butte des Froids)

jalonnent principalement le tracé des accidents sub-méridiens. Ces silicifications se sont développées au détriment des argiles à silex *in situ* (brèches), ainsi qu'à partir des formations remaniées (poudingues, conglomérats).

Selon R. Simon-Coinçon et M. Thiry (1995), elles présentent généralement une structure colonnaire typique et des structures pédogénétiques. À leur partie supérieure ces silicifications montrent les caractères des silcrètes pédogénétiques, avec des structures verticales, des coiffes et des illuviations. En profondeur, elles sont massives, préservant les structures sédimentaires primaires (fig. 2).

Dans le secteur de Tracy (feuille La Charité-sur-Loire)-la Roche (angle sud-ouest de la feuille Cosne-sur-Loire), la partie supérieure du profil est formée de blocs arrondis de silcrètes, de 0,50 à 2m de diamètre. Des blocs similaires ont été retrouvés à plusieurs endroits en surface dans le fossé de Cosne-Cours, mêlés aux conglomérats tertiaires et aux alluvions plio-quaternaires. Leur morphologie aurait pu laisser supposer qu'elle était le fait d'un transport. En réalité, ces blocs arrondis sont descendus par gravité et ne constituent que les témoins des paléoprofils avec altération en «boules», démantelés par l'érosion et/ou le rejeu des failles de bordure.

Au sein des profils silicifiés, le fer et le titane sont les seuls éléments aux teneurs importantes en dehors de la silice.

Durant la première moitié du siècle, les dalles épaisses et massives ont été activement exploitées pour l'empierrement des routes.

Rj. Altérites issues de formations jurassiques (Oligo-Miocène?): argiles à silexites (quelques m à plusieurs dam). Ces formations sont connues dans la littérature ancienne sous le nom de Argiles à chailles. Elles forment le substratum superficiel des plateaux essentiellement boisés présents dans l'angle sud-est de la feuille et colluvionnent sur les versants des vallées et vallons qui les entaillent. La quasi-absence d'affleurement (essentiellement les fossés récemment nettoyés) rend leur observation délicate.

Il s'agit d'argiles, plus ou moins sableuses, de teinte ocre, brun rougeâtre ou rougeâtre, emballant en proportion variable des galets ou blocs très siliceux qui localement abondent à la surface du sol. Ceux-ci sont plats ou massifs et fréquemment anguleux. Leur taille varie de quelques centimètres à 15 ou 20 cm.

Ces éléments grossiers sont issus de la décarbonatation-silicification des calcaires jurassiques, avec conservation des structures et notamment des fossiles : lamellibranches (surtout pectinidés parfois nombreux dans certains blocs), brachiopodes, gastéropodes, ammonites (reineckéidés). Les fossiles rencontrés sont essentiellement d'âge callovien. Ils prouvent que les phénomènes de décarbonatation-silicification

ont atteint préférentiellement les calcaires calloviens, mais ceux de la base de l'Oxfordien peuvent, à un degré moindre, être touchés (brachiopodes faiblement silicifiés et présentant des orbicules de silice à la surface des coquilles). Dans les deux cas les calcaires initiaux sont des pelmicrosparites à petits pelloïdes (moins de 40 μm). Dans de très rares affleurements le contact entre ces altérites et le substrat a pu être observé. On constate alors que les calcaires de ce substrat en place sont également silicifiés sur une épaisseur de 1 à 2 m, mais que cette silicification diminue assez rapidement vers le bas. Notons enfin que les calcaires calloviens renferment des chailles qui sont reprises avec les blocs de silexites.

D'après G. Lucotte (1978), dans la matrice argilo-silto-sableuse (la fraction argilo-silteuse représentant 80 à 90 % de la masse), la fraction argileuse est constituée à 90 % par de la kaolinite, le reste se répartissant entre l'illite et la montmorillonite. La fraction sableuse comporte du quartz associé à de la muscovite et à des minéraux lourds (zircon, rutile, anatase, tourmaline, disthène, sillimanite, staurotide, andalousite). Ce cortège minéralogique correspond à un héritage de matériel albien. Ceci est confirmé par la présence locale en bordure sud de la haute vallée du Nohain (les Marizeaux, Fourbas, la Tuilerie) de dragées de quartz. Cet ensemble est noté Rj-c.

L'épaisseur de ces formations est difficile à appréhender. Des sondages à la pelle mécanique réalisés par le BRGM et étudiés par G. Lucotte (1978) sur la feuille La Charité-sur-Loire n'ont pas atteint le substratum. Une prospection électrique dans la forêt domaniale des Bertranges (feuille La Charité-sur-Loire) semble indiquer une puissance déca- à pluridécamétrique. C'est sans doute cette puissance maximale qu'il faut envisager pour les secteurs où ces formations sont pratiquement *in situ* (plateaux d'altitude supérieure à 250 m du Sud et du Sud-Est de Donzy). Elle est vraisemblablement un peu moins forte (moins de 10 m) au niveau des forêts de l'Est de Donzy.

Ces formations colluvionnent le long des pentes, mais il est impossible de séparer les altérites *in situ* des altérites colluvionnées épaisses. Leur épaisseur diminue progressivement le long des versants de la vallée de la Talvanne et des vallons affluents et devient pelliculaire vers le bas où apparaissent les terrains jurassiques du substratum. Il en est de même entre Donzy et Couloutre, en rive gauche du Nohain. Ces colluvions pelliculaires laissant voir les terrains du substratum sont notées Cj. Du fait des remaniements, la composition des colluvions se modifie avec une diminution de la taille des cailloutis et localement une diminution de leur pourcentage. Ces cailloutis sont alors plus arrondis et possèdent une patine marron sombre.

Le processus exact de la formation de ces argiles à silexites reste à étudier, mais la quasi-absence de coupes rend le problème difficile à résoudre. On peut seulement constater que ces formations se retrouvent aujourd'hui sur des plateaux ou des croupes qui semblent dessiner une ancienne surface mollement ondulée et disséquée par une érosion

ultérieure. Une pareille disposition semblerait indiquer un processus d'altération superficielle, sans doute climatique.

Quels arguments retenir pour essayer de déterminer les périodes d'élaboration et de mise en place de ces formations ? En premier lieu, on constate que le phénomène de décarbonatation-silicification affecte essentiellement les calcaires à grain fin du Callovien et de la base de la série oxfordienne. Il fallait donc que ces terrains soient arrivés à l'affleurement par jeu de failles et décapage. En second lieu, on remarque que les failles affectant les terrains jurassiques sont masquées par les argiles à silexites. Enfin, on constate que le système fluvial actuel les laisse en altitude ce qui permet leur colluvionnement le long des versants ou des pentes faibles. En fonction de ces données, on peut penser que si l'altération des séries sédimentaires a débuté dès l'émergence de la fin du Crétacé et s'est poursuivie au cours de l'Éocène, les phénomènes de décarbonatation-silicification sont postérieurs à la tectonique et à la planation des reliefs qui a suivi, mais antérieurs au creusement des vallées actuelles, donc sans doute d'âge fini-oligocène à miocène. Les colluvionnements et remaniements seraient dans cette hypothèse encore plus récents, donc pliocènes à quaternaires.

p2-3. Formation des «Sables et Argiles du Bourbonnais». (Pliocène supérieur). C'est un ensemble de dépôts fluviaux et fluvio-lacustres constitué de sables à graviers et galets, sables argileux et argiles, en place ou peu remaniés.

Sur la présente carte *il a été distingué trois unités cartographiques* caractérisées par leur dominante argileuse ou sableuse, la présence ou non de galets. Compte tenu de leur aspect et surtout de leur contenu minéralogique (minéraux volcaniques caractéristiques du Pliocène supérieur bien connu en amont) nous avons considéré qu'ils constituaient le prolongement des « Sables et Argiles du Bourbonnais ».

Des témoins de ces dépôts, partiellement épargnés par l'érosion quaternaire, subsistent dans ce qui constitue le plateau de l'interfluve Loire-Nohain. Le plus complet constitue une butte témoin à l'Ouest de Fontaine Morin et de Maison Rouge. Le plus méridional se situe au carrefour de la RN 7 et de la D 4 au lieu-dit Plaine Souris.

P2-3S. Sables fins à grossiers quartzo-feldspathiques plus ou moins argileux à cordons de galets (± 5 m). Ils constituent le terme inférieur à dominante de matériel grossier de la première séquence de dépôts des «Sables et Argiles du Bourbonnais». On les observe de part et d'autre de la Loire, dans le fossé proprement dit, principalement au Sud de Cosne en rive droite, et au Nord de Bannay en rive gauche. Ils se développent sur de grandes surfaces relativement planes (probablement d'érosion).

L'absence de blocs glaciels (brèches, poudingues ou conglomérats silicifiés) à la surface de ces sables à galets, alors qu'ils sont fréquents

sur les nappes Fw et Fv, nous laisse à penser que le climat contemporain de leur mise en place était beaucoup plus tempéré et donc compatible avec un âge pliocène.

La matrice sableuse, quartzo-feldspathique est plus ou moins argileuse, jaunâtre à beige ou gris verdâtre, micacée. Les figures sédimentaires entrecroisées sont fréquentes, tandis que les galets se déposent le plus souvent en cordons.

Les petits galets de 1 à 2 cm sont constitués de quartz blanc laiteux, rouge ou orangé, à éclat gras. Les gros galets de silex, de plus en plus représentés vers la base, pour la plupart hérités du conglomérat éocène, ont des tailles variant de 5 à 20 cm et n'ont subi qu'un faible transport. Ils peuvent être profondément corrodés (cariés) et avoir un cortex friable blanc, présenter des surfaces mates et/ou luisantes, avec ou sans traces en coups d'ongle. A la cassure ils sont gris, jaunes ou rouges. A l'extrême base de la formation, des éléments de conglomérats silicifiés s'incorporent sous forme de blocs émoussés aux sables à galets.

La puissance de la formation sableuse ou argilo-sableuse à galets relevée en sondage est de 5,50 m au Bois Rabot (464-5-32), où elle est surmontée par 5 m d'argile à tendance évolutive au limon en surface. Au Sud-Est de Boulleret elle est de 5 m auxquels se superposent 4,50 m d'argile silteuse à granules ferrugineux évoluant vers un limon très argileux en surface.

p2-3A. Argiles, silts argileux plus ou moins micacés, à pisolites ferrugineux (3 à 5 m). Dans l'interfluve Loire-Nohain, à l'Ouest de Maison Rouge et Fontaine Morin, il a été possible de distinguer un terme supérieur à dominante argileuse surmontant les sables argileux à galets de base. Il est caractérisé par une argile jaunâtre ou jaune rougâtre à gris verdâtre, pouvant inclure des silts ou des passées micacées (mica blanc) et des niveaux à granules ferrugineux millimétriques à centimétriques très certainement remaniés des argiles à minerais de fer pisolitique éocènes.

En rive gauche, le terme équivalent est caractérisé par 3 à 5 m d'argile jaunâtre sableuse à la base, puis silteuse à granules ferrugineux, passant progressivement vers le sommet à un limon compact, très argileux, marbré jaunâtre à gris-beige (traces de racines), visible en surface.

P2-3G. Sables grossiers quartzo-feldspathiques plus ou moins argileux à galets (1 à 2 m). Au niveau de la butte-témoin située entre Loire et Nohain, on observe que la séquence sédimentaire décrite précédemment est coiffée par une formation résiduelle d'environ 1 m d'épaisseur maximum.

Cette formation sableuse quartzo-feldspathique à galets de quartz bien roulés de 1 à 2 cm et galets de silex cariés de 10 à 15 cm, repris des conglomérats éocènes, se mêle au limon (sol) superficiel.

Altimétriquement, le niveau de Plaine Souris, dont l'épaisseur atteint 2 m et qui repose sur les Argiles de Myennes, pourrait constituer son équivalent stratigraphique. La présence de minéraux volcaniques au sein de ces niveaux, tels les quartz de ponce, les zircons et sphènes volcaniques, ainsi que la magnétite, semblent autoriser leur rattachement aux « Sables et Argiles du Bourbonnais ».

En surface, sur les terrains mésozoïques, il est parfois malaisé de distinguer l'Éocène conglomératique du Pliocène qui le remanie. En coupe, on observe que les teintes vives liées à la rubéfaction de l'Éocène sont diluées dans le Pliocène. Le cailloutis éocène est presque toujours résiduel (quelques décimètres) ou ne développe que peu de puissance (exceptionnellement plusieurs mètres). Les galets sont majoritairement plus gros et plus denses. Il y a donc peu de matrice, laquelle est sableuse, argileuse ou argilo-sableuse, à l'inverse du Pliocène où elle est quartzo-feldspathique (faciès gros sel).

L'absence de minéraux volcaniques dans le contenu matriciel des formations à galets éocènes permet de lever les incertitudes. En effet, les dépôts d'âge pliocène supérieur issus des provinces limagnaise et bourbonnaise sont caractérisés par la présence de minéraux volcaniques : zircons volcaniques, sphènes, hornblendes, magnétites, augites rares, quartz de ponce et feldspaths « magmatiques », ces minéraux étant fournis pour leur plus grande part par le démantèlement des ponces et cinérites du massif du Mont Dore (Tourenq, 1989, p. 271). Leur mode de mise en place est en majeure partie fluviale, mais aussi éolien, notamment pour les zircons.

L'association de ces différents marqueurs a été retrouvée :

- *en rive droite de la Loire*, dans les échantillons des sondages de Plaine Souris à 189 m (quartz de ponce, zircons volcaniques, magnétite volcanique, sphènes), à l'Ouest de Bohême au Bois Chaud à 183 et 181 m (zircons volcaniques), au Nord-Ouest de Maison Rouge dans le Bois Rabot à 179 m (quartz de ponce, zircons volcaniques), en bordure de la D 118 au Sud-Ouest de la Breauche à 176 m (quartz de ponce, augites vertes, zircons volcaniques, hornblendes vertes et brunes), à la ferme du Bois Rabot à 173 m (quartz de ponce, augites, zircons volcaniques, hornblendes vertes et gros sphènes), dans les sablières de la Grande Vallée au Nord de l'aérodrome de Cosne à 173 m (zircons volcaniques, magnétite volcanique, sphènes) ;
- *en rive gauche de la Loire*, à 168 m entre Bussy et la Brosse (quartz de ponce, augites, zircons volcaniques, beaux sphènes, hornblendes brunes aciculaires), au Nord-Ouest de Monte Conor à 166 m (quartz de ponce, gros sphènes abondants, hornblendes), en bordure de la D 13 au Sud-Est de les Bouloises à 169 m (zircons volcaniques, quartz de ponce, augites, magnétite volcanique, sphènes abondants).

De part et d'autre du cours de la Loire actuelle, pas à plus de 2 km à l'Est et principalement à l'Ouest, un « chenal à sphène », déjà bien caractérisé en amont, s'inscrit dans la zone d'épandage plus vaste des

sables d'âge pliocène supérieur. Sa direction semble SSE-NNW, parallèle à celle du bassin lacustre éocène situé en rive gauche du Nohain, lequel adopte cette même direction dans ce tronçon de vallée.

La présence de hornblende verte et brune, associée à un peu d'augite et à de rares zircons volcaniques dans les cailloutis du Bois Cougnot au Nord-Ouest de Saint-Laurent, indique que la paléo-Loire a divagué assez loin vers l'Est en direction du Nohain (ancienne confluence ?) entre les petites collines de Jurassique et/ou de Crétacé qui, armées par leur couverture siliceuse, ont été épargnées par l'érosion.

Il semble qu'un barrage, constitué par les puissantes argiles à silex et nombreux horizons silicifiés très certainement générés par la faille de Sancerre ou ses satellites, à la gare de Tracy (feuille La Charité) et au lieu-dit la Roche (angle sud-ouest de la feuille Cosne), soit à l'origine de cette déviation vers l'Est du cours ligérien pliocène. Au Pléistocène probable (Fw), la Loire parviendra à franchir entre Saint-Satur (feuille Sancerre) et Tracy ce seuil rocheux en cluse érodant partiellement les dépôts antérieurs. Enfin, au Quaternaire elle encaissera progressivement son cours parallèlement à l'actuel suivant un système de terrasses étagées bien visibles sur cette carte au Sud de Cosne. Dans les sables du Pliocène supérieur de la rive gauche incomplètement représentés sur cette feuille, les pentes latérales sont fortes (hors carte) et le cours du fleuve actuel à l'aval de Cosne semble parallèle à l'axe du chenal pliocène supérieur.

Quaternaire

Formations alluviales

Fv. Alluvions anciennes de la Loire et du Nohain, niveau de 20-25 m (Pléistocène inférieur ? à moyen probable) : limons, sables fins à grossiers, galets, blocs (± 6 m).

• *Alluvions anciennes de la Loire*

Elles sont généralement constituées de limons en surface, lesquels surmontent des sables fins à grossiers, quartzo-feldspathiques, à galets de quartz de 2 à 3 cm et de silex pouvant atteindre 30 cm. Les silex, blanchis à leur périphérie, jaunes à la cassure, sont souvent cariés et peuvent présenter des surfaces luisantes. Ils remanient incontestablement les éléments du cailloutis pliocène, eux-mêmes hérités pour une grande part des dépôts éocènes.

Les figures sédimentaires observées ponctuellement sont caractéristiques des dépôts fluviaux.

À Plantenoix, au cortège des minéraux volcaniques typiques des formations pliocènes, s'ajoute de l'augite dans une forte proportion.

Le remblaiement alluvial peut atteindre 6 m de puissance.

- **Alluvions anciennes du Nohain**

Elles sont représentées par des argiles sableuses emballant des éléments rouge brique de taille millimétrique, des galets de quartz bien roulés de 1 à 3 cm, des galets de silexites, roulés et aplatis, de 6 à 7 cm, provenant des collines en amont de Donzy, et quelques silex pouvant atteindre 10 cm.

Les minéraux tels l'augite, la hornblende verte et brune, le grenat ont été identifiés ainsi que les quartz de ponce et les zircons volcaniques.

Leur épaisseur peut atteindre plusieurs mètres.

Fw. Alluvions anciennes de la Loire et du Nohain, niveau de 10 - 15 m (Pléistocène moyen probable) : limons, sables, graviers, galets, blocs (± 3 m).

- **Vallée de la Loire - Sables fins à grossiers et galets, blocs glaciels**

Le témoin principal se situe en rive droite. Il supporte la D 243 depuis les Courlus jusqu'à Port Aubry. Des lambeaux ont été identifiés en rive gauche et aux Poules Chiens (Sud de Myennes).

Ces alluvions sont représentées par des sables fins à grossiers, plus ou moins argileux, quartzo-feldspathiques, gris verdâtre à rougeâtres, à galets de quartz de 3 à 4 cm et de silex abondants de 5 à 7 cm en moyenne mais pouvant atteindre 30 cm.

Leur épaisseur est d'environ 3 m.

- **Vallée du Nohain - Limons, cailloutis à silexites, galets**

Notamment en rive gauche, subsistent quelques lambeaux de terrasse dont le toit domine la plaine d'une dizaine de mètres. Localement, un limon brun rougeâtre de 0,50 à 0,80 m surmonte 0,80 m à 1 m de cailloutis dense constitué d'éléments de silexite et calcaire jurassique silicifié en galets plats, émoussés, de 5 à 15 cm plus rarement 20, de galets de grès auxquels s'associent des petits galets de quartz bien roulés assez rares. Un niveau d'argile (0,35 m) brun rougeâtre, parfois sableuse (sable fin), très compact, s'intercale (altération sous couverture) entre le substrat calcaire et le cailloutis alluvial. Ce dernier peut sur les 20 à 30 cm inférieurs montrer un enduit noir ferromangannique (Saint-Quentin-sur-Nohain).

- **Blocs de conglomérats de silex (perrons) transportés par glace flottante**

Des blocs de conglomérats de silex (perrons) atteignant 1/2 m³ sont disséminés à la surface des nappes Fv et Fw sur la rive droite de la

Loire, à l'amont de Cosne. Leur mise en place, qui ne peut pas être totalement anthropique, ne peut se concevoir que par l'intermédiaire de radeaux de glace (blocs glaciels). Cette hypothèse est bien étayée par le fait que ces deux niveaux de nappes alluviales peuvent effectivement dans le calendrier des épisodes climatiques du Pléistocène correspondre à des périodes froides.

Ces blocs ont pu être empruntés au secteur proche de la Roche-Tracy qui en recèle d'importantes quantités.

Fy-z. Alluvions de la Loire, du Nohain et de leurs affluents (Weichsélien, Holocène, Actuel) : argiles, limons, tourbes, sables, graviers, galets, blocs (quelques m à 12 m). La basse plaine alluviale de la Loire et du Nohain, affluent de la rive droite, a été creusée au Würm (Weichsélien). Les alluvions grossières - Fy - de cette époque sont conservées sous la couche superficielle holocène et actuelle - Fz - (limons de débordement, sables fins de crues).

- ***Vallée de la Loire***

Large de 1 à 2 km à l'amont de la confluence avec le Nohain, la basse plaine de la Loire s'élargit à 4 km à l'aval de celle-ci. On doit imputer ces faits plus à la nature différente des terrains traversés dans les tronçons de vallée correspondants et peut être au réseau de failles qui orientent la vallée, qu'à l'énergie supplémentaire induite par l'arrivée du Nohain.

En surface les alluvions sont sablo-caillouteuses et essentiellement siliceuses. Le toit de cette nappe alluviale s'abaisse de 146 m au Sud à 136 m au Nord, soit une pente de 0,05%.

En profondeur ces alluvions comportent beaucoup de galets, les plus gros sont en calcaire, silex et Jurassique silicifié. Les plus petits sont représentés par du quartz et des roches cristallines. Le sable est quartzo-feldspathique avec des granules magnétiques de basalte.

Les sondages indiquent une épaisseur totale des alluvions allant jusqu'à 12m.

- ***Vallée du Nohain et ruisseaux***

Le Nohain avec ses principaux affluents pérennes (ruisseau de Crezan-Foutbout, Talvanne, ruisseau des Rabions) ou très temporaires (haute vallée du Crezan venant d'Alligny-Cosne, haute vallée du ruisseau des Rabions descendant de la région de Feuillot-Ravière-Villesaige, ruisseau de Ciez) assure le drainage de la partie sud-orientale de la feuille. Sa vallée développe de nombreux méandres encaissés dans le Jurassique calcaire. Le cours actuel est sous-dimensionné par rapport à la taille de la vallée, ce qui laisse à penser que creusement et remplissage principaux ne sont pas strictement actuels, mais peuvent

remonter au Pléistocène supérieur. On note la présence fréquente de zones marécageuses dans certains méandres.

Les alluvions Fy-z sont rarement observables faute de coupes. Elles comportent des alternances de niveaux sablo-graveleux et caillouteux avec des passées plus fines argileuses. On y retrouve les différents types de silexites affleurant dans son bassin versant de rive gauche et en moindre part les calcaires de rive droite. En surface, les horizons tourbeux sont très fréquents dans la vallée du Nohain.

Leur épaisseur moyenne est de 4 à 5 m, mais elle est peut-être plus importante par endroits (une dizaine de mètres semblent avoir été traversés au sondage de Donzy (464-7-8).

Pour les ruisseaux, les alluvions récentes déterminent également des portions de vallée à fond plat. Elles sont plutôt fines. Il s'agit d'un limon dont les particules (sable à argile) sont colmatées par de la matière organique, limon qui emballé des graviers et cailloux, anguleux sur les bords de la vallée, usés au centre. On y trouve, comme dans les alluvions du Nohain, des coquilles d'unios et de gastéropodes.

Formations colluviales

C-F. Colluvions de fond de vallons et/ou alluvions indifférenciées (quelques m). Elles tapissent le fond de vallons et vallées, secs la majeure partie de l'année (un écoulement peut certaines années s'y produire durant quelques jours). La matrice argilo-limoneuse dominante emballé des cailloux, dont la taille dépasse rarement le décimètre, exceptionnellement des petits blocs. La nature de ces matériaux grossiers varie beaucoup suivant les points car empruntés aux roches des versants proches. À signaler toutefois, dans les têtes des vallons descendant vers le Sud à partir du pied de la cuesta tithonienne, la présence de cailloux ou blocs de grès ferrugineux (vraisemblablement résidus de l'Albien) et quelquefois de silex crétacés.

La mise en place de ces matériaux se fait par glissement et lessivage le long des pentes, puis transport longitudinal dans l'axe des thalwegs principalement par les fortes pluies.

L'épaisseur de ces colluvions est le plus souvent faible et atteint au mieux quelques mètres.

Cj. Colluvions de versant et bas de pente alimentées par les altérites jurassiques, laissant apparaître le substrat. Ces colluvions sont traitées page 41 dans le paragraphe concernant les altérites issus de formations jurassiques (Rj).

CR. Résidus et colluvions alimentés par les formations à galets de silex roulés et/ou par les formations à silex du Crétacé, laissant apparaître le substrat. Ces colluvions sont traitées page 38

dans le paragraphe concernant les altérites issues de formations crétacées (Rc).

OE. Limon des plateaux plus ou moins riche en cailloux (1 m environ). Présents à la surface des plateaux à substratum de Jurassique supérieur, ces limons comportent une phase fine dominante, argilo-silteuse ou argilo-silto-sableuse qui englobe des cailloux centimétriques, rarement décimétriques, généralement très peu abondants. Les cailloux sont essentiellement de nature calcaire en provenance des roches du substratum, mais de très petits galets de quartz peuvent parfois se rencontrer. Les granules et concrétions ferrugineux sont fréquents. La matrice fine représente vraisemblablement les restes de la décalcification des calcaires jurassiques, mais aussi les résidus de l'altération des formations albiennes.

La mise en place de ce dépôt est sans doute en partie d'origine éolienne, ainsi que l'atteste la forme des grains de quartz. Leur présence uniquement sur les sommets des interfluves prouve leur antériorité par rapport au creusement des vallées et vallons éléments de la morphologie actuelle.

Leur épaisseur ne semble guère dépasser 1 m.

D. Sables fins siliceux à dominante éolienne (1 à 2 m). Constituant un petit lambeau situé dans l'angle sud-ouest de la carte, au lieu-dit les Coques, ces sables fins se sont déposés en rive droite de la Loire, sous le vent au NNW de la butte de Tracy-la Roche. Le vent, mais aussi le ruissellement, ont dû concourir à leur accumulation locale, sur une épaisseur qui ne semble pas excéder 1,50 à 2 m.

Ces sables fins ont un contenu minéralogique très volcanique avec une prépondérance de l'augite. Ils occupent une position altimétrique relativement élevée. Comme cela a déjà été observé plus au Sud, ils sont localisés sur la rive droite du fleuve et appartiennent à une zone de confluence où les phénomènes de seuil rocheux constituant un barrage aux eaux venues du Sud ont pu jouer : sables de la Cité en amont du Bec d'Allier (confluence Loire-Ailier), sables dits du Mont Givre plus connus (confluence Loire-Aubois), sables de Saint-Aubin-sur-Loire à l'aval de Diou (confluence Besbre-Loire).

Même si leur situation particulière semble plaider pour une redistribution éolienne locale, qui pourrait être récente, leur contenu minéralogique laisse à penser qu'ils ont été antérieurement mis en place par voie d'eau et ce, probablement au Quaternaire ancien.

SG. Éboulis ordonnés cryoclastiques («grèzes »). Un seul affleurement a été repéré sur la carte au Nord-Est de Ciez dans le Bois Giraud. Il occupe le flanc à regard est d'un vallon sec et est entaillé par une «sablère». Ces éboulis sont constitués par des cailloutis calcaires

de taille millimétrique à centimétrique, réunis par une matrice argileuse. Dans la masse les différences de granulométrie dessinent de minces couches inclinées en direction du thalweg. Localement une faible induration est réalisée par un ciment plus ou moins pulvérulent de calcite blanchâtre. Ce type de dépôt s'est réalisé par des apports successifs de cailloutis cryoclastiques et de limons de plateaux sous l'action de la gravité et du ruissellement pendant les périodes de dégel lors des phases climatiques froides, périglaciaires du Quaternaire.

X. **Remblais.** Seuls deux petits témoins ont été cartographiés au Nord de Cosne. D'autres dépôts anthropiques liés à la réalisation de grands travaux, tels ceux de la déviation de Cosne-sur-Loire et ceux qui constituent le soubassement du centre des villes n'ont pas été représentés.

TECTONIQUE

CONTEXTE RÉGIONAL

La feuille Cosne-sur-Loire se situe à proximité de structures majeures du socle du bassin de Paris. Ces structures ont une histoire qui remonte probablement à plus de 570 Ma. Il s'agit de la faille de Sancerre pour l'essentiel et de la faille de Saint-Saulge dans une moindre mesure.

La faille de Sancerre et son prolongement dans le Massif central, le Sillon houiller, fait partie d'un système de failles transcurrentes qui a contribué à l'ouverture d'un rift, il y a probablement 360 Ma (Dévonien). Cet événement est probablement à l'origine de la célèbre anomalie magnétique du bassin de Paris (Autran et al., 1976, 1986). Bien que repris dans la constitution de la chaîne hercynienne, ces accidents ont constitué, tout au long de l'histoire géologique de cette partie du bassin, une zone de mobilité permanente, quelle que soit l'époque et jusque dans des temps récents, il y a 20 à 30 Ma. Ces derniers événements oligocènes sont responsables de la constitution des grands fossés tectoniques (grabens) tels que les fossés d'Alsace, de la Bresse ou de la Limagne, et sur la feuille Cosne-sur-Loire du fossé de la Loire (Debrand-Passard et al., 1992).

PRINCIPALES DIRECTIONS TECTONIQUES

Deux familles de fractures ont été repérées sur la feuille Cosne-sur-Loire.

• **Failles de direction N5 à 10°E**

Ces failles sont bien connues dans le Sud et le Sud-Est du bassin de Paris (Debéglia et Debrand-Passard, 1980 ; Debrand-Passard et Gros, 1980 ; Debrand-Passard et al., 1989, 1992 ; Lorenz et al., 1985 ; Menot et al., 1997). Beaucoup plus nombreuses que ne le laissent supposer les travaux antérieurs, elles ont souvent un rejet peu important et limitent

d'étroits compartiments. Elles sont parfois difficiles à mettre en évidence au sein, soit des épaisses séries calcaires à faciès homogène du Jurassique supérieur, soit des formations argileuses ou argilo-sableuses (Kimméridgien ou Albien). De plus, elles sont souvent plus ou moins masquées par les fréquentes formations superficielles qui recouvrent de nombreux secteurs de la feuille.

Toutes ces failles présentent un compartiment occidental effondré par rapport à l'oriental. En conséquence, les terrains sont de plus en plus effondrés, donc de plus en plus jeunes en allant de l'Est vers l'Ouest.

La faille, parfois pourvue de satellites, qui se poursuit de Moussard au Sud vers la Motte au Nord en passant par Saint-Père, Cours, Vieux-Champs, a un rejet plus important que les autres (le plus souvent voisin de 70 à 80m, mais pouvant être d'environ 100m immédiatement au Nord de Vieux-Champs et 120 m à proximité de Villegeai). Elle peut être considérée comme la faille bordière orientale du fossé tectonique de la Loire. Le long de sa lèvre occidentale ont existé un certain nombre de petits fossés tectoniques qui ont gardé la sédimentation lacustre éocène. L'existence de ce système de faille et son rôle de « symétrique du système de failles du Sancerrois » ont été décrits dès 1913 par P. Jodot et P. Lemoine.

• **Failles de direction SSE-NNW**

Mis en évidence pour la première fois sur la feuille La Charité-sur-Loire, ce type d'accident est aussi présent sur la feuille Cosne-sur-Loire. Suivant les tronçons leur direction varie de N140°E à N160°E. Pour les quatre premiers accidents cités ci-dessous, le compartiment nord-oriental est soulevé par rapport au compartiment sud-occidental. En revanche, les deux derniers fonctionnent en sens inverse. Tous présentent en outre un jeu décrochant senestre et semblent interrompre ou décaler les failles subméridiennes de la première famille. Six cassures de ce type ont été repérées sur la feuille, mais il est possible que d'autres existent si l'on en juge par certains alignements du réseau hydrographique. Ce sont du Sud-Ouest vers le Nord-Est :

-faille du Sud de Cosne-sur-Loire qui disparaît assez vite en direction du SSE sous les formations pliocènes, mais que l'on retrouve peut-être au niveau de Moussard où elle semble décrocher la faille bordière du fossé de la Loire. Sur la rive gauche de la Loire, elle est peut-être responsable de l'important élargissement de la vallée au Nord des Fouchards ;

-faille de la basse vallée du Nohain, visible seulement au Nord de Saint-Laurent mais qui doit exister sous la vallée du Nohain entre Saint-Martin-sur-Nohain et Cosne-sur-Loire, car il est impossible de raccorder correctement les affleurements situés au même niveau de part et d'autre de la vallée ;

- *faille Château-des-Granges-Brétignelles-Villeprevoir-Cours-Nord de Myennes*, qui dans sa partie sud-est se dédouble sur un court tronçon au niveau duquel existe une étroite lanière sureffondrée par rapport aux deux compartiments principaux qui l'encadrent (faille partiellement étudiée par Robin, 1984) ;

-*faille les Cabets-le Manoir-Meung-Saint-Loup-les Frossards* ;

-*faille Couloutre-Ciez-Bitry-les Ligers* ;

-*faille Nérondes-Villesaugé-la Valotte-les Godards*.

Bien que non repérées sur les feuilles voisines Clamecy ou Nevers, les failles de direction N140°E à N160°E semblent une des caractéristiques de la bordure occidentale du bloc tectonique bourguignon.

La disposition particulière de ces deux familles d'accidents (N-S et NW-SE) est typique de zones de transfert dans un contexte de déformations transcurentes. Un dispositif symétrique caractérise les failles qui structurent le seuil de Bourgogne, à l'Est du Morvan (Rémond et *al*, 1992), connu également sous le nom de zone de transfert Rhin-Rhône (Bergerat, 1977 ; Bergerat et *al*, 1990). Sur la carte commentée, les failles de transfert sont orientées NW-SE et délimitent des blocs lacérés par des failles normales, orientées N-S, qui permettent d'accommoder la déformation par une série de petits effondrements à regard ouest vers le fossé principal, le fossé de la Loire.

Dans ce système, failles transcurentes et failles normales sont contemporaines. Elles répondent à une sollicitation tectonique qui pourrait être ici compressive N-S ou distensive E-W, deux événements bien connus, qui ont affecté une grande partie de la plate-forme ouest-européenne et qui correspondraient à l'édification de la chaîne pyrénéenne et des rifts oligocènes (Bergerat, 1984 ; Bergerat, 1987 ; Blès et *al*, 1989).

Mais toutes les failles cartographiées sur la feuille Cosne-sur-Loire ne sont pas toutes issues de la tectonique tertiaire. Certaines d'entre elles sont héritées d'une histoire plus ancienne associée à l'initiation et au développement du bassin de Paris. Il s'agit par exemple de la faille passant à l'Est du village «le Rognon» (au Nord de la feuille) et qui correspond au rejeu d'une faille majeure connue des géologues pétroliers sous le nom de «faille de Sens». Ces failles ont participé à l'individualisation d'une dépression subsidente dès le Trias et durant tout le Jurassique inférieur et moyen (Perrodon et Zabek, 1990 ; Bourquin et *al*, 1997 ; Robin, 1995 ; Guillocheau et *al*, 2000) entre la faille de Saint-Martin de Bossenay-Saint Saulge, à l'Est de la feuille, et les failles de Sancerre et de Sennely plus à l'Ouest (voir schéma structural de la carte).

CONDITIONS DE FORMATION DES ENTITÉS GÉOLOGIQUES - SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE

Rappelons que la série affleurante ne débute qu'avec le Bathonien moyen et qu'en conséquence avant cette période on ne dispose que de renseignements fragmentaires.

Paléozoïque

Le substratum paléozoïque est mal connu au droit de la feuille à 1/50 000 Cosne-sur-Loire. Les principales connaissances sont fournies par :

- le forage de Sainte-Colombe réalisé sur la feuille à 1/50 000 La Charité-sur-Loire à 2 km de la limite sud de la feuille Cosne-sur-Loire (voir annexe),
- les études géophysiques (Debégli *in* Mégnien, 1980 ; Weber, 1973),
- le sondage de Couy, situé sur la feuille à 1/50 000 Nérondes à environ 25 km au Sud-Ouest de la feuille Cosne-sur-Loire.

D'après la géophysique et les forages, ce substratum serait constitué essentiellement par des « roches magmatiques acides », auxquelles sont associées des « roches cristallophylliennes acides ». Le forage Sainte-Colombe a traversé 835 m de granite (voir annexe).

Il est vraisemblable que l'histoire sédimentaire et tectono-métamorphique de ce socle se rattache à celle de la partie nord du Massif central, en particulier à celle du Morvan (la notice de la feuille à 1/50 000 Prémery résume les principales étapes de cette évolution).

Mésozoïque

Faisant suite à l'édification et la destruction de la chaîne hercynienne durant le Paléozoïque, une mer épicontinentale va s'installer progressivement, venant de l'Est, sur une vaste pénéplaine, à l'emplacement actuel du bassin de Paris.

• Trias (250 à 203 Ma)

Les premiers dépôts sédimentaires, identifiés par forage à la base de la série, sont probablement d'âge triasique moyen (Ladinien, Adloff *et al.*, 1987 ; Bourquin *et al.*, 1997). Ils sont constitués de sables et grès arkosiques parfois grossiers d'origine continentale et qui témoignent de l'importante érosion à laquelle étaient soumises les terres émergées. Dans la zone considérée, la progression de cette transgression est contrôlée par une vaste dépression N-S, délimitée par les failles de Sennely à l'Ouest et la faille de Saint-Martin de Bossenay-Saint-Saulge à l'Est.

Si la limite occidentale de cette dépression est submergée dès la fin du Trias moyen, la bordure orientale reste active de façon permanente

jusqu'à la fin du Rhétien (Bourquin *et al.*, 1997) et délimite l'extension des dépôts marins.

Cette période correspond à la dislocation de la Pangée (supercontinent constitué à la fin de l'ère paléozoïque) résultant d'un étirement crustal généralisé et l'initiation d'importants riftings localisés à l'emplacement des futurs océans : océan Ligure (à l'emplacement des Alpes), Téthys, Atlantique central, golfe de Gascogne.

• **Jurassique inférieur (Lias - 203 à 175 Ma)**

Le Jurassique voit l'inondation progressive de la totalité de l'actuel bassin de Paris.

La mer recouvre toute la région. La sédimentation d'abord à dominante carbonatée (Hettangien et Sinémurien - épaisseur d'environ 50m au forage Sainte-Colombe), devient ensuite essentiellement argileuse (Domérien et Toarcien - épaisseur 240 m au même forage). Comme dans les régions où ces terrains affleurent, il est vraisemblable que des lacunes sont présentes au sein de ces séries.

Aucune indication sur la feuille ne permet de préciser le régime tectonique de cette période. Cependant il est logique de penser que, comme dans tout le Sud-Est du bassin de Paris, prédomine un régime distensif WNW-ESE en liaison avec l'ouverture de l'océan Ligure et les prémices de celle de l'océan Atlantique (Blès *et al.*, 1989 ; Lerouge, 1984 ; Debrand-Passard *et al.*, 1992). Des indices de cette distension sont fournis par des changements de faciès (passage de calcaires à gryphées à des alternances de calcaire et de marne au Sinémurien d'après Lefavrais-Raymond, *in* Mégnien, 1980 : pl. L2) et des augmentations d'épaisseur, donc du taux de sédimentation (Lefavrais-Raymond, *in* Mégnien, 1980 : pl. L7) à la limite occidentale du bloc bourguignon. Mais ces modifications de faciès ou d'épaisseur qui se prolongent en direction de l'Ouest, ne sont pas suffisantes pour admettre la présence d'un fossé d'âge liasique au droit du fossé cénozoïque de la Loire (Debrand-Passard *et al.*, 1992).

Cependant, les jeux synsédimentaires le long des failles N-S restent permanents durant le Jurassique inférieur. En effet, s'ils sont rares durant l'Hettangien et le Sinémurien, ils deviennent prépondérants durant le Sinémurien supérieur et le Carixien pour disparaître durant le Toarcien alors qu'une homogénéisation des faciès témoignent d'une inondation maximum (Perrodon et Zabek, 1990 ; Guillocheau *et al.*, 2000).

Cette période globalement transgressive est synchrone de l'ouverture de l'Atlantique central et du rifting qui aboutira à l'océanisation de l'océan Ligure, à la fin du Dogger. Durant cette période, d'importantes circulations de fluides s'effectuent sur le pourtour de l'actuel Massif central. Ces dernières ont abouti à la constitution de gisements tels

ceux de l'assise de Chitry (Trias) minéralisés en fluorine, barytine et blende et situés à l'Est de la carte Cosne-sur-Loire, entre le horst de Saint-Saulge et le socle du Massif central (Nigon, 1988).

L'évolution géodynamique liasique illustre la diminution des effets du rifting généralisé, initié au Trias et le début d'une dynamique contrôlée par la subsidence thermique qui régira, pour l'essentiel, l'évolution du bassin de Paris pendant toute la fin du Mésozoïque et le Crétacé (Brunet, 1981).

• **Jurassique moyen (Dogger - 175 à 154 Ma)**

Après l'interruption de la sédimentation à la limite Lias-Dogger (lacune probable du Toarcien terminal et d'une partie de l'Aalénien), se déposent 10 à 12 m de calcaires bioclastiques, crinoïdiques d'âge mal déterminé (Aalénien ? - Bajocien inférieur).

Au Bajocien supérieur un nouveau ralentissement de la sédimentation est exprimé par un niveau à oolites ferrugineuses et par des lacunes vraisemblables.

Les dépôts du Bathonien et du Callovien sont organisés en **trois séquences** :

- la première débute avec les oolites ferrugineuses du Bajocien supérieur. Elle se poursuit avec les marnes (environ 75 m) du Bathonien inférieur et moyen et se termine par moins de 10 m des calcaires bioclastiques et oolitiques à bryozoaires, alternant à leur base avec quelques bancs de calcaires marneux, datés de la fin du Bathonien moyen et du début du Bathonien supérieur. Une surface perforée marque la fin de cette séquence ;
- la seconde, entièrement Bathonien supérieur, beaucoup moins épaisse, comporte des marnes et des calcaires argileux (10 m) puis des calcaires bioclastiques et oolitiques (5 à 6 m). Une surface perforée est présente au sommet ;
- la troisième qui s'étend sur le Callovien inférieur, moyen et peut-être supérieur, débute avec les Marnes et calcaires argileux à *Collyrites* et se poursuit avec des calcaires à grain fin et à chailles.

Il faut noter que dans cette partie occidentale du bloc bourguignon prédominent les faciès marneux ou calcaréo-argileux à ammonites et que les faciès carbonatés soit calcaires bioclastiques à bryozoaires, soit calcaires à fins pelloïdes, traduisent eux aussi des domaines sédimentaires plus profonds que ceux rencontrés plus à l'Est. Le domaine concerné appartient à un vaste sillon marneux contrôlé par les failles de la Seine-Sennely, de Sancerre et de Saint-Saulge. La transition entre faciès de milieux différents mais de même âge est généralement rapide et semble se faire le long de lignes grossièrement submériidiennes. Ainsi peut-on observer dans la région d'Entrains-sur-Nohain (feuille à 1/50 000 Clamecy, mais près de la limite avec la feuille Cosne-sur-Loire) le passage des calcaires oolitiques et bioclastiques

calloviens présents à l'Est, aux calcaires à grain fin et à chailles caractéristiques du domaine occidental. Ces rapides changements de faciès pourraient à nouveau traduire l'influence d'une tectonique distensive affectant le bloc bourguignon, et concentrée sur la faille de Saint-Saulge.

• **Jurassique supérieur (Malm - 154 à 135 Ma)**

Cette période correspond à un bouleversement des organisations paléogéographiques en Europe. L'influence téthysienne disparaît au profit d'une influence atlantique (rifting de l'Atlantique nord). La dynamique du bassin de Paris semble contrôlée par le développement d'une grande faille de transfert (faille de Bray-Vittel, Ziegler, 1988).

Après une *lacune sédimentaire s'étendant du Callovien terminal au début de l'Oxfordien moyen*, la sédimentation reprend avec des calcaires à spongiaires, puis des calcaires à grain fin et ammonites de plate-forme distale datés de l'Oxfordien moyen.

Au cours de l'*Oxfordien supérieur* la sédimentation devient très importante et permet de séparer au début de l'Oxfordien supérieur deux domaines : une plate-forme très peu profonde (plate-forme proximale) à dépôts récifaux ou subrécifaux (80 à 90 m) et un domaine plus profond (plate-forme distale) à sédimentation calcaréo-argileuse plus épaisse (130 à 140 m) (Debrand-Passard et Menot, 1979 ; Rat et *al.*, 1985). La transition entre les deux types de dépôt est toujours très rapide et installée sur des lignes subméridiennes. Au début de l'Oxfordien supérieur (zone à *Bifurcatus*) la limite entre les Calcaires à polyptères lamellaires et les Calcaires à grain fin et ammonites s'établit suivant une ligne Donzy-Ciez. Au début de la zone à *Bimammatum*, avec la base des Calcaires oolitiques de La Charité, elle se déplace de quelques kilomètres vers l'Ouest (l'absence d'affleurements ou d'indications de forages ne permet pas de donner la position exacte de cette limite, ni la nature du phénomène de l'extension vers l'Ouest des faciès oolitiques qui correspond peut-être à un *downlap*). Très rapidement les faciès calcaréo-argileux de Vermenton, puis les marnes de Crezan viennent recouvrir en *onlap* la bordure des calcaires oolitiques de La Charité et la limite est progressivement reportée vers l'Est, pour finalement se retrouver sur la ligne Donzy-Ciez.

La limite entre Calcaires oolitiques et bioclastiques terminaux qui représentent des dépôts de plate-forme proche de l'émergence, et les Calcaires de Cravant et la base des Calcaires de Bazarnes, qui en sont les équivalents latéraux, est toujours approximativement placée sur la même ligne subméridienne. Finalement le sommet des Calcaires de Bazarnes transgresse sur la plate-forme qui s'est légèrement approfondie.

À l'*Oxfordien terminal*, puis au *Kimméridgien* et au *Tithonien*, la dualité plate-forme proximale-plate-forme distale disparaît et les faciès s'homogénéisent sur toute la région.

Avec les Calcaires de Tonnerre, se continuent les faciès récifaux ou subrécifaux de plate-forme peu profonde, mais ceux-ci ont une extension plus grande que précédemment et couvrent tout le domaine de la feuille Cosne-sur-Loire.

Les Calcaires de Villiers du Kimméridgien inférieur montrent la disparition progressive du régime de plate-forme peu profonde et le lent approfondissement du milieu marin. Les niveaux à galets perforés et verdis qui les couronnent, correspondent au maximum de cet approfondissement (surface d'inondation maximale de la stratigraphie séquentielle).

Avec les Marnes et calcaires argileux à *Nanogyra virgula*, puis, les calcaires tithoniens, si la sédimentation est homogène sur l'ensemble du territoire, elle est plus importante en bordure de la Loire.

Au cours du Tithonien la mer s'est retirée. Aucun indice ne permet de préciser le moment exact de ce retrait.

Au vu de cette succession **trois séquences peuvent être distinguées dans le Jurassique supérieur** :

- *la première séquence* : séquence uniquement de comblement, englobe sur le domaine de plate-forme proximale les séries allant des Calcaires à spongiaires de l'Oxfordien moyen - zone à Plicatilis, au sommet des Calcaires oolitiques et bioclastiques terminaux de l'Oxfordien supérieur - zone à Bimammatum, tandis que dans le domaine de plate-forme distale cette séquence qui débute toujours avec les Calcaires à spongiaires, s'étend jusqu'à la partie médiane des Calcaires de Bazarnes ;

- *la seconde séquence* : également uniquement séquence de comblement, débute avec les faciès plus fins (marnes noires et calcaires micritiques) de la partie médiane des Calcaires de Bazarnes qui transgressent sur la plate-forme proximale précédente. Elle se prolonge avec les Calcaires de Tonnerre pour se terminer avec le Marbre de Bailly couronné par une surface perforée ;

- *la troisième séquence* : contrairement aux deux précédentes, est plus complète car elle présente les deux termes : approfondissement (Calcaires de Villiers) et comblement (Marnes à *Nanogyra virgula* puis Calcaires du Barrois) séparés par la surface d'inondation maximale représentée par les niveaux à galets perforés et verdis de la fin du Calcaire de Villiers.

Les rapides modifications de faciès dans l'Oxfordien ou les augmentations d'épaisseur du Kimméridgien sont encore une fois localisées à proximité de la limite occidentale du bloc bourguignon suivant des lignes subméridiennes. Elles traduisent la persistance d'un régime distensif assurant des modifications de la paléotranche d'eau dans le premier cas et de la subsidence dans le second. Elles ne sont pas suffisantes

pour démontrer l'existence d'un fossé de la Loire à cette époque (Debrand-Passard et al., 1992).

• **Limite Jurassique - Crétacé**

La régression fini-jurassique correspond à un événement géodynamique majeur : c'est l'initiation de l'ouverture de l'océan Atlantique nord et le rifting dans le golfe de Gascogne dont l'ouverture sera effective à l'Albien. Ces événements se traduisent par un vaste «*doming*» précurseur de la rupture crustale. Il induit une vaste régression sur l'ensemble des bassins aquitain et de Paris.

Contrairement à ce qui est observé dans les forages situés plus au Nord dans le centre du bassin de Paris, aucun faciès de type régressif (type calcaires dolomitiques ou faciès lagunaires à anhydrite) n'a été observé dans la région, à moins que les Calcaires à polypiers ne soient d'âge tithonien, ce qui serait alors le seul et mince indice de la tendance régressive fini-jurassique.

Les niveaux à *Gravesia* présents appartiennent à un Tithonien basai. En conséquence, soit la régression fini-jurassique a été relativement précoce, soit une certaine érosion s'est manifestée pendant la période d'émersion, érosion traduite par des phénomènes de karstification (Pernet, 1983 ; Rat et al, 1987). D'autre part selon P. Rat (1987a) des «déformations ont eu lieu» et «pour la première fois, le Bassin parisien a pris l'allure d'une cuvette».

• **Crétacé inférieur (135 à 96 Ma)**

Le cycle transgressif du Crétacé inférieur est très court. Vu la non connaissance de l'âge des Calcaires à polypiers (tithonien ? valangien ? hauterivien ?), il n'est pas possible de préciser le moment exact du retour de la mer crétacée.

Les Calcaires à spatanges hauteriviens qui «marquent l'apogée de la transgression» (Rat, 1987b), diminuent d'épaisseur du Nord vers le Sud et ne dépassent guère le Sud de Cosne-sur-Loire. Est-on ici en présence d'une limite de transgression ou d'érosion ? Dans le second cas, il ne semble pas que la mer hauterivienne ait pu s'étendre très loin vers le Sud.

Les dépôts du Barrémien inférieur ne sont connus par sondage que dans la partie nord de la feuille, ce qui traduit un recul de la mer qui sera suivi d'une nouvelle émersion de la région.

Les dépôts continentaux du Barrémien supérieur et de l'Aptien ne sont pas connus, à moins qu'une partie des Sables et argiles inférieurs, attribués ici en totalité à l'Albien, ne représentent ces périodes. Rappelons que l'attribution à l'Albien inférieur de la totalité de cette formation est due au fait que sa base est très nettement transgressive et discordante en direction du Sud puisqu'elle déborde les dépôts hauteriviens pour

venir, dans le Sud de la feuille, reposer directement sur les calcaires tithoniens.

Cette discordance angulaire de la base de l'Albien est la signature d'un épisode tectonique anté-albien (Rat, 1987 a et b).

La mer revient dès l'Albien inférieur. Les dépôts albiens, peut-être lagunaires au début, sont ensuite marins (glauconie dans les sables du sommet de la formation inférieure, ammonites dès la base des argiles de Myennes). La présence de bois flotté, les très rares foraminifères traduisant une salinité anormale (renseignement F. Magniez-Jeannin), les microflores indiquant un milieu côtier (communication D. Fauconnier) plaident en faveur d'un milieu sédimentaire calme de faible bathymétrie. Les sables de la Puisaye avec leurs stratifications obliques ou entrecroisées, avec des foraminifères de milieu marin franc, traduisent par contre un milieu à plus fort hydrodynamisme. Enfin le niveau terminal à *Opis* présente une faune très littorale et peut-être une diagénèse précoce (Courel et *al*, 1972), indices de milieu infralittoral supérieur. La transgression marine a dû s'étendre très loin vers le Sud puisque des minéraux provenant des sables albiens sont retrouvés dans les altérites couvrant les terrains jurassiques présents sur les feuilles à 1/50000 La Charité, Nevers, Prémary, Clamecy, par exemple.

• **Crétacé supérieur (96 à 65 Ma)**

Seule la base avec les marnes crayeuses puis les craies du Cénomaniens est connue sur la feuille Cosne-sur-Loire. Cependant des résidus d'altération des autres formations du Crétacé supérieur (silex, fossiles silicifiés) sont connus à la surface des terrains plus anciens très loin vers le Sud, bien au-delà des limites de la feuille. Ils témoignent de la grande extension des mers du Crétacé supérieur.

La mer quitte définitivement la région probablement avant la fin du Sénonien.

Aucun indice de contraintes tectoniques n'a été repéré dans le Crétacé.

Cénozoïque

Avec le Cénozoïque se termine l'évolution du bassin de Paris en tant que bassin sédimentaire. Ce cycle aura duré 180 Ma. Cette histoire est interrompue par les contrecoups des collisions continentales qui donneront naissance aux Pyrénées et aux Alpes. Quelques timides incursions marines viendront s'intercaler entre ces événements majeurs.

• **Paléocène (65 à 55 Ma)**

Sous un climat tropical favorisant une intense activité pédogénétique, l'altération des terres émergées, commencée dès l'émersion de la région avant la fin du Crétacé, se poursuit intensément. Les éléments

solubles sont évacués ne laissant sur place que les insolubles (argiles, sables avec leurs minéraux lourds, silix, fossiles silicifiés) qui pourront être repris par la suite. Ainsi commencent à s'élaborer les éléments des Argiles à silix.

• **Base de l'Éocène (55 à 45 Ma environ)**

D'après différents auteurs (Bergerat, 1984, 1985 ; Blès et al., 1989 ; Lerouge, 1984), un régime compressif N-S à NNE-SSW est reconnu sur toute la plate-forme ouest européenne, des Pyrénées à la Belgique. Il résulterait de la collision Espagne - plaque ouest européenne.

Dans le Nivernais, à la partie occidentale du bloc bourguignon, ce régime compressif se traduirait d'après F. Bergerat (1984) par «des décrochements conjugués senestres NNE-SSW à NE-SW et dextres NNW-SSE à NW-SE». «Le champ de contrainte correspondant était caractérisé par une contrainte principale maximale (σ_1) horizontale et N-S (azimut 000-020) et une contrainte minimale (σ_3) également horizontale et E-W. Les pics strolitiques sont rares dans le plateau nivernais mais des fentes de tension subméridiennes assez nombreuses témoignent également de cette compression N-S». Il semble qu'il faille rattacher à cette période l'apparition des accidents N140°E à N160°E observés sur la feuille.

• **Eocène terminal - Oligocène inférieur (45 à 28 Ma)**

C'est la classique période de distension dite «oligocène» qui se traduit par la formation des grands rifts européens : fossés des Limagnes, de la Loire, de la Bresse, d'Alsace,... (Bergerat, 1984 et 1985 ; Blès et al., 1989 ; Debrand-Passard et al., 1992 ; Lerouge, 1984 ; Lerouge et al., 1986).

Se forme alors le dense réseau de failles subméridiennes, le plus souvent de faible rejet, qui abaissent les compartiments d'Est en Ouest, jusqu'à la limite du bloc bourguignon où se situe le fossé de la Loire bordé à l'Est par une faille au rejet bien plus important que les autres (faille Mousard-La Motte) et à l'Ouest par la faille de Sancerre (présente à l'Ouest de la feuille Léré). C'est donc bien à cette «époque que se crée le fossé de la Loire en tant qu'entité géologique» (Debrand-Passard et al., 1992).

D'après F. Bergerat (1984) «L'analyse des populations de failles N140°E à N160°E indique une contrainte principale maximale (σ_1) verticale et une contrainte minimale (σ_3) horizontale. La direction d'extension est proche de 070 dans la plupart des sites». Les fractures N140°E à N160°E jouent probablement en failles décrochantes à composante normale. Il s'agit de failles de transfert permettant d'accommoder la déformation par la réutilisation de failles préexistantes. Cette déformation présente un continuum tectonique avec la précédente (compression pyrénéenne) qui permet de passer d'une déformation de type décrochante compressive à une autre décrochante extensive. Les

failles normales N-S se développent dans les lanières délimitées par les failles NW-SE pour accommoder la déformation interne des blocs. À l'Ouest de la feuille Cosne-sur-Loire, un fossé s'établit sur la faille crustale de Sancerre. Il conserve la sédimentation lacustre éocène.

Un problème concernant cette sédimentation et son rapport avec la tectonique se pose. A-t-elle eu lieu uniquement dans des petits bassins isolés ou s'est-elle effectuée dans tout le fossé de la Loire ? Dans ce dernier cas des jeux tectoniques postérieurs (oligocènes ou fini-miocènes ?) auraient surélevé certains secteurs favorisant l'ablation des sédiments lacustres qui ne seraient donc conservés que dans les parties tectoniquement les plus basses.

Sur la bordure orientale du fossé de la Loire, seul secteur où le substratum des formations lacustres est visible, celui-ci est de plus en plus jeune du Sud vers le Nord : Tithonien ou base des Sables et argiles inférieurs de l'Albien au Sud-Est de Cosne-sur-Loire, Sables de la Puisaye de l'Albien supérieur à l'Est de La Celle-sur-Loire, Cénomaniens au Nord-Ouest de la feuille. Le faible plongement des couches en direction du centre du bassin de Paris est ainsi très nettement matérialisé dès cette époque.

- **Oligocène terminal - Miocène inférieur et moyen (28 à 10 Ma)**

L'érosion entraînée par la création des reliefs nés de la phase tectonique précédente se poursuit et amène une planation générale des compartiments, qu'ils aient été soulevés ou effondrés. Suite à ce décapage certains calcaires amenés à l'affleurement (micrograinstones calloviens ou de la base de l'Oxfordien principalement) subissent des phénomènes de décarbonatation-silicification qui les transforment en silexites. Des galets de silexites se mêlent à des argiles de décalcification et à des résidus des formations albiennes pour donner les Argiles à silexites largement présentes dans le Sud-Est de la feuille, soit *in situ*, soit par épandage à partir des zones d'élaboration.

- **Miocène terminal - Pliocène inférieur (10 à 3 Ma)**

Une compression d'origine alpine ESE-WNW s'exerce sur l'ensemble de la région (Bergerat, 1985 ; Blès et *al.*, 1989 ; Lerouge, 1984 ; Lerouge et *al.*, 1986). Pour F. Bergerat (1984), elle «se manifeste dans toute la région, essentiellement par des rejeux en coulissements senestres, des décrochements NW-SE créés lors du premier épisode compressif» (donc ici les failles N140°E à N160°E) «ainsi que des failles normales subméridiennes». «L'état de contrainte correspondant était caractérisé par une compression horizontale d'azimut moyen 115 ».

- **Pliocène supérieur (3 à 1,75 Ma)**

Les reliefs réactivés par la tectonique alpine, et notamment ceux du Massif central, sont soumis à l'érosion. Ils fournissent des matériaux

détritiques (argiles, sables quartzo-feldspathiques, galets), auxquels se mêlent des minéraux volcaniques d'origine montdorienne. Ces matériaux apportés par une paléo-Loire sont à peu près exclusivement cantonnés dans le fossé de la Loire où les divagations du fleuve les étalent. Il s'agit donc du prolongement vers le Nord des Sables et Argiles du Bourbonnais beaucoup plus développés au Sud.

• **Quaternaire**

La tectonique compressive alpine continue à se manifester en accentuant les jeux des accidents antérieurs. Ces mouvements tectoniques influencent beaucoup le réseau hydrographique et notamment le cours de la Loire et celui du Nohain.

Ainsi, suite à un effondrement d'une partie du fossé de la Loire dans la région de Sancerre (Debrand-Passard et *al.*, 1992) le fleuve est dévié vers l'Ouest en direction de cette ville abandonnant son tracé pliocène direct de Bois Gibault-Maltaverne (feuille La Charité-sur-Loire) vers Cosne-sur-Loire. Après cette déviation la Loire bifurque vers le Nord-Est pour rejoindre le plus rapidement son lit précédent. Dans cette portion du cours, la vallée est relativement étroite (1,3 à 1,5 km) comparativement à la partie située en aval de Cosne (près de 4 km), le cours actuel se trouvant 30 à 35 m en-dessous du cours pliocène.

En aval de Cosne, on peut constater que le lit de la Loire présente des séries de tronçons orientés, comme les principales directions de fracture donc soit N5 à 10 °E soit N140° à 160°E.

La basse vallée du Nohain est manifestement installée, de Villiers à Cosne, sur un accident N140° à 160 °E, accident qui doit vraisemblablement se prolonger sous la vallée de la Loire, car c'est en aval que cette vallée s'élargit fortement.

GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

OCCUPATION DU SOL

Sols, végétation, cultures

L'occupation des sols est en étroite liaison avec la nature des terrains affleurants.

- Les sols argilo-siliceux à éléments grossiers (argiles à silexites sur terrains jurassiques, argiles à silex sur terrains crétacés, silcrètes éocènes ou formations pliocènes, par exemple) sont de médiocre qualité et étaient jadis voués à la forêt dès lors que leur épaisseur était notable. Les progrès de l'agriculture moderne ont cependant entamé cet espace forestier et des déboisements pour remise en culture ont été pratiqués localement.

- Les terrains calcaires sont intensément cultivés (céréales, maïs le plus souvent irrigué, colzas,...).
- Les pentes marno-calcaires kimméridgiennes couronnées de Tithonien les mieux exposées sont occupées, à proximité de la Loire, par des vignobles (appellation « Pouilly-sur-Loire » sur les communes de Saint-Martin-sur-Nohain, Saint-Laurent ; appellation «Coteaux du Giennois » pour les communes de Cosne-Cours-sur-Loire, Pougny, Saint-Père, Saint-Loup, Alligny-Cosne). Ailleurs prairies et cultures se partagent l'espace rural.
- Les formations argileuses ou argilo-sableuses crétacées du Nord de la feuille étaient principalement vouées à l'élevage. Mais là aussi les cultures prennent progressivement la place des prairies.
- La plaine alluviale de la Loire voit de plus en plus se développer la culture du maïs irrigué au détriment, encore une fois, de la prairie initiale.

Géographie humaine

La région est essentiellement agricole, peu peuplée, avec un habitat dispersé. La plupart des communes ont moins de 500 habitants. La plus importante est Cosne-Cours-sur-Loire, sous-préfecture, avec 12 500 habitants. Viennent ensuite Donzy, chef-lieu de canton, 1700 habitants, puis Saint-Père (1 100 habitants), La Celle-sur-Loire (875 habitants), Alligny-Cosne (800 habitants), Myennes (550 habitants). Ces quatre dernières communes bénéficient de leur proximité de Cosne et de leur installation dans la vallée de la Loire où passent les principales voies de communication (les valeurs de population citées sont extraites de l'ouvrage «Le patrimoine des communes de la Nièvre»; elles sont arrondies et correspondent au recensement de 1990).

L'activité industrielle est des plus restreintes. Les anciennes forges de la marine installées à Cosne près du confluent du Nohain avec la Loire, prospères au XVII^e et XVIII^e siècle, ont fermé dans la seconde moitié du XIX^e. Une petite activité industrielle se maintient à Cosne, à Myennes et à Donzy. Cosne est un centre commercial actif rayonnant aussi bien sur le Nord-Ouest de la Nièvre que sur une partie du Cher voisin.

La région est occupée depuis la plus haute antiquité. Des silex taillés ou des éclats de taille sont rencontrés à la surface du sol en différents points, notamment dans la vallée du Nohain. Des témoins de la période gallo-romaine sont présents : restes de la voie romaine Entrains-sur-Nohain-Cosne près de Ciez, nombreux vestiges de constructions un peu partout. Au Moyen-Age, châteaux et villages fortifiés, abbayes, églises sont construits : monastère et abbaye de Saint-Laurent dès le VI^e siècle ; commanderie des Templiers à Villemoison, commune de Saint-Père, fondée en 1180 ; château et ville de Donzy dès le XI^e siècle plusieurs fois assiégés, rasés, puis reconstruits ; ville de Cosne qui

existe depuis l'époque gallo-romaine ; château et village fortifié de Saint-Vérain qui au Moyen-Âge est une des plus puissantes cités féodales de la région. Plusieurs de ses seigneurs participent aux croisades comme le témoignent les noms donnés aux villages ou fermes locaux tels Jérusalem, Nazareth, les Oliviers, Jéricho, Betphaget ou à la rivière dénommée le Jourdain. Pour beaucoup de ces témoins du passé il ne reste malheureusement aujourd'hui que des ruines.

RESSOURCES EN EAU

Pluviométrie et potentiel d'écoulement

La pluviométrie moyenne annuelle pour la longue période 1955-1977, selon une carte départementale à 1/1 000 000 élaborée à l'aide des moyennes établies sur les stations pluviométriques de la Météorologie nationale (Petitfils, 1981), croît en s'éloignant de la Loire de 600 mm au Nord-Ouest de la feuille à plus de 850 mm au Sud-Est.

La pluviométrie efficace moyenne annuelle, calculée suivant la méthode de Turc (pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle) et qui indique le potentiel d'écoulement total (somme du ruissellement et de l'infiltration), croît, pour la période 1946-1976 (Louvrier et Margat, 1983), du Nord-Ouest au Sud-Est de moins de 150 mm à environ 250 mm.

Là température annuelle moyenne pour la période 1961-1980, d'après une carte de l'Atlas de la Région Bourgogne, carte élaborée à l'aide des moyennes établies sur les postes thermométriques par la Météorologie nationale, décroît légèrement avec l'altitude du Nord-Ouest au Sud-Est de 10,8 °C à 10,5 °C, les moyennes correspondantes de janvier et de juillet diminuant respectivement à l'intérieur d'une plage s'étalant de moins de 3 °C à moins de 2,5 °C et de moins de 19 °C à 18,5 °C.

Hydrométrie

Du point de vue hydrographique, la feuille Cosne-sur-Loire est marquée en bordure ouest par la *Loire*.

En rive gauche, dans le département du Cher, se rencontrent dans la plaine alluviale deux petits affluents : le *Ru* près de Bannay et, un peu plus au Nord, la *Judelle*, grossie par le *ruisseau du Moulin Neuf*, qui draine un ancien méandre. Le *Canal latéral à la Loire* longe la bordure occidentale de la plaine alluviale.

En rive droite, dans le département de la Nièvre, la feuille correspond pour ses deux tiers sud-est à la majeure partie du bassin inférieur, moyen et à un moindre titre supérieur du *Nohain*. Cette rivière coule du Nord-Est vers le Sud-Ouest de Nérondes (commune de Ménestreau sur la feuille à 1/50 000 Clamecy) aux Cabets (commune de Suilly-la-Tour

sur la feuille à 1/50 000 La Charité-sur-Loire), puis vers le Nord-Ouest et la Loire qu'elle rejoint à Cosne-sur-Loire. Ses affluents sont :

- en rive gauche, *la Talvanne* qui prend sa source au Nord-Est de la feuille La Charité-sur-Loire ;
- en rive gauche, le *ruisseau de Fontbout*, grossi du *ruisseau de Crezan* et le *ruisseau des Rabions*, dont les bassins se limitent à la feuille Cosne-sur-Loire. Ces ruisseaux sont issus de grosses exurgences karstiques ;
- outre les vallées parcourues par ces ruisseaux pérennes, existent sur la rive gauche du Nohain plusieurs vallées affluentes, sèches la majeure partie de l'année, mais pouvant être occupées très temporairement par un ruisseau.

Dans le secteur nord (centre et est), le *Jourdain*, la *Maloise* et la *Malaise*, qui s'écoulent en direction du Nord, sont des affluents rive gauche de la *Vrille* (feuille à 1/50 000 Saint-Fargeau). Celle-ci rejoint la *Loire* peu au-delà de l'angle nord-ouest de la feuille étudiée.

Enfin, *au Nord-Ouest*, la *Loire* reçoit en rive droite trois petits affluents : le *ruisseau de Saint-Loup*, le *ruisseau de l'Oeuf* et le *ruisseau des Frossards*.

Le réseau hydrographique est lâche, comme il se doit sur un sous-sol à dominante calcaire perméable.

Les directions principales d'écoulement, qui soulignent celles des axes de fracturation tectonique, sont NNW-SSE à NW-SE et NE-SW.

L'étude ci-après des débits des rivières, en vue d'évaluer l'importance des écoulements souterrains, a été effectuée à partir des données de la seule station de jaugeage existant sur la feuille Cosne-sur-Loire, celle de Villiers sur le Nohain. Ces données, sous forme de débits quotidiens et mensuels, ont été interprétées pour obtenir les résultats du tableau suivant :

| Rivière Station / Gestionnaire | Nohain Villiers / SRAE Bourgogne |
|---|-------------------------------------|
| Bassin versant : superficie Période de mesures | 473 km ² 1971 - 1979 |
| Débit moyen annuel | 3,159 m ³ /s |
| Débit spécifique moyen annuel | 6,68 l/s/km ² |
| Débit moyen mensuel d'étiage | 1,641 m ³ /s (sept.) |
| Débit spécifique moyen mensuel | 3,47 l/s/km ² |
| Coefficients moyens de débit : | |
| minimum | 0,52 |
| maximum | 2,01 |
| maximum/minimum | 3,86 |

Le débit spécifique moyen mensuel d'étiage, qui permet d'approcher le débit moyen des écoulements souterrains, présente une valeur assez élevée, supérieure à celles obtenues pour les mêmes aquifères calcaires jurassiques dans le département voisin de l'Yonne.

Le coefficient moyen de débit présente une valeur minimum très élevée indiquant une part de plus de 50 % des écoulements souterrains dans le débit total annuel du cours d'eau. Cette part permet d'assurer une influence régulatrice notable ainsi que l'indique la valeur plutôt faible du rapport maximum/minimum.

Les valeurs élevées du débit spécifique moyen mensuel d'étiage et du minimum du coefficient moyen de débit peuvent être dues à la grande variété des calcaires (bathono-calloviens, oxfordiens et kimméridgiens) et à la situation de la station de jaugeage sur les marnes kimméridgiennes favorables à la résurgence de l'ensemble des eaux souterraines des calcaires.

Phénomènes karstiques et traçages des écoulements souterrains

• Différentes **cavités et phénomènes karstiques** peuvent être cités, répertoriés ou non dans le document Camosine (Chabert et Couturaud, 1986). Ce sont :

- à la limite des communes de Saint-Loup (Villefargeau) et Cosne-Cours-sur-Loire (Chanteloup) dans le bassin du ruisseau de Saint-Loup, en rive droite :

- la perte du ruisseau temporaire des Patouillats,
- la doline-perte du Bois Breuzard,
- le trou de la Béroche, doline qui en période de grandes pluies devient une source temporaire du ruisseau de Saint-Loup,
- la source des Trois Fontaines, autre source temporaire alimentant ce ruisseau ;

- à Saint-Martin-sur-Nohain, en rive droite du Nohain, l'abri sous roche de Favray, considéré comme le plus important du département ;

- dans le bassin du ruisseau de Fontbout (Orange, 1985) :

- l'importante source de Grand Favray qui rejoint le ruisseau tout proche,
- les sources de Fontbout donnant naissance au ruisseau du même nom, qui ne tarissent que lors des très grandes sécheresses (1976 ou 1979 par exemple),
- la source de Grand Crezan donnant naissance au ruisseau du même nom dont le débit augmente à l'aval par suite d'arrivées d'eau diffuses et qui rejoint le Fontbout en période de hautes eaux, mais se perd parfois à l'étiage un peu en aval de la route D 33, sans rejoindre le Fontbout,
- en amont de cette dernière source la vallée descendant d'Alligny est sèche la majeure partie de l'année car le ruisseau issu des sources proches de ce village se perd progressivement près de les Carroués dans les Calcaires de Villiers ;

- au sud de Donzy, la source de Saint-Jean dont la liaison avec le ruisseau souterrain de la cavité de Bois Gratton a été mise en évidence par traçages ;

- dans le bassin de la Talvanne, les exurgences pérennes de la Fontaine d'Antan (captée), de la Bretonnière, des Pénitiaux, des Godards du Bas, du Moulin Poinçon, de Villiers et du lavoir de Vaudoisy ;

- près de Perroy, la grosse résurgence des Rabions (captée), avec un peu au Nord-Ouest la source temporaire des Ormeaux. En amont de la source des Rabions se développe vers le Nord une longue vallée sèche au fond de laquelle, à 250 m au Sud de la D 168, apparaît la Fontaine Naudin, dont les eaux se perdent assez vite dans le sol. Dans sa partie amont cette vallée se divise en un certain nombre de vallons possédant de petites sources et de maigres ruisseaux dont toutes les eaux se perdent d'une manière diffuse au toit des Calcaires de Villiers après un court trajet aérien ;

- à Ciez, une grosse exurgence dans la partie nord du village. Le ruisseau qui en est issu se perd entre Ciez et les Naslots, laissant sèche la vallée qui rejoint le Nohain au Nord de Perroy. Là, en rive droite du Nohain, à la Crotte, se trouve une résurgence ;

- au Sud de Couloutre, la source des Bassots (captée) au voisinage de laquelle existent en fond de vallon de petites dolines ;

- à l'Est et au Nord-Est de Bouhy, en pied de cuesta tithonienne, plusieurs petites sources dont les eaux se perdent plus ou moins rapidement dans le sol après un court trajet aérien dès leur arrivée à la surface des Calcaires de Villiers ;

- il en est de même dans les hautes vallées de la Malaise et de la Maloise au Nord de la feuille.

• Quelques **traçages** ont été effectués :

- à partir du ruisseau souterrain du Bois Gratton à Donzy le traceur est réapparu à la source Saint-Jean (Chabert et Couturaud, 1986) ;

- à partir des pertes du ruisseau d'Alligny-Cosne près de les Carroués le traceur (fluorescéine) n'est réapparu dans aucun des sites surveillés durant deux mois : puits de 32 m dans l'axe de la vallée sèche à la Grande Brosse, sources de Crezan, de Fontbout, de Favray (Orange, 1985) ;

- à partir du ruisseau de Ciez le traceur (fluorescéine) n'est réapparu dans aucun des sites surveillés durant 47 jours : sources des Rabions, des Ormeaux, de la Crotte et du domaine de la Garde (travail Roy, 1990, pour le SIAEP de Donzy-Perroy).

Ressources en eaux souterraines utilisées

D'assez nombreux puits ont été forés tant pour l'alimentation en eau potable des collectivités que pour les besoins d'irrigation agricole. Pour cette dernière activité il est souvent difficile d'obtenir des renseignements précis (ouvrages non déclarés, débits potentiels et débits pompés non communiqués).

Les renseignements ayant servi à la rédaction ci-après ont été collectés dans divers documents (Rat et *al.*, 1987 ; DDASS de la Nièvre, 1990), complétés par les avis d'hydrogéologues agréés, les résultats d'analyses chimiques et bactériologiques fournis par les DDASS et les volumes annuels prélevés communiqués par l'Agence de Bassin Loire-Bretagne.

Les aquifères sont envisagés en allant des terrains les plus jeunes aux plus anciens.

• Nappe alluviale de la Loire

Cette nappe, généralement libre, circule au sein d'alluvions, dont l'épaisseur peut atteindre 10 à 12 m, formées de sables, souvent grossiers, plus ou moins riches en graviers et galets, avec parfois une couche limono-argileuse (moins de 1 m) en surface. Elle est exploitée des deux côtés du fleuve.

Département du Cher

- trois forages à Boulleret (indices BSS : 464-5-1005, 464-5-1007, 464-5-1008), alimentent le Syndicat du Pays Fort et du Val de Loire (7 753 habitants, 16 communes dont Boulleret et Bannay sur la feuille Cosne-sur-Loire). Profonds de 9,9 m, 9,3 m et 9,7 m et capables d'un débit total de 200 m³/h, ils ont fourni un volume total annuel de 1 160 000 m³ en 1990. L'eau ne pose pas de problèmes de qualité chimique sauf pour le puits occidental (464-5-1005) où les teneurs en nitrates peuvent être élevées (40 mg/l). L'eau subit un traitement bactériologique ;
- le forage communal (indice BSS : 464-1-1003) de Léré (1 171 habitants), au camping du Gravion, profond de 8 m, capable de 20 m³/h, a fourni 146 000 m³/an en 1990. L'eau pose des problèmes de nitrates et fait l'objet d'un traitement bactériologique ;
- le forage de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire, profond de 12,30 m, capable de 50 m³/h, a produit 182 000 m³/an en 1990. La qualité de l'eau est satisfaisante après traitement bactériologique ;
- forages de la ville de Cosne-sur-Loire en rive gauche du lit principal de la Loire, dans l'île de Cosne, et forage des Verdiaux (voir ci-dessous) ;
- cinq forages agricoles à l'Est de Bannay (indices BSS : 464-5-1010, 1011, 1012, 1013 et 1019), capables de fournir suivant les ouvrages 20 à 60 m³/h et produisant au total 162 000 m³/an ;

- il est vraisemblable qu'existent dans la large plaine alluviale de la rive gauche de la Loire d'autres forages à usage agricole.

Département de la Nièvre

La ville de Cosue-sur-Loire et le Syndicat de Cosne-Cours-sur-Loire (16 505 habitants en 1990) qui alimente 7 communes sur la feuille étudiée : Cosne-Cours-sur-Loire (*pro parte*), Saint-Père, Pougny, Saint-Loup, La Celle-sur-Loire, Neuvy-sur-Loire, Annay, utilisent les ouvrages suivants :

- pour la ville et le réseau sud du syndicat :
 - cinq puits dans l'Ile de Cosne, au Sud du camping (indice BSS : 464-5-1006), profonds de 10 à 12 m, équipés pour des débits unitaires de 45 à 80 m³/h, fournissent annuellement 54 500 à 325 600 m³ selon les puits et au total 996 300 m³/an en 1991 ;
 - un puits au lieu-dit les Verdiaux, commune de Bannay-Cher, (non répertorié à la BSS), profond de 13 m, compte tenu de 1,5 m finaux dans les argiles tertiaires, à drains rayonnants (4), essayé à 200 m³/h par drain pour un rabattement maximum de 1,61 m, mis en service en juillet 1991 avec un équipement de 180 m³/h (volume produit en 1991 : 243 800 m³) ;
 - les quatre anciens puits situés en rive droite au Sud de Cosne (indices BSS : 464-5-4, 16, 17, 18) ne sont plus utilisés.

- pour le réseau nord du syndicat :
 - le puits de Cadoux n° 2 (indice BSS : 464-1-16) (le puits n° 1, 464-1-5 n'est plus utilisé) à La Celle-sur-Loire. Il est profond de 10 m, équipé pour fournir 100 m³/h et a produit un volume total annuel de 280 000 m³ en 1991.

Pour tous ces ouvrages, les eaux sont de type hydrogénocarbonaté-calcique et magnésien, à minéralisation peu accentuée à moyenne, douces (respectivement 10 à 13 degrés Français pour les puits de l'Ile de Cosne et 13 à 19 degrés Français pour Cadoux). Les teneurs en nitrates sont faibles à moyennes (respectivement 5 à 10 mg/l et 20 à 25 mg/l). Les teneurs en fer peuvent être temporairement un peu excessives. Les eaux font l'objet d'une désinfection.

Dans le Sud de la feuille, les communes de Saint-Martin-sur-Nohain, Saint-Laurent, Saint-Quentin-sur-Nohain, Saint-Andelain, Tracy-sur-Loire, Suilly-la-Tour, communes dont le territoire s'étend surtout sur la feuille La Charité-sur-Loire, appartiennent au Syndicat de Pouilly-sur-Loire (4 957 habitants, 8 communes) également alimenté par la nappe alluviale de la Loire captée sur la feuille La Charité à Tracy-sur-Loire grâce à 2 puits implantés au Sud de Bois Gibault. L'un de ceux-ci pénètre à sa base dans le calcaire du Tithonien et du fait de son alimentation par les calcaires du versant, ses eaux de type hydrogénocarbonaté-calcique sont très dures (dans la tranche 30 à 50 degrés Français) et chargées en nitrates (25 à 50 mg/l). Elles font l'objet d'une désinfection.

• **Aquifère du Crétacé inférieur**

À La Celle-sur-Loire, trois forages agricoles utilisent les eaux fournies par les parties les plus sableuses de la formation des Sables et argiles inférieurs de l'Albien. Dans la BSS, ces ouvrages sont répertoriés 464-1-19, 464-1-20 et 464-1-35.

• **Aquifère des calcaires tithoniens et hauteriviens**

- Cet aquifère est exploité à Myennes dans la basse vallée du ruisseau de Saint-Loup où il recèle une nappe en charge sous la base du Crétacé marneux. Un forage de 21 m (indice BSS : 464-1-21) assure l'alimentation de cette commune (536 habitants en 1990) à hauteur de 250m³/j, avec un débit de 30 m³/h. Il relaye un autre forage de 15 m datant de 1974, situé à 70 m à l'aval (indice BSS : 464-1-14), maintenant colmaté, d'un débit maximum de 60 m³/h (critique ?) lors de la mise en service.

Les eaux des forages sont de type hydrogénocarbonaté-calcique, de minéralisation moyenne à élevée, très dures (respectivement 32 et 37,5 à 41,2 degrés Français) avec des teneurs en nitrates très faibles à faibles (0,7 et 6,3 à 8,4 mg/l). Le forage de 21 m présente une teneur excessive en manganèse (0,2 mg/l, début 1992) décroissant depuis la mise en service en 1991. Les eaux font l'objet d'une désinfection.

- Le même aquifère est également utilisé dans le Nord de la feuille à Bitry, dans la vallée du ruisseau de Maison Fort, affluent de la Vrille. Là, les calcaires sont plus ou moins karstifiés et la résurgence de Chantermerle (indice BSS : 464-3-2), de débit (d'étiage ?) 1 500 m³/j, constitue l'un des deux points d'eau du Syndicat de la Puisaye (4 757 habitants en 1990), l'autre se situant au Nord sur la feuille Saint-Fargeau. Les huit communes du Syndicat ont soit tout leur territoire (Bitry, Saint-Vérain, Dampierre-sous-Bouhy, Bouhy, Alligny-Cosne, Ciez), soit une partie (Saint-Amand-en-Puisaye, Arquian) sur la feuille étudiée.

L'eau de type hydrogénocarbonaté calcique, à minéralisation moyenne est moyennement dure (27 à 30 degrés Français). Elle présente des teneurs élevées en nitrates, souvent proches de 50 mg/l, et une turbidité parfois excessive. Elle fait l'objet d'un traitement complet : préchloration, floculation, décantation, filtration et désinfection terminale.

Deux forages (indice BSS : 464-3-1) visant à augmenter la ressource, l'un de 13 m dans le captage, l'autre de 40 m un peu en amont, ont entamé pour le premier et traversé pour le second les calcaires tithoniens sans que des venues d'eau n'aient été rencontrées.

- Différents forages de recherche d'eau ont atteint ou traversé les calcaires tithoniens. Certains ont été couronnés de succès mais avec des débits variables : forage des Loges-commune de Saint-Loup (indice

BSS : 464-2-7), de Villegeai-commune de Cours (indice BSS : 464-1-36) qui s'est révélé artésien à 5001/h, forage de la Tuilerie à Bitry (indice BSS : 464-3-11), forage de la Breauche (indice BSS: 464-5-24) où un débit de 35 à 40 m³/h a été rencontré vers la base de la formation. Un certain nombre d'ouvrages n'ont rencontré que des débits décevants ou nuls et de ce fait ont été abandonnés ou n'ont même pas été déclarés.

• Aquifère des calcaires oxfordiens et de la base du Kimméridgien

Ces calcaires, qui donnent des plateaux relativement secs, sont parcourus par des réseaux karstiques avec quelques exurgences au débit souvent important : sources de Favray, Fontbout, Crezan, Ciez, les Rabions.

- Seule cette dernière (indice BSS : 464-7-5) est captée pour l'alimentation en eau potable du Syndicat de Donzy-Perroy (1 930 habitants en 1990). Son débit était de 1700 m³/j lors des très basses eaux de septembre 1949. L'eau est de type hydrogénocarbonaté-calcique, moyennement minéralisée, dure à très dure (28 à 34 degrés Français). Les teneurs en nitrates assez élevées (20 à 47 mg/l) ont tendance à diminuer suite à l'application de mesures agri-environnementales avec diminution des intrants dans les périmètres de protection du captage. La turbidité est parfois élevée. L'eau subit un traitement de filtration et de désinfection.

- La source de Favray est utilisée pour l'irrigation par pompage direct dans l'émergence.

- Des forages ont recherché cet aquifère pour un usage agricole. Un certain nombre ont eu des résultats positifs et sont exploités pour l'irrigation. Ils sont référencés dans la BSS : 464-6-1, 464-6-4, 464-7-9, 464-7-10, 464-7-11, 464-7-12.

• Aquifère des calcaires du Jurassique moyen

Il s'agit des calcaires du Callovien et du Bathonien supérieur. L'aquifère karstique des calcaires calloviens, capté dans le Sud-Est de la feuille, l'est en fait indirectement à partir de la nappe superficielle circulant dans les terrains argilo-sableux à silixites résultant de la silicification-décalcification des premiers. Cette nappe est alimentée par surdrainance du karst.

- Deux captages sont concernés : la source des Bassots à Couloutre (indice BSS : 464-8-4), de débit (d'étiage ?) 345 m³/j, assurant l'alimentation de cette commune (227 habitants en 1990), et la Fontaine d'Antan à Donzy (indice BSS : 464-8-2), exploitée à hauteur de 350 m³/j (débit d'étiage de 1932) pour le réseau du Syndicat de Donzy-Perroy (voir ci-dessus).

Les eaux de type hydrogencarbonaté-calcique présentent une minéralisation peu accentuée à moyenne. Elles sont respectivement douces (18,8 à 19,6 degrés Français) et moyennement dures (21 à 22,8 degrés Français). Elles offrent de faibles teneurs en nitrates (9,7 à 17,6 mg/l et 0,6 à 7,3 mg/l), mais dans le premier cas, celles-ci sont en augmentation, comme la minéralisation (conductivité croissant de 277 à 489 mS/cm). La deuxième émergence présente parfois une turbidité élevée.

Le traitement subi est une désinfection.

- Des forages ont recherché l'eau de cet aquifère pour un usage industriel à Donzy (indice BSS : 464-7-8), pour un usage agricole à Villarnoux-commune de Donzy (indice BSS : 464-8-6).

• **Vulnérabilité à la pollution**

La nappe alluviale de la Loire est très vulnérable à la pollution par suite de l'absence ou de la très faible épaisseur du recouvrement argilo-limoneux et de sa réalimentation, induite par les captages en pompage, à partir des eaux de la Loire, en cas de pollution accidentelle de celle-ci.

Les aquifères des calcaires tithoniens ou oxfordiens sont encore plus vulnérables lorsqu'ils affleurent. Ils sont notamment très sensibles aux pollutions diffuses d'origine agricole.

Les aquifères les mieux protégés sont notamment :

- les calcaires tithoniens et hauteriviens sous recouvrement argileux ou argilo-sableux albin de la rive droite de la Loire et du secteur nord-ouest de la feuille,
- les Sables de la Puisaye sous recouvrement cénomanien à tertiaire en bordure de Loire dans les deux départements de la Nièvre et du Cher.

Ressources restant à exploiter

Les aquifères calcaires décrits ci-dessus pourraient être mieux exploités et la recherche gagnerait à être poursuivie dans les calcaires bathono-calloviens, oxfordiens, kimméridgiens et tithoniens qui constituent des réservoirs importants (cf. le paragraphe «Hydrométrie»), en évitant, le cas échéant, les zones d'affleurement, potentiellement vulnérables aux pollutions de surface. Précisons cependant que les recherches dans ces calcaires sont aléatoires ainsi que l'ont démontré les échecs enregistrés sur un certain nombre de forages effectués dans les formations oxfordiennes ou tithoniennes.

On devrait viser en priorité :

- en rive droite du Nohain et en s'éloignant vers le Nord-Est, les aquifères bathono-calloviens, puis oxfordiens et kimméridgiens sous recouvrement, par des forages d'une centaine de mètres de profondeur;
- les calcaires tithoniens sous recouvrement à l'Ouest et au Nord-Ouest de la feuille, dans le département de la Nièvre, qui pourraient être mieux exploités par des forages du même ordre de profondeur.

Les aquifères superposés de l'Albien (aquifère de sables et argiles inférieurs et des Sables de la Puisaye séparés par les Argiles de Myennes) de part et d'autre du Val de Loire et sous la plaine alluviale dans le fossé tectonique, constituent une réserve stratégique de bonne qualité dont l'usage devrait être réservé à l'alimentation en eau potable publique. Des forages, de 50 à 100 m de profondeur, pourraient atteindre ces niveaux mais leur captage serait vraisemblablement plus délicat étant donné la finesse de certains niveaux sableux.

Enfin, l'importante nappe des alluvions récentes de la Loire, très développée dans le département du Cher, offre vraisemblablement encore des possibilités qu'il conviendra de partager équitablement entre les besoins de l'agriculture et ceux de la fourniture d'eau potable aux collectivités. Pour cette dernière utilisation, le développement des gravières restreint les possibilités d'exploitation de la nappe en la rendant de plus en plus vulnérable.

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

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

Pratiquement tous les niveaux calcaires ont été exploités soit pour la construction, soit pour l'empierrement des chemins. Pour cette dernière activité on a aussi utilisé les silex de la craie qui sont, soit épars à la surface des champs, soit contenus dans les argiles à silex ou les formations résiduelles à galets de silex roulés.

Les craies marneuses du Cénomanien ont été employées pour amender les terres.

Pour la fabrication de briques et tuiles les argiles de Myennes ont été longuement exploitées dans la localité toponyme. Elles ont été et sont toujours extraites pour la poterie autour de Saint-Amand-en-Puisaye (feuille Saint-Fargeau).

Il faut enfin signaler des extractions très locales de minerai de fer, soit dans les argiles à silexites du Sud-Est de la feuille, soit dans les formations du Pliocène supérieur près de Bohême et Fontaine Morin au Sud de Cosne, soit enfin dans l'Hauterivien autour de Dampierre-sous-Bouhy dans le Nord de la feuille.

Sont actuellement utilisés :

- *les Calcaires oolitiques de La Charité* exploités pour le sciage dans la « carrière de Vergers » au SSW de Donzy et de temps en temps dans celle présente en bordure de la D 33 à l'Ouest de cette ville.

- *le sommet des Calcaires à polyptères massifs et en gerbes* ainsi que les *Calcaires oolitiques et bioclastiques terminaux* qui les surmontent, dans les grandes carrières de Jussy à Ciez. Ces niveaux fournissent des granulats et, du fait de leur grande pureté, des poudres de calcaires de différentes granulométries (de 4 à 2 700 μm) utilisées dans l'industrie.

- *les Argiles de Myennes*, désignées dans la région par le vocable de «terre à pots», extraites des carrières des Perchers (extrême nord et centre de la feuille). Elles sont employées par les potiers de Saint-Amand-en-Puisaye (immédiatement au Nord de notre feuille sur celle de Saint-Fargeau) pour la fabrication de grès (cuisson 1 300°C). Une partie de ces argiles, lavées et préparées en sacs, est expédiée sous le nom de « Terres de la Puisaye » à des potiers installés hors de la région.

- *les ocres, sous-jacents aux Argiles de Myennes* sont exploités d'une manière épisodique dans la carrière occidentale des Perchers. Sont extraits de ces minces horizons l'hématite et l'ocre jaune (que l'on peut transformer en ocre rouge par calcination). La partie supérieure des sables ocreux sous-jacents est également exploitée. Cette extraction d'ocre représente le reliquat d'une activité très ancienne et jadis très florissante dans la région (vers le milieu du XIX^e siècle plus de 1 000 tonnes d'ocres étaient traitées chaque année par l'usine de Neuivy-sur-Loire). D'anciennes exploitations par puits existaient à la Bergeatierie à environ 1 km au Sud de l'exploitation actuelle des Perchers.

- *les sables à graviers et galets des alluvions quaternaires de la Loire* (10 à 12 m d'épaisseur) extraits de gravières qui «trouent» littéralement la plaine alluviale. Ces sables de nature quartzo-feldspathique sont souvent assez grossiers et peuvent renfermer des horizons riches en graviers et galets de quartz, roches volcaniques et cristallines, silixites, chailles. Ces matériaux sont utilisés pour la construction et les travaux publics.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

BIBLIOGRAPHIE

- ABRARD R. (1950)-Géologie régionale du bassin de Paris. 1 vol., 397 p., Payot, Paris.
- ADLOFF M.C., COUREL L., GIOT D., LACOMBE P., MARTEAU P. (1987) - Forage scientifique de Sancerre-Couy (GPF). Terrains sédimentaires. Le Trias. Document du BRGM n° 136, p. 27-30.
- AUTRAN A., GERARD A., WEBER C. (1976) - La carte gravimétrique de la France. Exemples d'utilisation géologique. *Bull. Soc. géol. France.* (7), 18, p. 1119-1132.

- AUTRAN A., CASTAING C., DEBEGLIA N., GUILLEN A., WEBER C. (1986) - Nouvelles contraintes géophysiques et géodynamiques pour l'interprétation de l'anomalie magnétique du bassin de Paris : hypothèse d'un rift paléozoïque refermé au Carbonifère. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. II, p. 125-141.
- BERGERAT F. (1977) - La fracturation de l'avant-pays jurassien entre les fossés de la Saône et du Rhin. Analyse et essai d'interprétation dynamique. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, (2), vol. XIX, fasc. 4, p. 325-338.
- BERGERAT F. (1984) - La fracturation nivernaise : influences bourguignonnes et centraliennes sur la structuration du Nivernais. *Bull. inf. géol. bassin Paris*, vol. 21, n° 4, p. 27-31.
- BERGERAT F. (1985) - Déformations cassantes et champs de contraintes tertiaires dans la plate-forme européenne. Thèse doct. univ. P. et M. Curie (Paris), 315 p.
- BERGERAT F. (1987) - Paléo-champs de contrainte tertiaires dans la plate-forme européenne au front de l'orogène alpin. *Bull. Soc. géol. France*, (8), 3, p. 611-620.
- BERGERAT F., MUGNIER J.L., GUELLEC S., TRUFFERT C., CAZES M., DAMOTTE B., ROURE F. (1990) - Extensional tectonics and subsidence of the Bresse basin : an interpretation from ECORS data. *Mém. Soc. géol. France*, 156, p. 145-156.
- BERNARD P. (1988) - La plate-forme carbonatée niverno-icaunaise à l'Oxfordien supérieur et au Kimméridgien inférieur. Thèse doct., univ. Dijon, 193 p., 77 fig., 4 pl.
- BIGOT M., LOUAT O., HUBERT F. (1969) - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Léré (463). Orléans : BRGM. Notice explicative par M. Bigot (1969), 20 p.
- BLÈS J.L., BONJOLY D., CASTAING C., GROS Y. (1989) - Successive post-Variscan stress fields in the French Massif Central and its borders (western European plate) : comparison with geodynamic data. *Tectonophysics*, 169, p. 79-111.
- BOURQUIN S., VAIRON J., LE STRAT P. (1997) - Three dimensional evolution of the Keuper of Paris basin based on detailed isopach maps of the stratigraphic cycles : tectonic influences. *Geol. Rundsch*, 86, p. 670-685.
- BRUNET M.F. (1981) - Étude quantitative de la subsidence du bassin de Paris. Thèse univ. P. et M. Curie, Paris VI, *Mém. Sci. Terre*, n° 81, 21, 161 p.
- CHABERT C., COUTURAUD A. (1986) - La Nièvre des grottes et des rivières souterraines. Camosine (Nevers).
- COUREL L., FEUILLEE P., SEDDOH F., TRESCARTES J., RAT P. (1972) - Les sables albiens dans le sud-est du Bassin parisien. Analyse sédimentologique. Essai paléogéographique. *Rev. de Géog. phys. et de géol. dyn.*, vol. XIV, fasc. 2, p. 171-188, 1 pl. h.t.

- DEBEGLIA N., DEBRAND-PASSARD S. (1980) - Principaux accidents issus des corrélations entre les données de géophysique et les données de terrain (au sens large), dans le Sud-Ouest du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. France.*, (7), 22, n° 4, p. 639-645.
- DEBRAND-PASSARD S., MENOT J.C. (1979) - Caractères sédimentologiques du Jurassique supérieur dans le sud du bassin de Paris. *In* Symposium « Sédimentation jurassique W européen », ASF, Publication spéciale n° 1.
- DEBRAND-PASSARD S., GROS Y. (1980) - La facturation de la Champagne berrichonne. *Bull. Soc. géol. France* (7), 22, n° 4, p. 647-653.
- DEBRAND-PASSARD S., FLEURY R., LABLANCHE G., DEBEGLIA N. (1989) — Néotectonique de la Sologne et de la Champagne berrichonne (Sud du bassin de Paris). Apports et problèmes liés à l'utilisation du chevelu hydrographique. *Bull. Assoc.fr. étude Quaternaire*, n° 3, p. 137-151, 10 cartes.
- DEBRAND-PASSARD S., GROS Y., LABLANCHE G., MENOT J.C, avec la collaboration de CLOZIER L., TOURENQ J, (1992) - Âge, genèse et évolution du fossé de la Loire : nouvelle approche stratigraphique, morphologique et structurale. *Bull. inf. géol. bassin Paris*, vol. 29, n°4, p. 63-74, 7 fig.
- DELANCE J.H., INGARGIOLIA J.F., LABLANCHE G., MENOT J.C, ROY B., DEBRAND-PASSARD S., CLOZIER L. (1987) - Cart. géol. France (1/50000), feuille Nevers (521). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.H. Delance, G. Lablanche, L. Clozier et coll. (1987), 55 p.
- DENIZOT G. (1927) - Les formations continentales de la Région orléanaise. *Ann. Fac. sci. Marseille*, IIème s., t. III, 582 p., 34 fig., 12 pl.
- DESTOMBES P., DESTOMBES J.P. (1965) - Distribution zonale des Ammonites dans l'Albien du bassin de Paris, *In* Colloque sur le Crétacé inférieur (1963). Mém. BRGM, n° 34, p. 256-269.
- DONADIEU J.P. (1976) - Données nouvelles sur les formations de l'Eocène continental (Bartonien au sens large) du Sud-Ouest du Bassin parisien : les dépôts de Brenne et des confins du Poitou. *Bull. Soc. géol. France.*, (7), 18, p. 1647-1658, 8 fig.
- GIGOUT M., CADET J.P., MICHAUD J.P., MONCIARDINI C (1981) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Fargeau (433). Orléans : BRGM.
- GROSSOUVRE A. (de) (1905) - Feuille de Bourges au 1/320 000. Comptes rendus des collaborateurs. Age des calcaires lacustres du Poitou et du Berry, p. 39-40.
- GUILLOCHEAU F., ROBIN C, ALLEMAND P., BOURQUIN S., BRAULT N., DROMART G., FRIEDENBERG R., GARCIA J.P., GAILIER J.M., GAUMET F., GROSDOY B., HANOT F., LE STRAT P., METTRAUX M., NALPAS T., PRIJAC C, RIGOLLET C, SERRANO O., GRANDJEAN G., (2000) - Meso-Cenozoic geodynamic evolution of the Paris Basin : 3D stratigraphic constraints. *Geodinamica Acta* 13, p. 189-246.

- HAMIDI MOHAMAD (1989) - Hydrogéologie et géophysique appliquées. Écoulement et drainage dans les formations carbonatées du bassin du Nohain (Nièvre). Thèse doct., univ. Paris VI, 145 p., 101 fig., 1 tabl., annexes.
- HERITIER F., VILLEMEN J. (1971) - Mise en évidence de la tectonique profonde du bassin de Paris par l'exploration pétrolière. Bull. BRGM, (2), 1,p. 11-30, 1 pl.
- JODOT P. (1912) - Sur la présence d'un bassin lacustre Bartonien aux environs de Cosne (Nièvre). *C.R. Som. S.G.F.*, n° 12, p. 86-87.
- JODOT P., LEMOINE P. (1913) - Sur l'existence d'une faille sur la rive droite de la Loire, à hauteur de Cosne. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 157, p. 454.
- LABLANCHE G. (1998) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Prémery (495). Orléans : BRGM. Notice explicative par G. Lablanche et J.Delfour (1998), 98 p.
- LEROUGE G. (1984) - Contribution à l'étude de la facturation du Nord-Ouest du Massif central et du Sud du bassin de Paris (France). Thèse 3^e cycle, Orléans, 294 p.
- LEROUGE G., FREYTET P., LORENZ C, LORENZ J. (1986) - Proposition d'une chronologie des événements tectoniques, sédimentaires et morphologiques néogènes et quaternaires dans le Sud du bassin de Paris et le Nord-Ouest du Massif central français. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 303, sér. II, n° 19, p. 1749-1752.
- LORENZ J., LORENZ C, BERGERAT F., BERBARD P., MENOT J.C. (1985)- Etudes structurales et sédimentologiques sur la couverture mésozoïque de la partie méridionale de l'anomalie magnétique du bassin de Paris ; rapports entre le sous-bloc biturige, le fossé de la Loire et le bloc bourguignon (GPF2, thème 2). Documents BRGM, n° 212, p. 137-149.
- LOUVRIER M., MARGAT J. (1983) - France. Précipitations efficaces moyennes annuelles (1946-1976). Rapport BRGM 83 SGN 003 EAU, 40 p., 6 fig., 1 tabl., 1 pl.h.t.
- LUCOTTE G. (1978) - Les « argiles à chailles » de la région de Nevers et La Charité-sur-Loire. Mém. D.E.A., univ. Dijon, 55 p., 1 pl., 15 p. annexes.
- MATTAUER M., BRUNEL M., MATTE P. (1988) - Failles normales et grands chevauchements. Une nouvelle analogie entre l'Himalaya et la chaîne hercynienne du Massif central français. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 306, série II, p. 671-676.
- MEGNIEN C. (éd.) (1980) - Synthèse géologique du bassin de Paris. Mém. BRGM, n° 101, 102, 103.
- MEGNIEN C, MEGNIEN F., TURLAND M., VILLALARD P., avec la collaboration de BERGER G., MARQUET G., RAMPON G. (1971) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Vermenton (435), Orléans : BRGM. Notice explicative par F. Mégnién, M. Turland (1971), 22 p.

- MEGNIEN C., MEGNIEN F., TURLAND M., VILLALARD P. (1972) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Courson-les-Carières (434). Orléans : BRGM. Notice explicative par C. Mégnién, F. Mégnién, M. Turland, P. Villalard (1972), 22 p.
- MENNESSIER G., LEDIER J. (1990) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Clamecy (465), Orléans : BRGM. Notice explicative par S. Debrand-Passard, A. Lefavrais-Raymond avec la collaboration de J. Cornet (1990), 43 p.
- MENOT J.C., RAT P. (1967) - Sur la structure du complexe récifal jurassique supérieur dans la vallée de l'Yonne. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 264, p. 2620-2623.
- MENOT J.C. (1967) - La formation de base du complexe récifal du Jurassique supérieur de la vallée de l'Yonne. *C.R. Som. S.G.F.*, 1, p. 13-14.
- MENOT J.C. (1974) - Sur l'organisation du système récifal inférieur oxfordien aux confins de l'Yonne et de la Nièvre. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 278, p. 1459-1462.
- MENOT J.C. (1980) - Jurassique supérieur - Bourgogne et Jurassique supérieur - Développement des formations récifales. In Mégnién C. (éd.). Synthèse géologique du bassin de Paris. Mém. BRGM, n° 101, p. 206-210 et 245-251.
- MENOT J.C. (1991) - Les formations d'âge oxfordien dans la vallée de l'Yonne. In Sédimentation, diagenèse et séquences de dépôt dans les séries carbonatées de la plate-forme d'âge bathonien à oxfordien en Bourgogne. Livret-guide de l'excursion, 27-28-29 juin 1991. Mém. ASFⁿ 14, p. 123-167.
- MENOT J.C., CLOZIER L., DEBRAND-PASSARD S., LABLANCHE G., LE NINDRE Y.M., INGARGIOLIA J.F., ROY B. (1997) - Carte géol. France (1/50 000), feuille La Charité-sur-Loire (494). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.C. Menot, S. Debrand-Passard, L. Clozier, Y. Gros et coll. (1997), 107 p.
- NIGON P. (1988) - La fluorine stratiforme de la bordure du Morvan : géologie, géochimie et modélisation. Thèse univ. Orléans, 252 p.
- ORANGE A. (1985) - Étude de deux systèmes aquifères contrastés en terrains carbonatés du nord-ouest de la Nièvre. Aspects hydro-dynamiques et hydro-chimiques. Thèse 3^e cycle, univ. Orléans, 267 p., 77 fig., 38 tabl.
- PERNET O. (1983) - La transgression de la base du Crétacé sur la bordure Sud-Est du bassin de Paris (Valanginien - Hauterivien - Barrémien). Stratigraphie, sédimentologie. Thèse 3^e cycle, univ. Dijon, 124p., 55 fig., 2 pl. h.-t.
- PERREAU M. (1960) - Contribution à l'étude du Jurassique supérieur des environs de Cosne (Nièvre). D.E.S., univ. Paris, 58 p., 11 pl.
- PERRODON A., ZABEK J. (1990) - Paris basin. Interior cratonic basin, Perrodon et Zabek ed. *Am. Assoc. Petr. Geol. Mem.*, 51, p. 633-679.

- PETITFILS B. (1981) - Étude d'un système aquifère complexe dans les calcaires du Jurassique de la Nièvre. Aspect hydrodynamique, hydrochimique et géophysique. Thèse 3^e cycle, univ. Orléans, 172p., 58 fig., 19 tabl., 12 annexes.
- RAT P. (1987a) - Y avait-il un Bassin parisien à l'ère secondaire 1 *In* Aspect et évolution géologiques du Bassin parisien, Cavelier C. et Lorenz J. coord., *Bull. inf. géol. bassin Paris*, mém. h.-s. n° 6, p. 13-18.
- RAT P. (1987b) - La Bourgogne structure positive post-hercynienne. *In* Aspect et évolution géologiques du Bassin parisien, Cavelier C. et Lorenz J. coord., *Bull. inf. géol. bassin Paris*, mém. h.-s. n° 6, p. 144-165.
- RAT P., FLOQUET M., MENOT J.C., PASCAL A. (1985) - La sédimentation carbonatée néritique dans la genèse et l'aménagement de la morphologie sous-marine. *Bull. de la sect. des Sciences*, t. IX, p. 93-114.
- RAT P., DAVID B., MAGNIEZ-JEANNIN F., PERNET O. (1987) - Le golfe du Crétacé inférieur sur le Sud-Est du Bassin parisien : milieux (échinides, foraminifères) et évolution de la transgression. *Mém. géol. Univ. Dijon*, n° 11 (Colloque sur les transgressions au Crétacé).
- REMOND C. ET COLL. (1992) - Notice explicative de la feuille Saint-Seine-l'Abbaye à 1/50 000. Éditions du BRGM.
- REYRE D. (1943) - Les faciès du Séquanien dans le Nord de la Nièvre. *Bull. Soc. géol. France.*, (5), 13, n° 4-5-6, p. 241-259.
- ROBIN G. (1984) - Etude structurale par géophysique dans le bassin hydrogéologique du Nohain (Nièvre). Application de la méthode magnétotellurique à la détection d'écoulements souterrains en milieu carbonaté fissuré. Thèse 3^e cycle, univ. Paris VI, 168 p., 73 fig, 27 p. annexes.
- ROBIN C. (1995) - Mesures stratigraphiques de la déformation : application à l'évolution jurassique du bassin de Paris. Thèse univ. Rennes 1, 293 p.
- ROY B. (1983) - Géologie, géophysique, hydrogéologie des formations d'âge jurassique moyen dans le Nord-Ouest de la Nièvre. Thèse 3^e cycle, univ. Dijon, 174 p., 39 fig.
- SIMON-COINÇON R., THIRY M. (1995) - Carrière Hanniet, Les Roches, Tracy. *Bull. inf. géol. bassin Paris*, vol. 32, n° 4, p. 77-83.
- TOURENQ J. (1989) - Les sables et argiles du Bourbonnais (Massif central, France) : une formation fluvio-lacustre d'âge pliocène supérieur. Étude minéralogique, sédimentologique et stratigraphique. Thèse doct., univ. Paris VI, 320 p.
- TRESCARTES J. (1971)) - Les sables albiens de part et d'autre du seuil de Bourgogne. Thèse 3^e cycle, univ. Dijon, 125 p., 10 pl., 2 cartes.

WEBER C. (1973) - Le socle anté-triasique sur la bordure sud du bassin de Paris d'après les données de la géophysique. *Bull. BRGM*, sect. II, n° 3 et 4, p. 219-343.

ZIEGLER P.A. (1988) - Post-Hercynian plate reorganisation in the Tethys and Arctic-North Atlantic. In Manspeizer ed. Triassic-Jurassic Rifting : continental breakup and the origin of the Atlantic ocean and passive margins. *Develop. Geotectonics*, 22 ; Elsevier, Amsterdam, p. 1-27.

Documents consultés

- Carte géologique des formations superficielles à 1/50 000 et notice par M. Gigout (inédit).
- Carte géologique de la France à 1/80 000, feuille Clamecy : 1^{re} édition (1886) par Potier ; 2^e édition (1945) par P. Jodot et P. Lemoine ; 3^e édition (1965), réédition sans modifications de la 2^e édition.
- Carte géologique de la France à 1/320 000, feuille Bourges : 1^{re} édition (1935) par P. Lemoine et P. Jodot ; 2^e édition (1968) par J. Labourguigne.
- Carte géologique de la France à 1/50 000, feuille Saint-Fargeau (1981) par M. Gigout, J.P. Cadet, J.P. Michaud et C. Monciardini.
- «Atlas de la Région Bourgogne». Centre d'Etudes Régionales de Bourgogne et Section Géographie de l'université de Bourgogne. DATAR. 1978.
- « Etat des connaissances sur les ressources en eaux souterraines de la Région Bourgogne en 1978», par P. Rat, M. Amiot, J.C. Menot et M. Chapelard. Université de Bourgogne. Comité Technique de l'Eau de Bourgogne.
- «Qualité des eaux distribuées dans la Nièvre». DDASS de la Nièvre. Service Hygiène du Milieu. Préfecture de la Nièvre, 1990.
- Fichiers des analyses d'eaux brutes des captages publics de la DDASS de la Nièvre (Nevers).
- Fichiers des analyses d'eaux brutes des captages publics de la DDASS du Cher (Bourges).
- Fichier des prélèvements d'eau souterraine publics (année 1988) de l'agence de bassin Loire-Bretagne (Orléans).
- «Le patrimoine des communes de la Nièvre. Bourgogne», (1999), 2 tomes, 1095 p., Éditions Flohic, Charenton-le-Pont.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

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

- pour le département de la Nièvre, au Service géologique régional Bourgogne, parc technologique, 3 avenue Jean-Bertin, 21100 Dijon ;
- pour le département du Cher, au SGR Centre, avenue Claude-Guillumin, 45100 Orléans ;

- ou encore au BRGM, Maison de la Géologie, 77 rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

Les collections de fossiles sont archivées au Centre des Sciences de la Terre, Université de Bourgogne, 6 bd Gabriel, 21000 Dijon.

DÉTERMINATIONS PALÉONTOLOGIQUES ET ANALYSES

- *Ammonites* : Didier MARCHAND et Jacques THIERRY, respectivement maître de conférences et professeur à l'université de Bourgogne (Dijon) pour le Jurassique moyen et l'Oxfordien. Henri TINTANT, Professeur émérite à l'université de Bourgogne pour le Kimméridgien.

- *Brachiopodes* : Jean-Henri DELANCE et Jean-Pierre GARCIA, respectivement maître de conférences et chargé de recherche au CNRS à l'université de Bourgogne (Dijon), pour le Jurassique moyen. Annick BOUILLIER, maître de conférences à l'université de Franche-Comté (Besançon) pour le Jurassique supérieur.

- *Foraminifères* : Françoise MAGNIEZ-JEANNIN, chargée de recherche au CNRS, université de Bourgogne (Dijon) et Christian MONCIARDINI, ingénieur géologue au BRGM (Orléans).

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

- *Minéraux lourds* : Josette TOURENQ, Laboratoire de Géologie des Bassins Sédimentaires, université Paris VI.

- *Microfaciès du Jurassique* : Jean-Claude MENOT, maître de conférences à l'université de Bourgogne (Dijon).

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par :

- Jean-Claude MENOT, maître de conférences à l'université de Bourgogne (Dijon) ;

- Léopold CLOZIER, ingénieur géologue au BRGM, Orléans, pour les terrains tertiaires et quaternaires ;

- Didier BONIJOLY et Jean-Claude MENOT pour le chapitre tectonique ;

- Jacques CORNET, ingénieur géologue au BRGM, Dijon a écrit le chapitre hydrogéologie, avec quelques ajouts de J.C. MENOT.

ANNEXES

COUPES RÉSUMÉES DE SONDAGES INÉDITS

Présentation au CCGF : 12 mai 2000

Acceptation de la carte et de la notice : 9 janvier 2001

Impression de la carte : 2001

Impression de la notice : 2001

COSNE - Stade

x = 644,2 ; y = 2268,875 ; z = 143

Code BSS : 464-5-34

| | | |
|--|--|--|
| 0 à 1,0 m | Remblais | |
| 1 à 3 m 3 à 5 m 5 à 6 m | Sable fin et argile limoneuse grisâtre Sable fin à grossier argileux Sable, graviers, galets | <i>Alluvions actuelles</i> |
| 6 à 22,5 m | Argile noire plastique | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |
| 22,5 à 26 m 26 à 29 m 29 à 30 m 30 à 32,5 m | Sable fin, jaune, argileux Sable jaune à blanc, fin à moyen, propre Argile jaune-ocre et sable grossier Argile ocre finement sableuse | <i>Sables et argiles inférieurs Albien inférieur</i> |
| 32,5 à 40 m | Marnes brunes à débris ferrugineux Présence d'oolites ferrugineuses | <i>Hauterivien</i> |
| 40 à 46 m 46 à 60 m | Calcaire gris-bleu, micritique, à passées marneuses Calcaire beige à blanc, micritique | <i>Tithonien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : B. ROY et J.C. MENOT

COSNE - Stade

x = 644,2 - y = 2268,8 - z = 143

Code BSS : 464-5-33

| | | |
|--|---|--|
| 0 à 2,5 m | Remblais | |
| 2,5 à 3,5 m 3,5 à 5,0 m 5,0 à 6,5 m 6,5 à 6,7 m | Limon argileux noir finement sableux Sables et graviers argileux Sables, graviers, galets Galets et blocs siliceux | <i>Alluvions actuelles</i> |
| 6,7 à 7,6 m | Calcaire blanc, dur | <i>Calcaire lacustre Lutétien</i> |
| 7,6 à 10 m | Argile noire | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : B. ROY et J.C. MENOT

Autres forages autour du stade

Six autres forages réalisés fournissent à quelques variantes près des successions comparables. Les différences essentielles sont :

- l'épaisseur des alluvions 6,5 à 7 m à l'Ouest du stade (x= 644,2) ; 5,5 m à l'Est du stade (x= 644,325) ;
- l'absence de calcaire lacustre. Les alluvions reposent toujours sur des argiles noires (Argiles de Myennes).

LES LOGES commune de SAINT-LOUP
Près LE GUÉ DES SAULES

x = 649,65 ; y = 2275,9 ; z = 228

Code BSS : 464-2-7

| | | |
|-------------|--|--|
| 0 à 20 m | Argiles noires avec nodules ferrugineux | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |
| 20 à 28 m | Argiles très finement sableuses jaunâtres avec de minces horizons de grès ferrugineux | <i>Sables et argiles inférieurs</i> <i>Albien inférieur</i> |
| à 29 m | Grès ferrugineux avec grains de quartz grossiers plus sable blanc très fin | |
| 29 à 30 m | Argile rouge lie-de-vin, débris de grès jaunâtre | |
| 30 à 33 m | Argile noire avec pyrite | |
| 33 à 35 m | Progressivement argile sableuse brunâtre à bronze | |
| 35 à 37,5 m | Argile brunâtre à noire très plastique | |
| 37,5 à 40 m | Argiles brunes avec oolites ferrugineuses | <i>Hauterivien</i> |
| 40 à 41 m | Argile et marnes blanches à débris ferrugineux | |
| 41 à 42,5 m | Calcaire gris bleuté et marnes à oolites ferrugineuses | |
| 42,5 à 46 m | Calcaire micritique ou plus ou moins bioclastique, blanc grisâtre, avec quelques niveaux marneux | <i>Calcaire du Barrois</i> |
| 46 à 54 m | Calcaire micritique blanc grisâtre avec niveaux marneux en augmentation | <i>Tithonien inférieur</i> |
| 54 à 61 m | Alternance calcaire micritique et marne | |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

N.B. Les argiles finement sableuses, jaunâtres, minces horizons de grès ferrugineux (20 à 28 m) peuvent, peut-être, être rattachées aux Argiles de Myennes.

LES LOGES commune de SAINT-LOUP

x = 649,625 ; y = 2275,45 ; z = 236

Code BSS : 464-2-8

| | | |
|-----------|--|--|
| 0 à 8 m | ? | |
| 8 à 10 m | Argiles sableuses ocre | <i>Sables et argiles inférieurs Albien inférieur</i> |
| 10 à 12 m | Argiles sableuses lie-de-vin feuilletées | |
| 12 à 30 m | Argiles plus ou moins sableuses brunes, ocre, beiges avec passées de sables parfois grésifiés | |
| | | |
| 30 à 32 m | Argile et calcaire beiges | <i>Hauterivien</i> |
| 32 à 34 m | Calcaire blanc à passées rouille | |
| 34 à 42 m | Calcaire gris-blanc à gris bleuté avec passées marneuses à la base | <i>Calcaire du Barrois Tithonien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

MYENNES

x = 645,15 ; y = 2272,3 ; z = 164

Code BSS: 464-1-38

| | | |
|---|--|---|
| 0 à 8 m 8 à 9 m | Argile noire Argile brun foncé veinée de rouge, noire à la base, quelques horizons gréseux | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |
| 9 à 10 m 10 à 12 m 12 à 16 m 16 à 18 m 18 à 24 m 24 à 29 m à 29 m | Argile grise et sable grossier blanc Sable brun et argile noire Sable plus ou moins argileux, glauconieux avec passées d'argile noire Argile noire Sable blanc ou crème plus ou moins grésifié Argile sableuse ocre Grès friable verdâtre clair | <i>Sables et argiles inférieurs Albien inférieur</i> |
| 29 à 35 m | Marnes noires ou grises, parfois rouille, avec oolites ferrugineuses ; calcaires rouille à la base | <i>Hauterivien</i> |
| 35 à 37 m | Calcaire micritique gris-bleu | <i>Calc. du Barrois Tithonien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

VILLEGEAI commune de COURS

x = 646,925 ; y = 2272,45 ; z = 182

Code BSS : 464-1-36

| | | |
|---|---|--|
| 0 à 1 m 1 à 2 m 2 à 5,6 m | Terre végétale Galets de silex et de calcaire avec matrice sablo-argileuse Silex et un peu de sable | <i>Résiduel</i> <i>Crétacé</i> |
| 5,6 à 11,5 m 11,5 à 32 m 32 à 33 m 33 à 34 m | Argile ocre faiblement sableuse Argile noire Niveau plus sableux, coquillier Argile noire | <i>Argiles de Myennes</i> <i>Albien inférieur</i> |
| 34 à 46,2 m 46,2 à 50,8 m 50,8 à 53,7 m | Sables et argiles noires Sables avec passées d'argile noire Argile noire devenant marron vers le bas | <i>Sables et argiles</i> <i>inférieurs</i> <i>Albien inférieur</i> |
| 53,7 à 57 m | Pas d'échantillons | |
| 57 à 60 m | Marnes marron puis calcaire très tendre avec oolites ferrugineuses | <i>Hauterivien</i> |
| 60 à 68 m 68 à 69 m 69 à 78 m 78 à 81 m | Calcaire micritique blanc-gris ou beige Marnes grises Calcaire micritique gris Marnes gris bleuté | <i>Calcaire du Barrois</i> <i>Tithonien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

COURS

x = 647,25 ; y = 2271,1 ; z = 193

Code BSS : 464-1-37

| | | |
|------------|---|--|
| 0 à 0,8 m | Terre végétale | <i>Crétacé remanié</i> |
| 0,8 à 14 m | Argile sableuse gris-beige ou jaune-ocre ou rouille | |
| Vers 14 m | Présence de silex très usés | |
| 14 à 20 m | Argile plastique gris-noir | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

COURS près de CARRÉ CHARBONNIER

x = 648,4 ; y = 2271,75 ; z = 224

Code BSS : 464-2-9

| | | |
|-----------|--|---|
| 0 à 2 m | ? | <i>Calcaire du Barrois Tithonien inférieur</i> |
| 2 à 6 m | Calcaire micritique gris | |
| 6 à 10 m | Alternance calcaire micritique gris et marne | |
| 10 à 12 m | Marnes grises | <i>Marnes et calcaires à Nanogyra virgula</i> |
| 12 à 14 m | Marne et calcaire micritique gris | |
| 14 à 16 m | Marnes gris-noir avec lumachelles à huîtres | |
| 16 à 18 m | Marnes gris-noir | |
| 18 à 20 m | Marnes gris-noir avec lumachelles à huîtres | |
| 20 à 23 m | Marnes à rares débris lumachelliques ; niveau un peu plus calcaire entre 21 et 22 m | |
| 23 à 24 m | Marnes noires | <i>Kimméridgien inférieur et supérieur</i> |
| 24 à 26 m | Calcaire bioclastique lumachellique | |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

PARIGNY commune ALLIGNY-COSNE

x = 652,45 ; y = 2269,45 ; z = 231

Code BSS: 464-6-11

| | | |
|---------------|--|---|
| 0 à 3,8 m | Limon fin, brun à gris-bleu | <i>Limon superficiel</i> |
| 3,8 à 8 m | Alternance calcaire micritique gris-beige et marne | <i>Marnes et calcaires à Nanogyra virgula Kimméridgien inf. et sup.</i> |
| 8 à 14 m | Marne grise ou gris-bleu | |
| 14 à 18 m | Calcaire argileux, beige, tendre | |
| 18 à 23,5 m | Alternance calcaire micritique gris et marne beige | |
| 23,5 à 30,5 m | Calcaire micritique, blanc, tendre | <i>Calcaires de Villiers Kimméridgien inférieur</i> |
| 30,5 à 31 m | Argile beige-ocre | |
| 31 à 51,7 m | Calcaire micritique, blanc à jaunâtre à passées rouille, fissuré | |
| 51,7 à 59,5 m | Calcaire crayeux blanc à débris d'organismes | <i>Calcaire de Tonnerre</i> |
| 59,5 à 69 m | Calcaire micritique ocre à rouille fissuré | <i>Oxfordien supérieur</i> |
| 69 à 76 m | Calcaire crayeux blanc à débris d'organismes | |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

POUGNY

x = 651,0 ; y = 2266,0 ; z = 192

Code BSS : 464-6-10

| | | |
|--|--|---|
| 0 à 0,6 m | Terre végétale | |
| 0,6 à 6 m | Calcaire micritique gris avec quelques passées marneuses | <i>Marnes et calcaires à N. virgula Kimméridgien inf. et sup.</i> |
| 6 à 12 m 12 à 29 m 29 à 41,5 m | Calcaire oolitique brunâtre avec petits galets de calcaire à bords verdis Calcaire micritique gris un peu marneux Calcaire micritique gris | <i>Calcaires de Villiers Kimméridgien inférieur</i> |
| 41,5 à 43 m 43 à 72 m 72 à 81 m 81 à 94 m | Calcaire micritique beige avec quelques oolites et petits oncoïdes bruns Calcaire oolitique blanc un peu crayeux Calcaire micritique jaunâtre, compact Calcaire micritique gris | <i>Calcaire de Tonnerre Oxfordien supérieur</i> |

Lever, description et interprétation : J.C. MENOT

VILLARNOUX commune de DONZY

x = 662,05 ; y = 2 264,65 ; z = 198

Code BSS : 464-8-6

| | | |
|------------------------|--|---|
| 0 à 8 m 8 à 10 m | Argile brun rougeâtre avec galets de silexite Argile blanchâtre avec galets de silexite | <i>Altérites jurassiques</i> <i>Argiles à silexites</i> |
| 10 à 24 m | Calcaire à grain fin, micritique ou finement pelloïdal, beige jaunâtre ou grisâtre, faiblement silicifié | <i>Callovien</i> <i>inférieur et moyen</i> |
| 24 à 39 m 39 à 41 m | Alternance de calcaire très finement bioclastique et de marnes grisâtres ou beige Calcaire micritique ou très finement bioclastique | <i>Marnes et calcaires</i> <i>à Collyrites</i> <i>Callovien inférieur</i> |
| 41 à 44 m | Calcaire bioclastique (grainstone), crinoïdique | <i>Bathonien supérieur</i> |

Lever, description et interprétation : J.C. MENOT et B. ROY

LES FONTAINES commune de SUILLY-la-TOUR

x = 656,25 ; y = 2 261,0 ; z = 172

Code BSS : 464-7-12

| | | |
|-----------|---|--|
| 0 à 14 m | Alternance marnes beiges - calcaires micritiques plus ou moins argileux, beiges | <i>Marnes et calcaires argileux de Crézan- Les Fontaines</i> |
| 14 à 17 m | Calcaire argileux et marnes gris-bleu | <i>Oxfordien supérieur</i> |
| à 17 m | Calcaire oolitique dur, jaunâtre, avec grains ferruginisés à la périphérie | <i>Calcaire oolitique de La Charité</i> |
| 17 à 22 m | Calcaire oolitique, fin à grossier, beige à jaunâtre, fissuré | |
| 22 à 30 m | Calcaire finement oolitique grisâtre | <i>Oxfordien supérieur</i> |

Arrivées d'eau à 14 m et en dessous de 17 m

Niveau statique : 2,10 m

Essais 200 m³/h - Rabattement de 0,70 m

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

LES FONTAINES commune de SUILLY-la-TOUR
Lieu-dit les Champs de Chaumont

x = 655,8 ; y = 2 261, 55 ; z = 178

Code BSS : 464-7-11

| | | |
|--------------------------|---|--|
| 0 à 10,5 m | Calcaire micritique gris | <i>Calcaire de Cravant Oxfordien sup.</i> |
| 10,5 à 14 m 14 à 20 m | Alternance calcaire argileux-marne Calcaire micritique gris avec quelques passées marneuses | <i>Marnes et calcaires argileux de Crézan– Les Fontaines Oxfordien supérieur</i> |
| 20 à 27 m 27 à 33 m | Calcaire argileux et marnes Calcaire micritique gris | <i>Calcaire de Vermenton Oxfordien supérieur</i> |
| 33 à 65 m | Mélange calcaire finement oolitique à ciment micritique et calcaire micritique | <i>Oolite de La Charité Oxfordien supérieur</i> |
| 65 à 78 m 78 à 81 m | Calcaire à grain fin plus ou moins glauconieux Calcaire à grain fin faiblement argileux | <i>Oxfordien moy. puis sup.</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

LES BUFFATS commune de DONZY

x = 656,0 ; y = 2 263, 85 ; z = 182

Code BSS : 464-7-10

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| 0 à 6 m | Alternance marne gris-beige et calcaire micritique jaune-beige | <i>Marnes et calcaires argileux de Crézan- Les Fontaines Oxfordien supérieur</i> |
| 6 à 14 m 14 à 22 m | Calcaire oolitique et bioclastique plus ou moins grossier Calcaire beige finement oolitique | <i>Calcaires oolitiques de La Charité Oxfordien supérieur</i> |
| 22 à 28 m 28 à 46 m 46 à 50 m | Calcaire à grain fin gris bleuté ou jaunâtre Calcaire à grain fin gris bleuté Alternance calcaire à grain fin - calcaire argileux | <i>Oxfordien moy. puis sup.</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

FONTENOY commune de SUILLY-la-TOUR
Lieu-dit le Champ des Vignelles

x = 654,30 ; y = 2 261, 90 ; z = 175

Code BSS : 464-6-4

| | | |
|---------------|---|--|
| 0 à 4 m | Calcaire beige blanchâtre lithographique avec quelques polypiers | <i>Calcaire de Tonnerre</i> <i>Oxfordien supérieur</i> |
| 4 à 14 m | Calcaire blanc crayeux à débris coquilliers et polypiers. Fissures remplies d'argile ocre | |
| 14 à 25,5 m | Calcaire oolitique jaunâtre fissuré | <i>Oolite de</i> <i>Sully-la-Tour</i> <i>Oxfordien supérieur</i> |
| 25,5 à 27,5 m | Calcaire lithographique beige à rares oolites | |
| 27,5 à 41,5 m | Calcaire oolitique et bioclastique grossier très fissuré, avec passées (vers 36, 38 et 40 m) de calcaire micritique plus dur avec fines oolites | |

Arrivées d'eau à partir de 16,80 m

Beaucoup d'éboulements entre 34 et 37 m, avec venues d'eau importantes

Niveau statique : 15,50 m

Pompage d'essai à 200 m³/h provoque rabattement inférieur à 1 m.

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

LE MANOIR commune de DONZY

x = 654,8 ; y = 2 264, 15 ; z = 169

Code BSS : 464-7-9

| | | |
|--------------------------------------|---|---|
| 0 à 2,5 m | Terre végétale et alluvions | |
| 2,5 à 5 m 5 à 10 m 10 à 16,5 m | Calcaire oolitique brun Calcaire brun, oolitique et bioclastique avec intercalation d'horizons marneux Idem, mais plus marneux | <i>Calcaires de Bazarnes</i> <i>Oxfordien supérieur</i> |
| 16,5 à 74 m | Aucune remontée d'échantillons | |
| 74 à 84 m 84 à 88 m | Calcaire gris à grain fin (et ponctuations noires de 74 à 76 m), légèrement marneux Passage très marneux | <i>Calcaires de Vermenton</i> <i>Oxfordien supérieur</i> |

D'après la diagraphie gamma-ray la succession serait la suivante :

- 1) - 0 à 1,5 m - Alluvions argileuses
- 2) - 1,5 à 12,6 m - Calcaires avec intercalations plus argileuses
- 3) - 12,6 à 16,5 m - Passage plus marneux
- 4) - 16,5 à 32,8 m - Calcaires
- 5) - 32,8 à 42 m - Alternances marnes, calcaires argileux, calcaires francs
- 6) - 42 à 53,6 m - Calcaires, calcaires argileux et horizons de marnes
- 7) - 53,6 à 67,5 m - Idem, mais plus riche en marnes
- 8) - 67,5 à 77,1 m - Marnes

Interprétation :

- 2 et 3 - Calcaires de Bazarnes
- 4 - Calcaires de Cravant
- 5 - Marnes et calcaires argileux de Crézan-Les Fontaines
- 6 et 7 - Calcaires de Vermenton supérieurs
- 8 - Equivalent des marnes de Frangey

Description et diagraphie : CPGF - 1981

Interprétation : J.C. MENOT

LES TROTIERS commune de SAINT-VÉRAIN

x = 655,1 ; y = 2 275,0 ; z = 286

Code BSS: 464-3-10

| | | |
|--|--|--|
| 0 à 6 m 6 à 8 m | Argile rosée à rouge, puis rouge à brune Argile jaune-ocre | <i>Altérites jurassiques</i> |
| 8 à 10 m 10 à 12 m 12 à 14 m 14 à 15 m 15 à 16 m 16 à 19 m | Calcaire lithographique blanc et argile ocre Idem, mais plus fissuré et plus riche en argile Calc. litho. blanc et argile brun-rouge Calcaire blanc pulvérulent et marne bleue Marne bleue Calcaire gris-bleu et calcaire argileux | <i>Calcaire du Barrois</i> <i>Tithonien inférieur</i> |
| 19 à 20 m 20 à 22 m 22 à 26 m 26 à 45 m 45 à 50 m 50 à 74 m 74 à 77 m 77 à 86 m 86 à 103 m 103 à 109 m 109 à 114 m | Marne bleu-noir Calc. argileux gris-bleu et marne bleu-noir Marne bleu-noir à rares passées calcaires Alternances pluridécimétriques de calc. gris, calc. argileux gris-bleu et marne bleu-noir Calcaire dur gris clair à passées gris bleuté Alternances marne bleu-noir et calcaire argileux gris-bleu Marne bleu-noir Calc. gris clair et calc. argileux gris bleuté Marne bleu-noir et calc. argileux gris-bleu Calc. argileux gris-bleu et marne bleu-noir Calcaire gris-bleu | <i>Marnes et calcaires à Nanogyra virgula</i> <i>Kimméridgien supérieur et Kimméridgien inférieur</i> |
| 114 à 120 m 120 à 130 m 130 à 142 m | Zone fracturée - pas d'échantillons- Venue d'eau de 1 à 2 m ³ /h Calc. micritique jaune, friable, à passées tendres se délitant en fines plaquettes. Présence de calc. bicolore brun-roux et jaune Calc. micritique jaune et calc. oolitique très fin | <i>Calcaires de Villiers Kimméridgien inférieur</i> |
| 142 à 149 m 149 à 167 m 167 à 185 m | Calcaire oolitique, jaune, tendre Alternance calcaire oolitique jaune et calcaire crayeux blanc Même calcaire mais grisâtre | <i>Calcaire de Tonnerre Oxfordien supérieur</i> |

Lever, description et interprétation : B. ROY

LA TUILERIE commune de BITRY

x = 657,55 ; y = 2 279,15 ; z = 251

Code BSS : 464-3-11

| | | |
|--|---|--|
| 0 à 0,50 m | Sol argilo-sableux brun | |
| 0,50 à 3 m | Argile finement sableuse rouille avec traces d'argile blanche | <i>Sables et argiles inférieurs</i> <i>Albien inférieur</i> |
| 3 à 5 m | Argile finement sableuse rouille | |
| 5 à 9 m | Argile rouille | |
| 9 à 10 m | Argile noire à passées finement sableuses | |
| 10 à 13 m à 13 m | Argile noire Présence de sable fin | |
| 13 à 17 m 17 à 21,5 m à 21,50 m | Argile brun foncé à passées calcaires lumachelliques Calc. lumachellique, calc. gris sublithographique, oolites ou grains ferrugineux, grès rouille Présence de marnes blanches | <i>Valanginien - Hauterivien</i> |
| 21,5 à 22 m 22 à 29 m 29 à 31 m 31 à 36 m | Calc. blanc altéré, veiné de noir et marne blanche Peu d'échantillons de calcaire blanc Calcaire blanc sublithographique Calcaire gris-bleu sublithographique | <i>Calcaire du Barrois Tithonien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

LE FESLOT commune de BOUHY

x = 665,25 ; y = 2 278,85 ; z = 240

Code BSS : 464-4-5

| | | |
|-----------|--|---|
| 0 à 2 m | ? | <i>Calcaires de Villiers Kimméridgien inférieur</i> |
| 2 à 6 m | Calc. jaunâtre à fines oolites et gravelles | |
| 6 à 14 m | Calc. blanc-crème à fines oolites et gravelles | |
| 14 à 18 m | Calc. crayeux, blanc-crème, fines oolites et gravelles, rhynchonelles | <i>Calcaire de Tonnerre Oxfordien supérieur</i> |
| 18 à 20 m | Idem, mais plus micritique | |
| 20 à 22 m | Idem, mais plus oolitique | |
| 22 à 24 m | Idem, mais plus micritique avec oolites très fines | |
| 24 à 26 m | Calc. crayeux tendre avec crinoïdes | |
| 26 à 34 m | Calc. tendre finement oolitique | |
| 34 à 38 m | Calc. à grain fin avec oolites et polypiers | |
| 38 à 40 m | Calc. grossièrement bioclastique à polypiers | |
| 40 à 60 m | Alternance calc. bioclastique plus ou moins grossier et calc. oolitique et graveleux, avec polypiers | |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

MÉTAIRIE HOUARD - commune de LA CELLE-SUR-LOIRE

x = 645,3 ; y = 277,93 ; z = 178

Code BSS: 464-1-19

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| 0 à 3,50 m 3,50 à 5,50 m | Sable très fin, gris bleuté Horizon à silex, emballés dans sable fin | <i>Alluvions de fond de vallon</i> |
| 5,50 à 15 m 15 à 18 m | Alternances centimétriques de sable très fin versicolore et d'argile versicolore Sable très fin ocre | <i>Sables de la Puisaye Albien moy. sup.</i> |
| 18 à 24 m 24 à 45 m 45 à 51 m | Argile sableuse grise et verte (glaucanie) Argile plastique noire, parfois micacée, à passées vertes (glaucanie) - présence de nodules pyriteux Argile noire et sable glauconieux, à petites huîtres pyriteuses et débris charbonneux | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |
| 51 à 61 m 61 à 74 m | Alternances d'argile noire, parfois sableuse et d'horizons gréseux glauconieux Argile noire à passages sableux glauconieux | <i>Sables et argiles inf. Albien inférieur</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

MÉTAIRIE HOUARD - commune de LA CELLE-SUR-LOIRE

x = 644,95 ; y = 277,60 ; z = 190

Code BSS : 464-1-20

| | | |
|---|--|---|
| 0 à 4 m 4 à 6 m 6 à 9,5 m | Argile brune puis bleutée et sable fin gris-blanc Sable fin, argileux, ocre à verdâtre Argile sableuse (sable fin à moyen), jaunâtre à brune | <i>Sables de la Puisaye Albien moy. - sup.</i> |
| 9,50 à 13 m | Alternances centimétriques de sable micacé, fin à grossier, gris-blanc, et d'argile ocre | |
| 13 à 24 m | Argile sableuse jaunâtre à ocre, à passées plus argileuses lie-de-vin | |
| 24 à 27 m | Sable argileux, très fin, ocre | |
| 27 à 30 m | Sable très fin, ocre | |
| 30 à 30,5 m | Argile sableuse, ocre et gris-bleu | |
| 30,50 à 31 m | Grès rouille | |
| 31 à 37 m 37 à 54 m 54 à 60 m | Argile sableuse, gris-noir à verdâtre Argile gris-noir Argile noire un peu sableuse, à petites huîtres | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |
| 60 à 64 m 64 à 83 m 83 à 85 m 85 à 90 m 90 à 96 m 96 à 100 m | Argile noire et bancs gréseux glauconieux Argile noire ou verte plus ou moins sableuse et glauconieuse Sable très fin blanc Argile noire à passées de sable fin blanc Argile noire Argile brune à bancs de grès ferrugineux | <i>Sables et argiles inf. Albien inférieur</i> |
| 100 à 110 m | Argile brune à passées verdâtres avec bancs de calcaire gris, sublithographique | <i>Barrémien inférieur ? ou Hauterivien ?</i> |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

MÉTAIRIE HOUARD - commune de LA CELLE-SUR-LOIRE

x = 643,65 ; y = 275,65 ; z = 138

Code BSS: 464-1-35

| | | |
|-----------|---|--|
| 0 à 1 m | Limon sablo-argileux | <i>Alluvions récentes de la Loire</i> |
| 1 à 4 m | Sable, graviers et rares galets | |
| 4 à 6 m | Sable et argile | |
| 6 à 10 m | Sable et graviers plus ou moins argileux avec galets à la base | |
| 10 à 17 m | Argile noire plastique | <i>Argiles de Myennes Albien inférieur</i> |
| 17 à 19 m | Argile noire finement sableuse | |
| 19 à 23 m | Argile sableuse, noire et verdâtre | |
| 23 à 26 m | Argile noire et sable fin, vert, glauconieux | |
| 26 à 30 m | Argile noire puis brune à la base | |
| 30 à 32 m | Argile noire et sable grossier vert | <i>Sables et argiles inf. Albien inférieur</i> |
| 32 à 40 m | Sable moyen à grossier, blanc-gris à passées argileuses vertes | |
| 40 à 48 m | Argile plus ou moins sableuse avec bancs de grès grossier, blanc-gris, de 41 à 41,50 m puis de grès rouille entre 46 et 46,50 m | |
| 48 à 50 m | Argile noire | |

Lever et description : B. ROY

Interprétation : J.C. MENOT

Établissements SOYEZ à DONZY

x = 658,95 ; y = 264,10 ; z = 185

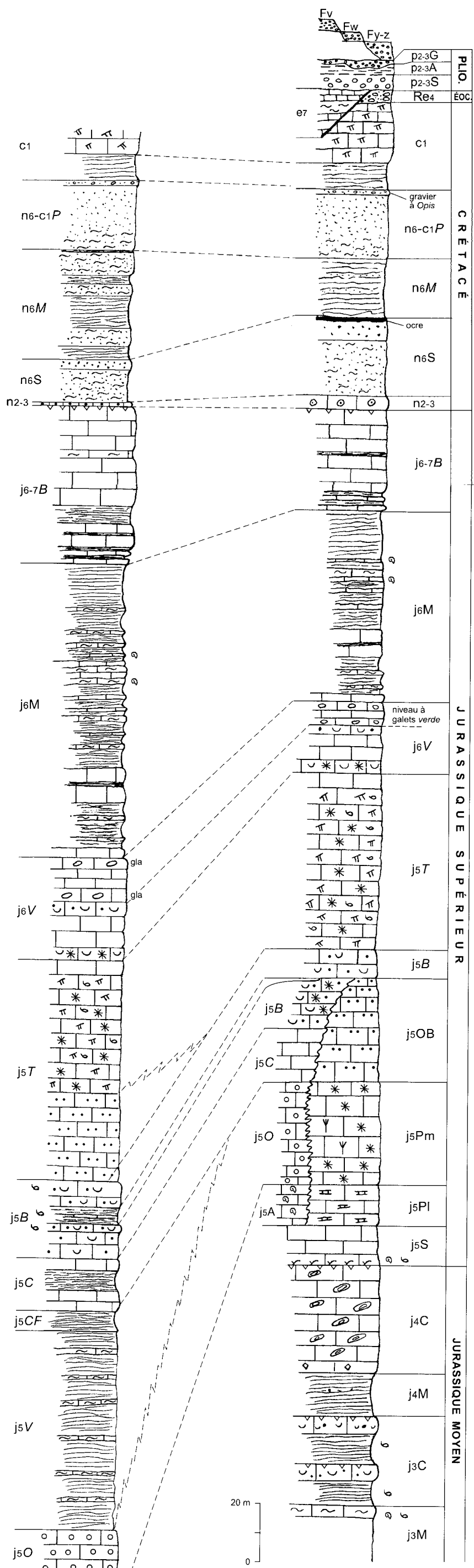
Code BSS : 464-7-8

| | | |
|-------------|---|---|
| 0 à 0,4 m | Remblai | <i>Remblai et</i> |
| 0,40 à 4 m | Sol noir, tourbeux, avec sable grossier. Présence de matériaux de remblai (laitier, débris vitreux) | |
| 4 à 10 m | Éléments carbonatés gris-bleu à structure alvéolaire, aspect caverneux (« tufs ») ; certains enveloppés d'une concrétion calcitique lisse | |
| 10 à 14,5 m | Graviers (2 à 5 mm de diamètre) très arrondis, de nature carbonatée. Galets (5 à 10 mm) de polypiers et calcaire blanc oolitique et graveleux | |
| 14,5 à 18 m | Calcaire à grain fin, blanc, gris-bleu ou jaune-ocre par altération. Éléments siliceux à cassure franche (débris de chailles) | <i>Callovien</i> <i>inférieur et moyen</i> |
| 18 à 23 m | Calcaire à grain fin, gris-blanc ou ocre Débris siliceux à cassure franche (chailles) | |
| 23 à 25 m | Calcaire à grain fin, gris-bleu ; des débris assez gros, jaunâtres ont un aspect marbré | |
| 25 à 27 m | Calcaire à grain fin gris-bleu | |
| 27 à 29 m | Calcaire à grain fin, beige moucheté de rouille Grains verdâtres de glauconie assez abondants | |
| 29 à 32,8 m | Calcaire beige-ocre, moucheté de rouille Débris siliceux blancs à cassure franche (chailles) | |
| 32,8 à 42 m | Calcaire à grain fin, gris-bleu, faiblement argileux | <i>Calcaire argileux</i> <i>à Collyrites ?</i> <i>Callovien inférieur</i> |

Importantes venues d'eau entre 27 et 32,80 m

Lever et description : B. ROY

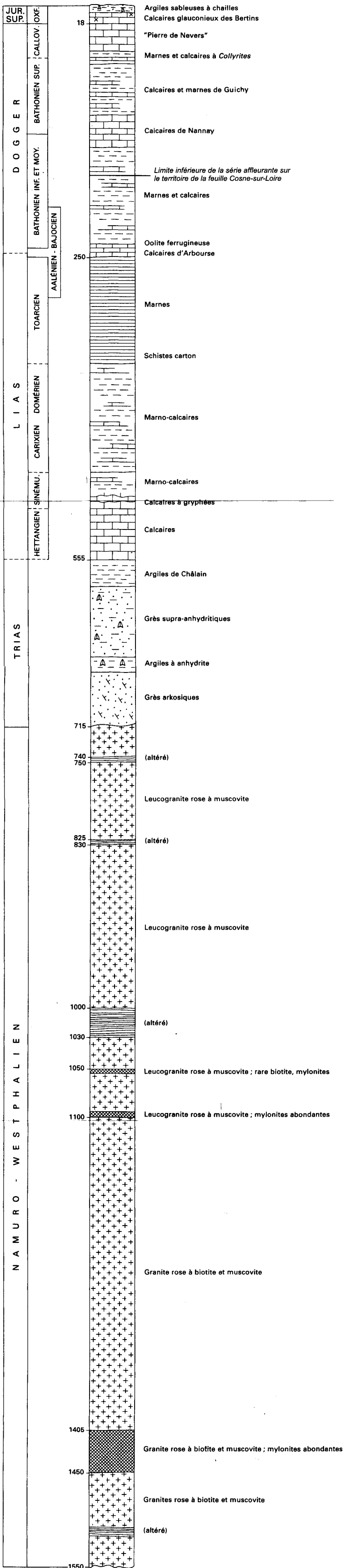
Interprétation : J.C. MENOT



- | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-------------------------|
| | Calcaire à grain fin | | Marne | | Spongiaires |
| | Calcaire à oolites ferrugineuses | | Argile sableuse Sable argileux | | Polypiers |
| | Calcaire oolitique | | Sable | | Forme massive |
| | Calcaire bioclastique | | Galets | | Forme rameuse |
| | Calcaire crayeux Craie | | Chailles | | Forme lamellaire |
| | Calcaire argileux | | | | Ammonite |
| | | | | | Brachiopode |
| | | | | | Glaucanie |
| | | | | | Surface durcie perforée |

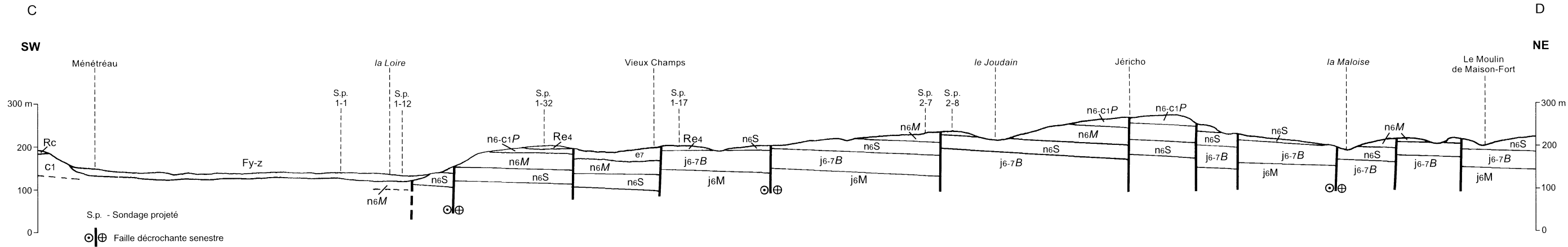
Logs stratigraphiques synthétiques d'après les affeurements et sondages

x = 659,47
y = 2258,33



Colonne stratigraphique du forage de Sainte-Colombe 1494-3-2

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



Coupe géologique schématique de la bordure occidentale du bloc bourguignon entre Ménétréau et le Moulin de Maison-Fort

