879

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE À 1/50 000

PENNE-D'AGENAIS

par
J.-P. CAPDEVILLE

MINISTÈRES - BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES & MINIÈRES
CARTOTHÈQUE

PENNE-D'AGENAIS

La carte géologique à 1/50 000 PENNE-D'AGENAIS est recouverte par les coupures suivantes de la Carte géologique de la France à 1/80 000 :
au Nord : VILLERÉAL (N° 193)
au Sud : AGEN (N° 205)

Cancon	Fumel	Puy-L'évêque
Villeneuve-sur-Lot	PENNE-D'AGENAIS	Montcuq
Agen	Valence-d'Agen	Moissac

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

BRGM

NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE PENNE-D'AGENAIS À 1/50 000

par

J.-P. CAPDEVILLE

avec la collaboration de A. TURQ

2000

Editions du BRGM
Service géologique national

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

- *pour la carte* : CAPDEVILLE J.-P (2000) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Penne-d'Agenais (879). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.-P. Capdeville, A. Turcq, (2000) 66 p.

- *pour la notice* : CAPDEVILLE J.-P., TURCQ A., (2000) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Penne-d'Agenais (879). Orléans : BRGM, 66 p. Carte géologique par J.-P. Capdeville (2000).

© BRGM, 2000. 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 : 2-7159-1879-8

SOMMAIRE

	Pages
RÉSUMÉ	5
ABSTRACT	6
INTRODUCTION	7
SITUATION GÉOGRAPHIQUE	7
CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL	7
PRÉSENTATION DE LA CARTE - TRAVAUX ANTÉRIEURS	7
CONDITIONS D ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE	8
DESCRIPTION DES TERRAINS NON AFFLEURANTS	8
PRIMAIRE	9
SECONDAIRE	10
DESCRIPTION DES TERRAINS AFFLEURANTS	13
SECONDAIRE	13
TERTIAIRE	18
QUATERNAIRE	37
ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE ET STRUCTURALE	41
SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE	41
APPROCHE STRUCTURALE	45
GÉODYNAMIQUE RÉCENTE	47
GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	48
RÉPARTITION DES ZONES NATURELLES	48
OCCUPATION DU SOL	49
TYPES DE SOLS	49
RISQUES NATURELS	50
SUBSTANCES UTILES ET CARRIÈRES	51
HABITAT TROGLODYTIQUE ET SOUTERRAINS REFUGES	54
RESSOURCES EN EAU	55

DOCUMENTATION COMPLEMENTAIRE 57
PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE 57
ITINÉRAIRE GÉOLOGIQUE 60
DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES 61
BIBLIOGRAPHIE 62

AUTEURS 66

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Coupe de Cardou 14
Fig. 2 - Coupe de Menottes 20
Fig. 3 - Coupe NE-SW de Cayrou à La Plaine (hors texte)
Fig. 4 - Coupe E-W des Fustes à Penne-d'Agenais 22-23
Fig. 5 - Coupe de Pont-des-Cuves 24
Fig. 6- Coupe d'Itier 28
Fig. 7 - Coupe de Comberatière 30
Fig. 8 - Coupe géologique schématique Est-Ouest 32
Fig. 9 - Coupe de Brondel 34
Fig. 10 - Coupe du Château d'eau de Viche à Montaigu-du-Quercy 36
Fig. 11 - Analyse morpho-structurale du réseau hydrologique 46

DEPLIANT HORS TEXTE

Coupe géologique du sondage Soubirous 1 bis.

RÉSUMÉ

La feuille géologique Penne-d'Agenais se situe presque totalement en rive gauche du Lot, aux confins du Périgord blanc et du Haut Agenais.

Les terrains affleurants représentent une période s'étendant du sommet du Jurassique jusqu'au Quaternaire, soit environ 160 millions d'années. Durant ce temps, il y eu deux occupations marines, puis l'ultime régression de la fin du Crétacé, a favorisé l'ensevelissement des paléoreliefs par des dépôts continentaux. Les calcaires marins du Jurassique et du Crétacé sont cantonnés au Nord-Est, tandis que le reste de la feuille est couvert de terrains tertiaires continentaux fluvio-lacustres appartenant au système des « Molasses d'Aquitaine ».

Dans ces molasses, la séquence type indique que les apports sédimentaires décroissaient dans le temps, ce qui, de la base vers le sommet, donne la succession suivante : grès grossiers tendres carbonates micacés, silts carbonatés et micacés, argiles carbonatées à faciès pédogénétiques et enfin des calcaires. Ces calcaires d'origine continentale peuvent refléter trois milieux de dépôts : lacustres, palustres ou pédogénétiques (calcrètes).

La série géologique de la feuille Penne-d'Agenais reflète l'avancée des faciès molassiques qui ennoient progressivement une paléotopographie entaillée par l'érosion des calcaires mésozoïques. Ce biseau sédimentaire crée un épaississement des couches vers l'ouest. Les datations établies sur la base de plusieurs gisements fossiles de mammifères et de rongeurs (Ondes, Lamilloque, Capelle, Auradou, Saint-Just et Itier) ont fourni des repères stratigraphiques pour ces séries continentales. Les terrasses alluviales quaternaires à matériel siliceux originaire du Massif central, sont réparties de part et d'autre du Lot, selon une disposition étagée puis emboîtée. Les ruisseaux affluents, quant à eux, ne transportent et déposent que des éléments calcaires.

L'érosion des dépôts tabulaires fluvio-lacustres a dégagé des collines à morphologie de type « buttes témoins », dont les sommets sont armés par une couche calcaire. La position perchée de ces couches carbonatées favorise l'altération karstique, donnant de multiples dolines qui parsèment la surface du plateau.

De plus, il est abordé de façon succincte la géologie de l'environnement (zones naturelles, occupation des sols, types de sols, risques naturels, substances utiles, habitat troglodytique et ressources en eau) et dans un chapitre particulier, il est donné les grands traits connus de la préhistoire et de l'archéologie, puis proposé un itinéraire géologique.

La région de Penne-d'Agenais est un pays des bastides où les villages sont le plus souvent édifiés en position dominante et généralement fortifiés, souvenirs historiques des multiples affrontements franco-anglais.

ABSTRACT

Most of the Penne-d'Agenais geological sheet lies on the South side of the River Lot, on the borders of the Périgord Blanc and Haut Agenais.

Formations présent at outcrop cover an âge range of about 160 millions years, extending from the top of the Jurassic up to the Quaternary period. Two marine incursions occurred during this time, with the last regression at the end of the Cretaceous leaving the paleolandscape buried by continental deposits. The marine limestones of the Jurassic and Cretaceous are confined to the north-east of the sheet, while the rest is covered by Tertiary fluvio-lacustrine continental formations belonging to the Aquitaine Molasses System.

The typical sequence in these molasses indicates that deposition of sediment tailed off over time, giving the following succession (from bottom to top): micaceous soft coarse sandstones, micaceous and carbonated silts, pedogenetic carbonated clays, and finally limestones. These are continental limestones and may reflect three deposition environments: lacustrine, palustral or pedogenetic (calcretes).

The geological sequence on the Penne-d'Agenais sheet reflects the advance of molassic facies which progressively covered a paleotopography shaped by the erosion of Mesozoic limestones. The sediments are thinner towards the East as they get pinched out. Dating based on several fossil mammal and rodent deposits (at Ondes, Lamilloque, Capelle, Auradou, Saint-Just & Itier) have provided stratigraphic markers for these continental series. Quaternary river terraces, comprising siliceous material originating from the Massif Central, are found either side of the River Lot; these are stepped terraces which have then been cut-and-filled. The tributaries joining the Lot carry and deposit only calcareous material.

The erosion of the tabular fluvio-lacustrine deposits has left "outlier" hills capped with calcareous beds. The perched position of these carbonated beds has exposed them to karst weathering, giving rise to the many swallow holes scattered over the plateau.

A brief description of the geology of the environment is also included (natural zones, land use, soil types, natural risks, useful substances, troglodyte habitat and water resources). A special chapter covers the major known aspects of prehistory and archaeology, and an itinerary is suggested for visiting the main geological features of the area.

The Penne-d'Agenais region is an area of "bastides" (walled towns), where the villages are usually fortified and built in a commanding position; they are a reminder of the many confrontations centuries ago between the French and English.

INTRODUCTION

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La feuille Penne-d'Agenais (n° 879) occupe la bordure est du département du Lot-et-Garonne et l'Ouest du Lot, en limite du Quercy blanc. Le drainage hydrographique est principalement imposé par le Lot qui traverse le Nord-Ouest de la carte. Les affluents les plus significatifs se rencontrent en rive gauche du Lot (Boudouyssou et Tancanne), tandis qu'au Sud, Séoune et Petite-Séoune sont des tributaires de la Garonne. Les interfluves des plateaux culminent vers + 250 m NGF d'altitude alors que les vallées sont entaillées jusqu'aux environs de la cote + 60 m.

Dans cette région à vocation polyculturale, les activités agricoles et agro-alimentaires constituent les pôles économiques les plus représentatifs. Ainsi s'imbriquent les cultures de céréales, de fruitiers, mais aussi un peu d'élevage. L'habitat y est généralement dispersé dans un paysage bocager et se concentre parfois en quelques bastides aux positions élevées : Tournon, Penne, Laroque-Timbaut, Montaigu-du-Quercy.

CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le secteur cartographié s'étend aux confins sud-ouest des affleurements de la plate-forme carbonatée jurassique et crétacée. Ces horizons marins sont recouverts par l'avancée d'un biseau sédimentaire fluvio-lacustre qui se met en place durant le Tertiaire. Les dépôts argilo-détritiques et carbonatés constituant ce recouvrement appartiennent au complexe des « Molasses d'Aquitaine », témoins de l'érosion du bâti ancien bordant le bassin.

PRÉSENTATION DE LA CARTE - TRAVAUX ANTÉRIEURS

La surface cartographiée recouvre une partie nord de la coupure géologique à 1/80 000 n° 205 (Agen) et une faible bande du sud de la coupure n° 193 (Villeréal).

Dans l'angle nord-est de la feuille Penne-d'Agenais affleurent les calcaires résistants du Jurassique supérieur surmontés de quelques lambeaux de Crétacé légèrement discordants. Toujours dans le nord-est ont été

rencontrés sous forme résiduelle, les dépôts détritiques de l'Eocène inférieur à moyen, précurseurs des venues molassiques.

La succession lithostratigraphique des dépôts molassiques est déduite des différents sondages et affleurements, mais tient aussi compte des acquis obtenus au cours du levé des feuilles voisines : Cancon, n° 854 (Capdeville, 1996) et Villeneuve-sur-Lot, n° 878 (Capdeville, 1998).

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

L'enfoncement des vallées dans une sédimentation subhorizontale à séquences répétitives sable - argile - calcaire, génère une succession de collines aux sommets protégés par un niveau calcaire lacustre. Régionalement, ces buttes témoins sont appelées « serres ». Les superpositions : sable grossier à fin, argile silteuse carbonatée pédogénétique, calcaire lacustre ou palustre, constituent des successions lithologiques types qui ont guidé les investigations de terrain. Les niveaux carbonates lacustres ou palustres, même si leur continuité horizontale est souvent peu étendue, constituent des niveaux repères précieux pour la cartographie. Le prolongement latéral de ces différents carbonates a souvent été reconnu par l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes de l'IGN, avant vérification sur le terrain. Ces bancs repères ont pu être positionnés stratigraphiquement grâce aux marqueurs chronologiques constitués par les gisements fossiles de mammifères et de charophytes.

En raison du peu d'affleurements, c'est surtout à la faveur d'aménagements de voiries, réfections de fossés de drainage ou de travaux routiers, que de nombreuses coupes de terrain (même tronquées), ont été levées pour accéder à une meilleure compréhension, tant du point de vue de l'organisation horizontale que verticale, des séries molassiques.

DESCRIPTION DES TERRAINS NON AFFLEURANTS

L'acquisition des données concernant les dépôts non affleurants a été obtenue par la consultation de la Banque de données du sous-sol du BRGM. Pour les terrains anté-crétacés, les renseignements ont été recherchés dans les résultats des forages pétroliers de Clairac : Ccl (878-1X-2), Soubirous : Sbl-bis (878-4X-4), et Campagnac-les-Quercy : Cpgl (832-6X-201), qui atteignent le Paléozoïque et sont disposés sur le pourtour de la zone étudiée.

Les descriptions du Jurassique moyen, mais aussi du Tertiaire, ont mis à profit les forages de recherche d'eau de Penne (879-2-15), Lacour (879-7-201), Moulin-de-Bessou (879-7-205), ainsi qu'un forage à objectif minier (879-8-207) de la campagne COGEMA de 1979.

Ordovicien

Entre 2 080 et 2 108 m, le forage de Soubirous-lbis a reconnu des schistes silteux micacés sombres (shales noirâtres). A l'extrême base de la zone forée (2 108-2 109 m) a été rencontrée une roche pyroclastique gris-noir d'aspect varvé. L'examen en lame mince des schistes silteux montre quelques éléments quartzeux épars, au diamètre variant de 30 à 160 µm. Ces éléments détritiques possèdent des formes particulières pouvant être rapprochées d'un façonnement glaciaire (Pelhate *et al,* 1987). Parmi ces sédiments ont été mis en évidence des chitinozoaires, acritarches et quelques fragments de conodontes indéterminables. L'association *Armoricochitina nigarica* et *Calfichitina lenticularis* (Paris, 1987) indique un âge Ordovicien supérieur : Ashgill.

Dévonien-Carbonifère

De 1 860 à 2 080 m, le sondage Sb1-bis a recoupé des dépôts en grande majorité dolomitiques grisâtres, parmi lesquels viennent s'intercaler des niveaux schisteux gris foncé (en particulier entre 1 900 et 1 950 m). Les assises dolomitiques présentent des stylolites subverticaux ainsi qu'une fracturation parfois intense. Les pendages observés sur ces couches varient entre 20 et 30°. Les quelques vestiges de céphalopodes (orthoceratides) et rares articles de crinoïdes retrouvés dans ces sédiments n'ont pas apporté d'éléments stratigraphiques précis.

De 1 819 à 1 860 m, s'est déposé un ensemble hétérogène de blocs calcaires anguleux bioclastiques gris rosé et de grès fins sombre englobés dans une matrice argilo-silteuse noirâtre. Selon les déterminations de F. Paris (1987), les éléments bréchoïdes appartiennent au Dévonien inférieur, la matrice s'est en revanche révélée azoïque.

De 1 672 à 1 819 m, les déblais recueillis ainsi que les carottages, montrent des intercalations de schistes gris sombres, de grès et de fiions de quartz très tectonisés. Grès et schistes peuvent contenir de la pyrite et des inclusions de matière organique charbonneuse. En raison de leur intense carboxylation, les spores et les restes végétaux n'ont pu être déterminés, mais semble-t-il, peuvent être rapprochés du Carbonifère inférieur.

Le forage de Clairac-Ccl, montre de 1 874 à 1 971 m de profondeur, un environnement de calcaire et dolomie pouvant renfermer de nombreux débris de polypiers, échinodermes, brachyopodes, ostracodes, mais aussi trilobites et dacryoconarides. La faune coralliaire *(Calceola sandalina, Thamnapora vermicularis)* ainsi que la microfaune : acritarches, leiosphères, scolécodontes et les chitinozoaires *(Ancyrochitina cornifera)* attestent de la limite Eifélien-Givétien (Bugnicourt *et al,* 1959). Les pendages relevés sur les carottes sont proches de 50°.

Sur les 400 m d'épaisseur que représente cette série au droit du forage Sbl-bis, s'établit une évolution régressive qui débute par des faciès de mer ouverte, se poursuit par des milieux de dépôts proximaux, pour se terminer par des épisodes lacustres. À la base de cette série, il n'a pas été observé de témoins ou de hiatus susceptibles d'expliquer l'absence de la série silurienne.

Permien

Sur une épaisseur de 53 m, le forage de Sb1-bis a traversé une sédimentation à cachet détritique, ponctuée par deux niveaux argilo-sableux verdâtres à violacés. Les épisodes gréseux micacés eux aussi violacés, emballent des rognons d'anhydrite rosâtre. Ces dépôts se sont révélés azoïques. Les éléments contenus et les couleurs qui affectent les sédiments évoquent des milieux de dépôts fluvio-lacustres à assèchements fréquents et subissant de fortes altérations. En l'absence de marqueurs stratigraphiques, cette sédimentation a été attribuée au Permien.

Ces couches reconnues par forage, subissent un fort amincissement du nord-est vers le sud-ouest qui les fait passer de 400 m d'épaisseur à Campagnac-les-Quercy (Cpg 1), puis 53 m au droit de Sb1-bis pour disparaître à Clairac, à environ 60 km de la première position indiquée. Le caractère érosif de cette disparition est indiqué à Cpg 1, où la sédimentation supposée permienne est surmontée d'une brèche et d'un conglomérat quartzitique. D'une manière générale, l'étude des isotopes stables du carbone des dépôts marins (Knoll *et al.*, 1996) montre à ces époques une succession de brefs épisodes glaciaires, couplés à une régression généralisée (Forney, 1975).

SECONDAIRE

Trias

A Sbl-bis, les formations représentant le Trias ont été forées entre 1 253 et 1 619 m. Elles débutent, sur pratiquement 100 m d'épaisseur, par des apports détritiques comprenant à la base des grès et argiles versicolores feldspathiques, parfois conglomératiques, et à la partie supérieure des passées argilo-sableuses bigarrées indurées, alternant avec des bancs et des nodules dolomitiques. Puis sur 25 m, se sont déposés des carbonates marins subhorizontaux dolomitisés dans leur frange supérieure. Quelques débris végétaux, des restes d'huîtres et d'encrines y ont été reconnus. Ensuite sur 443 m, le forage a rencontré des anhydrites blanches ou grises, intercalées avec des dolomies fines à joints argileux. A la base de cette épaisse série évaporitique ont été remarqués des niveaux d'argile verdâtre à joints charbonneux. Une telle évolution sédimentaire montre une phase transgressive superposant aux dépôts fluvio-lacustres des milieux marins proximaux, puis

à la faveur d'une légère régression l'installation d'un contexte évaporitique débutant par des dépôts de type mangrove.

Hettangien

La base de la série jurassique a été traversée sur 360 m, de 1 444 à 1 804 m de profondeur, par le sondage Clairac Cc1, et sur 341 m à Sb1-bis. De la base vers le sommet ont été rencontrés :

- un calcaire gris clair détritique comportant des passées marneuses. Ce calcaire est bioclastique (débris d'huîtres et de radioles costulées), mais présente aussi des particules charbonneuses et pyriteuses. Viennent ensuite des dépôts dolomitiques fins, gris, parfois oolitiques, plus ou moins argileux à débris végétaux. Ces faciès correspondent à la Dolomie de Carcans des géologues pétroliers. Au-dessus se développe une anhydrite massive blanche et grise (150 m) admettant des passages de dolomie fine et des joints argileux chargés de matière organique. La partie sommitale est formée sur 75 m, par une dolomie légèrement argileuse à joints charbonneux comportant des remplissages d'anhydrite ;

- l'évolution verticale des faciès montre une continuité de sédimentation avec les couches du Trias. Les successions de dépôts témoignent d'oscillations sous climat chaud, entre des conditions évaporitiques à faible tranche d'eau et des incursions marines.

Sinémurien

Sur 37 m d'épaisseur à Sb1-bis, la sédimentation représentant le Sinémurien est composée par un calcaire micritique parfois rubané, à joints charbonneux, et comportant des stylolites subverticaux. Quelques restes d'ostréïdés ont aussi été décrits. Plus épais à l'ouest - 86 m, au droit de Cc1 - le Sinémurien se présente sous la forme d'un calcaire micritique sombre à passées oolitiques.

De conditions proximales voire dessalées, situées au droit de la carte de Penne-d'Agenais, on passe à des milieux de plate-forme à tranche d'eau plus épaisse au-delà de sa limite ouest.

Pliensbachien

Au droit du forage Sb1-bis, de 1 091 à 1 146 m se développent des calcaires gréseux plus ou moins dolomitiques, d'aspect saccharoïde présentant des stratifications entrecroisées à joints marneux chargés de matière organique ainsi que quelques lits silicifiés. Ont été aussi décrits quelques niveaux à encrines et des rognons d'anhydrite, ainsi qu'une macro faune formée de *Pecten disciformis, Rhynchonella tetraedra, Ammonites globosus* et *Bellemnites paxillosus.* Parmi ces niveaux carbonatés s'intercalent de façon irrégulière des marnes noires. La microfaune semble de diversification plus pauvre *(Frondicularia tenera* et *ogmoconcha).*

De tels faciès évoquent des milieux de plate-forme à épaisseur d'eau très variable.

Toarcien - Aalénien

La sédimentation attribuée au Toarcien et à l'Aalénien est traversée sur 54 m par le sondage Sbl-bis (44 m sur Cc1). La base est composée de dépôts marneux gris foncé, dolomitisés, présentant des passées finement sableuses et pyriteuses. Les horizons marneux sont surmontés par une dizaine de mètres de dolomie grise à inclusions marneuses. Le forage de Lacour (879-7-201) réalisé pour la recherche d'eau, a reconnu le sommet des marnes sombres pyriteuses qui présentent des filonnets de calcite soulignant la stratification.

Le contexte de mer ouverte semble maintenant s'être installé.

Bajocien

Les faciès carbonatés représentant le Bajocien apparaissent comme monotones et azoïques sur une épaisseur de 53 m au sondage Sb1-bis. Il s'agit d'une dolomie beige à brunâtre comportant des inclusions carbonatées pulvérulentes. La dolomitisation laisse encore percevoir des fantômes d'oolites. Le forage de Lacour (879-7-201) a traversé cette formation sur 36 m. Le sommet est constitué par des calcaires dolomitisés, rose à beige, contenant de gros cristaux de calcite blanche. Les pertes totales subies ensuite par l'ouvrage à partir de 311 m de profondeur attestent localement de l'importance de la karstification dans cette formation.

Cette sédimentation fait partie du domaine de plate-forme.

Bathonien

La puissante série carbonatée composant le Bathonien a été recoupée sur 348 m par Sbl-bis. Elle peut se scinder en trois épisodes limités par deux retours à des conditions lacustres, ou tout au moins dessalées comme l'atteste la présence de charophytes associés à des ostracodes à 857 et 905 m de profondeur. La plus grande partie des dépôts sont formés par une micrite généralement dolomitisée et comportant des passées d'oolites sombres. On notera que le terme représentant la partie supérieure est le plus développé : 211 m. Les pendages relevés varient entre 12 et 25°. Dans le Sud-Est de la feuille, le forage de Lacour montre pour la représentation du Bathonien, une forte réduction d'épaisseur : 74 m et des faciès apparemment moins dolomitisés contenant des alternances de marnes et calcaires sur la majeure partie de la formation.

Les milieux de dépôts appartiennent à la plate-forme interne tout en subissant deux régressions.

Callovo-Oxfordien

Sur 90 m d'épaisseur se développent un calcaire micritique beige oolitique à la base, puis un calcaire dolomitique jaunâtre sur 110 m, au sommet. Dans les calcaires de la partie inférieure a été noté la présence de trocholines. Un léger épisode laguno-lacustre apparaît en partie supérieure (charophytes et ostracodes) au sein d'une sédimentation calcaire crayeuse et parfois dolomitique. L'arrêt de cet épisode sédimentaire est marqué sur Sb1-bis par un décrochement sur le tracé de la diagraphie neutron. Reconnus sur 56 m d'épaisseur au forage de Lacour, les horizons calcaires micritiques comportent quelques trocholines vers la base. Le sommet attribuable à l'Oxfordien paraît avoir été tronqué par érosion. On remarquera que les niveaux dolomitiques sommitaux ont occasionné des pertes de fluide de forage, moins marquées cependant que sur Cc1.

Les milieux de dépôts sont toujours tributaires d'un contexte de plateforme interne, interrompus par une régression.

DESCRIPTION DES TERRAINS AFFLEURANTS

SECONDAIRE

Jurassique

Jurassique supérieur

Dans l'angle nord-est du secteur cartographié, il est possible d'observer la partie supérieure du Jurassique exposée sur environ 100 mètres de puissance. Ces affleurements montrent les terrains les plus anciens susceptibles d'être rencontrés dans la région étudiée. Avec l'érosion, ils génèrent des pentes réglées, reconnaissables à leur végétation peu développée (chênes) qui en colonise difficilement la surface à cause du côté squelettique du sol végétal.

j5-6. **Dolomicrite à brèche. (Oxfordien à Kimméridgien basai) (épaisseur visible : 30 m).** La vallée sèche empruntée temporairement par la Rivièrette au nord-est de Tournon, plus particulièrement au lieu-dit La Tranchée-des-Anglais, montre un calcaire massif en petites corniches, sur une épaisseur visible de 20 à 30 m. Ce calcaire micritique beige chamois clair peut présenter plusieurs faciès :

- une brèche intraformationnelle, à éléments anguleux dolomicritiques de 0,5 à 5 cm, beige chamois clair, dans un ciment calciteux microcristallin translucide. En patine le ciment devient plus sombre que les éléments ;

- une dolomie fine à microfilonnets de calcite translucide, avec quelques passées plus sombres d'odeur fétide à la cassure ;

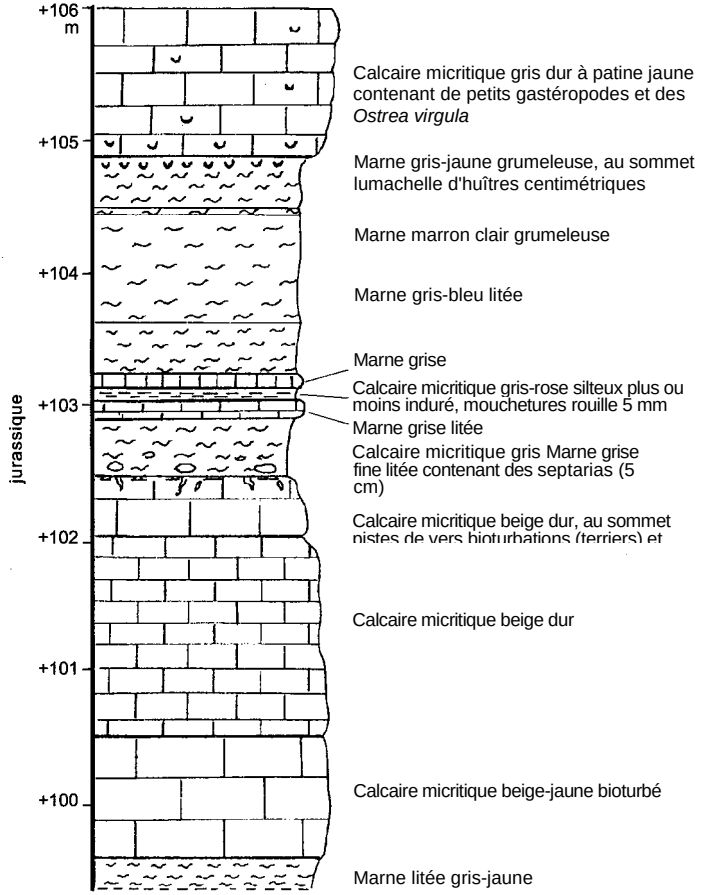


Fig. 1 - **Coupe de Cardou** (2 km au NW de Thézac)

- une micrite dure à cassure esquilleuse pouvant comporter des traces d'ostracodes et une porosité fine de type bird eyes. L'exploration de ces niveaux n'a pas permis de mettre en évidence des marqueurs de type trocholines, astartes ou même brèche à cailloux noirs, mais les différents aspects de ce calcaire peuvent le faire rattacher aux formations oxfordiennes.

Ces différents faciès pourraient traduire un environnement de type sebkhas, en accord avec les constatations de R. Enay *et al*. (1980) sur les tendances à l'émersion au passage Oxfordo-Kimméridgien.

j6. **Calcaires micritiques durs et marnes (Kimméridgien) (épaisseur visible** : **70 m).** Sur le chemin vicinal joignant par la combe de Bazérac, la route D4 à la D 102, la partie supérieure du Kimméridgien se trouve exposée sur environ 70 m de puissance.

Cette série carbonatée se présente sous la forme de bancs décimétriques à métriques de calcaire gris, micritique, dur, à cassure esquilleuse, alternant avec des passées calcaréo-marneuses litées gris-bleu de 20 à 8 cm d'épaisseur. Très localement quelques bancs peuvent subir une dolomitisation (dolomicrite beige ; 2 km au sud-est de Bourlens).

Ces assises carbonatées peuvent révéler des moules internes d'ammonites, lamellibranches ou des pistes de vers. Parmi les céphalopodes ont été discernés *Aspidoceras caletanum* et *Aulacostephanus crassicosta.* La population des lamellibranches est surtout représentée par *Pholadomia, Terebratula subsella* et *Exogyra virgula.* Sur la coupe de la carrière de Cardou, 2 km au nord-ouest de Thézac (fig. 1), a été rencontré un niveau lumachellique de cette petite huître recourbée dans le plan horizontal. Il est aussi possible d'observer des pistes de vers à la surface des bancs, ainsi que des terriers centimétriques réalisés par des organismes marins fouisseurs. Les traces oxydées et les septarias attestent d'arrêts rapides de sédimentation avec mises à l'air. Dans cette formation a également été reconnue une faune de reptiles marins (tortue, téléosaure, ichtyosaure) et de poissons *(Lamna paradoxa, Astracanthus* et *Lepidotus).* L'analyse de la microfaune a permis de reconnaître essentiellement des lituolidés (*Everticyclammina virguliana)* ainsi que des ostracodes.

Ces niveaux peuvent être rattachés à la Formation de Francoulès (Delfaud, 1969) d'extension régionale. L'organisation sédimentaire de la plate-forme traduit, dans sa succession verticale, un approfondissement par saccades des milieux de dépôts, faisant ainsi se succéder des calcaires de basse énergie à des marno-calcaires lités d'intervalle transgressif.

Crétacé

Crétacé supérieur

Après lacune de tout le Crétacé inférieur - soit d'environ 40 millions d'années - la reprise de la sédimentation est représentée par un niveau réduit de 8 m d'épaisseur. Reconnu tant à Sb1-bis qu'à Cc1, ce niveau n'est pas visible à l'affleurement puisque qu'ici, les dépôts turoniens viennent directement sceller le Kimméridgien.

Malgré leur faible épaisseur, deux épisodes de sédimentation cénornanienne sont mis en évidence dans les forages :

- à la base se sont déposées sur 5 m, des marnes grises comportant de petits niveaux de lignite. Les marnes contiennent des huîtres, mais aussi une microfaune abondante composée de *Daxia cenomana* et *Ammobaculites* ainsi que des ostracodes *(Dordoniella strangulata)* ;
- au sommet sur 3 m, apparaît un calcaire gris, gréseux, glauconieux, où est décrite une microfaune à préalvéolines. Ces faciès et marqueurs biologiques sont tout à fait conformes à ceux rencontrés légèrement plus au nord, dans le Sarladais.

Des diagnoses polliniques ont été effectuées sur des argiles chargées de matières organiques. Ces dernières proviennent de sondages réalisés dans l'ancienne concession de lignite de la Chapelle-Péchaud (feuille Gourdon, 832). Les associations floristiques ont montré (Chateauneuf et Fauconnier *in* Capdeville, 1982) des environnements continentaux chauds et humides, à dominante de conifères *(Inaperturopollenites hiatus, I. limbatus, Classopollis classoides* et *Klukisporites variegatus* pour les plus nombreux).

Ces milieux reflètent une transgression qui évolue depuis un terme de départ évoquant des faciès de bordure à tendances dessalées ou lagunaires et se déplace vers des sédimentations de plate-forme proximale.

Turonien

Une deuxième formation marine en position transgressive sur les terrains jurassiques, affleure dans l'angle nord-est de la carte, mais avec une extension encore plus réduite. Malgré l'exiguïté de la surface affleurante, il a été possible de distinguer deux unités géologiques qui semblent correspondre, du plus ancien vers le plus récent, aux faciès du Ligérien (Turonien inférieur) et de l'Angoumien (Turonien supérieur).

Le forage de recherche d'eau de Penne (879-2-15), 13 km à l'ouest des affleurements, a reconnu à partir de 232 m de profondeur la formation crétacée sur une épaisseur de 30 m, donc sans augmentation notable de la puissance des couches.

c2*i*. **Calcaires marins crayeux (Turonien inférieur) (épaisseur : 5 à 15 m).** Légèrement discordante (4 à 5°) sur les assises de calcaires micritiques gris du Kimméridgien, la base des formations turoniennes est formée sur environ 70 cm par un calcaire beige blanchâtre à jaunâtre, microcristallin parfois graveleux renfermant des lamellibranches du genre *Exogyra columba major*, reconnaissables en moules internes et externes. En revanche, il n'a pas été possible de retrouver les faunes à oursins (en particulier *Anorthopygus micheleni et Hemiaster leymerei)* décrites par H. Arnaud en 1877 dans les mêmes faciès.

Puis viennent ensuite sur environ 5 à 15 m des calcaires blanchâtres crayeux, moins indurés que les calcaires jurassiques. La macrofaune localement peu nombreuse, est composée par quelques hexacoralliaires, gastéropodes et lamellibranches. H. Arnaud (1877) mentionne aussi la découverte d'oursins (*Spathites revelieranum, Lewesiceras lewesiense)* ainsi que des nautiles. Parmi la microfaune quelques *Heterohelix* ont été reconnus. De plus, il n'est pas rare de rencontrer dans ces niveaux de petits nodules de marcassite. Le contact Crétacé-Kimméridgien n'est visible que sur de rares affleurements situés à l'ouest de Perricard, proche de la D 102, ou sur la piste de Peyradel, en limite de carte, à 1 km à l'est du château de Perricard.

Ces calcaires blanchâtres relativement homogènes et sans banc bien individualisé, appartiennent à des milieux de dépôts de plate-forme proximale. Ils produisent par altération, gélifraction et décompression, un débit prismatique de petite taille (5 à 15 cm) qui se différencie surtout par sa couleur claire par rapport aux gélifracts grisâtres issus des séries appartenant au Jurassique.

c2s. **Calcaires marins crayeux à taches jaunes (Turonien supérieur) (épaisseur : 5 à 8 m).** La surface exposée à l'affleurement par cette formation est encore plus réduite que la précédente et se rencontre dans le secteur de Saint-Georges à Perricard. Sur 5 à 8 m d'épaisseur viennent se superposer au Turonien inférieur des assises calcaires elles aussi crayeuses blanchâtres mais microcristallines à taches jaunes. De plus, ce calcaire est très légèrement détritique (finement gréseux) générant toutefois un débit sensiblement identique à celui de la formation précédente. Quelques hexacoralliaires ainsi que des lamellibranches *(Cardium productum et Arca noueliana)* composent la macrofaune.

Ainsi, aux faciès indiquant une transgression progressive au Turonien inférieur, succèdent des milieux de plate-forme proximale au Turonien supérieur.

Coniacien (épaisseur supposée : 30 à 50 m). Non affleurante, mais reconnue par le sondage pétrolier de Sbl-bis sur une épaisseur de 50 m, cette formation se divise du bas vers le haut en deux épisodes : un calcaire

gris clair détritique glauconieux fortement sableux à sa base et un calcaire crème bioclastique graveleux où ont été reconnus des bryozoaires et des bivalves (rhynchonelles).

Ces milieux de dépôts de plate-forme proximale poursuivent la tendance instaurée auparavant par les épisodes turoniens.

TERTIAIRE

Éocène inférieur à supérieur

Les premiers dépôts représentant la sédimentation tertiaire inférieur se situent dans le Nord-Est de la carte, en périphérie ouest du pointement des calcaires secondaires. La qualité d'affleurement est médiocre, ce qui est en partie dû au peu de cohésion de ces matériaux vis-à-vis de l'altération, mais aussi au couvert végétal. Ce sont des apports fluviatiles sableux d'aspect rougeâtre à brun jaunâtre qui correspondent aux « faciès sidérolithiques » décrits par les anciens auteurs. Tous ces niveaux sont discordants sur les calcaires jurassiques et crétacés.

Sables et passées argileuses blanches et mauves (Yprésien) (épaisseur : relictuel). À l'extrême base, ces sables ne sont visibles que lorsqu'ils sont piégés dans de petites anfractuosités karstiques ménagées au sommet des calcaires marins. Ce sont des sables fins, blanchâtres, contenant de petites passées d'argile blanche avec de fins lits rouges ou mauves et quelques grains de quartz translucides subanguleux de 2 à 3 mm (lieu-dit Camps-Grands et Lartigue, respectivement 3 et 2 km au nord de Bourlens). Il n'est pas rare de discerner de petits nodules ferrugineux centimétriques. L'altération, puis le transit hydraulique, ont tendance à évacuer les particules fines et à laisser sur place les nodules ferrugineux plus ou moins patinés (goethite et limonite), qui deviennent alors les seuls témoins de la sédimentation de l'Éocène inférieur.

De tels vestiges ont été retrouvés au sommet de certaines éminences faites de calcaires mésozoïques : aux lieux-dits Mondot, Ruchaud, Merdefer (2 km au NNE de Bourlens). Dans les bois à l'ouest du lieu-dit Roland (1 km à l'est de Saint-Georges) ont été rencontrés des lambeaux de cuirasse gravillonnaire, témoignage de la latéritisation subie par ces dépôts. La composition de la fraction argileuse est en majorité kaolinique. Le cortège des minéraux lourds montre une dominance de la tourmaline et de la staurotide, suivies par le leucoxène, le zircon, le rutile, l'andalousite, l'ilménite puis l'anatase. Grenat, disthène et épidote sont relégués à des rangs accessoires. Par analogie avec les faciès caractérisés dans les formations du Tertiaire de base de la région charentaise (Dubreuilh, 1987), il est possible de rapprocher ces affleurements des époques yprésiennes ou cuisiennes.

Sur la carte, ces dépôts ont été rattachés et figurés avec la formation sus-jacente des Molasses à *Palaeotherium,* étant donné leur exiguïté géographique et leur caractère résiduel.

e7. **Molasses à *Palaeotherium :* grès et argile carbonatés (Priabonien : Ludien) (épaisseur : 15 à 35 m).** Au-dessus de ces vestiges, peuvent être reconnus sur 15 à 35 m, des sables moyens à grossiers marron rouge, dont la base est souvent légèrement argileuse, avec des couleurs violacées à lie-de-vin. Ces sables sont constitués par des grains subanguleux de quartz laiteux à transparents parfois corrodés dont la taille peut atteindre 5 mm. L'attribution au Ludien devient du fait que ces faciès gréseux et argileux sont surmontés par la formation bien datée du Calcaire des Ondes, à laquelle ils passent verticalement, sans hiatus. Des variations latérales de faciès sont possibles en s'éloignant de la zone de contact avec les calcaires mésozoïques. C'est ainsi que l'aspect rougeâtre des sables supportant le Calcaire des Ondes peut totalement disparaître en 5 km à l'ouest de la limite mésozoïque, pour être remplacé par un grès à ciment carbonate gris beige, tendre, micacé, à éléments fins ou moyens.

Ce dépôt se présente localement sous la forme d'un grès fin micacé dur, beige à gris clair, à ciment carbonate. Il montre des stratifications subhorizontales dont une partie des joints peut être calcitisée par une calcite translucide sur 2 à 3 mm d'épaisseur. Ce genre d'affleurement existe au lieu-dit Menottes dans la berge de la rive droite du Lot (fig. 2) sous les apports alluvionnaires (4,5 km en aval de Port-de-Penne) où sous l'ancien pont de Payssel (1 km à l'ouest de Penne). Surmontant le plus souvent les horizons gréseux, se déposent des niveaux silteux beiges à taches jaunâtres (berges de la Maunesse) portant les traces d'actions pédogénétiques. À des dépôts de chenaux fluviatiles faiblement sinueux succèdent donc des niveaux de plaines d'inondation, montrant une lente remontée du niveau de base.

e7O. **Calcaires des Ondes : calcaires lacustres blancs (Priabonien : Ludien moyen) (épaisseur : 2 à 10 m).** Dans la partie sommitale des niveaux sableux précédents, se développent des réticulations carbonatées de type calcrète, limitant des plages décimétriques de silt argileux rouge. Le nombre de ces concrétions augmentent vers le sommet, ce qui conduit au passage graduel à un calcaire blanc crayeux peu épais (2 à 10 m), montrant à sa base des taches rouges de 1 à 5 cm et des passées gréseuses à éléments parfois grossiers subanguleux. Ce niveau carbonaté est visible au nord-ouest de Saint-Georges, sous les dernières maisons, ainsi qu'au lieu-dit Les Fustes (1,5 km à l'est de Saint-Georges), ou encore dans la vallée entaillée par le ruisseau La Maunesse à proximité de sa confluence avec le Lot (1 km en amont de Lustrac).

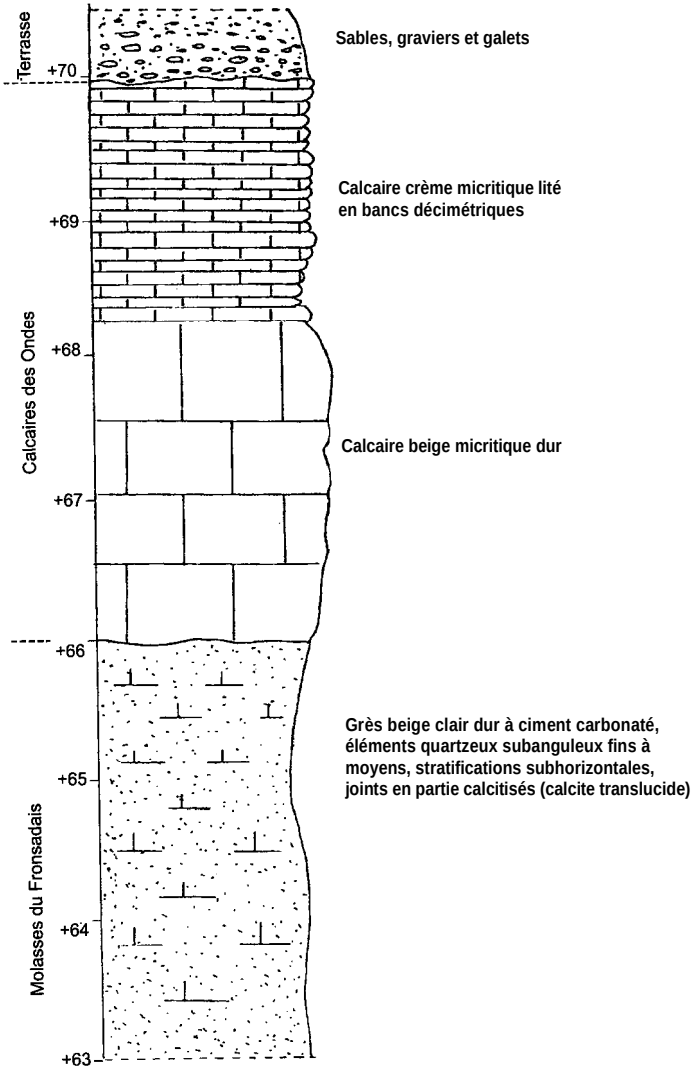


Fig. 2 - Coupe de Menottes (2,5 km à l'Est de Villeneuve)

Cette formation calcaire correspond au Calcaire des Ondes défini dans la tranchée de chemin de fer qui est creusée dans le flanc de la rive droite du Lot, au nord-est du village de Ladignac, en limite des communes de Condezaygues et Ladignac-Trentels. A l'occasion des travaux de construction de cette voie ferrée, une faune de mammifères a permis de dater cette formation du Ludien moyen (Éocène supérieur). C'est ainsi qu'ont été découvertes des dents et des mandibules de *Palaeotherium magnum girundicum, P. médium médium, P. crassum crassum, Plagiolophus fraasi, P. annectens, P minor, Xiphodon gracile, Hyaenodon brachyrhynchum, Pterodon dasyuroides,* et *Anoplotherium laurillardi* (Tournouer, 1869). Cette association correspond à la zone de la Débruge des mammalogistes (Ringeade, 1987).

Dans ce calcaire lacustre, il a été aussi rencontré de façon plus ou moins éparse, des moules externes de mollusques : *Melanopsis mansiana, limnea, Ischurostomaformosa.* On retrouve cette couche dans les berges du Lot jusqu'en amont de Villeneuve. En un seul endroit (dans le sud-est du lieu-dit Pommiès, à 1,5 km au nord de Bourlens) a été identifiée une passée siliceuse horizontale gris clair.

Cette formation carbonatée est affectée par deux phénomènes qui tendent à limiter son extension à l'affleurement :

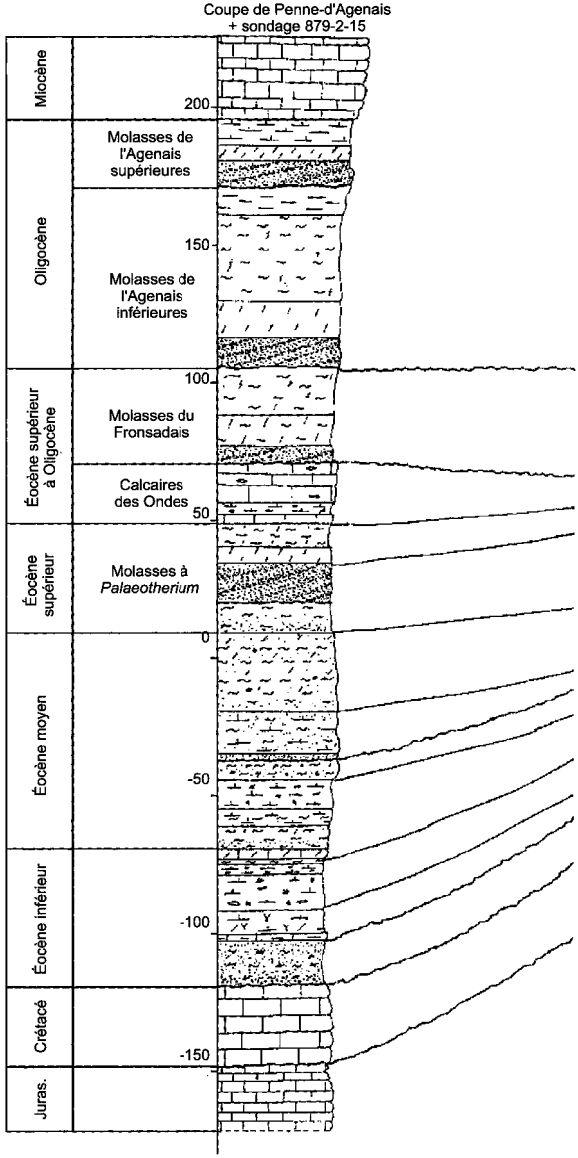
- un léger pendage vers l'ouest certainement dû à un tassement différentiel, la partie est se trouvant en appui sur le bâti mésozoïque ;

- une érosion sommitale pendant la mise en place des horizons détritiques de la Molasse du Fronsadais (fig. 3 en hors-texte et 4 p. 22-23) imputable à une baisse du niveau de base.

Les milieux de dépôt capables de générer de telles formations se rencontrent en contexte fluvio-lacustre abrité, où certaines étendues d'eau douce plus ou moins isolées peuvent recevoir une alimentation hydrique suffisamment durable et filtrée pour favoriser la sédimentation calcaire, tout en restant à l'abri des venues détritiques transitant par les chenaux distributaires (Capdeville, 1976 et 1987).

Éocène supérieur à Oligocène

e7-g1**. Molasses du Fronsadais : grès tendre et argiles beiges carbonatées (Oligocène basai) (épaisseur : 20 à 35 m).** Sur 20 à 35 m d'épaisseur la formation des Molasses du Fronsadais peut présenter deux évolutions sédimentaires superposées relativement similaires comme le montre la coupe de Pont des Cuves (fig. 5 p. 24). Les termes détritiques de la base sont constitués par des grès carbonatés tendres gris à beige clair, moyens à graveleux, renfermant des micas blancs, de petits éléments noirs (lydienne) ainsi que de rares graviers de quartz de 1 à 2 cm subarrondis laiteux et des galets mous silteux jaunes. Ces éléments sont répartis en strati-


Coupe de Penne-d'Agenais
+ sondage 879-2-15
Miocène
Oligocène
Éocène supérieur à Oligocène
Éocène supérieur
Éocène moyen
Éocène inférieur
Crétacé
Juras.
Molasses de l'Agenais supérieures
Molasses de l'Agenais inférieures
Molasses du Fronsadais
Calcaires des Ondes
Molasses à Palaeotherium
200
150
100
50
0
-50
-100
-150

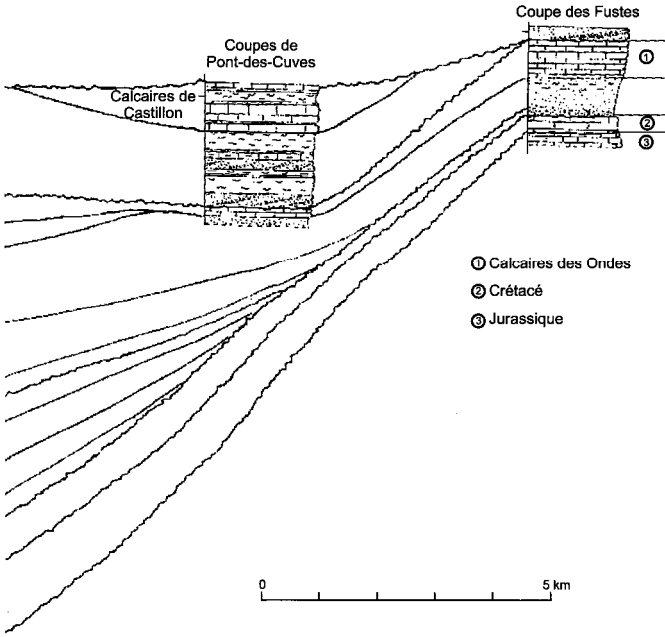


Fig. 4 - Coupe E-W des Fustes à Penne-d'Agenais

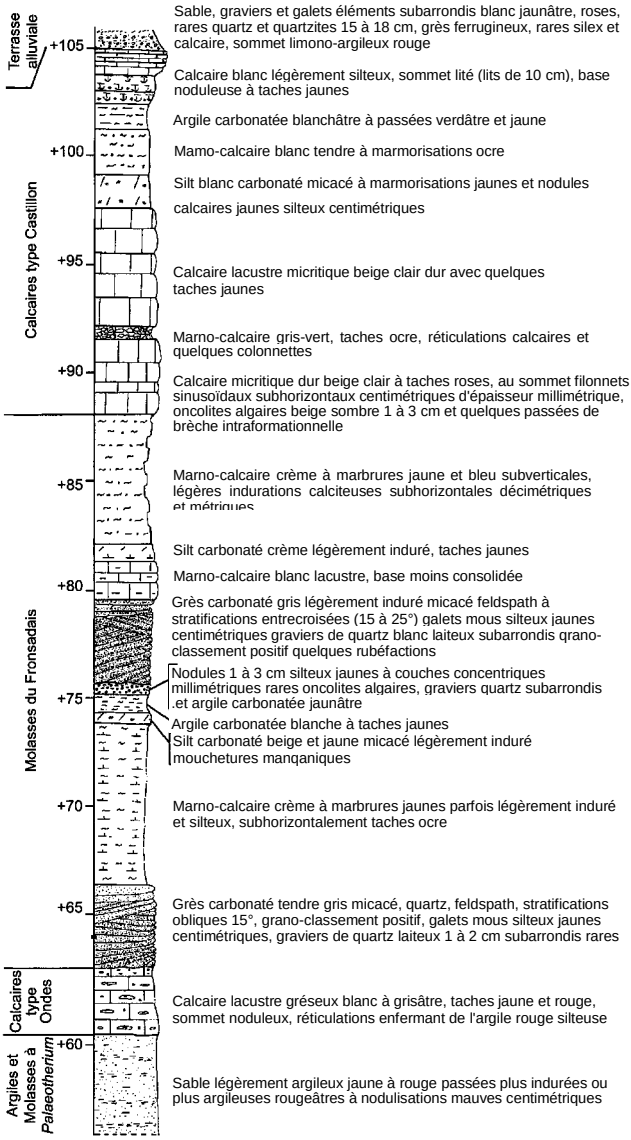


Fig. 5 - Coupe de Pont-des-Cuves (2 km au Nord de Trémons)

fications entrecroisées (ruisseau de la Maunesse au nord de Trémons) démontrant des conditions à fortes vitesses d'écoulement (chenaux en tresse). Chaque faisceau incliné de 10 à 15°, d'environ 20 cm d'épaisseur montre un granoclassement vertical et une direction de transport se répartissant entre N 340 et N 220. Ces dépôts peuvent éroder jusqu'à faire disparaître le Calcaire des Ondes.

Au-dessus de ces niveaux gréseux, se superposent des marno-calcaires silteux, couleur crème à marbrures jaunes et pouvant présenter des niveaux sub-horizontaux, légèrement indurés à traces pédogénétiques et paléosols (D243 au nord de Pont-des-Cuves). La partie sommitale de la première séquence sédimentaire se termine par un épisode noduleux de 50 cm d'épaisseur, constitué par des éléments sphériques de 1 à 3 cm de diamètre, à enveloppe durcie, silteux jaune clair, laissant apparaître à l'intérieur quelques fines couches concentriques. Parmi ces nodules, il a été observé quelques rares oncolites alguaires de même taille, ainsi que des graviers de quartz subarrondis. Les dépôts gréseux de cette formation ont fourni à Soumailles (feuille Duras) un niveau à mammifères fossiles contenant pour les espèces les plus caractéristiques : *Palaeotherium médium suevicum, Plagiolophus minor* (Brunet, 1975) et *Theridomys aquatilis* (Vianey-Liaud, 1972). Ces faunes ont été reconnues comme faisant partie de l'horizon repère de la base de l'Oligocène (Ringeade, 1987).

Les milieux de dépôt ayant constitué de telles superpositions sédimentaires appartiennent à un processus à énergie hydrodynamique décroissante, débutant par la mise en place d'écoulements chenalisants (chute du niveau de base), évoluant ensuite vers des accumulations de plaine d'inondation de plus en plus calme (remontée progressive du niveau de base).

Oligocène

g1c. **Calcaires de Castillon : calcaire et marno-calcaire blancs (Rupélien inférieur) (épaisseur : 0 à 15 m).** De faible épaisseur (de quelques décimètres à 15 m), ces horizons carbonates n'ont été reconnus que dans le secteur nord, et en position topographiquement basse. Sur les affleurements les plus développés, les horizons calcaires comportent généralement deux faciès superposés différentiables par leur dureté et leur lithification. La base s'avérant plus massive que la partie sommitale qui présente de petits bancs décimétriques, le plus souvent altérés. Ce calcaire lacustre micritique blanc à beige admet quelques passées de brèches intraformationnelles à éléments légèrement plus sombres que le ciment et d'une taille inférieure à 5 mm. Quelques filonnets millimétriques de calcite cristalline transparente sont visibles. Les niveaux marno-calcaires présentent des taches jaunes et des nodules centimétriques à décimétriques indurés.

Dans la partie est, entre Saint-Marcel et Saint-Georges, la formation des Calcaires de Castillon se retrouve en falaises, exposant un beau calcaire micritique clair (fig. 5) contenant quelques oncolites alguaires centimétriques légèrement plus sombres et pouvant présenter une passée marno-calcaire gris vert à colonnettes. Ces niveaux calcaires ne semblent pas s'étendre vers la partie sud de la carte. Un vestige de 80 cm d'épaisseur, épargné par les actions chenalisantes de la base détritique de la Molasse de l'Agenais inférieure, a été mis en évidence dans le fossé de la route qui grimpe vers La Grèze, à la cote + 130 m (1 km au sud de Tournon).

Les sites fossilifères de Ruch (feuille Podensac, 828), Saumagnes et Combe-Brune (feuille Eymet, 830) ont fourni une caractérisation stratigraphique de ces niveaux. Les associations mammalogiques *(Ronzotherium velaunum, Pseudoltinomys major)* mises en évidence par M. Brunet *et al.* (1977) à Ruch, les oogones de charophytes *(Harrisichara tuberculata, Rhabdochara major)* décrits par Feist et Ringeade (1977) à Saumagnes et les périssodactyles, artiodactyles et rongeurs identifiés à Combe-Brune (Ringeade *in* Capdeville, 1991) permettent de rattacher ces dépôts au niveau de Ronzon (Rupélien inférieur).

Ces horizons condensés de carbonates ont été déposés sur la bordure orientale du vaste dispositif lacustre centré sur la partie inférieure du cours de la Dordogne.

g1 *Ai.* **Molasses de l'Agenais inférieures : grès tendre, silt et argile carbonates micacés (Rupélien : Stampien inférieur) (épaisseur : 20 à 45 m).** Sur une épaisseur de 20 à 45 m, les dépôts de la Molasse de l'Agenais inférieure, s'ordonnent en plusieurs faciès rangés en séquences positives répétitives. La base est constituée par des grès carbonatés et micacés tendres, gris clair. Les éléments solides sont en majorité quartzeux de taille moyenne à grossière, subarrondis. Figurent aussi quelques lydiennes, des micas blancs jusqu'à 2 mm, et de rares à très rares feldspaths. Ces corps gréseux sont déposés sous des conditions hydrodynamiques capables de raviner le substratum (présence de galets mous argilo-silteux jaunâtres d'un diamètre parfois décimétrique) et de construire des stratifications obliques ou entrecroisées (3 km au sud-ouest de Tournon, proche du château Lamote) correspondant à des chenaux en tresses. La capacité de transport baissant, la sédimentation devient ensuite silteuse carbonatée, micacée et peu consolidée (chenaux faiblement sinueux). La couleur évolue vers des teintes jaune pâle à marbrures bleu clair et taches ocre. Des phénomènes de diagenèse calcitique tardive peuvent modifier une partie de ces dépôts et les indurer fortement d'une manière locale.

La partie sommitale de la séquence est représentée par des argiles carbonatées parfois silteuses jaunâtres à taches bleu et ocre (plaine d'inondation).

Très rarement ont été observées des traces rougeâtres dans la partie supérieure du faciès argileux (lieu-dit Frontignac au nord de l'aérodrome de Rogé). Cette phase argileuse est en majorité composée de smectite à laquelle viennent s'ajouter de l'illite et de la chlorite (Capdeville, 1987).

Les faunes recueillies à Villebramar (feuille Cancon) par M. Brunet (1975) : *Plagiolophus fraasi, Ronzotherium fllholi,* ainsi que l'existence d'oogones de charophytes *(Nitellopsis meriani)* (Feist et Ringeade, 1977) dans des niveaux équivalents, faisant partie de la Molasse inférieure de l'Agenais (Capdeville, 1987) montre leur appartenance à la partie basale du Stampien (= Rupélien) supérieur. De position stratigraphique équivalente, le petit gisement d'Itier à 1 km au sud de Tournon et décrit par R. Tournouer en 1869, a permis de démontrer la présence de *Ronzotherium filholi, Plagiolophus fraasi, Anthracotherium magnum* (fig. 6).

Le contact entre le substratum jurassique et le système de comblement molassique n'est que rarement visible. À 1 km à l'est de Tournon (à proximité du ruisseau de Labare au sud-ouest du lieu-dit Michau), sur environ 2 m et en plusieurs couches de 25 à 50 cm, s'est déposé un conglomérat à ciment carbonaté gréseux, micacé, tendre, gris clair et à éléments de calcaires kimméridgiens subarrondis de 1 à 8 cm. La surface des graviers et galets présente une très fine cuticule claire de calcaire concrétionné. À 2 km au sud-ouest de Bourlens, le contact est constitué par un calcaire gréseux jaune ocre à taches blanches d'aspect plus ou moins nodulaire. Au sud-est de Perricard (1 km), des galets de Kimméridgien ont été rencontrés.

Cette évolution sédimentaire molassique s'inscrit dans un modèle de dépôt fluviatiles reflétant du bas vers le haut, une décroissance de la vitesse d'écoulement. Les épandages grossiers d'un réseau de distributaires sont relayés verticalement par des faciès plus fins, aux vitesses de transport plus faibles, où peuvent s'exercer des actions pédogénétiques.

g1 *As*. **Molasses de l'Agenais supérieures : grès tendre, argile silteuse, carbonatés et micacés (Rupélien : Stampien supérieur) (épaisseur** : **20 à 30 m).** Sur l'aire cartographiée, il n'a pas été possible de mettre en évidence le niveau calcaire de type Monbazillac qui, plus au Nord, sépare régionalement les Molasses de l'Agenais en deux formations, inférieure et supérieure. En l'absence de niveau repère, la venue de graviers et petits galets marquant l'accroissement brusque de la vitesse d'écoulement, est considérée ici comme indiquant le début de la sédimentation des Molasses de l'Agenais supérieures qui se développent sur 20 à 30 m d'épaisseur.

Ces dépôts lorsqu'ils affleurent ont tendance à être rapidement masqués par une altération superficielle limoneuse gris marron. À la faveur de la

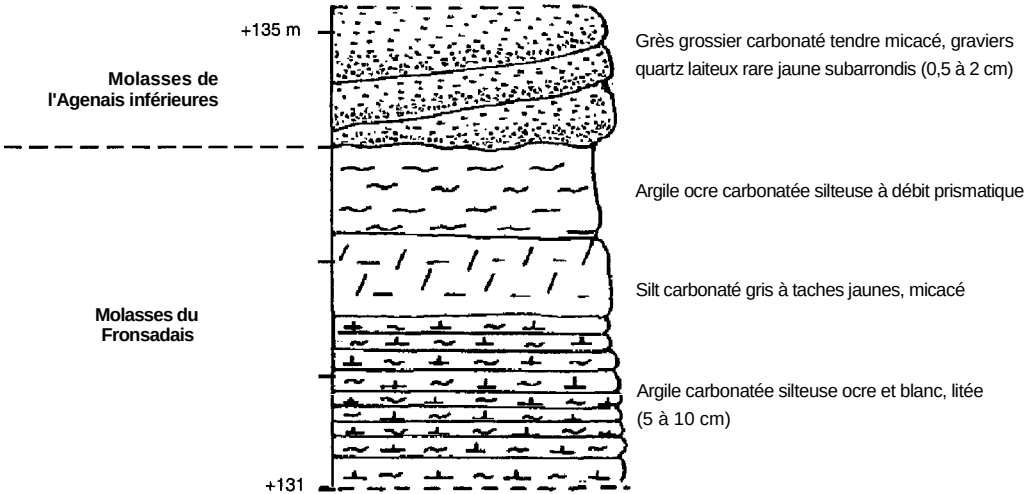


Fig. 6 - **Coupe ditier** (1 km au Sud de Tournon)

réfection de fossés et de travaux de décapages divers, la superposition suivante à été relevée :

- à la base, apparaissent des grès carbonatés gris clair peu indurés, micacés (grosses paillettes de muscovite). Ils comportent des éléments grossiers atteignant parfois des tailles pluricentimétriques (2 à 5 cm) de quartz, quartzites et lydiennes, aux formes arrondies et à l'enveloppe généralement corrodée. Des stratifications obliques ou entrecroisées apparaissent comme par exemple au cimetière de Montaigu-du-Quercy, à Penne-d'Agenais, à Monplaisir à 2,5 km au nord d'Hautefage, Comberatière (2 km au nord-est de Frespech, fig. 7), ou encore à Plaine-de-Peyralade à 2 km au nord-ouest de Lacour. L'inclinaison des feuillets sédimentaires peut varier de 15 à 25°. Des galets mous d'argile carbonatée silteuse jaunâtre, de taille pouvant aller de 2 à 15 cm, sont souvent rencontrés à l'intérieur de ces niveaux. Ces chenaux en tresses accompagnent une chute du niveau de base. Une extraction de minéraux lourds réalisée dans les niveaux gréseux de la D 263 au sud de Laparade (feuille Villeneuve, 878) a permis d'identifier un cortège où dominent zircon, épidote, grenat, puis tourmaline (déterminations A. Parfenoff, *in* Capdeville, 1987). Les dépôts se poursuivent vers le haut par des silts gris à jaunes carbonatés, micacés, légèrement indurés, appartenant à des milieux de chenaux faiblement sinueux. Ils peuvent renfermer des traces pédogénétiques colorées et des nodules carbonatés centimétriques durcis de type septaria. Puis, l'on assiste au passage graduel vers des argiles carbonatées jaunes et bleues, pouvant contenir des nodules carbonates blanchâtres plus ou moins friables (1 à 10 cm de diamètre) qui sont le reflet de milieux de plaines d'inondation, marqueurs d'une remontée du niveau de base ;
- la partie terminale est constituée par des marno-calcaires blancs pulvérulents, parfois grumeleux, où se montrent des marmorisations subverticales ocre.

Au sud-ouest de Penne-d'Agenais, à Lamilloque, la base détritique des Molasses supérieures a fourni un gisement de mammifères fossiles. M. Brunet (1975), y décrit une riche faune à périssodactyles (*Prototapirus aginensè),* artiodactyles *(Microbunodun minimuri),* ainsi que des carnivores et des rongeurs (*Eucricetodon praecursof).* Des associations du même ordre ont été rencontrées près d'Auradou (à Capelle, 3 km à l'est et à Massels, 3,5 km au sud-est), ainsi qu'à Saint-Just à 1,2 km au sud-ouest de Lamilloque. L'étude des populations de rongeurs et de charophytes a permis à M. Ringeade (1978) de démontrer que tout en appartenant au Stampien supérieur, le niveau de Massels était légèrement plus récent que celui de Lamilloque, Saint-Just et Capelle.

La superposition sédimentaire constituant les Molasses supérieures de l'Agenais, reflète un brusque abaissement du niveau de base suivi d'un retour à l'équilibre, faisant ainsi succéder aux chenaux d'apports détritiques grossiers, des apports plus calmes et fins de plaine d'inondation, déposés sous climat chaud.

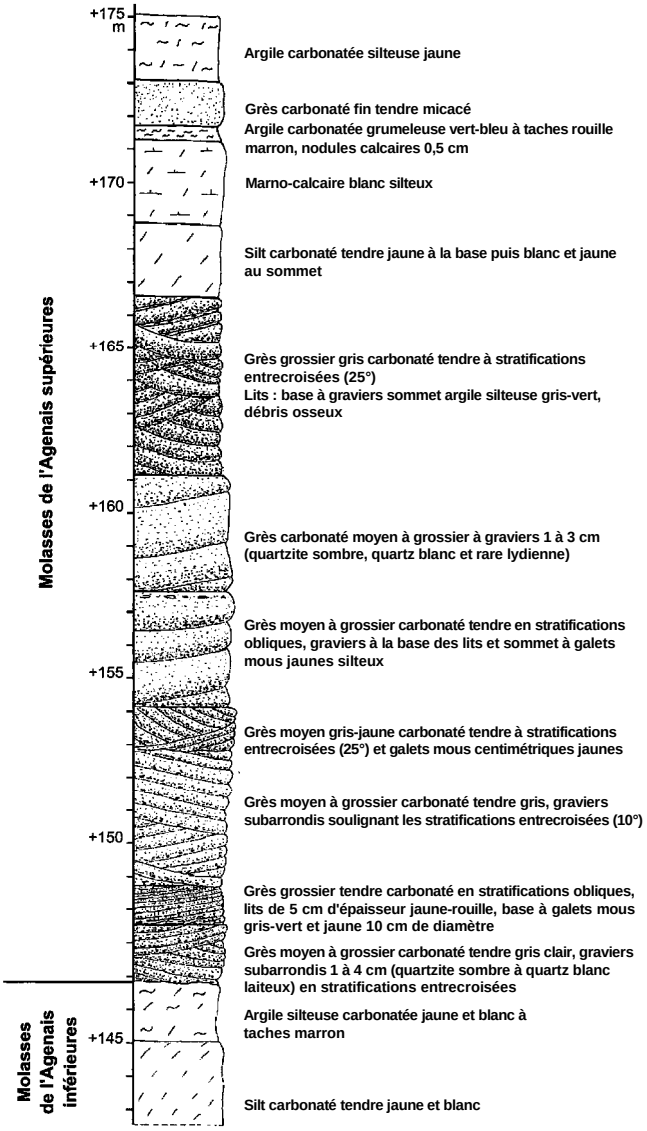


Fig. 7 - Coupe de Comberatière (2 km au NE de Frespech)

Miocène

La cartographie réalisée sur la feuille Villeneuve (878) a mis en évidence un changement progressif d'Ouest en Est, aussi bien horizontal que vertical, des différents niveaux repères de l'Agenais : Calcaire blanc, Marnes à *Ostrea*, Calcaire gris. Ces horizons sont encore individualisés et superposés dans l'angle sud-ouest de la feuille (Laroque-Timbaut). Toutefois, vers l'est, Tamincissement puis la disparition de l'équivalent des Marnes à *Ostrea*, ne permet plus de dissocier le Calcaire blanc du Calcaire gris ; d'autant que le Calcaire gris de palustre est devenu lacustre (fig. 8), prend alors un faciès équivalent à celui du Calcaire blanc. D'autre part, on notera que sur l'ensemble de l'Aquitaine le diachronisme de ces couches avait été signalé par Ringeade 1978.

m1 *Ab.* **Calcaires blancs de l'Agenais : calcaire blanc lacustre micritique (Aquitanien inférieur) (épaisseur : 5 à 10 m).** Sur une épaisseur de 5 à 10 m, cet épisode carbonaté renforce et protège les parties hautes des interfluves. Ces niveaux sont légèrement pentés vers le Sud-ouest, leur base passant de + 170 m à + 125 m NGF.

La base de la formation est souvent occupée sur 2 à 5 m par des marno-calcaires blanchâtres à nodules carbonatés blancs indurés (2 à 10 cm de diamètre) et comporte des passées décimétriques argileuses carbonatées vertes à réticulations jaunes composées par de la smectite et une fraction faible de palygorskite. Parfois, le passage aux calcaires peut être plus rapide (en 25 cm) et se faire par l'intermédiaire de réticulations calcitiques enserrant des argiles carbonatées verdâtres, selon une évolution de type calcrète.

La partie inférieure des calcaires est quelquefois constituée par un horizon gris clair (1 à 3 m), dur, silteux, montrant de rares moules internes de limnés, d'hélix et qui comporte au sommet un voile algaire centimétrique discontinu.

D'une manière générale, les bancs des Calcaires blancs de l'Agenais sont composés d'un carbonate lacustre, micritique, dur, blanc à beige clair, à cassure esquilleuse. On note une porosité fine allongée (3 à 4 mm) subhorizontale et légèrement sinueuse, des recristallisations calcitiques translucides cristallines à macrocristallines (géodiques ou en filonnets), des altérations subverticales de type karstique (décimétriques à métriques). Localement apparaissent des moules internes de limnées, de planorbes et d'hélix, ainsi que des brèches intraformationnelles à éléments centimétriques plus clairs. La malacofaune est à rapprocher des associations à *Caseolus raulini* et *C. Ramondi* pour les hélicidés (Rey *in* Capdeville, 1976).

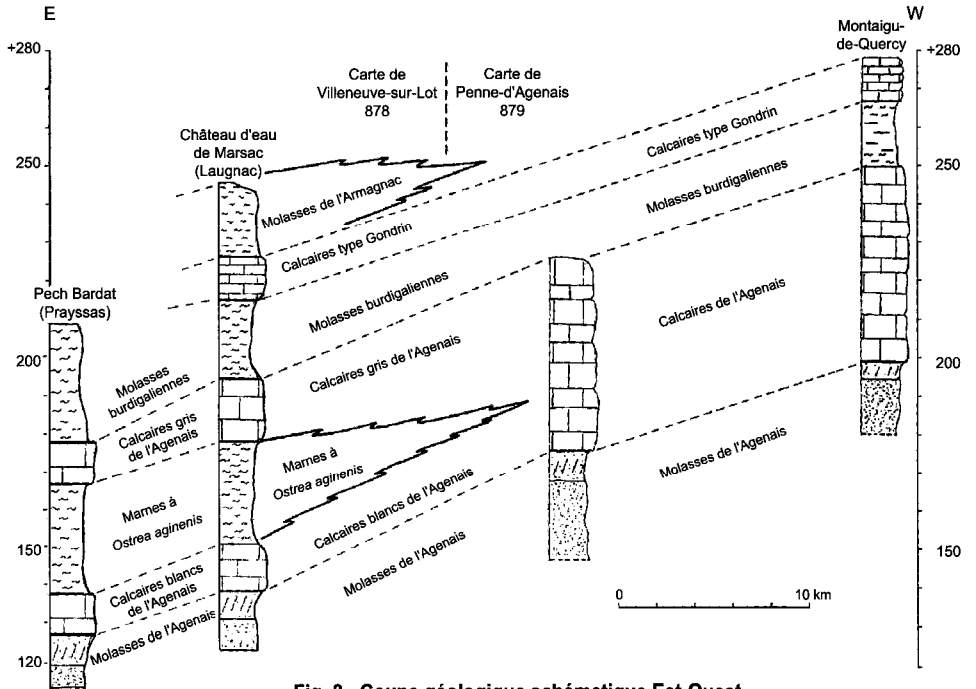


Fig. 8 - Coupe géologique schématique Est-Ouest

Les Calcaires blancs de l'Agenais ont fait l'objet de fluctuations dans leur attribution stratigraphique qui les a fait anciennement se situer au sommet de l'Oligocène (Chattien) en référence aux mammifères fossiles de Pauilhac (Richard, 1948), puis à la base du Miocène (Aquitanien) par comparaison avec le parastratotype de Carry-le-Rouet (Cavelier, 1972).

De telles sédimentations évoquent des milieux protégés à tendances endoréiques sous climat chaud, favorisant le dépôt de boues carbonatées aptes à poursuivre une évolution diagénétique vers des calcaires indurés.

m1M. **Marnes à *Ostrea aginensis* : argile carbonatée silteuse (Rupélien : Stampien inférieur) (épaisseur** : **0 à 10 m).** La formation des Marnes à *Ostrea aginensis* constitue, lorsqu'elle existe, l'étape intermédiaire de ce que les anciens auteurs nommaient la trilogie agenaise : Calcaire blanc, Marnes à *ostrea,* Calcaire gris. Sur le domaine cartographié ici, cette sédimentation ne montre plus d'influence marine et se présente donc sous un faciès latéral de plaine d'inondation argilo-carbonatée. Elle peut montrer à sa base des grès carbonatés fins ou des silts, surmontés par des niveaux argilo-carbonatés gris clair à marmorisations jaune clair. L'horizon argilo-carbonaté décroît d'épaisseur jusqu'à ne plus représenter que des passées infra-métriques d'argile verte carbonatée au sein des calcaires (ancienne carrière de Brondel au nord-est d'Auradou, fig. 9) puis disparaître, laissant accolés les deux calcaires lacustres de l'Agenais (Gèze, 1977).

m1 *Ag.* **Calcaire gris de l'Agenais : calcaire palustre et lacustre gris à beige clair (Aquitanien) (épaisseur** : **15 à 20 m).** Dans l'angle sud-ouest de la feuille, sur 15 à 20 m d'épaisseur, l'épisode des Calcaires gris de l'agenais est encore différenciable grâce à la présence des Marnes à *Ostrea aginensis* en position sous-jacente. Les faciès palustres qui ont permis de définir cet horizon plus à l'ouest (Tonneins, 877) ne s'étendent pas jusque ici, où ils sont remplacés par une sédimentation lacustre. Le calcaire micritique, dur, de patine blanchâtre, est beige clair à la cassure et présente une porosité millimétrique, de faible amplitude qui montre un allongement subhorizontal légèrement sinueux. Les niveaux de brèches intraformationnelles lorsqu'ils existent, présentent des éléments subanguleux parfois décimétriques de couleur plus sombre que le ciment soulignés par un film calcitique transparent.

Localement ces horizons peuvent renfermer de nombreux moules internes de planorbes *(Planorbarius cornu* et *P. crassus,* en majorité) et de limnées *(Radix subovata* et *R. fabulum).* Sur la coupure Villeneuve-sur-Lot (878), un niveau argileux apparemment lenticulaire au sein de cette formation, a fourni, d'abord à G. Vasseur (1890), puis à L. de Bonis (1973), une nombreuse faune de rongeurs *(Eucricetodon aquitanicum, Pteridomys*

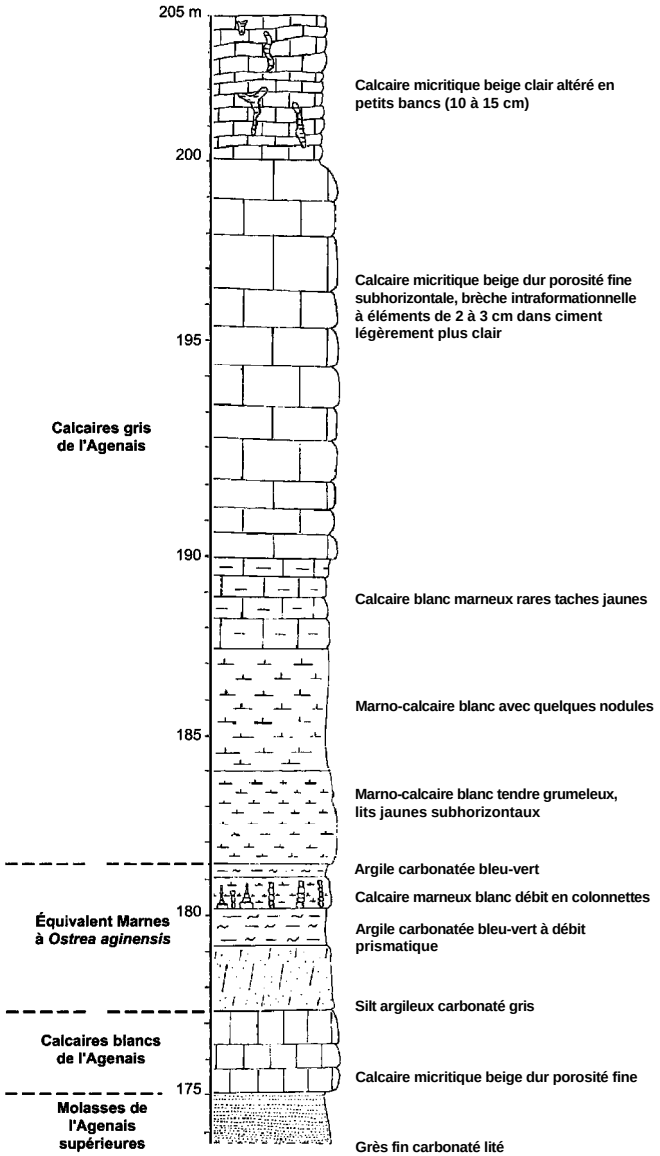


Fig. 9 - Coupe de Brondel (2 km au N-E d'Auradou)

occitanus), de carnivores (*Plesictis laugnacensis, Amphictis aginensis),* et de périssodactyles (*Brachypotherium aginense, Diceratherium aquitanicum).*

Les caractéristiques évolutives de ces associations font ranger ce niveau dans l'Aquitanien.

m1C. **Calcaires de l'Agenais *s.l. :* Calcaire lacustre blanc micri-tique (épaisseur** : **30 à 50 m).** À l'est de la limite de disparition des Marnes à *Ostrea aginensis,* les deux formations carbonatées lacustres de l'Agenais ne sont plus dissociables par les faciès ou les marqueurs strati-graphiques classiques. Ces calcaires représentent alors une épaisseur de 30 à 50 m. Ils arment et protègent le sommet des serres et plateaux calcaires.

Dans la partie sud-est de la carte, les routes reliant les fonds de vallées aux plateaux, exposent plusieurs coupes lithologiques, en particulier à Montaigu-du-Quercy. Juste au-dessus du cimetière (fig. 10), la sédimentation carbonatée lacustre débute par un calcaire micritique blanc silteux à taches rosâtres à la base, puis jaunes avec quelques passées de calcaire marneux. Elle se poursuit par un calcaire micritique blanc interrompu une première fois vers la cote + 211 m par un niveau de brèche intraformationnelle à éléments plus sombres, puis vers la cote + 220 m, par 4 m de calcaire micritique beige rosé plus ou moins lité. La partie supérieure est constituée par une dizaine de mètres de calcaire crayeux pouvant montrer un litage d'environ 5 cm d'épaisseur et des taches jaunes. Pratiquement sur toute l'épaisseur se discerne une fine porosité subhorizontale parfois légèrement sinueuse. Ces couches sont aussi le support d'un réseau karstique.

m2Mb. **Molasse burdigalienne : argile carbonatée (Burdigalien) (épaisseur** : **8 à 20 m).** Des affleurements sporadiques dans la partie sud-est de la carte ont permis d'établir quelques coupes dans les niveaux de plaine d'inondation superposés aux Calcaires lacustres de l'Agenais *s.l.* Ces niveaux qui représentent entre 8 et 20 m d'épaisseur, sont pour la plupart argilo-silteux, carbonatés, gris clair.

À l'est du secteur étudié (Roquecor, Montaigu-du-Quercy) vers 250 m d'altitude, se différencient de petites buttes témoins tranchant par leur blancheur sur le reste du plateau. Leur base est composée d'argile carbonatée gris clair surmontée par des marnes blanchâtres plus ou moins pulvérulentes et à taches jaunes. La partie supérieure est constituée par 2 à 5 m d'argile carbonatée blanchâtre grumeleuse, à taches jaunes et grises. En l'absence de marqueur chronologique, leur superposition aux Calcaires de l'Agenais *s.l* les fait assimiler aux Molasses burdigaliennes (fig. 8 et 10).

De tels dépôts évoquent des milieux de plaine d'inondation puis palustres.

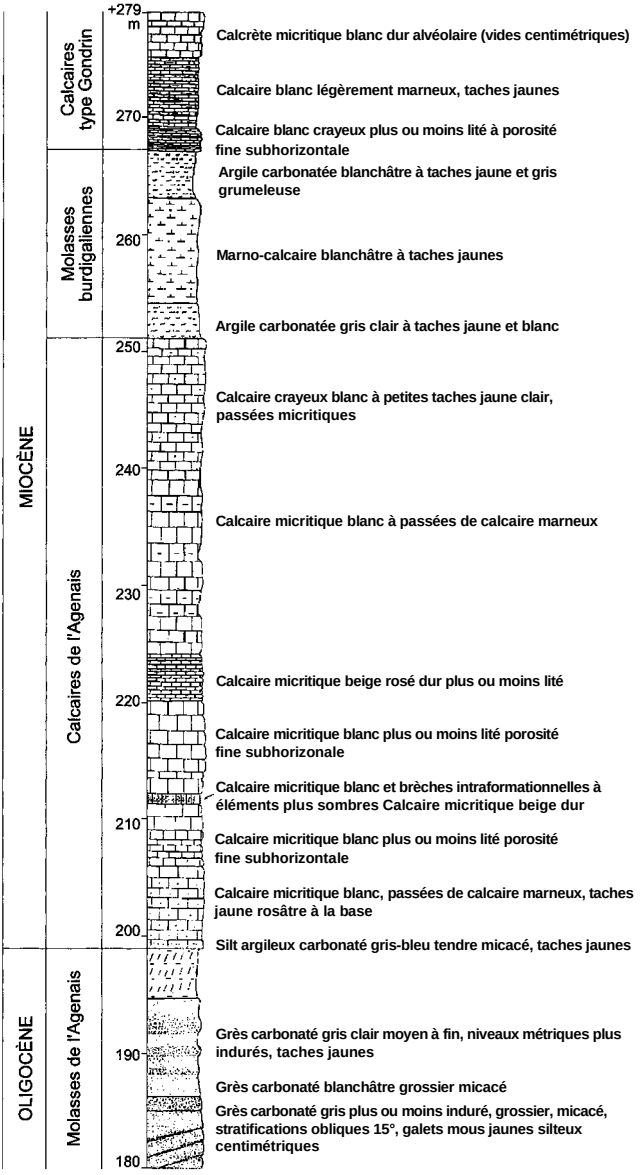


Fig. 10 - Coupe du château d'eau de Viche, à Montaigu-du-Quercy

m2*Go.* **Calcaire de type Gondrin : calcaire lacustre beige (Burdigalien) (épaisseur** : **10 m).** Vers l'Est de la carte, les buttes témoins sont armées dans leur partie sommitale (vers environ + 275 m NGF) par des niveaux carbonatés dont l'épaisseur totale approche la dizaine de mètres. A la base se développe un calcaire crayeux d'apparence plus ou moins litée et contenant une porosité fine subhorizontale. La partie intermédiaire est constituée par un calcaire blanc légèrement marneux à taches jaunes. Au sommet s'est déposé un calcaire de type calcrète, micritique, blanc, dur, alvéolaire et réticulaire (Viche au sud de Montaigu-du-Quercy) (fig.10).

Aucun marqueur chronologique n'a pu être mis en évidence. De par sa situation dans la superposition stratigraphique, cette entité carbonatée lacustre peut être rapprochée des Calcaires de Gondrin définis plus à l'ouest, dans le Gers, par F. Crouzel (1957).

m2*Ar.* **Molasse de l'Armagnac : argile carbonatée jaunâtre (Burdigalien) (épaisseur** : **15m).** Proche de la limite sud-ouest de la carte, à l'ouest du village de Monbalen et dans le prolongement d'affleurements situés sur la carte Villeneuve-sur-Lot, subsistent des dépôts résiduels attribués aux Molasses de l'Armagnac. Sur environ 15 m d'épaisseur, ces niveaux sont formés par des argiles carbonatées silteuses, marron jaunâtre à taches bleues. Ces apports fluviatiles de plaine d'inondation, fins, ont subi des influences pédogénétiques et semblent constituer les témoins les plus septentrionaux des Molasses de l'Armagnac (fig. 8).

QUATERNAIRE

Formations fluviatiles

Les témoins des plus anciens dépôts alluvionnaires n'ont été retrouvés qu'en rive gauche du Lot, selon une disposition étagée.

Ft. **Haute terrasse : sables grossiers, graviers et galets rougeâtres (Pléistocène inférieur à moyen) (épaisseur** : **4 à 6 m).** L'encaissement de cette sédimentation alluviale est d'environ 85 m par rapport aux sommets des plateaux calcaires mésozoïques. La base du surcreusement se situe vers + 120 m NGF. Il subsiste de petits lambeaux de cet alluvionnement disséminés à proximité ouest de Perricard (lieu-dit Le Rival), au Bois-de-Naucal (1,5 km à l'ouest de Perricard) et à La Grèze, à proximité sud-ouest de Saint-Georges. La plus grande épaisseur conservée avoisine 6 m. La surface argilo-sableuse marron rouge ne présente qu'une épaisseur pelliculaire de 10 à 25 cm d'épaisseur. Dans la partie grossière, les éléments majoritaires sont quartzeux, blanchâtres, subarrondis, lisses, de 8 à 12 cm de diamètre et accompagnés par des quartzites gris. Le reste du stock est

constitué de quartz jaunis, de rares galets calcaires, de quelques silex sombres et de très rares éléments granitiques réduits à l'état de fantômes. Les galets peuvent présenter un cortex rouge brun à rouge mauve. La matrice qui emballe les éléments détritiques grossiers est formée par un sable argileux marron rouge contenant des débris de grès ferrugineux sombres.

En suivant ces niveaux alluvionnaires vers l'aval, il est possible de se recaler sur les horizons définis par J. Dubreuilh (1976), comme étant la Formation de Sadirac, où la flore *(Carya, Ptérocarya, Juglans, Castanea, Pinus haploxylon, Tsuga)* indique une transition entre Pliocène et Quaternaire.

Fu. **Haute terrasse : graviers et galets (Pléistocène inférieur) (épaisseur** : **8 à 10 m).** Plus étendue que la précédente, son niveau de base se trouve vers la côte + 100 m. Sur une épaisseur de 8 à 10 m se répartissent des éléments sablo-graveleux de couleur beige rougeâtre. Les galets sont généralement de quartz, blanc jaunâtre, subarrondis, luisants, avec les plus grands diamètres compris entre 15 et 18 cm, la base pouvant être constituée d'éléments plus petits (8 à 10 cm). Le centile, de quartz blanc laiteux jauni en surface, rencontré à proximité de Pomarède (en rive gauche, face à Lustrac) mesure 26 cm pour le plus grand allongement et 20 cm pour le plus faible. Il existe aussi quelques rares quartz roses. Les quartzites sont minoritaires de couleur gris beige à gris marron, on note quelques rares silex, des débris de grès ferrugineux et quelques galets calcaires aplatis. Le sommet de cet épandage est coiffé par un limon argileux marron rouge peu épais (15 à 25 cm).

Au plan datation, le seul argument possible réside dans la différence d'encaissement vis-à-vis de la terrasse antérieure, ce qui permet de placer Fu à un stade légèrement postérieur, tout en lui conservant l'appartenance au Pléistocène inférieur.

Fw1. **Basses terrasses** : **sables et galets (Pléistocène moyen) (épaisseur** : **6 à 10 m).** Le seul épandage alluvionnaire représentant ce niveau se localise en rive droite, épargné par les remaniements postérieurs effectués par le Lot. La base du dépôt se positionne vers + 80 m. Quelques affleurements ont été relevés dans les fossés à proximité des lieux-dits Bongrat et Le Caillou, 2 km au nord-est de Saint-Sylvestre. La partie sommitale est composée d'une couverture limoneuse argilo-sableuse marron clair, d'une épaisseur variant de 30 à 80 cm. Le corps principal de l'épandage alluvionnaire est constitué par un sable grossier légèrement argileux beige marron, emballant des galets parfois jointifs. Le stock de galets présente des éléments généralement subarrondis, luisants, à patine jaunâtre, aux diamètres évoluant de 8 à 14 cm ; le centile a été mesuré à 22 cm. Environ 50 % des gros éléments sont des quartz clairs (blancs à gris), les quartzites gris à marron clair représentent 30 % de cette population, le reste étant constitué par quelques galets de calcaire, de silex ou de granite altérés.

Cette terrasse correspond sur la carte géologique Villeneuve-sur-Lot (878) au niveau où a été découvert de l'outillage préhistorique (Turq, 1992) et des indices polliniques *(Carya, Enghelhardtia, Eucommia* mais aussi *Quercus, Carpinus, Tilia)* ; il en est de même sur la feuille Tonneins (877), où une gravière a fourni une molaire d'*Elephas antiquus* (Le Tensorer, 1979) ; ce qui permet de rattacher ces dépôts au Pléistocène moyen.

À partir de cet épandage alluvionnaire, la disposition des terrasses devient emboîtée.

Fw2. **Basses terrasses : graviers et galets (Pléistocène moyen) (épaisseur** : **5 à 8 m).** Cet alluvionnement peut montrer un recouvrement limono-sableux beige marron clair à marron rouge important (2 à 3 m à Arnaud Guilhem, 1,5 km au nord de Lustrac). La base du creusement se situe vers la cote + 70 m. Les éléments détritiques déposés sont constitués par des graviers et galets de quartz blanc, de quartzite gris à gris clair, subarrondis et lisses, en majorité autour de 8 à 14 cm pour les plus grands modules. Il existe aussi quelques rares galets calcaires aplatis. Ces différents éléments sont emballés dans une matrice sableuse marron rouge. La trace d'un ancien méandre est visible en rive gauche, 1,5 km en amont de Lustrac, au lieu-dit Barthes.

Le peu de différence altimétrique des niveaux d'encaissement et les constituants équivalents plaident pour une appartenance au Pléistocène moyen, sans qu'il n'ait été rencontré de marqueur stratigraphique.

Fx-y. **Sable rouge à graviers et galets (Pléistocène supérieur à Holocène) (épaisseur** : **4 à 6 m).** Le plus récent des dépôts alluviaux n'est épais que de 4 à 6 m, reposant la plupart du temps sur le Calcaire des Ondes (Lustrac, Partalou, Menottes) et aux environs de la cote + 65 m NGF. À sa partie supérieure (0,5 à 2 m) s'est déposé un limon sableux marron rouge contenant quelques graviers et galets épars. La partie inférieure est composée par des graviers et galets enrobés dans une matrice sableuse légèrement argileuse marron rouge. Les gros éléments (5 à 15 cm) sont généralement subarrondis, mais il subsiste quelques galets subanguleux. Le stock de galets de quartz (blanc et parfois rose) est sensiblement équivalent à celui des quartzites (beige gris, parfois très sombre). On dénombre aussi quelques roches de type microgranitique non altéré et quelques galets de calcaire micritique gris. Le centile rencontré à l'est de Lustrac est de 20 sur 30 cm. Des traces d'anciens méandres sont repérables sur les photos aériennes : Bernoy (rive gauche, 1,5 km en aval de Port-de-Penne), à Partalou (rive gauche, 1 km en aval de Lustrac).

Le bassin versant des petits affluents ne se développe que sur des formations carbonatées dont les produits se retrouvent sous la forme d'éléments

calcaires émoussés subanguleux ou subarrondis (aplatis) d'une taille de 2 à 8 cm enrobés par une matrice sableuse calcaire beige jaune clair. La partie superficielle du dépôt alluvial est constituée par une argile limoneuse marron sur environ 40 cm d'épaisseur.

Formations superficielles et anthropiques

Colluvions. Les actions météoriques (pluie, variations d'imprégnation, ruissellement, sautes importantes de température) altèrent les terrains portés à l'affleurement, selon des processus physico-chimiques. Ces différentes actions, conjuguées aux déplacements gravitaires font transiter du haut vers le bas de la pente des éléments fins ou grossiers qui se retrouvent en position non conforme avec leur dépôt d'origine. Ce transit, s'il nourrit le pied de pente (parfois sur 2 à 3 m), approvisionne aussi sur le glacis intermédiaire une couverture de faible épaisseur. C'est ainsi que les nappes Ft et Fu ou encore les produits d'altération de la Molasse peuvent alimenter un colluvionnement de très faible épaisseur (0,2 à 0,40 m) qui semblent couler sur la déclivité, occultant les terrains en position inférieure et laissant croire à une surépaisseur du terrain producteur de colluvions. Cette particularité générale s'étend à tout le secteur étudié et à tendance à uniformiser les faciès pédologiques.

AK. **Altérites limono-argileuses de remplissage karstique : limon argileux brun marron (épaisseur 1 à 8 m).** Les appareils karstiques aériens de type dolines recueillent des altérites provenant des dépôts de recouvrement des calcaires (molasses), mais aussi des produits de décalcification de la couche carbonatée elle-même. Ces colluvions piégées dans la dépression sont le plus souvent constituées d'un limon argileux brun à marron foncé, rappelant les sols de type rendzine. Ils présentent une disposition plus ou moins varvée et il n'est pas rare d'y rencontrer des pisolites ferro-manganiques.

SG. **Grèzes : débris issus des formations calcaires (épaisseur : 3 à 8 m).** Ces formations résultent de l'altération cryoclastique des calcaires affleurants qui subissent (ou ont subi) des contraintes thermiques cycliques de type gel-dégel. Ces alternances gel-dégel conditionnent la genèse par fragmentation ainsi que la mise en place des grèzes. En effet, dans un premier temps, les chocs thermiques désagrègent la couche superficielle du calcaire, ensuite par gravité les fragments désolidarisés, glissent et s'entassent au pied de l'escarpement. Le caractère alternatif des cycles de production peut introduire un aspect plus ou moins lité (lieu-dit Le Cirgou dans la portion Est de la vallée du Boudouyssou ou La combe-de-Bazérac dans l'angle nord-est de la carte). Le transit gravitaire n'est jamais très long et ne façonne pas les éléments centimétriques à décimétriques qui restent subanguleux. Les épaisseurs d'accumulation peuvent varier entre 3 à 8 m.

X. **Dépôts anthropiques.** Les remblais entreposés en limite nord de la D 102, proche du lieu-dit Lastéoules (5 km au nord de Tournon) sont constitués par des sables blanchâtres contenant des résidus de fonderie. Ces accumulations semblent combler et niveler une ancienne carrière.

ÉVOLUTION GÉODYNAMIQUE ET STRUCTURALE

SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE

L'approche géodynamique de cette partie du Bassin aquitain fait appel aux analyses et descriptions tirées des carottages profonds encore conservés, aux résultats des explorations géophysiques accessibles au public et emprunte aussi aux synthèses traitant de cette zone d'avant-pays. Le soubassement de la coupure Penne-d'Agenais dans le contexte structural nord-aquitain semble avoir été seulement le siège de mouvements verticaux susceptibles d'amener des lacunes ou des biseaux de sédimentation.

Socle hercynien

Le substratum paléozoïque n'est connu en Aquitaine qu'à la faveur d'une centaine de forages à objectif pétrolier qui bien souvent s'arrêtent dès les premiers mètres de leur entrée dans le socle. L'examen des isobathes représentant le toit de cette formation (BRGM *et al.*, 1974) montre un enfoncement régulier en se déplaçant du Massif central vers les Pyrénées, jusqu'à une transversale Nérac-Limoux. Ensuite, la pente s'accentue brusquement pour atteindre - 5 000 m vers Aire-sur-Adour et approcher les -10 000 m sur l'axe Tarbes-Salies-de-Béarn. Quelques synthèses basées sur les données pétrolières, gravimétriques et magnétiques ont été tentées (Dauch *et al.*, 1987 ; Paris *et al.*, 1988). Elles montrent que les dépôts du Cambrien et du Dévonien sont en majorité d'origine marine, avec quelques venues terrigènes et volcano-sédimentaires.

Individualisation du bassin au Permo-Trias

La limite Paléozoïque-Mésozoïque correspond selon J.-C. Gall *et al.* (1998) à une période d'ouverture et d'expansion des fonds océaniques associée à un intense volcanisme. Au début de l'ère secondaire, le bâti européen est soumis à un étirement crustal qui impose une nouvelle dynamique aux grands accidents hérités des phases hercyniennes. Au sein de ce qui va devenir le bassin d'Aquitaine, ce rejeu en distension entraîne la formation de compartiments limités par des failles normales d'orientation SW-NE, déterminant une série de demi-grabens dont les regards sont dirigés vers le sud-est (Curnelle et Dubois, 1986). Cette structuration en « touches de piano » épargne le Massif central et s'ennoie par un basculement relatif vers le sud-ouest. Les parties les plus déprimées recueillent des venues détritiques

intermittentes, plus ou moins grossières, de type cônes alluviaux et plaines d'épandage mis en place sous climat semi-aride. Latéralement s'organisent des zones de sebkhas où s'individualisent des vaporites. Mais l'ampleur de la tension crustale est encore telle que certains accidents se propagent jusqu'à la lithosphère, déterminant des remontées ophitiques à l'intérieur des couches confinées. Ces grabens et semi-grabens sont limités au Nord par une zone N120° qui suit l'axe Nérac-Limoux et représente à un élément majeur de l'histoire du bassin : c'est la flexure celtaquitaine. Relayant l'épisode continental qui a déposé des argiles bariolées, se déploie ensuite un processus lagunaire durant l'Infralias, accumulant une importante série salifère : la zone à anhydrite (Curnelle, 1983). La feuille Penne-d'Agenais est située sur la marge nord-est de ce dispositif sédimentaire, proche de la limite d'extension des faciès anhydritiques.

Installation d'une première plate-forme carbonatée : le cycle jurassique

• ***Transgression.*** La polarité paléogéographique s'établit alors selon des limitations méridiennes. Dans un premier temps, les relations avec la Téthys située à l'est sont faibles et régionalement la tranche d'eau peu épaisse, les conditions évaporitiques perdurent (zone à anhydrite du Lias inférieur). Puis une plate-forme carbonatée se fait jour, suite à un contexte de mer ouverte à l'Ouest (proto-atlantique). Les milieux conservent jusqu'au Jurassique moyen la même organisation selon un schéma méridien (Delfaud, 1972) : une barrière oolitique et graveleuse se développant d'Angoulême à Tarbes vient séparer un domaine de plate-forme externe à l'Ouest, d'une plateforme interne à l'Est. C'est à proximité de cette barrière, mais en domaine interne, que se situe alors le territoire de la feuille cartographiée ; son contexte paléogéographique va évoluer lentement vers des conditions proximales protégées jusqu'au Kimméridgien.

• ***Régression.*** Au Jurassique supérieur apparaît une ligne de haut-fond, réorientant de 90° la polarité paléogéographique précédente. Cette zone haute, dite Seuil des Landes, est sensiblement E-W, et va séparer deux entités à taux de subsidence différents : Parentis et Adour-Mirande. La différence entre les vitesses d'affaissement va occasionner respectivement des dépôts de plateforme externe sur Parentis et une sédimentation à tendance plus confinée sur Adour-Mirande. On note toutefois, que des influences marines parviennent encore de l'Est par l'intermédiaire du Seuil de Carcassonne.

Puis, la plate-forme carbonatée constituant le soubassement de la région de Penne-d'Agenais vient à l'émersion. C'est ainsi que pendant 40 millions d'années, durant cette période qui précède l'ouverture de l'Atlantique au Crétacé inférieur, les couches du Jurassique nord-aquitain seront soumises à l'altération et à une karstification intense.

La sédimentation marine se trouve alors restreinte aux deux zones déprimées de Parentis et d'Adour-Mirande. Celle de Parentis recueille d'épaisses séries sédimentaires nourries par les altérites en provenance du bâti émergé. Les fortes vitesses d'enfouissement des sédiments au droit de ces secteurs sont à mettre en relation avec les contraintes provoquées par l'ouverture de l'Atlantique nord (Brunet, 1991 ; Grandjean, 1992) et le mouvement oblique de la plaque ibérique (Olivet, 1984).

Plate-forme du Crétacé

Une nouvelle transgression marine a pour conséquences l'installation d'une barrière récifale reprenant le tracé du Seuil des Landes et le dépôt d'une épaisse sédimentation albo-aptienne au niveau du Sillon pyrénéen. La surcharge apportée par l'accumulation de ces turbidites, ajoutée aux contraintes associées par l'ouverture du golfe de Gascogne, déclenchent une série de mouvements halocinétiques mobilisant les évaporites du Trias et du Lias inférieur en déclenchant des remontées diapiriques en Chalosse et au sud des Landes-de-Gascogne (Mauriaud, 1987).

La feuille Penne-d'Agenais se situe en limite sud-est du dispositif saumâtre appartenant au Cénomanien, puis la transgression marine du Crétacé supérieur établit ensuite un contexte de plate-forme interne en bordure de barrière.

Comblement cénozoïque

À la fin du Crétacé supérieur et au Paléocène, l'arrivée d'un cycle compressif entraîne une nouvelle distribution paléogéographique. La convergence oblique de la plaque ibérique vers son homologue européenne déclenche une collision qui se propage d'Est en Ouest. Ce processus impose une polarité sédimentaire plaçant des faciès continentaux coté oriental et des dépôts marins sur la façade occidentale. D'après G. Grandjean (1992), cette compression provoque une relaxation thermique qui rigidifie les matériaux infracrustaux et mantelliques remontés lors de la phase d'extension.

Dès le début du Tertiaire le climat chaud et humide favorise et amplifie les phénomènes de pédogenèse et de karstification. La sédimentation demeure encore résiduelle au droit de la zone cartographiée. La phase tectonique majeure des Pyrénées relance le processus d'érosion qui alimente alors l'avancée des matériaux détritiques continentaux. Les produits d'altération du domaine carbonaté vont s'ajouter à ceux provenant du démantèlement des reliefs du Massif central et de la Montagne noire, pour participer au comblement. Le transit des éléments détritiques s'effectue selon trois grands systèmes distributaires. Le plus septentrional semble provenir du Limousin par l'intermédiaire du Cantal, alors que le plus oriental paraît trouver son origine vers la Montagne noire (Dubreuilh, 1987).

Le domaine marin est alors installé sur les Landes-de-Gascogne et le dôme de Villagrains-Landiras est une île. A l'interface eau douce - eau salée des franges de mangroves marquent la limite de la partie aérienne des édifices deltaïques (Cuisien) qui progressent vers l'ouest en suivant le modèle sédimentaire dit en « pattes d'oiseau » (Capdeville, 1987). Les dépôts s'accumulent sur de vastes plaines d'inondation, favorisant ainsi l'installation d'une végétation de climat chaud et humide.

Ces apports fluvio-lacustres constituent les Molasses d'Aquitaine, où la végétation herbacée met à profit la nappe phréatique subaffleurante pour concentrer, par pédogenèse, les carbonates dans les niveaux sablo-argileux. Sur le territoire de la carte de Penne-d'Agenais le bâti secondaire est encore très apparent et contrôle les dépôts molassiques dans la partie sud.

Durant l'Eocène moyen la côte marine devient plus rectiligne qu'auparavant. Les surfaces colonisées par la mangrove se réduisent considérablement, alors qu'une phase d'altération affecte les dépôts émergés comme le montrent les conditions latéritiques mises en évidence sur la carte de Penne-d'Agenais.

Durant l'Eocène supérieur, les plissements anticlinaux d'avant-pays qui ont absorbé les contraintes compressives pyrénéennes, sont peu à peu ennoyés sous les sédiments continentaux qui accompagnent la progression du complexe molassique. L'alternance de saisons sèches et de saisons humides détermine des zones endoréiques à tendances pré-évaporitiques.

De plus cette période voit l'épanouissement de quelques lignées de mammifères dont les évolutions adaptatives vont fournir aux spécialistes de fructueuses possibilités de datation. L'étude de ces lignées de mammifères montre qu'à - 33,6 millions d'années, soit à la fin de l'Eocène supérieur, se produit une variation climatique brutale qui fait succéder à un climat tropical humide (forêt), un refroidissement avec aridification, donnant un milieu végétal ouvert. Cette « grande coupure » est marquée par le déclin des lignées de primates et le renouvellement par une faune migrant depuis l'Asie (rongeurs, rhinocéritidés).

Malgré un contexte structural calme au début de l'Oligocène, quelques réajustements favorisent de petites avancées marines, dont la plus vigoureuse correspond au Calcaire à astéries qui limite sa transgression à l'ouest de la feuille Tonneins (878). Les investigations sismiques pétrolières (Schoeffler, 1971) montrent que l'ennoyage sédimentaire des paléotopographies est accompagné de biseaux d'aggradation et de discordances, qui témoignent des soubresauts tectoniques tardifs d'âge oligocène ou postérieur.

Une variation négative du niveau marin et un climat à nouveau plus humide contribuent au rajeunissement des distributaires et à l'augmentation de leur compétence. En conséquence, les dépôts molassiques poursuivent leur progression vers l'ouest et ennoient complètement les cuestas jurassiques de la feuille Penne-d'Agenais : de vastes étendues lacustres et palustres édifient alors les Calcaires de l'Agenais (Rupélien).

Quelques pulsions marines sont encore notées durant le Miocène. La plus marquante dépasse vers l'est, le confluent de la Garonne et du Lot, pour occuper le Sud-Ouest de la coupure Villeneuve-sur-Lot (879). Ensuite la dynamique de comblement fluvio-lacustre se déplace vers le sud de la Garonne.

Au Pliocène, de petits mouvements verticaux de faible amplitude vont encore entraîner de légères flexures au sein des calcaires lacustres du Miocène moyen (Crouzel, 1957). Les massifs bordiers fournissent un abondant matériel détritique qui, par l'intermédiaire des distributaires, aboutissant à la seule zone encore déprimée : les Landes-de-Gascogne (Dubreuilh *et al*, 1995). Ces couloirs de transit détritiques seront repris par le réseau fluviatile quaternaire lorsqu'il va se structurer et s'inscrire dans le substratum, en réponse aux variations du niveau marin.

APPROCHE STRUCTURALE

Structuration du Mésozoïque

En s'appuyant sur l'interprétation des forages ayant reconnu le soubassement secondaire de la zone d'étude et son pourtour immédiat, il a été possible d'élaborer une carte en isohypses du toit du Mésozoïque (voir schéma structural). Ces terrains mésozoïques sont affectés d'un léger pendage régional vers le sud-ouest, qui laisse affleurer les sédiments jurassiques et crétacés dans la partie nord-est du secteur considéré. Une légère discordance angulaire (4 à 5°) est à noter au contact entre les calcaires jurassiques et les terrains crétacés. Ce phénomène est observable sur le chemin vicinal joignant la route départementale D 102 au petit village de Perricard. Les mouvements l'ayant provoquée, se situent dans un créneau compris entre - 155 et - 92 millions d'années, ce qui pourraient les rattacher à la phase néo-cimmérienne du cycle alpin.

D'autre part, les isohypses du toit du Mésozoïque (voir schéma structural, sur la carte) indiquent une faille sensiblement N 75, dont le rejet vertical serait d'environ 200 m. Cet accident se prolongerait jusque sur la bordure sud des affleurements jurassiques situés à proximité immédiate de la ville de Tournon.

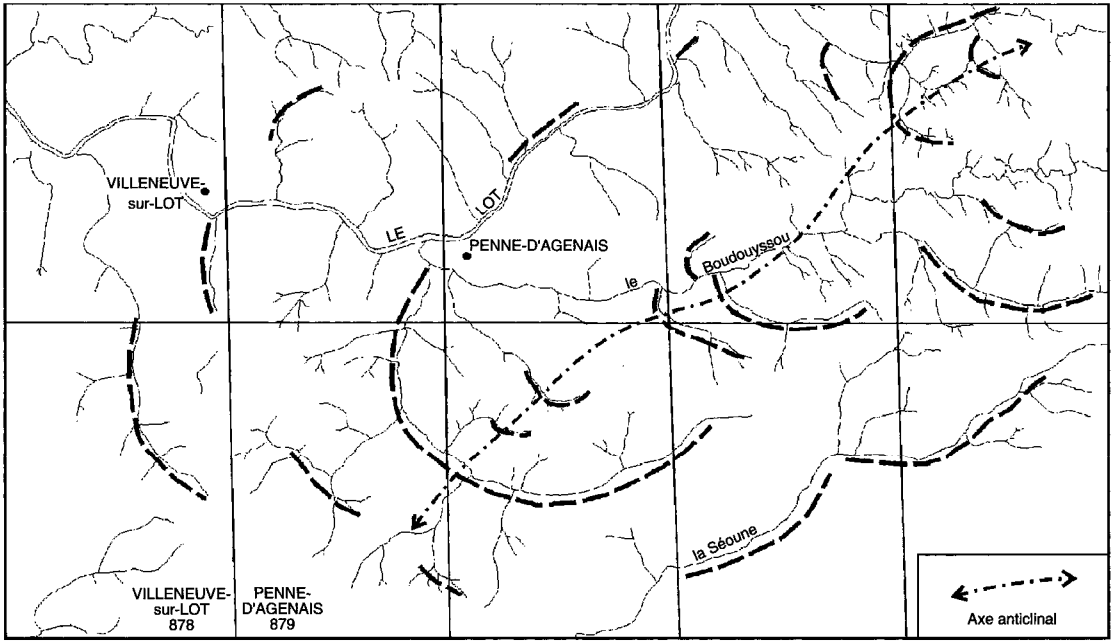


Fig. 11 - Analyse morpho-structurale du réseau hydrologique

À l'affleurement les pendages des bancs jurassiques s'établissent entre 5 et 15° et avec des plans d'orientations variables. Sur la route Tournon - Bourlens, au sud du pont sur la Rivièrette, a été noté un brachy-anticlinal décamétrique d'axe N 165. Il pourrait être mis en relation avec des tassements induits par les dissolutions partielles ayant donné les brèches de l'Oxfordien sous-jacentes, car le phénomène ne peut se suivre que sur quelques mètres et peut être assimilé à un fauchage de couches.

Structuration du Cénozoïque

Les calcaires marins du Mésozoïque sont recouverts d'un biseau sédimentaire argilo-détritique continental, dont la mise en place a débuté à l'Éocène et s'est poursuivie jusqu'au Miocène. Ce recouvrement cénozoïque sub-horizontal s'épaissit vers le sud-ouest ; ce que montre le toit du substratum secondaire qui passe de + 250 m NGF au sud de Mauroux, à la cote - 120 m NGF au droit de Penne-d'Agenais (forage 879-2-15). L'analyse morpho-structurale du réseau hydrographique (fig. 11) montre que dans le secteur nord de la feuille, celui-ci reflète un léger dispositif anticlinal, qui pourrait expliquer l'affleurement du Calcaire des Ondes, à l'est de Penne-d'Agenais.

GÉODYNAMIQUE RÉCENTE

Karstification

Pratiquement tous les bancs carbonatés présents sur la feuille sont susceptibles d'être affectés par des karstifications, car ils réunissent ou sont soumis à des conditions propices à ce type d'altération (porosité, position topographiquement haute par rapport aux niveaux d'écoulements). Les plus exposés s'avèrent être les calcaires lacustres miocènes ainsi que ceux du Jurassique marin, mais quelques manifestations karstiques ont été notées au sein des Calcaires de Castillon (1 km au nord de Saint-Aignan ou grotte de La Pronquière, 1 km au nord-ouest de Saint-Georges).

Les Calcaires gris et blancs de l'Agenais comportent une porosité ouverte à laquelle s'ajoutent des possibilités de drainages particulièrement efficaces, compte tenu de leur position perchée. Le transit hydraulique peut donc altérer chimiquement, déblayer puis élargir mécaniquement des conduits dans le calcaire. Le cheminement de ce réseau peut être suivi à partir des manifestations aériennes que constituent d'amont en aval : dolines, avens, grottes ou sources karstiques. Les indices de karstifications les plus nombreux sont cantonnés dans la partie sud-ouest de la feuille.

L'observation stéréoscopique des photos aériennes permet de déceler leur présence et de définir leur contour, mais le masque que constitue le couvert forestier rend localement la méthode moins efficace surtout pour les manifestations de faible ampleur. La concentration des dolines, parfois

coalescentes, peut atteindre 15 à 18 au km^2 lorsqu'elles affectent les calcaires lacustres. Une densité plus faible a été reconnue sur le calcaire jurassique. On remarquera alors leur localisation sur la culmination anticlinale mise en évidence sur la figure 12, ce qui pourrait être mis en relation avec une fissuration en extension sur l'extrado de la couche.

Le remplissage des appareils karstiques de surface est assuré par des limons argileux brunâtres d'origine locale, apparentés aux rendzines et accompagnés de pisolites ferro-manganiques épars. En coupe, ces colmatages présentent de fines varves marron rouge. Ces appareils aériens sont autant de connexions contribuant aux apports hydriques vers le réseau souterrain par les précipitations et eaux de surface. Après exurgence, ces conduits alimentent de nombreux ruisseaux. Le réseau karstique qui emprunte les Calcaires lacustres de l'Agenais permet d'emmagasiner une ressource en eau non négligeable, même si cet aquifère est particulièrement vulnérable aux pollutions de surface (nitrates ou dépôts d'ordures sauvages, entre autres possibilités).

Plusieurs grottes ont été répertoriées sur la carte : deux, sur la bordure sud du plateau de Casserouge à l'est de Tournon, dans celle dite du Casse-Bartas sont visibles des restes de plancher stalagmitique. Toujours au sein des calcaires lacustres du Miocène figure à quelques mètres à l'est de l'église de Peyragude une cavité à faible développement horizontal. La grotte de La Pronquière, au nord-ouest de Saint-Georges a constitué un abri préhistorique.

GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

RÉPARTITION DES ZONES NATURELLES

Sur la coupure Penne-d'Agenais se distinguent plusieurs zones naturelles dérivant des terrains affleurants ou sub-affleurants et de leur dissection par le réseau hydrographique :

- le plateau mésozoïque dans l'angle nord-est qui représente environ 15 % de la superficie ;

- les plateaux et buttes témoins à sommets miocènes qui occupent environ 25 % de la surface ;

- les interfluves molassiques argilo-détritiques qui constituent les raccords en glacis entre les plateaux et la plaine alluviale (soit environ 40 %) ;

- les terrasses alluvionnaires à soubassement argilo-graveleux à éléments quartzeux pour la vallée du Lot et calcaires pour les autres (environ 20 % de la surface représentée).

OCCUPATION DU SOL

L'étendue des terrains employés à des fins agricoles (S.A.U.) fluctue suivant les communes entre 60 et 70 % de leur espace. Parallèlement, les surfaces boisées n'occupent que 15 à 25 % malgré l'aspect bocager que donnent les nombreuses haies au paysage. L'angle nord-est correspondant au soubassement jurassique montre une occupation beaucoup plus forestière. La tendance au regroupement des exploitations agricoles fait augmenter leur superficie moyenne (plus de 35 ha). La polyculture constitue l'option générale, les sols sont partagés entre les dominantes céréalières (maïs, blé, tournesol, colza), l'élevage ou des cultures spécialisées (tabac, fruitiers ou maraîchage). La carte se trouve dans la zone de production du pruneau d'Agen. On remarque l'apparition de cultures adaptées apportant encore plus de diversification : melons de coteau, fraises, soja, vignobles. L'émergence de la cave coopérative de Thézac et ses vins du Tsar, met à profit les 700 à 900 mm de précipitation annuelles et s'accommode des 50 à 70 jours de gelées hivernales pour accréditer la renommée de ses produits. Au point de vue arboricole le peuplement est essentiellement constitué par des essences à feuilles caduques (chênes) sur les secteurs calcaires peu fertiles et peupliers dans les zones humides de fond de vallée.

TYPES DE SOLS

Sur les plateaux calcaires plus ou moins tabulaires, se sont développés des sols peu épais (0,3 à 0,7 m) issus des argiles de décalcification. Ils sont de type rendzine à la couleur marron rouge et contenant des rognons calcaires, donc saturés en calcium.

Sur les zones de contexte molassique non induré (argilo-détritique) se différencient des sols brunifiés calciques à texture argilo-limoneuse ou argilo-sableuse. Le pH est alcalin (6,5 à 8) sur l'ensemble de l'épaisseur. Le complexe absorbant est ici aussi saturé par le calcium. Suivant la proportion d'argile ou de sable fin parmi les constituants, il est distingué régionalement des « sols de boulbène » légers, car pauvres en argile et calcaire exprimé ou des « terreforts » plus argileux donc plus lourds, plastiques et surtout plus difficiles à travailler. Les terreforts contiennent souvent de petits pisolites ferro-manganiques et des glosses. En été, ils présentent d'importantes fentes de retrait, alors qu'un mauvais drainage de surface les conduit en période humide à des faciès hydromorphes susceptibles d'engorgement.

Les sols élaborés sur les plaines alluviales appartiennent à la famille des sols bruns faiblement lessivés. Leur texture évolue entre un limon argilo-sableux et un limon sablo-argileux. La proportion de graviers siliceux dans l'horizon superficiel est variable et le pH s'établit entre 5 et 6.

Risques liés aux glissements de terrains

L'enfoncement rapide du réseau hydrologique lié à l'érosion quaternaire a déterminé des pentes importantes sur le flanc des vallées. D'autre part, ces incisions recoupent des séquences répétitives (grès, argile, calcaire) susceptibles de fournir rapidement des altérations superficielles moins cohérentes que leurs roches-mères. Le drainage des petites nappes perchées entretient une charge hydrique capable de déclencher des départs en loupes de glissement sur les pentes, désolidarisant les colluvions de leur support sain. C'est le cas en rive droite du Lot, au nord-est de Ladignac, où les soubassements de la route départementale 911 ont dû subir un « boulonnage » pour éviter l'extension des dommages. De grandes loupes de glissement ont fait l'objet de travaux de confortement sur la D 224 au sud de Jouannet (Sud-Ouest de Blaymont). Le flanc nord de la colline supportant Penne-d'Agenais montre aussi des bourrelets de glissements perceptibles sur les photos aériennes.

Risques liés à la karstification

Certaines constructions ont été réalisées à proximité immédiate de dolines et même parfois à l'intérieur du périmètre d'affaissement, alors que des phénomènes de tassement ou de débourrage sont toujours possibles et au déclenchement difficile à prévoir.

Risques liés aux dépôts anthropiques

La dilution et le lessivage des produits ajoutés aux sables employés en fonderie peuvent produire une pollution chimique capable d'être entraînée vers les nappes phréatiques. Ce type de stockage existe entre les lieux-dits Lastéoules et Lastéoules-bas à proximité de la D 102. De même les dépôts d'ordures sauvages dans les dolines représentent un risque de contamination pour les eaux karstiques et leurs exsurgences.

Risques sismiques et sismicité

La région ne fait pas partie des grands domaines sismiques fançais répertoriés. En 1985, la Délégation aux risques majeurs, l'a classée dans la zone à coefficient 0 réputée à séismicité négligeable donc n'entraînant pas de règles parasismiques spéciales pour les constructions courantes. La carte de la séismicité historique (Vogt, 1979), Lambert *et al*, 1996) regroupant les aires d'intensité maximales connues par rapport à l'échelle macrosismique d'intensité (MSK, 1964) englobe la région dans l'aire de référence VI, car l'enveloppe des séismes ressentis en 1660, 1743 et 1854 s'étend régionalement. Le tremblement de terre de 1854 fut consigné dans les archives, en particulier à Fumel par J.-L. Combes (1885).

Sables

Les ressources en sables ont été rencontrées soit dans les formations de l'Eocène, soit au sein des formations molassiques, ou encore dans les alluvions du Lot.

• ***Sables rouges.*** L'Eocène inférieur et moyen a vu se déposer des sables fins à moyens, pouvant former des couches de 3 à 5 m, et contenant parfois des venues argileuses importantes. dans le secteur étudié, ils sont toujours apparus fortement colorés en rouge. Leur utilisation relève plus de la restauration traditionnelle désirant retrouver les tons originels des parements ou des joints, que du domaine industriel.

• ***Sables de la molasse.*** Pratiquement chaque base de séquence de dépôts composant la série molassique contient des venues sableuses grossières, moyennes à fines et souvent silteuses à leur sommet. De couleur grise, ces sables contiennent des micas blancs mais aussi une proportion d'argile carbonatée variable de 10 à 25 %. Une analyse granulométrique sur un échantillon provenant du lieu-dit Metge en rive gauche du Boudouyssou (2 km au sud-est de Penne) montre une part de fines (< 80 µm) d'environ 16 %, mais aussi une répartition gaussienne relativement homogène des autres éléments, avec un mode situé entre 1,6 et 2 mm, et représentant 14% de la masse analysée. Dans un passé récent, ces sables ont été extraits de manière sporadique, saisonnière et artisanale, pour réaliser des semis sur couche ou la mise en jauge de plants d'arbres fruitiers.

• ***Sables alluvionnaires.*** Ils sont issus des opérations de séparations (criblage, débourbage) des différents composants des terrasses alluvionnaires exploitées, mais ne proviennent pas d'exploitation propre.

Granulats alluvionnaires

Les ressources en granulats sont constituées par les différentes terrasses répertoriées dans la vallée du Lot. Si l'on excepte les hautes terrasses du Pléistocène inférieur dont il ne reste que des lambeaux rognés par l'érosion et ne présentant plus qu'une surface moindre, les autres dépôts alluvionnaires du Quaternaire sont en relative abondance, tant en quantité qu'en qualité. En effet sur quatre niveaux d'altitude comprise entre + 135 et + 60 m NGF, s'organisent les épandages de sables, graviers et galets, témoins de l'enfoncement graduel de la rivière. Sur la portion de cours représentée sur la carte, la plus grande extension des atterrissements alluvionnaires se situent en rive gauche du Lot. Les deux terrasses les plus proches de la rivière ont été les plus exploitées. La plus récente peut présenter des épaisseurs allant jusqu'à 6 m, alors que l'avant-dernière ne dépasse pas 8 m de puissance.

Tous ces matériaux nécessitent avant utilisation, une séparation des fines par débourbage. L'analyse granulométrique portant sur l'échantillon prélevé au lieu-dit Lacajoque (2 km au nord de Saint-Georges) montre une répartition en deux modes, l'un représentant un sable (630 à 800µm) et l'autre des éléments graveleux (25 à 31,5 mm).

Calcaires d'origine marine

• ***Calcaires jurassiques.*** De couleur grise et à pâte fine, leur résistance et leur bel aspect les a déjà fait utiliser pour la construction en pierres apparentes. Du point de vue chimique, ils sont à dominante calcique, la présence de dolomie n'étant qu'accessoire. Les passées de calcaire marneux pourraient favoriser l'élaboration de ciment ou de chaux, mais ces possibilités ne semblent pas avoir été mises à profit localement.

• ***Calcaires crétacés.*** La cohésion moindre des roches crétacées ne favorise pas leur emploi en matière de construction. En revanche, la possibilité d'utilisation comme granulats peut être envisagée après concassage.

Calcaires d'origine lacustre ou palustre

Plusieurs niveaux carbonatés lacustres ont été utilisés comme pierre à bâtir lorsqu'ils présentaient des cohésions et des épaisseurs suffisantes. Les calcaires de couleur claire (blanc ou beige) ont alors fourni matière à moellons. Les calcaires clairs compacts montrent une densité de 2545 kg/m^3 et une résistance à l'écrasement s'établissant entre 768 et 1373 kg/cm^2. Une multitude de petites carrières actuellement fermées ont mis à profit les affleurements en falaise des barres carbonatées lacustres. Laroque-Timbaut, Auradou, Penne, la bordure de la D 243 entre Laurélie et Lapronquière, le plateau de Casserouge à l'est de Tournon, Valeilles, Montaigu-de-Quercy ont été parsemés d'extractions. Les utilisations comme granulats de substitution après concassage sont possibles. Les essais de Microdeval sur les fractions 6-14 montrent des pertes comprises entre 21,64 et 30,75 et confirment une utilisation possible en sous couche routière ou béton.

Calcaires pour pierre à chaux

Seul le calcaire dit de Castillon, semble avoir été utilisé pour l'élaboration de chaux comme l'attestent les ruines encore visibles d'anciens fours et leur quai de chargement au lieu-dit Peyret sur la D 911 entre Saint-Sylvestre et Trentels. Cette industrie fut arrêtée pendant la guerre de 1914, la chaux étant expédiée par bateaux sur le Lot alors encore navigable. La composition chimique montre effectivement des dispositions pour la fabrication de chaux hydrauliques.

Grèzes (ou castines)

A la base de certaines corniches calcaires se sont déposés des éboulis de pentes : en particulier sur le flanc droit de la combe de Bazérac, ainsi qu'aux lieux-dits Layrolles (ruisseau le Dor) et Le Cirgou (ruisseau le Boudouyssou). Ces dépôts alimentés par la falaise surplombante sous l'action destructive des cycles gels-dégels, peuvent présenter des blocs grossiers non classés mais de taille relativement homogène lorsqu'ils proviennent du Jurassique et comporter une litage pour ceux d'origine calcaire lacustre. Cette superposition lit grossier, lit plus fin s'apparenterait à des cycles d'apports saisonniers. Ces accumulations, parfois jusqu'à 8 m d'épaisseur, possèdent l'avantage d'être chargeables en attaque directe à la pelle hydraulique, sans concassage préalable pour une utilisation comme tout venant en sous-couche de roulement. Une analyse de type Microdeval sur un échantillon provenant du lieu-dit Cirgou montre une perte de seulement 15, attestant de la bonne tenue du matériau. La fonderie de Fumel a aussi fait usage de ces débris calcaires comme fondant pour traiter le minerai de fer. Il semblerait que très peu de carrières aient été ouvertes pour exploiter ce type de matériau.

Grès

Les plus indurés des niveaux gréseux à ciment carbonate des molasses ont constitué, jusque avant la guerre de 1914, des matériaux exploités pour la construction. Après extraction, le débitage en moellons par sciage permettait leur utilisation en pierre d'angle. Beaucoup d'anciennes constructions arborent ce type de matériau, aisément façonnable.

Portés à l'affleurement par la petite falaise d'érosion du Lot, en rive droite et en amont de Villeneuve, au lieu-dit Menottes, figurent sur trois mètres d'épaisseur : des grès carbonatés durs beiges à cassure conchoïdale qui supportent la formation du Calcaire des Ondes. Ce faciès particulier des grès molassiques ne semble pas avoir été exploité malgré ses évidentes capacités.

Marnes

La partie supérieure de la séquence-type de la sédimentation molassique comporte généralement, avant le dépôt des carbonates terminaux, un épisode marneux blanchâtre qui a parfois été mis à profit pour l'amendement de certains sols trop acides. Cet emploi maintenant abandonné n'a pas revêtu une grande extension compte tenu du peu de sols vraiment acides connus localement.

Argiles

La majorité des argiles rencontrées ont été cantonnées dans le seul emploi de matière première pour terre cuite. Régionalement, on distingue par leur origine deux grands types d'argiles : les argiles sédimentaires communes et les argiles de néoformation.

• ***Argiles sédimentaires.*** Pratiquement chaque séquence sédimentaire de la molasse, lorsque la vitesse d'écoulement faiblit fortement, voit se déposer un épisode argileux plus ou moins silteux et carbonaté, de couleur grise à jaune. La composition des différentes phases argileuses est le plus souvent dominée par la montmorillonite et l'illite ; la kaolinite et la chlorite s'ajoutant à des degrés moindres. Les pouvoirs d'absorption mesurés par l'intermédiaire du bleu de méthylène, sont faibles 49 mg/g. La cuisson donne au produit une coloration rouge sous l'effet des oxydes de fer. Il n'existe plus, sur l'ensemble du secteur étudié, une seule briqueterie ou tuilerie artisanale, pourtant nombreuses avant la guerre de 1914. Les produits de cuisson du fait d'une matière première peu homogène et carbonatée ne pouvaient prétendre à une grande valeur marchande.

• ***Argiles de néoformation.*** À la base des calcaires lacustres du Miocène peuvent se rencontrer des niveaux décimétriques à métriques d'argile bleuâtre à verdâtre sombre (Lissandres au nord-est d'Auradou) qui correspondent à des phénomènes de confinement sous climat chaud, conduisant à l'élaboration d'argiles magnésiennes (smectites) puis fibreuses (sépiolites). Ces variétés sont susceptibles de présenter un bon pouvoir absorbant (79 mg/g par le test du bleu de méthylène). Leur teneur en carbonate est toutefois considérée comme un obstacle à la préparation d'un produit fini commercialement attractif.

Minerai de fer, colorants et pigments

Comme l'indique la coloration rouge des sables et argiles de la région de Saint-Georges ces terrains ont subi une intense altération à l'air libre. Le processus de type latéritisation, peut conduire à des concrétions pisolitiques qui forment une cuirasse gravillonnaire à éléments centimétriques de couleur rouge foncé, riche en goethite (Roland à l'Est de Saint-Georges). Ce phénomène a été daté plus au Nord par J. Dubreuilh (1987), de la fin de l'Eocène moyen. L'hydroxyde de fer (goethite et hématite) recueilli sous cette forme a alimenté les fonderies de Fumel de 1847 jusqu'aux années 1950. Ce minerai fort riche - jusqu'à 60 de fer métal - avait la particularité d'être exempt de phosphore.

Actuellement, l'intérêt sidérurgique a disparu, mais le potentiel comme colorant ou pigment minéral demeure ; sous réserve de la mise en évidence d'une ressource suffisante.

HABITAT TROGLODYTIQUE ET SOUTERRAINS REFUGES

Les calcaires lacustres et les parties gréseuses de la molasse situés au sommet des flancs de vallée ont souvent fait l'objet de creusement ou d'aménagement de cavités déjà existantes. C'est le cas pour la grotte du

Casse-Bartas, dont les deux orifices à flanc de falaise ont facilité l'habitat (maintenant abandonné), ou encore le roc de Nobis, proche de Roquecor. Les parties gréso-silteuses des molasses, par leurs bonnes capacités mécaniques ajoutées à leurs facilités de creusement, ont fait l'objet de l'édification de plusieurs souterrains refuges. Le début de leur occupation semble devoir remonter au 12-13^{e} siècle, en relation avec les persécutions religieuses de la guerre des Albigeois (au-dessus de l'église de Bonneval, dans le nord-est de Saint-Antoine).

RESSOURCES EN EAU

Au droit du secteur étudié, les principales réserves aquifères sont contenues dans les horizons profonds du Jurassique et du Tertiaire inférieur. Les réservoirs accessibles à faible profondeur sont fortement vulnérables aux pollutions de surface car ils ne possèdent pas d'écran imperméable les isolant dans leur partie supérieure.

Nappes superficielles

Les réserves disséminées dans les passées détritiques de la molasse n'offrent que des possibilités médiocres (1 à 5 m^3/h) parfois exploitées par puits ou par captages des sources émergeant à flanc de coteau. Ces eaux sont généralement potables mais présentent un faciès calcique. Ce type d'aquifère à impluvium faible et de transit court, peut être soumis à pollution, en particulier par les nitrates. Pour suppléer au relatif manque d'eau pour les cultures demandant arrosage, de nombreuses retenues collinaires ont été édifiées, certaines recevant par pompages des eaux prélevées sur les rivières.

Les niveaux calcaires lacustres miocènes du sommet des plateaux constituent, par leur système karstique développé, un aquifère perché. Le système karstique contribue à l'apparition de nombreuses sources à la base des bancs calcaires en bordure de plateau. Certaines alimentent des captages qui peuvent atteindre des débits de l'ordre de 10 à 30 m^3/h (lieu-dit Aurignac, 5 km au sud de Montaigu, Couloussac ou la fontaine de Bonnefont à 6,5 km au sud-ouest de Montaigu) captages abandonnés pour leur fonction eau potable, car trop vulnérables. Ce réseau karstique alimente également après exsurgence de nombreux ruisseaux (Petite-Séoune entre autres). Les pertes affectant les Calcaires de Castillon (1 km au nord de Saint-Aignan) montrent que dans leur partie non recouverte par la Molasse de l'Agenais, ces horizons sont aussi susceptibles de contenir des appareils karstiques aériens collectant les eaux de surface pour les transmettre à des conduits aquifères.

Le réseau qui emprunte les calcaires lacustres permet d'emmagasiner une ressource en eau non négligeable, même si cet aquifère est très vulnérable aux pollutions en provenance de la surface (nitrates ou dépôts d'ordures sauvages dans les dolines) et procède de plus à leur rapide dissémination. L'eau est le plus souvent fortement calcique, laissant à l'émergence des encroûtements carbonatés.

La terrasse Fx-y de la plaine alluviale ne semble que rarement sollicitée hydrogéologiquement sur l'aire cartographiée. Les terrasses à éléments calcaires, constituées par les ruisseaux ne drainant que la zone molassique, peuvent renfermer un aquifère capable de fournir une ressource de faible importance (moins de 20 m^3/h), toutefois mise à profit en amont de Montaigu (879-8-202) où l'on note une faible minéralisation en nitrates (15 mg/1 le 05/05/1998).

Les parties détritiques et calcaires du complexe molassique (en particulier la Molasse à *Palaeotherium* et le Calcaire des Ondes) lorsqu'elles se situent à plus de 25 m de profondeur, peuvent contenir un aquifère très peu exploré, mais qui a montré de bonnes possibilités au sud immédiat de Tournon. Durant la foration de l'ouvrage profond (879-4-4), il a été en effet rencontré entre 23 et 37 m de profondeur des venues d'eau artésiennes puis après tubage jusqu'à 45 m, un nouvel artésianisme s'est déclaré entre 58 et 71 m.

Nappes profondes

• ***Nappes de la base du Tertiaire et du Crétacé supérieur.*** Les horizons calcaires du Crétacé supérieur et sableux de l'Eocène inférieur ont été regroupés dans un même complexe aquifère du fait de leurs connexions. Ils constituent un réservoir en relation directe avec les aquifères connus dans le bassin d'Aquitaine sous le vocable de « Sables Infra-molassiques ». Cette réserve d'eau potable, essentielle régionalement, possède une de ses zones d'alimentation dans le secteur nord de la carte, où la vallée du Lot traverse les affleurements de l'Eocène inférieur (en amont de Lustrac). La mise en place de mesures de protection préventives aux infiltrations polluantes serait judicieuse. Par ailleurs, la surveillance de la piézométrie de cette nappe montre depuis plusieurs années une lente baisse, devant être prise en compte pour la gestion à venir.

• ***Nappes du Jurassique.*** Les formations appartenant au Jurassique, dolomitisées ou non, ont fait l'objet d'une intense karstification lors de l'émersion de la plate-forme au Crétacé inférieur, ainsi qu'à la fin du Crétacé supérieur. Ce réseau karstique noyé dans sa partie aval constitue un des objectifs majeurs de la recherche d'eau actuelle.

La cote piézométrique relevée le 06/10/1990 sur l'ouvrage de Penne (879-2-15) s'établissait à + 46 m NGF. Avec un rabattement de 40,23 m,

il a été obtenu un débit de 107 m^3/h, la courbe de remontée du niveau d'eau lors de l'arrêt du pompage a permis de calculer une transmissivité de l'ordre de 7,7.10 -4 m^2/s. Ce qui semble être plus en rapport avec une microporosité que des venues karstiques. L'eau pompée se trouve à la température de 24,8 °C, elle est potable bactériologiquement, de faciès bicarbonaté calcique, mais sa teneur en fer est de 0,20 mg/1, dépassant la norme autorisée ; ce qui l'oblige à être déferrisée. On notera qu'il a suffit de 11 m de rabattement à Saint-Antoine (878-8-3) pour délivrer un débit de 200 m^3/h.

Cette nappe ne parait vulnérable qu'au niveau de ses zones d'alimentation, à l'est de la limite Bourlens-Tournon-d'Agenais-Masquières, car vers l'ouest elle est ensuite rapidement protégée par un épais manteau molassique. Les nombreux appareils karstiques aériens perforant la surface kimméridgienne favorisent sa vulnérabilité, mais surtout, la recharge est améliorée par les pertes des rivières et les infiltrations des plateaux. Des tests de traçage à la fluorescéine ont été réalisés en 1984 en amont du lieu-dit Gaillard sur une zone de pertes de la Rivièrette (Astruc *et al.*, 1984). Ils ont permis de mettre en évidence une relation directe entre les pertes citées et les sources de Bouyssac et Lenclio (vallée du Lot au nord de Mauroux). Soit pour les 7 km d'un parcours considéré comme direct, des vitesses comprises entre 99 et 51 m/h. Mais il est possible de penser qu'une partie de l'eau collectée transite vers le réservoir profond.

Captant le Jurassique moyen et inférieur, le sondage de Lacour (878-7-205) montre une cote piézométrique de + 12 m NGF (21/07/1995) et un débit de 60 m^3/h pour un rabattement de 33,47 m. La température de l'eau s'est stabilisée à 22,5 °C. La remontée du niveau, à l'arrêt du pompage, a permis de calculer une transmissivité de l'ordre de 1,3.10-3 m^2/s. Le faciès hydrochimique est bicarbonaté sodique, faiblement basique, légèrement fluoré (0,4 mg/1) et sans fer. Le forage de Tournon (879-4-4) montre sensiblement les mêmes caractéristiques hydrogéologiques, avec un niveau piézométrique à + 11,4 m NGF (le 13/6/1987) et un débit de 58,5 m^3/h pour un rabattement de 14 m.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

La vallée du Lot et sa plaine alluviale constitue le principal axe de circulation régional. C'est le long de celui-ci que se situent les plus nombreuses occupations paléolithiques, tant en plein air qu'en grottes ou abris (Coulonges et Lansac, 1954 ; Le Tensorer, 1981 ; Le Brun-Ricalens, 1988 ; Turq, 1992 ; Detrain, 1994).

Les premières traces de présence humaine sont rapportables à l'Acheuléen, premier véritable colonisateur de l'Europe. Il est connu à travers une série trouvée sur les coteaux dominant Villeneuve-sur-lot et par quelques pièces isolées. Les objets sont taillés essentiellement en silex lacustre récoltés sur de rares gîtes locaux, mais aussi en quartz des alluvions du Lot et de très rares quartzites de la Garonne.

Le paléolithique moyen est plus fréquent. En plein air sur les plateaux situés au sud du Lot, notamment dans la région villeneuvoise, on trouve du Moustérien de tradition acheuléenne attesté par des bifaces et de rares séries du Moustérien de type Quina (aux nombreux racloirs à retouches écailleuses). Le silex lacustre est toujours dominant mais, pour les stations les plus proches de la vallée du Lot, on note un emploi assez important de galets de silex issus des terrasses fluviatiles. De rares pièces ont été réalisées en silex du bergeracois provenant d'une quarantaine de kilomètres vers le nord, et d'autres sont en quartzites de la Garonne. Des traces d'occupations humaines ont été remarquées en grotte tant à Cassegros qu'à La Pronquière. Si la première est encore assez mal connue (les résultats n'étant que très partiellement publiés), la seconde a été l'objet de nombreux travaux depuis sa découverte au milieu du XIX^{e} siècle. Cette cavité, dont l'entrée actuelle est artificielle puisque liée à un ancien front de taille de carrière, représentait avant tout un repaire de hyènes. Le spectre faunique mis en évidence (renne, rhinocéros laineux, mammouth peu abondant, mégacéros, cheval, bovines abondants avec bison dominant et *Bos primigenius* plus rare) est caractéristique de l'interstade wurmien (stade isotopique 3). Un peu d'industrie lithique faite exclusivement à partir de galets du Lot a été trouvée. Elle se compose de quelques objets et de pièces en quartz, parmi lesquelles les galets aménagés sont les plus nombreux.

Le Paléolithique supérieur est assez bien documenté. L'Aurignacien est connu dans sa phase ancienne, en découvertes de plein air. Le seul site étudié montre un choix de supports tout à fait remarquable : seulement 3/5 des objets sont réalisés en silex locaux, les autres étant faits pour 28 % en silex du bergeracois et en matériaux issus de la région de Fumel (25 km vers le nord-est). Cette importante mobilité des matériaux contraste avec les habitudes antérieures. Si le Périgordien n'a pas encore été identifié, quelques pièces solutréennes ont été découvertes dans la grotte de Cassegros. Cette cavité est la seule grotte ornée du département du Lot-et-Garonne avec deux peintures (une tête de cheval noir de style magdalénien, un bouquetin rouge) et un panneau aux gravures très enchevêtrées. Elle a été également occupée à de multiples reprises, par des groupes badegouliens qui fréquentaient assidûment la vallée du Lot. Lors des différents passages, les habitats s'organisent généralement autour des foyers. L'outillage lithique est principalement fabriqué à partir des silex lacustres prélevés dans

l'environnement immédiat. Des silex issus des formations crétacées de la région de Fumel et de Gavaudun (10 à 15 km vers le nord-est) démontre des relations ou des fréquentations de ces zones. Ces visiteurs chassaient principalement des herbivores, le plus souvent le renne, mais aussi du cheval, bison, bouquetin ou cerf. Quelques objets en os et bois de renne ont également été mis au jour : aiguille, bâton perforé... Le site du camping du Saut, situé à la confluence du Lot et du Boudouyssou, a livré quant à lui plusieurs occupations aziliennes, campements de plein air organisés autour de foyers particuliers : il s'agit de cuvettes bâties en galets de rivière, présentant en leur milieu un étranglement divisant la structure en deux lobes sensiblement égaux. L'industrie lithique y est dominée par les pointes de traits et les grattoirs. Ils ont essentiellement pour origine les silex blonds et noirs du Sénonien qui peuvent provenir, soit des alluvions, soit des affleurements crétacés situés toujours au nord est en fumélois. Parmi les animaux abattus figurent : le cheval, le cerf et l'aurochs. L'ensevelissement rapide du site après chacune des occupations (recouvrement par des limons d'inondation a permis la préservation de l'organisation spatiale des vestiges, en particuliers, les parties volumineuses des squelettes d'herbivores (crânes, bassins...).

Après la fin de la glaciation, la vallée du Lot perd un peu de son attractivité au détriment des zones de coteaux. Ainsi quelques mégalithes (Cauvin, 1971) sont érigés sur les plateaux. Les bancs de calcaires fournissent les matériaux nécessaires à la construction d'allées couvertes dans la région de Tournon et d'Auradou. Leur découverte et fouille précoce (dans le courant du XIX^{e} siècle) nous prive d'une partie importante des données archéologiques qu'elles renfermaient.

Les âges des métaux sont eux aussi mal connus en raison du petit nombre de sites repérés et du caractère souvent ancien des découvertes (Beyneix, 1997). L'attribution chronologique des pièces repose sur leur typologie. Le Bronze moyen est attesté à Hautefage et Tournon d'Agenais, le Bronze final à Eysses, mais aussi à Tournon d'Agenais (grotte de Cassebartas).

ITINÉRAIRE GÉOLOGIQUE

En débutant l'itinéraire géologique dans l'angle sud-ouest de la feuille de Penne-d'Agenais, par le village de Laroque-Timbaut, nous sommes à proximité de la limite d'extension des faciès latéraux des Marnes à *Ostrea aginensis* (vallon de Monbalen).

Empruntons la D 103 vers Hautefage-La Tour. On remarquera les dépressions semi-circulaires qui parsèment la surface du plateau calcaire miocène, qui sont autant de dolines. Traverser le village après avoir détaillé la tour hexagonale du XVI^{e} siècle, avec ses fenêtres à meneaux, et continuer

en direction de Villeneuve. La départementale descend alors à flanc de colline et permet de visualiser la séquence argilo-détritique composant la Molasse supérieure de PAgenais. Prendre à droite la route vers Auradou en remontant la vallée de la Tancanne. Au village le chemin vicinal à gauche monte vers le lieu-dit Guinet et, à la faveur d'anciennes carrières, permet de discerner des passées peu épaisses d'argiles carbonatées verdâtres, témoins latéraux résiduels des Marnes à *Ostrea aginensis*. Le front de taille de la carrière supérieure conserve un calcaire dur micritique beige où se distinguent des brèches intraformationnelles.

A l'arrivée sur le plateau, dirigeons-nous vers le sud et Comberatière. La descente vers la vallée permet de recouper les stratifications entrecroisées des grès molassiques et donner une idée des conditions hydrodynamiques qui ont permis la constitution de tels dépôts. Les chenaux gréseux recoupent à leur base des argiles carbonatées jaunes et blanches constituant le sommet de la formation des Molasses de l'Agenais inférieure.

Par Roquecor, dépassons la vallée de la Petite-Séoune, et par la départementale D 82, accédons de nouveau au sommet du plateau calcaire miocène et poursuivons jusqu'à son croisement avec la D 41 et prendre alors vers le nord. Durant cette traversée, nous avons pu remarquer la raréfaction des appareils karstiques de surface, attribuable à la protection de la couverture molassique dont nous allons rencontrer les dépôts formés par les collines supportant le lieu-dit Viche ou le petit village de Sainte-Cécile. Nous abordons les témoins des épisodes molassiques les plus récents (molasse burdigalienne) qui présentent une couleur blanche inhabituelle dans les paysages rencontrés jusqu'à maintenant. L'épisode calcaire sommital constitue un équivalent oriental des Calcaires de Gondrin gersois.

Repartons vers Montaigu-du-Quercy édifié à flanc de falaise calcaire miocène, ses petites rues escarpées et sa fontaine-lavoir. La route jusqu'à Tournon recoupe plusieurs fois ces horizons lacustres. La bastide surélevée que représente Tournon a été fondée par Alphonse-de-Poitiers en 1270, puis fortifiée par Edouard 1er d'Angleterre (1282). Depuis les murs d'enceinte on peut bénéficier d'un panorama géologique montrant vers le nord-est l'ennoiement des calcaires du Secondaire sous les apports continentaux molassiques. Il sera aussi possible d'admirer le beffroi et son curieux clocheton en bois abritant un surprenant cadran lunaire de 1637.

Redescendons de notre position perchée pour suivre quelques instants la route vers Cahors et bifurquer à gauche vers le hameau de Masquières dont le prieuré roman dépendait en 1240 de l'abbaye de Moissac, pour parvenir à proximité immédiate du contact avec les calcaires jurassiques. La traversée de la vallée sèche empruntée épisodiquement par la Rivièrette marque le passage aux dolomies beiges à faciès bréchoïdes attribuées à

l'Oxfordien. Continuons notre déplacement vers le nord, rapidement la dolomie est remplacée par des bancs calcaires gris durs micritiques alternant avec des marno-calcaires lités du Kimméridgien.

Depuis la route, nous apercevons à nouveau des dolines, mais aussi des vignes qui tirent parti des sols squelettiques établis sur le substratum calcaire. Nous venons de pénétrer dans la petite entité des vignobles servant à l'élaboration des vins du Tsar. Depuis Thézac traversons vers Bourlens, le passage de la vallée sèche du Tertre-de-La Rive nous montre les strates jurassiques inclinées de 10° vers l'ouest.

A Bourlens, nous sommes de nouveau à proximité de la limite de recouvrement des terrains molassiques. Depuis ce village, ancienne résidence d'été des évêques d'Agen et son église romane du 11^{e} siècle, nous avons devant nous deux buttes témoins typiques du Pays des Serres : le Pech-de-Padès et le Pech-de-l'Estelle où furent découverts des restes paléolithiques. Les couleurs rougeâtres des terres vers Saint-Georges sont les marques des terrains rubéfiés de l'Éocène.

En prenant la petite route en direction de Perricard, le vallon de Lagrane permet d'apercevoir les calcaires crétacés puis leur couverture rouge déjà mentionnée et les Calcaires des Ondes avec leur inclusions silteuses rouges. Traversons le Dor, quelques mètres au-dessus du croisement vers Perricard, figure le contact Crétacé-Kimméridgien. Durant la montée vers le château du village le talus de la route au lieu-dit Rivais montre les galets de la plus ancienne terrasse alluviale. Poursuivons à gauche après le château vers le vallon de Peyradel, quand la route est relayée par une piste blanche ; au-dessus de la maison se retrouve un nouvel exemple du contact Crétacé-Kimméridgien. Nous sommes alors aux limites de la feuille, sur le plateau blanc s'établit le paysage typique du Lot quercynois.

Si une telle promenade est réalisée au printemps ou en début d'été, nul doute que les terrains argilo-calcaires nous auront permis d'admirer l'originalité floristique que constituent les orchidées. En effet, une vingtaine d'espèces sont présentes localement en particulier les variétés orchis et ophrys dont le labelle imite le corps de certains insectes butineurs. Sans oublier que dans ses régions la gastronomie est à l'unisson du paysage, la dégustation par exemple de la tourtière, très fine pâtisserie, spécialité de Penne, devrait se révéler convaincante.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La banque de données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres ouvrages souterrains exécutés et déclarés dans le périmètre de la feuille et de plus archive régulièrement les nouveaux travaux.

Les documents peuvent être consultés :

- au Service géologique régional Aquitaine, Parc technologique Europarc, 24, avenue Léonard de Vinci, 33600 Pessac ;
- au Service géologique régional Midi-Pyrénées, 12, rue Michel Labrousse, 31106 Toulouse ;
- au BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude Bernard, 75005 Paris ;
- ou encore sur le site internet http://www.brgm.fr/infoterre.

BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD H. (1877) - Mémoire sur le terrain crétacé du Sud-Ouest de la France. *Mém. Soc. Géol.* Fr., 2 série, t. 10, n° 4, Paris.

ASTRUC J.-G., ROCHE J., SOULE J.-C, VERNET R. (1984) - Étude de la vulnérabilité des karsts du Quercy. Rapp. BRGM 84 AGI 376 MPY.

BEYNEIX A. (1997) - Les cultures de l'Âge du Bronze en pays de Moyenne Garonne. Ed. M. Mergoil (Montagnac), 98 p.

BONIS L. de (1973) - Contribution à l'étude des mammifères de l'Aquitanien de l'Agenais. *Mém. Mus. d'Hist. Nat.,* Paris, série C, Sci. de la terre, t. XXVIII, p. 192.

BRGM, ELF-RE, ESSO-REP, SNPA (1974) - Atlas géologique du Bassin aquitain. Edit. B.R.G.M. Orléans.

BRUNET M. (1975) - Les grands mammifères, chefs de file de l'immigration oligocène, et le problème de la limite Éocène-Oligocène en Europe. Thèse d'État Poitiers, 542 p.

BRUNET M., JEHENNE Y., RINGEADE M. (1977) - Note préliminaire concernant la découverte d'une faune et d'une flore du niveau de Ronzon dans l'Oligocène inférieur du bassin d'Aquitaine. *Geobios,* n° 10, fasc. 1, p. 109-112.

BRUNET M.-F. (1991) - Subsidence et géodynamique du bassin d'Aquitaine. Relations avec l'ouverture de l'Atlantique. Thèse doct. Univ. Paris VI, 288 p.

BUGNICOURT D., DALBIEZ F., DUFAURE P. (1959) - Contribution à l'étude du Paléozoïque nord-Aquitain. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (7), 1, p. 583-587.

CAPDEVILLE J.-P. (1976) - Etude d'un niveau carbonaté lacustre au sein des molasses de l'Agenais. Thèse de 3e cycle Bordeaux III, p. 189, 49 pl., 2 tab.

CAPDEVILLE J.-P. (1982) - Inventaire des ressources nationales en charbon. Lignites du Sarladais. Secteur de la Chapelle Péchaud et de la Serre. Rapp. BRGM 82 SGN 134 AQI.

CAPDEVILLE J.-P. (1987) - Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluvio-lacustres tertiaires du Nord du bassin Aquitain entre Lot et Dordogne. Thèse Doctorat d'État, Bordeaux III. Document BRGM n° 175,295 p.

CAPDEVILLE J.-P. (1991) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Eymet (830). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.-R Capdeville, avec la collaboration de F. Charnet et M. Ringeade, 45 p.

CAPDEVILLE J.-P. (1996) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Cancon (854). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.-P. Capdeville, avec la collaboration de F. Charnet et A. Turq, 53 p.

CAPDEVILLE J.-P. (1996) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Tonneins (877). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.-P. Capdeville, avec la collaboration de A. Turq, A. Dautant, A. Réginato, 52 p.

CAPDEVILLE J.-P. (1996) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Podensac (828). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.-P. Capdeville, avec la collaboration de M. Lenoir, 60 p.

CAPDEVILLE J.-P. (1998) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Villeneuve-sur-Lot (878). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.-P. Capdeville, avec la collaboration de A. Turq, 56 p.

CAUVIN, M.-C. (1971) - Les industries post-glaciaires du Périgord. Publications du centre de Recherches d'écologie et de préhistoire de Saint-André-de-Cruzières, Paris, 476 p.

CAVELIER C. (1972) - Les équivalents continentaux de l'Aquitanien marin provençal et le classement de la zone de Pauilhac à la base du Miocène. *Bull BRGM,* section 1, n° 4, p. 115-123.

COMBES J.-L. (1855) - Fumel et ses environs. Éd. Prosper Noubel, Agen, 95 p.

COULONGES L., LANSAC A. (1954) - La grotte de la Pronquière, commune de Saint-Georges (Lot-et-Garonne). Bulletin de la Société d'études et de recherches préhistoriques, Les Eyzies, fasc. 4, p. 25-32, 5 fig.

CROUZEL F. (1957) - Le Miocène continental du bassin d'Aquitaine. *Bull Serv. Carte Géol France,* t. 54, n° 248, 264 p.

CURNELLE R. (1983) - Évolution structuro-sédimentaire du Trias et de l'Infra-Lias d'Aquitaine. *Bull Centre de rech. SNPA,* Pau, 7, 1, p. 68-89.

CURNELLE R., DUBOIS P. (1986) - Evolution mésozoïque des grands bassins sédimentaires français. *Bull Soc. Géol France,* (8), II, 4, p. 529-546.

DAUCH C, VIALLARD P. (1987) - Stade initial d'un duplex dans une aire à faible taux de raccourcissement : interprétation du pli chevauchant de la Grésigne (SW de la France). *C.R. Acad. Sci.* Paris, T. 304, série 2, n° 12.

DELFAUD J. (1969) - Essai sur la géologie dynamique du domaine Aquitano-pyrénéen durant le Jurassique et le Crétacé Inférieur. Thèse d'État Bordeaux. 5 vol., p. 875, 112 fig.

DELFAUD J. (1972) - Remarques sur les directions subméridiennes en Aquitaine. *Bull Soc. linn. Bordeaux,* t. 2, n° 8, p. 163-167.

DETRAIN L. (1994) - Penne d'Agenais, camping du Saut. *In* Ministère de la culture et de la communication. Direction régionale des affaires culturelles Aquitaine. Service régional de l'archéologie. Bilan scientifique, 1993. Bordeaux : Ministère de la Culture et de la Communication, p. 94.

DUBREUILH J. (1976) - Contribution à l'étude sédimentologique du système fluviatile Dordogne-Garonne dans la région Bordelaise. Thèse Univ. Bordeaux I, 273 p.

DUBREUILH J. (1987) - Synthèse paléogéographique et structurale des dépôts fluviatiles tertiaires du Nord du bassin d'Aquitaine. Passage aux formations palustres, lacustres et marines. Thèse d'état Bordeaux III, document BRGM n° 172, p. 461 p

DUBREUILH J., CAPDEVILLE J.-P., FARJANEL G., PLATEL J.-P., SIMON-COINCON R. (1995) - Dynamique d'un comblement continental néogène et quaternaire ; l'exemple du bassin d'Aquitaine. Géol. de la France, n° 4, p. 3-26.

ENAY R., MANGOLD C, CARIOU E., CONTINI D., DEBRAND-PASSARD S., DONZE P., GABILLY J., LEFAVERAIS-RAYMOND A., MOUTERDE R., THIERRY J. (1980) - Synthèse paléogéographique du Jurassique français. Doc. Lab. Géol. Lyon, 210 p.

FEIST M., RINGEADE M. (1977) - Étude biostratigraphique et paléobotanique (charophytes) des formations continentales d'Aquitaine, de l'Eocène supérieur au Miocène inférieur. *Bull. Soc. Géol. France,* 7, 19, n° 2, p. 341-354.

FORNEY G.-G. (1975) - Permo-Triassic sea level change. *J. GeoL,* 83, p. 773-779.

GALL J.-C, GRAUVOGEL-STAMM L., NEL A., PAPIER F. (1998) - La crise biologique du Permien et la renaissance triasique. *C.R. Acad. Sci.* Paris, 326, p. 1-12.

GÈZE B., CAVAILLE B. (1977) - Aquitaine orientale. Édit. Masson Paris, 183 p.

GRANDJEAN G. (1992) - Mise en évidence des structures crustales dans une portion de chaîne et de leur relation avec les bassins sédimentaires. Application aux Pyrénées occidentales au travers du projet ECORS. Thèse doct. Univ. Languedoc, Montpellier, 291 p.

KNOLL A.-H., BAMBACH R.-K., CANFIELD D.-E., GROTZINGER J.-P. (1996) - Comparative earth history and late Permian mass extinction. Science, 273, p. 452-457.

LAMBERT J., LEVRET-ALLEBARET A. (1996) - Mille ans de séismes en France. Ouest Editions, 75 p., 1 carte.

LE BRUN-RICALENS F. (1988) - Contributions à l'étude du Paléolithique du Pays des serres du bas Quercy et de l'Agenais entre les vallées du Lot et de la Garonne. Mém. DEA, Univ. Toulouse II. Le Mirail, 452 p., 208 fig.

LE TENSORER J.-M. (1979) - Recherche sur le Quaternaire dans le Lot et Garonne. Stratigraphie, paléoclimatologie et préhistoire paléolithique. Thèse Etat Bordeaux I, 812 p.

LE TENSORER J.-M. (1981) - Le paléolithique de l'Agenais. Édit. CNRS, Paris, Cahier du Quaternaire n° 3, 526 p.

MAURIAUD P. (1987) - La tectonique salifère d'Aquitaine. Le bassin d'Aquitaine. *Revue Pétrole et Techniques*, n° 335, p. 38-41.

OLIVET J.-L., BONIN J., BEUZART P., AUZENDE J.-M. (1984) - Cinématique de l'Atlantique nord et central. CNEXO (Brest), 54, p. 1-108.

PARIS F. (1987) - Bassins paléozoïques cachés d'Aquitaine : biostratigraphie par les chitinozoaires, ostracodes et tentaculites. Document BRGM, n° 144, Géol. profonde France, thème 7.

PARIS F., LE POCHAT G., PELHATE A. (1988) - Le socle paléozoïque nord-aquitain : caractéristiques principales et implications géodynamiques. *C.R. Acad. Sci.* Paris, t. 306, série 2, p. 597-603.

PELHATE A., HOLZTAFFEL (1987) - Caractérisation pétrographique du Paléozoïque nord-aquitain. Document BRGM, n° 144, Géol. profonde France, thème 7, p. 23.

RICHARD M. (1948) - Contribution à l'étude du bassin d'Aquitaine. Les gisements de mammifères tertiaires. Mémoires Soc. Géol. France, vol. 24, n°52.

RINGEADE M. (1978) - Contribution à la biostratigraphie des faciès continentaux d'Aquitaine (Eocène supérieur à Miocène inférieur) par l'étude des micromammifères et des charophytes. Thèse d'Etat, Bordeaux, 318 p.

RINGEADE M. (1987) - Séquences mammaliennes en Aquitaine : corrélations avec les zones à mammifères classiques, les zones à charophytes et à ostracodes. Münchner Geowiss. Abh., (A), 10, p. 189-196.

SCHOEFFLER J. (1971) - Etude structurale des terrains molassiques du piémont nord-pyrénéen de Peyrehorade à Carcassonne. Thèse d'Etat Bordeaux, 323 p.

TOURNOUER R. (1869) - Sur l'âge géologique des Molasses de l'Agenais, à propos de la découverte de nouveaux débris d'Elotherium magnum et de divers autres mammifères dans les terrains tertiaires d'eau douce du Lot-et-Garonne. Bull. Soc. Géol. France (2), t. 26, p. 983-1024.

TURQ A. (1992) - Le Paléolithique inférieur et moyen entre les vallées de la Dordogne et du Lot. Thèse d'Etat, Univ. Bordeaux I, 780 p.

VASSEUR G. (1890) - Contribution à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France. BCGF, n° 19, t. 2, p. 351-366.

VIANEY-LIAUD (1972) - Contribution à l'étude des cricétidés oligocènes d'Europe occidentale. Paleovertebra. Montpellier, 5, p. 1-14.

VOGT J.(1979) - Tremblements de terre. Mém. BRGM, n° 96, 248 p., 1 carte.

Cartes consultées

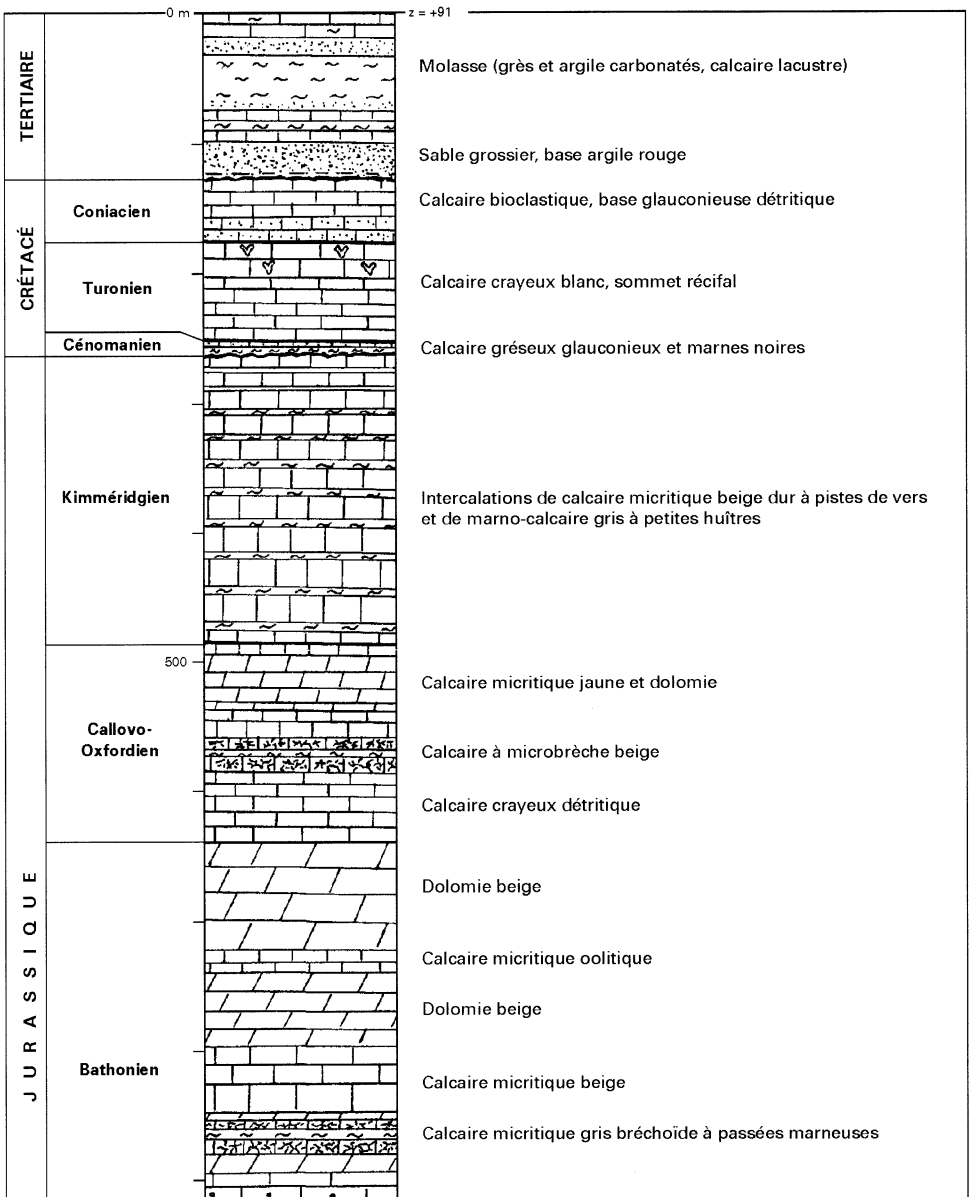
Cartes géologiques de la France à 1/80 000

- Feuille (193) *Villeréal* (1920), par Vasseur, Glangeaud, Blayac, Répelin, Dalloni, Longchambon.
- Feuille (205) *Agen* (1900), par Tournouër, Vasseur, Donnere, Michel-Lévy.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par J.-P. CAPDEVILLE, ingénieur géologue au BRGM (agence régionale Aquitaine), avec la collaboration de A. TURQ, conservateur du musée des Eyzies, pour la partie Préhistoire et archéologie.

Présentation au CCGF : 10 mai 1999.
Acceptation de la carte et de la notice : 2 novembre 1999.
Impression de la carte : 2000
Impression de la notice : 2000.



Coupe du sondage Soubirou 1 bis (878 - 4 x 4)

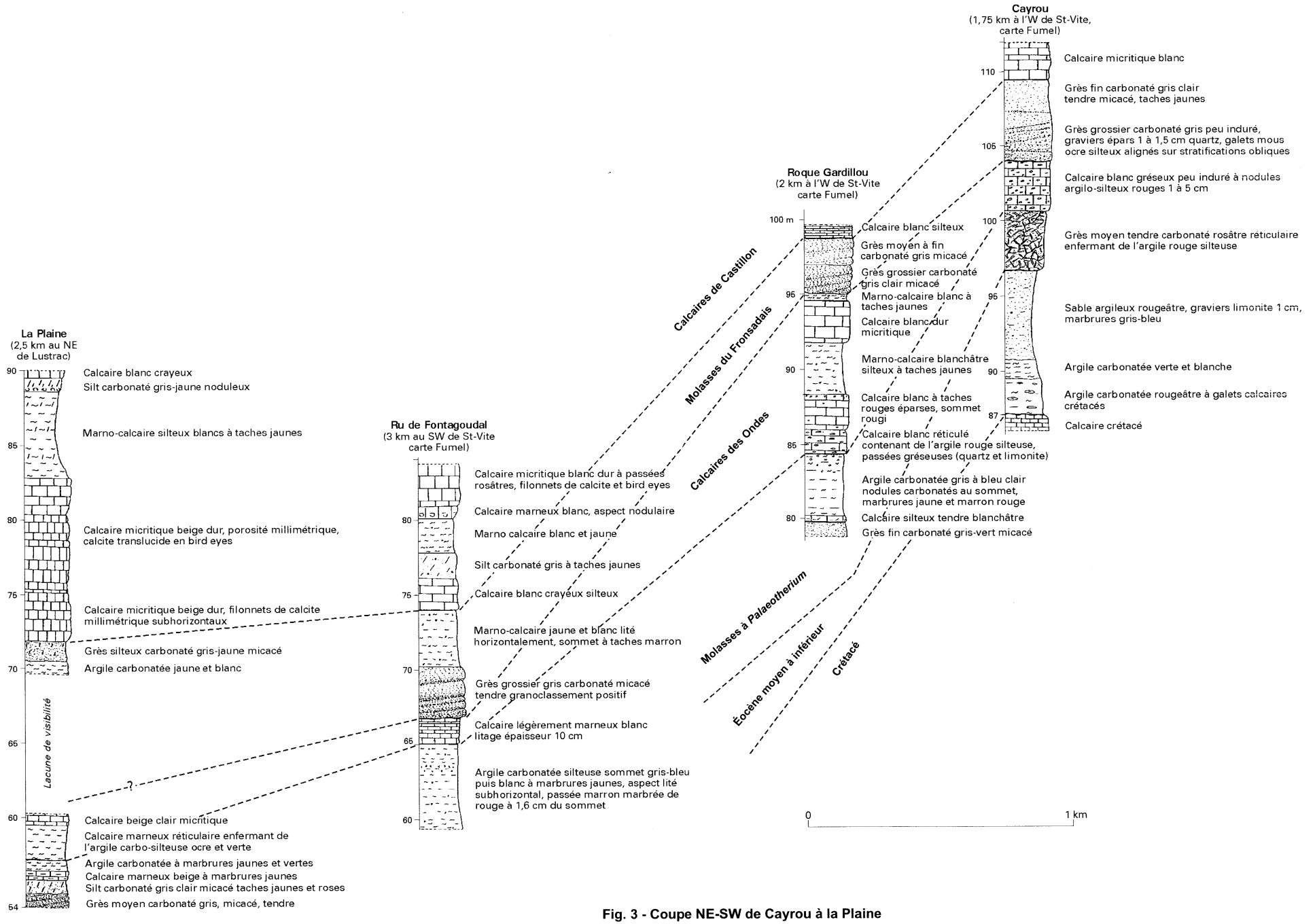


Fig. 3 - Coupe NE-SW de Cayrou à la Plaine