



BOURG-SAINT-ANDÉOL

La carte géologique à 1/50 000
BOURG-SAINT-ANDÉOL
est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord-ouest : LARGENTIÈRE (N° 197)
au nord-est : PRIVAS (N° 198)
au sud-ouest : ALÈS (N° 209)
au sud-est : ORANGE (N° 210)

Largentière	Aubenas	Murviel
Beauvoisin	BOURG- ST-ANDÉOL	Valréog
Alès	Poses St Esprit	Orange

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

BOURG- SAINT-ANDÉOL

par

M. PASCAL, D. LAFARGE, J. CHEDHOMME, C. GLINTZBOECKEL



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINÉRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
BOURG-SAINT-ANDÉOL À 1/50 000**

par

M. PASCAL, D. LAFARGE, J. CHEDHOMME, C. GLINTZBOECKEL

1989

Éditions du BRGM – BP 6009 – 45060 ORLÉANS Cedex 2 – FRANCE

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

- *pour la carte* : PASCAL M., ELMI S., BUSNARDO R., LAFARGE D., TRUC G., VALLERON M.M., CHEDHOMME J., COMBIER J. (1989) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bourg-Saint-Andéol (889) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par PASCAL M., LAFARGE D., CHEDHOMME J., GLINTZBOECKEL C. (1989), 67 p.
- *pour la notice* : PASCAL M., LAFARGE D., CHEDHOMME J., GLINTZBOECKEL C. (1989) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Bourg-Saint-Andéol (889) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 67 p.
Carte géologique par PASCAL M., ELMI S., BUSNARDO R., LAFARGE D., TRUC G., VALLERON M.M., CHEDHOMME J., COMBIER J. (1989).

© BRGM, 1989. 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 écrite préalable de l'éditeur.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
<i>APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET RÉGIONS NATURELLES</i>	5
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	7
DESCRIPTION DES TERRAINS	9
<i>SECONDAIRE</i>	9
<i>TERTIAIRE</i>	22
<i>QUATERNAIRE</i>	32
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	39
<i>TECTONIQUE</i>	39
OCCUPATION DU SOL	42
<i>VÉGÉTATIONS ET CULTURES</i>	42
<i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>	43
<i>DONNÉES GÉOTECHNIQUES</i>	45
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	46
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	
<i>RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES</i>	53
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	56
<i>DESCRIPTION DES SITES CLASSIQUES ET DITINÉRAIRE</i>	56
<i>COUPES RÉSUMÉES DES SONDAGES</i>	57
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	57
<i>DOCUMENTS DIVERS</i>	66
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i>	67
AUTEURS DE LA NOTICE	67

INTRODUCTION

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET RÉGIONS NATURELLES

La carte géologique à 1/50 000 Bourg-Saint-Andéol couvre essentiellement le Sud-Est du département de l'Ardèche, bien connu sous les appellations de "Bas-Vivarais" ou "Basse-Ardèche". Vers l'Est et le Sud, elle déborde légèrement, respectivement, sur les départements de la Drôme et du Vaucluse (rive gauche du Rhône) et sur celui du Gard (axe Barjac-Saint-Martin). Ce domaine géographique est centré sur un vaste plateau à substratum calcaire dans lequel est entaillé le spectaculaire canyon de l'Ardèche. A sa périphérie, ce plateau s'abaisse assez régulièrement vers des régions qui présentent toutes des caractères morphologiques originaux : fossé d'Alès, vallée du Rhône, bassin d'Issirac, paysages valonnés du Nord-Ouest.

L'altitude de la région concernée varie entre près de + 50 m, dans la vallée du Rhône, à 720 m à la Dent de Rez, au centre-nord ; elle varie en moyenne entre + 350 et + 400 m sur les plateaux.

Le réseau hydrographique pérenne se réduit au Rhône et à l'Ardèche. Cette dernière rivière achemine essentiellement vers le fleuve les eaux qu'elle reçoit de ses affluents situés en amont de Vallon (La Beaume, Le Chassezac,...).

La région couverte par la coupure Bourg-Saint-Andéol est peu peuplée et de vastes surfaces sont inhabitées. La principale agglomération est Bourg-Saint-Andéol (7 500 habitants), viennent ensuite Vallon et Ruoms (environ 2 000 habitants).

Les villages sont situés, pour la plupart, soit dans le couloir rhodanien (Saint-Montan, Saint-Just, Saint-Marcel, Saint-Martin), soit dans le sillon qui prolonge le fossé d'Alès vers le Nord (Barjac, Vagnas, Salavas, Vallon, Lagorce) ; certains d'entre eux ont conservé un beau cachet médiéval.

Après avoir longuement subi l'exode rural et le déclin des activités traditionnelles, la Basse-Ardèche connaît un spectaculaire renouveau basé sur le tourisme et les loisirs d'été. En juillet-août, le seul secteur des gorges de l'Ardèche attire près de 30 000 résidents temporaires aux abords de Vallon.

Une activité rurale persiste localement à l'intérieur des terres (Saint-Remèze, Vallon, Barjac).

D'Est en Ouest, la région est traversée par la route départementale n° 4 (Bourg-Saint-Andéol-Vallon) qui se raccorde aux voies Nord-Sud de la vallée du Rhône (R.N. 86) et du sillon d'Alès (N. 579). Les gorges de l'Ardèche sont surplombées par une route touristique d'ouverture récente.

Les régions naturelles, liées à la géologie, sont les suivantes :

● **Les plateaux calcaires à modelé karstique et la boutonnière de Saint-Remèze**

La feuille Bourg-Saint-Andéol couvre la quasi-totalité (400 km²) du Bas-Vivarais calcaire. Celui-ci comporte surtout des plateaux arides, plus ou moins déboisés par l'action de l'homme, et sur lesquels s'installent des

garrigues. Le domaine calcaire, qui entoure Saint-Remèze et se poursuit vers le Sud au-delà des gorges de l'Ardèche, constitue une unité géographique bien définie tout en présentant sur le terrain une forte diversité d'aspects. Celle-ci est due notamment à d'innombrables failles qui le découpent en une mosaïque de lanières et compartiments décalés entre eux avec minuscules et pittoresques fossés d'effondrement (Bidon, Le Liby, Chalon, Le Pouzat, Virac,...). Le modelé karstique, omniprésent, est représenté par de nombreux lapiaz, par une centaine d'avens et par des champs de dolines.

Dans la partie centrale de la feuille, l'aridité de ce milieu naturel est relayée par un paysage cultivé qui fait figure d'oasis et qui s'étend autour de Saint-Remèze. Cette région naturelle de moins de 20 km², totalement encerclée par les plateaux calcaires, correspond à une boutonnière anticlinale à substratum marno-calcaire. Une entité comparable, mais de faible extension, se rencontre un peu plus au Nord (Les Hellys).

Au point de vue morphologique, le "Plateau de Saint-Remèze" se compare globalement à une assiette plate retournée et très légèrement évidée en son centre. Dans le détail, la régularité de la structure est perturbée par des plis à grand rayon de courbure, par des compartiments faillés et par des paléo-surfaces d'érosion ; la principale d'entre elles s'étend de part et d'autre des gorges à une altitude de 350 à 400 m ; elle pourrait s'être ébauchée dès l'émersion du Crétacé supérieur (Callot, 1979), ses traits définitifs étant acquis au Miocène supérieur (Mandier, 1988). En contre-bas, l'Ardèche s'est enfoncée dans une surface d'aplanissement dont les témoins s'observent entre 250 et 300 m d'altitude.

Le terme de "Plateau des Gras" est parfois employé pour les étendues calcaires qui entourent Saint-Remèze (et supportent le hameau de Gras) ; il est préférable de réserver cette appellation, vraisemblablement héritée du mot latin "gradus" (à formes en gradins), aux petits causses jurassiques situés à l'Ouest de Ruoms (coupure Bessèges à 1/50 000).

● *Le canyon de l'Ardèche*

Bien que totalement inclus dans la masse calcaire des plateaux, le canyon de l'Ardèche peut être assimilé à une région naturelle à part. Par un phénomène de surimposition qui a débuté au Tertiaire, la rivière Ardèche s'est enfoncée de près de 300 m dans son substratum, créant ainsi un spectaculaire canyon de 29 km de longueur.

Le canyon comporte de nombreux méandres, certains recoupés (Le Pont-d'Arc) ou en voie de recoupement (La Madeleine), et ses parois renferment d'innombrables cavités naturelles (grottes, porches, galeries permettant l'accès à des réseaux karstiques). L'occupation humaine de certains de ces sites remonte au Paléolithique moyen.

La variété des paysages qui bordent la rivière, son cours tour à tour calme et tumultueux, la flore et la faune, la fréquentation sportive et touristique, confèrent au canyon un caractère sans cesse animé et renouvelé.

● *Le couloir rhodanien*

La part ardéchoise du domaine rhodanien est fort réduite. Près de Bourg-Saint-Andéol, en allant d'Est en Ouest, c'est souvent en moins de

3 km que l'on passe du lit vif du fleuve (altitude voisine de 50 m) aux marches orientales du Plateau de Saint-Remèze (altitude comprise entre 120 et plus de 200 m). Cette lisière se dilate vers le Nord (Saint-Montan) et vers le Sud (Saint-Just). En tous lieux elle se caractérise par un substratum non calcaire (argileux, gréseux, alluvial,...), par la présence de lambeaux de terrasses fluviales et par une intense valorisation agricole qui contraste avec le dénuement des régions calcaires avoisinantes.

● *Le fossé d'Alès et ses annexes*

La coupure Bourg-Saint-Andéol recouvre l'extrémité nord du fossé d'effondrement d'Alès ainsi que la zone basse de Vagnas-Labastide-de-Virac qui s'y raccorde. Ces domaines particuliers, à substratum surtout détritique (argiles, sables, conglomérats), comportent des secteurs à vocation agricole (Barjac-Brujas) et des zones forestières (Bois des Bruyères).

Au Sud-Ouest, les calcaires massifs karstifiés du Bois de Ronze s'ennoient sous les calcaires lacustres du bassin paléogène d'Issirac. Celui-ci, qui se raccorde au fossé d'Alès proximité de Barjac, correspond à un plateau dont l'altitude est comprise entre 200 et 300 m.

● *La bordure sous-cévenole*

De Ruoms à Vallon, l'Ardèche recoupe les reliefs marno-calcaires néocomiens de la bordure sous-cévenole. L'activité humaine s'y est concentrée dans les zones alluviales.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Au Jurassique supérieur, dont les dépôts n'affleurent qu'à l'extrême Nord-Ouest de la coupure (environs de Ruoms), la Basse-Ardèche se place en lisière occidentale du bassin subsident dauphinois qui s'est mis en place à partir du Callovien. Cette région connaît alors une instabilité sporadique du substratum ancien, notamment au Portlandien, qui se traduit par le dépôt de calcaires pélagiques avec formation de brèches de resédimentation localement abondantes.

Tout au long du Crétacé inférieur, le même domaine géographique participe au domaine péri-vocontien constitué par les hauts-fonds, plates-formes et talus qui entourent le bassin proprement dit, ouvert au Sud sur la Téthys. Le fait majeur de l'évolution péri-vocontienne est alors le grand développement qu'y prennent les bioconstructions à affinités récifales.

Après plusieurs oscillations marines transgressives, le Néocomien est caractérisé par de puissants dépôts de type hémipélagique (marnes et marno-calcaires à céphalopodes).

Le Barrémien inférieur voit l'apparition de hauts-fonds, avec épanchages de sables bioclastiques, sur lesquels se développent des biohermes de mer chaude à rudistes, cnidaires, spongiaires, foraminifères et algues (Dent de Rez, Serre de Tourre). D'abord dispersés, ces hauts-fonds se rejoignent ensuite et s'étendent au détriment du domaine hémipélagique qui est refoulé vers le Nord et vers l'Ouest. Le processus de progradation, facilité par une production sans cesse croissante de sables bioclastiques qui comblent les zones basses, connaît son paroxysme au Barrémien

supérieur ; il aboutit à l'édification de la "plate-forme urgonienne ardéchoise" qui couvrira environ 500 km². La subsidence, qui permet l'accumulation locale de plus de 300 m de sédiments calcaires récifaux et péri-récifaux, connaît des saccades qui provoquent des arrêts généralisés, mais très temporaires, dans l'édification des bioconstructions. Les vicissitudes de ce type nous sont révélées par les "vires" marneuses à échinides et orbitolines qui découpent horizontalement les falaises du canyon de l'Ardèche.

La sédimentation urgonienne du Bas-Vivarais s'interrompt brutalement et définitivement à l'Aptien (Bédoulien inférieur).

Le Bédoulien supérieur voit l'instauration de milieux à la fois hémipélagiques et de faible profondeur soumis à des apports détritiques (dépôt de marnes gréso-glaucanieuses à huîtres et céphalopodes).

L'Aptien supérieur (Gargasien) connaît une certaine instabilité du milieu marin. Après une période d'envasement, avec dépôt de marnes noires à bélemnites, une influence terrigène se manifeste par l'apparition de sédiments calcaréo-gréseux à échinides.

L'instabilité s'amplifie à l'Albien avec large exondation de l'ancienne plate-forme barrémo-bédoulienne, déblaiement de sa couverture sédimentaire, mise en place de dépôts marins terrigènes (sables et grès à ciment calcaire) sur sa bordure orientale.

Au Crétacé supérieur (Cénomaniens), une plate-forme limitée, à sédimentation surtout terrigène, auréole le Massif central. Il en résulte des dépôts sableux ou marneux marins, de faible profondeur (à huîtres et orbitolines), ainsi que des formations à fortes affinités continentales (sables et lignites).

Au Turonien, dans un contexte transgressif, la sédimentation se poursuit en milieu marin peu profond à palustre ; ses produits sont comparables à ceux d'âge cénomaniens (sables à huîtres, lignites).

La sédimentation présente encore une dominante sub-littorale au Coniacien, avec apparition fugace de formations pararécifales (calcaires à rudistes) dont le développement est sporadiquement contre-carré par d'importants apports terrigènes.

La régression marine débute au Santonien et s'achève au Campanien ; cette période voit la formation de dépôts de milieux marins confinés et de milieux lacustres (sables, marnes bitumineuses, lignites...).

La fin du Crétacé supérieur connaît aussi des phénomènes d'altération continentale (formation de "couches rouges") dans les zones où la tectonique a provoqué l'émersion et le décapage de dépôts marins d'âge albien à turonien.

Le Paléogène rassemble divers dépôts purement continentaux. Au Sud de l'Ardèche, l'Eocène est représenté par de petits ensembles lacustres argilo-sableux avec barres carbonatées.

L'Oligocène voit l'individualisation du bassin lacustre d'Issirac à tendance subsidente et la formation du fossé d'effondrement d'Alès. Ces deux domaines, représentés au Sud et Sud-Ouest de la coupure Bourg-Saint-Andéol, se différencient par leurs conditions de sédimentation. Le bassin d'Issirac connaît une histoire calme avec formation de calcaires et marnes à évaporites. A l'opposé, des saccades tectoniques provoquent le comblement du fossé d'Alès par des décharges détritiques avec périodes de calme relatif se traduisant par des dépôts lacustres carbonatés et plus ou moins salés.

La mer miocène n'a pas submergé le Bas-Vivarais, et n'a laissé que de rarissimes petits témoins en rive gauche du Rhône. Le creusement du canyon du pré-Rhône se réalise au moins partiellement au Messinien, vraisemblablement en liaison avec la crise de salinité que connaît la Méditerranée à la même époque.

De même, *le cycle pliocène* n'a affecté que la vallée du Rhône où s'observent les formations successivement saumâtres, marines et continentales qui lui sont rattachées.

L'histoire du Quaternaire est particulièrement riche et complexe en Bas-Vivarais. Cette période connaît de forts aléas climatiques (périodes chaudes – périodes froides) ; elle voit aussi l'achèvement du processus de karstification des calcaires (qui a débuté à l'Oligo-Miocène), l'édification de terrasses alluviales, le dépôt de loëss périglaciaires, enfin l'arrivée de l'Homme au Paléolithique (voir "préhistoire et archéologie" ci-après).

Au point de vue structural, la région du Bas-Vivarais porte surtout l'empreinte des phases pyrénéennes et alpines du cycle orogénique alpin (voir "phénomènes géologiques" ci-après).

DESCRIPTION DES TERRAINS

SECONDAIRE

Jurassique

Le Jurassique supérieur est faiblement représenté sur la feuille Bourg-Saint-Andéol, (abords de Ruoms) ; il se poursuit largement au-delà (feuille Bessèges à 1/50 000).

La région de Ruoms surmonte la zone de flexure qui séparait, au Jurassique, le fossé dauphinois subsident d'une zone occidentale à caractère de plate-forme externe ; le long de cette charnière s'observent des faciès grumeleux avec nombreuses figures de glissement et de resédimentation. La variation d'épaisseur des dépôts est significative ; pour quelques centaines de mètres de puissance à l'affleurement, la succession attribuée au Jurassique atteint au moins 1 300 m à la verticale de Vallon (sondage DVA1/SNPA).

Le Jurassique supérieur de la bordure sous-cévenole est ici globalement assimilable à une seule grande séquence sédimentaire couronnée par la barre des calcaires tithoniques. Par sa faune, notamment par la présence de calpionelles affiliées aux faciès pélagiques, l'ensemble présente un cachet vocontien comparable à celui des termes synchrones situés en rive gauche du Rhône (chaînes subalpines du Diois).

jsa. Kimméridgien moyen. Calcaires à passées grumeleuses. Dans les gorges de la Beaume, le Kimméridgien moyen est représenté par des calcaires en gros bancs avec passées sporadiques de calcaires macro-graveleux.

jsb. Kimméridgien supérieur. Calcaires ruiniformes. On lui rapporte les calcaires de teinte beige, massifs à ruiniformes, qui affleurent sur les deux rives de la Beaume et de l'Ardèche.

Au sondage de Vallon, les dépôts kimméridgiens correspondent à 56 m de calcaires cryptocristallins bruns, devenant argileux vers le bas, traversés à partir de 1 016 m de profondeur.

j9. **Tithonique. Calcaires blancs.** Le Portlandien à faciès tithonique est représenté par des calcaires clairs, sublithographiques, qui admettent des intercalations de bancs pseudo-bréchiques. Au sondage de Vallon, la formation synchrone, tronquée par une faille, n'a été recoupée que sur une hauteur de 36 m.

Crétacé

Berriasien

Il n'apparaît pas dans le cadre géographique de la coupure Bourg-Saint-Andéol. Rappelons ici qu'il affleure plus à l'Ouest (coupure Bessèges à 1/50 000), sur la marge épicontinentale du Massif central, sous forme de calcaires fins à faune pélagique avec niveaux marneux.

Néocomien (Valanginien-Hauterivien)

Il est largement représenté en bordure ouest de la grande faille des Cévennes, qui passe par Vallon-Pont-d'Arc et Lagorce, ainsi que dans la boutonnière de Saint-Remèze et au centre-nord.

Au Nord-Ouest, les dépôts néocomiens constituent une puissante série compréhensive (plus de 2 000 m de puissance), avec alternance répétitive de marnes et de calcaires argileux ; l'ensemble a été traversé sur près de 1 000 m par le sondage de Vallon. Le découpage cartographique adopté pour le Néocomien est du à R. Busnardo (1977).

n2. **Valanginien supérieur. Marnes et alternances marno-calcaires.** Le Valanginien terminal n'est identifié qu'au Nord de Lagorce, sous forme de marnes et marno-calcaires de type hémipélagique avec niveaux glauconieux et nombreuses ammonites, dont diverses espèces du genre *Teschenites*.

n2-3b. **Valanginien terminal-Hauterivien basal indifférenciés.** Au Sud du Rocher de Sampzon, la double notation exprime l'impossibilité de tracer la limite cartographique entre les deux étages, le passage n'étant marqué ni par de sensibles variations de faune ni par des variations de faciès significatives.

n3a-c. **Hauterivien basal marneux et marno-calcaire indifférencié.** L'ensemble considéré accuse 0,5 à 50 m de puissance et comporte une alternance irrégulière de passées argilo-silteuses et de bancs marno-calcaires à "michoïdes". Sa base est marquée par un liseré glauconieux et par l'apparition d'*Acanthodiscus radiatus*, associé à de nombreuses autres ammonites des genres *Leopoldia*, *Teschenites*, *Eleniceras*, *Olcostephanus*,...

n3c. **Partie supérieure de l'Hauterivien basal. Marnes et alternances marno-calcaires.** Cette unité a été individualisée au Sud de Sampzon, essentiellement en raison de sa nature lithologique à "michoïdes" de

calcaires argileux alternant avec des marnes ; sa puissance est là d'environ 250 m.

n3d. **Hauterivien inférieur. Marnes grises.** A l'Est de Ruoms, ce niveau de l'Hauterivien correspond à environ 100 m de marnes grises à rares ammonites (*Olcostephanus*).

n3e-f. **Hauterivien inférieur. Calcaires argileux noduleux (à miches).** L'horizon comporte environ 250 m de calcaires marneux hémipélagiques en bancs qui paraissent constitués par l'accroissement de corps ovoïdes pluri-décimétriques. La macrofaune comporte à la base la zone à *Lyticoceras nodosoplicatum* et vers le haut celle à *Cruasicerus cruasense* ; les genres *Saynella*, *Jeannoticerus*, *Lyticoceras* sont localement représentés (Busnardo, 1977).

Les microfaciès des calcaires à miches sont monotones, finement gréseux, bioclastiques, localement glauconieux. Ils se différencient des termes sous-jacents par la présence de serpulidés et de débris d'échinodermes. On y reconnaît également de nombreux spicules et une microfaune qui comporte d'assez nombreuses espèces, dont certaines sont déjà connues à l'Hauterivien basal ou au Valanginien (*Lenticulina nodosa*, *Protocythere triplicata*,...) (Faber, 1959).

n3g. **Hauterivien supérieur. Marnes et alternances marno-calcaires.** L'Hauterivien supérieur affleure au Rocher de Sampzon, dans la boutonnière de Saint-Remèze dont il constitue le substratum, ainsi qu'en divers sites (reculée de Tiourre, Chames, région de Gras) ; sa puissance est de l'ordre de 100 m.

Les faciès marneux et marno-calcaires à miches montrent des microfaciès monotones, tout à fait comparables à ceux des niveaux sous-jacents. On note cependant l'apparition localisée de passées marneuses riches en échinides et bivalves se rattachant au milieu circalittoral (*Toxaster retusus*, *T. amplus*, *T. elongatus*, *Exogyra couloni*).

Les biozones d'ammonites sont celles à *Desmoceras* (*Subsaynella*) *sayni* à la base et celle à *Hoplites* (*Pseudothurmannia*) *angulicostata*, au sommet. Les espèces *Plesiospitidiscus ligatus*, *Crioceratites binelli*, *Lyticoceras subfimbriatum* et *Sornaytes* sp. sont également présentes à Saint-Remèze (Lafarge, 1978).

Barrémien inférieur—Bédoulien inférieur

La puissante carapace calcaire qui supporte le plateau de Saint-Remèze et ses annexes s'est progressivement édifiée entre le Barrémien inférieur et le Bédoulien inférieur ; elle prend place parmi les grandes unités péri-vocontiennes à faciès urgonien.

Rappelons que le faciès urgonien *s.l.* correspond à des calcaires fins à grossiers, clairs et massifs, durs ou crayeux, à faune spécifique de mer chaude et de faible profondeur (rudistes, madréporaires, orbitolinidés,...).

La masse des "calcaires urgoniens" est recoupée par plusieurs lits marneux, à l'origine des vives des parois verticales, qui présentent une grande continuité latérale. La cartographie détaillée de ces niveaux intercalaires de puissance variable (2 à 10 m en général) et l'étude de leur

riche contenu paléontologique, ont permis de répartir l'ensemble, jusqu'ici indifférencié, en quatre unités chronostratigraphiques majeures.

L'Urgonien ardéchois présente les séquences classiquement décrites en Provence, soit, de bas en haut :

- épandage de calcarénites uniformisant les fonds et établissement de la plate-forme à caractère externe ;
- installation de faciès à polypiers, sans récifs importants ;
- micrites à rudistes correspondant à une sédimentation calme, à l'abri du large (faciès protégé) (Busnardo *et al.*, 1977).

A *Serre de Tourre*, l'Urgonien est exposé sur une verticale de 280 m (puissance totale environ 300-320 m) ; il y constitue deux ensembles superposés, séparés par une vire principale ; soit, à partir du bas :

- faciès bioclastique ou oobioclastiques beige (150 m) ;
- vase calcaire, sable vaseux, calcaires \pm crayeux (10-15 m) (Barrémien supérieur) ;
- faciès à rudistes (1ère falaise) (50 m) (Barrémien supérieur) ;
- vire principale (20 m) dont 10 m de marnes bicolores, très fossilifères (huîtres, bryozoaires, échinodermes etc.) ainsi que des passées de calcaires biomicritiques (madréporaires, chaetididés) (Busnardo, *et al.*, 1977) ;
- calcaires plus variés (2ème falaise) (\approx 80 m) : micrites à rudistes (20 m), grainstones beiges, packstones à rudistes (60 m) (Bédoulien inférieur).

Entre Saint-Montan et Larnas (ravin de la Beaume) l'Urgonien est visible sur 200 mètres (Barrémien supérieur et surtout Bédoulien) ; les barres à rudistes sont mal individualisées. Quatre faciès principaux peuvent y être dégagés (Busnardo *et al.*, 1977) :

- biosparites et oosparites ;
- calcaires fins à madréporaires ;
- faciès à rudistes ;
- biopelsparites.

n4a. Barrémien inférieur. Calcaire marneux à ammonites. Le Barrémien inférieur est bien développé aux environs de Saint-Remèze, de Gras et de Sampzon. Il est représenté par des calcaires argileux, en petits bancs, séparés par des interbancs marneux, grisâtres à jaunâtres à *Toxaster*, ou par des calcaires gris ou bruns ; la série se termine par un ressaut purement calcaire riche en grands *Emericiceras*, *Barremites* et *Holcodiscus fallax*. Le Barrémien inférieur constitue le soubassement de la falaise urgonienne de la Dent de Rez. Son faciès est hémipélagique.

Près de Saint-Remèze l'épaisseur du Barrémien inférieur (n4a) est de 30 mètres environ (Lafarge, 1978). Dans la vallée de l'Ibie (coupure Aubenas à 1/50 000) l'épaisseur totale du Barrémien inférieur atteint 150 m (Busnardo, *et al.* 1977).

n4aU. Barrémien inférieur à faciès urgonien. Calcaires à rudistes, biocalcarénites. La formation calcaire attribuée au Barrémien inférieur comporte essentiellement des calcaires bioclastiques, fins à grossiers, riches en algues dasycladacées et en orbitolinidés (*Paleodictyoconus barremianus*) ; la stratification est entrecroisée. Ce terme constitue la falaise inférieure de la Dent de Rez (Lafarge, 1978).

Des calcaires de ce type affleurent également à la base des assises urgoniennes du Pont de Laval.

En certains endroits, l'absence de vires marneuses ne permet pas l'individualisation cartographique des calcarénites du Barrémien inférieur. A Serre de Tourre, ces dernières constituent ainsi un ensemble homogène, puissant de 130 mètres, à grains fins à grossiers. La formation renferme de nombreuses algues dasycladacées (*Salpingoporella muehlbergii*, *S. genevensis*, *Likanella* sp., *Heteroporella paucicalcareia*, *Angioporella fouryae*, *Pseudoactinoporella fragilis*), des orbitolinidés (*Valserinna*, *Paleodictyoconus barremianus*, *P. cuvillieri*, *Orbitolinopsis flandrini*) et de nombreux miliolidés ; cette microfaune est caractéristique du Barrémien inférieur.

A Pont de Laval, le sommet du Barrémien inférieur est représenté par des calcaires sparitiques à débris d'échinodermes et aux Hellys par des calcaires micritiques à chaetétidés et débris de tests (Masse, 1979).

Au Nord-Est de la feuille (Larnas, Fontfreyde), les calcaires à faciès urgonien du Barrémien inférieur passent latéralement à des calcaires à silex (n4a5).

Sur le plateau de Saint-Remèze d'importantes variations latérales de faciès affectent les dépôts attribués au Barrémien inférieur, notamment entre les faciès calcaréo-argileux hémipélagiques et subpélagiques et les faciès bioclastiques de haut-fond ; la bathymétrie était variable ainsi que l'atteste l'ostracofaune. Un haut-fond a ainsi pu être localisé aux Hellys (Donze, Lafarge, 1979).

L'épaisseur du Barrémien inférieur est de l'ordre de 200 m à Pont de Laval, de 150 m à Vignasse, de 140 m aux Hellys et de 110 m à le Bauzu (Donze, Lafarge, 1979).

v1. Barrémien inférieur. Vire marneuse inférieure. A la Dent de Rez, la vire marneuse inférieure (v1) sépare les deux falaises urgoniennes (n4aU-n4bU). Elle est constituée de petits bancs de calcaires argileux et de marnes à *Gavelinella* aff. *barremiana* (5 à 15 m).

n4aM. Barrémien inférieur. Epaisissements et dédoublements locaux de la vire marneuse inférieure. Au Sud et à l'Est de la Dent de Rez, la vire marneuse inférieure (v1) devient plus importante (puissance : 15 à 35 m) et peut localement être subdivisée en plusieurs unités superposées et séparées par des barres calcaires. Près de Gras et d'Imbourg on peut ainsi distinguer de bas en haut :

– un ensemble de calcaires marneux et marnes à *Holcodiscus caillaudi*, *Barremites difficilis*, *Torcapella falcata*, *T. suessiformis*, *Pulchellia* aff. *compressissima* (base de la sous-zone à Compressissima du Barrémien inférieur). Les lits marneux livrent localement une faunule pyriteuse à *Leptoceras* et *Toxaster saynensis* ;

– une alternance irrégulière de marnes à *Clavihedbergella* sp. aff. *simplex*, *C. simplississima*, *Hedbergella infracretacea*, et de calcaires argileux bleutés à *Spitidiscus*, *Emericeras*, *Puezalpella*, *Torcapella* gr. *radiarca*, *Pulchellia compressissima*, *Dissimilites dissimila*. A Imbourg, les marnes renferment en outre de petits pyriteux dont *Holcodiscus* gr. *henoni*, *H. nodosus*, *Melchiorites* gr. *nabdelsa*, *Leptoceras cirtae* ;

– des calcaires argileux à *Puezalpella*, *Phyllopachyceras* et des marnes à *Clavihedbergella* et petits pyriteux dont *Heinzia* gr. *provincialis*, *H. ouachensis*, *Melchiorites joleaudi*, *Leptoceras cirtae* et *Astieridiscus*. La faune et la microfaune caractérisent ici le sommet du Barrémien inférieur.

A proximité des grandes unités calcaires à faciès urgonien, notamment à Pont de Laval, Rimouren, Fontfreyde, les marnes barrémiennes sont presque totalement dépourvues de macrofaune.

n4bU. Barrémien supérieur, faciès urgonien. Calcaires à rudistes, calcarénites. Cette seconde unité calcaire à faciès urgonien *s.l.* est délimitée vers le bas et le haut par les vires marneuses v1-v3 ou encore n4bM-v3.

Le faciès urgonien *s.s.* correspond à un calcaire clair, massif, à rudistes (*Requienia*) et grands miliolidés. Ce faciès-type est bien représenté, notamment au Serre de Tourre (puissance : 55 m) où il est surmonté, en discordance de ravinement, par un niveau de calcaires bioclastiques ou oolithiques à débris de bryozoaires, d'échinodermes, d'algues (floridées, dasycladacées) et de characées (puissance : 20 m).

Vers l'Est et le Nord, en se rapprochant du paléo-bassin, les calcaires à rudistes sont relayés par les divers faciès suivants :

- biocalcarénites plus ou moins grossières à débris de chaetétidés et de cnidaires (*Callamophylliopsis*, *Microsolenites*, *Tabulogyra*) (environs de Saint-Montan) ;
- calcaires fins à silex (Gras, Fontfreyde, Larnas) ;
- calcaires fins sans silex associés à des marnes grumeleuses (Imbourg).

Ces derniers sont localement peu différenciables des formations encaissantes (notation n4b).

v3. Barrémien terminal-Bédoulien basal. Vire marneuse fossilifère du Serre de Tourre. Les marnes généralement très fossilifères de la vire intra-urgonienne v3 (puissance : 1 à 15 m) surmontent les calcaires bioclastiques rapportés au Barrémien supérieur, qui couronnent les calcaires à rudistes.

Au Serre de Tourre et à Gaud, l'assise marneuse renferme des spongiaires, des brachiopodes, des ostréidés, des bryozoaires, des crinoïdes et surtout de très nombreux échinides (45 espèces dénombrées) dont *Codiopsis lorini*, *Heteraster couloni*, *Pygaulus desmoulinsi*, *Globator cylindricus* ; les ammonites y sont par contre très rares (*Barremites* gr. *charrieri*, *Holcodiscus*) et on remarque l'absence d'orbitolinidés. Ces derniers sont par contre connus un peu plus à l'Est (Bois Bouchas, Cirque de Gaud) où les marnes ont livré *Paleodictyoconus actinostroma* (biozone 4 du Barrémien supérieur), *Choffatella decipiens*, *Neotrocholina friburgensis*, etc.

n4c-5aU. Barrémien terminal et Bédoulien basal à faciès urgonien. Calcaires à rudistes, biocalcarénites. Les marnes (v3) peuvent disparaître latéralement au profit de calcaires à cnidaires (Bois de Laval, Bois de Laoul) et de calcarénites rousses (Le Bauzu, Le Patis, Imbourg). A Saint-Montan, le sommet de cet ensemble présente quelques bancs à rudistes dont *Agriopleura marticensis*, (Barrémien supérieur) recouverts par un niveau marneux lenticulaire à orbitolines (*Dictyoconus maynci maynci*, *Paleodictyoconus actinostoma*) et à échinides (*Pygaulus desmoulensis*, *Tetragramma raulini*).

A Saint-Montan cette unité est constituée de calcaires blancs, plus ou moins crayeux, à rudistes et de calcaires fins, beiges, sans rudistes (50-80 m). A Serre de Tourre, les rudistes sont remaniés dans un calcaire sparitique beige, grossier.

v4. **Bédoulien inférieur. Vire marneuse à *Heteraster oblongus*.** Le niveau marneux, d'une puissance inférieure à 5 mètres, marque la limite Barrémien supérieur-Bédoulien (Bois de Ronze, Bois des Géantes, Laoul,...) et peut être relié à la deuxième couche à orbitolines de Saint-Montan. Il renferme *Heteraster oblongus*, *Pygaulus desmoulini*, *Botriopygus sueuri* et de nombreux orbitolinidés dont : *Dictyoconus maynci*, *Paleodictyoconus actinostoma*, *Palorbitolina lenticularis*, *Orbitolinopsis buccifer* et *O. kiliani*.

nsaU. **Bédoulien inférieur à faciès urgonien. Calcaires à rudistes, bio-calcarénites.** Les calcaires à faciès urgonien *s.l.* qui surmontent la vire v4 (Barrémien terminal-Bédoulien) couvrent les flancs est et sud-du grand dôme de Saint-Remèze et la périphérie de l'anticlinal du Bois de Ronze ; ils sont plus modestement représentés en lisière orientale des mêmes structures axe Barjac-Lagorce.

Les calcaires bédouliens à rudistes affleurent près de Saint-Montan où J. Paquier (1905) a décrit une riche faune de caprinidés : *Praecaprim varians*, *Offneria rhodanica*, *O. interruptum*, associés à *Pachytraga paradoxa*, et de nombreux requienidés. Des formations comparables ont été décrites près de Larnas, Bourg-Saint-Andéol, Laval-Saint-Roman (Maillard, 1955) et dans la partie aval du canyon de l'Ardèche (Faure, 1962).

Au Nord-Est de la coupure, les assises bédouliennes associées aux calcaires à rudistes se répartissent entre :

- des calcaires cristallins, parfois bioclastiques à *Dictyoconus giganteus* ;
- des calcarénites rouges, très fines, à débris d'échinodermes et à *Palorbitolina lenticularis* (Roche-Colombe, Bourg-Saint-Andéol) ; cette formation pluri-métrique s'épaissit vers le Sud (15 m) en devenant marno-calcaire ;
- des calcaires à débris de cnidaires et de rudistes (Toutes-Aures, Combede-Châlon, Saint-Montan).

La puissance de l'ensemble urgonien *s.l.* rapporté au Bédoulien est là de l'ordre de 100 m, dont 30 m pour les calcaires à débris.

Au Sud de la coupure, près de Sauze, le Bédoulien est représenté par des calcaires blancs, cristallins, alternant avec des calcaires graveleux en gros bancs et avec des calcaires lithographiques qui se débitent en plaquettes ; la microfaune comporte *Salpingoporella muhlbergi*, *Orbitolinopsis cuvillieri*, *O. kiliani*, *Paracoskinolina sunnilandensis*, *Neotrocholina friburgensis*, *Pseudocyclamina hedbergi*, etc... A Laval-Saint-Roman, les assises bédouliennes comportent des calcaires à orbitolines et débris de rudistes et des bancs massifs à *Pachytraga lapparenti* et *Requienia ammonia*.

La surface structurale des formations urgoniennes, exhumée par l'érosion en de nombreux sites, présente généralement des fonds durcis, des corrosions ou des indices d'émersion (Saint-Montan, Laval-Saint-Roman, basse vallée de l'Ibie,...) ; cette surface supporte soit les marnes du Bédoulien supérieur (cas général) soit des formations biodétritiques plus récentes (Salavas). A Labastide-de-Virac, par contre, le passage des calcaires sommitaux aux marnes s'effectue graduellement et sans discontinuités notables.

Au Sud d'Ornac l'Aven (Combe de Naysses), les calcaires urgoniens sommitaux sont tendres, à faciès crayeux, et très fossilifères. Ces conditions exceptionnelles ont permis d'en extraire une faune diversifiée dans laquelle les mollusques benthiques de grande taille sont prédominants : (*Sphaera*) *corrugata*, *Harpagodes pelagi*, *Chenopus* (*Cyphosolen*) *tuberosus*, *Pseudomelania gresslyi*, *Sycum valdensis*, *Chenopus rouxii*, *Aporrhais* sp., *Trajanella* sp., nombreux rudistes de la famille des requienidés. Par la présence d'espèces purement bédouliennes, associées aux formes classiques du faciès urgonien, l'ensemble se rattache à l'Aptien inférieur (Bédoulien inférieur équivalent à la zone à *Deshayesites deshayesi*) avec fortes affinités thétysiennes (Valleron, Macsotay, 1978, inéd.).

Bédoulien supérieur

nsb. **Marnes gréso-glauconieuses à *Exogyra aquila***. Les marnes et grès bédouliens qui surmontent les calcaires à faciès urgonien ont été largement érodés. Il en subsiste cependant un liseré assez continu à la périphérie du grand dôme anticlinal de Saint-Remèze ainsi que, en son sein, à la faveur de structures d'effondrement.

Aux environs de Saint-Montan, l'ensemble bédoulien est plaqué sur la dalle terminale corrodée des calcaires et comporte 5 à 15 m de marnes gréseuses et de grès fins glauconieux. La faune est localement abondante et comporte des bivalves (*Exogyra aquila* ou *Aetosteon latissimum*), des céphalopodes (*Parahoplites deshayesi*, *Procheloniceras* sp. et des gastéropodes. Vers le haut, ces dépôts sont relayés par les marnes noires du Gargasien.

A l'Ouest de Bourg-Saint-Andéol, l'ensemble précité tend à se répartir entre une base marneuse (10 m), riche en bioclastes d'origine variée (polypiers, échinides, mollusques), et entre un sommet gréso-glauconieux (5 m) relativement massif.

Près de Laval-Saint-Roman, les marnes bédouliennes sont réduites à de minces témoins discontinus qui recouvrent le hard ground des calcaires urgoniens ; ces témoins sont cependant bien connus en raison de leur faune qui comporte le crinoïde *Actinometra vagnasensis* (Pellat, 1905) et de nombreux céphalopodes des genres *Lytoceras*, *Parahoplites*, *Douvilleiceras* (Kilian, 1919).

Les marnes gréso-glauconieuses à faune bédoulienne qui jalonnent la bordure ouest du domaine urgonien sont très comparables à leurs homologues orientales ; elles sont toutefois plus réduites (2 à 8 m) qu'elles.

Près de Vallon (rive gauche de l'Ibie), la formation abrite d'ultimes îlots de calcaires à rudistes avec biocalcarénites associées (Duée, 1961).

Le passage des calcaires à rudistes et calcarénites aux marnes bédouliennes peut aussi être progressif. Ce cas s'observe à Labastide-de-Virac où une formation marno-calcaire d'environ 10 m, à orbitolines (*O. concava*) et échinides, assure la transition entre les dépôts précités.

Enfin, les levés cartographiques récents (M. Pascal) montrent que des témoins de marnes bédouliennes à *Exogyra aquila* sont conservés dans la plupart des petits fossés d'effondrement qui parsèment les plateaux : Le Liby, Chalon, Champ Vermeil, Bidon, Imbourg, La Combe du Pouzat,...

Gargasien

Les dépôts marins du Gargasien reposent en concordance sur les marnes bédouliennes ; comme ces dernières, ils apparaissent généralement sous forme de témoins résiduels en périphérie du domaine urgonien.

n6a. **Marnes noires à *Belemnites semicanalicatus***. Le Gargasien inférieur est représenté par 25 à 45 m de marnes noires indurées, avec petits bancs grés-marneux répétitifs et une macrofaune souvent exclusivement constituée de rostrés de *Belemnites (Neohibolites) semicanalicatus*.

Les marnes noires gargasiennes constituent la base des collines proches de Saint-Montan (La Faisse, La Lichère, L'Ermitage, La Barale) et apparaissent au coeur de divers compartiments effondrés du voisinage (Eyliou, faille de Saint-Montan, Bois des Baraques, Imbourg).

Au Sud de Bourg-Saint-Andéol, les marnes à bélemnites, localement ravinées et remaniées par les effets de la transgression pliocène, supportent les vestiges des hautes terrasses (Bellevue, Montjau, Saint-Marcel, Granouillet,...).

En rive droite de l'Ardèche, les marnes du Gargasien sont particulièrement bien exposées sur la berge méridionale du Vallat d'Aiguèze où elles renferment des lamellibranches (*Cardium cf. voltzii*, *Pleuromya prevostii*, *Aetostreon latissimum*, *Trigonia* sp., indéterminables,...), des céphalopodes (*Cheloniceras martini*) et des échinides (*Toxaster collegnoi*). De nombreux foraminifères y sont également recensés (*Gavelinella barremiana*, *Marginulina robusta*, *M. soluta*, *Lenticulina nodosa*,...) (Faure, 1965).

A l'Ouest de la coupure, les marnes gargasiennes constituent le substratum des zones humides et déprimées qui entourent Labastide-de-Virac ainsi que celui du thalweg qui ceinture les calcaires au Nord de Vagnas. Elles sont là très fossilifères (bivalves, échinides) avec des espèces qui caractérisent le Bédoulien supérieur et le Gargasien basal.

n6b. **Calcaires gréseux à *Discoidea decorata***. Près de Saint-Montan, les marnes noires à bélemnites deviennent grumeleuses vers le haut puis cèdent progressivement la place, avec quelques récurrences, à des calcaires bioclastiques gréseux et glauconieux à grain moyen à grossier et stratifications obliques, localement riches en petits oursins (*Discoidea decorata*) (puissance de l'ordre de 20-25 m).

Vers le Sud, les calcaires à oursins affleurent en lisière de la haute terrasse de Saint-Just et surtout en rive droite du Vallat d'Aiguèze, de Laval-Saint-Roman à Saint-Julien-de-Peyrolas, où ils constituent une corniche de 10 à 15 m de hauteur qui surplombe les marnes à bélemnites. Une formation comparable, mais avec tendance biodétritique accusée, se retrouve au Nord de Vagnas où elle est localement relayée par des marnes sableuses sombres à nodules de calcaires gréseux.

Au Nord de Saint-Marcel (Serre Plume), les calcaires gréseux albiens supportent des grès fins et des sables à grandes miches gréseuses (20 m) ; l'ensemble est azoïque mais l'étude des microfaciès y révèle des affinités gargasiennes (Massin, 1959).

Albien

n7a-c. **Albien inférieur et moyen. Sables rutilants et marnes**. Près de Saint-Montan, de part et d'autre de la Conche, les collines aptiennes sont

couronnées par des sables grossiers à graveleux, consolidés localement, classiquement qualifiés de "rutilants". Ce dernier faciès ne serait que l'expression d'une phase d'altération continentale qui affecte aussi les dépôts du Cénomaniens inférieur et qui se placerait au Cénomaniens moyen (Parron, Triat, 1977).

Les sables des collines de Saint-Montan sont azoïques et rapportés à l'Albien inférieur à moyen en raison d'analogies de faciès avec des formations datées situées en rive gauche du Rhône ; il en est de même pour les sables qui affleurent à l'Est de Saint-Marcel, de part et d'autre de la R.N. 86 (puissance maximale : 40 m).

La coupure Bourg-Saint-Andéol recoupe l'extrémité septentrionale du vaste domaine albo-aptien du Gard (feuille Pont-Saint-Esprit). Entre Saint-Julien-de-Peyrolas et Hulias les sables à faciès rutilant surmontent une mince assise conglomératique qui les sépare des dépôts gargasiens ; leurs premiers mètres comportent un liseré discontinu de nodules phosphatés et sont irrégulièrement riches en lamellibranches (0,5 à 2 m de puissance) ; cet horizon se rattache au niveau à *Hoplites* et *Leymeriella* (Albien basal) du Nord-Est de Salzac.

Les sables rutilants de Saint-Julien-de-Peyrolas, à matrice argilo-ferrugineuse d'altération, sont localement consolidés et admettent de rares intercalations marneuses ; leur puissance à l'affleurement varie entre 20 et 45 m.

n7d. **Vraconien. Sables, grès à ciment calcaire, poudingues.** A Saint-Julien-de-Peyrolas et au sommet de Mont Redon, le Vraconien est représenté par quelques mètres de grès et de calcaires gréséo-glaucוניeux rubéfiés fossilifères à céphalopodes (*Pervinqueria fallax*, *Puzosia* sp.), brachiopodes et nombreux bivalves.

Au Nord-Est de la coupure, la colline de Saint-Montan supporte une calotte de calcaires gréseux à mélobésiées branchues (algues rouges) qui se rapporte vraisemblablement au Vraconien.

Les dépôts albiens sont inconnus en retombée ouest du dôme de Saint-Remèze (axe Lagorce-Barjac).

Crétacé supérieur

Dans l'emprise géographique de la coupure Bourg-Saint-Andéol, le Crétacé supérieur n'est représenté que par des témoins discontinus et de puissance modeste, par rapport à ce qui prévaut plus au Sud (coupures Pont-Saint-Esprit et Orange à 1/50 000).

Les formations concernées affleurent selon l'axe Vagnas-Salavas, à l'état de témoins résiduels à Labastide-de-Virac, Saint-Just, Larnas. L'extrémité nord du bassin du Crétacé supérieur du Gard s'observe à Saint-Julien-de-Peyrolas.

D'autre part, l'évolution latérale des formations de même âge, masquées par les dépôts pliocènes et quaternaires du couloir rhodanien, a pu être reconstituée à partir de sondages carottés.

Des levés cartographiques détaillés et les données paléontologiques permettent la subdivision du Cénomaniens en trois unités à valeur au moins locale.

c1. **Cénomaniens. Grès-quartzites et sables à orbitolines.** A Saint-Julien-de-Peyrolas, la partie inférieure de l'ensemble cénomaniens se réduit à

quelques mètres de calcaires gréso-glaucouneux à orbitolines (*O. concava*, *O. cf. lenticularis*) ; une formation comparable affleure également ponctuellement au pied de la terrasse alluviale de Saint-Just où elle a livré des lamellibranches, dont *Trigonia cf. limbrata* et *Exogyra conica* (Sornay, 1950).

Vers le Sud (feuille Pont-Saint-Esprit), le même horizon s'épaissit (15 m à la latitude de Salazac) et se rattache aux faciès "taviens" du synclinal de la Tave (Dumas, 1875).

Le "Tavien" est classiquement interprété comme un faciès purement continental, ou marin littoral soumis à de fortes influences terrigènes, d'âge cénomanien inférieur à moyen. Selon des travaux récents (Parron, Triat, 1977) il ne correspondrait qu'à une frange d'altération continentale de sédiments gréso-glaucouneux franchement marins, perdant ainsi la valeur d'unité sédimentaire homochrome. La phase d'altération incriminée se placerait vers le sommet du Cénomanien moyen.

A Labastide-de-Virac (notamment en lisière nord de la colline qui supporte le vieux village), une succession gréso-sableuse (puissance de l'ordre de 30 m), à ciment localement carbonaté, riche en oxydes de fer et avec passées argileuses à lignites, est également à rattacher au Cénomanien inférieur à moyen à faciès "tavien"; l'ensemble repose directement sur les marnes noires du Gargasien (levés de l'auteur).

c2a. Cénomanien. Lignites et calcaires argileux. Cette unité lithologique est connue à Saint-Julien-de-Peyrolas (sommet de la colline du Terrier) où elle présente une dominante sableuse. Un peu plus au Sud (feuille Pont-Saint-Esprit), elle passe en continuité à une forte série marneuse à marno-calcaire, localement gréseuse, avec lignites et faune dulçaquicole. L'ensemble concerné, ou "paulétien" atteint 50 m de puissance à Saint-Paulet-de-Caisson où il a été exploité pour des lignites jusque vers 1960.

A l'Est de Saint-Just, au lieu-dit "Le Banc Rouge", la basse terrasse alluviale repose partiellement sur les sables et argiles à lignites du Cénomanien qui furent naguère exploités en galerie. Dans la même direction, à 1,5 km de là, le sondage du Grand Malijac (889-8 × 201) à travers l'équivalent du "paulétien" sous forme d'argiles, marnes, calcaires gréseux et lignites (puissance : 17,5 m) qui y surmontent 23 m de grès "taviens" à orbitolines.

La formation à lignites, avec marnes à débris d'huîtres apparaît également à Labastide-de-Virac (talus de la D. 217), sur une hauteur de 3 m.

Plus à l'Ouest, la présence de termes cénomaniens a été citée dans les formations à lignites de Vagnas (Millot, 1941) ; des travaux récents tendent à infirmer cette interprétation (Signolles, 1980).

c2b. Cénomanien. Calcaires argileux à *Exogyra columba*. Le terme supérieur du Cénomanien n'est connu à l'affleurement, sous forme réduite, qu'à Labastide-de-Virac (talus de la D. 217, abords du cimetière et 700 m plus à l'Est). Il est là représenté par des calcaires marneux et glaucouneux à passées fossilifères d'ostréidés (*Exogyra columba*, *E. flabellata*), échinides et brachiopodes (Sornay, 1950 ; Duée, 1961).

Selon D. Faure (1962), la microfaune des calcaires à *Exogyra columba* inciterait à les rattacher plutôt à la base du Turonien.

Le même niveau fossilifère est présent dans la vallée du Rhône où il a été recoupé par sondage au Grand Malijac (Est de Saint-Just), sur une hauteur de 3,6 m.

c3a. Turonien inférieur (Ligérien). Calcaires grésoglaucconieux, grès carbonatés, brèches. Les dépôts turoniens sont à caractère transgressif et reposent en légère discordance sur divers termes albiens (calcaires, marnes, calcaires gréseux); ils ne sont représentés que sur l'axe Vagnas-Salavas-Lagorce et, de façon très ponctuelle, au Nord-Est de Larnas.

Les assises turoniennes débutent généralement par un discret liseré conglomératique à éléments sub-autochtones (calcaires, calcaires gréseux gargasiens) et à gravier siliceux allochtone; cet horizon accuse 0,5 m de puissance près de Salavas et 2 à 3 m de puissance au Nord de Vagnas.

Les coupes levées près de Salavas révèlent la succession suivante (Sornay, 1950; Signolles, 1980):

– *membre inférieur*, médiocrement exposé, à dominante carbonatée avec calcaires à entroques puis calcaires gréseux bioturbés à inocérames (*I. opalensis*, *I. elongatus*, *I. hercynicus*), céphalopodes (*Pachydiscus perampus*, *Mammites nodosoides*, *Pseudaspidoceras* sp., *Vascoceras* sp., *Nautilus elegans*), lamellibranches (*Neithea* cf. *dutrugei*, *Ceratostreon* sp.,...) et échinides (*Epiaster crassissimus*, *Micraster michelini*, *Cidaris ligeriensis*, *Nucleopygus parallelus*); cette faune caractérise globalement le Ligérien non basal.

L'horizon fossilifère précité couvre partiellement les "calcaires à *Epiaster*" rapportés à la période Cénomaniens terminal-Ligérien par J. Sornay (1947); sa puissance est ici de 15 à 18 m;

– *membre supérieur*, essentiellement gréseux, localement à ciment calcaire avec abondantes bioturbations, lentilles marneuses vers le haut et passées sporadiques de gravier siliceux noir. Cet ensemble, de 13 à 15 m de puissance, repose localement directement sur la dalle terminale corrodée des calcaires urgoniens (Sud de Lagorce).

Dans la dépression tectonique d'Eylieu (Nord-Est de Larnas), de minuscules pointements de grès et de calcaires à céphalopodes seraient également à rapporter au Ligérien.

Enfin, à Labastide-de-Virac, un mince horizon gréseux azoïque grossier, qui s'intercale entre les argiles cénomaniennes à huîtres et des formations d'âge tertiaire, pourrait être d'âge turonien inférieur (Duée, 1967).

c3b-c. Turonien (Angoumien). Sables à lignites, calcaires, marnes à huîtres.

● **Turonien moyen à supérieur à faciès ucétien.** Aux environs de Salavas, le Turonien moyen à supérieur est représenté par des dépôts à affinités deltaïques qui sont à rapprocher du faciès "ucétien" décrit plus au Sud (Dumas, 1876).

Près de Colombet, la partie supérieure de l'ensemble concerné affleure sur environ 40 m de hauteur. On y reconnaît, de bas en haut, un certain nombre de séquences à base souvent grossière (avec galets siliceux) et sommet argilo-sableux (20 m), puis une alternance irrégulière de bancs sableux bigarrés et d'argiles versicolores à nodules pyriteux et lignites. Bien que présentant de nombreuses traces d'animaux fouisseurs, ces terrains n'ont pas livré de faune.

La partie sommitale du Turonien à faciès ucétien est exposée à l'Est de la colline de Salavas sous forme de sables hétérométriques à stratifications obliques et d'argiles à lignites subordonnées.

La puissance maximale du Turonien moyen à supérieur de Salavas est de l'ordre de 100 m.

A l'image du "Tavien", l' "Ucétien" (Angoumien–Ligérien deltaïque à purement continental) ne correspondrait qu'à une frange d'altération continentale affectant en discordance les divers termes marins du Turonien ; ce processus d'évolution géochimique, avec mise en place de cuirasses ferrugineuses, est post-daté par les calcaires coniaciens à rudistes et se placerait donc (ainsi que l'émersion concomitante) au Turonien supérieur (Parron et Triat, 1977).

● **Turonien supérieur (Angoumien).** Le Turonien supérieur est assez bien représenté entre Vagnas et Salavas. Près de cette dernière cité (Serre de Jeu) on lui rattache la succession suivante (Signolles, 1980), de bas en haut :

- des marnes noires et des calcaires à débit en boules (20 m environ) à faune abondante et diversifiée à lamellibranches (genres *Arca*, *Proto-cardia*, *Cardium*, *Ambocardium*, *Thyasira*,...), gastéropodes (genres *Haustator*, *Turritella*, *Rostrocithium*), bryozoaires (*Membranipora janieresiensis*, également connu dans le Turonien supérieur de la Sarthe), des foraminifères et des ostracodes ;
- un ensemble de séquences gréso-marneuses (10 à 12 m) avec passées purement gréseuses et lit de poudingue dans sa partie moyenne ;
- une alternance de calcaires argileux et de marnes noires ligniteuses (plus de 15 m) à nombreux lamellibranches (*Crassostrea malletiana*, *C. cf. vardonensis*, *Camptonectes virgatus*, *Pteria cenomanensis*, *Paranomia scabra*, *Uchauxia cf. pereginorsa*,...).

Plus au Sud, l'ensemble Turonien est moins riche en termes détritiques. Les calcaires et marnes à *Crassostrea* sont bien représentés de part et d'autre du Rieussec (Cantignac, Est de Frigoulet) et à La Rochette (Nord de Vagnas).

Au-dessus du Turonien supérieur daté, le passage au Coniacien est classiquement lié à l'apparition de calcaires à hippurites.

c4. Coniacien. Grès à ciment calcaire, calcaires gréseux et/ou biodétritiques. Les formations rattachées au Coniacien sont bien représentées à Salavas (Serre-de-Jeau), en lisière orientale du Bois des Bruyères et surtout au Nord-Est de Vagnas ; il en subsiste aussi des témoins limités dans le fossé de Virac (Les Claux) ainsi qu'à proximité de Vallon.

Près de Vagnas (Le Serre), les calcaires coniaciens à rudistes surmontent en concordance les marnes turoniennes. Vers l'Ouest (Mas d'Alzon, Ségriès) et le Nord (Frigoulet), le Coniacien est représenté par un complexe marin qui révèle de fortes influences détritiques continentales. On y reconnaît des calcaires biodétritiques fins à grossiers et localement oolithiques, des calcaires gréseux à entroques et tests brisés de lamellibranches, des brèches de remplissages de chenaux, des grès siliceux à bioclastes ainsi que de nombreux biostromes à hippurités c4(1). L'ensemble se présente en bancs irréguliers à lenticulaires avec stratifications obliques.

Dans sa partie sud (Mas d'Alzon–Ségriès), le complexe Coniacien accuse une puissance voisine de 65 m ; il comporte deux horizons riches en rudistes séparés par 10 à 15 m de grès siliceux.

Les biostromes à rudistes (c4[1]), à matrice sparitique plus ou moins dissoute, sont largement représentés (notamment près de Frigoulet) par des bouquets d'organismes en position de vie où prédominent *Orbignya socialis* et *O. requieniana* et où les genres *Praeradiolites*, *Radiolites*,

Biradiolites, *Agria* soit également représentés (Sornay, 1950). A Salavas, la partie sommitale de Serre de Jeu comporte environ 50 m de calcaires et calcaires marneux coniaciens dépourvus de biostromes mais qui ont livré une faune de brachiopodes (*Cretirhynchia woodwardi*, *Ornatothyris curvirostris*) et d'échinides (*Catopygus cf. elongatus*, *Periaster baroni*, *Hemiasster soulieri*) (Signolles, 1980).

c5. Santonien. Sables, marnes bitumineuses et lignites de Vagnas. A l'Ouest de Vagnas, le Santonien est représenté par un complexe lagunolacustre à deltaïque qui comporte des sables, des conglomérats et des pélites gréseuses avec intercalations de lignites pyriteuses et de plusieurs couches de schistes bitumeux naguère exploités. L'ensemble est presque totalement masqué par les stériles de l'ancienne mine et par les sables campaniens ; sa puissance est de l'ordre de 50 m.

Des schistes bitumineux vraisemblablement compris dans le même contexte géologique ont été reconnus par sondages sous les sables du Bois des Bruyères ainsi qu'à Salavas (à 15 m de profondeur près de la route de Vallon).

c6. Campanien. Formation palustre à marnes sableuses, sables, poudingues. Entre Salavas et le Rieusset, le bord oriental du Bois des Bruyères repose sur une puissante succession de marnes, grès et conglomérats naguère attribuée dans sa totalité au Stampien (coupures orange à 1/80 000 et Valence à 1/250 000). La découverte d'un lit fossilifère à gastéropodes (*Melania praelonga*, *Melanopsis* sp.) permet dorénavant d'en rattacher au moins la partie supérieure au Campanien (Signolles, Valleron, 1979).

Au Sud de Salavas (ferme Loumet), les dépôts continentaux campaniens reposent en discordance sur les assises moyennes à supérieures du Turonien ou sur celles du Coniacien ; on peut y distinguer un ensemble de marnes rouges gréseuses, avec encroûtement et nodules calcaires sporadiques à *Microcodium* (20 m) puis, au-dessus, une succession à dominante détritique à sables, lits de graviers et de galets de nature variée, conglomérats (environ 50 m).

Vers le haut, le passage à des formations également continentales et plus récentes (Campanien terminal à Oligocène ?) ne peut être défini avec précision.

TERTIAIRE

Paléogène

Eocène

e1-4. Paléocène-Eocène inférieur. Marnes rouges sableuses, sables, conglomérats. Les dépôts anté-lutétiens sont bien représentés et exposés à l'Ouest de Laval-Saint-Roman (ravin de Cannaux, le Pradas) à la faveur de compartiments faillés dans lesquels ils reposent en discordance sur les calcaires et marnes aptiens et sont surmontés par les calcaires datés du Lutétien. Ils comportent des termes continentaux azoïques (marnes sableuses, argiles et sables marmorisés, passées conglomératiques) dont la puissance cumulée atteint 60 m.

En lisière sud du domaine calcaire urgonien, des similitudes de faciès et de mode de gisement autorisent à rapprocher du Paléocène–Éocène inférieur des affleurements discontinus de formations continentales mal datées. D'Est en Ouest nous citerons :

- les argiles sableuses rouges et les pointements de calcaires à *Microcodium* reconnus au Sud de Laval-Saint-Roman (Le Rieu, Le Devès) ;
- l'ensemble de marnes et calcaires à *Microcodium* (2-3 m) qui repose sur la dalle urgonienne à Le Garn ;
- les marnes et sables argileux rouges à niveaux de calcaires noduleux azoïques au lieu-dit Le Lac ;
- divers pointements d'argiles rouges sableuses proches de Barjac (Ribes Hautes,...).

Au Sud-Est de Salavas (Bois des Bruyères), les formations sablo-conglomératiques et limoneuses attribuées au Stampien (cartes Orange à 1/80 000, Valence à 1/250 000), puis au Campanien (Signoles et Valleron, 1979) pourraient être, au moins partiellement, d'âge paléocène inférieur à lutétien (Chedhomme, 1984, inéd.).

Enfin, au Nord-Est, le compartiment effondré d'Eylieu contient un ensemble de marnes, conglomérats, calcaires lacustres à *Microcodium*, qui relève de la même période de sédimentation continentale.

e5. Lutétien. Calcaires à *Strophostoma* et *Planorbis* (Laval-Saint-Roman), calcaires à *Microcodium* (Labastide-de-Virac, Bois des Bruyères), calcrêtes, argiles rouges. A Laval-Saint-Roman, le Lutétien est représenté par un niveau discontinu, d'épaisseur variable (2-3 m) de calcaires noduleux, un peu argileux, à grains de quartz. L'horizon est localement très riche en *Planorbis* (*Australorbis*) *pseudoammonius*, en structures ovoïdes interprétées comme cocons d'insectes et contient quelques rogons de charophytes lacustres (*Maedleriella embergi*) qui datent le sédiment du Lutétien supérieur (Valleron, 1981).

La formation qui couronne la colline de Labastide-de-Virac, autrefois rattachée au Crétacé supérieur, est en réalité d'âge éocène (Paquet, 1961) ; elle comporte des marnes, des calcaires tubuleux (anciens tufs) et des calcaires micritiques noduleux à grains de quartz, oncolites, *Microcodium*, qui contiennent localement une faune de mollusques lutétiens terrestres et d'eau douce : *Strophostoma lapicida*, *Filholia subcylindrica*, *Limnaea michelini* (Valleron, 1978).

Des calcaires à *Microcodium*, identiques à ceux de Labastide-de-Virac, mais dépourvus de macrofaune, se rencontrent en divers pointements près des anciennes mines de schistes bitumineux de Vagnas (Paquet, 1961), ainsi qu'au Sud-Est de Salavas (Chedhomme, 1984).

Les calcaires lacustres à *Microcodium* d'âge paléocène à lutétien sont des encroûtements (calcrêtes) dont le faciès noduleux actuel est secondaire et résulte de processus épigénétiques (calcitisations, secondairement silicifications) en milieu continental (Valleron, 1981).

e6. Bartonien inférieur et moyen. Marnes rouges, sables et conglomérats. A Laval-Saint-Roman, la barre calcaire lutétienne est surmontée par environ 25 m d'argiles rouges et vertes, avec passées gréseuses subordonnées et présence locale de gypse ; l'ensemble est rapporté au Bartonien.

Au Sud-Ouest et à l'Ouest de Salavas, des argiles et sables rouges non datés (30 m environ) surmontent les calcaires à *Microcodium* rapprochés du Lutétien.

Eocène terminal – Oligocène basal (faciès sannoisien)

Les notations (e7)g₁ à (e7)g₂ s'échelonnent du Ludien au Stampien basal à faciès sannoisien.

Le Ludien correspond par définition à la partie supérieure de l'Eocène supérieur, notamment dans le bassin de Paris où il est bien individualisé.

Par contre, dans le Sud-Est de la France, il y a continuité lithologique et paléontologique entre les formations ludiennes et celles qui sont contemporaines du début du cycle oligocène. Il est ainsi délicat de différencier les dépôts continentaux à saumâtres qui relèvent du Stampien inférieur dits "à faciès sannoisien" (ou "Sannoisien supérieur") de ceux d'âge éocène terminal "à faciès sannoisien" (ou "Sannoisien inférieur") qui relèvent du Ludien terminal.

En cartographie, cette continuité justifie pleinement l'usage, récemment introduit (Triat et Truc, 1972, 1980; feuilles Pont-Saint-Esprit et Montélimar à 1/50 000, Valence à 1/250 000), de la double notation e7-g₁ pour couvrir les sédiments "à faciès sannoisien".

L'application de cette dernière formule, que nous avons retenue pour la coupure Bourg-Saint-Andéol, pose cependant quelques problèmes pour les formations ludiennes ou stampiennes qui supportent et couronnent le "Sannoisien".

Le Ludien et le Stampien sont essentiellement représentés en lisière sud de la coupure, dans le bassin paléogène subsistant d'Issirac, ainsi qu'au Sud-Est, dans la terminaison septentrionale du fossés d'Alès; ils seront successivement décrits dans l'un et l'autre domaine.

Bassin paléogène d'Issirac

(e7)g_{1a1}. **Ludien basal. Marnes versicolores à gypse, marnes sableuses (Orgnac-l'Aven).** En bordure méridionale du bassin paléogène d'Issirac (feuille Pont-Saint-Esprit à 1/50 000), les calcaires ludiens reposent sur une assise continue de marnes rouges, à lits détritiques grossiers, dont la puissance varie de 10 à 60 m.

Au Nord-Est et à l'Est du même bassin (feuille Bourg-Saint-Andéol) les formations équivalentes sont discontinues et se réduisent à quelques mètres de marnes sableuses à gypse dont la fraction détritique remaniée (quartz, glauconie, bioclastes, foraminifères) provient du soubassement crétaé.

Les marnes basales du Ludien sont exposées près d'Orgnac-l'Aven (Bardelle), où elles reposent sur une surface d'érosion qui affecte les calcaires urgoniens, et au Sud de Laval-Saint-Roman, où elles surmontent en légère discordance les marnes et sables rouges rapportés au Bartonien et à l'Eocène inférieur.

Les marnes ludiennes n'affleurent pas dans la partie centrale du bassin d'Issirac. La présence de nombreuses et importantes structures superficielles d'effondrement montre cependant qu'elles y sont à la fois puissantes (50 m ?) et très riche en gypse soumis à dissolution.

(e7)g_{1a2}. **Ludien inférieur et/ou moyen. Calcaires blancs à cyrènes, localement asphaltiques (Barjac).** Les calcaires lacustres du Ludien inférieur, également dénommés "calcaires à cyrènes" ou "calcaires de Bernas" (feuille Pont-Saint-Esprit) sont clairs, à tendance localement crayeuse, et forment de petits bancs à débit facile en plaquettes. La

puissance de la formation est d'environ 50 m en lisière sud-est du bassin d'Issirac et dépasse 80 m dans sa partie centrale.

Selon J. Chedhomme (inéd., 1985), la formation considérée relève de plusieurs domaines paléogéographiques successifs ou adjacents soit :

- à l'Ouest (Laval-Saint-Roman), l'aire de sédimentation est placée sous l'influence d'apports détritiques terrigènes ;
- dans la zone axiale subsidente (Monteil et au Sud d'Orgnac-l'Aven), la masse principale des calcaires (40 m) traduit la persistance d'un milieu de dépôt très calme. La faune comporte essentiellement des mollusques dont *Cyrena dumasi*, *C. carezi*, *Potamides bernasensis*, *Jacquotia apirospira*, *Melanoides acutus* (= *Striatella barjacensis*). Vers le bas, l'instauration du régime lacustre sur les formations à évaporites du Ludien basal est marquée par un niveau (3 m) à débris végétaux et faune diversifiée à poissons (*Atherina formosa*, *Amia* sp.), insectes (tipulidés), ostracodes, foraminifères (miliolidés, discorbidés), cyrènes et nombreux gastéropodes (genres *Hydrobia*, *Bithynia*, *Melanopsis*, *Planorbis*,...). Vers le haut, la partie sommitale des formations lacustres à cyrènes (20 m) révèle une succession de séquences variées avec des influences continentales plus ou moins exprimées : calcaires à characées, faciès schisteux à ostracodes, calcaires à végétaux, foraminifères, insectes (*Plecia* sp.) et poissons (*Atherina* sp.) ;
- au Nord (Orgnac-l'Aven, Le Lac), les calcaires ludiens qui reposent en discordance sur les calcaires urgoniens présentent un caractère transgressif. Ce sont des faciès bioclastiques sparitiques à débris de tests de lamellibranches (genres *Striatella*, *Melanopsis*, *Neritina*) et foraminifères (*Spirolina* sp.).

La formation des calcaires à cyrène se prolonge en lisière orientale du fossé d'Alès (Sud-Ouest de Barjac, feuille Alès à 1/50 000) où elle contient des passées bitumineuses (calcaires asphaltiques) qui sont exploitées à Saint-Jean-de-Maruejols.

(e7)g1a3. Ludien inférieur et/ou moyen. Calcaires crayeux à accidents siliceux (bassin d'Issirac). Selon l'axe de Garn-Saint-Privas-de-Champclos, le sommet silicifié des dépôts à cyrènes est surmonté par 20 à 30 m de marnes et calcaires marneux clairs, avec passées sporadiques d'accidents siliceux et moules internes de mollusques rapportés aux genres *Striatella*, *Melanopsis*, *Theodoxus*, *Nystia*, *Lymnaea* et *Planorbis*.

(e7)g1b. Ludien supérieur. Calcaires marneux à *Brotia* (Pied Couvert), marnes gréseuses et marnes à lignites (Barjac). Entre Saint-Privat-de-Champclos et Issirac, la partie axiale du bassin paléogène comporte une succession lacustre à dominante calcaire rapportée au Ludien supérieur (60 m) (Cavelier, 1971).

Le faciès dominant est un calcaire marneux crayeux, localement oncolithique, à *Brotia* (*Tinnyea*) *laurae* (= *Melanoides albigensis*), *Vivipara soricinensis*, *V. megaloglypta*, *Melanopsis carinata*, *Nystia plicata*.

Dans ses extensions orientales (Pied Couvert), cette formation admet d'assez nombreuses intercalations argileuses à débris végétaux. Vers l'Ouest (à partir du Cros de Monteil), les calcaires à *Brotia* prennent localement un faciès oolithique et comportent des passées ligniteuses à *Vivipara* et *Lymnaea* ainsi que des niveaux à poissons, crustacés et

végétaux (*Cinnamomum lanceolatum*, *Doliosobus (Sequoia) sternbergii*, *Comptonia* sp.,...).

Au Sud de Barjac, soit en marge orientale du fossé d'Alès, les dépôts qui se rattachent aux calcaires à *Brotia* sont surtout connus par sondages et comportent plus de 150 m de sédiments marneux, calcaréo-marneux et gréseux avec lentilles de lignites. Ces dernières, autrefois exploitées à Barjac et près de Roméjac et Avejan (feuille Alès à 1/50 000) ont livré des mammifères (*Paleotherium medium*, *Anoplotherium commune*, *Pterodon dasyuroides*) qui se rattachent globalement à la zone de Montmartre au sens de Thaler (1970) soit au Ludien moyen à supérieur ; un âge plus récent n'est pas exclu mais aucun élément probant n'a été recueilli en ce sens.

Pour leur part, les charophytes identifiés dans le même contexte se rapportent à la zone de Bembridge (Ludien moyen à Stampien basal).

Terminaison nord du fossé d'Alès

En lisière sud-est du fossé d'Alès (feuille Alès à 1/50 000), les calcaires ludiens à *Cyrena dumasi* sont surmontés en légère discordance par les "grès de Célas". Ces derniers, d'abord rapportés au début de l'Oligocène, ont livré une faune de mammifères (biozone de Montmartre) et des charophytes (Bembridge) qui permettent de les attribuer au Ludien moyen à supérieur.

Au Nord-Est du fossé d'Alès, jusqu'à Barjac, les grès de Célas n'ont pas d'équivalents et le complexe calcaréo-ligniteux à *Brotia albigensis* (Ludien supérieur) repose directement sur les calcaires à *Cyrena dumasi*, à l'image de ce qui est exposé dans le bassin d'Issirac.

Par contre, dans ses confins septentrionaux et dans ses annexes (fossé de Vagnas-Virac) le fossé d'Alès présente un remplissage "sannoisien" (Ludien moyen à supérieur - Stampien basal continentaux) à forte dominante détritique.

(e7)g1a. Ludien inférieur à moyen. Limons et calcaires lacustres à mammifères (Labastide-de-Virac). Au centre-sud du fossé de Labastide-de-Virac (La Flachère), une succession continentale composite (20 m) qui rassemble des calcaires gréseux, des calcaires à limnées et des limons calcaires à nodules siliceux (horizons pédologiques) se rattache au Ludien inférieur à moyen ; ses termes supérieurs (paléosols) ont en effet livré des mammifères représentés dans les biozones d'Euzet-les-Bains et de La Debruge (*Plagiolophus annectens*, *Paleotherium muehlbergi*, *Dacrytherium* sp.). L'ensemble considéré serait donc sub-contemporain des calcaires à cyrènes et des grès de Célas.

(e7)g1a-b. Ludien l.s.. Conglomérats (1), sables argileux (2), argiles rouges sableuses (3) (Bois des Bruyères, Vagnas), grès de Montferré, calcaires à limnées (4) (La Villette).

- Calcaires, grès et sables de La Villette. En lisière septentrionale de la grande faille de Barjac, les calcaires et marnes supérieurs à lignites qui affleurent au Mas de Péry sont rapidement relayés, en direction de La Villette, par une puissante série essentiellement formée de grès et sables roux, d'argiles et de limons avec passées calcaréo-marneuses à hydrobies et rares passées conglomératiques lenticulaires (puissance au moins égale à 200 m).

- *Calcaires à lymnées de La Villette*. A proximité de La Villette, la succession gréseuse et sablo-argileuse précitée admet plusieurs intercalations, apparemment lenticulaires (puissance maximale : 2 m), de calcaires sombres à gastéropodes (*Vivipara soricinensis*, *Galba (Lymnaea) longiscata*, *Sphaerium bertereaue*, *Planorbis rouvillei*).

L'attribution des calcaires de La Villette à l'Eocène terminal, initialement proposée par F. Fontannes (1885), a été récemment confirmée par l'étude des charophytes (association à *Harrisichara tuberculata*, *Rhabdochara meridionalis*, *R. cauliculosa*).

- *Grès de Montferré*. Dans le compartiment faillé de Ribes Hautes (Nord de La Villette), un ensemble grés-argileux à concrétions ferrugineuses (puissance : 60 m) comporte des séquences marneuses très subordonnées dont la malacofaune (genres *Brotia*, *Melanopsis*, *Vivipara*, *Lymnaea*, *Planorbis*, *Sphaerium*) est apparentée à celle des calcaires à lignites du Mas de Péry ainsi qu'à celle des calcaires de La Villette. L'ensemble considéré représente la partie inférieure de la succession détritique de La Villette et correspond aux "grès de Montferré" (Fontannes, 1885).

- *Complexe détritique de Vagnas-Virac*. Le complexe détritique de La Villette se prolonge en continuité vers le Nord et comble en partie la dépression de Vagnas dont il ravine le substratum d'âge crétacé supérieur et éocène (inférieur à moyen).

Au Pont de Vagnas, et à proximité de la route D. 355, ce complexe présente une dominante sableuse rubéfiée avec nombreuses et fortes passées de conglomérats très polygéniques à éléments de calcaires à rudistes d'âge barrémo-bédoulien et coniacien. L'ensemble est constitué par une superposition de séquences plus ou moins grossières en épandages et chenaux ravinants ; il est exposé sur une hauteur maximale de 30 m.

- *Complexe détritique du Bois des Bruyères*. Au Bois des Bruyères (Sud-Ouest de Salavas) des sables argileux azoïques, avec conglomérats polygéniques très subordonnés et localisés, surmontant divers dépôts attribués au Crétacé supérieur et à l'Eocène (Bartonien). A titre d'hypothèse, en raison de la similitude de faciès qu'il présente avec les formations détritiques de Vagnas, elles-mêmes reliées à celles de La Villette, cet ensemble est rattaché au Ludien supérieur.

(e7)g2a1. **Ludien terminal - Stampien basal. Marnes et calcaires à limnées (Montchamp)**. Entre le Pont de Vagnas et le compartiment faillé de Ribes Hautes (Nord de Barjac), les formations détritiques de La Villette sont surmontées par des marnes et calcaires jaunâtres à *Vivipara soricinensis* et lymnées, ou "calcaires de Montchamp" (Fontannes, 1885).

Près de Montchamp, le calcaire lacustre coiffe une séquence qui comporte des calcaires argileux à *Melanoides* sp.. Un peu plus à l'Est (Mas Privat) les séquences calcaréo-marneuses sus-jacentes ont livré une association de charophytes qui recouvre le Ludien récent à terminal et le Stampien inférieur de faciès sannoisien (qui correspond à la biozone de Ronzon) avec l'association de *Rhabdochara stockmansi* et de *Nitellopsis (Tectochara) meriani*.

Au peu plus au Sud (Clos Portal) un banc calcaire a livré une malacofaune terrestre et d'eau douce qui évoque celle de Pondres (= Montredon) avec les genres *Hydrobia*, *Lymnaea*, *Planorbis*, *Ancylus*, *Pupillacea* et *Sphaerium*.

La puissance totale de l'ensemble est de l'ordre de 100 m.

Vers le Nord-Ouest, cette succession est relayée par des argiles calcaires à sableuses et par des calcaires lacustres à palustres associés en séquences répétitives.

Enfin, à proximité de la grande faille d'Alès, les diverses formations précitées sont latéralement relayées et/ou surmontées par les "conglomérats de Saint-Ambroix" d'âge oligocène moyen à supérieur.

Oligocène

g2a2. Stampien inférieur. Marnes versicolores, calcaires lacustres localement gréseux. A l'Ouest de Barjac, les dépôts qui surmontent les calcaires de Montchamp (Ludien terminal–Stampien basal) comportent des marnes et des argiles jaunes ou rouges avec intercalations de calcaires grumeleux à gréseux de teinte jaunâtre (puissance totale supérieure à 150 m). Vers le Sud (Mas de Bonnaure), cet ensemble passe latéralement aux marnes à chenaux de Saint-Jean-de-Maruéjols.

A l'Ouest de Vagnas (Recousseau), la partie médiane de la même formation a livré des micromammifères (*Theridomys (Blainvillimys) langei*, *Peratherium* sp.) et une association de charophytes (*Rhabdochara stockmansii*, *Rh. major*) qui correspondent au Stampien inférieur (Zone de Ronzon). Les barres de calcaires lacustres de Recousseau qui couronnent les séquences sédimentaires répétitives présentent de nettes affinités palustres et se rattachent vers le Sud aux calcaires de Salindres.

g2b. Stampien supérieur. Marnes et calcaires à filets de lignite (Brujas), argiles et marnes gréseuses (Prade). Le Stampien supérieur est représenté par des calcaires et marnes à filets de lignite (Brujas, Bessas), par des argiles sableuses et par des formations conglomératiques grossières sporadiques qui jalonnent la faille d'Alès. Les niveaux à lignites et les calcaires ont livré *Clausilia gebennica*, *Hyalina brajensis*, *Helix* sp., *Lymnaea* sp. et des empreintes du palmier *Sabal major*.

Bassin d'Issirac

g2a. Stampien inférieur. Marnes rouges marmorisées (les Ousselas). Au Sud de Le Garn (les Ousselas, Serre d'Allègre), les calcaires ludiens à *Brotia* sont ravinés par des sables ocres et des graviers associés à des marnes à traces de pédogenèse (marmorisations sub-contemporaines du dépôt) et à des calcaires (épaisseur totale de l'ordre de 30 m).

La formation est classiquement rattachée à l'Oligocène (Stampien inférieur : feuille Pont-Saint-Esprit), notamment en raison de son mode de gisement et d'équivalences régionales, rattachement que nous avons conservé sur la coupure Bourg-Saint-Andéol.

Les calcaires associés aux sables des Ousselas ont cependant livré une malacofaune et des charophytes dont les associations sont quasi identiques à celles de La Villette (fossé d'Alès). La formation concernée présente donc des affinités avec le Ludien terminal–Stampien basal à faciès sannoisien (e7 g1b/g2a1).

Fossé d'Alès

Dans sa partie axiale, le fossé d'Alès est comblé par des dépôts détritiques fins. Sa bordure occidentale subsidente est par contre jalonnée par

des formations grossières (brèches, cônes de déjection, alluvions torrentielles).

Selon J. Chedhomme (inéd., 1985) la coupe type que l'on peut reconstituer au Nord d'Alès (feuille Alès à 1/50 000) est la suivante, de bas en haut :

- calcaires noirs palustres à pyrite ;
- calcaires blancs lacustres à limnées ;
- marnes à barres de silts calcaires et chenaux à remplissage de calcaires oncoclastiques gréseux ;
- calcaires de Salindres à niveaux pédologiques à concrétions carbonatées.

Au Nord de Recousseau (Chemin du Grand Bois), l'association de charophytes (*Rhabdochara major*, *Rh. praelangeri*) caractérise un horizon très élevé du Stampien (limite des zones de charophytes de Saint-André et de Saint-Vincent). Dans le même secteur, les marnes de Prade ont livré une faune de rongeurs (*Archeomys* cf. *gervaisi*, *Pseudocricetodon incertus*, *Oligodyromys planus*) qui correspond au sommet du Stampien supérieur (zone d'Antoingt).

Les formations argilo-sableuses de Brujas, associées aux marnes à lignites, réapparaissent au Nord-Est de Prade (Grand Bois, Bois des Bruyères) où elles sont plus ou moins relayées par les "conglomérats de Saint-Ambroix", d'âge stampien à oligocène supérieur, qui jalonnent la faille des Cévennes. La succession présente de nombreux horizons pédologiques carbonatés (paléosols) qui traduisent le caractère instable et divagant de la sédimentation.

Les conglomérats de la vallée du Rieussec et de Serre Nouveau, liés à des failles secondaires, prennent également place parmi les formations d'âge stampien supérieur.

g2b-3. Oligocène. Brèche "Amela" et conglomérats supérieurs (Saint-Ambroix). Les conglomérats et brèches qui soulignent la faille des Cévennes se sont constitués au fur et à mesure de l'enfoncement du fossé tectonique d'Alès, soit de l'Oligocène moyen à l'Oligocène supérieur. Ces formations proviennent essentiellement de couches verticalisées, plaquées contre la faille, et démantelées *in situ* ; leurs éléments constitutifs sont ainsi d'âge varié, hauterivien à lutétien, avec prédominance des apports de calcaires urgoniens. Le nom d' "Amela" (amande) est classiquement employé pour désigner ces chaos rocheux localement très grossiers.

En direction du centre du bassin d'effondrement, les mêmes formations ont alimenté des épandages détritiques plus ou moins grossiers, des coulées boueuses, et un certain nombre de cônes de déjection.

A Saint-Ambroix (feuille Alès), le conglomérat oligocène atteint 150 m d'épaisseur et a été secondairement cimenté par des colluvions calcifiées qui le rendent massif et tenace.

Vers le Nord-Est, les formations homologues affleurent à Prade, au Mas de Rude et en lisisère ouest du Bois des Bruyères où affleurent également les lames calcaires redressées qui les supportent. Dans cette dernière zone, les amas bréchiqes plus ou moins fortement consolidés, et leur substratum calcaire redressé, ont fossilisé l'ancien regard de faille et sont ainsi à l'origine d'une remarquable inversion de relief par rapport au compartiment hauterivien (Lastic, Font Garnide).

Le représentant le plus septentrional des brèches "Amela" s'observe à l'Ouest de Salavas, sous forme d'un chaos rocheux, à blocs calcaires plurimétriques, qui comble un petit compartiment faillé.

g3. Oligocène supérieur. Marnes et calcaires lacustres à *Helix*. (Serre Nouveau). Mis à part les brèches et conglomérats "Amela" (Oligocène supérieur *pro parte* ?), l'Oligocène supérieur n'a été identifié qu'à proximité de Prade (Serre Nouveau), ainsi qu'un peu plus au Sud (Boirol), sous forme de marnes brunes et de calcaires lacustres à *Helix*, dont l'espèce *Canariella lapicidella*, qui relève des biozones de Cournon à Pont-du-Château/Coderet.

Néogène

Miocène

Les dépôts miocènes connus et cartographiés sur la coupure Bourg-Saint-Andéol sont très modestes et se localisent tous sur les contreforts crétacés qui bordent la rive droite du Rhône.

m1. Aquitanien. A l'Ouest et au Nord de Saint-Marcel (Couron, Chapelle Saint-Julien), des amas résiduels de galets et de calcaires lithophagés, avec moules internes de gastéropodes, associés ou non à des marnes grises, sont attribués à l'Aquitanien (altitude : 180 à 190 m).

Au Nord-Est de la coupure (Bois des Baraques), les calcaires urgoniens supportent des marnes bariolées (m1a1), largement étalées par glissement sur les pentes, elles-mêmes surmontées par un niveau disloqué de calcaires lacustres à *Helix* sp. (m1a2), à une altitude comprise entre 250 et 340 m ; des témoins glissés de cette dernière formation se rencontrent bien plus bas, vers 150-180 m d'altitude.

m2a. Burdigalien. Formation conglomératique à *Pecten* (Champ de Laniel). Egalement à l'extrême Nord-Est (Champ de Laniel), sur le tracé de la faille de Saint-Montan, apparaissent des reliques ponctuelles d'un placage grés-conglomératique à *Pecten* sp. se rattachant au Burdigalien.

Non loin de là, les témoins argilo-sableux d'âge pliocène qui sont accolés à l'escarpement de la même faille contiennent une faune burdigalienne brisée et remaniée.

Pliocène

La transgression pliocène venue de la Méditerranée a emprunté un réseau hydrographique qui préfigurait le réseau actuel.

La mer s'est ainsi avancée jusqu'aux portes de Lyon (Givors) en couvrant l'axe rhodanien et un certain nombre de golfes latéraux, dont ceux de Saint-Montran et de Saint-Just, ce dernier se superposant partiellement à un ancien cours de l'Ardèche (Ballésio, 1972).

Les dépôts pliocènes sont d'abord continentaux (sables, conglomérats), puis saumâtres (argiles, sables argileux) avant de devenir totalement marins et à dominante argileuse. Le cycle pliocène s'achève avec la réapparition de dépôts saumâtres, estuariens et lagunaires, et enfin continentaux.

m-p. **Mio-Pliocène indifférencié. Conglomérats grossiers de Saint-Montan.** Le cimetière de Saint-Montan repose sur une forte accumulation de conglomérats grossiers à matrice argilo-sableuse. De petits témoins d'une formation comparable s'observent également près de la jonction N. 86-D. 262. Entre les sites mentionnés, les abords de la D. 262 (Saint-André-de-Mitrois) montrent des sables argileux lités qui reposent en discordance sur les grès crétacés.

En l'absence d'éléments de datation, ces divers dépôts sont rattachés à la période continentale qui couvre le Miocène terminal et le Pliocène inférieur.

p1. **Pliocène marin à saumâtre. Marnes bleues, argiles sableuses.** Contrairement à ce qu'indiquent les cartes antérieures, (notamment les coupures Orange à 1/80 000 et Valence à 1/250 000), les formations saumâtres et marines d'âge pliocène sont largement représentées dans les golfes de Saint-Montan et de Saint-Just. Dans ce dernier cas une quasi-similitude de faciès avec les marnes noires crétacées et la présence de macrofaune remaniée (notamment de bélemnites) rendent cependant leur identification délicate si l'on n'a pas recours à l'examen systématique de la microfaune.

Les niveaux saumâtres qui précèdent la transgression marine, ou "marnes à congéries", sont connus à Saint-Marcel et à Saint-Just où ils ont livré *Melanopsis matheroni*, *Neritina micans*, *Cardium bollenensis*, *C. semisulcatum*, *Congerina subcarinata* et *C. simplex*.

Au-dessus, les niveaux marins francs sont représentés par des marnes à *Ostrea cochlear* puis par les "marnes à *Amussium*" qui contiennent notamment *Amussium comitatum*, *Pleurotoma rotata*, *Nassa semistriata*, *Venus verrucosa*, *Ostrea cucullata*, *Lucina cuctata*, *Arca* sp., *Corbula* sp., *Natica* sp. (Roman, 1950); cette formation passe latéralement à des argiles à faune réduite avec *Sphaeroidinellopsis* sp. et *Amyclina* sp. (Ballesio, 1972).

Près de Trignan, les marnes pliocènes renferment des ostracodes (*Cytherella* sp.), des spicules d'échinides et surtout une abondante microfaune remaniée provenant des marnes crétacées sous-jacentes.

Les anciennes exploitations d'argiles de Saint-Marcel (Chapelle Saint-Joseph), ont d'autre part permis la récolte et l'étude d'une flore pliocène très variée, avec les genres *Woodwardia*, *Sequoia*, *Phragmites*, *Alnus*, *Populus*, *Salix*, *Quercus* (8 espèces), *Platanus*, *Laurus*,... (Boulay, 1891; Depape, 1922).

Un peu plus au Sud (Notre-Dame-de-la-Salette), les argiles plaisanciennes traduisent de fortes influences littorales avec des intercalations sableuses et une macrofaune très réduite.

Le Pliocène marin est également représenté au Nord-Est de la coupure (Cité du Barrage). Vers l'Ouest, au pied des reliefs délimités par la grande faille de Saint-Montan on peut lui rattacher des dépôts subcontinentaux de bas de pente et de plage (sables et conglomérats à faune miocène brisée et rares mollusques pliocènes).

Entre Saint-Marcel et Saint-Montan, l'absence de Pliocène marin s'explique par la présence d'un promontoire de terrains crétacés qui se prolonge, sous les alluvions, jusqu'aux abords de Pierrelatte (Ballésio, 1972). Vers l'Est, de part et d'autre de ce promontoire, la succession marine pliocène connaît un rapide épaissement; de 10 à 80 m de

puissance en rive ardéchoise elle passe ainsi à plus de 250 m de puissance sous la plaine alluviale de rive droite (Demarcq, 1973).

p2. Pliocène terminal continental. Alluvions fluviales et torrentielles. Au Nord de Saint-Martin, des cailloutis siliceux grossiers et cimentés qui recouvrent les argiles pliocènes, et qui sont surmontés localement par les alluvions de la très haute terrasse, sont rapportés à l'épisode terminal du cycle pliocène.

A l'Est de Saint-Montan (Plaine du Cour), les vestiges d'une formation conglomératique polygénique surmontent les sables albiens, compte tenu de leur altitude (85-90 m) nous les rattachons au Pliocène terminal.

QUATERNAIRE

Formations fluviales des terrasses et alluvions torrentielles

Vallée du Rhône/confluence Ardèche-Rhône

Fv. Alluvions des très hautes terrasses (Saint-Marcel, Saint-Just). Au Sud de Bourg-Saint-Andéol, d'assez nombreux vestiges de dépôts alluviaux anciens s'observent à une altitude comprise entre 150 et 190 m, le plus souvent proche de 170 m. Outre leur altitude variable, ces dépôts présentent fréquemment une surface très déformée et de fortes pentes (jusqu'à 30°) peu compatibles avec la notion habituelle de terrasse fluviale. De telles particularités morphologiques traduisent en fait à la fois des phénomènes néotectoniques (rejeux de failles anciennes, avec basculement de compartiments) et des phénomènes de gravité (glissements en masse sur les marnes et argiles albiennes et plaisanciennes, notamment à Granouillet et Trignan).

Antérieurement à la mise en évidence de ces phénomènes récents, des considérations de cotes relatives, par rapport à l'étiage du Rhône, ont conduit à une subdivision artificielle des témoins de très hautes terrasses rhodaniennes ; les plus élevés d'entre eux (Chapelle Saint-Julien, Moure Saint-Jean, La Capelade) étant reliés à une "terrasse des 145 m", bien représentée dans la région nîmoise ; les moins élevés (Chaveyron) participant à une "terrasse des 100 m" ou "terrasse des Trappistines" de Montélimar (Roman, 1912-1913).

Les formations concernées sont remarquablement homogènes et comportent essentiellement des galets quartzitiques d'origine alpine et une matrice subordonnée. Cette dernière associe une phase quartzeuse, bien triée, de 0,5 à 1,0 mm, et une phase argilo-ferrugineuse à montmorillonites pouvant être partiellement détritiques et héritées du substratum pliocène (Labrousse, 1977).

Le caractère monogénique de ces alluvions anciennes traduit la sélection imposée par un long transport mais a certainement été amplifié par leur stade évolué d'altération (décalcification poussée, encroûtements secondaires, rubéfaction,...).

Au débouché de canyon de l'Ardèche (abords de Saint-Martin), les très hautes terrasses rhodaniennes se raccordent à des niveaux de cailloutis polygéniques à matériaux locaux et cévenols (calcaires, schistes, basaltes,...) (Combiér, 1967). Ces diverses formations ne sont pas datées, on les rattache communément au Villafranchien (anté-Mindel) par extrapolation à partir de régions avoisinantes.

Fx. Alluvions du niveau de Saint-Just. La formation alluviale considérée supporte la surface à 90-103 m qui s'étend entre Saint-Martin et Saint-Just et dont des prolongements résiduels s'observent près de Bourg-Saint-Andéol ; elle correspond à la terrasse des 55-60 m de F. Roman (1912-1913). Cette entité est largement masquée par des lœss récents (à l'Est) et par les sols actuels, sa lithologie nous est surtout révélée par divers sondages qui y ont recoupé des limons sableux et des sables et graviers avant d'atteindre le substratum pliocène, entre 15 et plus de 22 m de profondeur.

Selon A. Bonnet (1963), le niveau de Saint-Just, ne serait qu'une pseudo-terrasse résultant de phénomènes locaux (éboulis dont la progression est stoppée par des ressauts du substratum). Cette interprétation ne nous paraît pas soutenable en égard à la réelle unité (lithologique, hydraulique et morphologique) dont témoigne l'ensemble considéré.

Au-delà de la confluence Rhône-Ardèche (feuille Pont-Saint-Esprit) le niveau de cailloutis anciens à 90-100 m est également matérialisé par de nombreux témoins mal datés (Riss ou Mindel ?).

Dans la partie aval du canyon de l'Ardèche (grotte de Ranc Pointu), J. Combié (1967) a reconnu des lambeaux alluviaux très altérés, à galets de roches cristallines, situés à environ 90 m d'altitude. Ces dépôts supportent un paléosol attribué au Riss-Würm (avec industrie du Moustérien ancien) et peuvent donc, à titre d'hypothèse, être rapportés au Riss récent et rattachés à la terrasse des 90 m de Saint-Just. Des observations comparables ont été faites en contre-bas de la grotte de Saint-Marcel ainsi qu'aux grottes du Figuier et du Baou de la Sello (Debard, 1988).

Divers autres dépôts fluviaux à sables et galets, présumés rissiens ou anté-rissiens, ont été identifiés dans la partie aval des gorges ; ils n'auraient qu'une signification très locale (ravin de Louby, grotte de la Vache ; altitudes comprises entre 115 et 140 m).

Fy. Alluvions des basses terrasses du Rhône (Bourg-Saint-Andéol), Saint-Just. En rive droite du Rhône, la terrasse à 60-70 m (ou "niveau de 45 m" – par rapport à l'étiage du Rhône – de F. Roman) est plus étendue que les précédentes et forme un liseré plus ou moins large, presque continu, entre Saint-Martin, Bourg-Saint-Andéol et la cité du Barrage. Elle repose soit sur les argiles plaisanciennes soit sur des dépôts albo-aptiens ; les sables, argiles et cailloutis rhodaniens polygéniques qui la constituent ne diffèrent guère des alluvions fluviales plus récentes.

En rive droite de l'Ardèche (Saint-Julien-de-Peyrolas) et plus au Sud (feuille Pont-Saint-Esprit) il est parfois possible de différencier les basses terrasses des vallées majeures (Rhône, Ardèche) (Fya) de celles qui résultent surtout d'apports grossiers et localisés (Fyb), dans les vallées mineures avoisinantes.

La basse terrasse à 60-70 m est habituellement rattachée au Würm. Dans le bas canyon de l'Ardèche des alluvions et des sables d'inondation (en remplissages de grottes) supportent ou fossilisent des niveaux archéologiques liés à divers stades wurmiens : Solutréen aux grottes Sombre et Chabot, Magdalénien à la grotte du Colombier (Combié, 1967).

Fz. Alluvions fluviales. Les alluvions holocènes, ou post-wurmiennes, occupent largement la région de confluence Rhône-Ardèche, à l'Est de Saint-Martin, ainsi qu'une large part du couloir rhodanien, surtout en rive gauche du fleuve (coupures Valréas et Orange à 1/50 000).

Ces formations de fond de vallée se répartissent habituellement en deux niveaux séparés par une dénivellation de l'ordre de 3 à 6 m ; on distingue ainsi :

Fza. Alluvions fluviales des très basses terrasses. Elles correspondent aux formations qui supportent la plaine d'inondation et sont généralement couronnées par un à deux mètres de sédiments fins à très fins (sables argileux, limons).

Fzb. Alluvions récentes de lit majeur (sables, graviers, cailloutis), limons de débordement, vasières de bras morts. Elles comportent les classiques cailloutis et sables que l'on observe à l'étiage dans le lit majeur, ainsi que les dépôts plus fins (vases, limons à fraction organique) qui s'opèrent dans les zones à mise en eaux plus ou moins temporaires (méandres, bras morts ou "lones", dépressions marécageuses).

Au Sud de Bourg-Saint-Andéol (Ile de la Souteyranne), la formation alluviale récente comporte moins de 5 m de sables, galets et graviers, surmontés par 3 à 4 m de limons sableux.

D'une façon générale, les alluvions récentes de la plaine rhodanienne reposent sur un substratum pliocène raviné et leur épaisseur est de l'ordre de 10 à 15 m (10,3 m au Grand Malijac) ; elles comportent une proportion très variable de sédiments fins (limons en passées lenticulaires) et de matériaux grossiers (cailloutis, galets).

En rive droite de l'Ardèche (Saint-Julien-de-Peyrolas), les alluvions qui se rattachent à la très basse terrasse sont localement surmontées par des cailloutis récents d'origine locale, avec passées argileuses subordonnées ; l'ensemble provient des reliefs crétacés avoisinants.

Jz. Alluvions torrentielles récentes et/ou d'âge incertain (complexes). Les formations de ce type ne sont connues que sur le versant rhodanien, en lisière orientale de la faille de Saint-Montan (La Conche, ruisseau d'Eylieu, La Combe) où elles présentent une certaine ancienneté en raison de leur morphologie évoluée.

Au Sud, les alluvions torrentielles argilo-sableuses de Saint-Julien-de-Peyrolas présentent des caractères actuels.

Vallée de l'Ardèche / secteur Ruoms-Vallon-Pont-d'Arc

La présence de terrasses alluviales le long du cours amont de l'Ardèche et de ses principaux affluents (Chassezac, Beaume, Auzon) est connue de longue date (Jullien, 1912). Ces entités géomorphologiques sont mal datées et les appellations qui leur sont habituellement appliquées (terrasses villafranchiennes, rissiennes, wurmiennes) sont relatives ; elles ne sauraient non plus impliquer un synchronisme, autre qu'hypothétique ou approximatif, avec les terrasses, datées ou non, du couloir rhodanien. La genèse des alluvionnements connus en amont du canyon de l'Ardèche est en effet surtout liée à l'évolution de facteurs locaux et indépendants : obstructions temporaires du canyon par éboulements, effondrements de seuils rocheux, effets de la tectonique récente, modifications des circulations aériennes et karstiques par le gel en périodes froides, influence des crues catastrophiques, etc.

Fv. Alluvions des très hautes terrasses (les Bouchers, Pécoulas). Au Nord de Vallon (les Bouchers, Pécoulas), le substratum néocomien supporte de

vastes placages alluviaux altérés qui marquent les vestiges d'une ancienne surface d'aplanissement située à une altitude de 190-195 m.

Près de Pécoulas, le dépôt atteint 10 m d'épaisseur (vraisemblablement par remaniements tardifs) et comporte de nombreux gros galets cristallins, fortement altérés, des éléments arkosiques et basaltiques, et une matrice sableuse bien calibrée (0,5 à 1 mm).

D'après B. Labrousse (1977), les hautes terrasses "villafranchiennes" en question seraient les vestiges d'un ancien méandre de l'Ardèche adossé aux reliefs du compartiment faillé et surélevé de Sigaud. L'auteur signale également la présence de vestiges alluviaux polygéniques vers 200 m d'altitude, en rive gauche de l'Ibie, près de la route Vallon-Saint-Remèze.

Fx. Alluvions des hautes terrasses (Saint-Michel, Vallon). Au Sud de Vallon, les ravins de Lantousse, de Loumet et de Rieussec livrent des témoins très limités, mais particulièrement nets, d'une surface rubéfiée, à galets variés située à la côte + 150 m ; cette surface n'est pas connue en rive gauche de l'Ardèche où elle a pu être soit érodée soit masquée par des formations diverses.

Plus près du cours de la rivière, trois petits témoins d'une ancienne terrasse alluviale subsistent à 130 m d'altitude soit à l'Est d'Auriolles (Saint-Michel), près de Chalamelas (Grande Loubière), à proximité de Vallon (Moulin à Vent) : ils comportent quelques mètres de dépôts sableux et argilo-sableux rouges (kaoliniques) avec passées de galets variés : quartzites, calcaires et rares basaltes à Vallon, surtout grès, granites et basaltes ailleurs (Labrousse, 1977).

Ces diverses formations sont présumées d'âge rissien.

Fy. Alluvions des moyennes terrasses (Ruoms, les Mazes, Vallon). Une formation alluviale très développée se rencontre en rive gauche de l'Ardèche et en rive droite de l'Ibie entre 100 et 118 m d'altitude. Elle est constituée de sables argileux hétérométriques avec passées de galets dans lesquels les basaltes sont assez peu représentés par rapport aux matériaux calcaires et cévenols.

Près de Chalamelas, la surface déformée et irrégulière de la terrasse "wurmienne" traduit des phénomènes de reptation sur le substratum marneux et non les effets de la néotectonique.

En rive droite de l'Ardèche, le ravin de Lantousse présente quelques reliques de la surface alluviale correspondante (107 à 118 m).

Fza. Alluvions des terrasses inférieures - Niveaux du secteur Vallon-Pont-d'Arc. De Ruoms à Vallon, le complexe des basses terrasses "post-wurmiennes" de l'Ardèche se rencontre entre 85 et 110 m d'altitude. Il traduit l'irrégularité et l'instabilité des apports respectifs de l'Ardèche et de ses affluents majeurs (proportion variable de basaltes ou de calcaires,...).

Aux abords de Vallon et dans la partie aval du canyon, les alluvions sub-actuelles peuvent le plus souvent être réparties entre trois niveaux, à valeur purement locale, qui couvrent sensiblement les domaines altimétriques suivants :

Fza1. alluvions des niveaux supérieurs à 90-95 m, en aval de Vallon (Est de salavas, Pont-d'Arc).

Fza2. alluvions comprises entre 90 et 95 m (Salavas, rive gauche en amont de Vallon).

Fza3. alluvions situées à moins de 90 m se raccordant par un petit talus aux alluvions de lit majeur des plages actuelles.

Les formations alluviales sub-actuelles de la région de Vallon, et certaines de celles qui y sont attribuées au Würm, sont soumises à des submersions sporadiques et/ou exceptionnelles lors des crues de l'Ardèche dont on connaît le caractère soudain et brutal ; elles peuvent alors être plus ou moins fortement érodées, remaniées, et recevoir des apports de matériaux actuels.

Les alluvions actuelles de lit vif sont relativement peu épaisses dans la plaine de Vallon (généralement moins de 10 m) et reposent sur un substratum rocheux très irrégulier. Près de l'entrée des gorges ces alluvions sont presque exclusivement fines, en relation avec la perte d'énergie des eaux de crues à l'approche du goulet rocheux.

Formations superficielles de chronologie indéterminée

Formations résiduelles et colluviales

Les formations superficielles (colluviales, résiduelles ou de versant) différenciées cartographiquement sur la coupure Bourg-Saint-Andéol n'ont encore fait l'objet d'aucune étude à caractère synthétique. D'autre part, la quasi-totalité d'entre elles participe à des complexes polygéniques (résiduels, de comblement, de pente,...) qui traduisent les vicissitudes climatiques du Quaternaire. De ce fait, le caractère empirique et discuté de certaines distinctions et notations est à souligner.

La figuration graphique est également incomplète car bon nombre de dépôts superficiels peu étendus ou pelliculaires lui échappent, elle attire cependant l'attention sur les secteurs où certaines formations de ce type sont plus étendues qu'ailleurs ou particulièrement significatives (vallées mortes, dépressions, versants,...).

R. Remplissage à dominante argileuse de vallées mortes et de dépressions à drainage karstique. Le grand dôme calcaire centré sur Saint-Remèze a été dépouillé de son ancienne couverture sédimentaire méso-cénozoïque puis profondément érodé et karstifié. Les formations superficielles que l'on peut rencontrer dans ce contexte sont essentiellement résiduelles et/ou colluviales. Parmi celles qui sont à dominante résiduelle (R) nous citerons :

– *des colmatages de fonds de vallées mortes et d'anciens méandres.* Des matériaux composites remaniés, de couleur brun rougeâtre, avec fraction argileuse (montmorillonites, chlorites), résidus calcaires de gélifraction, bioclastes (spicules, orbitolines...) et fraction détritique vraisemblablement héritée d'anciennes couvertures (quartz, micas, traces de feldspaths) (Thomas, 1969), subsistent le long d'un ancien réseau de drainage aérien des plateaux.

Des formations de ce type marquent notamment le cours fossile de la rivière qui drainait autrefois la dépression de Labastide-de-Virac (aujourd'hui relayée par le réseau karstique de Fossoubie). Un peu plus à l'Est, elles forment de vastes placages dans la dépression qui entoure les hauteurs de Saleyron et qui correspond à un méandre fossile perché de l'Ardèche (Champ de Cérier, Les Crottes) ;

– *des remplissages de fonds de dépressions fermées.* La plupart des compartiments tectoniques effondrés qui parsèment le flanc est du dôme de Saint-Remèze (Le Liby, Champ Vermeil, Bidon, Le Pouzat,...) ont leur surface partiellement occupée par une formation argilo-sableuse rubéfiée provenant à la fois du remaniement des marnes glauconieuses du Bédoulien (souvent encore observables en place le long des failles), de la dissolution des calcaires encaissants, et d'apports détritiques allochtones piégés dans les dépressions ;

– *obturations et colmatage de cavités karstiques.* Un volume considérable de matériaux composites colmate et fossilise les étages superficiels et ceux à fonctionnement intermittent du karst. Parmi ces dépôts peu cartographiables citons les sables et galets emprisonnés dans les diaclases des lapiaz, les argiles qui colmatent les dolines (Grand Pâtis, Bois de Ronze, Devès de Virac), les complexes d'effondrements de puits, les remplissages de galeries, notamment les sables marins à bioclastes (Miocène ?) reconnus à l'Event de Gournier, les galets de calcaire oligocène de la Baume Flandin,...

L'étude de la fraction fine de tels remplissages révèle la place importante qu'y tiennent les apports allochtones : loess ruisselés de périodes froides et apports de matériaux volcaniques holocènes (Debard, 1988).

CM. Complexes éluvo-colluviaux superficiels des dépressions à substratum marno-calcaire. La nature marno-calcaire du substratum, les altérations superficielles et deux millénaires d'épierrage et de cultures permettent d'isoler sous cette rubrique les terres brunes qui occupent la dépression de Saint-Remèze et ses annexes (Plaine d'Aurèle, La Plaine).

CA. Colluvions à matrice fine, argileuses, marneuses ou sablo-argileuses. Nous regroupons ici les colluvions évoluées, pratiquement dépourvues de cailloutis calcaires, qui se rencontrent sur divers substratums argileux, argilo-sableux, marneux (Crétacé) ou alluviaux (Quaternaire) en retombée rhodanienne du dôme calcaire de Saint-Remèze. Des colluvions de ce type ont été cartographiées au Sud de Bourg-Saint-Andéol (Saint-Marcel, Trignan,...).

Cc. Colluvions à éléments calcaires (remplissages de vallées mortes). Un certain nombre de ravins et de vallées mortes perchées, anciens tributaires du canyon de l'Ardèche aujourd'hui court-circuités par des circulations karstiques, sont plus ou moins comblés par des dépôts de bas de pente qui comportent de nombreuses plaquettes de gélifraction ayant subi un faible transport, avec cimentations secondaires localisées. Ce type de formation actuelle à sub-actuelle, a été cartographiquement individualisé dans la Vallée de Louby, près de Saint-Martin.

CG. Colluvions à galets rhodaniens issus des très hautes terrasses. Le remaniement des vestiges de très hautes terrasses, le glissement sur les pentes de leur constituants, et leur incorporation dans des sols à dominante argilo-sableuse, donnent localement naissance à des colluvions riches en galets siliceux rhodaniens ; ces derniers se rencontrent essentiellement à l'Est de Trignan.

CÆ. Complexes colluviaux polygéniques de piedmont, éboulis calcaires remaniés à matrice loessique. A l'Ouest d'Aiguèze, la base de la dalle

urgonienne est ennoyée dans un complexe calcaire de bas de pente (colluvions, alluvions torrentielles, résidus divers) dont les constituants ont été remaniés et mélangés à des apports éoliens (löss), également remaniés. Des témoins limités de formations comparables (non cartographiés) ont été reconnus en rive gauche de l'Ardèche, entre Saint-Martin et Sauze.

CE. Matériaux loessiques *in situ* (Würm tardif *pro parte*). De petits témoins de loess se rencontrent près de Saint-Montan. C'est cependant à partir de Bourg-Saint-Andéol, et vers le Sud, que les loess éoliens *in situ* présentent une certaine importance. Ces roches sont des siltites siliceuses avec fractions calcaires et argileuses subordonnées ; elles sont poreuses, non stratifiées, plus ou moins consolidées, de teinte jaunâtre à ocre, et représentent des limons éoliens déposés en milieu péri-glaciaire.

Par rapport à leurs homologues fossilifères septentrionaux (Lyonnais), les loess ardéchois sont soit azoïques (Bourg-Saint-Andéol), soit renferment une malacofaune réduite, en abondance et en variété, avec *Pupilla muscorum*, *Fruticicola hispida* et *Limnaea* sp. (Saint-Marcel, Saint-Martin) (Roman, 1912 ; Mazonot, 1956).

Dans leurs divers affleurements, les loess colmatent les ravinelements et oblitèrent les talus et pentes du substratum et des terrasses anté-wurmiennes ; leurs rapports avec les terrasses récentes mal datées (Fy) demandent à être précisés. Certains de ces dépôts, apparemment les plus récents, pourraient se rapporter au Würm tardif ($\pm 25\ 000$ ans) (Combiér, comm. orale).

Divers horizons fossiles sont identifiables dans les löss ; ils résultent soit de facteurs locaux (niveaux à gley), soit de processus généraux (encroûtements, décarbonatations, rubéfections,...) qui semblent liés aux périodes chaudes à saisons contrastées (interglaciaires) (Moinereau, 1966).

Sous forme plus ou moins remaniée (limons, löss ruisselés), les éolites de Basse-Ardèche sont de plus fréquemment impliquées dans des complexes superficiels (avec des colluvions, des épandages, des éboulis, des débris de gélification, des sables fluviatiles, etc...). En profondeur, la pollution éolienne quaternaire est largement exprimée dans les remplissages de cavités karstiques (Debard, 1988).

Formations de versants

U. Travertins d'Imbourg. Au Nord-Est de la coupure, les résurgences de Font Grand et du Bois, ainsi que les escarpements de faille, par les cascades qu'ils provoquent, sont à l'origine de dépôts de travertins dans la dépression tectonique d'Imbourg —où ils supportent le Château— ainsi que plus au Sud (ruisseau d'Imbourg ; affleurement non cartographié).

GP. Grèzes. Eboulis cryoclastiques lités. Les dépôts de pente d'origine cryoclastique, rarement cartographiables en raison de leur caractère limité et discontinu, ourlent un certain nombre de falaises urgoniennes et tapissent les versants de vallées mortes (partie aval du canyon de l'Ardèche, environs de Saint-Montan).

Cette forme particulière d'éboulis ou "grèze" est disposée et stratifiée parallèlement aux pentes et comporte des fragments calcaires bien calibrés (3 à 6/8 cm de dimension maximale), généralement inclus dans une matrice argileuse (rubéfiée ou non), et cimentés par de la calcite.

Les grèzes, qui résultent de phénomènes de gélifraction en période froide et sèche de type périglaciaire se seraient constituées aux périodes froides du Riss 3 (Orgnac), du Würm II (Ranc Pointu) mais surtout, dans la majorité des sites, au Würm III et au Würm IV (Combiér, 1967).

Les éléments constitutifs des grèzes participent largement à l'élaboration de complexes superficiels, notamment avec des loess remaniés, et sont aussi repris dans des éboulis récents.

E. Eboulis. Les éboulis récents sont bien représentés sur les versants des combes et vallées sèches ainsi qu'autour des promontoires rocheux du pays calcaire. Ils sont particulièrement vifs et développés dans les secteurs où la succession urgonienne, est fortement entaillée tout en comportant des hétérogénéités (vires marneuses) et des calcarénites à débit spontané en plaquettes : gorges de la Beaume à Saint-Montan, Chironlong...

Les éboulis actuels remobilisent localement des matériaux cryoclastiques (Nord d'Aiguèze) et peuvent à leur tour être impliqués dans la formation d'épandages et de cônes de déjection torrentiels (Saint-Montan).

RC. Eboulis calcaires remaniés et étalés avec matrice argileuse ou marneuse. Il s'agit des classiques épandages et complexes de versants que l'on observe sur les parties basses de la dalle urgonienne sommitale inclinée de 5 à 10 ° en direction du Rhône.

Le complexe rassemble des plaquettes de gélifraction et des éboulis étalés dans une matrice polygénique à argiles résiduelles, quartz détritiques allochtone, bioclastes remaniés, apports éoliens.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

TECTONIQUE

Au Jurassique supérieur, et jusqu'au Barrémien moyen, la région cartographiée correspond à la lisière occidentale d'un grand domaine marin, où "fosse vocontienne", dont la flexure continentale, de direction "cévenole" (voisine de N 20), passe non loin de l'axe Auriolles-Ruoms ; la marge continentale s'étend, au-delà, jusqu'aux abords du Massif central. Pendant cette période de calme orogénique les processus sédimentaires sont localement perturbés par la relative instabilité des marges du bassin, ainsi qu'en témoignent notamment des brèches sous-marines rapportées au Portlandien.

Au Barrémien et au Bédoulien, la mise en place et le spectaculaire développement des plates-formes récifales paraissent être en liaison avec des rejeux d'accidents de direction cévenole, soit N-S à N 30 (Arnaud-Vanneau *et al.*, 1979) ; cette période connaît de petits à-coups tectoniques assez généralisés qui nous sont révélés par les vires à orbitolines de l'Ardèche et du Vercors.

Après un approfondissement temporaire du bassin, qui est matérialisé par les dépôts hémipélagiques du **Bédoulien supérieur et du Gargasien**, le milieu marin sera de plus en plus soumis à des influences terrigènes, avec évolution globale irréversible vers le confinement et l'émersion, processus qui sera achevé au Santonien. Dès lors, la pellicule sédimentaire qui recouvre les calcaires urgoniens est soumise à l'érosion continentale.

Les phénomènes tectoniques qui donnent à la région son aspect actuel, notamment le spectaculaire découpage des calcaires urgoniens en "éclats de verre", se placent au **Paléogène**.

A l'Eocène supérieur, la phase "pyrénéo-provençale" du cycle orogénique alpin se traduit par une compression sub-méridienne horizontale. Les terrains calcaires du Crétacé réagissent à cette contrainte d'abord de façon souple, sous forme de plis à grand rayon de courbure, d'axe Est-Ouest (structures anticlinales de Saint-Vincent, de Saint-Remèze, du Bois de Ronze – synclinaux de Gras et de Labastide-de-Virac), puis de façon essentiellement cassante. Ce stade voit la large prédominance des grands coulissements senestres, selon l'axe Barjac-Saint-Remèze-Saint-Montan, tandis que des mouvements dextres se produisent en retombée orientale du dôme anticlinal de Saint-Remèze. Ces manifestations tectoniques sont respectivement orientées WSW-ENE à SW-NE (direction varisque ou hercynienne) avec raccord vers le Sud à des axes N-S à SSW-NNE (direction cévenole), et WNW-ESE à NW-SE (direction provençale), soit selon trois directions bien connues dans le contexte régional ; elles sont à l'évidence liées à des accidents anciens et profonds du substratum anté-mésozoïque.

La "faille de Saint-Remèze" correspond à un couloir de cisaillement de 2 à 6 km de largeur, orienté N 45 à N 60, situé sur l'axe Vagnas-Saint-Remèze-Saint-Montan, et dont le prolongement est connu en-delà du Rhône (faille de Marsanne) et jusqu'au coeur des Préalpes (feuilles Montélimar, Crest, La-Chapelle-en-Vercors à 1/50 000). Vers le Languedoc, cette structure majeure est relayée par les accidents cévenols (feuilles des Cévennes et de Barjac), selon lesquels la phase pyrénéo-provençale induit également des décrochements senestres à fort rejet horizontal plurikilométrique (feuille Alès à 1/50 000). Le dispositif tectonique de Saint-Remèze, à directions héritées de l'Hercynien, témoigne de son activité au Jurassique, rejoue vraisemblablement au Crétacé, et se montre très actif au Tertiaire et au Plio-Quaternaire ; en raison de cette longue histoire, étendue sur deux cycles orogéniques, il peut être considéré comme une véritable "zone transformante continentale" (Bergerat, 1982).

A l'Oligocène, la région vivaro-cévenole est affectée par une phase de distension avec allongements horizontaux sensiblement perpendiculaires aux directions des familles d'accidents pré-existantes qui rejouent alors en failles normales.

Le phénomène distensif s'exprime particulièrement le long du faisceau de Saint-Remèze avec une remobilisation des grands accidents et la formation de fossés et couloirs d'effondrement (dépression de Vagnas-Virac prolongée vers le Nord-Est par les étroites structures de Tourre, Imbourg et Eyllieux). Le même processus, d'axe hercynien affecte aussi le Nord-Ouest (environs de Salavas, basse vallée de l'Ibie, le Razal). Dans la plupart des cas le rejet vertical est d'ordre hectométrique, ainsi qu'en témoignent les vestiges de l'ancienne couverture post-urgonienne (dépôts albiens, aptiens, crétacés supérieur et tertiaires) conservés au fond des zones effondrées.

Sur le flanc rhodanien des plateaux calcaires, la distension oligocène est liée à la famille des accidents provençaux, d'orientation ici voisine de N 140-N 155, et se traduit par des effondrements verticaux de quelques dizaines de mètres. Il se constitue ainsi des panneaux et étroites lanières, d'allongement kilométrique, au fond desquelles se rencontrent générale-

ment des marnes bédouliennes, par ailleurs totalement érodées sur les surfaces karstifiées avoisinantes (dépressions de Bidon, le Pouzat, Champ Vermeil, Chalon, le Liby).

Vers le Sud-Ouest (feuille Alès à 1/50 000), le fait spectaculaire synchrone est l'ouverture du "fossé d'Alès", d'une largeur moyenne de 6 km, compris entre la "faille des Cévennes", qui participe au grand linéament sub-méridien Alès-Lagorce-Privas, et la "faille de Barjac".

La "faille des Cévennes" est plus ou moins inclinée vers l'Est (45° aux environs de Lagorce) et son rejeu, qui se poursuit pendant la quasi-totalité de l'Oligocène, induit la formation de reliefs linéaires sans cesse rajeunis. L'érosion de ces derniers produit de fortes décharges détritiques et des mobilisations d'olistolithes calcaires qui participent au comblement du fossé subsident par plus de mille mètres de sédiments continentaux.

Dans ses confins septentrionaux, soit entre Barjac et Salavas, le "fossé d'Alès" s'amortit rapidement et de façon assez complexe à la faveur d'interférences entre la famille des accidents cévenols sub-méridiens et celle des accidents varisques fortement représentés selon l'axe transformant Virac-Saint-Remèze-Saint-Montan.

Par contre, en lisière méridionale de la coupure, et au-delà (feuille Pont-Saint-Esprit à 1/50 000), une subsidence modérée et sans à-coups se développe à l'Eocène terminal et à l'Oligocène ; ce processus provoque la formation du bassin lacustre d'Issirac.

Une troisième phase tectonique bien individualisée, dite "alpine" ou "rhodanienne", affecte enfin le Bas-Vivarais vers la fin du Miocène et correspond sensiblement à une compression E-W (directions principales de raccourcissement comprises entre N 80 et N 140). Dans ce contexte, les fractions NE-SW ont des jeux décrochants dextres, celui des fractions NW-SE étant corrélativement senestre (Guérin, 1973).

Au cours de cette contrainte, le découpage du pays calcaire en une mosaïque de blocs et de lanières est parachevé ; certains des panneaux antérieurement délimités par les grandes familles d'accidents pyrénéo-provençaux sont déformés, laminés, et parfois soumis à des rotations partielles. Ces phénomènes s'expriment par les formes étirées et en poissons, d'axe NE-SW, qui se relaient pour constituer le couloir de cisaillement de Saint-Remèze-Saint-Montan et ses homologues du Nord-Ouest (Salavas-Dent-de-Rez). Le même processus est responsable de la forme sigmoïde que présente l'anticlinal de Saint-Remèze -d'axe initial Est-Ouest- (Lafarge, 1978) et de la torsion de la dorsale anticlinale du Bois de Ronze. A l'Est, la phase alpine est également responsable des inflexions et rebroussements qui affectent le tracé initial des accidents NW-SE à leur approche du domaine "transformant" de Saint-Remèze.

Enfin, aux abords de la vallée du Rhône, les plans de faille de la famille hercynienne (N 40 à N 60) montrent des traces d'affaissements en distension qui relèvent d'une tectonique post-miocène (Lafarge, 1978). Des mouvements de ce type, notamment ponto-pliocènes, sont bien connus dans le couloir rhodanien, où ils ont présidé à l'élaboration du cadre morpho-structural évolué que recouvrira la mer plaisancienne, ainsi que le long de la bordure cévenole où ils sont liés à une forte surélévation du socle ancien.

OCCUPATION DU SOL

VÉGÉTATIONS ET CULTURES

L'Ardèche méridionale est soumise à des conditions climatiques antagonistes qui la maintiennent en périphérie externe des secteurs de végétation euméditerranéens. Un été torride, propice à la végétation sclérophylle méridionale, peut ainsi être suivi par un hiver rigoureux qui sera pour sa part favorable au développement de végétaux robustes à affinités continentales. Ainsi, plus d'un quart des espèces recensées sont là en limite nord de leur aire de répartition (cistes, lentisques, labiées odoriférantes,...).

La végétation naturelle des plateaux et versants calcaires orientaux (Sud-Est de Bidon) montre une large extension des associations xérophytes de type garrigue, dans lesquelles le visiteur croit souvent percevoir l'expression accomplie des influences climatiques méditerranéennes. En réalité, la garrigue ne correspond pas à un climax végétal mais traduit un stade plus ou moins avancé de dégradation ; tous les auteurs s'accordent pour y voir un paysage végétal appauvri qui se substitue à la forêt primitive de chênes-verts (*Quercus ilex* ou Yeuse), aujourd'hui détruite sur de vastes surfaces.

La régression de la forêt, d'origine anthropique, résulte autant du surpâturage ovin, avec pratique de l'écobuage, que d'une forte exploitation dont témoignent aujourd'hui d'innombrables emplacements de charbonnières (Bois de Ronze, Bois des Géantes,...). Ce processus aboutit à la mise à nu progressive du substratum rocheux avec sol résiduel squelettique supportant la garrigue arbustive à chêne kermès (*Quercus coccifera*), buis (*Buxus sempervirens*), genêts armés (*Genista scorpius*) et euphorbes méridionales (*Euphorbia characias*). Le terme ultime de cette évolution voit l'établissement de pseudo-steppes ou pelouses à graminées éphémérophytes (*Brachypodium ramosum*), les lisières et petits replats herbeux restent le lieu d'élection des iris nains, de colonies d'euphorbes, de diverses petites orchidées et d'asphodèles.

L'axe Saint-Remèze-Bois du Laoul-Bourg-Saint-Andéol comporte d'importants bois de conifères (pin d'Alep). Plus au Sud, le Bois de Ronze supporte plusieurs îlots de chênaie paraclimacique.

A l'Ouest des garrigues sur calcaires, les zones non cultivées à substratum argilo-sableux (Bois des Bruyères) supportent des bois de pins et des landes à associations acidophiles à callunes, bruyères (*Erica cinerea*, *E. arborea*), genêts à balais et localement fougère - aigle.

Les sols éluviaux plus ou moins caillouteux qui subsistent après déboisement sur calcaires karstifiés sont pratiquement impropres aux cultures vivrières. La population dispersée qui vivait autrefois sur les plateaux pratiquait l'élevage mais aussi la polyculture d'auto-consommation familiale sur d'innombrables lopins de terre à substratum marneux ou argileux de bas-fonds (environs de Bourg-Saint-Andéol, Nord et Est de Labastide-de-Virac, Plaine d'Aurèle près de Saint-Remèze,...). Depuis des décennies, l'exode rural se traduit par l'abandon progressif de ce domaine agricole morcelé qui évolue en landes herbacées avec fourrés impénétrables à buis et genêts.

La boutonnière anticlinale de Saint-Remèze, ainsi que l'axe Lagorce-Vallon-Barjac ; connaissent encore une activité agricole traditionnelle, notamment en raison de leur éloignement des grands centres de production et de consommation ; cette situation tend à s'estomper face au raz de marée touristique estival qui remet en cause les activités et valeurs ancestrales.

La région méridionale à substratum calcaire paléogène qui succède aux calcaires urgoniens (axe Barjac-Issirac) est de même assez largement cultivée, notamment avec le renouveau que connaissent les plantations de lavande.

De Saint-Montan à Bourg-Saint-Andéol, et au-delà, la rive droite du Rhône connaît une importante valorisation agricole (fruits, légumes, primeurs) stimulée par les facilités d'expédition, par l'essor du tourisme et par les récentes implantations industrielles avoisinantes (centres atomiques).

Enfin, on ne saurait passer sous silence la réputation bi-millénaire des vins produits entre le Rhône et la Cévenne méridionale, dont la production fût largement appréciée et encouragée par le colonisateur romain.

De nos jours, les vignobles ardéchois qui l'on rencontré en périphérie des plateaux calcaires (Lagorce, Vagnas, Vallon, Orgnac, Saint-Montan,...) ainsi que dans la boutonnière de Saint-Remèze, connaissent un véritable renouveau. Les vins des "Côtes du Vivarais" sont souvent produits sur des terroirs qui jouxtent ceux des "Côtes du Rhône" de l'axe rhodanien. Les deux crus proviennent d'un encépagement à base de grenache et viennent d'être récemment améliorés par l'introduction de la syrah qui apporte des parfums typés et une bonne aptitude au vieillissement.

PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

Une large part de l'histoire de l'humanité a laissé son empreinte en Basse-Ardèche et sur ses marches rhodaniennes.

Après plus d'un siècle de recherches, dans lesquelles L. Chiron, D. Jullien et J. Ollier de Marichard font figure de précurseurs (travaux conduits de 1866 à 1914), les grands traits de cette histoire sont maintenant reconstitués, notamment grâce aux travaux magistraux de F. Bourdier (1961) et de J. Combier (1959-1986).

De rares témoins d'une industrie lithique primitive (bifaces) ont été recueillis près de Saint-Just et rapportés au **Paléolithique ancien** de style *abbevillien* (Jullien, 1913).

Vers la fin du Paléolithique inférieur (Acheuléen), soit il y a 150 000 ans ou plus, des communautés humaines sont implantées sur les terrasses rhodaniennes proches de Saint-Just (gisement de Nigoulén), ainsi qu'à proximité d'Orgnac (gisement de Mattecarrinque ou Orgnac III). En ce dernier lieu, un limon rapporté à une période de réchauffement (interglaciaire Mindel-Riss ?) (Debard, 1988) renferme un outillage roulé de type *acheuléen*. Au-dessus, un épisode climatique froid, actuellement placé soit à la fin de l'interglaciaire précité, soit au début du Riss, est représenté par des dépôts cryoclastiques associés à une industrie acheuléenne évoluée. Enfin, la partie sommitale du même gisement a livré un

outillage lithique à facture *prémoustérienne* (Paléolithique moyen) dont le contexte géologique peut être attribué au stade interglaciaire Riss-Würm.

Au Paléolithique moyen, l'Homme occupe l'entrée des gorges de l'Ardèche (Saint-Marcel, Aiguèze, Trescouvieux-Le Devais), le Sud des plateaux (gisement de Baume Flandin ou Orgnac I), et s'est aussi installé dans les grottes et abris naturels du canyon et des ravins adjacents (Baume d'Oullins, grotte et abris du Baou de La Sello, grottes de Ranc Pointu et du Figuier, abri du Maras, grottes de Saint-Marcel,...).

Au site de Ranc Pointu n° 2, un dépôt cryoclastique rattaché au Würm I comporte une industrie *moustérienne* ; il surmonte un lit argileux rapporté à l'interglaciaire Riss-Würm. Dans la grotte n° 2 du Baou de la Sello, un outillage de style moustérien est de même lié à des dépôts du Würm I. Par contre, la grotte du Figuier qui lui fait face, en falaise est du canyon, a livré une industrie lithique à faciès "Quina" qui peut être reliée à l'épisode climatique froid du Würm II.

Le Paléolithique récent, également largement représenté en Ardèche du Sud, témoigne d'un peuplement humain stable tout au long de l'ultime période froide du Quaternaire.

Les grottes de Chabot, d'Oullins, du Figuier, de la Tête du Lion, forment un ensemble cohérent avec des niveaux archéologiques du *Solutréen* plus ou moins ancien (pointes à faces planes) et avec des gravures pariétales (mammouths, bovidés, cervidés). Les radiodatations au carbone confirment les enseignements de la typologie avec des âges absolus qui se répartissent entre 22 000 et 20 000 ans B.P., soit relatifs au Würm III et à l'interstade Würm III-IV.

Aux environs de Vallon (Grottes du Colombier), et à Oullins, des occupations plus récentes, du *Magdalénien* à l'*Azilien*, sont attestées par un outillage de silex et d'os travaillés localement associé à des gravures pariétales (mammouths, bovidés, cervidés, figuration anthropomorphe) ; les radiodatations fournissent ici des âges voisins de 12 000 ans B.P., soit propres à l'épisode glaciaire du Würm IV (Combièr, 1984).

La période post-glaciaire, à climat tempéré, ne voit pas pour autant l'abandon des modes de vie troglodytiques. Les abris et cavernes ardéchois seront pour la plupart occupés par l'Homme au **Mésolithique** (Oullins, grotte Gilles à figurations de style ibérique, abri de Vessigné,...), puis au Néolithique.

La grotte de Louoï a notamment livré des dépôts qui couvrent la période chasséenne (environ 5 000 ans B.P.), le Chalcolithique et le Bronze final (environ 3 000 ans B.P.).

L'âge du Bronze est également représenté en de nombreux autres sites hypogées : grotte du Déroc (Vallon), où un trésor de 286 pièces de monnaie fût découvert en 1884, grottes d'Ebbo, du Devès, Chabot, de l'Ours,...

La période de Hallstatt a de même laissé son empreinte dans de nombreuses cavités naturelles, dont la Goule de Foussubic (armes), les grottes de Ranc Pointu et des Cloches (poteries), la grotte à sépultures groupées de Peyroche près de Ruoms.

Au Néolithique, l'adoucissement progressif des conditions climatiques permet le développement de l'habitat de plein air, de l'élevage et de pratiques culturelles saisonnières.

Les environs de Saint-Remèze témoignent de cette évolution, notamment près de Beaugard, où de nombreux tumulus ont livré des bijoux du Bronze final et du Hallstatt, au Chastelas (Baravon) et à la Dent de Rez.

L'élément spectaculaire du Néolithique ardéchois est représenté par des monuments mégalithiques édifiés aux III^e et II^e millénaires avant notre ère. Plus de cent dolmens, menhirs, cromlechs, tombes à coffre, sont dispersés sur les plateaux qui entourent Saint-Remèze et sur ceux qui les relaient au Sud du canyon.

Vers la fin de l'âge du Fer, le Bas-Vivarais est peuplé par les Helviens, d'origine discutée, dont la capitale est Alba (feuille Aubenas à 1/50 000). La région comporte alors de nombreuses places fortifiées (Dions près de Bourg-Saint-Andéol, Dent de Rez, Rocher de Sampzon,...) tandis que sa production viticole jouit déjà d'une grande renommée au Nord de l'Europe.

La Conquête romaine remonte au II^e siècle avant notre ère et connaît de nombreuses vicissitudes, l'"Hélie" sera rattachée à la "provincia romana" en l'an 121 avant J.C. et y demeurera jusqu'en l'an 411 de notre ère.

Du I^e au III^e siècle, les conquérants établissent deux voies, jalonnées par les bornes milliaires, qui relient Nîmes à Alba ; l'une emprunte l'axe Vagnas-Salavas-Lagorce, l'autre suit le Rhône jusqu'à Bourg-Saint-Andéol puis gagne l'intérieur des terres en passant par Rimouren et Gras.

L'occupation romaine nous a laissé de très nombreux vestiges de nature variée : constructions (villas, hypocaustes, ponts, conduites d'eau), sanctuaires (notamment à Saint-Montan, les Baraques, Vagnas, aux rochers d'Estres près de Vallon, à Bourg-Saint-Andéol), sépultures, objets mobiliers, pièces et bijoux, statues de divinités,... On ne saurait ici passer sous silence le spectaculaire bas relief sculpté dans la roche à la fontaine-résurgence de Tourne (Bourg-Saint-Andéol). Ce monument est dédié au dieu Mithra dont le culte, originaire de Perse, fut importé en Gaule par les légions romaines (Blanc, 1975).

Aux mêmes époques, nombre de grottes sont encore visitées sinon habitées en permanence. Des objets gallo-romains (vases, amphores, lampes, armes, monnaies,...) ont été notamment découverts aux grottes d'Ebbou, des Cinq Fenêtres, de Cayre-Creyt, de la Violette (environs de Vallon) et à celles de Ranc Pointu, des Cloches du Renard (près de Saint-Martin). Plus tardivement encore, ces mêmes cavités serviront de cache, de refuge, de sites défensifs (Moyen Age, guerres de religion), parfois d'ermitage (Sainte-Baume à Saint-Montan).

DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Glissements de terrain

Des glissements lents, localisés, avec ou sans niches d'arrachement ont été observés dans la plupart des termes argileux ou marneux qui surmontent les calcaires à faciès urgonien. Ces phénomènes affectent notamment :

- les marnes gargasiennes cartographiées au Nord de Saint-Just (Souchas, Chapelle Saint-Julien) ;
- les argiles pliocènes à l'Ouest de Saint-Just-Saint-Marcel (Fonduèche, Font Abriou, Granouillet), où les vestiges sus-jacents de très hautes terrasses sont impliqués, avec formation sur les pentes d'une topographie boursouflée caractéristique ;

- les marnes versicolores miocènes qui ont permis le déplacement de puissantes masses de calcaires lacustres au Nord de la Cité du Barrage (Bois des Baraques) ;
- au Sud, les marnes oligocènes (Nord-Ouest de Vagnas) et quelques zones argileuses du bassin d'Issirac (notamment au Sud d'Ornac-l'Aven).

Risques d'effondrements dus à l'existence de travaux souterrains

A l'Est de Saint-Just, l'ancienne exploitation en galeries de lignites cénomaniens, à moins de 30 m sous la surface topographique de la basse-terrasse, est à l'origine d'effondrements localisés, entre le lieu-dit "La Mine" et la rive gauche du Rhône.

L'ancienne mine de schistes et lignites de Vagnas-Segries, assez profonde et située dans un cadre accidenté et inhospitalier, ne présente pas de risques potentiels.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Eaux de surface

Réseau hydrographique actuel et réseaux fossiles

En Ardèche du Sud-Est, la moyenne des précipitations annuelles avoisine 1 m/an mais il existe de fortes irrégularités d'une année sur l'autre, les eaux reçues allant de 500 mm/an à 1 400 mm/an. Les pluies sont regroupées sur moins de 100 jours/an et se répartissent surtout entre l'automne (40 %) et le printemps (30 %). La période de sécheresse estivale est souvent perturbée par de fortes précipitations orageuses.

Le Rhône, à cours méridien, longe la lisière orientale de cette région dont il collecte une partie des eaux selon un bassin versant d'environ 150 km². Cette aire couvre la région Saint-Remèze-Saint-Montan, la retombée des étendues calcaires vers l'Est (Bois du Laoul), ainsi qu'une partie des terrasses alluviales de rive droite (Saint-Montan, Saint-Marcel). En dehors des périodes pluvieuses, le drainage vers le Rhône s'effectue presque intégralement par voie souterraine. Lors des époques de fortes précipitations, le trop-plein des eaux pluviales est évacué par voie aérienne (réseau à activité temporaire du sous-bassin de la Couche qui couvre environ 100 km², ruisseaux conséquents de Groumaud, Pontpierre, Sardagne).

L'Ardèche est l'unique collecteur aérien permanent du Bas-Vivarais. Cette rivière allogène, longue de 119 km, venue des monts du Tanargue, reçoit d'importants affluents torrentiels en amont de Vallon (Beaume, Chassezac) et se caractérise par un régime irrégulier et extrêmement contrasté. A l'entrée des gorges, le débit d'étiage de l'Ardèche est de l'ordre de 10 m³/s mais peut s'abaisser jusqu'à 2,2 m³/s ; en automne il s'établit aux environs de 100 m³/s. Les crues sont brutales et spectaculaires avec des débits instantanés pouvant atteindre 7 500 m³/s ; la montée temporaire du niveau des eaux est alors catastrophique (19 m à Vallon en octobre 1927).

La cote altimétrique de l'Ardèche est proche de 40 m à sa confluence avec le Rhône. Dans sa partie nord-est, le bassin versant géographique de l'Ardèche jouxte celui du Rhône ; la ligne de partage des eaux de surface passe sensiblement par Saint-Marcel-Bidon-Saint-Remèze et la Dent de Rez. Au Sud, ce même bassin affronte celui de la Cèze au Bois de Ronze et vers le Garn.

Après de vastes méandres dans une zone de remblaiement alluvial (environ 10 km² de Ruoms à Vallon), la rivière Ardèche franchit la masse des calcaires urgoniens en un spectaculaire canyon de 29 km de longueur, dont les parois, verticales et plus ou moins étagées avec corniches, atteignent près de 300 m de hauteur totale (Cirque de Gaud). Le long de ce dernier parcours la cote de la rivière s'abaisse de 80 à 45 m.

Contrairement à une opinion autrefois émise, le canyon ne résulte pas de l'effondrement d'une voûte de rivière souterraine mais traduit un phénomène de surimposition avec réajustements locaux du cours initial soit par recouplement de méandres (Pont d'Arc, Cirque d'Estre), soit sous l'influence des grandes failles du substratum calcaire (Pas du Mousse, Moure de la Tour). Il subsiste d'ailleurs les traces d'un ancien méandre de l'Ardèche (Nord et Est de Labastide-de-Virac), aujourd'hui perché, à près de 200 m au-dessus de son cours actuel.

La période de creusement du canyon n'est pas précisément établie mais l'étude du karst souterrain qui lui est associé, ainsi que ses relations avec les dépôts pliocènes marins, conduisent à lui attribuer un âge oligo-miocène ; les aléas climatiques du Quaternaire ne l'auraient que peu modifié (Mazellier, 1971 ; Guérin, 1973).

De part et d'autre du canyon, les plateaux calcaires supportent les vestiges d'un ancien réseau hydrographique tributaire de l'Ardèche, actuellement non fonctionnel (vallée morte de Labastide-de-Virac) ou assurant un drainage très occasionnel (ravin de Combe Longue). Il est vraisemblable qu'une partie au moins de ces collecteurs aériens a fonctionné après l'enfoncement avancé de la rivière, lors des périodes où des conditions périglaciaires (permafrost, gélifraction, solifluxion) s'opposaient à la percolation des eaux et au fonctionnement des réseaux souterrains déjà constitués.

La partie nord-ouest du domaine calcaire est comprise dans le sous-bassin versant de l'*Ibie*. Cet affluent gauche de l'Ardèche ne coule cependant que par intermittence, l'essentiel des eaux étant évacué par voie souterraine.

Le Rieussec, petit affluent droit de l'Ardèche, draine les terrains argileux et marneux du Nord du fossé d'Alès et de ses abords ; il recevait autrefois les eaux de la dépression de Vagnas-Labastide-de-Virac, maintenant court-circuitées par un réseau hypogée. Dès son arrivée en pays calcaire, ce ruisseau temporaire alimente des pertes qui réduisent progressivement son débit aval, jusqu'à la perte totale. Les eaux réapparaissent près de l'Ardèche (source captée du Boeuf, source de la Chaire).

Le Valat d'Aiguèze, également temporaire, rejoint l'Ardèche à Saint-Martin et draine les collines de Saint-Julien-de-Peyrrolas-Laval-Saint-Roman-Le Garn.

La dépression marno-calcaire de Saint-Remèze est drainée par les ruisseaux de *Rimouren* et de *Pissevieille* dont les eaux disparaissent habituellement au seuil du domaine calcaire. Par traçage aux produits fluorescents il a été établi que ces eaux sont respectivement restituées vers l'Ardèche, à l'émergence de Tiourre, et vers le Rhône, aux Fontaines de Tourne, selon l'axe grotte de Pascaloune-ravin de Sardane-Bourg-Saint-Andéol (voir ci-après "eaux souterraines").

Les calcaires lacustres du bassin d'Issirac, qui relaient vers le Sud les calcaires urgoniens, sont également propices à l'enfouissement des eaux pluviales. De ce fait, la région Barjac-Bois de Ronze méridional-Ornac, comprise dans le bassin versant de la Cèze qui coule plus au Sud, ne présente, elle aussi qu'un drainage aérien temporaire et modeste (Combes du Loup, des Naysses, de Fouillouse).

Eaux souterraines

Hydrogéologie et géomorphologie karstiques

Un modelé karstique accusé affecte les calcaires urgoniens qui couvrent près de 400 km² de part et d'autre des gorges de l'Ardèche. De ce fait, il n'y a pas superposition entre les bassins versants géographiques et les bassins versants réels liés à ce modelé évolutif.

● *Formes de surface*

Le réseau hydrographique comporte les classiques vallées sèches, vallées suspendues et gorges des domaines karstifiés.

Les étendues corrodées de type lapiaz sont largement représentées, notamment à l'Est (Saint-Montan, Bidon, Saint-Martin) où elles supportent des garrigues clairsemées. On y reconnaît des formes superficielles de dissolution (cupules, vasques, cannelures) mais surtout des formes exhumées qui se sont constituées sous un sol végétal acide (crevasses formées par élargissement de diaclases, perforations verticales ou obliques, lapiaz dentelliforme à chaotique).

Les dolines observées sur les plateaux sont presque toutes de petite taille (5 à 30 m de diamètre), peu profondes et colmatées par des matériaux argileux résiduels. Elles se répartissent entre plusieurs zones aplanies, sans drainage aérien, où elles témoignent d'un stade précoce de pénétration verticale des eaux : environs de Saint-Remèze (Patis de Gras) et sommet du Bois de Ronze, à une altitude de 360-320 m, et environs de Labastide-de-Virac - les Crottes à l'altitude de 260 m.

● *Formes de profondeur*

De très nombreux puits (ou avens), grottes, galeries et vastes cavernes, organisés ou non en réseaux, recourent la masse des calcaires urgoniens. La morphologie et la répartition de ces cavités traduisent l'effet conjoint de facteurs paléo-climatiques, de facteurs géologiques (lithologie, failles et diaclases) et surtout les variations du niveau de base matérialisé par les grands collecteurs aériens (Ardèche et Ibie pour la plus grande partie des plateaux, Rhône et Cèze à leur périphérie).

Au Nord-Est, le compartiment calcaire délimité par les grandes failles de Larnas et de Saint-Montan connaît un drainage souterrain typique, rattaché au Rhône par la Conche, avec exurgences pérennes et temporaires (Imbourg), pertes (ruisseau d'Eylieu), résurgences (Saint-Montan) et vallées sèches (La Baume, Chironlong) ; ce domaine est par contre apparemment dépourvu de cavités importantes.

La marge orientale du domaine calcaire (Bois de Laoul), comprise dans le bassin versant du Rhône, est également pauvre en cavités karstiques. Ceci s'explique par la présence de roches litées (calcarénites), plus sensibles à la gélifraction qu'à la dissolution *in situ*, à l'existence de joints argileux imperméables, et aussi par une structure monoclinale régulière qui facilite le ruissellement superficiel des eaux pluviales. L'enfouissement et le cheminement des eaux se réalisent ici essentiellement le long de grandes failles d'orientation NW-SE avec résurgences sous alluviales ou aériennes proches du Rhône. A Bourg-Saint-Andéol, les grandes résurgences de Tourne sont ainsi placées dans l'axe d'un accident plurikilométrique N 140 et leur bassin versant géologique couvre au moins 60 km² ; des traçages récents montrent qu'elles restituent des eaux perdues par le ruisseau de Rimouren (bassin versant géographique de La Conche), au niveau de la grotte de Pascaloune (Belleville, 1985). Des plongées récentes dans ces résurgences révèlent l'existence d'un karst actif noyé sur plus de 100 m de hauteur.

Les autres émergences connues en rive droite du Rhône sont très modestes (Font-Abriou, Saint-Jean,...) et l'on ne peut que soupçonner l'existence d'exutoires sous-alluviaux. Certains d'entre eux achemineraient des eaux provenant du karst noyé proche de l'Ardèche (réseaux profonds de Saint-Marcel).

Au Sud-Est de la coupure, la région d'Orgnac appartient au bassin versant de la Cèze et doit sa célébrité au réseau souterrain fossile de même nom. Au Sud de Le Garn, l'exurgence captée de Pierre-Brune se situe sur le trajet d'un accident N 140 qui affecte des terrains cénozoïques ; l'origine de ses eaux reste à préciser.

L'Aven d'Orgnac, découvert en 1935, ouvert au public en 1939, ouvre l'accès à plus de 5 km de galeries explorées qui frappent autant par leur gigantisme que par la richesse des concrétions qu'elles abritent. La salle d'entrée, située sous l'aven, accuse 120 m de longueur, 75 m de largeur, 42 m de hauteur.

Le réseau principal d'Orgnac, d'axe méridien, présente une pente assez régulière en direction de la Cèze (coupure Pont-Saint-Esprit), soit vers le Sud. Par contre, dans des confins septentrionaux, la présence de galeries inclinées vers le Nord, et le dépassement du faite de l'anticlinal du Bois de Ronze, incitent à penser qu'une capture souterraine a vraisemblablement détourné vers l'Ardèche une partie des eaux initialement acheminées vers la Cèze (Thomas, 1969). La Baume de Ronze (dépression d'effondrement de 50 m de diamètre), des avens (du Rat, du Colombier, de Pied Chauvet,...) des cavités cutanées (Grotte de La Forestière), constituent des regards, actuellement obstrués, sur ce grand système mort dont on ne connaît ni l'extension totale ni les soubassements. L'ensemble des directions du réseau d'Orgnac permet son rattachement au Miocène (Guérin, 1973).

Le karst de profondeur directement rattaché au canyon de l'Ardèche (karst de l'Ibie exclu) couvre environ 150 km². On peut empiriquement le présenter sous forme de trois ensembles superposés et/ou imbriqués, soit :

– *un paléo-karst non fonctionnel* qui occupe la quasi-totalité des masses calcaires. Il s'y rattache plus d'une centaine d'avens, plus d'une vingtaine de réseaux hydrauliques fossiles et d'innombrables grottes, grottes-galeries, conduites sèches, qui s'ouvrent sur les parois du canyon (Grottes de La Madeleine, de Gournier, de Saint-Marcel,...).

La plupart des puits, ou avens, s'ouvrent discrètement et directement sur les plateaux et présentent une forme qui s'évase vers le bas, due aux effets conjoints de la dissolution chimique et des effondrements. Plus rarement, leur section est cylindrique ou elliptique et témoigne d'anciennes circulations d'eaux en conduite forcée. Le fond de ces cavités est généralement colmaté par des éboulis, des débris cryoclastiques et des argiles résiduelles ; certaines d'entre elles donnent cependant accès à des galeries horizontales (aven d'Orgnac, aven de Rochas). La profondeur des avens ardéchois varie entre quelques mètres et plus de 200 mètres (Neuf Gorges : – 170 m ; Vigne Close : – 200 m ; Faux Marzal : – 230 m,...). Dans leur grande majorité, les avens recensés se concentrent en lisière orientale du couloir faillé de Saint-Remèze, dans le quadrilatère délimité par Bidon–Saint-Remèze–Orgnac–Virac, à une cote altimétrique supérieure à 300 m. Un petit regroupement de cavités se rencontre également dans la basse vallée de l'Ibie.

Plusieurs étages de réseaux hydrauliques fossiles traversent les masses rocheuses. Le très important complexe de Saint-Marcel, dont les galeries sèches ont été explorées à ce jour sur près de 26 km, comporte ainsi quatre réseaux superposés au sein des calcaires barrémiens à faciès urgonien compris entre les deux grandes vires marneuses à orbitolines (vires notées v3 et v4) (Blanc, 1976). Le réseau 1, ou principal, s'ouvre à 40 m au-dessus du lit actuel de l'Ardèche, au niveau de la vire inférieure (v3). Ces divers ensembles se sont relayés dans le temps, du haut vers le bas, pour drainer les eaux pluviales de la région Bidon–Le Pouzat–Mazet ; il sont aujourd'hui recoupés par des conduites qui ouvrent l'accès aux étages inférieurs noyés.

La géométrie globale du système de Saint-Marcel – et celle de ses homologues ardéchois explorés – reflète à la fois les discontinuités lithologiques (passées marneuses, bancs,...) et les grandes directions de fracturation (axes majeurs NE-SW, NW-SE, et champs de diaclases associés) qui affectent la masse des calcaires.

– *un paléo-karst à fonctionnement intermittent ou occasionnel*. Les pluies saisonnières, et les fortes précipitations orageuses, induisent une activité temporaire dans un certain nombre de conduites souterraines délaissées depuis longtemps par les circulations pérennes. Vers le bas, à proximité du lit de l'Ardèche, l'afflux soudain d'eaux pluviales provoque l'engorgement de systèmes karstiques actifs avec ennoyage, mise en charge et évacuation du trop-plein par des voies libres sus-jacentes.

En rive gauche, près de Vallon, les venues d'eaux temporaires des grottes des Tunnels, des Huguenots et d'Ibie (jusqu'à 1 m³/s) pourraient être partiellement originaires du cours de l'Ibie. Plus en aval, des événements temporaires sont connus aux réseaux de Tiourre (puits du Mézenc), de

Gournier, de Richemale-Rochas (rivière souterraine de Midroï dont le débit peut atteindre 10 m³/s), de l'Ecluse-Saint-Marcel (Grotte Deloly). Dans la région centrale du canyon, près du Cirque de La Madeleine, l'évent de la Guigonne délivre occasionnellement jusqu'à plusieurs m³/s d'eaux collectées sous les plateaux. Les autres exurgences intermittentes de rive gauche sont assez modestes (Richemale, Mayagar,...). Il existe en outre des venues d'eaux intermittentes mal connues, car situées dans le lit même de l'Ardèche, pour la plupart alimentées par le karst septentrional (Cirque de La Madeleine,...).

La rive droite de l'Ardèche comporte également des émergences temporaires alimentées par les pertes du cours du Rieusset (évent de la Chaire), par le karst du Bois de Ronze (la Dragonnière, Gournier,...) et par les eaux fluviales qui se rassemblent dans la dépression tectonique fermée de Vagnas-Virac. Le drainage de cette dernière zone, initialement assuré par un affluent du Rieusset, est actuellement pris en charge par une voie souterraine allant de la Goule de Foussoubie (perte) à l'évent de Foussoubie et à la Fontaine de Vanmalle, tous deux situés dans les gorges en amont et en aval du Pont d'Arc. Le cours de la rivière souterraine a été intégralement exploré en saison sèche ; il comporte plus de cinquante siphons et voûtes mouillantes et prend place, comme collecteur principal, dans un vaste système karstique dont 23 km de galeries ont été parcourues. Le débit en charge de la rivière souterraine peut atteindre plusieurs m³/s. La dénivellation totale est de 125 mètres pour une distance horizontale de 3,5 km à vol d'oiseau.

– *un paléo-karst fonctionnel noyé* qui correspond à la partie basale des réseaux de cavités qui parcourent les calcaires (Saint-Marcel, Foussoubie,...).

Ce domaine, très mal connu, se manifeste surtout par une dizaine d'émergences pérennes à faible débit d'étiage (1 à 10 l/s) situées dans le lit de l'Ardèche ou à proximité de ses berges (sources de l'Aiguille, du Platane, de Vanmalle, réseau inférieur de la Dragonnière,...).

Des pertes sont également connues le long de l'Ardèche (Cirque de La Madeleine) et paraissent être en relation avec les importantes circulations observées à la base des parties pénétrables du réseau de Saint-Marcel ; il est possible que ce système actif, situé en-dessous du niveau d'étiage de la rivière, en détourne une partie des eaux directement vers le Rhône.

En rive gauche, l'émergence vauclusienne de Tiourre (altitude : 260 m), est située au fond d'une reculée de 2,5 km, adossée à la grande faille de Virac qui recoupe le canyon. Ses eaux apparaissent au toit des marnes barrémiennes et proviennent vraisemblablement du Serre de Barre ; il s'y ajoute temporairement des eaux provenant du ruisseau de Pissevielle qui draine la partie ouest de la dépression de Saint-Remèze. L'émergence est captée par gravité pour l'alimentation de Vallon-Pont-d'Arc ; son débit varie entre 2 et 50 l/s.

A l'Est de Lagorce le karst de l'Ibie couvre environ 40 km². A l'image de celui qui est directement rattaché à l'Ardèche, on y connaît des grottes et galeries fossiles qui s'ouvrent en falaise (Combe Obscure, Déroc,...), de petits systèmes souterrains à fonctionnement occasionnel ou périodique (aven Chazot - événements de Rives et de Marichard), des exurgences pérennes (Roche-colombe, Font-Garou sur la feuille Aubenas à 1/50 000), ainsi qu'une circulation active sous le lit de l'Ibie, partiellement alimentée par des pertes amont. Ce karst est limité à l'Ouest par la faille de Lagorce qui

le met au contact de terrains imperméables ; diverses émergences jalonnent cette ligne de contact.

Les apports hydrauliques du karst à l'Ardèche paraissent faibles (de l'ordre de 100 litres/seconde à l'étiage ?). L'importance des réseaux noyés est cependant considérable. Des plongées récentes montrent en effet que leur développement vertical dépasse localement 50 m au-dessous du niveau d'étiage de la rivière (La Dragonnère, Vanmalle, Source de l'Ecluse,...). Hors du canyon, les émergences connues sont également peu importantes et leurs ressources, bien qu'activement exploitées (Vallon, Lagorce, Bourg-Saint-Andéol), ne peuvent satisfaire l'importante demande estivale. Une partie des zones karstiques ou adjacentes (Imbourg, Saint-Remèze) est maintenant alimentée par des eaux provenant du Rhône.

L'histoire du karst de Basse-Ardèche est complexe. Dès l'Eocène, le pays calcaire est largement exondé et sa structure tabulaire à pseudo-monoclinale le rend vulnérable à la corrosion par les eaux météoriques. En l'absence de réseaux hiérarchisés, les dernières se rassemblent dans de petits lacs (Le Garn, Pouzol, Le Lac,...). Par la suite, les calcaires réagissent de façon essentiellement cassante aux contraintes tectoniques qui se succèdent au cours du Tertiaire, ce qui ouvre la voie à la mise en place d'un drainage souterrain.

Dans ses premiers stades de creusement, le karst est indépendant du cours de l'Ardèche, ainsi qu'en témoignent les réseaux supérieurs de Saint-Marcel (Blanc, 1976). Le processus passe ensuite progressivement sous le contrôle de l'Ardèche, dont le canyon se creuse, pour connaître vraisemblablement son paroxysme au Miocène supérieur. Après la régression pontienne, cette époque voit en effet l'établissement du pré-Rhône avec fort abaissement du niveau de base régional qu'il matérialise. La formation des réseaux profonds actuellement noyés serait liée à cet épisode paléogéographique (Belleville, 1985). Au Plio-quatenaire, l'abaissement de ce même niveau, de l'ordre de 30 m, n'induit qu'une évolution assez modeste du karst ; cette période est celle du comblement et du concrétionnement des réseaux élevés anciens, particulièrement pendant les stades interglaciaires ; il y a corrélativement fossilisation des réseaux profonds et achèvement de l'encaissement de l'Ardèche.

L'étude statistique des orientations préférentielles du karst vient à l'appui de ce schéma d'évolution paléogéographique. Selon R. Guérin (1973), il est ainsi possible d'y différencier une partie d'âge oligo-miocène, axée sur les décrochements et distensions liés à la phase tectonique pyrénéenne (grottes de Saint-Marcel, aven et galeries d'Orgnac), et une partie plus récente, moins évoluée, clairement orientée selon des directions propres à la phase tectonique alpine (karst superficiel peu hiérarchisé et karst fonctionnel basal). Une partie du karst cutané postérieur à la phase alpine pourrait s'être constituée pendant les phases glaciaires du Riss et du Mindel, lors du blocage par le gel des circulations plus profondes établies dès l'Oligo-Miocène.

D'une façon générale, le développement et la morphologie des systèmes karstiques ardéchois traduisent bien la coexistence de deux domaines structuraux majeurs, relativement étanches l'un à l'autre. Le premier, dominé par des méga-accidents à N 50 (couloir de Saint-Remèze et annexes) est fortement fissuré et relativement rebelle à la karstification profonde et hiérarchisée. L'autre domaine, surtout caractérisé par des

accidents plurikilométriques orientés N 140 (retombée orientale et méridionale des plateaux), s'est avéré propice au développement, par compartiments, de grands systèmes profonds, hiérarchisés et à histoire complexe (Saint-Marcel, Orgnac,...). Les émergences intra-urgoniennes sont pour leur part largement contrôlées par les grands accidents qui jouent le rôle de cloisons étanches entre compartiments faillés. En périphérie du massif, la présence de niveaux marneux ou argileux joue également un rôle dans la réapparition des eaux souterraines.

Hydrogéologie des milieux non calcaires

Les formations néocomiennes à dominante marneuse qui occupent le Nord-Ouest de la coupure n'offrent pratiquement pas de ressources en eaux ; il en est de même pour les complexes continentaux qui comblent le fossé d'Alès et ses annexes (Vagnas, Virac).

Les dépôts plus ou moins sableux du Crétacé supérieur et du Paléogène sont propices à la présence de petites nappes phréatiques ; leur importance est cependant insignifiante à l'échelle de la coupure.

La zone alluviale de Ruoms-Vallon couvre environ 10 km² et de nombreux puits disséminés y exploitent les réserves en eau des terrasses anciennes. L'essentiel des besoins régionaux est cependant couvert par des forages en alluvions récentes, à proximité du lit vif, notamment à Vallon et à Salavas (nappe renforcée par une retenue de l'Ardèche).

Les terrasses alluviales situées en rive droite du Rhône, notamment celles à substratum pliocène imperméable (Saint-Montan, Saint-Martin, Saint-Just), contiennent de petites nappes qui sont activement exploitées par puits pour l'alimentation en eau des exploitations agricoles.

Sur les deux rives du Rhône, l'alimentation en eau des collectivités et les besoins de l'irrigation saisonnière sont essentiellement couverts par des forages implantés dans les alluvions récentes à nappe libre du Rhône et de l'Ardèche (Saint-Martin).

RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES

Matériaux pour la construction, pour l'ornementation et pour les travaux publics

● Calcaires jurassiques

Les calcaires du Jurassique sont exploités près de Ruoms (Le Petit Bois) et près de Labeaume, en limite des coupures Bourg-Saint-Andéol, Bessèges et Aubenas ; ils sont compacts, gris, homogènes ou pseudo-bréchiques, et présentent les caractéristiques suivantes :

- densité : 2,68 à 2,70 ;
- résistance à l'écrasement : variable de 1280 à 2590 kg/cm² ;
- perméabilité/gélinivité : nulle à très faible.

Ces roches peuvent acquérir un beau poli ("marbres" de Labeaume) et connaissent des utilisations variées : revêtements extérieurs, dallages moellons, funéraire, etc... La production totale de calcaires jurassiques taillés ou sciés demeure faible (moins de 2000 t en 1984, essentiellement à Ruoms).

● *Calcaires crétacés*

L'énorme masse calcaire qui représente les faciès récifaux et péri-récifaux du Barrémien et de l'Aptien présente habituellement des caractères qui interdisent son exploitation comme pierre de taille : absence de litage ou de débit préférentiel, diaclasage et fracturation intenses, présence de nombreux fossiles calcitisés,... Il existe cependant, au sein de cet ensemble géologique, des zones à calcaires relativement tendres et homogènes, d'aspect crayeux, remarquablement aptes au sciage et à la taille. Ces faciès, particuliers ont été naguère activement exploités, notamment près de Saint-Montan (Ranc d'Arcise), près de La Combe du Pouzat, et à l'Est de Barjac.

D'autre part, certains horizons de calcarénites péri-récifales présentent un débit sub-spontané en dalles plus ou moins épaisses et peuvent ainsi être exploités pour la construction ("Pierre de Vallon" aux carrières du Chastelas, carrière de Vagnas,...). La production de lauzes et moellons calcaires de ce type est actuellement très modeste (moins de 3000 t en 1985) et se localise à l'Ouest d'Imbourg (les Piades, le Pâtis de gras).

● *Calcaires oligocènes*

Au Sud de l'axe Barjac–Orgnac–Le Garn, l'attrait des paysages doit beaucoup aux calcaires ludiens en plaquettes naguère employés pour l'habitat traditionnel et dans les murs de clôture.

La roche était exploitée dans de nombreuses petites carrières artisanales aujourd'hui abandonnées (Est de Barjac, environs de Monteil, Serre d'Allègre,...).

De nos jours, la préservation des sites et le prix élevé des matériaux de fabrication industrielle peuvent susciter un renouveau d'intérêt pour ces calcaires.

● *Sables et graviers*

Les sables et graviers d'alluvions sont exploités assez irrégulièrement le long du couloir rhodanien, en rive gauche du fleuve, ainsi que dans le lit vif de l'Ardèche, en amont de Vallon ; ces produits sont employés dans le bâtiment (fabrication de ciments et bétons) et dans les travaux publics (matériaux d'empierrement et de viabilité). Les beaux sables siliceux de l'Albien ont été largement exploités à Saint-Julien-de-Peyrolas.

Matériaux pour l'industrie et pour l'agriculture

● *Argiles pour poteries, tuileries, réfractaires*

Au XIXe siècle, plusieurs couches d'argiles réfractaires (d'une puissance de 0,50 à 0,75 m ont été exploitées en carrière dans le Crétacé supérieur des environs de Salavas (Colombet). Les meilleurs produits étaient utilisés dans la fabrication des hauts-fourneaux de La Voulte-sur-Rhône et par les verreries de Rive-de-Gier ; les autres alimentaient la poterie locale. Vers 1917, les mêmes argiles étaient utilisées par une tuilerie.

Des argiles d'âges variés (néocomiennes, pliocènes, quaternaires) alimentaient autrefois de nombreuses tuileries et briqueteries dans la vallée du Rhône, près de Saint-Montan (15 tuileries en 1870) et de Saint-Just, ainsi que la vallée de l'Ardèche (Sampzon).

● *Phosphates de chaux*

Un mince cordon discontinu de sables glauconieux à corps phosphatés (gravelles, nodules pluricentimétriques, fossiles épigénisés) est connu à la base des sables albiens entre Valbonne (feuille Pont-Saint-Esprit) et Saint-Julien-de-Peyrolas. Près de cette dernière cité (Le Terrier, La Boissonade), les nodules phosphatés, titrant de 20 à 65 % en phosphate tricalcique, ont été exploités artisanalement pour les besoins de l'agriculture (de 1880 à 1914).

Des phosphatites auraient été autrefois extraites de la Grotte Obscure (Commune de Saint-Remèze).

Ces divers gîtes sont pratiquement épuisés et dépourvus d'intérêt économique.

Substances énergétiques

● *Lignites du Crétacé supérieur*

A proximité de la confluence Ardèche-Rhône ainsi que sur l'axe Vagnas-Salavas, les formations laguno-lacustres du Crétacé supérieur sont assez riches en passées et couches ligniteuses.

A l'Est de Saint-Just, les lignites cénomaniens du Banc Rouge ont été épisodiquement exploités entre 1820 et 1950, la production annuelle étant comprise entre 100 et 2 000 tonnes (750 tonnes en 1949). La "couche supérieure", accessible sous 20 à 40 m de recouvrement (alluvions et marnes pliocènes), accuse une puissance voisine de 2 m avec 0,3 m de stérile marneux intercalaire. Sa composition est la suivante : carbone : 29,8 %, matières volatiles : 35,2 % ; soufre : 6,05 % ; humidité : 24,6 %. Au-dessous sous 3 à 5 m de marnes, une "couche inférieure" ou "petite mine", de 0,5 à 1,3 m de puissance, non exploitée, a été reconnue par puits et sondages.

A l'Ouest de Vagnas (Ségriès), des lignites rapportés au Santonien ont été exploités en galeries, en liaison avec celle de schistes bitumineux sus-jacents dont ils étaient séparés par un niveau (0,5 à 1,5 m ?) de pélites gréseuses. La production, répartie entre 1859 et 1869, était voisine de 1 800 tonnes par an.

Des passées ligniteuses se rencontrent également dans les sables bigarrés du Turonien à faciès ucétien. Certaines d'entre elles ont fait l'objet de tentatives d'exploitation (vallée du Rieussec au lieu-dit Claudestrier).

● *Lignites du Paléogène*

En lisière nord-orientale du fossé d'Alès, de part et d'autre de Barjac, les dépôts du Ludien supérieur comportent des marnes et calcaires marneux dans lesquels s'intercalent plusieurs couches de lignites. Cet ensemble, ou "série productive", surmonte le "stérile de base" représenté par des calcaires du Ludien moyen qui, un peu plus au Sud, sont asphaltiques (exploités depuis 1859 près de Saint-Jean-de-Maruéjols ; feuille Alès à 1/50 000).

La formation à lignites est surmontée par un ensemble stérile (marnes, calcaires gréseux) et passe vers le Nord à un complexe totale-ment stérile à dominante détritique ; elle se prolonge vers le Sud-Ouest où elle fût notamment exploitée près d'Avejan (feuille Alès à 1/50 000).

Le faisceau ligniteux de Barjac, constitué par deux niveaux productifs ("petite couche" au mur et "grande couche" au toit) séparés par 35 à 40 m

de stérile, a été exploité par puits et galeries pendant la seconde moitié du XIXe siècle ; il est aujourd'hui considéré comme épuisé.

De petites passées ligniteuses de même âge ou un peu plus récentes, sub-affleurantes, ont été exploitées artisanalement au Mas de Péry (Nord-Est de Barjac).

Les dépôts, rapportés à l'Oligocène (Stampien supérieur), qui bordent la faille des Cévennes comportent également de petites concentrations ligniteuses, notamment près de Brujac, où l'on relève les traces d'anciennes exploitations artisanales.

● *Schistes bitumineux du Crétacé supérieur*

A l'Ouest de Vagnas (Segriès) les formations laguno-lacustres attribuées au Santonien comportent plusieurs couches de schistes bitumineux. La profondeur de ces occurrences est variable en raison d'un fort compartimentage par failles.

La couche inférieure, dite de "Réal", d'une puissance de 1,5 m, n'a pas été exploitée compte-tenu de son caractère pyriteux et de la faiblesse de l'imprégnation asphaltique (environ 150 l d'huile par tonne à la distillation). Il en a été de même pour les couches sus-jacentes dites "intermédiaire" (0,5 m - 100 l/t) et "du tunnel" (1,0 m - 100 l/t).

Au-dessus, la couche de "Champcrébat", d'une puissance moyenne de 2 m, permet d'obtenir 200 l/t par distillation. Cette dernière a été exploitée en galerie, sous 90 à 130 m de recouvrement stérile, entre 1859 et 1869 (concession pour lignites et schistes bitumineux instituée le 26.9.1859). Pour cette période, la production moyenne annuelle était voisine de 6 000 t. La distillation des schistes, effectuée sur place à l'aide des lignites extraits sur la même concession, fournissait de 12 à 15 % d'huiles minérales, des goudrons, de la paraffine, du gaz d'éclairage.

Au cours de la seconde guerre mondiale, et jusqu'en 1967, la reprise des travaux s'explique surtout par des raisons politiques et la production est restée très modeste.

Vers le Nord, des recherches par puits et sondages, conduites en 1943, ont mis en évidence l'extension de formations bitumineuses jusqu'à Salavas. Les réserves du secteur Vagnas-Salavas ont été alors estimées à au moins 4 millions de tonnes de schistes imprégnés par des asphaltes.

● *Hydrocarbures libres*

Le sondage pétrolier de Vallon (DVA1) a reconnu l'ensemble de la série comprise entre l'Hauterivien et le Carbonifère. Des traces d'hydrocarbures ont été relevées dans les calcaires du Jurassique supérieur et du méthane se rencontre dans les grès du Stéphanien.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

DESCRIPTION DE SITES CLASSIQUES ET DITINÉRAIRE

Une excursion en voiture (deux jours) et pédestre (cinq jours), permet de se familiariser rapidement avec la géologie de la feuille Bourg-Saint-Andéol. Cette excursion géologique, d'un attrait touristique certain, est facilement réalisable grâce au réseau routier bien développé qui permet

d'accéder également aux principaux sites majeurs. Les itinéraires peuvent être les suivants :

- Bourg-Saint-Andéol-Saint-Remèze-Vallon-Pont-d'Arc : série urgonienne et traversée du coeur de l'anticlinal de Saint-Remèze ;
- Saint-Martin-d'Ardèche-Vallon-Pont-d'Arc (gorges de l'Ardèche) : vue sur la puissante série urgonienne ; arrêt au Pont-d'Arc, grottes ;
- Saint-Remèze-Saint-Marcel-d'Ardèche : arrêts et visite à l'aven de Marzal, dolmens ;
- Saint-Martin-d'Ardèche-Le Garn-Orgnac-Labastide-de-Virac : arrêt à Orgnac et visite du Musée Préhistorique et de la grotte d'Orgnac ;
- Barjac-Vagnas-Vallon-Pont-d'Arc : vue du fossé d'effondrement d'Alès ;
- Bourg-Saint-Andéol-Saint-Montan-Larnas-Saint-Remèze : route pittoresque (Saint-Montan-Larnas), puis vue sur la Dent de Rez et l'anticlinal de Saint-Remèze ;
- Descente en canoë de la rivière Ardèche.

Pour plus de précisions on pourra consulter au préalable l'ouvrage suivant : Busnardo R., Combemorel R., Cotillon P., Donze P., Ferry S., Lafarge D., Le Hegarat G., Renaud B., Renault P., Signolles C. (1977) - Livret guide de l'excursion en Ardèche du groupe français du Crétacé les 13-15 mai 1977. Dpt. Sci. Terre, univ. Claude Bernard, Lyon, 76 p., 21 figs. (inédit).

COUPES RÉSUMÉES DES SONDAGES

Peu de sondages ont été réalisés sur le territoire de la feuille Bourg-Saint-Andéol (tableau 1). Ceux-ci sont surtout localisés dans les plaines alluviales et dans les zones de recherches minières (lignite en particulier). A noter un sondage de recherche pétrolière de 3243,60 mètres de profondeur à Vallon-Pont-d'Arc (effectué en 1958, par la SNPA) (fig. 1).

BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., CHAROLLAIS J., CONRAD M., COTILLON P., FERRY S., MASSE J.P., PEYBERNES B. (1979) - Paléogéographie des calcaires urgoniens du Sud de la France. *Géobios*, mémoire spécial n° 3, p. 363-383. Lyon.

BALLÉSIO R. (1972) - Etude stratigraphique du Pliocène rhodanien. *Doc. lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, n° 53, 333 p., 73 fig., 43 tabl., 4 pl.

BELLEVILLE L. (1985) - Hydrologie karstique. Géométrie, fonctionnement et karstogenèse des systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche (Ardèche, Gard). Thèse doct. univ. Sc. méd. Grenoble, 228 p., 95 fig., 228 tabl., 3 ann.

BERGERAT F. (1982) - Le couloir rhodanien au Paléogène. *Revue géogr. phys. et géol. dynamique*, vol. 23, fasc. 3, p. 329-343 (1981-1982).

BLANC A. (1975) - Carte archéologique de la Gaule romaine, Fasc. XV, Dép. de l'Ardèche. Acad. Inscriptions et Belles lettres. CNRS éd. Paris.

Fig. 1 - Coupe du sondage de Vallon (D. Va 1)

(Société nationale des pétroles d'Aquitaine - 1958/1959)

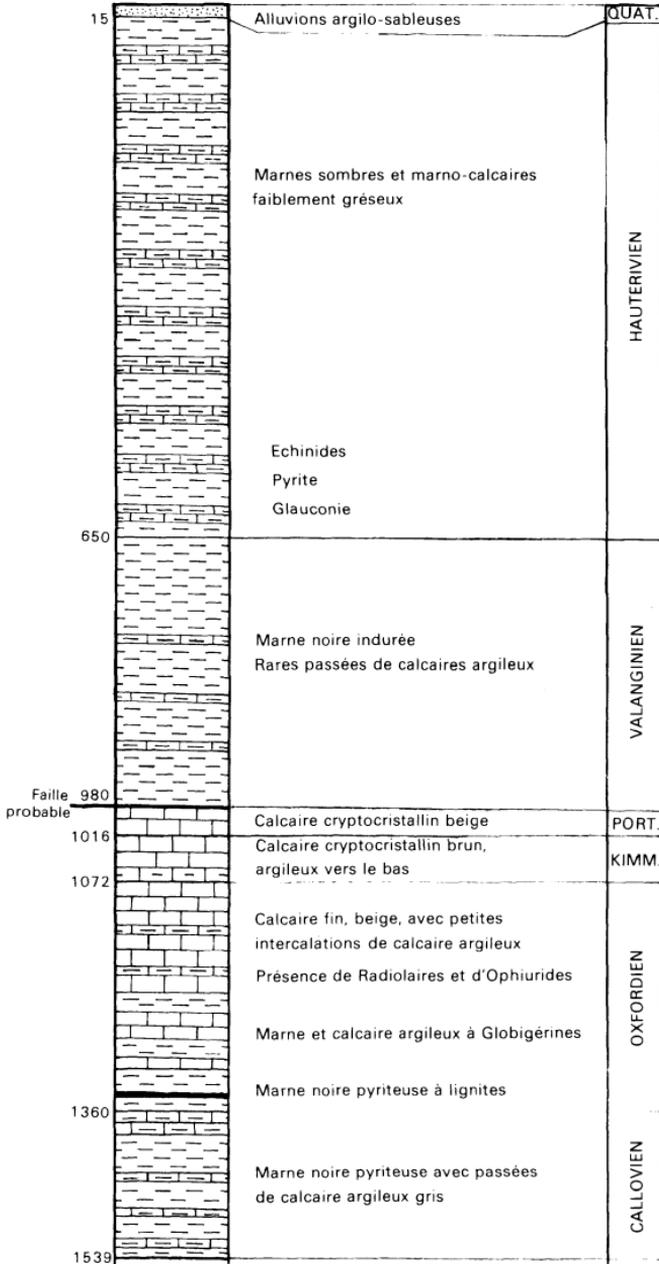
889-1-1

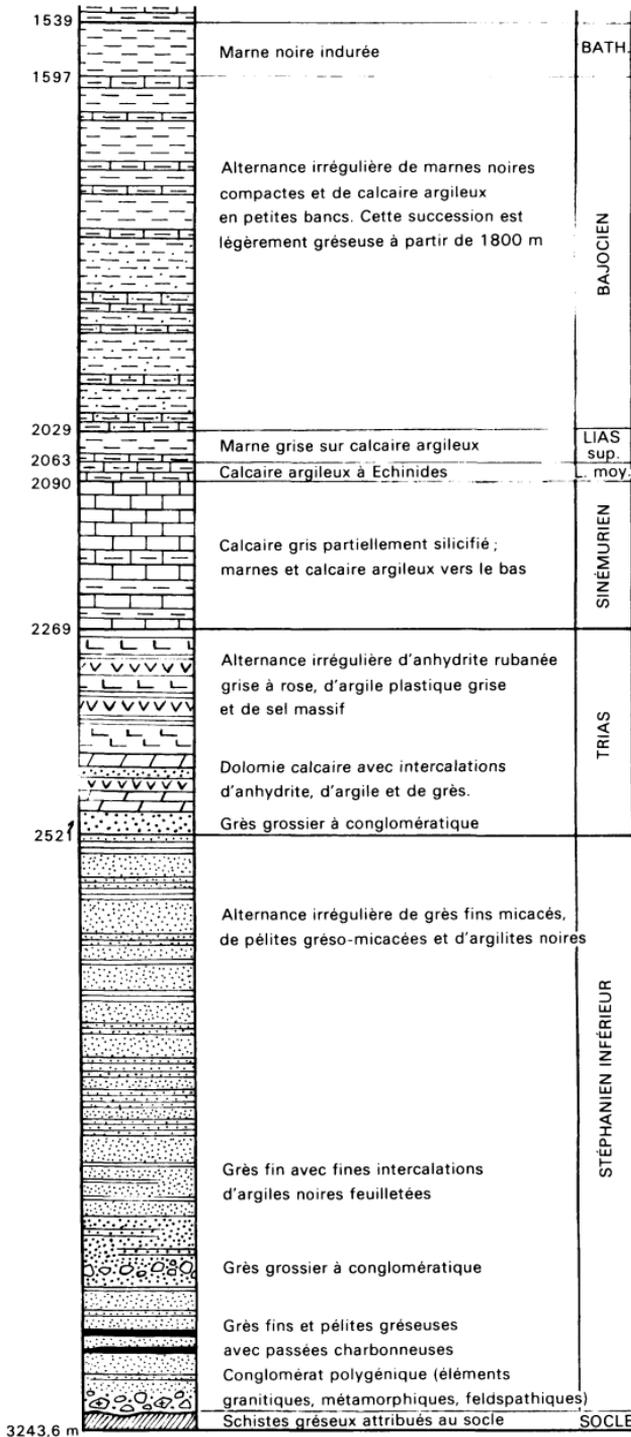
X = 762,805

Y = 236,655

Z = +95,10

M. Pascal, 1982





Indice national (N° archivage SGN)	Altitude (m)	Profondeur du sondage (m)	Communes	Etages traversés niveaux
889.1x.01	95,20	3243,6	Vallon-Pont-d'Arc	Hauterivien à Stéphanien inférieur
889.1x.04	80	40	Salavas	Alluvions-Urgonien
889.1x.05	80	49	Salavas	Alluvions-Urgonien
889.1x.08	96	81,50	Salavas	Alluvions-Cénomancien
889.5x.02	263	285	Vagnas	Oligocène-Eocène ? - Santonien
889.5x.03	214	175,20	Vagnas	Oligocène-Eocène ? - Santonien
889.8x.01	50,37	11 à 43	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.02	89	17 et 22	Saint-Just	Alluvions
889.8x.03	47	9	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.04	48	11,50	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions
889.8x.05	49	11	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.06	49	9	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.07	49	11	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.08	49	9,10	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.09	50	11	Bourg-Saint-Andéol	Alluvions-Pliocène
889.8x.201	44	70	Lapalud	Alluvions-Cénomancien

TABLEAU 1 - COUPES RÉSUMÉES DES SONDAGES

BLANC J. (1976) - Recherches géologiques à la grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche (Ardèche, France). *Géologie méditerranéenne* (Annales univ. de Provence) Marseille, t. III, n° 4, p. 227 à 236.

BOISSON J.P. (1975) - Notice explicative de la carte hydrogéologique des Cévennes et du Bas-Vivarais et de la vallée du Rhône entre Pont-Saint-Esprit et La Voulte dressée par le CERH. Edition CERBH. Montpellier.

BONIJOLY D., DELPONT G. (1982) - Etude du bassin des Causses et de la bordure cévenole par la télédétection et la géologie structurale. *Doc. BRGM n° 46*, 40 p., Orléans.

BONNET A. (1963) - Nouvel essai de corrélation des terrasses rhodaniennes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7e série, t. 5, p. 543-554.

BOURDIER F. (1961) - Le bassin du Rhône au Quaternaire. Géologie et préhistoire. Ed. du CNRS, 2 vol., 658 p., Paris.

BUSNARDO R., COMBEMOREL R., COTILLON P., DONZE P., FERRY S., LAFARGE D., LE HEGARAT G., RENAUD B., RENAULT P., SIGNOLLES C. (1977) - Livret-guide de l'excursion en Ardèche -13-15 mai 1977- Groupe français du Crétacé. Dpt. Sci. Terre, univ. Claude Bernard, Lyon, 76 p., 21 fig. (inédit).

CALLOT Y. (1979) - A propos des plateaux ardéchois : karst, rapports fond-surface et évolution des paysages calcaires. Thèse 3e cycle, univ. Reims, 384 p., 169 fig., 30 tabl., 12 pl. ph.

CAVELIER C. (1971) - Note sur le classement des dépôts paléogènes des bassins du Gard et du Nord de l'Hérault à propos de la terminologie à utiliser sur la feuille d'Anduze à 1/50 000. Rap. inéd. BRGM. Orléans.

COMBIER J. (1967) - Le Paléolithique de l'Ardèche dans son cadre paléoclimatique. *Mém. n° 4 de l'Inst. Préhist.* Bordeaux, 462 p., 178 fig.

COMBIER J. (1983) - Livret-guide de l'excursion en Ardèche. Soc. préhist. fr., Lyon, oct. 1983, 23 p., 8 fig.

COMBIER J. (1984) - Grottes ornées de l'Ardèche in Atlas des grottes ornées paléolithiques françaises p. 317-322, p. 327-332, p. 595-633. Paris, Imprimerie nationale.

COMBIER J., PORTE J.L., OLLIER DE MARICHARD P. (1982) - La réserve naturelle des gorges de l'Ardèche - La préhistoire.

COTILLON P., FERRY S., BUSNARDO R., LAFARGE D., RENAUD B. (1979) - Synthèse stratigraphique et paléogéographique sur les faciès urgoniens du Sud de l'Ardèche et du Nord du Gard (S.E. France) - *Géobios* Lyon, mém. spécial n° 3, p. 121-139, 9 fig., 1 tabl.

DEBRAND-PASSARD *et al.* (1984) - Synthèse géologique du Sud-Est de la France - *Mémoire du BRGM n° 125*, vol. 1, 2.

DEMARCO G. (1970) - Etude stratigraphique du Miocène rhodanien. *Mém. BRGM*, Paris, n° 61, 257 p.

DEMARCO G. (1973) - Lyonnais - Vallée du Rhône. Guides géologiques régionaux. Masson et Cie éd., 176 p.

DENIZOT G. (1937) - Affleurements crétaciques, brèche tectonique et brèche sédimentaire dans la plaine d'Alès. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), t. VII, p. 187-202, pl. 13-14.

DONZE P., LAFARGE D. (1979) - Evolution bathymétrique différentielle dans le Barrémien inférieur de la région de Saint-Remèze (Ardèche). *Géobios*, Lyon, mémoire spécial n° 3, p. 141-148, 4 fig.

DONZE P., LAFARGE D. (1979) - Le Barrémien inférieur de la région de Saint-Remèze. *Géobios*, Lyon, mémoire spécial n° 3.

DUMAS E. (1875-1876) - Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du Département du Gard, 518 p., Lombard-Dumas éd. Paris.

ELOUARD P. (1982) - La réserve naturelle des gorges de l'Ardèche. Introduction géographique, éléments de géologie. Comité sc. Réserve nat. Gorges Ardèche édit., Aubenas, p. 5-12, 7 fig.

FABER J. (1965) - Caractères micrographiques et principaux foraminifères du Néocomien de l'Ardèche et de la Drôme occidentale. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon 1963), *Mém. BRGM*, n° 34.

FALK P. (1982) - La végétation. La réserve naturelle des gorges de l'Ardèche. Imprimerie Lienhardt et Cie. Aubenas.

FAURE D. (1962) - Contribution à l'étude géologique et micro-paléontologique du massif du Pont-Saint-Esprit. Thèse 3e cycle, fac. Sci. univ. Paris, 127 p.

FAURE D. (1965) - Le Barrémien du Sud du couloir rhodanien. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963), *Mém. BRGM*, n° 34, p. 139-146, 2 pl.

FERRY S. (1979) - Les turbidites bioclastiques : mode de transport du sable calcaire des plates-formes urgoniennes à la cuvette vocontienne (S.E. de la France). *Géobios*, mémoire spécial n° 3, p. 149-158, 4 fig., Lyon 1979.

FONTANNES F. (1882) - Nouvelles observations sur les terrains tertiaires et quaternaires de l'Isère, de la Drôme et de l'Ardèche. *Ann. Soc. Agric.* Lyon, t. 5, p. 1-22.

FONTANNES F. (1885) - Le Groupe d'Aix dans le Dauphiné, la Provence et le Bas Languedoc, 1e partie. Etudes stratigraphiques et paléontologiques. *Hist. Tertiaire Bassin du Rhône*, VIII, 200 p., Lyon et Savy éd. Paris.

FREYTET P. (1971) - Les dépôts continentaux et marins du Crétacé supérieur et des couches de passage à l'Eocène en Languedoc. *Bull. BRGM*, (2), 1, 4, 54 p.

GUÉRIN R. (1973) - Un exemple du rôle de la tectonique. Le Bas-Vivarais calcaire. Thèse 3e cycle, université Montpellier, 109 p.

JULLIEN J. (1912) - Les terrasses de la vallée de l'Ardèche et de ses affluents. C.R. Congr. Ass. fr. Avanc. Sci., sess. Nîmes, p. 108.

JULLIEN J. (1913) - Préhistoire de l'Ardèche. Paléolithique. Néolithique. Age du Bronze. 84 p., Mazel éd., Largentière.

KILIAN W. (1919) - Contribution à la connaissance du Crétacé inférieur delphino-provençal et rhodanien. *Trav. Lab. Géol. Fac. Sci.*, univ. Grenoble, t. 12, n° 1, p. 83-95.

LAFARGE D. (1978) - Etude géologique du plateau de Saint-Remèze, Ardèche, Thèse 3e cycle, univ. Claude Bernard, Lyon, 119 p., 52 fig., 3 pl.

LABROUSSE B. (1977) - Altérations des terrasses anciennes de l'Ardèche. Thèse 3e cycle, univ. Provence, Marseille, 120 p., 48 pl.

MAILLARD J. (1965) - Le passage Barrémien-Aptien et ses rapports avec l'Urgonien dans le Couloir rhodanien. *Mémoire BRGM* n° 34. Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, 1963).

MANDIER P. (1984) - Le relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire. Essai de synthèse paléogéographique. Thèse doct. Etat, univ. Lyon II, t. I : 654 p., t. II : 217 p., 229 fig., 18 tabl., t. III : 1 tabl., 5 pl., 11 cartes h.t.

MASSE J.P. (1976) - Les calcaires urgoniens de Provence, Valanginien-Aptien inférieur. Stratigraphique, paléotologie, les paléoenvironnements et leur évolution. Thèse univ. Aix-Marseille II, 445 p., 125 fig., 60 pl.

MASSE J.P. (1979) - Les rudistes (Hippuritacea) du Crétacé inférieur. Approche paléoécologique. *Géobios*, Numéro spécial n° 3, p. 277-287, 7 fig., Lyon 1979.

MASSE J.P., PHILIP J. (1976) - Paléogéographie et tectonique du Crétacé moyen en Provence. *Revue Géogr. Phys. et Géol. Dynam.* (2), vol. XVIII, fasc. 1, p. 49-66.

MAZELLIER R. (1971) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des terrains crétacés du Bas-Vivarais. CERGH, Montpellier, thèse 3e cycle, 87 p.

MAZENOT G. (1956) - Recherches sur les faunes malacologiques du lœss wurmien récent et de divers limons terrestres holocènes du Sud-Est de la France. *Bull. Soc. Linn. Lyon*, t. 25, 1956, p. 9-24, 41-56, 73-85.

MAZON A. (1906) - Le Préhistorique dans l'Ardèche. 67 p., Imprimerie centrale Ardèche, Privas.

MICHOU J. (1934-1940) - Les terrasses de l'Ardèche. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1934, p. 187-188 et *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1940, p. 71-73.

MICHOU J. (1984) - La basse terrasse de l'Ardèche et de ses affluents. *Bull. Ass. fr. Et. Quatern.* Paris, n° 17-18-19, p. 85-86.

MOINEREAU J. (1966) - Etude des sols et des paléosols du Bas-Vivarais. Thèse 3e cycle, univ. Paris, 164 p., 12 fig., 23 tabl., 2 cartes h.t.

MONIER P. (1980) - De la plate-forme urgonienne provençale au bassin vocontien. Thèse univ. Claude Bernard, Lyon 1.

MONLEAU C. (1971) - Etude pétrographique et paléoécologique des formations à Rudistes du Turonien supérieur de la basse vallée du Rhône. Thèse 3e cycle, univ. Marseille, 70 p., 51 fig., 9 pl.

MONLEAU C. et PHILIP J. (1972) - Reconstitution paléogéographique des formations calcaires à Rudistes du Turonien supérieur de la basse vallée du Rhône, à partir d'une étude des microfaciès. *Revue Micropal.*, vol. 15, n° 1, p. 45-56.

NICOU P. (1906) - Les calcaires asphaltiques du Gard. *Ann. Mines* 1906, p. 513-568.

OLLIER DE MARICHARD J. (1867) - Recherches sur l'ancienneté de l'homme dans les grottes des environs de Vallon. *Bull. Soc. Hist. Ardèche*, t. 3, 1866, p. 58-71 et t. 4, 1867, p. 87-108.

OLLIER DE MARICHARD J. (1879) - Les troglodytes de l'Ardèche. *C.R. Congrès archéol. Fr.*, 46e session, Vienne, 1879, p. 138-161.

PARRON C., TRIAT J.M. (1977) - Nouvelles conceptions sur le Crétacé supérieur du Gard. Répercussions sur la stratigraphie, la paléogéographie et la tectonique de la découverte de trois phases d'altération continentale. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, Paris, (2), Vol. XIX, fasc. 3, p. 241-250.

PHILIP J. (1970) - Les formations calcaires à Rudistes du Crétacé supérieur provençal et rhodanien. Thèse univ. Marseille, 438 p., 6 tabl., 8 pl.

PHILIP J. (1972) - Paléoécologie des formations à Rudistes du Crétacé supérieur. Exemple du S.E. de la France. *Paleogeography, paleoclimatology, paleoecology*, 12, p. 205-222.

PHILIP J. (1974) - Les formations calcaires à Rudistes du Crétacé supérieur provençal et rhodanien : stratigraphie et paléogéographie. *Bull BRGM*, section I, fasc. 3, p. 107-151.

PORTHAULT B. (1974) - Le Crétacé supérieur de la fosse vocontienne et des régions avoisinantes. Micropaléontologie. Stratigraphie. Paléogéographie. Thèse doct. Sci. Lyon, n° 257, 357 p.

PORTHAULT B. (1978) - Paléogéographie et répartition des faciès au Cénomaniens dans le bassin rhodano-vocontien. *Géol. Méditer.*, tome V, n° 1, p. 173-182.

RENAUD B. (1978) - Le Crétacé inférieur de la vallée de l'Ibie et de la région de Lagorce-Rochecolombe, Ardèche. Stratigraphie, sédimentologie, analyse structurale. Thèse 3e cycle, univ. Claude Bernard, Lyon, 149 p., 78 fig., 1 carte géol.

ROMAN F. (1910) - Faune saumâtre du Sannoisien du Gard. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), t. X, p. 927-955.

ROMAN F. (1912-1913) - Feuille d'Avignon au 320 000e. Les terrasses rhodaniennes sur les feuilles d'Orange et d'Avignon. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 133, t. XXII, 1913, p. 200-208.

ROMAN F. (1926) - Révision de la feuille d'Orange au 80 000e. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. 30, p. 1-3.

ROMAN F. (1950) - Le Bas-Vivarais. Hermann et Cie édit., Paris, 150 p., 35 fig.

SIGNOLLES C. (1980) - Le Crétacé supérieur du département de l'Ardèche (S.E. de la France). Stratigraphie, sédimentologie, paléogéographie. Thèse 3e cycle, univ. Claude Bernard, Lyon.

SIGNOLLES C., VALLERON M.M. (1979) - Mise en évidence de Campanien continental à Salavas (Ardèche). Description, sédimentologie, paléogéographie. *Géobios* n° 12, fasc. 1, p. 107-112, 3 fig.

SORNAY J. (1950) - Etude stratigraphique sur le Crétacé supérieur de la Vallée du Rhône entre Valence et Avignon et les régions voisines. Thèse Grenoble, *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, t. 27, p. 35-275, 31 fig., 12 tabl.

THOMAS A. (1969) - Le plateau de Saint-Remèze. Essai de géomorphologie karstique. Institut de géographie alpine, Grenoble, 47 p.

TRIAT J.M. (1979) - Paléoaltérations dans le Crétacé supérieur de la Provence rhodanienne. Thèse doct. Sci, univ. Aix-Marseille, 313 p. (inééd.).

VALETTE J. (1968) - Données géologiques sur le bassin tertiaire d'Alès (Gard). *Bull. BRGM*, sect. I, n° 3.

VALETTE J.N. (1968) - Données sur la sédimentologie du bassin tertiaire d'Alès (Gard). *Bull. BRGM* (2), n° 3, p. 17-30.

VALETTE J. (1969) - Etude sédimentologique du bassin tertiaire d'Alès (Gard). *Bull. BRGM*, sect. IV, n° 1, p. 10-25.

Carte géologique à 1/80 000

- Feuille *Orange* : 1ère édition (1887), par L. Carez et F. Fontannes.
2ème édition (1934), par F. Roman, P. Thiéry et P. de Brun.
3ème édition (1968), coordination par M. Lorenchet de Montjamont.

- Feuille *Alès* : 1ère édition (1901), par G. Fabre et L. Cayeux.
2e édition (1928), par P. Thiéry
3e édition (1967), coordination par le Service de la Carte géologique.

- Feuille *Privas* : 1ère édition (1908), par E. Haug, C. Depéret, F. Roman, W. Kilian, G. Sayn, V. Pasquier, C. Jacob.
2ème édition (1939), révision par J. Goguel et F. Roman.
3ème édition (1967), coordination par le Service de la Carte géologique.

Carte des gîtes minéraux de la France à 1/320 000

- Feuille *Avignon* (1964), coordination par F. Permingeat.

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

- Feuille *Lyon* (1979), par A. Emberger et J. Meloux.

DOCUMENTS DIVERS

Guides géologiques régionaux

- G. Demarcq (1973) - *Lyonnais, vallée du Rhône*. Masson & Cie, éditeurs.

Atlas

- Atlas des ressources du sous-sol du département du Gard (1982). Datar, EPR, DI (BRGM). Région Languedoc-Roussillon.

Autres sources de documentation

- Levers inédits, publications et diplômes d'études supérieures réalisés par les géologues et stagiaires de la Société nationale des pétroles d'Aquitaine entre 1958 et 1964 ; rapports de stage et thèses de 3ème cycle rédigés sous la direction de M.R. Busnardo.
- Le report des sites préhistoriques a été effectué d'après les travaux de J. Combier (1972-1984).
- Revues du Comité départemental du Tourisme-Ardèche, Vivarais, France.

DOCUMENTS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et des ouvrages souterrains, au titre du Code Minier, exécutés dans le périmètre de la feuille et archive les données relatives aux nouveaux ouvrages.

Les documents peuvent être consultés :

- pour le département de l'Ardèche, au SGR Rhône-Alpes, 43, boulevard du 11 novembre, B.P. 6083, 69 604 Villeurbanne-Croix-Luizet Cedex ;
- pour le département du Gard, au SGR Languedoc-Roussillon, 1039, rue de Pinville, 34 000 Montpellier ;
- pour le département du Vaucluse, au SGR Provence-Alpes-Côte d'Azur, domaine de Luminy, route Léon Lachamp, 13 009 Marseille ;
- ou bien au BRGM, Maison de la Géologie, 77 rue Claude Bernard, 75 005 Paris.

AUTEURS DE LA NOTICE

La présente notice a été rédigée par M. PASCAL, avec la collaboration de C. GLINZBOECKEL †, d'après ses observations de terrain et avec l'aide de documents cités en références bibliographiques. Pour l'Urgonien, le chapitre initial a été rédigé par D. LAFARGE (Lyon) puis revu et quelque peu modifié et complété par M. PASCAL et J.P. MASSE. Divers autres travaux inédits ont été également pris en compte ; parmi ceux-ci il convient de mentionner :

- R. BUSNARDO (1981), lithostratigraphie de l'Hauterivien, travaux sur l'Urgonien ;
- J. CHEDHOMME (1986), notice explicative pour les formations tertiaires du bassin d'Issirac et du Nord du fossé d'Alès ;
- M. PASCAL (1980), atlas des ressources du sous-sol de l'Ardèche (Serv. géol. régional Jura-Alpes) ;
- M.M. VALLERON (1979-1980), données paléontologiques récentes concernant la région de Barjac.

La Société nationale des Pétroles d'Aquitaine (SNPA) nous a permis de consulter les nombreux documents établis par ses services géologiques pour l'Ardèche du Sud-Est (période 1954 à 1958).

D'autre part, de nombreux spécialistes ont apporté leur contribution à la réalisation de la coupe et de sa notice explicative, dont :

- A. ARNAUD-VANNEAU (déterminations de foraminifères) ;
- D. FAUCONNIER (études de microflore) ;
- M. FEIST (déterminations de charophytes) ;
- M. HUGUENAY (déterminations de micromammifères) ;
- C. MONCIARDINI (micropaléontologie, études de microfaciès) ;
- G. TRUC (détermination de faunes du Tertiaire).

Les faunes de lamellibranches du Crétacé supérieur ont été déterminées au Centre d'études et de recherches de Paléontologie biostratigraphique (Centre d'Orsay, univ. de Paris-Sud).

Réalisation BRGM
Dépôt légal : 3e trimestre 1989