



NORT- -S-ERDRE

La carte géologique à 1/50 000
NORT-S-ERDRE est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
à l'ouest : ST-NAZAIRE (N° 104)
à l'est : ANCENIS (N° 105)

Redon	Nozay	St-Mars- -la-Jaille
Savenay	NORT- -S-ERDRE	Ancenis
Paimbœuf	Nantes	Vallet

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

NORT- -S-ERDRE

1222

*De l'Endre
à la Forêt du Gàvre*

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex - France



**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
NORT-SUR-ERDRE A 1/50 000**

par L. BARBAROUX
avec la collaboration de P. CAVET

1983

SOMMAIRE

PRÉSENTATION DE LA CARTE	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	6
<i>SOCLE PRÉCAMBRIEN ET PALÉOZOÏQUE</i>	6
Complexes métamorphiques méridionaux	6
Formations septentrionales	8
<i>TERRAINS CÉNOZOÏQUES</i>	15
<i>FORMATIONS SUPERFICIELLES</i>	18
ÉVÉNEMENTS PRINCIPAUX DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE	22
ÉTUDE GÉOPHYSIQUE D'APPUI	32
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	32
<i>RESSOURCES MINÉRALES</i>	32
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	33
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	34
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	34
<i>COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES</i>	36
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	43
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	47
AUTEURS	48

PRÉSENTATION DE LA CARTE

Le territoire de la feuille Nort-sur-Erdre à 1/50 000 se situe dans sa totalité dans le département de Loire-Atlantique, immédiatement au Nord de Nantes. Ses traits physiographiques principaux sont commandés par un bâti métamorphique, repris par l'orogénèse hercynienne et rajeuni au Cénozoïque, après une longue érosion.

La coupure nord-sud, matérialisée par la vallée de l'Erdre, est guidée par un linéament cénozoïque effondrant.

La coupure est-ouest, zone de dépression, occupée par des graves et des limons quaternaires, suivie par l'Isac et le canal de Nantes à Brest correspond, en fait, à un linéament hercynien majeur qui a marqué de son empreinte toute la Bretagne méridionale, courant depuis le Finistère jusqu'à l'Anjou.

Il en résulte trois types principaux de paysages :

— la pénéplaine armoricaine cristallophyllienne, disséquée par de petits cours d'eau qui s'égouttent vers l'Isac, suivant une pente générale sud-nord, domine dans la région ouest de la feuille, avec landes, bocages, cultures, habitat dispersé. Cette pénéplaine culmine (83 m, lieu-dit la Pointe) dans l'extrême Sud-Ouest du territoire de la feuille et s'abaisse à 20 m, tant vers l'Isac au Nord, que vers l'Erdre à l'Est. En effet, à l'orient d'une ligne Grandchamps-Casson, ce drainage est inversé, sous l'influence de l'activité néotectonique du fossé de l'Erdre ;

— les formations paléozoïques cantonnées dans le Nord de la feuille, plus généralement déprimées (50 à 20 m NGF), à l'exception très locale et très remarquable du horst de Grémil (77 m) rajeuni au Cénozoïque, sont marquées par la fréquence et l'extension des forêts et des bosquets. Elles sont également aplanies. La surface d'aplanissement s'abaisse du Nord vers le Sud dans la région comprise entre le Gâvre et Saffré et du Sud-Ouest au Nord-Est à l'Est de Saffré ;

— les bassins cénozoïques effondrés, occupés au Nord-Ouest (Saffré, le Plessis-Pas-Brunet) par des cultures herbagères intensives, remembrés ou en cours de remembrement, irrigués et, au Sud-Est, par des marais tourbeux exploités (Petit-Mars).

C'est donc une région finalement très contrastée, qui s'articule autour de deux axes :

— une zone d'accumulation détritique, allongée est-ouest, dans la région de Blain à Nort-sur-Erdre (Isac, canal de Nantes à Brest), véritable réceptacle à débris de la plate-forme armoricaine pendant tout le Plio-Quaternaire ;

— un fossé néotectonique actif N.NW-S.SE, qui a joué en relais coulissant du Nord au Sud au cours du temps et contrôlant la sédimentation à l'Éocène-Oligocène (Saffré), Oligocène-Pliocène (Nort), Oligocène (?) — Plio-Quaternaire (Saint-Mars).

Les levés effectués ont permis de recueillir d'importantes données sur les sédimentations plio-quaternaires et tertiaires et sur la tectonique récente de la Bretagne méridionale. Ces éléments descriptifs actuels et récents s'inscrivent, par ailleurs, dans le long façonnement morphologique au Mésozoïque et au Cénozoïque d'un bâti précambrien et paléozoïque.

DESCRIPTION DES TERRAINS

Nous ne reviendrons pas sur les détails déjà fournis pour la feuille Ancenis, à laquelle le lecteur pourra se reporter, concernant les principaux ensembles du socle. Nous placerons ici, uniquement les grands traits et n'insisterons que sur les particularités et les idées nouvelles qu'apporte la feuille.

SOCLE PRÉCAMBRIEN ET PALÉOZOÏQUE

Ces formations anciennes occupent en fait la quasi-totalité du territoire de la feuille Nort-sur-Erdre, soit qu'elles y affleurent directement (encore que de manière le plus souvent discrète), soit qu'elles en constituent le substratum, disparaissant alors sous une couverture plus ou moins puissante de dépôts tertiaires, quaternaires et d'altérites. Ces séries, d'âge précambrien et paléozoïque, appartiennent au Domaine ligérien du Massif armoricain dont les limites débordent largement celles de la carte ; ce sont, au Nord, l'anticlinorium des Landes-de-Lanvaux, Treffieux, Moisdon-la-Rivière, Candé, les Ponts-de-Cé et, au Sud-Est, la Zone broyée sud-armoricaine, soulignée par les hauteurs du Sillon de Bretagne.

Complexes métamorphiques méridionaux

Roches d'origine plutonique

Complexe orthodérivé du Cellier, Casson, Fay-de-Bretagne

Les roches constituant ce complexe ont été largement décrites dans la notice de la feuille Ancenis. Rappelons que roches acides et basiques (éclogites plus ou moins amphibolitisées, leptynites blastomylonitiques) y sont associées.

λ. **Leptynites blastomylonitiques.** Déformations intenses, recristallisations poussées ont fortement éloigné l'aspect de ces roches du granite dont elles sont issues (reliques granitiques de la Picherais, feuille Ancenis). Sur la feuille Nort-sur-Erdre, ces roches s'individualisent en une bande arquée : Fay-de-Bretagne, Héric, Casson (carrière exploitée). Roche dure, brun jaunâtre, quartzo-feldspathique. De grandes paillettes de mica blanc sont parfois concentrées aux interlits facilitant un débit en dalles. La biotite, plus rare, est souvent chloritisée. La structure est finement granoblastique. Le grenat se présente en granules ou globules pœcilitiques. Leur composition chimique globale reste très voisine de celle d'un granite.

ψ. **Éclogites (type le Cellier).** Boudins métriques, décamétriques, parfois partiellement rétomorphosés en amphibolites, ils forment des boursoufflures éparées dans les leptynites encaissantes. Trois masses plus importantes sont à signaler au Sud-Ouest d'Héric : le grain est fin, la cassure gris-vert, le pyroxène (omphacite) voisine avec une amphibole brune (barroisite). La structure en nid d'abeille permet de les replacer dans une lignée évolutive à partir d'anciens gabbros étirés et boudinés ; quand la tectonisation et le haut degré de métamorphisme se sont accompagnés d'hydratation, il s'est produit une évolution vers l'amphibolite.

KO. **Cornéennes.** Un affleurement de cornéenne au Nord-Ouest de Casson (le Chalonge) représente un résidu boudiné d'un faciès métamorphique antérieur repris lors de la tectonisation du complexe du Cellier.

ξγ. Orthogneiss de Saint-Mars-du-Désert. L'orthogneiss de Saint-Mars-du-Désert s'étend dans la partie centrale de la feuille, de Saint-Émilien-de-Blain à Petit-Mars. Une faille décrochante (de l'Ouest de la Chevallerais à l'Ouest d'Héric) décale l'ensemble qui affleure plus largement vers l'Est, où il se subdivise en deux masses principales, encadrées par trois zones à textures mylonitiques. Il se réduit à l'Ouest, où deux zones mylonitiques seulement jalonnent parfois les bordures nord et sud.

C'est, en fait, un ensemble hétérogène (feuille Ancenis) ; il a été affecté à l'origine par un métamorphisme mésozonal. Le gneiss, à débit en crayon, se caractérise par une linéation très prononcée sans plan de foliation net. A l'altération, il livre de nombreux petits « batonnets » quartzeux. Sa composition minéralogique correspond à celle d'un granite à deux micas.

Les bandes mylonitiques correspondent à une tectonisation intense ; le grain y est très fin et le mica blanc plus abondant. Cette tectonisation est probablement hercynienne et s'accompagne d'une rétro-morphose plus ou moins poussée, avec aspect micaschisteux et débit feuilleté. Les limites de cette unité sont assez difficiles à cerner, tant vers le Nord, du fait de cette convergence de faciès tardivement acquise, avec les micaschistes de la série du Hâvre, que vers le Sud avec les blastomylonites du Cellier.

ψ. Éclogites. L'orthogneiss renferme des boudins d'éclogites disposés dans des conditions analogues à celles du type le Cellier précédent.

α. Péridotites serpentinisées. Le massif de l'Orgerais (Sud de Blain) est très largement silicifié et serpentinisé, contrairement à celui de l'Ecobut (rive sud de l'Isac). Ces affleurements jalonnent la limite septentrionale du complexe de Champtoceaux. Ces péridotites soulignent ainsi une profonde cicatrice du socle métamorphique. Une trame d'antigorite renfermant de rares olivines, quelques amphiboles (issues d'un pyroxène initial), constitue l'essentiel de la roche.

Roches cristallophylliennes d'origine mixte

ξ². Gneiss plagioclasiques d'Héric. Les gneiss plagioclasiques, à texture gneissique de teinte claire, à cristaux de quartz engrenés à extinction roulante, à oligoclase, montrent des zones broyées et séricitisées (feldspaths potassiques) surchargées en mica blanc. Ils représentent un mélange d'anciennes roches feldspathiques relevant, en partie, d'une reprise tectonique à partir des complexes plutoniques que nous venons de décrire, mais aussi des leptynites et des gneiss anatectiques du type Champtoceaux, non affleurants ici, mais décrits sur les feuilles voisines Ancenis et Vallet. Les gneiss plagioclasiques se chargent progressivement en disthène, vers l'Ouest à partir d'Héric, toutefois, la limite de cette variation de faciès semble fortement soulignée par une faille N.NW—S.SE la Chevallerais—Héric (ξ₃²).

ψ. Éclogites. On y retrouve, naturellement, des boudins d'éclogites issus de ces mêmes formations originelles.

Roches cristallophylliennes d'origine para

ξ¹. Micaschistes albitiques à mica blanc et biotite chloritisée (série du Hâvre d'Oudon). Ces micaschistes affleurent depuis la région sud-ouest de Blain (la Croix Bidaud) à la Joussière au Sud-Est de Nort-sur-Erdre. Ils jalonnent l'accident majeur dit *faille de Nort-sur-Erdre* et reposent en concordance apparente sur l'orthogneiss de Saint-Mars-du-Désert.

Une sédimentation assez variée, essentiellement détritique et volcano-sédimentaire, est à l'origine de cette série. Les micaschistes sont clairs et très phylliteux ; on y note des passées graphiteuses (Ph). Localement, on peut trouver quelques faciès grenatifères qui ne paraissent pas avoir le développement et l'extension des mêmes paragenèses décrites sur la feuille Ancenis. Le faciès banal est quartzo-feldspathique à mica blanc abondant. Dans certains secteurs et surtout sur la bordure nord de la série, s'individualisent des niveaux plus chloriteux, où la rétro-morphose (mésozone → épizone) paraît plus accentuée.

ξ_{9al}^2 . **Micaschistes albitiques à mica blanc, chlorite et grenat (série de Mauves-sur-Loire)**. Cette série, contrairement à ce qui se passe sur la feuille Ancenis, affleure très largement et occupe l'essentiel du tiers sud de la feuille. Sa limite septentrionale court de Casson à Fay-de-Bretagne, jalonnée par le chevauchement du complexe de Champtoceaux.

Les faciès ont une paragenèse très proche de ceux de la série précédente et sont assez monotones. On a pu, toutefois, représenter sur la carte de nombreux horizons lenticulaires, riches en grenats automorphes et albite. Contrairement à la série du Havre, elle est totalement dépourvue de passées graphiteuses. La roche banale est riche en quartz, albite et mica blanc ; la richesse en chlorite et séricite fait apparaître nettement que ces formations, d'abord placées dans des conditions mésozonales, ont subi une rétro-morphose importante. Celle-ci paraît plus poussée vers le Nord. Vers le Sud, les micaschistes deviennent plus feldspathiques et individualisent de véritables pustules albitiques. La biotite apparaît et les quartz d'exsudation y sont plus abondants. Il s'agit, à l'origine, d'une puissante série détritique sablo-silteuse, qui ne paraît différer des autres formations briovériennes (micaschistes des Mauges) que par un métamorphisme plus poussé.

Formations septentrionales (*)

Un premier ensemble, surtout schisteux, prolonge en continuité cartographique les affleurements du Complexe volcano-sédimentaire de Saint-Georges-sur-Loire (Ordovicien supérieur à Dévonien inférieur), figurés, plus à l'Est, par les feuilles Ancenis, Chalennes-sur-Loire, Angers et Thouarcé (inédite).

De même que sur ces dernières feuilles, le complexe en question est ici brusquement limité au Sud par la faille Nort-sur-Erdre—le Layon, jalonnée de manière discontinue, sur une centaine de kilomètres, depuis Languin (5 km au Nord-Ouest de Nort-sur-Erdre), à l'Ouest, jusqu'à Doué-la-Fontaine, à l'Est, par les formations continentales, d'âge namuro-westphalien, du Sillon houiller de la basse Loire. Ce linéament, dont la carte suggère la réapparition immédiatement à l'Ouest de Blain, doit être considéré comme l'un des traits structuraux majeurs de l'Armorique méridionale ; il juxtapose en effet, au sein du Domaine ligérien, deux sous-domaines dont l'évolution géodynamique a été nettement distincte, au Protérozoïque comme au Paléozoïque : un sous-domaine septentrional (auquel appartient encore le Complexe de Saint-Georges-sur-Loire) et un sous-domaine méridional.

Au Sud de la zone faillée Blain—Languin—Nort-sur-Erdre—les Touches, les séries anciennes du sous-domaine ligérien méridional prolongent encore plus ou moins clairement, sur la carte, celles qui ont été décrites et figurées sur la

(*) Par P. Cavet.

feuille Ancenis et dans sa notice explicative. Elles se laissent regrouper au sein de trois unités structurales, très inégalement développées, à savoir, du Nord au Sud : le horst de Pouillé, le synclinal d'Ancenis et les Complexes métamorphiques méridionaux, étudiés plus haut.

Le hors de Pouillé (ou de Pouillé-les-Coteaux) a été défini sur la feuille Ancenis, où il sépare le Sillon houiller de la basse Loire (au Nord) du synclinal paléozoïque d'Ancenis (au Sud). Il ramène au jour des schistes phylliteux et des métagrauwackes comparables à ceux qui, plus au Sud, forment la Série briovérienne des Mauges, et l'on peut y voir la réapparition du socle précambrien métamorphique. *La découverte*, dans le même contexte tectonique, à l'Est de Nort-sur-Erdre, ainsi qu'à l'Ouest de Languin et aux environs de la Chevallerai, d'affleurements médiocres et discontinus, mais se rattachant par leurs faciès lithologiques à la série du horst de Pouillé, apporte un élément nouveau à l'interprétation structurale du territoire étudié ici.

Les levés effectués en vue de la réalisation de la présente feuille ont fourni, de même, d'importantes précisions relativement au prolongement vers l'Ouest de l'unité paléozoïque qui fait suite, vers le Sud, au horst de Pouillé et que l'on désigne sous le nom de *Synclinal d'Ancenis*. En rédigeant la notice explicative de la feuille Ancenis (1978), l'auteur de ces lignes pensait encore que la convergence vers l'Ouest, très prononcée, des deux flancs de ce synclinal dans la zone de raccord avec la présente feuille, pouvait justifier l'hypothèse de sa disparition complète par étirement tectonique au méridien de Nort-sur-Erdre. Mais cette interprétation a dû être abandonnée à la suite de la découverte, dans l'axe même du synclinal d'Ancenis, mais à l'Ouest du graben tertiaire de Nort-sur-Erdre, d'une bande relativement étroite et disloquée, formée par des dépôts attribuables au Complexe grésno-pélique frasnno-dinantien, lui-même très développé sur la feuille voisine, au cœur du synclinal. Ces affleurements paraissent à leur tour relayés vers l'Ouest, selon le même alignement, par la bande des Schistes et quartzites de la forêt de la Groulaie, où les faciès sont identiques à ceux que présentent, sur les deux flancs du pli d'Ancenis, les Schistes et quartzites de Pierre-Meslière et de l'Angellerie (Paléozoïque anté-frasnien).

b₂². Briovérien. Série des Mauges et du horst de Pouillé : schistes satinés. A l'Est du graben de Nort-sur-Erdre, la *Série des Mauges* est représentée par une bande Est-Ouest, longue de 2,5 km et large de 0,5 km, qui prolonge en continuité les affleurements briovériens de la feuille Ancenis. Comme sur cette dernière carte, les terrains en question seraient en contacts faillés avec les Micaschistes du Hâvre (au Sud) et avec les Schistes et quartzites de Pierre-Meslière (au Nord). A l'Ouest du graben, dans l'interprétation admise ici, la disparition simultanée, par laminage, de cette bande briovérienne et des schistes et quartzites septentrionaux met brusquement en contact les micaschistes du Hâvre et le Complexe frasnno-dinantien.

Bien individualisée plus à l'Est (feuille Ancenis) entre le synclinal d'Ancenis (au Sud) et le Sillon houiller (au Nord), la *Série du horst de Pouillé* est lithologiquement comparable à la série des Mauges. Sur le territoire étudié ici, des affleurements médiocres et sporadiques (Montagné, la Marchanderie, la Bréchoulière) témoignent de sa présence à l'Est du fossé tertiaire. A l'Ouest, des recherches minutieuses ont montré sa réapparition, entre le Houiller de Languin et le Frasnno-Dinantien, dans le secteur Grand-Lande—la Touche aux Herberts—le Plessis Martin. Au-delà du bassin de Saffré, la série affleure à nouveau aux environs immédiats de la Chevallerai ; sa présence au Sud-Est de Blain, suggérée par la carte, reste toutefois hypothétique (débris, altérés, à la Frelaudais).

Les deux séries ont été métamorphosées dans l'épizone ; elles sont consti-

tuées, à l'échelle de l'affleurement, par une association intime de schistes phylliteux luisants, d'un gris souvent verdâtre, et de métagrauwackes présentant par altération des teintes d'un vert jaunâtre. Ces deux faciès ne diffèrent guère, en lames minces, que par l'abondance et les dimensions des quartz et des albites. Ces minéraux sont disséminés dans une trame phylliteuse faite de chlorite et de séricite ; on observe également de la biotite en voie de chloritisation, ainsi que de l'épidote.

02-d2. Ordovicien inférieur à Dévonien inférieur. Schistes et quartzites de la forêt de la Groulaie. Déjà figurée par la feuille Saint-Nazaire à 1/80 000 (1949), cette formation était généralement rapportée à l'étage du Grès armoricain (Arenig). Mais, des arguments géométriques et lithologiques acquis lors des levés de la présente feuille autorisent à y voir l'équivalent des Schistes et quartzites de Pierre-Meslière et de l'Angellerie qui, plus à l'Est, forment les deux flancs du synclinal d'Ancenis. L'attribution au flanc sud du synclinal de l'étroite bande schisto-gréseuse W.NW—E.SE qui forme ici, à l'Est du graben de Nort-sur-Erdre, la rive septentrionale du ruisseau de la Guinelière, ne prête d'ailleurs pas à discussion ; elle prolonge, en effet, en parfaite continuité, la bande des Schistes et quartzites de Pierre-Meslière, qui traverse en diagonale la feuille Ancenis dans la même position tectonique. Ce dernier ensemble a livré, près de sa base, dans des nodules siliceux, une faune de Trilobites indiquant le Llanvirn ; il atteindrait, vers le haut, le Dévonien inférieur ou même moyen, et peut donc être attribué à un Paléozoïque anté-frasnien indifférencié.

Au-delà du graben tertiaire, c'est seulement à partir du méridien de la Chevalerais que s'individualise, à nouveau vers l'Ouest, la bande schisto-gréseuse de la Groulaie, large en moyenne de 1,5 km, mais dont l'extension orientale est moindre que ne l'indiquait la feuille Saint-Nazaire à 1/80 000 ; il semble, en revanche, que l'on puisse se fier à ce document relativement à son extension occidentale, sur la feuille Savenay, jusqu'à la Rabatelais (Sud de Pont-Piétain), ce qui lui donnerait une longueur d'environ 12 km. Mais la rareté des affleurements est telle que les contours proposés doivent être tenus pour hypothétiques et provisoires.

Les *faciès schisteux* jouent vraisemblablement ici le rôle essentiel ; mais ils n'affleurent que de façon exceptionnelle (recreusements de mares) et ne sont même le plus souvent visibles qu'à l'état de débris dans les champs. Ce sont des schistes tendres et fissiles, sombres à l'état frais, mais devenant gris clair par altération, et présentant alors des taches ocreuses ou rougeâtres irrégulières. Aucune trace de métamorphisme n'est décelable au microscope, l'aspect plus ou moins scintillant des délits schisteux étant dû à la présence de paillettes de mica blanc détritique, réparties en plages irrégulières. Ces caractères sont bien ceux de la phase schisteuse du complexe anté-frasnien oriental ; mais aucun nodule, fossilifère ou non, n'a encore pu être trouvé dans ce contexte sur le territoire étudié.

Les contours proposés pour cette formation reposent surtout, en définitive, sur l'extension cartographique des débris fournis par des *intercalations gréseuses* plus ou moins développées. L'une d'elle forme le pointement rocheux sur lequel s'élève la chapelle Saint-Roch (2,5 km au Sud de Blain, immédiatement à l'Est de la D. 42). On observe, en ce point, sur une longueur de quelques mètres, des bancs gréseux de direction W.NW—E.SE, avec pendage N 65°. La roche est un grès, essentiellement quartzeux, très blanc, dont le ciment, peu abondant, contient de la séricite et de la chlorite. Les grains de quartz les plus grossiers sont bien arrondis, avec des dimensions voisines de 0,4 à 0,5 mm ; le diamètre des autres grains est de l'ordre de 0,1 à 0,2 mm. On soulignera l'abon-

dance relative d'une tourmaline détritique très pléochroïque, visible à l'œil nu sous forme de très petits grains noirs. A l'Ouest de la chapelle Saint-Roch, des grès lithologiquement comparables ont jadis été exploités en de nombreuses petites carrières (la Simnaudais).

Le problème posé par la nature des relations existant entre cet ensemble schisto-gréseux et les unités contiguës n'a pas été résolu de manière tout à fait satisfaisante. Toutefois, en ce qui concerne les relations avec le Frasn-Dinantien, la carte indique un relais, vers l'Ouest, de ce dernier complexe, gréso-pélimitique et conglomératique, par les formations de la Bande de la Groulaie ; mais les deux ensembles n'ont jamais été observés en contact. Les contours cartographiques évoquent par ailleurs, l'existence de relations discordantes entre les schistes et grès de la Groulaie et la série des micaschistes à serpentine du Hâvre. Mais les rares contacts effectivement observables ont paru systématiquement faillés ; c'est en particulier le cas sur la D. 15, à l'aplomb du carrefour de la route menant au Champ Gérard (3,7 km au Sud-Ouest de Blain). De telles relations sont identiques à celles que présentent, à la limite orientale de la carte, les schistes et quartzites de Pierre-Meslière (bande de la Guinelière), au Nord, avec la série briovérienne des Mauges, au Sud. Il est logique, dans les deux cas, de conclure à des relations originellement discordantes entre un Paléozoïque inférieur schisto-gréseux, demeuré exempt de métamorphisme, et un « socle » précambrien complexe, préalablement structuré et métamorphisé. Ces relations ont été ultérieurement oblitérées par une tectonique hercynienne cassante.

05-d2. Ordovicien supérieur à Dévonien inférieur. Complexe volcano-sédimentaire de Saint-Georges-sur-Loire. Ce complexe caractérise la partie méridionale du vaste synclinorium de Saint-Georges-sur-Loire défini plus à l'Est (feuille Chalonnes-sur-Loire) et s'étendant vers le Nord (feuille Nozay) jusqu'à l'anticlinorium Lanvaux—Treffieux—les Ponts-de-Cé, où reviennent au jour les ensembles paléozoïques antérieurs au Caradoc. Son assimilation à une série compréhensive englobant Ordovicien supérieur, Silurien et Dévonien inférieur repose sur des considérations qui débordent le cadre de la présente feuille.

Les *faciès schisteux* jouent assurément, ici, le rôle essentiel, bien qu'ils disparaissent habituellement sous un placage d'altérites, à éléments anguleux de quartz filonien. Il s'agit le plus souvent de schistes satinés, fissiles, à toucher savonneux et dont la teinte, fréquemment beige, passe de manière capricieuse au gris, au vert-amande et au rouge violacé. Les schistes verdâtres et lie-de-vin sont particulièrement fréquents, tout à fait au Nord-Est de la carte (environs de la Mulonnière et de Franchaud), sur le prolongement de la zone riche en passées schisteuses versicolores signalée plus à l'Est par la notice explicative de la feuille Ancenis, depuis l'étang de Vioreau jusqu'à Riaillé. Au microscope, ces schistes témoignent habituellement d'un léger métamorphisme ; on y voit surtout de la séricite et de la chlorite, à quoi s'ajoutent d'autres phyllites ainsi qu'un peu de quartz. Par augmentation de la teneur en quartz, la roche prend insensiblement des caractères de grès pélimitiques sériciteux, plus ou moins feldspathiques voire un peu calcitiques, comme c'est le cas pour un échantillon, provenant d'un puits creusé dans la vallée de l'Erdre, à 500 m au Nord-Ouest de Lorière (3,1 km au S.S.E de N.-D. des Langueurs).

G. Les figurés utilisés pour les *faciès gréseux* du Complexe de Saint-Georges délimitent en fait, et de manière très approximative, de simples zones plus gréseuses en contexte schisteux. La plus remarquable de ces dernières, jalonnée par le hameau de la Roche, les Moulins de Bellevue, N.-D. des Langueurs et Thély, souligne très exactement la limite nord de la carte, dans la partie orien-

tale de celle-ci. Elle détermine une ligne de hauteurs relatives prolongeant celle qui, sur la feuille voisine, va du Bourg Chevreuil (à l'Est), à l'étang de Vioreau (à l'Ouest). Il s'agit tantôt de grès purement quartzeux, à grain plus ou moins grossier, tantôt de grès impurs, argileux, plus ou moins riches en feldspaths détritiques, avec parfois un peu de tourmaline.

Ph. L'appellation de « *phtanites* » convient à des roches sédimentaires siliceuses non détritiques, finement stratifiées, à cassure esquilleuse qui doivent leur teinte, habituellement sombre, voire franchement noire, à un pigment graphiteux ; certains échantillons sont toutefois d'un gris très pâle. Ces roches forment, en contexte schisteux, des intercalations plus ou moins continues, de puissance centimétrique, décimétrique ou, tout au plus, métrique. Deux affleurements seulement permettent l'observation de la roche en place. Le premier correspond à la bande des Hauts-Bois (2,3 km à l'Est de Nort-sur-Erdre), où les phtanites noirs sont visibles dans le hameau même, ainsi que, immédiatement au Nord-Est, dans la vallée du ruisseau de Montagné. L'autre est représenté par d'anciennes carrières, alignées Est-Ouest, à 3,9 km au S.S.E de Saffré, à mi-chemin entre Grand-Lande et la Praie ; c'est dire que les intercalations phtanites ne sont habituellement décelables que grâce à des alignements de débris. La carte souligne, d'autre part, un fait déjà mis en évidence plus à l'Est : la localisation privilégiée de ces roches siliceuses dans la zone septentrionale d'affleurements du Complexe de Saint-Georges-sur-Loire ; on rappellera que c'est principalement, sinon exclusivement, dans un tel contexte que les phtanites ont fourni, sur les feuilles voisines, une riche faune de Graptolithes (faune à *Monograptus lobiferus*) du Silurien inférieur ; des recherches plus minutieuses devraient permettre de retrouver ces fossiles sur le territoire étudié ici. D'autres intercalations (dont celles qui constituent les deux affleurements mentionnés plus haut) déterminent un alignement plus méridional, proche de la faille Nort-sur-Erdre—le Layon.

Les *roches volcaniques* entrent pour une part non négligeable dans la constitution du Complexe de Saint-Georges-sur-Loire. On précisera incidemment à ce propos que la présence, en lames minces, de quartz corrodés et de cristaux brisés de plagioclases conduit fréquemment à attribuer une origine en partie volcanique au matériel formant des roches que leur aspect macroscopique ne permet pas de distinguer de schistes ou grès de type banal.

K³. Les *spilites* et *tuffites basiques* sont particulièrement développées, à l'Est, où termes effusifs et produits pyroclastiques, intimement associés, n'ont pas pu être distingués sur la carte ; la distinction est d'ailleurs souvent malaisée à l'échelle de l'échantillon, voire de la lame mince. Ces différentes roches présentent fréquemment des teintes vertes, dues à la présence de chlorites ; par oxydation des éléments ferro-magnésiens, les tuffites basiques prennent un aspect spongieux, des teintes d'altération ferrugineuse. Spilite et anciens tufs sont bien exposés dans l'ancienne petite carrière qui surplombe directement la rive gauche du ruisseau du Baillou, à 350 m à l'Est de la Mulonnière (2 km à l'E.S.E de N.-D. des Langueurs). Les laves y sont criblées de grosses vacuoles et montrent, en lame mince, une association optique entre pyroxènes, fortement chloritisés, et plagioclases ; calcite et épidote sont relativement abondantes. La roche schisteuse, d'un brun verdâtre, jadis exploitée à 250 m à l'W.S.W de la Maison-Rouge (3,4 km au Nord-Est de Nort-sur-Erdre) correspondrait, non pas à un ancien tuf, mais à une lave formée essentiellement d'actinote et d'albite, avec un peu d'épidote et de biotite ; il pourrait s'agir d'une spilite dont les pyroxènes auraient été amphibolitisés. Les tuffites vert-amande, visibles aux environs de la cote 38 (400 m au Nord-Est de la Ducheté, soit 5 km au Nord-Est

de Nort-sur-Erdre) et en de nombreux autres points, sont également riches en baguettes d'amphiboles (trémolite ou actinote) et en plagioclases, et contiennent en outre beaucoup d'épidote. Ces divers types lithologiques peuvent également être observés au Nord d'une ligne les Hauts-Bois—la Noustière—la Bouinelière, dans la plus méridionale des bandes attribuées ici au volcanisme basique. C'est dans ce contexte qu'affleure, immédiatement à l'Est (feuille Ancenis), la lave actuellement exploitée en carrière au Mont-Juillet (les Touches) et qui est plus proche d'un trachyte que d'une spilite. C'est également à ces affleurements volcaniques méridionaux que se trouvent associés, sous forme de minuscules pointements, des quartzites hématitiques à grain extrêmement fin, évoquant des jaspes.

yg. Les microgranites ou rhyolites et tuffites acides ne jouent apparemment ici qu'un rôle insignifiant et ne seraient représentés qu'en lisière septentrionale de la carte. De petits pointements rocheux, alignés d'Ouest en Est, jalonnent la bande qui a été figurée ici à l'Ouest de la Mulonnière (1,7 km au Sud-Est de N.-D. des Langueurs), et dont on soulignera l'association avec des tuffites basiques visibles immédiatement au Sud. Il s'agit d'une roche aphanitique de teinte blanchâtre, dont les quartz corrodés se détachent d'une mésotase rhyolitique plutôt que microgrenue.

d5-h2. Frasnien—Dinantien. Complexe grésopélimitique. Ce nouvel ensemble, souvent rapporté assez abusivement au faciès Culm, affleure plus largement à l'Est, au cœur du synclinal d'Ancenis. Il s'y trouve représenté par des dépôts détritiques terrigènes, plus ou moins grossiers, voire conglomératiques, principalement continentaux et attribuables pour l'essentiel à un Dinantien *sensu lato*. Près de sa base, des intercalations calcaires (l'Ecochère, au Sud, et Cope-Choux, au Nord) ont toutefois livré les éléments d'une faune marine indiquant le Frasnien. On voit dans ce complexe, considéré comme transgressif, sinon discordant, sur le Paléozoïque anté-frasnien, et dont la puissance excède assurément un millier de mètres, le témoin du comblement progressif, par des faciès molassiques, d'un bassin subsident individualisé dans le cadre de déformations hercyniennes précoces.

Sa présence sur le territoire étudié n'était connue qu'en lisière tout à fait orientale de la feuille, au Nord de la Gânerie, où des pélites gréseuses, olivâtres ou lie-de-vin, et des conglomérats polygéniques à petits éléments jalonnent effectivement en continuité apparente le cœur du synclinal d'Ancenis. Mais nos levés autorisent à prolonger le Frasnien-Dinantien au-delà du graben de Nort-sur-Erdre, depuis le Sud de Languin jusqu'au Sud de la Chevallerais, sous la forme d'une bande étroite et disloquée, allongée d'Est en Ouest. L'extrême rareté des affleurements et leur mauvaise qualité suffiraient déjà à expliquer que cette série ait pu rester inaperçue dans la position qui lui est assignée ici. Mais des confusions stratigraphiques ont pu également jouer dans le même sens. Tel a été le cas aux environs du Hardas et du Plessis-Martin (4,5 km à l'W.NW de Nort-sur-Erdre). Là, des pélites rouges, non métamorphiques, et des conglomérats polygéniques étaient interprétés, si l'on en juge par les contours proposés par la feuille Saint-Nazaire à 1/80 000, comme appartenant, respectivement au Gothlandien (notre Complexe de Saint-Georges-sur-Loire) et au Houiller productif, alors que nous n'avons vu, aux points concernés, que des faciès dont l'association au sein du Complexe grésopélimitique frasnien-dinantien est tout à fait banale. De même, plus à l'Ouest, et en particulier aux environs du Glanet, ou dans l'agglomération du Coquet (soit, respectivement, à 3,6 et 2,6 km au Sud-Est de la Chevallerais), la présence, sur le parcours de notre bande frasnien-dinantienne, de pélites micacées grises ou beiges, assurément peu caractéristiques, paraît

bien être à l'origine de l'extension, selon nous, trop prononcée vers l'Est, qu'attribue ce même document aux Schistes et quartzites de la Groulaie. Parmi les critères de terrain auxquels on peut avoir recours pour tenter d'éviter de telles confusions entre Anté-Frasnien et Frasn-Dinantien, on citera l'absence d'intercalations conglomératiques dans le premier ensemble, où les teintes lie-de-vin font par ailleurs toujours défaut en contexte pélique.

Autant que permettent d'en juger de mauvaises conditions d'observation, les contacts du complexe frasn-dinantien avec la série du horst de Pouillé (au Nord) comme avec le socle précambrien (au Sud) coïncideraient systématiquement avec une faille directionnelle. Compte tenu de la réapparition, plus à l'Ouest, des schistes et quartzites anté-frasniens, il paraît raisonnable d'expliquer l'absence de ces derniers dans la zone d'affleurement du Frasn-Dinantien par un laminage des deux flancs du synclinal d'Ancein.

Une coupe illustrant la composition lithologique moyenne du Complexe frasn-dinantien sur la feuille Nort-sur-Erdre a été relevée par G. Carlier le long d'un fossé de drainage orienté Sud-Nord, dans l'axe du thalweg de Breil-Avril, à 600 m environ au Nord de la ferme de ce nom (5 km à l'Ouest de Nort-sur-Erdre). Au Sud, affleurent des micaschistes à séricite et chlorite, avec intercalations de quartzites graphiteux, très plissottés (Micaschistes du Havre). Une lacune d'observation d'une cinquantaine de centimètres correspondrait au passage de la faille qui, selon toute vraisemblance, sépare ici cet ensemble précambrien du Frasn-Dinantien. Ce dernier est représenté d'abord par des pélites finement gréseuses et micacées, d'un gris verdâtre (0,70 m), puis par des schistes lie-de-vin (1,10 m). Plus haut, après une lacune d'observation de quelques décimètres, des conglomérats quartzeux à matrice gris verdâtre (2,20 m) sont eux-mêmes surmontés par des schistes rouges (1,60 m). La suite de la coupe montre principalement, sur une épaisseur réelle de 18 m environ, des pélites plus ou moins gréseuses ou micacées, d'un gris verdâtre, avec nombreuses et minces intercalations de grès grauwackeux verdâtres, et renfermant encore un banc conglomératique puissant de 80 cm. Toute la série est régulièrement stratifiée, avec pendages d'une soixantaine de degrés vers le Nord, et exempte de métamorphisme. Aucune empreinte végétale n'a encore été observée dans ce contexte sur le territoire de la feuille.

h3. Namurien ou Namuro-Westphalien. Schistes, psammites, grauwackes et conglomérats du Sillon houiller de la basse Loire. Bien que les séries productives du Sillon houiller n'occupent (sur le territoire de la carte) que des surfaces extrêmement réduites, par comparaison avec les régions situées plus à l'Est, elles présentent le double intérêt d'avoir été jadis exploitées dans le cadre de la concession de Languin et de jalonner le tracé occidental de l'accident Nort-sur-Erdre—le Layon. Sous l'angle lithologique, les dépôts attribuables à cet ensemble sont identiques à ceux qui forment le remplissage des autres bassins houillers limniques de l'Europe hercynienne. Les véritables affleurements sont d'ailleurs exceptionnels et de médiocre qualité, et les meilleurs renseignements que l'on puisse obtenir à ce point de vue sont fournis par les « stériles » accumulés sur place au siècle dernier : schistes noirs, souvent charbonneux et parfois riches en empreintes végétales, grauwackes diverses, grès-psammitiques grisâtres ou brunâtres plus ou moins fins, conglomérats monogéniques (à galets de quartz filonien) ou polygéniques. Les tufs volcaniques acides (Pierre carrée des feuilles voisines) ne semblent pas représentés.

A l'Est du graben de Nort-sur-Erdre, le tracé de l'étroite bande Est-Ouest figurée, près de la Marchanderie, au Nord de la RN 164, a été extrapolé à partir de données ponctuelles fournies par des puits, étangs et tranchées de route. A

l'Ouest du fossé tectonique, les limites proposées pour le Houiller productif ne sont autres que celles de l'ancien Bassin de Languin, telles que la répartition des déblais auxquels il a été fait allusion plus haut permet de les reconstituer. On notera cependant que la route traversant le hameau de Pourue (ou Pouruc) recoupe les grès-psammitiques brunâtres de la terminaison occidentale, extrêmement étroite, du bassin. L'âge namuro-westphalien généralement admis pour cet ensemble résulte de son appartenance au Sillon houiller de la basse Loire, dont la flore fossile a été étudiée par E. Bureau au début du XX^e siècle, et revue plus tard par A. Carpentier.

TERRAINS CÉNOZOÏQUES

Ils sont surtout bien représentés dans le Bassin de Saffré et à l'Est de celui de Nort-sur-Erdre. Les affleurements y sont rares.

e5c. Lutétien supérieur. Série détritique de base. La série sédimentaire qui correspond à cet ensemble stratigraphique n'est visible que dans des excavations et ne comprend qu'un cyclothème très détritique, avec de bas en haut :

- des graviers provenant de l'érosion du socle ;
- un niveau d'argiles noires à pollens, à passées sableuses ;
- des sables devenant argileux vers le sommet. Dans ces niveaux, s'intercale un horizon calcaréo-détritique souvent très fossilifère. Localement, au bois Gouët, les fossiles abondants et bien conservés sont représentés, entre autres : *Nummulites brongnarti*, *Alveolina elongata* et *Orbitolites reicheli*, caractérisant la biozone biarritzienne ;
- des argiles grises, gypsifères leur succèdent, le milieu devenant plus confiné ;
- enfin des grès fins, riches en spicules de Spongiaires et contenant des Foraminifères et des débris végétaux, admettant une intercalation argileuse à végétaux ; ils passent latéralement vers le Sud (direction de Nort-sur-Erdre, la Provostière) à des grès quartzites, silicifiés très compacts dépourvus d'organismes marins et affleurant sous forme de blocs épars. Ces niveaux témoignent d'un passage à un faciès continental. Le Lutétien supérieur de la feuille est donc toujours très littoral et/ou proche des limites du rivage marin.

e6-g1. Bartonien supérieur—Stampien inférieur. Marnes et argiles. La dépression de Saffré continue à fonctionner au Bartonien et au Stampien inférieur, alors que celle de Nort-sur-Erdre, dans laquelle, à ce jour, il n'a pas été signalé de Lutétien, commence à s'individualiser.

Les faciès sont continentaux. C'est une épaisse série d'argiles, avec de bas en haut :

- argiles sableuses, vertes et noires, puis argiles gypsifères, grises, à montmorillonite et attapulгите, en milieu confiné, qui représentent le Bartonien (analyses palynologiques) ;
- argiles vertes et grises, à dolomite puis argiles vertes à intercalations noires à pyrite qui sont attribuées (arguments palynologiques) au Stampien inférieur qui représenterait donc l'évolution finale de comblement d'un bassin lacustre à sédimentation calme, le milieu devenant progressivement de plus en plus réducteur, en continuité apparente avec le Bartonien. Ainsi, la limite éocène—oligocène apparaît difficile à placer et cartographiquement impossible à représenter.

g2. Stampien supérieur. Faciès marin à Archiacines et faciès lacustre terminal. Un nouveau cycle de sédimentation est inauguré au Stampien supérieur. Une nouvelle incursion marine franche s'insinue dans le bassin de Saffré et plus hésitante dans celui de Nort-sur-Erdre où les faciès marins semblent être cantonnés à l'Ouest (la Bricaudière, la Rabinière, la Haie-Pacoret) et de faciès margino-littoral (Marnes à *Echinocyamus*).

Les calcaires stampiens marins sont entrecoupés de bref passages marneux visibles au Sud-Ouest de Saffré, bien caractérisés par *Archiacina armorica* associé à une grande variété de fossiles, dont *Echinocyamus armoricus* (particulièrement abondant près la Haie-Pacoret). Progressivement, les séries deviennent estuariennes puis lacustres : on note des calcaires fins à Gastéropodes, Characées, débris végétaux. Parallèlement les intercalations détritiques sont plus importantes et plus fréquentes vers le sommet, mais les faciès restent fins. Dans les dépôts lacustres terminaux apparaissent des meulière compactes à oogones de *Chara*, associées à des marnes jaunes azoïques. L'ensemble de ces faciès s'observe à l'état de débris dans les champs à l'Ouest de Nort-sur-Erdre, à proximité du canal de Nantes à Brest.

Nous donnons plus loin, une coupe interprétative des bassins de Saffré et de Nort-sur-Erdre, et, en annexe, le sondage de Montavon, près Saffré qui atteint le socle vers -320 m NGF. A moins d'un kilomètre au Sud-Est le socle affleure à la côte + 70 NGF !

Alt²_{al}. A05-d2. Altérites argileuses sur socle. Des accumulations d'altérites, à profil plus ou moins tronqué, issues de la longue période d'émersion avec altération intense polyphasée méso-cénozoïque et restées préservées ont été figurées. On peut y distinguer deux groupes ; celui des altérites méridionales, sur socle micaschisteux essentiellement représentées dans le coin sud-ouest de la feuille (la Noë-Verte, le Pré-Failly), souvent puissantes de plusieurs mètres est le mieux caractérisé. Elles témoignent parfaitement de la paléosurface de pénéplanation dont le dernier avatar important est vraisemblablement oligo-miocène avant des retouches quaternaires.

A l'opposé, celui des altérites septentrionales sur socle schisteux paléozoïque sont moins bien évoluées, plus discontinues, moins puissantes, cantonnées dans le secteur nord-est de la feuille (la Touche-de-Vaux, le Pâti-Roux). Elles signent un deuxième mole continental, à peu près respecté par les dernières pulsations transgressives cénozoïques, mais plus largement érodé. L'altération a persisté et très certainement subi des retouches jusqu'au Quaternaire inclus. Ces formations peuvent donc être considérées comme des reliques des altérites mésozoïques.

p. Pliocène

pM. Sables et galets à Balanes. Contrairement aux feuilles levées à l'Est, au Sud et au Sud-Ouest (Angers, Chalennes, la Roche-Bernard) nous n'avons pas observé le faciès redonien classique (faluns) sur le territoire de la feuille. Tout au plus, peut-on signaler un petit gisement, sur quelques dizaines de mètres, au Nord de la D. 33 et au Nord-Ouest de Franchaud (+ 48 m NGF) à l'extrême Nord-Est de la feuille sous forme d'un sable à débris de Balanes noté pM, d'un caractère tout à fait côtier, qui pourrait être rattaché à ce faciès.

p. Sables et graviers rouges à jaune chamois. La majeure partie des affleurements pliocènes sont des sables, rouges ou blancs, classiques tant en Bretagne qu'en basse Loire. Ils sont particulièrement bien représentés sur plus de

60 m d'épaisseur dans le bassin de Nort-sur-Erdre au Sud-Ouest de cette localité (cote + 14 m NGF, le Coudrais). De nombreux placages, souvent étendus dans les gouttières orientées W.NW—E.SE à l'Est de la feuille paraissent témoigner de l'invasion marine de rias avec écoulement vers le bassin de Nort fonctionnant en piège subsident.

Il n'en est pas de même dans d'autres secteurs ; vers Blain, le Gâvre et Saint-Émilien-de-Blain, affleurant vers + 20-30 m NGF, ils sont souvent masqués par des dépôts quaternaires abondants qui les recouvrent et les remanient. Cette cuvette blinoise a, en effet, continué à fonctionner en piège sédimentaire quaternaire à partir du plan incliné du socle méridional et de son érosion.

Des témoins de ces sables restés en place entre Grandchamps-des-Fontaines et Sucé ont échappé à ce lessivage. En placage sur des interfluves disséqués à la faveur d'une inversion de drainage sans conteste due à la néotectonique (Curette, le Pérou), ils sont ici à leur position la plus haute observable sur la feuille (50 m NGF). Outre les critères morphoscopiques et morphométriques les observations au MEB montrent un façonnement marin remaniant un fond détritique (altérites) indubitable pour ces sables.

Les fronts de carrières (Gorion au Sud-Ouest de Nort-sur-Erdre, Est de la Bricaudière, etc.) permettent d'observer des chenaux, des stratifications entrecroisées et des granoclassements verticaux et latéraux. Ils témoignent d'activités très intenses, de courants côtiers que décrivait aussi M. Gruet pour les dépôts homologues de la feuille Ancenis.

On a beaucoup insisté (M. Ters) et à juste titre, sur l'invasion marine pliocène d'un réseau hydrographique préexistant. Toutefois, les gisements de la feuille Nort montrent que ce phénomène n'est pas seul en cause, ni même prépondérant. L'ampleur du remplissage du fossé de Nort-sur-Erdre (tout comme ceux des fossés effondrés de la basse Loire, à Cheviré par exemple, sur la feuille Nantes) témoignent d'une tectonique active, jouant parallèlement. Ce contrôle tectonique de la sédimentation est bien évident dans la région ouest de Nort-sur-Erdre, près du Coudrais, où l'on observe, sur quelques dizaines de mètres de distance, le passage d'une faille à une flexure affectant le Pliocène et le mettant en contact avec le Stampien. Il y a donc, à la fois, fossilisation de paléoreliefs et tectonique active. Ceci est bien illustré en comparant le Sud-Est de la feuille où les formations pliocènes fossilisent des paléoreliefs, sans doute façonnés à l'Oligo-Miocène, alors que les mêmes formations, près de Nort-sur-Erdre, remplissent sur 60 m un fossé actif où l'on trouve en contact, par faille, Pliocène et Stampien.

pg. Graviers, galets azoïques et altérites. Des formations détritiques plus grossières sont localement observables sous forme de galets et de graviers de quartz, souvent blancs, roulés et aplatis. C'est le cas vers la Janrie à l'Est de Nort-sur-Erdre où ils semblent constituer un cône d'épandage repris et étalé par l'action marine, dessinant un éventail ouvert au Sud-Ouest. Celui-ci pourrait témoigner de restes d'exutoire d'un paléodrainage à partir d'un élément de socle resté émergé au Nord.

p-iv. Plio-Quaternaire indifférencié. Dans de nombreux secteurs de la feuille, mais tout particulièrement à proximité du sillon quaternaire blinois et sur ses abords immédiats le Pliocène a été largement remanié et repris au Pléistocène. Aux matériaux sableux pliocènes se mêlent alors des cailloutis souvent rubéfiés, patinés. Les éléments en sont parfois lessivés et corrodés, témoignant des conditions hydrochimiques instables. Ces formations passent souvent latéralement aux dépôts soliflués et/ou aux nappes alluviales pléistocènes. Dans

ces conditions, il est difficile, pour ces formations, de fournir autre chose qu'une indication d'origine des matériaux (Pliocène) et de leur refaçonnement sans grand transport (Pléistocène).

D'une façon générale, d'ailleurs, les nappes alluviales, comme les dépôts colluviaux, les revêtements de pente comme les accumulations d'interfluve, que nous allons examiner largement, se constituent à partir d'une remobilisation de matériaux corrélatifs de systèmes ou d'agents d'érosion morphogénétiques plus anciens, essentiellement tertiaires et/ou contemporains des temps quaternaires.

p-IVL. Plio-Quaternaire limoneux, colluvial. Il s'agit d'un mince revêtement remaniant la partie supérieure des dépôts précédents.

FORMATIONS SUPERFICIELLES

La répartition des différentes formations superficielles retenues n'est pas aléatoire. Si bien des inconnues subsistent, dont certaines pourraient être levées par des études en cours et ultérieures, l'observation et l'utilisation de critères combinés (altitudinaux, rapports mutuels des formations, nature et aspect des dépôts, etc.) nous ont conduit à établir une chronologie relative assez détaillée. A laquelle manque encore, cependant, des éléments de datation absolue. L'évolution géomorphologique a été guidée par la tectonique et par les fluctuations du niveau marin, bien perceptibles en basse Loire (L. Barbaroux, 1981).

Nous pouvons schématiser ainsi cette chronologie là où les formations quaternaires acquièrent une réelle individualité :

— des formations détritiques grossières, siliceuses, jalonnent couloirs et dépressions du Pléistocène ancien. Elles sont désormais perchées (cote + 50 m) par évolution néotectonique et variations quaternaires du niveau marin et disséquées par les reprises d'érosion ;

— des nappes colluviales, des colmatages de vallons et des dépôts soliflués sur les pentes (cote + 30 ± 10 m NGF) recouvrent et scellent des évidements dont la majeure partie pourrait dater du Quaternaire moyen, époque d'actives modifications du réseau hydrographique régional (naissance de la Grande Loire; selon G. Denizot). Des nappes alluviales (cote + 20 m NGF) atténuent le relief des principales vallées approfondies ou déblayées au Quaternaire récent ; parallèlement les secteurs en plans inclinés, en position abritée sous les vents dominants, recueillent un feutrage de limons éolisés, les surfaces de déflation exposées étant, à l'inverse, décapées ;

— une vive reprise d'érosion (Würm III et Tardiglaciaire) suivie d'épisodes récents de colmatage (postérieurs au Flandrien) et matérialisés par des tourbes et/ou limons d'inondation a donné sa marque à la physionomie actuelle de la région.

Revêtements d'interfluves

H. Pléistocène ancien. Nappes caillouteuses, cailloutis et limons. Notées H et alors indifférenciées, ces formations peuvent parfois être distinguées en deux cycles :

- H₍₁₎ : épandages minces, discontinus, à dépôts homogénéisés,
- H₍₂₎ : épandages hétérogènes, plus épais et hétérométriques, repris par éolisation.

Ces nappes se disposent en contrebas de la surface des plateaux, sur les replats qui interrompent les versants de la vallée de l'Erdre (amont de Nort-sur-Erdre), ou bien sont étalées sur les pentes régulières qui convergent vers les bassins de Nort, Saffré et Blain, ou encore sont perchées et surplombantes au-dessus des affluents de l'Erdre (Hocmard).

Elles sont à rapporter au Pléistocène ancien. En effet, les formations associent des éléments (sables, graviers, galets) émoussés, issus du Pliocène et des matériaux (sables, graves, blocs) peu émoussés ou anguleux d'origine locale et reprenant directement des éléments du substratum. Le tout est emballé dans une matrice argileuse et argilo-limoneuse peu fournie (10 à 15 % du sédiment) dont la composition est elle-même très influencée par les phyllites du substratum.

Les matériaux, de par leur origine souvent très locale, sont très variables en nature et très hétérométriques d'un gisement à l'autre. L'hétérométrie peut, par ailleurs, varier notablement dans un même gisement. L'Épine au Sud de Notre-Dame-des-Landes sur substrat micaschisteux et la Houssais au Nord de Nort-sur-Erdre, substrat schisteux paléozoïque, donnent deux exemples remarquables de ces faits. La dimension des éléments grossiers peut aller du gravier au bloc de 20 cm de grand axe (le Pérou, Sud de Grandchamps).

D'une stratification peu apparente, ces dépôts présentent toutefois, une ébauche de tri granulométrique vertical donnant des corps sédimentaires inégalement grossiers (le moulin de Rohanne au Sud de N.-D. des Landes, Beausoleil au Sud de Nort-sur-Erdre). Sur le pourtour de la surface armoricaine sommitale (surface d'aplanissement tertiaire) présente au Sud comme au Nord de la carte, les nappes caillouteuses atteignent des épaisseurs visibles de plusieurs mètres (~ 4 m au Pérou, 1,50 m à l'Épine, la Boissière, 3 m au moulin de Rohanne, le Houssais, l'Alnais).

Au centre de la feuille, tant dans la région d'Héric, que sur les enveloppes des bassins de Saffré et de Blain il ne s'agit plus que de placages, discontinus, ne dépassant pas 1 m d'épaisseur et dont la structure a été détruite par une cryoturbation ultérieure. Enfin, des cailloutis remobilisés par des colluvionnements qui apparaissent, épars, entre Fay et N.-D. des Landes se trouvent souvent associés à des limons éoliens qu'ils ont piégé. Ils jalonnent l'extrême limite de ces épandages et sont les restes d'un matériel plus étendu qui a subi un décapage efficace sur cette grande surface faiblement inclinée vers le Nord.

La dissociation du Pliocène de ces matériels apparaît de façon particulièrement claire dans le Bassin de Nort-sur-Erdre où l'on peut observer le recouvrement des sables pliocènes par ces cailloutis. Ils jalonnent une paléotopographie emboîtée dans le modelé pliocène.

Leur altération, la nature de leurs matériels, leur reprise partielle par colluvions, solifluxion et cryoturbation ainsi que leur position en interfluve justifient leur attribution au Pléistocène ancien en l'absence de datation plus précise.

Formations de pentes et de replats

S. Colmatage colluvial de vallons et/ou solifluxion de bas versants. A un niveau d'altitude immédiatement inférieur au système précédent, s'organise un ensemble intermédiaire de dépôts et de formes correspondant à des ruptures de pentes et à des replats. Elles sont non différenciées sur la carte en raison de la complexité de la figuration que cela aurait nécessité.

En fait sur les minutes détaillées du Quaternaire, trois sous-ensembles bien distincts ont pu être définis :

• **Dépôts des pentes.** Ces formations, naturellement, sont bien caractérisées dans les secteurs au relief contrasté (vallées de l'Erdre et de ses affluents, en particulier à l'amont de Nort-sur-Erdre). Ce sont des dépôts soliflués à partir de matériaux locaux très disparates : altérites, limons éoliens, débris rocheux sables rouges pliocènes, cailloutis pléistocènes anciens.

La Guittière (Nord-Est de Nort-sur-Erdre), la Feuilletais (Sud-Est de Fay-de-Bretagne) donnent deux bons exemples de ces formations. Elles correspondent à un (des ?) épisode(s) tardif(s) d'évolution des versants périodiquement décapés et réentamés au cours des ruptures climatiques pléistocènes.

• **Colmatage colluvio-soliflué des vallons.** Faisant transition, les têtes de vallons présentent des profils transverses en berceau avec modelé de colmatage colluvial prolongeant les couches solifluées.

Les collutions ainsi établies procèdent donc des matériaux soliflués précédents. Le matériel argilo-limoneux, gris, à blocs de quartz détritique d'origine filonienne, à fragments anguleux de roches locales, est souvent induré par un ciment ferro-manganique formant parfois de véritables daïles : les *renards* et *grisons* des agriculteurs locaux. On les observe en particulier à Thiemay (Sud de Fay-de-Bretagne), aux Prises du Plongeon (D. 37 Héric—Blain) et dans la région de Blain. Ce faciès induré peut se développer d'ailleurs aux dépens d'autres formations (figuré spécial « encroûtement d'oxydes de fer »). Il est vraisemblable que ces dépôts sont dus à des conditions hydriques bien particulières (balancement des nappes). Certains d'entre eux pourraient être très anciens (Cénozoïques ?).

• **Nappes colluviales.** Ces formations, encore plus étendues et plus étalées, succèdent aux précédentes par colluvion plus poussée et éluvion.

Surtout localisées dans les vallées de l'Erdre et de l'Isac et sur la partie moyenne du cours de leurs principaux affluents, ces formations sont discontinues, hétérogènes. Leur puissance n'excède pas 2 m ; on y rencontre des lentilles caillouteuses à graviers émoussés et blocs faiblement usés, à lithologie variée, dans une matrice argileuse ou sableuse, des couches de sables grossiers, ocre ou jaunes, en lits ou lentilles à stratifications obliques. C'est un matériel analogue aux deux précédents, mais plus évolué à partir des éléments du bassin versant local dont il provient (Meluc). Ces accumulations sont caractéristiques d'un modelé de colmatage intermédiaire, lui-même entaillé et repris, surtout à l'aval, par les formations alluviales plus récentes, décrites plus loin.

OE. Limons éoliens. Ces autres dépôts de revêtement d'interfluve sont particuliers. Ils n'existent qu'au Sud d'une ligne Fay—Grandchamps et leur disposition en placages sur le rebord d'une unité topographique décapée, largement développée au Sud (plateau nantais) peut indiquer une alimentation éolienne par des vents dominants de secteur sud à sud-ouest. A l'Ouest, leur couleur est beige ; leur épaisseur varie de 60 à 30 cm ; ils s'amenuisent progressivement vers l'Est où ils deviennent grisâtres et un peu plus grossiers. De toute façon, ils tranchent, à tous points de vue, sur les altérites argileuses blanches ou bariolées en place qu'ils recouvrent. Le matériel est un matériel de déflation très homogène. Riches en oxydes et hydroxydes de fer à l'Ouest, ils peuvent donc très bien provenir du décapage et du démantèlement d'une surface sidérolithique tertiaire ; il s'y ajoute une poussière essentiellement quartzreuse (80 à 98 % de la fraction fine $\leq 44 \mu\text{m}$). Les dépôts gris de l'Est correspondent vraisemblablement à des conditions d'apports et de dépôts différentes. En particulier, on note, dans les argiles à l'Ouest, la présence d'hydrobiotite en grande quantité et en voie d'altération, libérant les oxydes de fer et associée à de la kaolinite. A

l'Est, l'hydrobiotite se réduit et disparaît, et les argiles associées sont illite, montmorillonite Fe, interstratifiées et kaolinite. Les minéraux argileux sont donc plus évolués à l'Est (altération plus poussée des hydrobiotites en contexte hydromorphe ?) et/ou issus de substrats différents.

Formations des fonds de vallées et des dépressions

Les nappes alluviales sont de faciès variés, mais qui ont en commun une granulométrie contrastée issue du remaniement d'éléments plio-quadernaires. Elles se disposent à quelques mètres au-dessus du remplissage alluvial le plus récent.

Fx. Moyennes terrasses. Elles ont été reconnues exclusivement sur le bord oriental du marais de Petit-Mars dans le secteur sud-est de la feuille : à la Janvaie (+ 15 m) autour de la Retière (+ 15 à 20 m). Cependant, il est possible que la formation de la Hamonnais à l'Ouest de la Chevallerais relève de cet ensemble.

Constituées de dépôts caillouteux dont l'épaisseur varie de 20 à 150 cm, à faciès très grossier, localement lité, ces terrasses ont remobilisé des matériaux plus anciens dont l'origine est composite. Il y domine toutefois des éléments cénozoïques à façonnement marin (sables grossiers, luisants). Ces moyennes terrasses ont été en général démantelées et leurs restes sont réduits à de rares témoins discontinus.

Fy. Basses terrasses. En contrebas des précédentes, elles sont mieux conservées. Elles enveloppent également les bordures du marais de Petit-Mars, mais s'engagent aussi dans les dépressions plus septentrionales (Ile + 9 m, la Furetière + 12 m, la Ganerie + 12 m). Elles remanient, à l'évidence, les sables rouges et ocre du Bassin du Nort-sur-Erdre et contiennent souvent un stock (5 à 10 %) de quartz éolisés. Il pourrait donc s'agir d'une nappe alluviale mise en place au cours de la dernière grande rupture climatique quadernaire. On trouve les mêmes faciès près du cours de l'Isac et dans le Sillon blinois.

Le long des affluents de l'Erdre et de l'Isac, des formations litées, du même genre, peuvent leur être assimilées par continuité ou par analogie sédimentologique. Il s'agit, chaque fois, d'un remaniement de matériels pliocènes voisins (la Chaussée, la Patrière).

FzT. Tourbes. Dans la vallée de l'Erdre, les marais de Petit-Mars et de Blanche-Noë présentent de vastes étendues de tourbes dont l'âge remonte à environ 4 000 ans. Leur exploitation est active. La tourbe exploitable, comparable à celle bien connue des dépressions périlittorales de la région (Brière) est épaisse d'environ 2 mètres. Elle surmonte une vase tourbeuse (1 à 2 m) qui repose elle-même sur des argiles bleues ou vertes du Flandrien.

Fz. Alluvions récentes. En bordure de l'Erdre et de l'Isac, ainsi que dans les cours inférieurs et moyens de leur tributaires se sont déposées des alluvions grises, argileuses ou argilo-sableuses (quand elles remanient des formations détritiques cénozoïques). Les dépôts ont moins d'un mètre et sont toujours entaillés par le lit mineur. Dans les vallons des ruisseaux, ces dépôts se réduisent à un voile de limon d'inondation qu'il est difficile de délimiter par rapport aux colluvions des berges. Leur âge est holocène à historique.

ÉVÈNEMENTS PRINCIPAUX DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE

La feuille Nort-sur-Erdre se situe dans un secteur-clé pour la compréhension de l'évolution géologique de la Bretagne méridionale, au même titre que la feuille voisine Ancenis. L'évolution géodynamique schématisée du Précambrien au Stéphanien inclus est résumée sur un tableau (fig. 1) modifié à partir des travaux de H. Diot (1980).

Formations cristallophylliennes

Précambrien

Dans l'état actuel de nos connaissances, aucun ensemble métamorphique de la feuille Nort-sur-Erdre ne peut être attribué avec certitude au Précambrien, en l'absence de discordance de Paléozoïque daté, sur un éventuel socle, et également en l'absence de données radiochronologiques confirmant une telle hypothèse. Toutefois, il est probable que les formations paradérivées soient constituées d'un matériel sédimentaire précambrien.

Par continuité avec ce qui a été décrit sur la feuille Ancenis, on peut admettre que les formations épimétamorphiques de la Chevalleris et de Grand-Lande, homologues du horst de Pouillé, aient été métamorphosées au Briovérien (comme la série des Mauges).

Par analogie de faciès, on peut supposer que les micaschistes de Mauves-sur-Loire soient, eux aussi, l'homologue de la série des Mauges et à ce titre qu'ils aient subi un métamorphisme précambrien. Il pourrait en être de même pour les micaschistes du Hâvre dont il a été proposé récemment (Marchand, 1981) qu'ils correspondent à la base plus métamorphique des micaschistes de Mauves-sur-Loire.

En ce qui concerne les formations cristallophylliennes mésozonales à catazonales (Groupe leptyno-amphibolique inférieur du Cellier, orthogneiss de Saint-Mars-du-Désert) constituant la partie occidentale du complexe de Champtoceaux, leurs relations géométriques (écaïlle de socle chevauchante) interdit toute interprétation quant à l'âge de leur métamorphisme. Les quelques données radiochronologiques disponibles et les travaux en cours laissent supposer que toutes ces roches orthodérivées, y compris les éclogites, seraient d'âge paléozoïque inférieur (Silurien).

L'évolution rétromorphique ainsi que la mise en place du plan du complexe de Champtoceaux serait alors également d'âge paléozoïque.

L'évolution est ensuite rétrograde (\rightarrow épizone), la rétromorphose se poursuit donc pendant qu'un plissement d'axe E-W plongeant vers l'Est conditionne la déformation en voûte antiforme des micaschistes chevauchés (type Mauves), au méridien de la Chapelle-sur-Erdre (sur la feuille Nantes, au Sud de la présente feuille). La schistosité S2 ainsi acquise résulterait d'un serrage méridien (J.-L. Lagarde, 1976).

De nombreuses questions importantes restent posées quant à cet ensemble précambrien (J. Marchand, 1980) :

— âge du complexe du Cellier : témoin d'un vieux socle antécadamien, qui n'est pas confirmé par les datations (525 ± 26 MA) faite par R. Vidal et *al.* (1970) ou élément pénécotemporain de ses enveloppes mésozonales ?

— autochtonie, autochtonie relative ou allochtonie de ce complexe du Cellier au sein du complexe de Champtoceaux ?

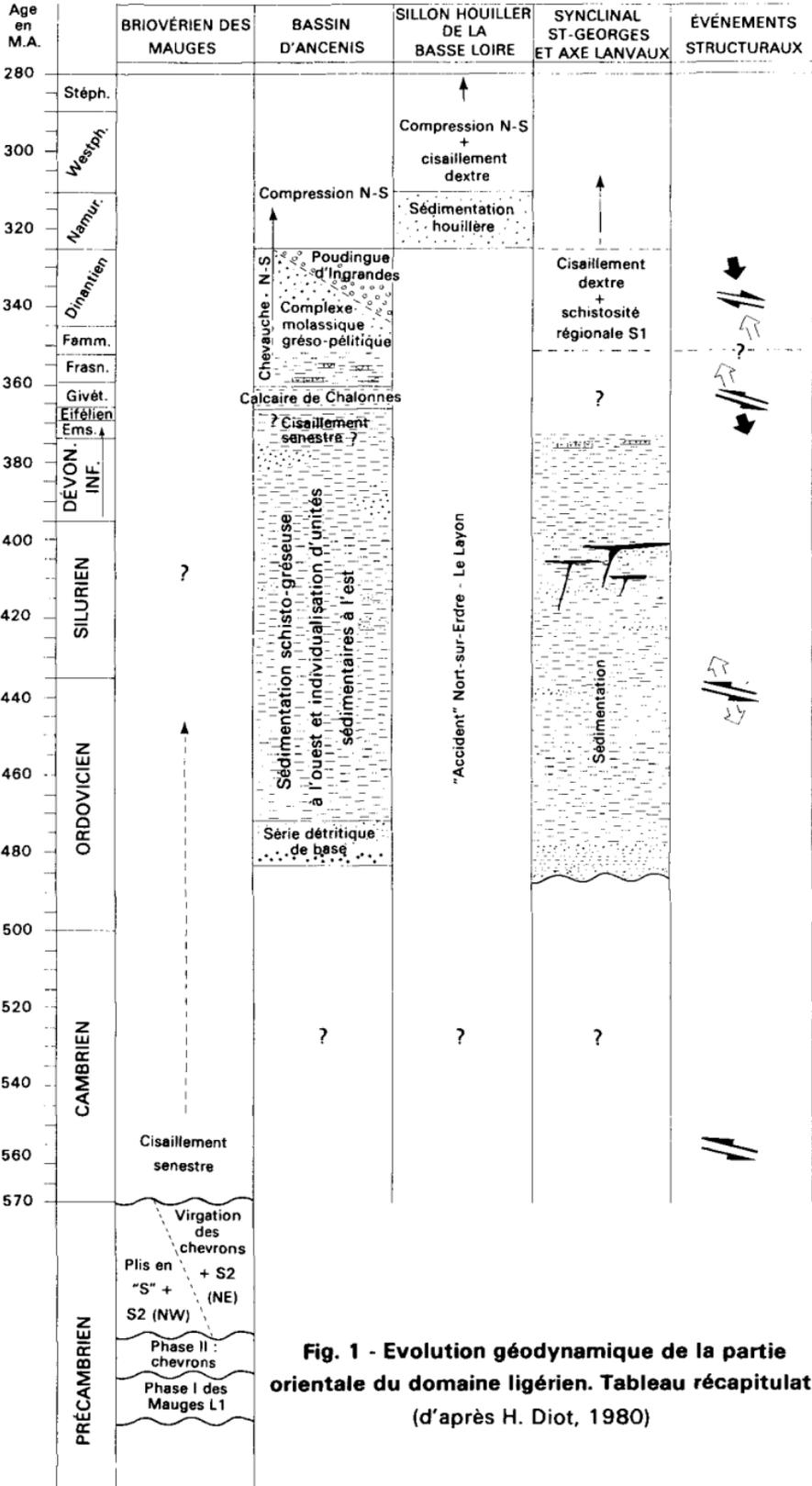


Fig. 1 - Evolution géodynamique de la partie orientale du domaine ligérien. Tableau récapitulatif (d'après H. Diot, 1980)

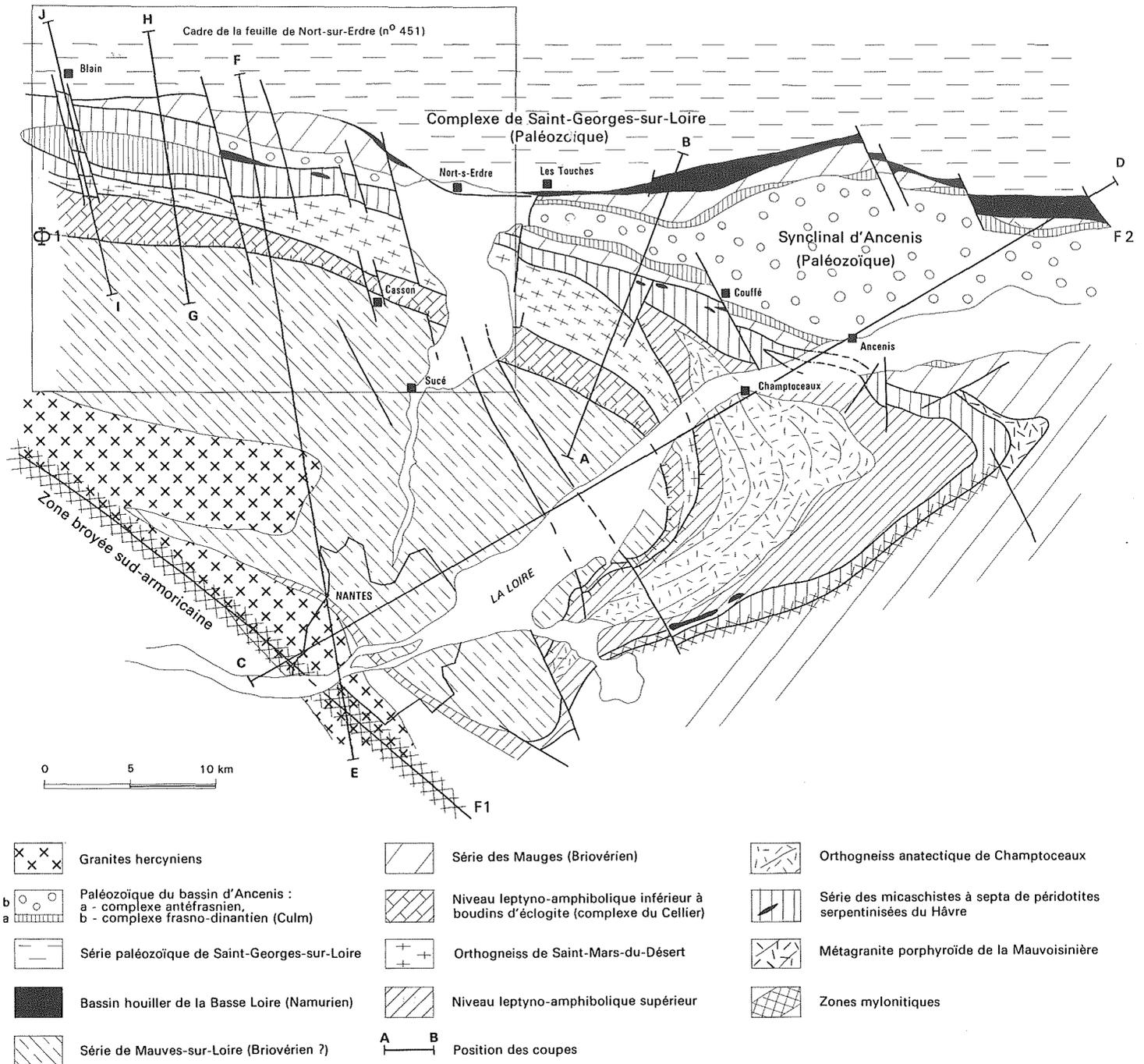


Fig. 2 - Le complexe de Champtoceaux et le synclinal d'Ancenis dans leurs relations structurales
(d'après J. Marchand, 1981)

— signification exacte des micaschistes à passées graphiteuses du Hâvre par rapport au micaschiste de Mauves ?

— relations de ces formations mésozonales avec le Briovérien épimétamorphique des Mauges ?

A propos de cette dernière formation, épaisse, monotone et très étendue sur la feuille Ancenis, elle se trouve ici très réduite ; nos levés ont cependant établi sa présence (schistes et méta-grauwackes de la Chevallerai et son extension jusqu'au Sud de Blain.

D'après la notice de la feuille Ancenis, il semble que le noyau mésozonal et la série briovérienne (Mauges et horst de Pouillé) ont subi une seule et même évolution métamorphique et structurale et qu'il y a lieu d'attribuer un âge précambrien (cadomien ?) aux deux plissements majeurs et aux événements métamorphiques que nous venons d'évoquer.

Toutefois, il apparaît que le métamorphisme semble s'être poursuivi ultérieurement, parallèlement à une activité tectonique hercynienne importante (accidents directionnels W.NW—E.SE et décrochements NW—SE). La présence de grenats automorphes post-tectoniques dans les micaschistes albitiques et la datation des biotites et des feldspaths potassiques des gneiss de Champtoceaux indiqueraient un rajeunissement hercynien vers 340 MA (P. Vidal et *al.*, 1970). Ces considérations nous conduisent tout naturellement à examiner l'évolution des formations sédimentaires au cours du Paléozoïque.

Formations sédimentaires du Paléozoïque antéfrasnien

Les formations sédimentaires qui nous sont conservées de ces époques correspondent à une individualisation précoce de deux bassins distincts bien que présentant une certaine analogie par l'importance des formations sédimentaires détritiques, pélitiques et gréseuses.

Au Nord de la feuille, les schistes gréseux du synclinal de Saint-Georges-sur-Loire, très diversifiés présentent une grande quantité de dépôts volcano-sédimentaires (spilites, rhyolites, tuffites et phanites). Au centre de la feuille et ainsi que nous avons pu l'établir en continuité avec la feuille Ancenis, les schistes et quartzites de la Groulaie, précédemment attribués aux Grès armoricains sont à placer en parallélisme avec les formations de Pierre-Meslière et, par conséquent, débiteront plus précocement, dès l'Ordovicien inférieur.

Il semble donc possible de distinguer, dans ces dépôts marins, épicontinentaux, de marge active, subsidente, une ride de socle précambrien (horst de Pouillé) séparant ces deux bassins, le bassin méridional (la Groulaie—Nort—Aucoin) fonctionnant plus tôt avec des faciès plus grossiers et le bassin septentrional (formation de Saint-Georges-sur-Loire) un peu plus tard, avec des faciès plus fins et une intense activité volcanique sans doute liée à des distensions, amincissements et ruptures de croûte continentale. Alors que le bassin de Saint-Georges ne présente plus, s'il en a connu, de formations paléozoïques postérieures au Dévonien inférieur, le bassin méridional continue, lui, de fonctionner dans un cadre tectoniquement instable qui paraît indiqué par des accidents de sédimentation (région d'Ancenis, M. Dubreuil).

La disposition des schistes et grès de la Groulaie au Sud de Blain, par ailleurs, semble indiquer une discordance de l'Ordovicien inférieur sur les formations précambriennes, bien que les contacts soient peu visibles avec une tectonique active (redoublement par écaillage du Nord-Ouest de l'Orgerais).

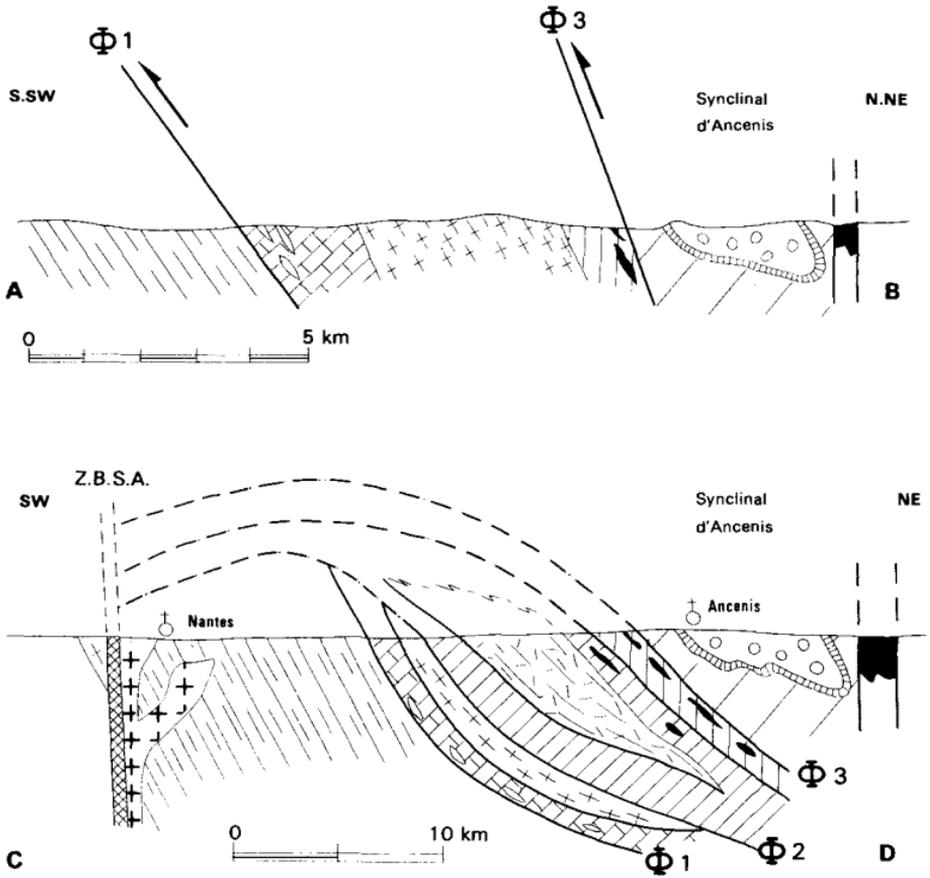


Fig. 3 - Coupes de la partie orientale du complexe de Champtoceaux
(J. Marchand, 1981). Même légende que la fig. 2

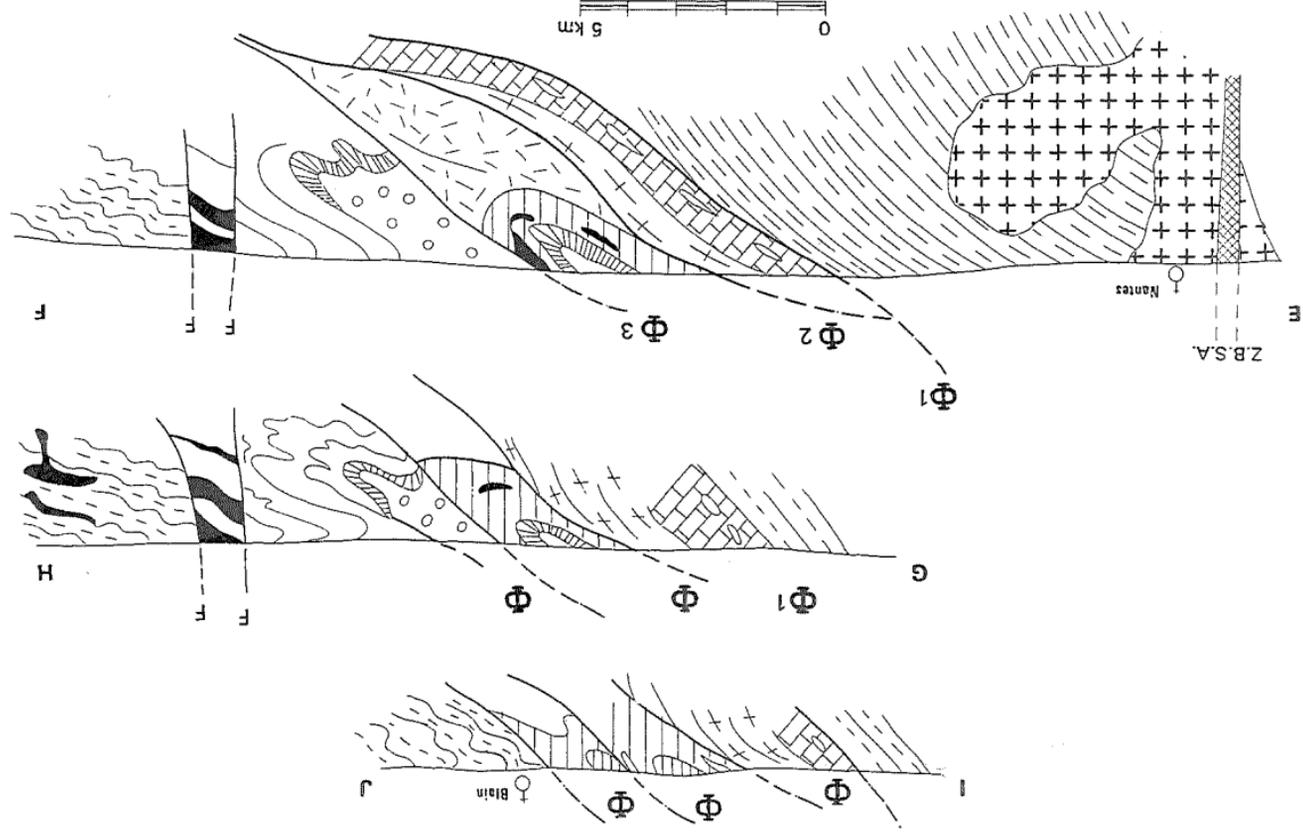


Fig. 4 - Coupes interprétatives de la région nord du Pays nantais (Complexe de Champtoceaux dans sa partie occidentale et formations paléozoïques des bassins d'Ancenis et de Saint-Georges-sur-Loire dans leurs prolongements occidentaux). L. Barbaroux, 1982. Même légende que la figure 2

Frasno-Dinantien

On sait (feuille Ancenis) qu'il existe une lacune du Dévonien moyen et une relative indépendance avec le Paléozoïque antéfrasnien. Il est acquis, au terme de nos levés, que le Frasn-Dinantien se prolonge jusqu'à l'Ouest-Sud-Ouest de la Chevallerais contrairement aux indications de la feuille Saint-Nazaire à 1/80 000. C'est une bande étroite, disloquée, écrasée entre deux contacts faillés qui, dans le secteur d'affleurement du Frasn-Dinantien ne laissent pas apparaître les formations antéfrasniennes et vice-versa. Il est possible qu'un coulissage latéral, un jeu en relais de la faille de Nort-sur-Erdre puisse être responsable de cette particularité. Cette disposition disparaît vers l'Est où s'ouvre le bassin d'Ancenis, moins tectonisé. Le cisaillement senestre et le chevauchement Nord-Sud décrits dans le domaine oriental ligérien par H. Diot (1980) pour cette époque paraissent bien s'appliquer à nos observations.

Les faciès sont grésopélitiques et même très conglomératiques. Nous n'avons pas trouvé de formations lenticulaires calcaires (présentes à l'Est d'Ancenis—Chalonnnes). Il se pourrait donc que nous soyons ici plus « haut » dans la série, ou dans un contexte sédimentaire plus littoral et détritique. Toutefois, cela n'est pas contradictoire avec une discordance entre Frasn-Dinantien et Paléozoïque antéfrasnien. Aucun dépôt discordant attribuable au Frasn-Dinantien n'apparaît au Nord, dans le bassin de Saint-Georges-sur-Loire, visiblement très indépendant.

Une carte schématique tirée de J. Marchand (1981) et quelques coupes interprétatives donnent une interprétation tout à fait nouvelle de la structure régionale sud-armoricaine, avec grands écaillages siluriens.

Namurien (Namuro-Westphalien) ou Houiller productif

L'extension du Houiller productif a pu aussi être notablement précisée et, surtout, nous voyons apparaître ces dépôts, *sur le Briovérien*, coincés en écailles. Ceci est un fait nouveau car jusqu'ici, sur la feuille Ancenis en particulier, le Namurien ne reposait que sur les formations de la série de Saint-Georges.

Ce sont des petits bassins continentaux, molassiques, avec un étroit contrôle tectonique.

Au Westphalien une violente phase de serrage, avec laminage, a repris l'ensemble du bâti régional et s'est exprimée par des cisaillements et probablement réactivation des chevauchements antérieurs.

Mésozoïque et Cénozoïque

Aucun dépôt datant les périodes s'étendant du Mésozoïque au Paléocène n'apparaît sur le territoire de la feuille. Une longue évolution continentale, avec phases d'altération et d'érosion, s'est instaurée après le Westphalien et a duré jusqu'au Cénozoïque. On notera que le Lutétien supérieur qui est le terrain le plus ancien de l'ère Cénozoïque décelé ici présente un faciès détritique continental (bassin de Saffré). La sédimentation cénozoïque qu'il instaure est certainement liée à un contrôle tectonique, qui va dès lors s'exercer avec une importance que cette feuille met bien en évidence. Le bassin de Saffré est aussi le premier à avoir fonctionné (Éocène—Oligocène) et son fonctionnement paraît relayé ensuite vers le Sud-Sud-Est par celui de Nort-sur-Erdre (Oligocène et Pliocène). Ce sillon sédimentaire à composante Nord-Sud, guidé par des cassures, se raccorde bien vers Carquefou puis le marais de Goulaine (Éocène—Oligocène). Ces bassins s'organisent comme ceux de Campbon et Dreffeac—Quilly à l'Ouest (feuille Savenay) et d'une façon générale en basse Loire, sur

des linéaments faillés, conjugués, N 45° et N 330° E. Ceux-ci sont légèrement obliques et greffés « en épi » par rapport aux directions armoricaines plus anciennes. Il y a donc là l'expression d'une *tectonique active, propre au Cénozoïque*, bien que conditionnée, plus ou moins directement, par le bâti structural préexistant.

A part quelques faciès calcaires ou calcaro-argileux (base du Stampien supérieur) marins, l'essentiel des dépôts cénozoïques est détritique. Ces formations continentales marno-calcaires du Stampien supérieur viennent terminer le cycle oligocène. Une violente phase rhéxistatique pliocène reprend toutes les formations antérieures, elle s'instaure dans un contexte transgressif épicontinental et très littoral (sables et galets à Balanes de Franchaud, zone d'épandage détritique de Nort-sur-Erdre) et décape très largement les altérites antérieures réduites parfois à des « racines » de sols tronquées.

Ces petits bassins étroits (Saffré = 2,5 km sur 1,3 km ; Nort = 5 km sur 1,2 km) ont une grande profondeur (350 à 400 m pour Saffré et 450-500 m pour Nort). Ces données, à elles seules, montrent l'importance primordiale de la tectonique cénozoïque, indépendamment de toutes considérations sur des paléorias hypothétiques.

Ces dernières ont certainement existé sur le Massif armoricain et gardent des témoins cénozoïques (feuilles Saint-Nazaire et la Roche-Bernard à 1/50 000), mais il s'agit ici d'une toute autre échelle de phénomènes.

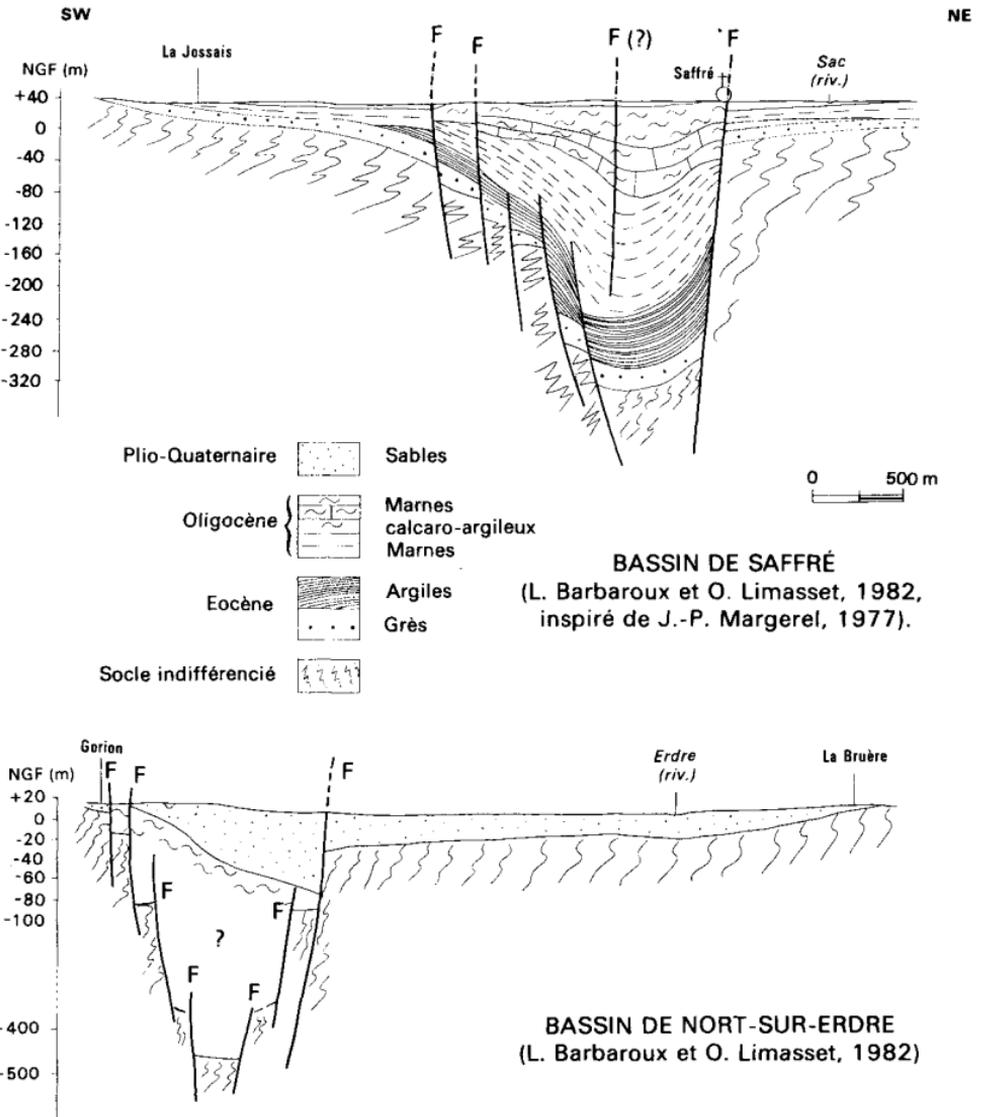
Quaternaire

Par ailleurs, les cassures affectent le Pliocène du bassin de Nort-sur-Erdre (secteur du Plessis-Pas-Brunet) et le Plio-Quaternaire (région de Saffré). Des éléments de *néotectonique quaternaire active* sont observables à proximité du bassin de l'Erdre et impliquent des modifications de drainage (vallée de Hocmard, de Grandchamps à la Guérinière par exemple) et l'allure particulièrement fraîche du horst de Gremil au Sud de Saffré, en dépit de la lithologie très tendre des schistes du complexe de Saint-Georges ne peut être attribuable qu'à des mouvements récents. Ceux-ci ont déjà été mis en évidence dans d'autres régions voisines (L. Barbaroux, 1973-1975, feuilles la Roche-Bernard et Saint-Nazaire) où la tectonique affecte les formations quaternaires. C'est ce que nous avons pu également constater lors des travaux de l'autoroute Nantes—Angers à la sortie est de Nantes où les formations quaternaires (cailloutis) sont affectées par faille, avec décalage de l'ordre du mètre. C'est également ce que nous avons observé dans la carrière de la Barre (feuille Nantes, entre Treillères et la Chapelle-sur-Erdre). Enfin, le cours du Hocmard (Sud de la feuille) tout comme celui de Gesvres (feuilles Nantes) a été infléchi à 90° de sa direction d'écoulement primitive (SW—NE) vers le Sud-Sud-Est par un système de failles récentes.

En résumé, une étude détaillée de terrain fait ressortir trois générations de failles post-stéphaniennes :

- rejeu de la faille de Nort-sur-Erdre (N 80°-110° E) et failles des fossés « houillers », proches de la direction sud-armoricaine (N 120°-130° E) ;
- failles des fossés tertiaires, N 45° et N 160° E ;
- failles tardives de réajustement des bordures du horst de Gremil et de la région de Nort-sur-Erdre : N 5° à N 30° E.

Deux coupes l'une dans le bassin de Saffré, l'autre dans celui de Nort-sur-Erdre permettent de voir l'ampleur de la tectonique cénozoïque effondrante dans la région et de ses répercussions sur la sédimentation (détritique en pério-



des actives et tendant au milieu confiné en périodes d'accalmie). La profondeur atteinte par les bassins cénozoïques de Saffré et de Nort, nous entraîne à suggérer une étude de géothermie basse-énergie.

ÉTUDE GÉOPHYSIQUE D'APPUI

La carte a fait l'objet d'une étude géophysique d'appui dont les résultats ont été particulièrement probants et nous tenons à remercier le B.R.G.M. et son département géophysique pour ce travail exemplaire. Il nous a permis de mieux délimiter les bassins tertiaires, de préciser l'allure de leur remplissage et de donner des indications structurales dans de vastes zones couvertes par des épandages détritiques (la Chevallerai—Saffré) ou des marais (Nort, Petit-Mars).

Des précisions dont nous avons fait état ont été ainsi apportées et nous n'y reviendrons pas. De nombreuses discontinuités orientées suivant trois directions majeures : N 155° E, N 50° E, N 105° E ont ainsi été révélées. Nous retiendrons, en outre, comme fait notable, une anomalie lourde de 10 km d'extension qui se localise vers la Chênaie, entre la Chevallerai et Saffré. Elle coïncide avec une anomalie magnétique forte. Il est difficile de l'expliquer de façon satisfaisante. La présence à proximité d'un indice de mispickel (Fe As) semble écarter l'interprétation par la présence de péridotite serpentinisée. Si ces deux faits (indice et anomalie) sont liés, ils impliqueraient plutôt une intrusion filonienne ou un métamorphisme de contact. L'étude de cette structure nous paraît devoir être reprise en détail.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

RESSOURCES MINÉRALES

Houille. Concession de Languin (*). La première concession de Languin, créée par ordonnance royale du 14 janvier 1746, devait être scindée, dès 1839, en deux parties, dont l'une (à l'Ouest) conservait seule le nom de *concession de Languin*, l'autre (à l'Est) devenant la *concession des Touches*. La limite était formée par une ligne N.NE—S.SW dont le tracé suit approximativement, au Sud de l'agglomération des Touches (feuille Ancenis), la route départementale n° 31, laissant ainsi la quasi-totalité de la nouvelle concession de Languin sur le territoire de la feuille Nort-sur-Erdre. Il semble que les travaux de recherche eux-mêmes n'aient guère débordé les limites assignées ici aux affleurements du Houiller productif.

L'exploitation a porté, d'Est en Ouest, sur le groupe de la Ferrière (exploité au début du XIX^e siècle), le groupe de la Mine des Anglais (exploité entre 1840 et 1863) et le groupe de la Praie. Les veines de houille étaient très irrégulières et la majeure partie du charbon provenait de « brouillard ». Le combustible extrait, très fragmenté, était mêlé d'argile et riche en cendres. Les dangers d'éboulement et d'infiltration nécessitaient d'importants travaux de boisage et d'exhaure

(*) Par P. Cavet.

et n'ont jamais permis de descendre au-dessous de 200 mètres. Durant toute la période d'exploitation, les taux de production sont restés très faibles, avec un maximum de 8 022 tonnes en 1858. Des tentatives ont été faites, à plusieurs reprises, pour développer sur place la fabrication du coke, destiné en particulier, à partir de 1860, au haut-fourneau de la Jahotière (1,3 km au Nord-Est de Languin). Les difficultés d'exploitation et le manque de débouché devaient néanmoins entraîner l'abandon définitif des travaux le 1^{er} octobre 1863 et la mise en vente de la mine.

Amiante. Une bande de serpentinites longue d'une trentaine de kilomètres s'étend d'Est en Ouest entre Nort-sur-Erdre et Quilly, localité située sur la feuille voisine.

A 3 km au Sud-Ouest de Blain, ces serpentines offrent des indices d'amiante visibles dans deux anciennes carrières situées à une centaine de mètres au Sud du passage à niveau de la route menant des Brûlais à l'Orgerais. Des indices existent également le long de la voie ferrée, au Sud-Est du passage à niveau.

La minéralisation se présente sous la forme d'un stockwerk. L'asbeste en fibres le plus souvent inférieures à 0,3 cm est placée transversalement dans les plans de la facturation de la roche. Ces indices n'ont pas fait l'objet de travaux de recherches.

Argiles. Des indices d'attapulгите, argile fibreuse d'utilisations très diverses (litières, absorbant industriel, support de pesticide, boue de forage en milieu salin, etc.) ont été mis en évidence dans le bassin de Saffré à 4 km au Nord-Ouest du bourg de Saffré (zone de l'ordre de 150 ha). Des indices de smectite, autre argile fibreuse, existent dans ce même bassin près de Beauséjour.

Sables et graviers. De nombreuses carrières ont exploité ou exploitent encore les sables et graviers pliocènes dans le quart nord-ouest de la feuille autour de Blain. Il s'agit de sables de granularité moyenne contenant en général 5 à 10 % de graviers roulés. L'épaisseur de cette formation est très irrégulière ; le plus souvent de l'ordre de 2 à 4 m, elle peut atteindre 6 m dans certains chenaux. Les fronts de taille des carrières montrent que la découverte est en général inférieure au mètre.

Tourbes. Dans le coin sud-est de la feuille, en rive gauche de l'Erdre, entre cette rivière et la R.N. 178, se trouve le marais de Saint-Mars couvrant un millier d'hectares environ. Près de la moitié de cette superficie est occupée par des tourbes. Celles-ci sont exploitées au Sud-Ouest de Petit-Mars au niveau d'un élargissement de l'Erdre appelé plaine de Mazerolles. L'épaisseur de la tourbe est très variable, le plus souvent de l'ordre de 2 à 4 mètres.

HYDROGÉOLOGIE

Le sous-sol du territoire couvert par la feuille Nort-sur-Erdre est constitué en majeure partie par les terrains antécambriens et primaires du socle armoricain. Dans ces roches dures, sans porosité d'interstices, l'eau souterraine ne circule qu'à la faveur de la fissuration. Le captage, dans de bonnes conditions, de quantités d'eau relativement importantes n'est envisageable que dans les secteurs où cette fissuration connaît un certain développement. La recherche de telles implantations implique le recours à la photogéologie (repérage de linéaments pouvant correspondre à des couloirs de fracturation) et à l'analyse des sites reconnus au moyen de sondages de reconnaissance et d'essai. Statistique-

ment la probabilité d'obtention d'un débit donné, bonne pour les faibles débits (75 à 80 % pour 2 à 3 m³/h), décroît très rapidement quand les quantités désirées augmentent (50 % pour 5 m³/h ; 20 % pour 10 m³/h ; 5 % pour 25 m³/h). L'eau est généralement douce, acide, avec des teneurs en fer qui nécessitent souvent un traitement avant utilisation pour l'alimentation humaine.

Le caractère particulier, dans le contexte armoricain, du territoire de la feuille vient de la présence des bassins d'effondrement à remplissage tertiaire de Nort-sur-Erdre et de Saffré.

Les sables du bassin de Nort-sur-Erdre présentent une porosité d'interstices, qui en font un excellent réservoir, et une perméabilité qui y autorise des prélèvements de l'ordre de 200 m³/h. La filtration naturelle des eaux d'alimentation assure à la nappe une qualité microbiologique satisfaisante, tandis que l'eau, douce, légèrement acide et agressive, ne nécessite qu'un traitement correctif peu important avant distribution.

La nappe des calcaires du bassin de Saffré, assez fortement karstifiés à l'affleurement, est assez vulnérable aux pollutions. Les terrains présentent une forte porosité et une perméabilité qui y autorise le pompage de débits voisins de 250 m³/h. L'eau est assez dure et sa qualité microbiologique parfois insuffisante en impose une surveillance stricte et un traitement antibactérien avant utilisation.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

On trouvera des renseignements géologiques complémentaires et en particulier des itinéraires intéressant la région dans le *Guide géologique régional : Bretagne*, par S. Durand, Masson, Paris, 1977.

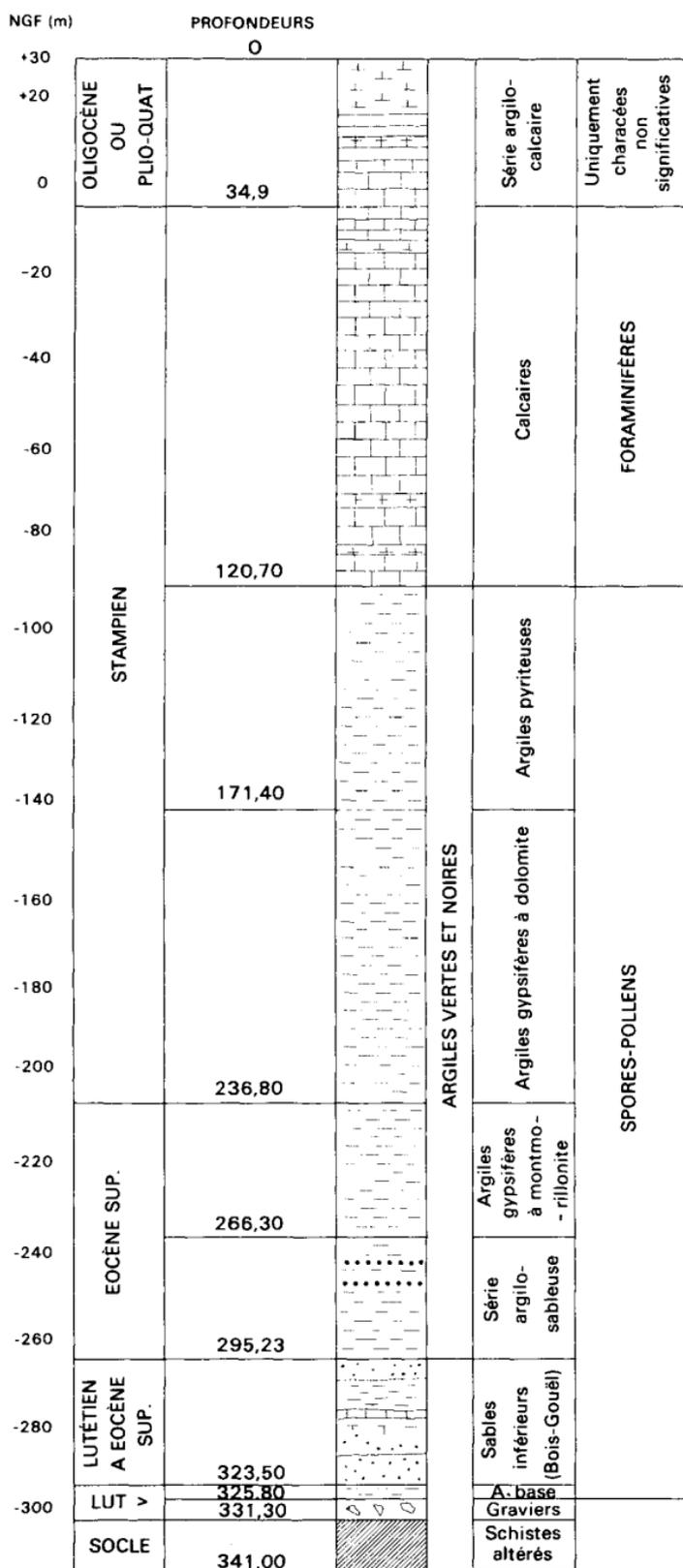


Fig. 6 - Coupe d'interprétation stratigraphique
 FORAGE PROFOND : MONTAVON, 1977 (451-3-29)
 Extrait D.E.A. : V. Borne, 1978 - Etude d'un sondage profond
 dans le bassin tertiaire de Saffré (44),
 (sédimentologie, biostratigraphie, paléoécologie)

COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES

N° S.G.N.	Commune Désignation	X	Y	Z cote sol arrondie au m.	Prof. en m.	Coupe géologique sommaire		Stratigraphie	Cote toit NGF arrondie au m
						Profondeurs	Lithologie		
451-1-16	Vay Campagne DDE 1978 SH 10	294.70	287.90	+ 36	5.7	0-2.5	Limon, puis gravier et sable argileux. Sable argileux roux	Plio-quaternaire Pliocène probable	+ 36
						2.5-5.7			+ 34
451-1-21	La Grigonnais Campagne DDE 1978 SH 33	294.70	286.50	- 32	5.0	0-2	Limon et argile finement sableuse, puis gravier argileux jaune. Sable limoneux à argileux puis gravier bien gradué jaune.	Quaternaire ancien Plio-Quaternaire	+ 32
						2-5			+ 30
451-2-28	Blain Campagne DDE 1978 SH 28	295.48	280.0	+ 20	5.5	0-0.4	Limon et argile Argile bariolée Graviers avec passées argileuses Schiste altéré	Alluvions Colluvions (SC) Épandages des plateaux Socle	+ 20
						0.4-1.3			+ 20
						1.3-4			+ 19
						4-5.5			+ 16
451-3-3	Saffré DDA-1952-S 3	304.60	282.12	+ 34	26	0-1.5	T.V. et argile sableuses Sable jaune à galets Sable et graviers Galets Schistes sériciteux altérés	Formations superficielles Éocène (*) Éocène probable id. Socle	+ 25
						1.5-3.3			
						3.3-4.5			
						4.5-7.5			
						7.5-26			+ 19

(*) Interorération S. Durand - Thèse - 1960.

451-3-4	Saffré DDA-1952/S 4	304.75	284.42	+ 23	112	0-27.20	Rognons de calcaire jusqu'à 7,35 m puis calcaires à Milioles ou Characées avec niveau d'argile verte de 10.4 à 14.7. Calcaires sableux, calcaires marneux durs, rares niveaux dolomitiques ou marneux Argile verte	Oligocène (*) série supérieure	+ 23
						27.20-84.20		Stampien (*) « Calcaires à Archiacines »	- 4
						84.2-112		Stampien (**)	- 61
									Socle non atteint à - 89
451-3-5	Saffré DDA-1952-S 5	304.20	285.58	+ 25	78	0-0.20	T.V. Sable jaune argileux Calcaires Argile verte ou noire	Oligocène (*) Stampien (**)	+ 24
						0.20-1.40 1.40-46.7 46.7-78			- 22
									Socle non atteint à - 53
451-3-6	Saffré DDA-1952-S 6	305.70	285.98	+ 29	33	0-0,5	T.V. Argile grise ou jaune, graviers à la base Calcaire blanc Argile verte Argile organogène et sables. Sables et galets à la base Schiste	Tertiaire non déterminé	+ 28
						0.5-6		"	
						6-6.8		"	
						6.8-12.5 12.5-22.8		Eocène	+ 21
						22.8-33		Socle	+ 10

(*) Interprétation S. Durand - Thèse, 1960 (**). Par corrélation avec le forage 451.3.29.

N° S.G.N.	Commune Désignation	X	Y	Z cote sol arrondie au m.	Prof. en m.	Coupe géologique sommaire		Stratigraphie	Cote toit NGF arrondie au m
						Profondeurs	Lithologie		
451-3-7	Saffré DDA-1952-S 7	304.83	284.36	+ 25	70	0-3.1	Sables et galets sous 0,65 m de T.V.	Quaternaire Oligocène (*) Série supérieure Stampien (*)	
						3.1-20.1	Calcaires avec niveaux argileux		
						20.1-61.2	Calcaires à Archiacines (Passée de mar- nes à végétaux de 41.30 à 43.6).		
						61.2-70	Argile verte	Stampien (**)	
451-3-10	Saffré Ciments Lafarge 1964 S 3	304.75	285.02	+ 30	151	0-47	Argiles et marnes alternant	Oligocène	+ 30 Socle non atteint à - 121
						47-100	Alternance de calcaires et de marnes ou d'argiles		
						100-151	Calcaires tendres avec pas- sées argileuses ou marneuses		
451-3-20	Saffré Ciments Lafarge-1966 S 13 Bis	303.57	284.15	+ 24	59	0-3	Sable argileux	Stampien à Bartonien (Argiles vertes infé- rieures)	+ 21
						3-29	Argiles versicolores puis vertes à partir de 10 m		
						29-55	Sables et grès - Passées marno-calcaires	Éocène	- 5
						55-59	Rognons de quartz dans argile blanche (schiste altéré)	Socle	- 31

(*) S. Durand, 1960.

(**) Par analogie avec le forage 451-3-29.

451-3-21	Saffré Ciments Lafarge, 1966 S 14	303.05	284.03	+ 26	31	0-9.5 9.5-27.7 27.7-31	Sables et graviers Argiles et grès coquilliers (Cérithes) Niveau tourbeux à la base Schiste altéré	Plio-Quaternaire Éocène Socle	+ 26 + 16 - 2
451-3-22	Saffré Ciments Lafarge, 1966 S 15	302.42	283.55	+ 24	27.2	0.-2.5 2.5-6.6 6.6-15 15-27.2	Sables et graviers id. avec rognons de quartz Argile sableuse rognons de quartz (schistes altérés ?) Schistes altérés	Plio-Quaternaire Plio-Quaternaire Socle probable Socle	+ 24 + 17 + 9
451-3-29	Saffré Forage Montavon 1977 (pour AEP)	304.60	284.76	+ 30	341		Voir coupe résumée fig. 6		
451-4-2	Nort-sur-Erdre DDA-1949-S 2	309.72	277.24	+ 13	42.7	0-0.40 0.4-41.2 41.2-42.7	T.V. Sables blancs + graviers. Argile sableuse à partir de 36,40 m. Schistes altérés	Pliocène (*) Socle (*)	+ 13 - 28

(*) Interprétation S. Durand - Thèse, 1960.

COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES (suite)

N° S.G.N.	Commune Désignation	X	Y	Z cote sol arrondie au m.	Prof. en m.	Coupe géologique sommaire		Stratigraphie	Cote toit NGF arrondie au m
						Profondeurs	Lithologie		
451.4.3	Nort-sur-Erdre DDA-1949-S 3	308.72	277.28	+ 12	45.6	0-1.6 1.6-44.4 44.4-45.6	Remblai Sables - Niveaux à galets Schistes altérés	Pliocène (*) Socle (*)	+ 11 - 32
451-4-4	Nort-sur-Erdre DDA-1949-S 4	310.08	277.86	+ 14	28.5	0-3.2 3.2-26.5 26.5-28.5 à 28.5	T.V. et graviers Sable + gravier Sable brun latéritique Socle ?	Pliocène (*) Pliocène (*) Socle (*)	+ 11 - 14 ?
451-4-6	Nort-sur-Erdre Le Pas-Brunet F 1 (AEP-1971)	309.08	277.24	+ 13	63.	0-60.5 60.5-63	Sables avec quelques niveaux argileux Argile	Pliocène ?	+ 13 Socle non atteint à - 50
451-4-7	Nort-sur-Erdre Le Pas-Brunet F 2 (AEP-1972)	309.12	277.32	+ 13	63	0-3 3-61 61-63	T.V. puis argile jaune avec graviers Sables parfois argileux Argile jaune	Pliocène ?	+ 10 Socle non atteint à - 50

Nota : un sondage de reconnaissance (451-4-5), situé entre ces deux forages a atteint l'Oligocène (cote du toit = - 50 possible, - 63 sûre).

(*) Interprétation S. Durand - Thèse, 1960.

451-7-1	Nort-sur-Erdre DDA-1949-S 5	308.03	275.28	+ 10	14	0-0.5 0.5-11.4 11.4-14	T.V. Sables Embréchites	Pliocène (*) Socle (*)	+ 10 - 1
451-8-2	Petit-Mars Marais DDA-1948-S 1 Bis	310.95	273.05	+ 3	10	0-4.5 4.5-7.4 7.4-10	Vase Sables, graviers galets Sable blanc	Alluvions de l'Erdre Alluvions de l'Erdre Pliocène	+ 3 - 4
451-8-4	Petit-Mars S 3	310.90	270.95	+ 4	10	0-6.8 6.8-9.4 9.4-10	Vase tourbeuse Sables, graviers, galets Sable blanc	Alluvions de l'Erdre Alluvions de l'Erdre Pliocène	+ 4 - 5
451-8-6	Petit-Mars S 4	310.95	269.7	+ 4	10.8	0-7.4 7.4-9.5 9.5-10.8	Vase tourbeuse Argile sableuse Sable blanc	Alluvions de l'Erdre Alluvions de l'Erdre Pliocène	+ 4 - 5
451-8-7	Nort-sur-Erdre DDA-Étude de nappe 1966 Piezo 1	308.80	275.78	+ 12	6.6	0-6.6	Sable	Pliocène	+ 12
451-8-14	Nort-sur-Erdre Carrières Huteau DDA-1949 S 1 (et P pour AEP)	310.55	277.05	+ 7	20	0-0.7 0.7-18.6 18.6-20	Remblai Sable blanc grossier Schiste	Pliocène (*) Socle	+ 7 - 11

(*) cf. S. Durand - Thèse, 1960.

COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES (suite)

N° S.G.N.	Commune Désignation	X	Y	Z cote sol arrondie au m.	Prof. en m.	Coupe géologique sommaire		Stratigraphie	Cote toit NGF arrondie au m
						Profondeurs	Lithologie		
451-8-15	Suce Station de pompage	310.86	271.78	+ 4	20	0-8.10 8.10-20	Tourbe Sable avec galets en tête	Pliocène	- 4 Socle non atteint à - 16
451-8-30	Nort-sur-Erdre F 3 pour AEP-1970	310.60	277.00	+ 9	24	0-0.8 0.8-21 21-24 à 24 m	T.V. Sable ± graveleux « Argile dure » (selon son- deur) « Bed rock » (selon sondeur)	Pliocène Socle Socle	+ 8 - 12 - 15
451-8-31	Nort-sur-Erdre Hippodrome	310.30	276.25	+ 12	28	0-27.2 27.2-28	Sable avec niveaux grossiers Argile sableuse	Pliocène ?	+ 12 - 15

BIBLIOGRAPHIE

- ALLAIS (1940) — Renseignements généraux concernant l'état actuel des concessions et l'exploitabilité des gisements de la Basse Loire. Archives municipales, Nantes, oct. 1940.
- ARNAUD A. (1966) — Une série spilite-kératophyre dans le Silurien du Massif armoricain : la série de Saint-Georges-sur-Loire. Dipl. ét. sup., Fac. Sci., Nantes, p. 1-68.
- AUTRAN A., COGNÉ J. (1980) — La zone interne de l'orogène varisque dans l'Ouest de la France et sa place dans le développement de la chaîne hercynienne. Publ. du 26^e congrès géologique international, Paris 7-17 juil. 1980, p. 90 à 111, Colloque « C 6 », Géologie de l'Europe.
- BABIN C., CHAUVEL J.-J., LARDEUX H., PARIS F., ROBARDET M. (1976) — Lexique des formations de l'Ordovicien armoricain. *Bull. Soc. géol. minéral. de Bretagne*, Rennes, 1976, n^o spécial, 31 p.
- BARBAROUX L. (1981) — Images géomorphologiques de l'estuaire de la Loire depuis le Quaternaire. « Échanges » APHG, p. 15-65.
- BARET C. (1898) — Minéralogie de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest*, France, t. 8, 175 p.
- BARON G. (1971) — La vallée de l'Erdre, en aval de Sucé. D.E.S., U.E.R. de Géographie, Nantes.
- BEAUPÈRE C. (1973) — Contribution à l'étude de la flore fossile du « Culm » du synclinal d'Ancenis. Thèse 3^e cycle, Paris VI.
- BLAISE J., CAVET P., LARDEUX H. (1970) — Les relations entre Paléozoïque et Briovérien sur la rive gauche de la Loire, entre Saint-Florent-le-Vieil et Chalonnes (Maine-et-Loire, Sud-Est du Massif armoricain). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XII, p. 5-14.
- BLAISE J., CAVET P., MARCHAND J. (1983) — Le Domaine ligérien entre Angers et Nantes ; synthèse cartographique et précisions nouvelles. *Mém. Soc. Et. Sci. Anjou*.
- BORNE V. (1978) — Étude d'un sondage profond dans le bassin tertiaire de Saffré (44). *Mém. D.E.A.*, Nantes, 47 p., 3 pl. annexe.
- BOUCHEZ J.-L., BLAISE J. (1976) — Une structure hercynienne liée à un accident ductile : l'anticlinal de Lanvaux—les Ponts-de-Cé, aux environs d'Angers (Massif armoricain). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), VIII, p. 145-157.
- BUREAU E. (1910-1914) — Bassin houiller de la Basse Loire. Fasc. I. (1910) : histoire des concessions, pièces justificatives, description géologique du Bassin (443 p.). Fasc. II, tome 1^{er} (1913) : description des flores fossiles (texte, 417 p.) ; tome 2^e (1914) : description des flores fossiles (atlas de 80 pl.). Études des gîtes minéraux de la France, Impr. nationale, Paris.
- BUREAU E., BUREAU L., DAVY L., DUMAS A. (1908) — Livret-guide de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Nantes et à Châteaubriant. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest Fr.*, 1908 (2), 8, p. 117-181.
- BUREAU E., BUREAU L., DAVY L., DUMAS A. (1910) — Compte rendu de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Nantes, Chalonnes et Châteaubriant. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1908, (4), 8, p. 594-680.

- BUREAU L. (1900) — Notice sur la géologie de la Loire-Inférieure. *In* Nantes et la Loire-Inférieure 3, p. 99-522, Impr. Grimaud, Nantes.
- CARPENTIER A. (1928) — Le Carbonifère inférieur du bassin de la Basse Loire ; ses rapports avec le Westphalien du Nord de la France. Congr. Avancement Et. Strati. Carbonif., Heerlen, 1927, p. 135-139.
- CARPENTIER A. (1931) — Note sur des empreintes de fructifications du Carbonifère de l'Ouest. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest Fr.*, sér. 5, t. 1, p. 1-6.
- CAVET P., GRUET M., PILLET J. (1966) — Sur la présence du Cambrien à Paradoxidés à Cléré-sur-Layon, dans le Nord-Est du Bocage vendéen (Massif armoricain). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 263, p. 1685-1688.
- CAVET P., LARDEUX H. (1968) — Le Dévonien supérieur dans le Sud-Est du Massif armoricain. Inter. Sympos. Devonian System. Calgary, 1967, vol. I, p. 143-148.
- CAVET P., LARDEUX H., PILLET J. (1967) — Notice stratigraphique sur les formations paléozoïques des synclinoria de Saint-Julien-de-Vouvantes et de Redon-Ancenis (SE du Massif armoricain) à l'Est du méridien de Châteaubriant. *Mém. B.R.G.M.*, n° 33, Paris, p. 301-320.
- CAVET P., LARDEUX H., PHILIPPOT A. (1971) — Ordovicien et Silurien aux environs de Montjean et Chalonnnes (M.-et-L.), Sud-Est du Massif armoricain. *Mém. B.R.G.M.*, n° 73, Paris, p. 199-212.
- CAVET P., PILLET J. (1961) — Sur la découverte d'une faune de l'Ordovicien moyen ou supérieur en bordure méridionale du synclinorium d'Ancenis (Loire-Atlantique). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 252, p. 199-212.
- CAVET P., PILLET J. (1964) — Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du synclinal d'Ancenis (Massif armoricain). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1963, (7), 5, p. 318-329.
- CAVET P., PILLET J. (1968, a) — Sur l'existence du genre *Ormathops* Delo 1935 (*Zeliskellinae*, Trilobite) dans les schistes à nodules ordoviciens du synclinal d'Ancenis (Massif armoricain). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1967, p. 300-301.
- CAVET P., PILLET J. (1968, b) — Contribution à l'étude de la faune des schistes à nodules ordoviciens du synclinal d'Ancenis. *Bull. Soc. Et. Sci. Anjou*, 1965-1966, 6, p. 49-58.
- CHOUKROUNE P. (1971) — Contribution à l'étude des mécanismes de la déformation avec schistosité grâce aux cristallisations syncinématiques dans les « zones abritées » (*pressure shadows*). *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. XII, 3-4, p. 257-271.
- COGNÉ J. (1960) — Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale : le domaine de l'Anticlinal de Cornouailles. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*, 382 p.
- COGNÉ J. (1966) — Une « nappe » cadomienne de style pennique : la série cristallophyllienne de Champtoceaux, en bordure méridionale du synclinal d'Ancenis. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. 19, n° 2, p. 107-136.
- COGNÉ J. (1976) — Les grandes lignes structurales du Massif armoricain. *Nova Acta Leopoldina*, neue Folge, N. 224, BD., p. 177-192.
- DENIS M. (1969) — Le calcaire de Châteaupanne (Dévonien inférieur) et son contexte géologique. D.E.A., Nantes.

- DIOT H., BLAISE J. (1978) — Étude structurale dans le Précambrien et le Paléozoïque de la partie méridionale du Domaine ligérien (Sud-Est du Massif armoricain) : Mauges, Synclinal d'Ancenis et Sillon houiller de la Basse-Loire. *Bull. Soc. géol. minér. Bretagne*, 1978, (c), X, 1, p. 31-50.
- DIOT H., BLAISE J., BOUCHEZ J.-L., CAVET P. (1980) — Structurations cadomiennes et varisques dans la partie méridionale du Domaine ligérien (Sud-Est du Massif armoricain) : Mauges, bassin d'Ancenis et Sillon houiller de la Basse Loire. 8^e réunion annuelle des Sciences de la Terre, Marseille, 1980.
- DIOT H. (1980) — Recherches structurales dans la partie orientale du Domaine ligérien (Massif armoricain). Thèse 3^e cycle, Nantes, 147 p., 18 pl. h.-t.
- DUBREUIL M. (1980) — Hypothèse sur la mise en place, au Dinantien, du complexe du Tombeau Leclerc (Bassin d'Ancenis, Sud-Est du Massif armoricain) sous forme d'un olistostrome. Conséquences géodynamiques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 290, sér. D, p. 1455-1458.
- DUBREUIL M. (1980) — Présence d'olistolithes dans la partie orientale du bassin paléozoïque d'Ancenis (Sud-Est du Massif armoricain). 8^e réunion annuelle des Sciences de la Terre, Marseille, p. 133.
- DUBREUIL M., VACHARD D. (1979) — Sur l'âge givétien de la formation de Chalennes (Bassin d'Ancenis Sud-Est du Massif armoricain) et ses conséquences. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 289, sér. D, p. 241-244.
- DURAND S. (1960) — Le Tertiaire de Bretagne. Étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. *Mém. Soc. géol. et min. de Bretagne*, t. XII.
- DURAND S., MILON Y. (1963) — Influence de la morphologie et de la tectonique sur la localisation du Pliocène en Bretagne. *Mém. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.*, 6, 1962, p. 126-136.
- ESTÉOULE-CHOUX J. (1970) — Contribution à l'étude des argiles du Massif armoricain. Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, n^o 14, 317 p.
- GAPAIS D., LE CORRE C. (1981) — Is the Hercynian belt of Brittany a major shear zone ? *Nature*, sous presse.
- GRUET M., GUILCHER A., GIOT P.R. (1969) — Livret-guide de l'excursion C 6, Bretagne - Anjou. Public. VIII^e Congrès I.N.Q.U.A., Paris.
- HENRY J.-L. (1980) — Trilobites ordoviciens du Massif armoricain. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, n^o 22, 250 p., Rennes.
- JEGOUZO P. (1973) — Étude pétrographique et structurale des schistes cristallins et granites en Basse Vilaine. Thèse 3^e cycle, Rennes, 93 p.
- LAGARDE J.-L. (1978) — La déformation des roches dans les domaines à schistosité subhorizontale. Champtoceaux - Canigou - Roc de France. Thèse 3^e cycle, Rennes.
- LARDEUX H. (1968) — Présence du Dévonien inférieur dans le synclinal de Saint-Georges-sur-Loire (Massif armoricain, Anjou). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 341.
- LARDEUX H. (1980) — Les faunes de Tentaculites des calcaires dévoniens du Horst du Tombeau Leclerc (Synclitorium d'Ancenis, Massif armoricain). *Mém. Soc. Et. sci. Anjou*, à paraître.

- LASNIER B., LEYRELOUP A., MARCHAND J. (1973) — Découverte d'un granite « charnockitique » au sein de gneiss oëillés. Perspectives nouvelles sur l'origine de certaines leptynites du Massif armoricain méridional (France). *Contrib. Minéral. Pétrol.*, 41, p. 131-144.
- LE CORRE Cl. (1978) — Approche quantitative des processus synschisteux. L'exemple du segment hercynien de Bretagne centrale. Thèse d'État, Rennes, 1978.
- LE MAITRE D. (1934) — Étude sur la faune des calcaires dévoniens du bassin d'Ancenis. *Mém. Soc. géol. Nord*, t. 12, p. 1-267, pl. I-XVIII.
- LUCAS G. (1960) — Quelques remarques préliminaires sur le Silurien de la feuille d'Ancenis. *Bull. Soc. Et. sci. Anjou*, Angers, nouv. sér. (1959), II, p. 64-77.
- MAILLET P. (1977) — Étude géochimique de quelques séries spilitiques du Massif armoricain. Implications géotectoniques. Thèse 3^e cycle, Rennes.
- MAILLET P., PIVETTE B., CHAUVEL J.-J. (1977) — Données nouvelles sur les volcanites du synclinorium de Saint-Georges-sur-Loire (Massif armoricain). 5^e réunion ann. Sci. Terre, Rennes, p. 326.
- MARCHAND J. (1981) — Écaillage d'un « mélange tectonique » profond : le complexe cristallophyllien de Champtoceaux (Bretagne méridionale). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 215, p. 223-228, 1 pl. h.-t.
- MOREAU-BENOIT A. (1974) — Recherches de palynologie et de planctologie sur le Dévonien et quelques formations siluriennes dans le Sud-Est du Massif armoricain. *Mém. Soc. géol. minér. Bretagne*, n^o 18.
- OLIVIER-PIERRE M.-F. (1980) — Étude palynologique (spores et pollens) de gisements paléogènes du Massif armoricain. Stratigraphie. Paléogéographie. *Mém. Soc. géol. minér. Bretagne*, 230 p.
- PARIS F., ROBARDET M. (1977) — Relations ibéro-armoricaines au Paléozoïque antécarbonifère. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7^e série, t. XIX, p. 1121-1126.
- PENEAU J. (1924) — Découverte en Loire-Inférieure d'une faune de Graptolites du Silurien inférieur. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest Fr.*, Nantes, 4^e série, IV, 1-4, p. 16-17.
- PENEAU J. (1933) — Observations sur le Dévonien et le Dinantien du pli d'Ancenis. *Bull. Soc. géol. France*, Paris, (5), 2, p. 615-621, fig. 1-4 (1932).
- PENEAU J. (1933) — Le bord du Synclinorium d'Ancenis entre Montjean et Saint-Florent-le-Vieil. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest Fr.*, (5), III, p. 147-157.
- PERCEVAULT N., COBBOLD P. (1980) — Les résultats de la déformation inverse démontrent-ils l'existence d'une déformation cisailante transcurrente sud-armoricaine ? 8^e réunion annuelle des Sciences de la terre, Marseille, p. 275.
- PIVETTE B. (1978) — Le Synclinorium de Saint-Georges-sur-Loire (Massif armoricain). Sa place dans l'évolution géodynamique de la Bretagne méridionale au Paléozoïque. Thèse 3^e cycle, Rennes.
- RIVIÈRE L.-M. (1977) — Le « Culm » frasno-dinantien du Synclinal d'Ancenis, au Nord de la Loire. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, (c), IX, 1, p. 19-57.

- SELLIER D. (1976) — Contribution à l'étude des formations superficielles de la région nantaise : les cônes d'épandage du Hâvre et du Gobert. *Bull. Soc. Sci. nat. Ouest Fr.*, t. 74, p. 109-112.
- STOUVENOT (1919) — Le Bassin houiller de la Basse-Loire (Services des Mines d'Angers) — Arch. Géol. houillère — B.R.G.M., rapport B 89.
- VEINANTE-DELHAYE A., SANTOIRE J.-P. (1980) — Sismicité récente de l'arc sud-armoricain et du Nord-Ouest du Massif Central. Mécanismes au foyer et tectonique. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1980, (7), t. XXII, n° 1, p. 93-102.
- VIDAL P. (1978) — L'évolution polyorogénique du Massif armoricain : apport de la géochronologie et de la géochimie isotopique du strontium. Thèse, Rennes, 1976, et *Mém. Soc. géol. et minéral. Bretagne*.
- VIDAL P., COGNÉ J., BONHOMME M. (1970) — Premiers résultats géochronologiques concernant l'évolution structurale en Bretagne méridionale : la nappe cristallophyllienne de Champtoceaux dans le cadre des orogènes cadomien et hercynien. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 271, p. 1737-1740.
- WEBER C. (1967) — Le prolongement oriental des granites de Lanvaux d'après la gravimétrie et l'aéromagnétisme. *In Mém. B.R.G.M.*, n° 52.

Cartes géologiques à 1/80 000

Feuille Ancenis :

- 1^{re} édition (1890), par E. et L. BUREAU ;
2^e édition (1967), coordination par P. CAVET.

Feuille Nantes - Ile du Pilier : 2^e édition (1968), par M. TERS, F. VERGER.

Cartes géologiques à 1/50 000

Feuille Ancenis : 1^{re} édition (1978), coordination par P. CAVET.

Feuille Nantes : 1^{re} édition (1969), par M. TERS, B. BARTHÉLEMY, J. MARCHAND, R. RICHARD, G. WEECKSTEEN, F.H. FORESTIER, B. LASNIER.

Feuille Vallet : 1^{re} édition (1969), par J. MARCHAND, J. PERRIN, G. WEECKSTEEN, F.H. FORESTIER, B. LASNIER.

Autres documents

CLÉMENT J.-P. (1974) — Carrières et gisements de graves pliocènes dans la région de Blain (44). Rapport B.R.G.M., 74 SGN 050 BPL.

LE BERRE P. (1982) — Inventaire du territoire métropolitain. Recherche de gisements d'attapulгите et de bentonite dans le Massif armoricain. Rapport BRGM, 82 SGN 175 GMX.

Banque des données du sous-sol : S.G.R. Pays de Loire, 10, rue H. Picherit, 44300 Nantes - tél. : (40) 29.36.00.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au S.G.R., Pays de Loire, 10, rue Henri-Picherit, 44300 Nantes, soit au B.R.G.M., 191, rue de Vaugirard, 75015 Paris.

AUTEURS

La notice a été rédigée par L. BARBAROUX, maître-assistant à l'université de Nantes (départ. sciences de la Terre), à partir d'éléments fournis par :

— C. BARBAROUX-MAURISSEN, professeur de Sciences naturelles (Collège La Ferrière-Orvault) : complexe cristallophyllien de la vallée de l'Erdre et du Sud de la feuille,

— B. BOUSQUET, professeur au département Géographie-Géomorphologie de l'université de Nantes : formations quaternaires au Nord du parallèle de Nort-sur-Erdre,

— P. CAVET, professeur au département des sciences de la Terre de l'université de Nantes : formations sédimentaires paléozoïques,

— J. MARCHAND, maître-assistant au département des sciences de la Terre de l'université de Nantes : formations cristallophylliennes,

— J.-P. MARGEREL, professeur au département des sciences de la Terre de l'université de Nantes : bassin tertiaire de Saffré,

— D. SELIER, professeur agrégé d'Histoire-Géographie (lycée Clemenceau, Nantes) : formations quaternaires au Sud du parallèle de Nort-sur-Erdre,

et des documents provenant :

— de la Banque des données du sous-sol (B.R.G.M., Orléans) (données générales) et du S.G.R. Pays de Loire - O. LIMASSET (carrières - sondages - bassins cénozoïques),

— du Département géophysique du S.G.N. (B.R.G.M. Orléans), G. DUBREUIL et B. MADELAINE (étude géophysique par méthode gravimétrique en appui à la cartographie géologique de la carte de Nort-sur-Erdre, rapport n° 79 SGN - 210 - GPH).

Pour les ressources du sous-sol. le paragraphe Houille a été rédigé par P. CAVET, les autres par le B.R.G.M. (S.G.R. Pays de Loire et Banque des données du sous-sol, Orléans).