



CHALONNES - - SUR - LOIRE

CARTE
GÉOLOGIQUE
A 1/50 000

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

CHALONNES - - SUR - LOIRE

XIV - 22

La carte géologique à 1/50.000
CHALONNES-S-LOIRE est recouverte par la coupure
ANCENIS (n° 105)
de la carte géologique de la France à 1/80.000

S'-MARS- -LA-JAILLE	SEGRÉ	LE LION- -D'ANGERS
ANCENIS	CHALONNES- -S-LOIRE	ANGERS
VALLET	CHEMILLÉ	THOUARCE

DIRECTION DU SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte Postale 818 - 45 - Orléans-la-Source



NOTICE EXPLICATIVE

AVANT-PROPOS

La participation des différents collaborateurs à la rédaction de cette notice, dont la synthèse a été faite par **P. Cavet**, est définie comme suit :

Formations quaternaires et tertiaires

M. Gruet, avec la collaboration de R. Brossé.

Formations paléozoïques

Introduction par P. Cavet.

Westphalien par P. Cavet, avec la collaboration de A. Arnaud et M. Gruet.

Namurien par P. Cavet, avec la collaboration de M. Gruet et L.-M. Rivière.

« *Culm frasno-dinantien* » par P. Cavet, H. Lardeux et L.-M. Rivière.

Paléozoïque anté-frasnien du flanc sud du Synclinal d'Ancenis par P. Cavet et H. Lardeux.

Paléozoïque anté-frasnien du flanc nord du Synclinal d'Ancenis par P. Cavet.

Série de Saint-Georges-sur-Loire par A. Arnaud et P. Cavet, avec la collaboration de H. Jourdain.

Paléozoïque inférieur de l'Anticlinorium de Candé par P. Cavet.

Formations métamorphiques

Série briovérienne des Mauges (Protérozoïque supérieur) par J. Blaise.

Autres affleurements briovériens par P. Cavet.

Orthogneiss de Saint-Clément-de-la-Place par L. Chauris.

Roches éruptives

Complexe volcanique de la Série de Saint-Georges-sur-Loire par A. Arnaud.

Microgranites par P. Cavet et L. Chauris.

Granites à muscovite et granite de Bécon par L. Chauris.

Gîtes minéraux

L. Chauris et J. Guigues.

INTRODUCTION

La feuille Chalonnes-sur-Loire ne recouvre, à l'Ouest, qu'un petit secteur oriental du département de la Loire-Atlantique (canton de Varades). Elle s'étend principalement sur le Maine-et-Loire, dans la région de la Cornuaille, le Louroux-Béconnais, Saint-Georges-sur-Loire, Chalonnes, Ingrandes et Saint-Florent-le-Vieil. Comme ceux qui l'encadrent au Nord, à l'Ouest et au Sud, ce territoire appartient au Massif armoricain, qui s'ennoie plus à l'Est (feuille Angers) sous le Crétacé supérieur transgressif du Saumurois. Au Sud de la large plaine alluviale de la Loire, les schistes phylliteux du « Briovérien » (Protérozoïque supérieur), plissés lors de l'orogénèse cadomienne, appartiennent déjà aux Mauges septentrionales. Au Nord de ce vieux bâti, le rôle essentiel est joué par des formations paléozoïques (Ordovicien à Westphalien), surtout schisto-gréseuses, plissées aux temps hercyniens en direction « sud-armoricaine » (WNW-ESE). Aucun dépôt mésozoïque n'a été identifié sur l'étendue de la feuille. Le Paléogène n'y serait représenté que par des blocs épars de grès éocènes; mais les témoins discontinus des transgressions marines du Miocène et du Pliocène couvrent des surfaces relativement importantes.

FORMATIONS QUATERNAIRES ET TERTIAIRES

X. Remblais modernes. Les remblais artificiels sont peu développés sur cette feuille; au Sud de Saint-Georges-sur-Loire, un étang a été comblé par des matériaux de démolition; des « incuits » de fours à chaux et des déblais de carrière ont notablement rétréci la vallée du Layon au Sud de la gare de Chalonnes.

U. Tufs calcaires. Un tuf calcaire tendre, avec empreintes de feuilles et de Mollusques pulmonés actuels, a été noté au Mortier Sec, en Champtocé; un dépôt de même aspect, mais sans fossiles, est visible au Mortier, en Saint-Augustin-des-Bois. Ces dépôts d'origine chimique proviendraient du lessivage de gisements redoniens disparus.

Fz. Alluvions actuelles et subactuelles (Holocène). *Les alluvions actuellement charriées par la Loire* sont essentiellement constituées de sables et graviers, à l'exclusion de galets; les argiles ne forment, en surface des bancs, que des flaques peu étendues. Aux grandes dimensions, les silex et les granites dominent; aux faibles dimensions, les silex se font rares, mais les basaltes abondent. Les éléments, d'origine locale, « armoricaine », sont rarement présents.

Alluvions subactuelles. Ce terme a été préféré, comme plus compréhensif, à celui de « Flandrien ». Une partie seulement, en effet, des dépôts holocènes de la feuille mérite l'appellation de « Flandrien » au sens génétique du terme (comblement alluvial lié à la remontée du niveau océanique après la dernière glaciation). En dehors de la Loire elle-même et de ses principaux affluents (l'Èvre, le Layon), il n'y a ici que des ruisseaux de faible importance. En remontant leur cours, on se heurte très vite soit à une brusque rupture de pente (ruisseau du Moulin Benoît), coïncidant parfois avec une gorge étroite (vallée de l'Auxence au SE de Villemoisan), soit à une déclivité

en marches d'escalier (torrent sous chaos, assez inattendu, de la Romme au Sud de Bécon-les-Granits). En amont de ces obstacles, l'influence flandrienne devient nulle, et l'on n'observe plus que des limons d'inondation formant de minces recouvrements argileux et gras, noirs ou gris. Ces limons deviennent, exceptionnellement, un peu plus épais lorsqu'ils comblent une « mouille » préalablement creusée, soit dans le socle paléozoïque, soit (et le plus souvent) dans les matériaux soliflués qui encombrant fréquemment le fond de ces vallées. En aval des ruptures de pentes, au contraire, l'épaisseur des alluvions devient importante, et cela d'autant plus que l'on se rapproche davantage de la Loire; ainsi, un sondage entrepris dans la Vallée du Jeu, à 1 500 m du fleuve, a été poussé jusqu'à 6 m sans que le socle ait été atteint. Il s'agit d'argiles bleues ou vertes, contenant parfois des lits de coquilles d'eau douce et des branchages, et se chargeant progressivement vers le bas en sablon. Le fait que le dolmen des Touches (Nord de Champocé) s'y trouve enterré montre que la fin de l'alluvionnement est post-néolithique.

Quant aux alluvions de la Loire elle-même, on peut y distinguer trois ensembles superposés :

— *l'ensemble supérieur*, d'une puissance moyenne de six mètres, est formé de sable blond ou gris, admettant localement de minces lits argileux. Des restes d'activités humaines y ont été trouvés : haches néolithiques, pirogue gallo-romaine, cotte de maille; ces sables seraient donc de formation récente (post-néolithique); leur sédimentation pourrait alors s'expliquer par une augmentation de la charge du fleuve à la suite des déboisements et mises en cultures inaugurés au Néolithique;

— *les couches moyennes* (5 à 7 m) consistent surtout en une argile noire ou verte, riche en débris végétaux, dite « jalle », emballant lenticulairement des zones plus sableuses. Cet ensemble argilo-sableux, « semi-perméable », forme le mur du « niveau aquifère supérieur »;

— *l'ensemble inférieur* marque le début du remblaiement flandrien, souligné par le dépôt de sables gris, pouvant reposer directement sur le socle paléozoïque, et dont la puissance atteint 7 mètres.

Fz/Fy. Cette notation désigne des graviers anciens (**Fy**) masqués sous des alluvions actuelles (**Fz**), là où les sondages les ont reconnus (stations de pompage de Montjean et de Chalonnes). Les galets proviennent en partie de roches locales (grès, schistes, phanites, quartz filoniens), en partie d'apports longitudinaux lointains (chailles, silex et granites). Cet horizon, grossièrement détritique, dénote un régime fluvial entièrement différent du régime actuel; il paraît bien s'agir de lambeaux de très basses terrasses climatiques de la fin du Würm.

Ce serait sur des graviers de cet âge que reposeraient, à très basse altitude, les loëss à faune et industrie moustériennes de Roc-en-Pail, en Chalonnes (feuille Angers).

Ces graviers « **Fy** » forment, avec les sables sus-jacents de la base du Flandrien, le « *niveau aquifère inférieur* » qui alimente en eau potable de nombreuses communes des Mauges. Leur forte épaisseur et leur grande extension, au cœur même de la vallée, sont bien confirmées par l'allure des courbes piézométriques et par les mesures géophysiques.

A l'occasion de nombreux sondages, effectués jadis pour la recherche du Houiller productif sous la plaine alluviale, ou plus récemment pour la

reconstruction des ponts, le lit rocheux de la Loire a été atteint à des profondeurs de 14 à 20 m (pont de Chalennes), 14 à 17 m (sondage de la Corvée) et 15 à 17 m (Ingrandes).

S. Dépôts soliflués sur les pentes. Les dépôts de solifluxion péri-glaciaires abondent un peu partout sur les pentes; seuls les plus importants ont pu être figurés. Ces régolites variés, argilo-sableux, en se déplaçant à l'état pâteux, ont englobé des sables éolisés et enterré, parfois profondément, des cailloux « facettés » par le vent de sable.

Fs. Dépôts soliflués en fond de vallée : « Rivulaire ». Les dépôts de pente passent insensiblement à des épandages de fond de vallée. Dans les hautes vallées, ces derniers présentent encore parfois un relief tourmenté en « loupes et bourrelets »; mais ils ont été le plus souvent repris et étalés par des eaux beaucoup plus compétentes que les eaux actuelles; ils constituent alors les dépôts que G. Denizot a désignés sous le nom de formations « rivulaires » (de « *rivulus* » : ruisseau).

Œ. Loess. Trois petits lambeaux de loess ont été identifiés, deux entre Montjean et Chalennes (Châteaupanne, la Grange), l'autre à la Dressière (angle SE de la feuille); il s'agit de loess vrais, calcaires et « à poupées », orientés vers le Nord; ils annoncent les recouvrements plus importants de la feuille Angers. L'affleurement de la Dressière a fourni, à sa base, l'industrie moustérienne : ce loess est donc wurmien, comme à Roc-en-Pail (feuille Angers).

N. Sables éoliens. Ces sables ne sont représentés que sur la rive droite de la Loire. Bien développés aux environs de Saint-Georges-sur-Loire, ils y forment des recouvrements à contours irréguliers et dont l'épaisseur atteint tout au plus 1,50 m. Les affleurements les plus méridionaux ne s'observent qu'à 1 500 m au Nord de la vallée actuelle de la Loire; ils en sont séparés par une zone de déflation ancienne, recouverte de galets éolisés parfois très nombreux; le passage des sables sur cette zone est attesté par la présence de résidus sableux « piégés » dans d'anciennes fentes de gel : c'est le cas pour les « fentes en coin » visibles au Moulin Bachelot et à Dauphin (Sud de Saint-Georges) ou à la Potherie (en Saint-Germain-des-Prés).

Fx, Fw, Fv et Rfx, Rfw, Rfv. Nappes d'alluvions anciennes. Il est très rare de rencontrer le long du cours armoricain de la Loire des terrasses alluviales anciennes bien conservées; mais leurs résidus (**Rfx, Rfw, Rfv**) témoignent d'une importante extension ancienne. La classification altimétrique adoptée ici doit être tenue pour très artificielle, et ne présume aucunement de l'appartenance à une même formation de lambeaux affleurant à des altitudes comparables.

Fx. Vers 20 m d'altitude absolue, le lambeau du Fourneau d'Ingrandes qui atteint 8 m d'épaisseur, est uniquement sableux; il en va de même pour le mince revêtement du Sud de Montjean. C'est à la même altitude qu'affleurent les résidus caillouteux de la Villette et de l'Épinay, dont l'âge est vraisemblablement différent.

Fw. Vers 30 m, les surfaces recouvertes ont dû être très importantes. Les apports latéraux de silex étant inconnus sur ce tronçon, exclusivement

paléozoïque, du fleuve, ces matériaux y jouent le rôle de « fossiles »; leur présence implique l'intervention d'anciens apports longitudinaux et leur répartition révèle l'ampleur des anciennes terrasses délavées. Sur la rive gauche, la recherche systématique des silex (provenant surtout de la Sarthe et du Loir), des chailles, ou des noyaux siliceux et poreux turoniens, a permis de caractériser un vaste cours de la Loire passant au Sud de Saint-Florent-le-Vieil et du Marillais; on observe même, en quelques points, des poches où des lambeaux de ces terrasses, ayant échappé au délayage dans les argiles d'altération du Briovérien, ont été conservés.

Fv. A Milande (entre Champtocé et Ingrandes), les débris d'une terrasse élevée (50 m) ont pu également être caractérisés par la nature des éléments mésozoïques transportés.

p. « Sables rouges » de Basse-Loire et Haute-Bretagne, attribués au Pliocène. Surtout développés dans la partie NW de la feuille, ces dépôts azoïques prolongent les recouvrements plus vastes des régions de Candé, Châteaubriant et Blain. Transgressifs et marins, ils renferment de la glauconie plus ou moins altérée. C'est le plus souvent sous leur couleur brique superficielle qu'on les observe; mais ces sables apparaissent blancs ou gris en profondeur et au voisinage de la nappe phréatique (station de pompage du Louroux-Béconnais, la Mouzaie). Ces témoins de l'ultime transgression marine qu'a connue le Massif armoricain sont conservés à des altitudes importantes atteignant 80 m au Haut-Moiron (environs de Louroux) et de 85 m à la Guinière (Ouest de Chalonnes). Là où les conditions hydrologiques favorables ont été réalisées, leur richesse en fer a permis une consolidation en alios, dont les blocs épars sont connus des paysans sous les noms de « renards », « grisons » ou « roussards »; ces formations pédologiques, non cartographiées ici, sont fréquentes dans toute la partie ouest de la feuille. Des alios ont pu se former aussi aux dépens d'autres matériaux, et notamment des graviers quaternaires.

Les sables pliocènes qui, dans la région de Bécon-les-Granits, emballent les dépôts coquilliers du Redonien sont, dans l'ensemble, moins colorés et plus gravillonneux que les précédents; leur altitude ne dépasse pas 55 mètres.

p1. « Redonien » (faciès du Pliocène marin de l'Ouest de la France). Les dépôts redoniens sont relativement variés : argiles grises, marnes bleutées, marnes blanches coquillières, sables coquilliers (rarement consolidés en « faluns »), sables peu calcareux à Foraminifères, graviers. Ces formations ont donné lieu à de nombreuses et minuscules exploitations souvent dénommées « Mortiers ». La plupart des gisements redoniens du NE de la feuille sont nouveaux, mais proches du gisement classique de Saint-Clément-de-la-Place (feuille Segré); comme ce dernier, ils sont localisés, au SW de Bécon, entre les courbes 50 et 55 mètres. Les gisements de l'Ouest de Chalonnes (les Pierres Blanches, Sainte-Anne) ont, en revanche, été bien étudiés.

Les Foraminifères du Redonien d'Anjou ont été décrits récemment par J.-P. Margerel à qui l'on doit les précisions suivantes : les gisements du Nord de la Loire, dont le type est à la Pressellière (Nord de Sceaux-d'Anjou, feuille du Lion d'Angers), sont caractérisés par de grands spécimens calcaires à test épais (*Polymorphinidae*, *Miliolidae* et *Rotaliidae*) parmi lesquels on citera : *Pseudopolymorphina variata* (P., J. ET B.). Au Sud du fleuve, le gisement des Pierres Blanches, à l'extrémité ouest du « Lac Bleu », actuellement inacces-

sible, a livré une association assez différente; les grandes Polymorphines y restent fréquentes : *Polymorphina charlottensis* CUSHM., *P. frondiformis* WOOD, *Pseudopolymorphina variata* P., J. ET B.), mais les Miliolidae et les Rotaliidae de grande taille font défaut; les espèces les plus communes sont : *Sigmoilina miocenica* CUSHM., *Fissurina faba* (B. ET M.), *F. lucida* (WILL.), *Bolivina laffitei* MARG., *Buccella frigida* CUSHM. var. *granulata* DI NAPOLI, *Pseudoeponides pseudotepidus* VAN VOORTH., *Elphidium fichtellianum* (D'ORB), *Cribronion durandae* MARG. et *Heterolepa frequens* MARG. Dans cette microfaune typique du Redonien, les rares espèces helvétiques sont liées au faciès, ou en voie d'extinction. L'âge pliocène est attesté par la prédominance des formes post-miocènes et par des affinités avec le Pliocène nordique.

Ces conclusions rejoignent celles d'A. Lauriat qui vient d'étudier les Lamellibranches redoniens d'Anjou. Le gisement des Pierres Blanches et celui de Sainte-Anne lui ont livré des espèces à vaste répartition stratigraphique [*Striarcia (Galactella) lactea* (L.), *Goodalia triangularis* (MTG.), *Hiatella* (s.s.) *artica* (L.)], des formes survivantes du Miocène [*Anadara* (s.s.) *turonica* (DUJ.), *Digitaria burdigalensis* (DESH.), *Limopsis (Limarca) recisa* (DEFR.), *Pteromeris exigua* (DUJ.)], des espèces abondantes au Miocène et dans le Redonien d'Anjou [*Lyropecten (Aequipekten) radians* (NYST), *Cardita trapezia* (L.) var. *squamulosa* DUJ.], une forme intermédiaire entre une espèce helvétique de Touraine et une autre, pliocène, de Vendée et du Pays Nantais [*Pteromeris* cf. *corbis* (PHIL.)]; il s'y ajoute des espèces « redoniennes » (pliocènes) [*Limopsis (Limarca) anomala* (EICHW.), *coxi* GILBERT et VAN DE POEL, *Glycymeris* (s.s.) *glycimeris* (L.), *Astarte* sp. (forme naine), *Digitaria digitaria* (L.)].

Mais, selon P. Brébion, la faune de Gastéropodes redoniens présenterait, ici comme ailleurs, des affinités avec le Miocène terminal. Les deux gisements de l'Ouest de Chalonnes ont fourni à cet auteur : des formes miocènes (*Turbo trochleatus* MILL., *Vermetus milleti* SOC. LIN., *Vermetus terebellus* LMK, etc.), des espèces du « Redonien d'Anjou » (« niveau inférieur du Redonien »), comme *Trochus torularius* MILL., *T. proximus* MILL., *T. tumidus* MILL., *Rissoa notabilis* MILL., *Cerithium petitiatum* MILL., *Cypraea andegavensis* DEFR., *C. pisolina* LMK., ainsi que des espèces du « Redonien sensu lato » (*Rissoa suturalis* MILL., *Cerithium courtillerianum* MILL., *C. jucundum* MILL.).

m2. Faluns miocènes (Helvétiques). Ces dépôts calcaires, généralement bien consolidés, sont en majeure partie constitués par des débris de Bryozoaires agglomérant une assez faible quantité (13 %) de sable quartzeux; ces caractères sont ceux du faciès « savignéen » de l'Helvétien. Les autres fossiles, plus rares, sont surtout des Pectinidés, des Térébratules et quelques Échinoïdes. Dans la région de Montjean, où leur puissance dépasse 8 m, on observe la superposition directe des faluns aux calcaires dévoniens (ancienne carrière des Sept).

mx. Gravier attribués au Miocène. L'observation, au SE de Montjean, d'un passage latéral entre les Faluns et des graviers azoïques permet de proposer, pour ces derniers, un âge miocène. Des sables marins, un peu gravillonneux, soutirés dans les puits de dissolution du Calcaire de Châteaupanne, pourraient bien être de cet âge.

Re. Grès résiduels attribués à l'Éocène. Il n'a pas paru possible de figurer en teinte plate la grande zone elliptique de grès « éocènes » représentée

par la feuille Ancenis au 1/80 000 aux environs du Marillais; on s'est borné à souligner, par un contour interrompu, une « limite d'extension ancienne de grès éocènes disparus » (I). En effet, ces grès ne sont plus actuellement visibles, à l'état de galets assez nombreux, qu'au seul point où ils sont figurés. On les observe aussi, en amoncellements artificiels de gros blocs roussâtres, dans le soubassement de deux calvaires, à l'entrée orientale du bourg du Marillais. Le faciès rappelle assurément celui des « Grès à *Sabalites andegavensis* »; mais il est difficile, en l'absence de fossiles, de distinguer ces roches des grès sénoniens. Des blocs pétrographiquement semblables existaient il y a peu de temps encore, sur la rive droite, aux environs d'Ingrandes (route de la Cornuaille, 200 m W du Méнардеаu); ils ont été enterrés à la suite d'un nivellement. Le dolmen de Villemoisian a utilisé deux blocs de grès analogues qui ne sauraient venir de bien loin.

FORMATIONS PALÉOZOÏQUES

Les terrains paléozoïques occupent plus des deux-tiers de la superficie de la feuille Chalennes. Leur étude est rendue délicate, en pays très couvert, par l'altération souvent profonde des affleurements, tectoniquement complexes et fort peu fossilifères en moyenne. C'est dire que certains contours proposés doivent être tenus pour approximatifs. Il est néanmoins possible de reconnaître un certain nombre d'unités, bien distinctes par leur contenu litho-stratigraphique et leur signification paléogéographique ou structurale. L'énumération préalable de ces unités, faite ici du NE au SW, facilitera l'analyse des différents termes de la série paléozoïque.

L'Anticlinorium de Candé, désignation locale de l'« axe anticlinal Landes-de-Lanvaux - Les Ponts-de-Cé » (trait structural majeur de l'Armorique méridionale), traverse tout le NE de la feuille, en direction sud-armoricaine (région du Louroux-Béconnais et de Bécon). Dans l'angle NE, le cœur de cette structure est marqué par l'affleurement de formations attribuées au Précambrien (« *Orthogneiss de Saint-Clément-de-la-Place* »), surmontées par le complexe discordant des « *Schistes et Arkoses de Bains* » (Tremadocien-Arenigien), auquel font suite des schistes gris assimilables aux « *Schistes d'Angers* » (Ordovicien moyen).

La Série synclinoriale de Saint-Georges-sur-Loire succède vers le Sud aux schistes précédents. Il s'agit d'un vaste ensemble compréhensif, sédimentaire et volcanique, nettement subsident, où les *terrains siluriens* paraissent jouer le rôle essentiel.

Le Bassin houiller de la Basse-Loire se présente comme un étroit fossé tectonique, allongé E-W, délimité par de longues failles parallèles et rempli de *Namurien productif*.

Le Synclinal d'Ancenis est remarquable par le grand développement de son terme le plus récent, le « *Culm frasno-dinantien* ». Le flanc nord de ce pli complexe, relativement continu sur la feuille Ancenis au 1/50 000, est ici complètement laminé; il n'affleure plus, au Nord de Varades, que dans une zone d'écaillés tectoniques qui ramène au jour « l'**Anticlinal briovérien de Pouillé** », longé au Sud par une mince bande ordovicienne. Quant au flanc sud, d'abord masqué, entre le Marillais et Saint-Florent, sous la plaine

alluviale, il réapparaît à l'Est de cette dernière localité sous la forme d'un mince liséré, discontinu et séparé du Briovérien sous-jacent par un long contact faillé. Il s'étale ensuite assez largement, au Sud de Montjean et aux environs de Chalonnes. Cette région, tectoniquement complexe, permet de caractériser les principaux termes de la « série paléozoïque anté-frasnienne » (Ordovicien tout à fait inférieur à Eifelien inférieur), très réduite ici, et se présentant sous des faciès bien différents de ceux qui règnent, au Nord de la Loire, dans la Série de Saint-Georges.

h4. Westphalien. A la ferme des Coulées (ou, sur les cartes anciennes, de « l'Écoulé »), le creusement d'un puits a confirmé la présence de schistes, grès et conglomérats « houillers » à 1,5 km au NW de Saint-Laurent-du-Mottay, dans une zone dépourvue de tout affleurement, mais en domaine « briovérien ». E. Bureau a signalé dans ce « petit bassin houiller de l'Écoulé » *Cordaites brassifolius* GEIN. ainsi que des pinnules de *Neuropteris gigantea* STERNB.; ce dernier fossile indiquerait un horizon relativement élevé du Westphalien.

On peut également considérer comme westphalien le petit affleurement fossilifère de l'Asnerie (1 km Sud de la Chapelle-Saint-Sauveur), découvert récemment en tranchée, en raison d'analogies de faciès et de flore avec le lambeau westphalien de Rochefort-sur-Loire (feuille Angers); il s'agit, dans les deux cas, de grès micacés jaunâtres riches en *Cordaites*, et environnés de toutes parts par les formations de la Série de Saint-Georges-sur-Loire. A Rochefort comme aux Coulées ou à l'Asnerie, on se trouve donc en présence de petits bassins houillers complètement indépendants du « sillon houiller de la Basse-Loire », et plus récents que lui.

h3. Namurien (Bassin houiller de la Basse-Loire). La feuille Chalonnes ne montre qu'une faible partie du long « Bassin houiller de la Basse-Loire » qui prend naissance, plus à l'Ouest, près de Nort-sur-Erdre (L.-Atl.) et de là se prolonge vers l'ESE, en direction sud-armoricaine et sur 110 km, jusqu'aux environs de Doué-la-Fontaine (M.-et-L.). Le Houiller productif, intensément plissé et déformé, qui en constitue le remplissage, a été assimilé par Édouard Bureau aux « couches d'Ostrau et de Waldenberg » en Silésie, dont l'âge namurien paraît bien établi. Parmi les espèces végétales représentées à la fois en Silésie et dans la Basse-Loire, E. Bureau a cité : *Dactylothea aspera*, *Diplotmema elegans*, *D. schönschnechti*, *Calymmatothea dubuissoni*, *C. tenuilolia* (var. *brongniarti*, *linkii* et *divaricata*), *Nevropteris schlehani*, *Sphenophyllum tenerimum*, *Lepidodendron volkmannianum* et *Stigmara ficoides*.

Vers le Nord, sur toute la longueur du bassin, le Houiller productif n'a de contacts, apparemment faillés, qu'avec les roches sédimentaires ou volcaniques de la Série de Saint-Georges-sur-Loire. Des failles parallèles aux précédentes limiteraient de même, systématiquement, ce Houiller vers le Sud, le mettant en contact, tantôt avec le Briovérien, tantôt avec le « Culm ». Ce système de failles a dû avoir des rejeux hercyniens tardifs, accompagnés de décrochements NW-SE; mais tout porte à croire à son individualisation précoce, dès le début du Namurien, et au remplissage rapide d'un sillon houiller subsident.

Au Nord de la Loire, les affleurements namuriens de la feuille de Chalonnes sont très médiocres. Au Sud du fleuve, en revanche, les dépôts de cet âge sont bien exposés en falaise à Montjean même, ainsi qu'à l'Est de Chalonnes où leurs plis, aigus et serrés, sont observables dans la tranchée de

la voie ferrée Angers - Cholet. La carte montre par ailleurs qu'en amont d'Ingrandes, le tracé du lit majeur de la Loire a coïncidé avec ce fossé tectonique.

Du point de vue lithologique, on retrouve dans ce Namurien, exclusivement continental, tous les faciès classiques du « Houiller productif » : poudingues intraformationnels souvent quartzeux, à galets de grès, de schistes et de phtanites; grès « grauwackeux » verdâtres ou d'un brun rougeâtre; grès micacés; psammites souvent grisâtres; schistes noirs ou gris, plus ou moins gréseux, à grosses paillettes détritiques de mica blanc. Les schistes et grès sont souvent riches en empreintes végétales bien conservées. A moins que leurs épontes ne soient en « Pierre carrée », les nombreuses veines de houille, demi-maigre, se présentent en chapelets dans lesquels alternent capricieusement de simples passées charbonneuses centimétriques, et des « brouillards » volumineux mais difficilement exploitables. Le tracé des principaux « faisceaux houillers » a été indiqué, au Nord de la Loire, d'après les données de la 1^{re} édition de la feuille Ancenis au 1/80 000. Un certain nombre de concessions ont été accordées jadis sur le territoire de la feuille, pour exploitation de combustible : concessions de « Mouzeil-Montrelais », de Saint-Georges-sur-Loire, de Saint-Germain-des-Prés, de Montjean et du Désert. Des vestiges d'anciennes exploitations sont encore visibles à la Gautellerie (5 km NNW de Varades), à la Peignerie (3,5 km NNW de Montrelais) et à Montjean.

Pc. On désigne dans la région sous le nom de « Pierre carrée » une formation nettement stratifiée, bien caractéristique du Bassin houiller de la Basse-Loire. Il s'agit d'une cinérite silico-alumineuse silicifiée, passant à des tufs bréchoïdes de granulométrie variable. De teinte habituellement claire (verdâtre à jaunâtre), mais parfois presque noire, cette roche est localement riche en débris végétaux bien conservés; elle doit son nom local à son débit en fragments anguleux et parallélépipédiques. Il s'agit du seul témoin connu, dans tout le bassin, d'un volcanisme namurien. La « Pierre carrée » a jadis fait l'objet d'exploitations en carrières : le Bout du Bois (1,8 km Sud de la Rouxière), les Silardières (1,5 km SW de la Chapelle-Saint-Sauveur), la Garenne (en Montjean). Elle n'a pu être représentée cartographiquement qu'à Montjean même et aux abords de cette ville, sous forme de grosses lentilles servant d'ossature aux reliefs namuriens E-W qui séparent la plaine de la Loire de la dépression du « Culm ».

h2. « Culm » (Frasnien à Dinantien). Le puissant complexe rapporté à un « *Culm sensu lato* » occupe le cœur synclinal du « Bassin d'Ancenis ». Très développé sur la rive nord de la Loire au méridien de Varades, il disparaît sous la plaine alluviale, entre Ingrandes et Saint-Florent-le-Vieil, affleure à nouveau mais plus discrètement, sur l'autre rive (le Mesnil-en-Vallée, Montjean et Chalonnnes) et se termine en biseau près de Chaudfonds, à 2 km au-delà de la limite orientale de la feuille Chalonnnes.

Ce « Culm » serait partout en contact anormal avec les formations antérieures, Briovérien compris. Le grand accident directionnel qui, dans la région de Chalonnnes, le sépare, vers le Sud, du Silurien, peut être observé aux environs des Quatre-Moulins, où le Silurien chevauche localement le Culm du Sud vers le Nord. Cette indépendance tectonique, héritée d'une phase hercynienne majeure, viendrait souligner une indépendance stratigraphique originelle. En effet, le « Culm » est considéré ici comme transgressif sur un substratum resté émergé pendant une partie au moins du Dévonien moyen. On

peut voir là une conséquence de la phase « bretonne », essentiellement épeirogénique et ici relativement précoce, de l'orogénèse hercynienne.

Les plus anciens fossiles qui aient été identifiés jusqu'à présent dans la partie inférieure du « Culm » d'Ancenis ont été fournis par de petits gisements de calcaires marins; ils indiquent le *Frasnien* : Cop-Choux, l'Écochère, le Fossé Neuf (feuille Ancenis au 1/50 000), montée de Chaudefonds à Ardenay (feuille Thouarcé). Le seul gisement de cet âge, qui soit connu à ce jour sur le territoire étudié ici est celui de la Dauphinété (E). Il est visible à 750 m au NE de la gare de Chalennes, dans la tranchée de chemin de fer et en bordure de la plaine alluviale; de minces passées d'un calcaire plus ou moins gréseux, emballées dans un ensemble schisto-gréseux localement « lie-de-vin », ont fourni en ce point des sections de Foraminifères, des Algues (*Girvanella*) et des Tétracoralliaires, parmi lesquels P. Semenov-Tian-Chansky a reconnu le genre frasnien *Tabulophyllum*.

La présence du Famennien n'a pas encore été reconnue paléontologiquement dans la région; mais cet étage doit se trouver englobé, sous des faciès indifférenciés, dans le complexe du « Culm ».

Dans l'état actuel des connaissances, il semble que la majeure partie de ce « Culm de la Basse-Loire » appartienne au *Dinantien*. Tel est en effet l'âge indiqué par les Lamellibranches limniques des schistes de Bel-Air (feuille Ancenis au 1/50 000) et par les débris végétaux flottés, généralement assez frustes, que l'on rencontre un peu partout dans les faciès schisto-gréseux. Cette « flore à *Rhodea* » est caractérisée, selon E. Bureau, par les éléments suivants : *Archaeopteris pachyrachis* STUR., *Rhodea hochstetteri* STUR., *Lepidodendron veltheimianum* STERNB., *L. rimosum* STERNB., *L. obovatum* STERNB., *L. acuminatum* VAFFIER, *Stigmara ficoides* AD. BRONGN., *Bornia transitionis* ROEM.

« *Lydiennes* » (Ly). La faune des calcaires frasnien montre que des conditions marines régnaient, vers le début du « Culm », dans le bassin d'Ancenis. La présence de « *lydiennes* », bien représentées au NW du hameau du Vieux-Bray, en Montrelais, où elles étaient jadis exploitées, doit être interprétée dans le même sens. Il s'agit de formations siliceuses non détritiques, « jaspoides », à grain très fin et cassure conchoïdale, en bancs réguliers centimétriques ou décimétriques; la teinte, souvent assez claire, varie du gris verdâtre au brun rougeâtre. On y reconnaît au microscope de nombreuses sections de Radiolaires, parmi lesquels J. Emberger a identifié des représentants des ordres des *Nassellaria* et des *Sphaerellaria*; mais ces précisions ne permettent pas de trancher en faveur du Frasnien, du Famennien ou du Dinantien. Au Vieux-Bray, certaines roches associées aux « *lydiennes* » présentent des caractères nettement volcaniques.

Autres faciès. Calcaires de la Dauphinété et *lydiennes* du Vieux-Bray ne représentent que des accidents très localisés dans le complexe du « Culm », essentiellement schisto-gréseux et conglomératique, mais dans lequel les veines de houille, la « Pierre carrée » et les vrais psammites font systématiquement défaut.

Les *schistes* plus ou moins gréseux, parfois grisâtres, mais dont la teinte varie le plus souvent du vert olivâtre au lie-de-vin, représentent le faciès dominant. Ils forment le sous-sol de la ville de Chalennes et affleurent en falaise au NW de cette ville ainsi qu'au SE de Montjean et au Sud de Varades.

Les *grès*. Les plus communs s'apparentent d'assez près aux « *grauwackes* » (« *graywackes* ») de la nomenclature moderne. Verdâtres et plus ou moins sombres, voire rougeâtres ou bruns, ces grès montrent au micro-

scope des quartz très abondants et parfois anguleux, des fragments de plagioclases altérés et des éléments lithiques variés : quartzites, schistes, roches volcaniques et phanites; il s'y ajoute de rares minéraux lourds (pyroxène, épidote, tourmaline), et des paillettes de muscovite. La matrice est détritique et argileuse, plus ou moins chloriteuse ou hématitique. On note localement dans ces grès des passées légèrement calcareuses; celles-ci témoigneraient, comme les lydiennes, de la persistance momentanée de conditions marines. On rencontre également, surtout à l'Ouest du méridien de Varades, en contexte schisteux, des intercalations régulières, en bancs tout au plus décimétriques, de grès quartzitiques clairs.

Les *microconglomérats* sont fréquents, en minces intercalations, dans toute l'épaisseur de la série.

Poudingue d'Ingrandes (p). On désigne sous ce nom un certain nombre de lentilles conglomératiques, de dimensions variables, englobées dans le « Culm ». Connues sur les deux rives, ces lentilles sont surtout développées au Nord de la Loire, où les principales d'entre elles ont pu être approximativement délimitées. Seule la plus importante devrait, en toute rigueur, être désignée sous le nom de « Poudingue d'Ingrandes ». Cette masse résistante explique le coude assez brusque, vers le SW, que décrit la Loire à Ingrandes après avoir emprunté sur 18 km, du SSE au NNW, le tracé du « sillon houiller » namurien. Cette formation est remarquablement exposée dans la tranchée de la ligne Paris - Nantes entre les stations d'Ingrandes et du Fresne-sur-Loire. Les poudingues, en gros bancs réguliers et à galets souvent énormes, y jouent assurément le rôle essentiel; ils alternent capricieusement avec des bancs, ou simples passées, de grès plus ou moins grossiers ou schisteux, et des microconglomérats. Les médianes des galets se situent aux environs de 30 mm; la moyenne des troisièmes quartiles est de 61 mm; le centile est souvent supérieur à 200 mm; le plus gros galet observé atteint 850 mm. L'ensemble est donc à la fois très grossier et très hétérométrique. Ces galets sont principalement formés, surtout aux grandes dimensions, par les « grauwackes » du Culm; il s'y ajoute des quartz flloniens, des quartzites, des « schistes » divers (y compris quartzophyllades du Briovérien) et des « lydiennes ». La fraction fine (ciment des conglomérats, passées non conglomératiques) se présente comme une grauwacke dont les éléments lithiques sont noyés dans une matrice argilo-sableuse. L'hypothèse la plus vraisemblable relativement à la mise en place du « Poudingue d'Ingrandes » est celle d'un cône torrentiel sous-lacustre, alimenté par l'érosion d'imposants reliefs surgis dans le cadre de déformations épeirogéniques intra-dinantiennes.

La direction des bancs, mesurable sur le moindre affleurement du « Culm frasno-dinentien », varie entre N 100° et N 120°. Les pendages, variables en valeur angulaire, sont généralement assez raides, et le plus souvent dirigés vers le Nord; mais ils s'inversent localement, suggérant des répétitions tectoniques. La puissance totale de ce complexe fortement subsident serait de l'ordre de deux ou trois milliers de mètres.

*LE PALÉOZOÏQUE ANTÉ-FRASNIEN
DU FLANC SUD DU SYNCLINAL D'ANCENIS*

s5-d3. « Siluro-Dévonien ». Depuis la fin du siècle dernier, les environs de Chalonnnes sont considérés comme classiques pour l'étude du Silurien et du Dévonien inférieur. Et pourtant, en l'absence de critères permettant la délimitation cartographique de ces deux ensembles, on a dû les regrouper ici, très

arbitrairement, au sein d'un complexe « siluro-dévonien ». Ce dernier, dont la limite inférieure (méridionale) est imprécise, et qui comporte probablement une importante lacune vers la limite des deux périodes, atteint la base du Dévonien moyen; l'absence des termes supérieurs du Mésodévonien souligne l'émersion probable de la région avant la transgression du « Culm frasno-dinantien » (phase « bretonne »).

Ce « Siluro-Dévonien », dont la puissance serait de l'ordre de 400 à 500 m, est constitué pour l'essentiel par un matériel pélitique, plus ou moins gréseux et micacé. Deux formations fossilifères seulement, d'ailleurs discontinues, y jouent le rôle de repères lithologiques et stratigraphiques de première importance : les minces intercalations de « *Phtanites* à *Monograptus lobiferus* » (Llandoveryien) et les lentilles, d'allure récifale, plus ou moins développées, du « Calcaire de Chalennes », dont l'âge (Emsien supérieur-passage à l'Eifelien) a été établi en 1934 par D. Le Maître. Les autres faciès fossilifères sont loin d'être aussi nettement individualisés; ils permettent du moins d'affirmer la présence du Ludlowien (schistes à *Monograptus nilsoni*), du Praguien (calcaire et pélites à *Nowakia acuaria*) et de l'Eifelien inférieur (schistes et nodules à *Nowakia cancellata*). Quant aux « Grès à Psilophytes », ils n'ont pas encore livré de fossiles caractéristiques; on peut penser qu'ils sont en partie immédiatement postérieurs au Calcaire de Chalennes, en partie contemporains. Aucun argument ne permet de caractériser paléontologiquement le Wenlockien, le Gedinnien et le Siegenien inférieur.

D'autres faciès, azoïques cette fois, peuvent servir de repères lithologiques. C'est le cas pour certains grès et pélites bien lités, en bancs isolés de puissance décimétrique, de teinte claire, peu ou pas recristallisés, à nombreux grains de quartz sphériques de 1 à 2 mm. On peut encore citer des grès fins, généralement sombres, parfois un peu calcareux, habituellement riches en paillettes de mica blanc ainsi qu'en pyrite finement disséminée, et à patine souvent ferrugineuse; ces grès sombres sont connus en petits bancs réguliers, mais forment plus fréquemment, en contexte schisteux, des masses noduleuses pouvant dépasser 1 mètre.

La répartition de ces divers faciès, fossilifères ou non, varie notablement selon qu'on étudie l'une ou l'autre des deux unités structurales rapportées au « Siluro-Dévonien », à savoir, du Sud au Nord le « Synclinal de Châteaupanne » et l'« Anticlinal du Tombeau Leclerc ». Le premier est limité vers le Nord par un accident directionnel hercynien de style cassant, affecté de nombreux décrochements transversaux NE-SW; cet accident passe légèrement au Nord de la limite septentrionale des lentilles successives du « Calcaire de Chalennes », les « Grès à Psilophytes » affleurent habituellement à sa lèvre sud. Au-delà, vers le Nord, « l'Anticlinal du Tombeau Leclerc » correspond à une série de compartiments étroits et allongés, décrochés les uns par rapport aux autres. Sa limite septentrionale coïncide avec un nouvel accident, parallèle au précédent, mais de style parfois chevauchant, au-delà duquel on n'observe plus que le « Culm » schisto-gréseux. D'après la faune récoltée dans cette unité septentrionale, la série stratigraphique n'y monterait pas plus haut que le Praguien (calcaires et pélites à *Nowakia acuaria*). On notera par ailleurs que c'est seulement dans cette unité que sont connus les phtanites llandoveryiens à *Monograptus lobiferus*, les « schistes à *Monograptus nilsoni* » et calcaires beiges du Ludlow », ainsi que les « grès sombres » micacés et ferrugineux, dont il a été question plus haut. L'absence de ces formations au Sud du « Calcaire de Chalennes » sur le flanc sud du « Synclinal de Châteaupanne », mérite d'être soulignée. En revanche, les « Grès et pélites à quartz sphériques » sont représentés à la fois dans l'unité méridionale, et dans

l'Anticlinal du Tombeau Leclerc où ils sont associés aux phanites llandoveryens; dans la mesure où il ne s'agit pas d'un simple « faciès », pouvant se répéter à plusieurs niveaux, on aurait là le seul argument susceptible d'être invoqué en faveur de la présence du Silurien au Sud du « Calcaire de Chalennes ».

Ps. Grès à Psilophytes (Emsien supérieur - Eifelien inférieur). Cet ensemble schisto-gréseux est typiquement développé au Nord de la carrière de Châteaupanne, où sa puissance dépasse 50 mètres; il surmonte, en concordance apparente, le « Calcaire de Chalennes » dont le dépôt aurait été brusquement interrompu par ces apports détritiques terrigènes. Il s'agit d'une alternance monotone, en bancs décimétriques, de grès sombres, d'un bleu noirâtre, ou violacés, mais roussâtres à l'affleurement et localement calcareux, et de schistes microgréseux. Grès et schistes renferment en relative abondance de menus débris végétaux flottés, rapportés traditionnellement au groupe très primitif des Psilophytes. La présence de rares fragments d'Encrines témoigne de la persistance d'influences marines plus ou moins atténuées avant l'émersion anté-frasnienne. On retrouve tous ces caractères dans l'affleurement de « Grès à Psilophytes » visible au Nord, et au-dessus, du Calcaire de Chalennes à la Carrière Sainte-Anne (en Chalennes); ici comme à Châteaupanne l'ensemble schisto-gréseux plonge assez faiblement vers le Nord et bute rapidement, dans cette direction, contre un accident NW-SE subvertical qui le sépare des niveaux plus anciens (Silurien et Dévonien inférieur) de l'Anticlinal du Tombeau Leclerc. Un autre affleurement existe au contact nord du calcaire de la Maison Neuve (3,9 km NW de Chalennes). Plus à l'Ouest, on retrouve cette formation au Nord du calcaire de la carrière de Pincourt (Sud de Montjean). Un autre petit affleurement est visible, en contexte purement schisteux, au Sud du cimetière de Chalennes.

Pélites et nodules à *Nowakia cancellata* (Eifelien inférieur). Des pélites grises à noires, micacées, se débitant en petits fragments cupuliformes, s'observent fréquemment au voisinage des lentilles du Calcaire de Chalennes. Elles renferment des petits bancs gréseux centimétriques ainsi que des nodules gris à bruns, silico-argileux, dont la taille varie de quelques cm, à une dizaine de cm. A 1 km au SSE de Chalennes, au Nord d'une minuscule lentille calcaire aujourd'hui disparue, quelques nodules ont livré en abondance *Nowakia cancellata*, Dacryoconaridé caractéristique de l'Eifelien inférieur.

C. Les lentilles du Calcaire de Chalennes (Emsien supérieur-passage à l'Eifelien). Ces masses lenticulaires, d'allure récifale, pouvant atteindre 200 m de puissance et parfois plusieurs km de longueur, sont emballées dans un ensemble schisto-gréseux. Elles étaient jadis activement exploitées pour la fabrication de la chaux. Seule la carrière de Châteaupanne est aujourd'hui en activité (matériaux d'empierrement). Quelques affleurements n'ont, par ailleurs, jamais donné lieu à exploitation. On peut reconnaître cette formation aux points suivants, énumérés d'Ouest en Est :

- le Pressoir (3,5 km SW de Montjean);
- carrière inondée de Pincourt, et affleurements plus orientaux, jusqu'au Tertre;
- carrière inondée des Sept, et affleurements du lieudit « Le Calcaire », rejoignant la carrière de Châteaupanne, actuellement exploitée;
- l'affleurement de la Maison Neuve, très limité, en bordure des prairies inondables;

- le Calcaire de La Grange (3,1 km; NW de Chalonnnes) situé dans l'alignement des lentilles de Calcaire de Chalonnnes, mais de faciès différent;
- les petits affleurements de Bellevue-Ouest (2,6 km NW de Chalonnnes) et de Bellevue-Est (2,3 km NW de Chalonnnes);
- carrière inondée des Pierres-Blanches (ou du « Lac Bleu ») (1,5 km NW de Chalonnnes);
- carrière inondée de Sainte-Anne (0,7 km W de Chalonnnes);
- la lentille, aujourd'hui entièrement disparue, située à 1 km au SSE de Chalonnnes.

C'est la carrière de Châteaupanne qui permet d'observer actuellement la meilleure coupe dans cette formation, puissante ici d'une centaine de mètres environ. Les couches, orientées E-W, présentent des pendages de 40 à 45° N. Le front de taille oriental permet de reconnaître, de bas en haut :

- des schistes fins, sombres, micacés, très irrégulièrement fissiles, à traces énigmatiques (petits terriers?), d'âge indéterminé (anté-emsien), paraissant différents des schistes gris qui sont bien visibles, plus à l'Ouest, dans l'actuel chemin d'accès à la carrière;
- des schistes gréseux et un banc de grès à gros grains de quartz sphériques et à ciment ferrugineux (50 cm environ) avec menus débris végétaux;
- un petit bioherme biconvexe (long de 5 m pour une hauteur d'1,50 m), renfermant des Stromatopores et des Tétracoralliaires;
- un ensemble de bancs décimétriques, puissant d'une vingtaine de mètres, de calcaire noir à grain fin, riche en Ostracodes et petits Brachiopodes, avec quelques Tétracoralliaires et Tabulés;
- au-dessus vient un calcaire organogène en bancs puissants de 1 à 2 m, gris bleuté, localement riche en *Amphipora*, mais renfermant également des Brachiopodes et des « structures rubanées » énigmatiques.

Des observations relevées plus à l'Ouest montrent que la série se poursuit par des calcaires clairs, d'allure massive; certaines surfaces de diaclases, dégagées par les agents atmosphériques, font toutefois apparaître en coupe de remarquables accumulations de squelettes de Tétracoralliaires, Tabulés, Stromatopores et Bryozoaires, soulignant une stratification très régulière qui plonge faiblement vers le Nord. On note aussi, localement, la présence de gros Brachiopodes « récifaux » à coquille très épaisse (*Amphigenia bureaui* OEHLERT, *Pentamerus davyi* OEHLERT).

Tout cet ensemble est surmonté par les « Grès à Psilophytes », bien visibles au sommet de l'escarpement septentrional de la carrière.

Le Calcaire de la Grange (Emsien supérieur-Eifelien inférieur). Dans l'alignement des lentilles du « Calcaire de Chalonnnes », le Calcaire de la Grange forme une minuscule lentille, longue d'une vingtaine de mètres, et située à 150 m à l'Ouest de la ferme de ce nom (3 km WNW de Chalonnnes). Il s'agit d'un calcaire essentiellement crinoïdique, gris clair à rose; la faune, très riche, comprend de nombreuses espèces de Trilobites [*Proetus (Proetus) orbitatus* (BARRANDE), *Eremiproetus eremita erbeni* PILLET, *Otarion (Otarion) hydrocephalum barrandei* (HAWLE ET CORDA), *Otarion (Coignouina) stephanum* (LUTKE), *Ceratocephala vesiculosa* (BEYRICH), *Scutellum* sp., *Crotalocephalus (Boeckia) sternbergi* (BOECK), *Lioharpes venulosus* (HAWLE ET CORDA), etc.], d'Ammonoïdes [*Bactrites* sp., *Pseudobactrites bicarinatus* FERRONNIERE, *Anetoceras advolvens* ERBEN, *Teichertoceras (Convolutoceras) lardeuxi* ERBEN, *Gyroceratites (Lamelloceras) angulatus* ERBEN, *Mimagoniatites aff. fecundus* (BARRANDE), *Palaeogoniatites lituus* (BARRANDE), etc.], d'Échinodermes (Cystoïdes diploporites et Crinoïdes) de Cœlentérés, de Bryozoaires, de Lamel-

libranches, de Gastéropodes, de Céphalopodes nautiloïdes, d'Hyolithes, d'Ostracodes, de Conodontes (*Acodus uncostatus* BRANSON ET MEHL, *Belodus triangularis* STAUFFER, *Drepanodus hermanni* ZIEGLER, *Icriodus latericrescens bilatericrescens* ZIEGLER, *Icriodus latericrescens beckmanni* ZIEGLER, *Ozarkodina beckmanni* ZIEGLER, *Polygnathus linguiformis* HINDE, *Polygnathus webbi* STAUFFER, *Spathognathodus steinhornensis* ZIEGLER, etc.). Les *Tentaculites* (Dacryoconarides) sont également très nombreux (une quinzaine d'espèces); leur étude a montré que la partie supérieure du Calcaire de la Grange serait un peu plus récente que celle du « Calcaire de Chalennes ». Cette lentille engloberait non seulement l'Emsien supérieur et la zone de passage à l'Eifelien, mais tout l'Eifelien inférieur. On y récolte, en effet, au-dessus des horizons à Goniatites et à *Nowakia barrandei* BOUCEK et PRANTL de l'Emsien supérieur, des espèces typiques de l'Eifelien inférieur : *Nowakia cancellata* (RICHTER), *Nowakia richteri* BOUCEK et PRANTL, etc.

Cn. Calcaires et pélites à *Nowakia acuaria* (Praguien). Le meilleur affleurement s'observe à 375 m au NE du hameau de Châteaupanne, en bordure de la plaine alluviale. Il s'agit là d'un calcaire argileux gris bleu, profondément décalcifié, passant à une pélite beige; son épaisseur n'est pas connue. Les Dacryoconarides y abondent : *Nowakia acuaria* (RICHTER) (= *Tentaculites ligeriensis* PÉNEAU), *Guerichina strangulata* BOUCEK et PRANTL; on y a récolté également quelques Trilobites, Brachiopodes et Ostracodes. Quelques autres affleurements de pélites beiges, parfois finement gréseuses et micacées, à cf. *Nowakia acuaria*, sont rapportés à cette formation (environs de la cote 43 à 600 m à l'ESE du Moulin du Lion près de Montjean; à 150 m à l'WNW de la Maison Neuve à l'Ouest de Chalennes; à la Fontaine Saint-Maurille située à 1 km à l'Ouest de Chalennes).

Cs. Calcaires et schistes ludlowiens à *Monograptus nilssoni*. La présence de cette formation a été reconnue à 700 m à l'Ouest de Chalennes, au lieu dit les Quatre-Moulins, et à 800 m au SE de cette ville, au pied du Pavillon de la cote 41 (200 m SSW des Fresnais).

Aux Quatre-Moulins, le talus de la route montre, sur une dizaine de mètres d'épaisseur, des schistes brun à noir, localement riches en Graptolites de la zone 33 : *Monograptus nilssoni* (BARRANDE), *M. chimaera* (BARRANDE), *M. bohemicus* (BARRANDE) (déterminations A. Philippot). Ces schistes admettent quelques bancs décimétriques de calcaires beiges à grain fin n'ayant livré jusqu'à présent que de rares Brachiopodes indéterminés.

Ph. Phtanites llandoveriens à *Monograptus lobiferus*. Ils constituent l'horizon repère de l'Anticinal du Tombeau Leclerc - Chaudfond, et manqueraient en revanche sur le flanc sud du Synclinal de Châteaupanne. Il s'agit de microquartzites graphiteux noirs, plus rarement gris, se présentant en bancs centimétriques ou décimétriques parfaitement réguliers dont l'épaisseur totale n'atteint que quelques mètres. Les phtanites forment des intercalations de longueur variable, dans un contexte schisto-gréseux affleurant mal. Les Graptolites sont fréquents et indiquent ici les zones 19 à 22 (partie supérieure du Llandoverien *sensu stricto* et partie inférieure du Tarannonien); il ne semble pas possible d'établir de zonation paléontologique au sein de ces phtanites. Les principales espèces sont : *Monograptus lobiferus* M'COY, *M. triangulatus* HARKN, *M. convolutus* HISING., *Climacograptus törnquisti* ELLES-WOOD, *Retiolites obesus* LAPW., *Rastrites peregrinus* BARR....

De beaux gisements s'observent à 300 m au SW de la propriété des Fresnais (700 m SE de Chalennes), à 175 m au NW de Mouliherne et immédiatement au Nord de la ferme de la Courpaudière (3,250 km NW de Chalennes); en ce dernier point, les bancs de phanites sont intercalés dans des schistes gréseux à gros grains de quartz roulés.

s5-3. Ordovicien moyen et supérieur. En l'absence de fossiles caractéristiques, des arguments indirects conduisent à envisager cet âge pour un ensemble de schistes et grès, dépourvu de toute intercalation calcaire, plongeant régulièrement au Nord et paraissant ainsi s'enfoncer sous le « Siluro-Dévonien ». Le terme inférieur est représenté par des schistes clairs, très fissiles et finement micacés, bien visibles en particulier à Piffaumont (800 m SW de Châteaupanne), à Ardeberge, sur la route des Aireaux de Grésigné, et aux environs des Pommeaux. Ces « Schistes de Piffaumont », lorsqu'ils sont représentés, reposent le plus souvent sur le Briovérien, dont ils sont séparés par un contact faillé. Mais en certains points (ruisseau de la Guinière, les Pommeaux), ils font suite en parfaite continuité aux dépôts détritiques de base étudiés ci-dessous (Trémadocien-Arenigien). Plus haut viennent d'autres schistes, microgréseux, plus ou moins fissiles, riches en assez grosses paillettes de mica blanc détritique, et dans lesquels on remarque des empreintes sinueuses énigmatiques. Ces « schistes à Fucoïdes » rappellent beaucoup les dépôts qui, sur la rive nord de la Loire (feuille Ancenis au 1/50 000) forment les deux flancs du Synclinal d'Ancenis et dont les nodules ont livré une faune trilobitique à *Ormathops atavus*, caractéristique du Llanvirnien (base de l'Ordovicien moyen). A ce niveau déjà, sur la rive sud, de même que, plus haut, au sein de faciès schisteux non caractéristiques, des minces intercalations gréseuses plus ou moins quartzitiques et de teinte généralement claire (« g ») tiennent la place du « Grès de Pierre Melière », associé, sur l'autre rive, au Llanvirnien fossilifère.

s1-2. Trémadocien-Arenigien. Au Sud de Montjean et aux environs de Chalennes, partout où les rapports originels du Paléozoïque et du Briovérien n'ont pas été oblitérés par la tectonique cassante hercynienne, des dépôts détritiques plus ou moins grossiers et discontinus constituent le terme immédiatement transgressif du Paléozoïque. Cet « horizon détritique de base » affleure sous deux faciès bien différents : le « Poudingue de la Hubaudière (à l'Ouest) et la « Série du Moulin de Châteaupanne ».

p. Poudingue de la Hubaudière. Cette formation affleure bien dans le talus du chemin donnant accès, vers le Sud, à la ferme de la Hubaudière ainsi que sur la rive ouest du ruisseau de la Houssaye, à l'aplomb de la ferme du Clot (1,5 km NW de la Pommeraye). On observe en ces points un conglomérat à ciment quartzeux dont les galets roulés, faits de quartz filonien, de schistes satinés et de métagrauwackes, atteignent 10 centimètres. La formation, régulièrement stratifiée, plonge vers le Nord d'environ 60°; sa puissance pourrait dépasser une centaine de mètres; elle est surmontée, vers le Nord, par des schistes gréseux « ordoviciens ». Le contact précis avec le Briovérien, qui affleure pourtant à proximité immédiate plus au Sud, n'a pu être observé; la discordance peut néanmoins être tenue pour certaine, en raison des évolutions, métamorphique et structurale, bien différentes, subies par les deux ensembles, et de la nature, exclusivement « briovérienne », des galets du conglomérat.

Série du Moulin de Châteaupanne. C'est à la localité type (1 km SE du hameau de Châteaupanne) que l'on rencontre, venant de l'Ouest, le premier

affleurement de ce nouvel ensemble; mais on retrouve celui-ci plus à l'Est, en de nombreux points (Sud d'Ardeberge, Nord des Aireaux de Grésigné et de la Guinière, les Pommeaux, les Courtils, la Grotte, les Deux-Croix, Sud de Feuille d'Or); plus à l'Est encore, sa présence a été constatée sur les feuilles Chemillé (angle NE) et Thouarcé (angle NW). La puissance de la série n'excéderait pas une trentaine de mètres sous les « Schistes de Piffaumont », qui lui font suite en continuité là où ils n'ont pas été supprimés tectoniquement.

Au Moulin de Châteaupanne, l'escarpement de la rive ouest du ruisseau montre, à sa base, un ensemble de schistes phylliteux et métagrauwackes briovériens, intensément plissé, à schistosité principale N 135° et pendages 60° NE. Ce Briovérien, à surface altérée et même rubéfiée, est surmonté en discordance totale par des dépôts détritiques bien stratifiés, plongeant d'environ 25° vers le NW. Au-dessus d'un niveau de base décimétrique, formé de brèches à ciment rougeâtre avec fragments anguleux de schistes briovériens, viennent, sur une vingtaine de mètres, des grès très grossiers de teinte claire, avec minces intercalations de brèches rougeâtres et de pélites brun chocolat. La discordance est tout aussi nette sur la rive droite du ruisseau de la Guinière où la série détritique débute par quelques décimètres de grès grossiers clairs, et se poursuit par des pélites blanchâtres. Les faciès « pourprés », absents en ce dernier point, réapparaissent aux Pommeaux et aux Deux-Croix.

Les horizons pélitiques, voire gréseux, de cet ensemble basal ont livré des fossiles marins millimétriques (Moulin de Châteaupanne, ruisseau de la Guinière, les Pommeaux) : *Hyolites* sp., gros Conodontes rapportés au genre *Paltodus*, représentants du genre *Orbiculoidea* et nombreux autres petits Brachiopodes inarticulés appartenant à la famille des *Acrotretidae*. La présence du genre *Orbiculoidea* ne permet pas de retenir l'hypothèse d'un âge cambrien pour cette faune, laquelle appartient clairement au Paléozoïque inférieur. Il est donc légitime de rapporter globalement à un « Tremadocien-Arenigien », l'ensemble formé par la Série du Moulin de Châteaupanne et par les « Schistes de Piffaumont », ces derniers étant plus anciens que les « Schistes à Fucoïdes », attribués, on le sait, au Llanvirnien. Quant au « Poudingue de la Hubaudière », on peut y voir un faciès latéral de cette série.

PALÉOZOÏQUE « ANTÉ-FRASNIEN »
DU FLANC NORD DU SYNCLINAL D'ANCENIS

La zone disloquée qui, au Nord de Varades, sépare le « Bassin houiller » du « Culm », se prête particulièrement mal à l'étude. Aucun contact n'a pu y être observé, et c'est le plus souvent la présence de débris superficiels qui permet de reconnaître la succession suivante (du Nord au Sud) : Houiller productif (« Bassin houiller »), phyllades et métagrauwackes du Briovérien (réapparition, vers l'Est, de « l'Anticlinal de Pouillé », défini sur la feuille Ancenis), schistes et grès ordoviciens (flanc nord du Synclinal d'Ancenis), « Culm » frasnio-dinantien (cœur du même synclinal). L'interprétation tectonique proposée cartographiquement ici tient compte de levés effectués plus à l'Ouest; elle rend compte de la succession anormale qui vient d'être décrite.

s2-3. Schistes et grès attribués au Llanvirnien. Des grès quartzitiques, souvent assez sombres, ont jadis été exploités en un certain nombre de petites carrières alignées d'Est en Ouest entre le Peignerie et la Riverais. Les schistes à mica blanc détritique qui leur sont immédiatement associés affleurent très mal. Cet ensemble, ici azoïque, est lithologiquement

comparable à celui qui, non loin de là, mais un peu plus à l'Ouest, sur les deux flancs du synclinal d'Ancenis, a livré des nodules à Trilobites Ilanvirniens (niveau noduleux à *Ormathops atavus*) (feuille Ancenis au 1/50 000).

LA SÉRIE DE SAINT-GEORGES-SUR-LOIRE (s4-5)

Définie sur la feuille Chalennes où elle affleure très largement, cette série présente, en Armorique méridionale, une extension et une continuité remarquables. Elle s'individualise, à l'Ouest, dès la région de Redon, pour s'étendre au-delà, vers l'ESE, jusqu'au Sud d'Angers, où elle franchit la Loire. Sa largeur d'affleurement n'est jamais inférieure à 8 kilomètres. Le plus souvent, les couches plongent uniformément vers le Sud, sous des angles qui varient autour d'une trentaine de degrés. Compte tenu de l'intervention probable, mais difficile à mettre en évidence, de replis tectoniques, la puissance totale de ce complexe sédimentaire et volcanique ne serait pas inférieure à quatre ou cinq milliers de mètres.

On propose ici de lui assigner pour *limite inférieure (septentrionale)* le toit des schistes ardoisiers de la bande « s3 » des Essarts (Llandeilien *sensu lato*). Plus récente que ces « Schistes d'Angers », et atteignant peut-être, comme on le verra, le Dévonien inférieur, la « Série de Saint-Georges », entendue au sens large, engloberait donc, sous des faciès schisteux, puis schisto-gréseux et volcaniques, tout l'Ordovicien supérieur et le Silurien. Ce dernier système entrerait, pour plus des deux-tiers, dans la constitution du complexe et formerait, à lui seul, la quasi totalité de la « Série volcanique » (Série de Saint-Georges au sens strict).

On ne connaît pas de façon précise la « limite supérieure stratigraphique » de la série, dont la *limite méridionale* est purement tectonique et coïncide avec un grand accident directionnel, celui qui encadre au Nord le « Sillon houiller de la Basse-Loire ».

Par sa puissance considérable, dénotant une forte subsidence, par la nature flyschôide de son remplissage sédimentaire schisto-gréseux, par la nature de son volcanisme où alternent les termes acides et basiques, la Série de Saint-Georges présente certains caractères d'une série géosynclinale. L'on soulignera à ce propos qu'il existe, à l'échelle régionale, un net contraste avec les séries, de même âge, mais fort réduites, qui affleurent aussi bien vers le Sud (flanc méridional du Synclinal d'Ancenis) que, vers le Nord, au-delà de l'Anticlinorium de Candé (Synclinorium de Saint-Julien-de-Vouvantes, feuille Segré).

Les dépôts les plus anciens, exclusivement schisteux, font suite en continuité vers le Sud à la bande subardoisère des Essarts. Ces « schistes de base », gris ou beiges et plus ou moins luisants, présentent des récurrences subardoisières; ils ne diffèrent guère que par l'absence des teintes rouges ou vertes de ceux qui appartiennent à la « Série volcanique ». Au-dessus, des schistes identiques montrent déjà des intercalations gréseuses, généralement assez sombres.

La « **Série volcanique** » (« Série de Saint-Georges *sensu stricto* ») est lithologiquement, et sans doute structuralement, beaucoup plus complexe. La description de ses termes « effusifs » sera donnée ultérieurement (« Roches éruptives »). Ce sont d'ailleurs les dépôts sédimentaires (ou « volcano-sédimentaires ») qui offrent le plus grand développement. Ils se présentent en alternances quasi-rythmiques de schistes (50-60 %?) et de grès (20-30 %?),

avec intercalations de phtanites (5 %) ainsi que de très rares et minces lentilles ou passées calcaires.

Les schistes. Tendres et fissiles, d'aspect plus ou moins lustré et de teintes claires (grisâtres ou jaunâtres), ils renferment de nombreuses passées vertes ou lie-de-vin, irrégulièrement développées et nettement obliques sur la stratification. Au microscope, ces dépôts apparaissent formés surtout de chlorite et de mica blanc avec, localement, un peu de quartz (parfois en cristaux corrodés), de l'hématite et de la calcite. On n'y a pas signalé de fossiles.

Les grès (g). Tantôt les faciès gréseux se réduisent à de minces intercalations, non cartographiables, au sein des schistes précédents; tantôt, ils forment des bancs bien individualisés, atteignant jusqu'à 200 ou 300 m d'épaisseur; tantôt, enfin, ils couvrent des surfaces considérables (régions de Saint-Augustin-des-Bois et de Villemoisin). Leur rôle orographique est important, en particulier dans l'angle NW de la feuille. Les *grès feldspathiques* sont assez fréquents; d'un gris bleuté, assez durs, ils sont formés de quartz (dominant) et de plagioclases plus ou moins altérés (albite); le ciment est microquartzeux et phylliteux, avec accessoirement mica blanc, minéraux opaques et calcite. Le faciès le plus caractéristique serait celui des *grès violacés*, qui forment en particulier, presque à eux seuls, les deux larges bandes situées à l'Est et à l'Ouest de Saint-Augustin; la roche, souvent d'un brun rougeâtre, se débite en plaquettes centimétriques; le quartz, dominant, est noyé dans un fond opaque, probablement hématitique; la tourmaline, en petits cristaux brisés, est assez constante; il s'y ajoute de rares zircons et un peu de biotite. On observe aussi de vrais *quartzites*, des *grès chloriteux* ou *phylliteux*, et des *psammites*.

Les rares fossiles de ces faciès gréseux sont de simples traces, dépourvues de valeur stratigraphique : « *Vexillum* » (Est du Bois des Fresnais, à 3 km Est de Villemoisin; Est de l'Ornière, à 2 km SE de Saint-Augustin), « Vermiglyphes » et « *Neonereites* » (Est des Abattis, à 3 km NE de Saint-Georges).

Les phtanites (Ph). Ces microquartzites graphiteux, régulièrement stratifiés, difficilement clivables, à cassure esquilleuse, sont présents, au-dessus des schistes et grès de base, dans toute l'épaisseur de la série. Ils ne diffèrent pas de ceux de l'« Anticlinal du Tombeau Leclerc ». Leurs modes de gisement sont très variés : alternances rythmiques et centimétriques de schistes et de phtanites, bancs décimétriques ou métriques, bien individualisés, affleurements massifs atteignant 100 m de puissance, et pouvant être suivis en direction sur plus de 2 km (5 km SE de la Cornuaille). Certains niveaux sont relativement pauvres en quartz et riches en graphite; à la limite, on passe à une *ampélite* typique (**Am**), tachant les doigts (puits de la Boitellerie, 2,5 km NNW de Belligné; tranchée du Moulin Bachelot, 3 km Sud de Chalonnnes). Habituellement moins graphiteux, les phtanites présentent alors des teintes qui vont d'un gris plus ou moins sombre au gris clair, et dont les variations rythmiques donnent un fin rubanement à l'échelle de l'échantillon. La microfaune, localement abondante, n'a pas encore été étudiée. Les seuls macrofossiles sont des Graptolites, souvent très nombreux, mais presque systématiquement localisés dans les affleurements les plus septentrionaux. Les gisements suivants sont particulièrement fossilifères (d'Ouest en Est) : les Basses-Loges, Nord de la Louetière, la Bauche, le Charbon Blanc, la Goupillère. Les ampélites découvertes à l'occasion du forage d'un puits à la Boitellerie (Nord de Belligné), et qui passent latéralement à des phtanites, ont fourni des spécimens aussi variés que remarquablement conservés. Cette faune, très homogène, est la

faune habituelle des « Phtanites de l'Anjou et de la Loire-Atlantique »; elle indique donc le Silurien inférieur. Parmi les spécimens des ampélites de la Boitellerie, A. Philippon a reconnu : *Monograptus gemmatus* BARR., *M. cf. barrandei* LAPW., *M. spiralis* GEIN., *M. cf. sedgwicki* PORTL., *Retiolites (Gladiograptus) geinitzianus* (BARR.), *R. (Plegmatograptus) obesus* (LAPW.).

D'autres gisements ont fourni en outre, *Monograptus crenularis* LAPW. et *M. lobiferus* MC COY. L'ensemble caractérise les zones 19 à 23 (voire 19 à 25) (Llandoveryen *sensu lato*). En contexte franchement volcanique, deux spécimens seulement de Graptolites ont été récoltés dans les phtanites : l'un à la carrière des Buttes (Sud du Landreau, à 4 km NW de Saint-Georges), l'autre à l'Est de Coutances (2,5 km SW de Saint-Georges); il s'agirait toujours de la même faune. La répétition, à d'innombrables reprises, de ces intercalations « llandoveryennes », au sein d'un puissant ensemble d'abord sédimentaire, puis volcanique, pose dès lors de sérieux problèmes sédimentologiques et structuraux. Quoi qu'il en soit, c'est sur la fréquence de ces intercalations que repose l'hypothèse d'un âge silurien *sensu lato* pour la partie volcanique de la Série de Saint-Georges. On peut d'ailleurs envisager l'existence d'un lien génétique entre ces formations « jaspoïdes » et un volcanisme contemporain.

Jaspes (J). La présence de jaspes rouges, identifiables le plus souvent à l'état de débris épars, a été reconnue en plusieurs points; partout ces roches se montrent immédiatement associées à des spilites et leur sont donc génétiquement liées. Seuls les deux indices les plus importants, associés à l'énorme venue spilitique de la Charbonnerie (Nord d'Ingrandes), ont été reportés sur la carte. Mais ces roches sont connues en bien d'autres points, par exemple aux environs de la Villette (4 km SW de Saint-Georges) ou de l'Auvière (2 km NW de la même localité).

Calcaires. Un certain nombre de petites lentilles ou simples passées calcaires peuvent être observées dans la zone d'affleurement de la série de Saint-Georges; elles s'y montrent souvent, mais non systématiquement, associées aux roches volcaniques basiques ou à leurs tufs. Beaucoup d'entre elles ont dû passer inaperçues. La plus occidentale, celle de la Gracerie (3 km NW de la Rouxière), est hors des limites de la feuille; mais deux petits pointements ont été découverts dans son prolongement, en contexte schisteux, 5 km plus à l'Est, à la Noue de la Barre et au Pas (1 250 m SSE de Belligné). On voit en ces points un calcaire de teinte claire, légèrement violacé et très recristallisé. Plus à l'Est encore, une tranchée a permis de retrouver, à une cinquantaine de mètres au Sud du carrefour de Tournebride (1 km NE d'Ingrandes), au sein de tufs basiques, un calcaire gris cristallin jadis exploité ici et ayant pu servir à l'alimentation de l'ancien four à chaux d'Ingrandes. Des débris d'un calcaire plus ou moins encrinétique sont également visibles dans des vignes au NE du Moulin Bachelot. Non loin de là, dans la tranchée du chemin de fer, une gangue calcaire emballée des fragments pyroclastiques basiques; en ce dernier point, ainsi qu'à la Croix-Rouge (5 km SE de Saint-Georges), des microbrèches et tufs basiques ont un ciment calcaire. Aucun organisme significatif n'a encore été signalé dans ces dépôts carbonatés sur l'étendue de la feuille. Mais, non loin de sa limite orientale, à Denée (feuille Angers) des calcaires affleurant, semble-t-il, dans le même contexte géologique ont livré des fossiles; pour un gisement, il s'agit de *Conodontes* du Ludlowien; pour l'autre, situé à 50 m plus au Sud, la présence de *Nowakia acuaria* RICHTER, indique le Praguien (Siegenien supérieur-Emsien inférieur). Ce dernier argument pourrait justifier l'hypothèse selon laquelle la « Série de Saint-Georges *sensu lato* » monte jusque dans l'Éodévonien. Mais

il ne s'ensuit pas que tous les dépôts carbonatés liés à ce puissant complexe appartiennent à sa partie terminale; leur étude micropaléontologique permettra peut-être de faire sortir la Série de Saint-Georges de son anonymat.

Roches volcano-détritiques. Dans la zone volcanique de la Série de Saint-Georges, on connaît tous les types de passage entre formations pyroclastiques et dépôts purement sédimentaires; il n'a pas été possible de les séparer cartographiquement. Un point important, confirmé par l'étude des laves, doit être dès à présent souligné : il n'existe pas ici de formations témoignant sans ambiguïté de l'intervention d'un volcanisme aérien ou sub-aérien. Des « *microconglomérats et tufs basiques* » alternent avec les coulées spilitiques (tranchée du Moulin Bachelot) ou les prolongent latéralement (immédiatement au Nord de Saint-Georges); ces roches sont habituellement granoclassées. Les éléments grossiers peuvent y être représentés par des fragments de spilites (3 km Sud de Saint-Georges); ailleurs, des éléments vitreux ou des débris arrondis de laves microlithiques sont unis par un ciment souvent peu abondant (10 %), de nature phylliteuse et ferrugineuse; l'ensemble n'est pas sans évoquer des « lapilli » (Sud du Bignon, à 3 km Sud de Saint-Georges). Le conglomérat du Moulin de la Croix-Rouge (Est de la gare de Saint-Georges), à fragments de phanites et éléments pyroclastiques anguleux, pourrait témoigner d'une mise en place à faible profondeur. Les « *tufs acides* » se laissent très difficilement séparer des « *grès et schistes à éléments volcaniques* ». Ces roches, notamment celles du deuxième groupe, sont extrêmement fréquentes. Elles ont en commun leur richesse en cristaux fragmentés de quartz et de plagioclases acides. La description du « *Porphyre quartzifère de Saint-Georges* », donnée plus loin (« Roches volcaniques »), aurait été sans doute mieux à sa place ici.

*LE PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR
DE L'ANTICLINORIUM DE CANDÉ*

L'Anticlinorium de Candé, qui traverse l'angle NE de la feuille dans la région du Louroux-Béconnais et de Bécon-les-Granits, pour se terminer aux Ponts-de-Cé, a une signification paléogéographique et structurale bien particulière. Le cœur de cette structure est marqué par l'affleurement des « Orthogneiss de Saint-Clément-de-la-Place », où l'on s'accorde à voir une très lointaine réapparition orientale du « granite gneissique des Landes de Lanvaux » rapporté au Précambrien. La couverture paléozoïque comprend deux ensembles superposés, analysés ci-dessous.

s3. Schistes attribués au Llandeilien. Des schistes subardoisiers, d'un gris bleuté assez sombre, affleurent suivant deux bandes parallèles de part et d'autre de Bécon. La bande nord souligne un repli synclinal; celle du Sud passe insensiblement vers le haut, comme il a été dit à la « Série de Saint-Georges ». Aucun fossile n'a été récolté dans ce monotone ensemble schisteux dont il est difficile d'indiquer la puissance. Mais sa position stratigraphique, au toit des « Schistes et Arkoses de Bains », et ses faciès, en font un équivalent satisfaisant des « Schistes d'Angers » (Llandeilien *sensu lato*), lesquels ne sont typiquement développés, sous des faciès fossilifères, que plus au Nord, dans le Synclinorium Saint-Julien-de-Vouvantes - Angers.

s1-2. « Schistes et Arkoses de Bains ». Ce complexe a été défini beaucoup plus à l'Ouest, à Bains-sur-Oust, près de Redon, dans la zone de terminaison orientale du granite de Lanvaux. Schisto-gréseux plutôt que véritablement arkosique, il est considéré, dans tout le domaine anticlinorial Lanvaux - Ponts-de-Cé, comme un faciès original de la base du Paléozoïque qui serait, ici, non seulement transgressive mais discordante sur le « socle » précambrien. Deux gisements à *Didymograptus*, hors des limites de la feuille (La Pile en Saint-Julien-de-Vouvantes, la Boserie en Angrie) indiquent que l'ensemble englobe vers le haut tout l'Arenigien. Mais l'âge des formations basales, dont les rapports avec les orthogneiss n'ont pas encore été clairement précisés, demeure indécis (Cambrien?-Tremadocien?). La puissance totale est de plusieurs centaines de mètres. Des faciès pélitiques, de teintes tantôt claires (jaunâtres, verdâtres ou violacées), tantôt d'un gris bleuté, y alternent à de nombreuses reprises avec des microconglomérats fibreux à grains de quartz arrondis, et des grès en plaquettes souvent psammitiques. Ces alternances peuvent être étudiées au Nord de la Cornuaille, dans la tranchée de la route qui va de cette localité à Angrie; on les voit aussi dans un chemin creux, à 300 m au NW des Essarts. A ces faciès relativement fissiles sont associées lenticulairement des masses gréseuses homogènes (**g**), parfois très importantes, formant en particulier la longue crête qui joint, en direction sud-armoricaine, Bécon au Louroux. On voit qu'en ce qui concerne l'âge de ces « Grès du Louroux », rapportés au « Caradocien » par la seconde édition de la feuille Ancenis au 1/80 000, l'on en revient pratiquement à l'interprétation proposée par la première édition de cette feuille, qui faisait de ces dépôts un équivalent probable du « Grès armoricain ». Une bonne coupe dans ces grès est visible à la carrière du Haut-Chemin (1 200 m WNW de Bécon); les bancs plongent ici, très régulièrement, à 45° vers le Sud; ce sont des grès quartzitiques, parfois assez grossiers et chloriteux; souvent riches en hématite, ils présentent alors des teintes rouges ou rougeâtres. On retrouve les mêmes caractères lithologiques à l'ancienne petite carrière du Moulin de la Haie (cote 86 à 2,5 km au SE du Louroux); mais en ce dernier point les pendages s'orientent vers le NW.

FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES

LA SÉRIE BRIOVÉRIENNE DES MAUGES (PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR)

L'étroite zone briovérienne qui occupe le Sud de la feuille, en bordure méridionale du Synclinal d'Ancenis ne correspond qu'à une infime partie d'un vaste domaine cristallophyllien, très développé plus au Sud et plus à l'Ouest. Cet ensemble a été interprété par J. Cogné comme une grande structure couchée (« nappe cristallophyllienne de Champtoceaux ») reprise dans une voussure anticlinale plus récente, d'orientation E-W (« anticlinal de la Chapelle-sur-Erdre »). Du fait de l'ennoyage, vers l'Est, de cette voussure, les formations épimétamorphiques qui enveloppent la « nappe de Champtoceaux » viennent à l'affleurement dans la partie orientale du bâti; elles constituent la « série des Mauges », rapportée au « Briovérien supérieur », et à laquelle appartiennent les affleurements du Sud de la feuille Chalonnnes.

Le contact entre cette série briovérienne et le Paléozoïque inférieur du Synclinal d'Ancenis est le plus souvent faillé. Mais la cartographie des formations litho-stratigraphiques constituant ces deux ensembles souligne la

dysharmonie fondamentale qui les sépare sur le plan structural. Ceci vaut particulièrement pour la partie orientale de la feuille où les affleurements discordants du « Poudingue de la Hubaudière » et de la « Série du Moulin de Châteaupanne » jalonnent de façon discontinue le contact Briovérien-Paléozoïque. L'analyse de cette discordance a montré que l'épimétamorphisme et les plissements du « Briovérien supérieur » sont antérieurs à la transgression paléozoïque, datée on le sait, du Tremadocien-Arenigien. Ces plissements peuvent donc être légitimement attribués à l'orogénèse cadomienne. Le comportement rigide, aux temps hercyniens, du soubassement briovérien en bordure du Synclinal d'Ancenis est attesté par son découpage en panneaux de « socle », revêtus des termes de base de la série paléozoïque, à peine déformée; ce comportement tectonique souligne bien l'indépendance structurale et stratigraphique des deux ensembles, paléozoïque et briovérien.

Sous le voile d'un faible métamorphisme, on reconnaît, dans la série des Mauges, un matériel sédimentaire stratifié, puissant et monotone, de nature « flyschöide ». Le tout est intensément plissé, en petits plis particulièrement apparents dans les formations schisto-gréseuses finement rythmiques. A l'extrémité occidentale de la feuille, les axes des plis sont dirigés WSW-ENE; puis cette direction tourne progressivement vers l'Est, pour finalement devenir NW-SE dans la partie orientale. Ces axes, soulignés par une linéation, sont souvent sub-horizontaux; ils peuvent aussi plonger en direction ENE à ESE, avec des angles n'excédant pas généralement 45°; cependant, dans la partie orientale, les axes des plis plongent de 20 à 30° vers le NW. Une schistosité de plan axial, principale surface de feuilletage des schistes, se trouve encore liée à ces petits plis; son pendage oscille habituellement entre 60 et 80° vers le NW, le Nord ou le NE.

La croissance régulière du métamorphisme en direction de l'angle SW de la feuille, c'est-à-dire vers le cœur de la grande structure anticlinale de la Chapelle-sur-Erdre, permet de tracer une limite approximative au niveau de l'isograde d'apparition de la biotite. Cette remarque justifie la distinction des deux zones de métamorphisme étudiées ci-après.

x₂ et x_{2g}. Schistes phylliteux à muscovite et chlorite; métagrauwares albitiques. La nature « flyschöide » de la sédimentation est attestée par le caractère rythmique prononcé des formations épimétamorphiques. L'alternance des termes schisteux et gréseux s'y trouve réalisée à plusieurs échelles; elle se traduit, à petite échelle, par le fin rubanement qui caractérise une partie notable des schistes; à plus grande échelle, on constate que la série est constituée par l'alternance, métrique à décamétrique, de trois termes essentiels : schistes très phylliteux, schistes plus gréseux et rubanés (faciès auquel il a déjà été fait allusion), métagrauwares plus ou moins gréseuses; à plus grande échelle encore, on a distingué, sur la carte, des ensembles où dominant les faciès « schisteux » (plus ou moins rubanés) (x₂) de ceux où dominant les métagrauwares (x_{2g}). Toutes ces formations appartiennent à la zone métamorphisme à chlorite; c'est bien, d'ailleurs, à cette zone que les rattache leur paragenèse : quartz, albite, chlorite, muscovite, épidote.

Les schistes phylliteux (x₂), d'aspect satiné, sont plus ou moins riches en séricite et chlorite ou, au contraire, en quartz; on peut noter que la teneur en quartz augmente à mesure que la structure devient plus nettement rubanée. Le quartz et les minéraux phylliteux s'orientent suivant le litage sédimentaire, toujours intensément plissoté, et suivant la schistosité de plan axial; celle-ci a dû jouer comme surface de glissement privilégiée lors des reprises

tectoniques; les recristallisations s'y montrent en effet souvent sous un aspect finement cataclastique; la schistosité est, par ailleurs, soulignée par des lignes limoniteuses.

Les métagrauweekes albitiques ($x\xi_2$) sont des formations grisâtres à verdâtres; le litage sédimentaire, plus ou moins apparent, est souvent souligné par de très nombreux petits feldspaths blancs, millimétriques, et d'aspect résiduel; il s'agit habituellement d'albite; mais on observe aussi des feldspaths potassiques. De nombreux cristaux de quartz résiduels se détachent également de la fine matrice quartzo-micacée; certains présentent des golfes de corrosion imparfaitement estompés par la recristallisation métamorphique. La présence de ces quartz, ainsi que l'abondance des albites résiduelles, pourraient impliquer l'origine volcanique d'une partie des éléments détritiques de ces « grauweekes ». La question se poserait plus particulièrement pour les grès grauweekeux qui affleurent en bordure de la Loire, à Saint-Florent-le-Vieil et à la Petite Vacherie; c'est pourquoi la Notice explicative de la feuille Ancenis au 1/80 000, 2^e édition, a proposé de rapporter ces grès non pas au Briovérien supérieur, mais à une « série intermédiaire », volcano-détritique ($x-s_1$), définie plus à l'Ouest sur la rive droite de la Loire. Mais des levés précis ont montré qu'aucun critère, lithologique, métamorphique ou structural, ne permet de séparer cartographiquement la zone gréseuse « Saint-Florent - la Petite Vacherie » du « Briovérien supérieur » métagrauweekeux des Mauges.

$x\xi_1$. Schistes phylliteux à muscovite, chlorite et biotite. Ce sont les « micaschistes à muscovite, chlorite et biotite » (notés ξ_1) de la feuille Vallet au 1/50 000 (limitrophe, vers le SW, de la feuille Chalennes). Mais ces formations, qui n'occupent ici qu'une faible surface, ne se distinguent de l'ensemble « $x\xi_2$ » que par un degré de métamorphisme plus élevé; on y retrouve par ailleurs le même matériel sédimentaire originel (schisto-gréseux, rythmique et intensément plissé). Les niveaux gréseux albitiques y seraient toutefois plus rares, autant que l'on en puisse juger d'après des affleurements aussi rares que médiocres. La trame quartzo-micacée de ces schistes plus ou moins rubanés comporte encore de la séricite et de la chlorite, en cristaux à peine mieux développés que dans la zone à chlorite; mais à ces minéraux s'associent de petites biotites, et l'on observe un assemblage bien typique du sommet de la zone à biotite (quartz, albite, muscovite, chlorite, épidote). On note aussi que la biotite se fait plus abondante à mesure que l'on s'éloigne de la zone où elle a fait son apparition; en même temps son pléochroïsme, nettement vert au départ, évolue vers un pléochroïsme brun, qui n'est guère atteint qu'en lisière méridionale de la feuille.

X. AUTRES AFFLEUREMENTS BRIOVÉRIENS

« **Anticlinal de Pouillé** ». Sur la feuille Ancenis au 1/50 000, de très rares affleurements, ou des débris en surface des champs jalonnent une étroite zone briovérienne E-W, affectée d'importants décrochements NW-SE, et séparant le sillon houiller namurien (ou la « Série de Saint-Georges ») des schistes et grès ordoviciens. Cet « Anticlinal de Pouillé-les-Coteaux », dont la signification paléogéographique et structurale n'a pas encore été élucidée, est loin de présenter, plus à l'Ouest, sur la feuille Chalennes, la même régularité. De rares indices, recueillis pour la plupart dans de petites mares-

abreuvoirs, ont cependant permis, au Nord de Varades, de confirmer sa réapparition sous forme d'une étroite bande tectonique allongée E-W sur 4 kilomètres. Ici comme plus à l'Ouest, ce Briovérien paraît essentiellement formé par des schistes phylliteux et méta-grauwackes analogues à ceux de la « Série des Mauges ». Au-delà du méridien de la Chapelle-Saint-Sauveur, et jusqu'à la limite orientale de la feuille, on n'observe plus de Briovérien au Sud de la faille bordière méridionale du fossé namurien. Mais plus à l'Est, « l'Anticlinal d'Ardenay » (feuille Thouarcé), qui prend naissance à la jonction précise des quatre feuilles Chalonnais, Chemillé, Angers et Thouarcé, montre à nouveau le Briovérien en contact anormal vers le Nord avec le Namurien, et assure ainsi le relai de « l'Anticlinal de Pouillé ».

Est de Bécon-les-Granits. Des schistes phylliteux « argentés », à linéation très accusée, probablement briovériens, ont été observés récemment en place dans une mare à la ferme de la Grèlerie (4 km Est de Bécon). Cet affleurement, et d'autres indices relevés aux environs, suggèrent l'existence d'une étroite bande « briovérienne » comprise entre le « socle orthogneissique de Saint-Clément-de-la-Place » (au NE), et les « Schistes et Arkoses de Bains » (au SW). Mais les rapports existant entre ces trois ensembles manquent de clarté.

Yx. ORTHOGNEISS DE SAINT-CLÉMENT-DE-LA-PLACE

Des orthogneiss, à biotite ou à deux micas, présentant une linéation très accusée affleurent sous forme de « chicots » à l'extrémité NE de la feuille. Un peu au-delà de ses limites orientales, près du Moulin de la Tansolière (feuille Angers), ce sont des roches à grands feldspaths potassiques avec micropérites, quartz vermiculés, plagioclases résiduels arrondis, biotite en traînées discontinues, quartz en plages irrégulières allongées, engrenées, formant le fond et moulant les feldspaths. L'analyse chimique a donné : SiO_2 : 73,40 %; K_2O : 4,10 %; Na_2O : 2,50 %.

Il faut rappeler que l'on considère ce complexe orthogneissique comme une réapparition orientale du granite gneissique des Landes de Lanvaux.

ROCHES ÉRUPTIVES

COMPLEXE VOLCANIQUE DE LA SÉRIE DE SAINT-GEORGES-SUR-LOIRE

Ces roches volcaniques peuvent être réparties en deux grands groupes représentés à peu près à égalité : *roches basiques* et *roches acides*. Ces dernières plus résistantes, jouent de ce fait un rôle orographique plus important.

β . Roches basiques (spilites). A l'œil nu, ce sont des roches vertes à vert sombre, où des traînées rougeâtres traduisent localement la présence d'hématite. Par altération, la roche devient brunâtre et perd rapidement toute cohésion. Le grain, fin à très fin, ne permet que rarement l'observation de fines baguettes plagioclasiques entrecroisées.

Il s'agit, suivant les cas, de coulées ou de sills. Ces derniers sont probablement très nombreux, mais on manque de critères permettant leur mise en évidence; toutefois, dans un fossé de route, près de La Villette (4 km SW de Saint-Georges), on remarque des intercalations spilitiques ayant modifié, à leur mur comme à leur toit, les schistes encaissants. La puissance des coulées varie entre 20 cm et plus de 100 mètres. Le mode de mise en place est indiqué, suivant les cas, par des « pillow-lavas », par des variations de structure microscopique au niveau de « surfaces de refroidissement », ou par la présence de surfaces supérieures sinon « cordées », du moins flexueuses.

De beaux « débits en coussin » (« pillow-lavas ») sont exposés dans la tranchée de la voie ferrée à 2,5 km au SSW de Saint-Georges (« tranchée du Moulin Bachelot »). D'autres sont visibles à 500 m au SW du Pont-Thébault (2,5 km NE de Champtocé), dans des vignes au Nord du château du Pin (2,5 km NE de Champtocé) et dans des champs à l'Ouest de la Grande Chauvière (5 km NW de Saint-Georges). Dans la partie ouest de la tranchée du Moulin Bachelot, les coussins forment la partie supérieure d'une coulée et s'y empilent sur une dizaine de mètres; ils se moulent étroitement les uns sur les autres, n'étant séparés que par une matrice interstitielle extrêmement réduite; leur plus grande dimension varie de 0,1 à 1 m; leur épaisseur est comprise entre le tiers et la moitié de leur longueur. A l'extrémité orientale de la même tranchée, de gros coussins (1 à 2 m) sont noyés dans une masse spilitique homogène. Dans la partie médiane, on peut voir quelques coussins brisés, environnés d'une matrice calcaire. Au SW du Pont-Thébault, la matrice pyroclastique est bien développée. L'étude de coussins d'assez grandes dimensions a montré, de l'extérieur vers l'intérieur : une couche vitreuse (1 cm), une zone à structure microlithique divergente ou arborescente (10-30 cm), et une région centrale à structure doléritique intersertale.

La structure microscopique des roches spilitiques varie notablement au sein d'une même coulée ou d'un même sill. Dans la structure doléritique, les deux types, intersertal et poecilitique, peuvent se rencontrer (« diabases ophitiques » des anciens auteurs régionaux); le premier type serait plus fréquent, surtout pour des venues de quelque importance. La structure microlithique (anciennes « porphyrites andésitiques »), qu'elle soit divergente, arborescente, fluidale, non orientée ou porphyrique, s'observe soit dans des coulées de faible importance, soit à la base ou au sommet des autres. La structure hyaloporphyrique a été observée au Nord de la Guimellière (2 km S de Saint-Georges).

Enfin, la structure vacuolaire, avec vacuoles remplies de calcite, voire de chlorite, peut coexister avec toutes les autres, mais se rencontre surtout dans les roches fluidales ou non orientées (le Vau Marin, 3 km NE de Champtocé).

L'étude des paragenèses a révélé la constance de certains minéraux dénotant des actions hydrothermales. Les éléments essentiels interviennent pour environ 90 %; ce sont l'albite [(An 5-10 %), environ 70 %], l'augite [(0-25 %), souvent épigénisée en chlorite], la chlorite (10-20 %). L'olivine (et la serpentine) font toujours défaut. Les minéraux accessoires sont, dans l'ordre d'importance : hématite (parfois « essentielle ») et pyrite; épidote, zoïsite et calcite; quartz; ilménite (et leucoxène); ripidolite; zircon, etc.

Quelques analyses chimiques ont confirmé la nature sodique de ces laves « spilitiques »; la teneur en Na_2O varie de 3,43 à 5,60 %, et le rapport $\text{Na}_2\text{O}/$

CaO, toujours supérieur à 0,52, atteint 1,8. Ces roches sont actuellement exploitées pour empierrement dans la grande carrière de la Charbonnerie (2 km NW d'Ingrandes).

ρ . Roches acides (rhyolites et microgranites). Ce sont des roches dures et compactes, de teinte claire, blanches, rosées, vert clair, plus rarement rougeâtres. Certaines sont aphanitiques ou ne montrent que de rares petits cristaux de quartz automorphe (Bellevue, à 2 km au Sud de Villemoisin). D'autres (les « microgranulites schisteuses » des anciens auteurs), présentent de gros quartz automorphes (les Touches, à 1,5 km au SW de Saint-Georges). La rhyolite de Rochefou (6 km Nord de Saint-Germain-des-Prés) est riche en phénocristaux de quartz et de feldspath.

L'abondance des tufs acides suggère l'intervention d'un volcanisme de style explosif. Comme c'est habituellement le cas pour les « microgranites-rhyolites », on manque de critères permettant de décider si l'on est ou non en présence d'authentiques coulées. L'observation des contacts avec les sédiments encaissants conduira en revanche plus facilement à un diagnostic de sill ou de neck (butte de la gendarmerie de Saint-Georges; la Raterie, à 2 km au SE de Villemoisin). On notera, à propos de ces gisements à caractères plus ou moins intrusifs, que les contours d'affleurements des roches acides sont souvent sub-circulaires, et en tout cas plus franchement elliptiques que ceux des spilites. L'altération et la recristallisation, assez générales, rendent délicate la distinction entre structures microgrenue et hyaloporphyrrique. Les affleurements de la Suboraye (3 km Sud de Saint-Augustin-des-Bois) appartiennent au premier type alors qu'à Bellevue (2 km Sud de Villemoisin), au Haut-Pruinas (2 km Nord de Saint-Germain) et en d'autres points, on aurait une structure rhyolitique vitreuse à mésostase partiellement dévitrifiée. Les minéraux essentiels sont le quartz (en cristaux subautomorphes, corrodés et craquelés), l'albite, des feldspaths alcalins très altérés et la biotite (toujours chloritisée). Il s'y ajoute accessoirement : des minéraux opaques (oxyde de fer), de l'ilménite (leucoxène), du sphène, de l'épidote, etc. La chlorite et la séricite sont très fréquentes comme produits d'altération. Toutes ces roches ont pu subir localement une silicification intense (butte de la gendarmerie de Saint-Georges).

L'analyse chimique de quelques échantillons n'a pas confirmé le caractère kératopphyrique que l'on avait cru d'abord pouvoir attribuer à ces roches acides, qui se présentent, en fait, comme des « rhyolites » assez banales, alcalines ou sodipotassiques : le rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ serait toujours nettement inférieur à 1.

II. « Porphyre quartzifère de Saint-Georges-sur-Loire ». On a conservé à cette roche énigmatique, véritable curiosité pétrographique, la dénomination, assurément impropre, qui figure sur les étiquettes manuscrites d'un bon nombre d'échantillons de la Collection Jouitteau (Faculté Libre des Sciences d'Angers). A une exception près (Réveillon, à 3 km au NW de Saint-Georges), tous les affleurements se rencontrent en contexte schisteux, et dans la partie méridionale du complexe volcanique. Il s'agit de roches grisâtres, résistantes, évoquant un quartzite, mais plus ou moins riches en petites « amygdales » blanches, longues de 1 à 6 millimètres. Des « amygdales » identiques sont visibles dans les schistes encaissants où la roche se présente en « bancs » de 20 cm à quelques mètres. En lames minces, de rares cristaux apparaissent noyés dans un fond crypto-cristallin fait de fragments de quartz et d'albite. Au niveau des plages « amygdalaires », on n'observe en général

aucun arrangement particulier; tout au plus distingue-t-on parfois une structure fibro-radiée, ou à cristaux enchevêtrés de quartz et d'albite. Il ne s'agirait pas, en fait, d'une lave mais plutôt d'un tuf acide, modifié peut-être par les « fluides » émanés d'une coulée spilitique; cette interprétation permettrait d'expliquer la présence « d'amygdales » dans les schistes encaissants.

γ3. MICROGRANITES

Un premier type de microgranites hercyniens, affleurant en lisière occidentale de la feuille (WNW de Varades) se rattache génétiquement au granite de Mésanger (feuille Ancenis au 1/50 000), intrusif dans le « Culm ». La succession paragénétique, identique pour les deux roches éruptives, souligne leur caractère hypo-volcanique : quartz corrodé, feldspaths alcalins très perthitiques (parfois maclés à la fois Manebach et Baveno), plagioclases séricitisés à bordure plus acide, biotite.

Les microgranites du second type n'affleurent que dans le NE de la feuille où les levés cartographiques montrent qu'ils sont postérieurs au granite de Bécon. Ils se présentent habituellement sous forme de boules éparses dans les champs, ou transportés par les paysans en bordure des haies. Il est donc difficile de délimiter avec précision leurs différents pointements, aux environs de Bécon, tant dans le « socle orthogneissique » que dans le granite ou le Paléozoïque inférieur. Ce sont des roches très dures, d'un gris plus ou moins bleuté, à grain fin, et phénocristaux de plagioclases (An 30 %), de quartz et de biotite. Leurs paramètres en font des équivalents des « microgranites akéritiques » d'A. Lacroix.

D'autres microgranites, lithologiquement voisins, forment au Sud du granite de Bécon de puissants filons WNW-ESE au sein du Paléozoïque inférieur; l'un de ces filons dessine une crête bien marquée sur la rive droite du ruisseau de la Coudre, à proximité de la Grèlerie (2 km Ouest des Essarts).

GRANITES

γ1. **Des granites à muscovite** ont été reconnus aux environs de Bécon, en particulier à l'Est de la route allant de Bécon à Saint-Augustin-des-Bois, en direction du Bois-Guignot. A Lossé, le granite à muscovite, nettement filonien, recoupe le granite de Bécon.

γ1. **Le granite de Bécon.** Les contours du massif granitique de Bécon n'ont pu être que partiellement précisés en raison de l'importance des recouvrements pliocènes et quaternaires; ces derniers divisent la zone granitique en deux secteurs. Le secteur occidental, relativement limité, est situé au Sud de Bécon-les-Granits : c'est là que se trouvent les grandes carrières auxquelles cette localité doit son nom. L'autre secteur, oriental, se prolonge vers l'Est jusqu'au NE de Saint-Lambert (feuille Angers); la roche y est en général assez altérée. Considéré dans son ensemble, le massif granitique s'étend donc, d'Ouest en Est, sur une douzaine de kilomètres. Activement exploité dans les profondes carrières du SW de Bécon, le granite fournit une pierre de taille recherchée pour sa valeur ornementale. D'un gris bleuté, non orienté, à grain fin, il contient du feldspath potassique, des plagioclases zonés (13-27 % d'anorthite), du quartz et de la biotite, avec muscovite et

apatite accessoires. L'analyse chimique révèle une faible teneur en soude (SiO_2 : 69,60 %; K_2O : 5,50 %; Na_2O : 0,95 %). Dans ces carrières, le granite est parcouru localement par de minces filonnets aplitiques à muscovite (SiO_2 : 78,90 %; K_2O : 4,80 %; Na_2O : 1,45 %); des veinules de quartz, recoupant le granite comme les aplites, sont minéralisés en molybdénite et chalcopyrite (voir ci-dessous : « Gîtes minéraux »).

Dans sa partie NE, depuis les Mortiers jusqu'au SE de la Colleterie (feuille Angers), le granite de Bécon présente un *faciès écrasé* dont l'extension coïncide approximativement avec la partie du massif qui se trouve encaissée dans le « socle orthogneissique de Saint-Clément-de-la-Place ». A la Coutardière (4 km E de Bécon), la tectonisation est encore légère : le quartz se présente en amas de cristaux engrenés; la biotite est déchiquetée et parfois chloritisée; la teneur en anorthite des plagioclases zonés varie de 11 à 28 %.

S1-2γ, S3γ. Au contact du granite de Bécon, les « Schistes d'Angers » ainsi que, moins nettement, les pélites du complexe des « Schistes et Arkoses de Bains », présentent un *faciès tacheté*, avec petites andalousites : le massif est donc sûrement post-ordovicien, et très vraisemblablement, hercynien.

GÎTES MINÉRAUX

La feuille Chalennes-sur-Loire renferme très peu de gîtes métallifères. Ce sont, dans l'état actuel des recherches, des petites concentrations sans valeur économique de Mo, Cu, Sn, Pb, Zn, Sb, Hg. Néanmoins, certains métallotectes favorables peuvent inciter à développer la recherche minière en divers secteurs de la carte.

La houille du Namurien a été exploitée aux XVIII^e et XIX^e siècles en même temps que le calcaire emsien calciné pour la chaux. Actuellement, parmi les produits de carrière en exploitation, on ne trouve plus guère que divers matériaux de construction et d'empierrement.

I - GÎTES MÉTALLIFÈRES

- Les gîtes métallifères se rapportent à quatre types principaux :
- les manifestations pneumatolytiques et hydrothermales à l'intérieur ou à la bordure d'une chaîne granitique hercynienne affleurant à Bécon-les-Granits apportant Mo, Sn, Bi, Cu;
 - les venues hydrothermales liées à la fracturation de la série schisto-gréseuse et volcanique de Saint-Georges-sur-Loire ou de sa bordure namurienne, apportant Hg, Sb, Cu, Zn;
 - les imprégnations éparses dans les calcaires (Sb, Pb) ou les grès fracturés (Cu, Ba);
 - les minéralisations sédimentaires (Zr, Ti, Fe, peut-être U).

Molybdène - étain. L'anticlinorium paléozoïque de Candé comporte sur son bord méridional un anticlinal dit de Bécon-les-Granits dont le prolongement, vers l'Ouest, passe par la Cornuaille, Saint-Mars-la-Jaille, Abbaretz. Cet axe anticlinal semble correspondre à un axe de granitisation hercynienne apportant une minéralisation en Sn - Mo se marquant sur la carte gravimétrique par

une anomalie légère allongée, avec 2 pôles négatifs situés l'un à Bécon, l'autre à Nozay.

Sur la feuille Chalonnès, un peu de *cassitérite* a été trouvée dans les alluvions du ruisseau de Croissel au NW de la Cornuaille, ainsi que près des Bedoutières en Freigné. Le minerai d'étain est encore plus abondant dans le ruisseau du Bois Travers et des Moirons à 4 km ENE de Bécon-les-Granits.

Un échantillon de quartz à cassitérite et topaze, conservé au musée de Strasbourg, en provenance de la Cornuaille, a été considéré par A. Lacroix comme d'origine douteuse. Par contre, à Bécon-les-Granits, la cassitérite et la stannine ont été observées dans les filonnets de quartz N-S traversant le granite de la carrière de Roche Bleue. Ces minéraux sont associés à molybdénite, mispickel, pyrite, blende, bismuth, bismuthinite, chalcopryrite, pyrrhotite (G. Machairas, 1970).

La minéralisation en *molybdénite* est particulièrement nette dans les carrières de Bécon ou elle a été décrite (L. Chauris 1959, 1965). Le minerai est lié à des filons de quartz encaissés soit dans des veines aplitiques, soit dans le granite lui-même. Dans le premier cas (filons dans les aplites), la molybdénite est concentrée, en lames de quelques millimètres, dans le quartz filonien à éclat gras; elle peut être associée à un peu de chalcopryrite. Comme exemple du deuxième cas (filons dans le granite), on citera d'abord un filon de quartz gras, puissant de quelques centimètres, dirigé N-S avec un pendage de 75° vers l'Est, parallèle aux diaclases et recoupant toute la carrière de Roche Bleue; la molybdénite s'y présente en éventail de 2 cm au maximum. D'autres filons de quartz à molybdénite et chalcopryrite recoupent également le granite; il arrive que leurs épontes soient minéralisées.

En section polie, la molybdénite de Bécon se présente en lamelles aux extrémités divergentes; la chalcopryrite a moulé ce minéral et s'est développée dans les fissures. Le contact molybdénite-chalcopryrite peut être souligné par un liséré de covellite. Les plages de chalcopryrite montrent des « étoiles de blende »; les plages de blende noire ferrifère n'ont rien d'exceptionnel. Ces caractères indiquent une température de formation relativement élevée. Les diaclases N-S qui affectent toute la masse du granite sont localement recouvertes par un mince placage discontinu, voire un simple enduit, de molybdénite.

Cette minéralisation est, dans l'ensemble, de faible importance. La puissance des filons n'excède jamais 15 cm et n'est le plus souvent que 1 à 4 centimètres. L'épaisseur des placages sur diaclases est millimétrique. Par ailleurs, s'il arrive que les filons quartzeux ne soient distants que de quelques centimètres, les zones de forte densité sont, le plus souvent, séparées par plusieurs mètres de granite sans trace de filon. La distance séparant les diaclases à molybdénite peut, de même, varier considérablement. Du point de vue économique, les indices observables en carrière sont donc trop pauvres et trop peu développés pour présenter de l'intérêt.

Mercure - antimoine. Une prospection alluvionnaire systématique récente du B.R.G.M. a montré que des traces de cinabre sont très fréquentes dans les alluvions des ruisseaux drainant la série volcano-sédimentaire de Saint-Georges-sur-Loire. Les traces sont beaucoup plus rares dans le synclinal carbonifère ou le Briovérien au Sud de la Loire et pratiquement inexistantes dans l'anticlinorium de Candé. A la suite d'une prospection détaillée, plusieurs indices ont pu être mis à jour et étudiés (J. Guigues, H. de Vaucorbeil, A. Ziserman, 1969).

L'indice de *Belligné*, situé entre la Renetterie et le Petit Toulon, se présente sous forme de minces placages de cinabre dans les fractures d'un schiste pyriteux et sériciteux gris clair, renfermant des ovoïdes millimétriques,

et qui est probablement une tuffite métamorphisée. De la marcasite se serait d'abord formée dans les fractures; après une nouvelle phase de fracturation, se seraient déposés successivement : pyrite, quartz, blende mielleuse, cinabre; une autre fracturation précède la venue d'un quartz bleuté et d'un deuxième apport de cinabre. Le gîte s'allonge sur 200 m le long d'une zone fracturée E-W dont l'axe est représenté par une faille subverticale, à remplissage argilo-schisteux et faiblement minéralisée. Les nombreuses cassures (N-S et E-W) des schistes ont été observées en galerie souterraine à 12 m de profondeur, sur une largeur de 40 m environ, du côté nord de la faille. Les teneurs en mercure sont très faibles, inférieures à 0,1 %.

Une autre zone faillée minéralisée est située à environ 125 m au Nord de la faille de la Renetterie. Immédiatement à l'Ouest de la route de Belligné à Candé, cette structure paraît double, formée de deux fractures minéralisées E-W. Un peu de mercure natif a été recueilli sur la structure nord, vers 2 m de profondeur, dans un prélèvement à la tarière.

La structure minéralisée E-W de *la Rouxière* passe un peu au Nord de la ferme des Potirons près de laquelle ont été effectuées deux petites recherches souterraines en 1970. La longueur minéralisée reconnue dépasse 500 mètres. Vers l'Ouest, un prolongement probable a été repéré à 800 m au SW de la Rouxière, tandis que vers l'Est, la structure pourrait se raccorder à celle de la Chapelle-Saint-Sauveur, qui passe sous la partie méridionale du Bois de Varades.

Le minerai des Potirons est encaissé dans des grès métamorphiques à quartz, muscovite, séricite, parfois un peu de biotite renfermant des framboïdes de pyrite, de la matière organique évoluant vers le graphite, des lentilles de quartz d'exsudation. Ces grès appartiennent à la série volcano-sédimentaire de Saint-Georges-sur-Loire et se situent à 25 m environ du conglomérat namurien qui limite au Nord le bassin houiller de Montrelais. Le minerai se dispose en veinules irrégulières dans les grès, suivant deux zones de fractures directionnelles distantes de 27 mètres. Après un premier dépôt de pyrite et marcasite soumis à une première fracturation, se sont déposés : pyrite, melnikovite, chalcopyrite, cuivre gris, blende, puis après nouvelles fracturations, stibine, cinabre et dickite. Les teneurs en mercure sont très faibles en moyenne.

A l'Ouest de la Chapelle Saint-Sauveur, les indices de cinabre n'ont été localisés que par des décapages à faible profondeur en roches altérées; ils sont situés dans les fissures d'un poudingue namurien ou d'une spilite chloritisée.

Autres traces sulfurées. Les calcaires emsiens peuvent renfermer des traces de stibine, galène et chalcopyrite (Chalonnnes et Châteaupanne). De la malachite a également été signalée dans les fissures d'un grès sous les ruines du château à Chalonnnes. La barytine, enfin, signalée dans les grès namuriens de Montrelais, existe aussi à l'état de traces dans les alluvions de plusieurs ruisseaux, en bordure nord du Briovérien, près de la Pommeraye et de Chalonnnes.

Minerais sédimentaires. Un grès radioactif renfermant d'assez grandes quantités de zircon et rutile détritiques a été découvert au château du Tremblay à 2 km à l'WNW de Bécon-les-Granits. Cette roche qui ressemble au grès minéralisé de l'Arenig breton, titre localement 2 % rutile + 0,96 % zircon (B.R.G.M.).

Dans le bassin namurien de la Basse-Loire, la « pierre carrée » est partout très légèrement radioactive et probablement uranifère, notamment près de la

Gautellerie (au SE de la Rouxière), aux alentours de Montjean et au SE de Chalonnès.

Le minerai de fer gratté autrefois au SE de la Rouxière correspond à de petits accidents carbonatés (rognons de sidérite) dans les schistes namuriens.

II - SUBSTANCES UTILES

Les principales substances ayant fait l'objet d'exploitation ont été sommairement décrites dans la première partie de la notice, en même temps que les étages géologiques correspondants.

La houille a été exploitée surtout au XIX^e siècle dans plusieurs anciennes concessions qui sont, d'Ouest en Est, Montrelais-Mouzeil, Montjean, Saint-Germain des Prés, Saint-Georges-sur-Loire. Les veines étaient minces, fortement pentées vers le Nord, irrégulières, contournées en tous sens et interrompues par des failles. De nombreux puits ont permis des explorations jusqu'à près de 400 m de profondeur à Montrelais, 265 m à Montjean et 600 m à Chalonnès. La production est passée par un maximum vers 1865, atteignant 80 000 t par an pour tout le bassin du Maine-et-Loire. Montrelais extrayait 14 000 t en 1875, Montjean 12 000 t en moyenne de 1881 à 1891. La houille se rapporte surtout au type maigre et demi-gras, bien que d'autres variétés aient été décrites localement. La production servait essentiellement à l'alimentation des fours à chaux du pays, alors que la métallurgie nantaise n'utilisait que du charbon importé d'Angleterre.

Les exploitations des calcaires dévoniens, jadis très nombreuses pour la fabrication de la chaux, ne sont plus en activité qu'à Châteaupanne en Montjean.

Des matériaux d'empierrement sont également produits à Ingrandes. Le granite pour la construction est extrait à Bécon.

BIBLIOGRAPHIE

On trouvera l'essentiel dans :

CAVET P., LARDEUX H. et PILLET J., 1965. Notice stratigraphique sur les formations paléozoïques des synclinoria de Saint-Julien-de-Vouvantes et de Redon-Ancenis (SE du Massif armoricain) à l'E du méridien de Châteaubriant. *Mém. Bur. Rech. géol. et min.*, n° 33 (1967), p. 301-320.

Liste des auteurs dont les travaux ont été utilisés :

Arnaud A., Barrois C., Blaise J., Brébion P., Brossé R., Bureau E., Bureau L., Carpentier A., Cavet P., Chauris L., Cogné J., Couffon O., Davy L., Ferrière G., Gruet M., Lardeux H., Lauriat A., Lucas G., Lys M., Margerel J.-P., Mauvier A., Moreau-Benoît A., Œhler D., Œhler P., Péneau J., Philippot A., Pillet J., Rivière L.-M.