

PREMIÈRE PARTIE

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DU HAUT-JURA NEUCHÂTELOIS

PAR JEAN-PAUL SCHAER

CHAPITRE 1

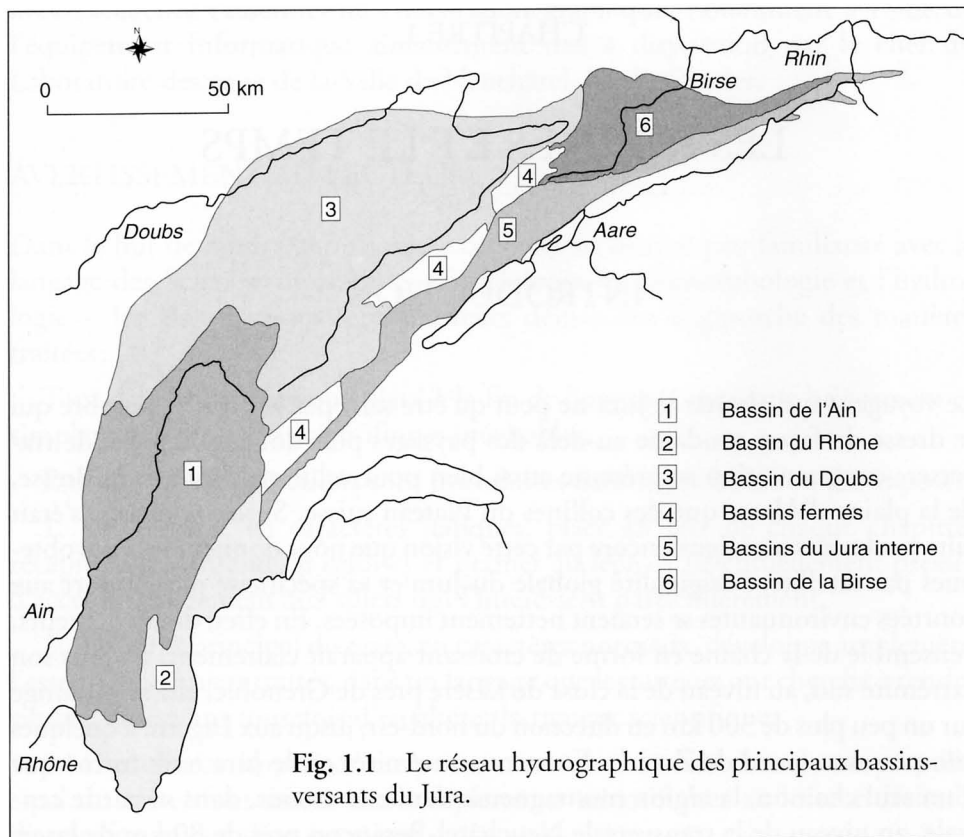
LES ROCHES ET LE TEMPS

INTRODUCTION

Le voyageur qui aborde le Jura ne peut qu'être saisi par la barrière sombre qui se dresse de façon soudaine au-delà des paysages plus doux qu'il vient de traverser; cette sensation se présente aussi bien pour celui qui vient de la Bresse, de la plaine d'Alsace que des collines du Plateau suisse. Si son approche s'était faite par les airs ou mieux encore par cette vision que nous donnent les vues obtenues par satellite, l'originalité globale du Jura et sa spécificité par rapport aux contrées environnantes se seraient nettement imposées. En effet, de ces hauteurs, l'ensemble de la chaîne en forme de croissant apparaît clairement. Depuis son extrémité sud, au niveau de la cluse de L'Isère près de Grenoble, elle se prolonge sur un peu plus de 300 km en direction du nord-est, jusqu'aux Lägern, à quelques kilomètres au nord de Zurich. Entre ces extrémités où le Jura n'est formé que d'un seul chaînon, la région montagneuse s'enfle et atteint, dans sa partie centrale, au niveau de la transversale Neuchâtel-Besançon près de 80 km de large.

Ce pays de montagnes, où la forêt domine souvent, est limité sur son bord externe, en direction de l'ouest et du nord, par les zones moins accidentées et plus fertiles de la Bresse, de l'Alsace. Les lacs Léman, de Neuchâtel et de Biènné, ainsi que plus à l'est, le cours de L'Aar renforcent la limite interne du croissant; dans cette zone, la montagne, avec les plus hauts sommets de la chaîne, passe sans transition aux étendues cultivées du pays molassique suisse.

A l'intérieur du domaine montagneux du Jura, à la faveur du regard d'aigle que permet l'altitude, on observe de longues et étroites alternances de zones boisées et de prairies qui, très souvent, s'alignent parallèlement aux limites extérieures de la chaîne; elles sont particulièrement bien marquées sur la bordure interne de l'arc qui, du fait de son altitude élevée, a reçu le nom de « Haute Chaîne ». L'ensemble du Jura neuchâtelois appartient à ce domaine où la couverture



végétale naturelle, mais surtout celle que l'exploitation humaine a imposée, soulignent les alternances de forêts, de cultures et de prairies (photo pp. 4-5). Celles-ci suivent les grands traits de la morphologie marquée par une succession de vallées et de reliefs allongés, expression de la structure plissée du pays, qui se trouve encore renforcée par l'érosion différentielle.

Exposées au régime dépressionnaire des vents de l'Atlantique, les montagnes du Jura sont assez copieusement arrosées puisqu'elles reçoivent entre 1 et 1,5 m de précipitations par année; on devrait donc y rencontrer un paysage où abondent ruisseaux et rivières. Il n'en est rien; au contraire, la relative rareté des cours d'eau, l'existence de vastes étendues sans écoulement superficiel sont l'une des caractéristiques marquantes du pays. Le Rhône avec ses affluents de L'Ain et surtout du Doubs assurent l'essentiel du drainage régional (fig. ci-contre). L'Aar et Le Rhin, qui entourent pourtant l'extrémité est de la chaîne, ne reçoivent en fait qu'un modeste apport des eaux qui arrosent le Jura, car dans ce secteur, seule La Birse pénètre profondément dans la chaîne. C'est Le Doubs, affluent du Rhône par La Saône, qui récolte la presque totalité du Jura central. En pays neuchâtelois, il vient s'alimenter jusque dans la Haute Chaîne, à quelques kilomètres seulement de la limite interne du Jura. Par cette disposition, il montre l'antériorité du drainage vers La Bresse par rapport à celui orienté en direction du pays molassique.

LES ROCHES

A la surface de la terre, selon leur mode de formation, on distingue trois grands types de roches: les unes ont pris naissance à haute température, à partir de masses fondues; de nature silicatée, elles ont cristallisé lors de leur refroidissement. D'autres roches cristallines naissent également à la faveur de températures élevées, mais sans passer par l'état fondu: ce sont les roches métamorphiques largement représentées dans les chaînes de montagnes comme les Alpes. Ces deux premiers types de roches forment le gros de la croûte terrestre. A la surface des continents, elles sont assez souvent recouvertes par le troisième groupe, celui des roches sédimentaires, qui se forme par dépôt de matériaux transportés par les fleuves, le vent et les glaciers, ainsi que par précipitation à partir de solutions. Dans le Jura, en dehors des blocs erratiques, on ne rencontre que ce troisième type de roches; elles ont essentiellement pris naissance dans le milieu marin.

LES SÉDIMENTS MARINS

C'est surtout sur le plateau continental, vaste région marine entourant les continents, que les roches sédimentaires du Jura ont pris naissance. Là, à une faible profondeur, qui actuellement ne dépasse pas 200 m, aboutissent tous les apports fluviaux de l'érosion continentale, galets, sables et argiles ainsi que les matériaux arrachés aux zones côtières par les vagues et les tempêtes. Ces larges étendues, particulièrement peu accidentées, se trouvent ainsi recouvertes par un manteau de sédiments variés et souvent épais. Aux produits dont la source est purement terrigène, c'est-à-dire issus de l'érosion continentale, se mêlent d'autres composantes qui ont une origine purement chimique ou biologique. Dans le Jura c'est ce dernier type de sédiments qui domine sous la forme de calcaires et de marnes, plus rarement d'évaporites.

Les calcaires marins

Dans le milieu marin peu profond de la zone littorale, l'activité biologique est intense. Les nombreux organismes habitant ces lieux prélèvent dans l'eau de mer les substances nécessaires à leur existence mais également celles qui assurent leur protection. A cet effet, beaucoup d'entre eux utilisent le carbonate de calcium en solution pour construire leur squelette et leur coquille. Après leur mort, ce matériel solide et résistant s'accumule sous forme de débris dans lesquels les restes d'organismes parfois complets se trouvent mêlés à une abondance de fragments. L'émiettement, la pulvérisation de ces produits d'origine biologique sont provoqués par l'activité d'agents destructeurs comme les mollusques perforants, les poissons broyeurs ainsi que par l'agitation des eaux. Sous l'effet des courants, toute cette matière s'accumule selon sa granulométrie, formant ici des sables coquilliers de plage, là des boues calcaires qui rassemblent les particules les plus fines.

De nos jours, les zones de récifs des mers chaudes représentent des sites privilégiés pour la formation des roches calcaires. Celles-ci sont parfois directement produites par les agents biologiques constructeurs que sont les coraux et certaines algues. Sur ces édifices résistants et tout autour d'eux vivent de très nombreuses espèces animales et végétales qui fixent également le carbonate nécessaire à leur survie. Les sables calcaires et les boues qui s'élaborent à la suite de leur destruction forment d'abord des dépôts meubles. Avec le temps, par réduc-

tion de la porosité et par cimentation, ils sont transformés en roches solides et rigides. Lorsqu'ils sont édifiés à l'abri des apports terrigènes continentaux, ils donnent naissance à des roches calcaires relativement pures, comme celles que l'on rencontre souvent dans le Jura. Plusieurs environnements marins sont particulièrement favorables à ce type de production. On les rencontre ainsi au large de domaines continentaux de très faible relief où l'apport détritique est très réduit. Dans d'autres cas, c'est la barrière récifale elle-même qui protège la sédimentation calcaire de la pollution terrigène côtière. La Grande Barrière de l'est de l'Australie est l'exemple type de cette configuration qui ne se développe bien que sur les rives ouest des océans; les côtes est y sont peu favorables car elles sont le siège de remontées d'eaux froides profondes peu propices à l'épanouissement des récifs. La plate-forme située au large du Yucatán et celle de l'ouest de la Floride représentent d'autres environnements favorables à la formation de roches carbonatées en mer peu profonde. Dans ces régions qui ne comportent pas de barrière récifale, les courants côtiers assurent un vannage des matériaux laissant sur place un résidu grossier alors que les poussières fines sont entraînées vers les zones plus profondes. Face à ces deux modèles actuels auxquels on peut ajouter les conditions rencontrées de nos jours aux Bahamas, il n'est pas facile de tirer des parallèles qui permettent de reconstituer avec précision le détail du paysage qui existait, il y a plus de cent millions d'années dans le Jura et d'une manière générale dans l'ouest de l'Europe. Cependant, durant le siècle passé déjà, des reconstitutions fort satisfaisantes ont présenté les milieux dans lesquels se sont produits certains dépôts calcaires du Jura (gravure p. 17). De nos jours, pour l'essentiel, ces illustrations restent valables, mais ce sont des visions ponctuelles qui ne permettent d'évoquer ni le détail du paysage, ni son évolution en constants changements. Les lignes générales de la géographie, qui existaient alors sur l'ouest de l'Europe, nous sont cependant connues; elles sont illustrées par la figure 2.1 (p. 28) qui, à titre d'exemple, présente les grands traits du domaine marin et de son environnement durant le Jurassique supérieur (environ cent quarante millions d'années). A cette époque, l'Atlantique Nord vient tout juste de s'ouvrir pour séparer définitivement l'Amérique du Nord de l'Europe; cette dernière région est largement recouverte par une mer épicontinentale de faible profondeur. De celle-ci émergent le Massif armoricain, le Massif central, et d'autres terres qui s'étendent jusqu'en Bohême. En direction sud, se situe une mer profonde et subsidente, le bassin de la Téthys. Le site du Jura que rien ne distingue encore, se trouve être contigu à cette zone charnière; il est lui-même placé dans un environnement qui est le plus souvent peu profond, éloigné des apports terrigènes et donc favorable à la productivité biologique. Cette situation est propice pour la formation de calcaires purs, même si, comme dans le Jura neuchâtelois, les récifs sont relativement peu fréquents. Sur ces zones de hauts fonds, l'accumulation d'épaisses couches de calcaire dépend essentiellement de la place disponible provoquée par la subsidence du fond ou par la montée du niveau marin. Dans de telles conditions, l'enregistrement sédimentaire, représenté par la superposition des couches, a toutes les chances d'être discontinu. Des émergences, des érosions par courants marins y alternent avec des périodes de dépôts accélérés, qui peuvent être produites par des constructions biologiques devant maintenir une certaine bathymétrie pour subsister face à un niveau marin qui s'élève.

Les dolomies

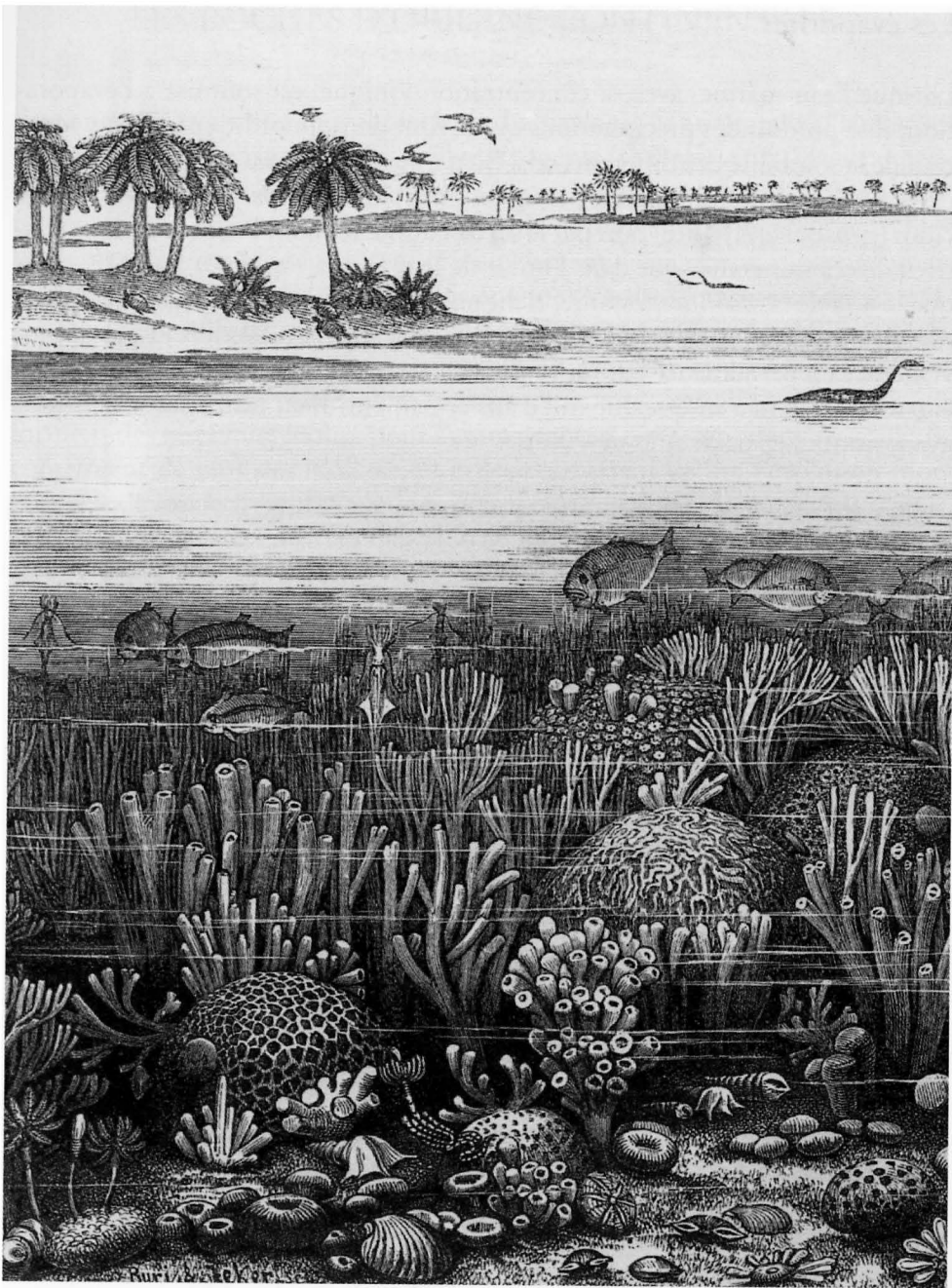
Dans les sédiments carbonatés, en dehors des calcaires largement dominants, existent les **dolomies** qui correspondent à une variété formée par le minéral dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Ces roches prennent essentiellement naissance à partir de calcaires dans lesquels des solutions d'eau apportent le magnésium permettant la transformation de la calcite en dolomite. De nombreuses roches de caractère dolomitique se forment ainsi dans des environnements côtiers ou lagunaires. Dans le Jura neuchâtelois, elles sont assez fréquentes dans le sommet du Jurassique supérieur; elles se signalent par l'absence presque totale de traces fossilifères, par une dureté plus grande de la roche et une moindre sensibilité à la dissolution par les attaques des eaux acides (pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique).

Les marnes

Dans le milieu marin, les zones de sédiments carbonatés fins d'origine biologique voisinent très souvent avec celles où dominent les argiles d'origine continentale. Du point de vue minéralogique, il existe entre les extrêmes, argile pure et calcaire pur, toutes les transitions. On nomme **marnes** les mélanges où les deux composantes, calcite et argile, se trouvent en proportions à peu près équivalentes et **marno-calcaires** les intermédiaires entre ces deux derniers pôles. Les marnes et marno-calcaires sont des roches fréquentes dans le Jura; elles peuvent s'intercaler en bancs décimétriques à plurimétriques dans des séries calcaires (photo A, p. 80a); imperméables et relativement plastiques, elles jouent un rôle important dans l'hydrologie et la déformation.

La sédimentation des marnes et marno-calcaires se produit dans les domaines protégés du plateau continental, dans des bassins à l'abri des vagues, là où les courants apportent aussi bien des particules carbonatées que des argiles. Les études récentes (Persoz et Remane, 1973, Persoz, 1982) ont montré que ces milieux pouvaient être assez riches en grains de quartz et que le cortège des différents minéraux argileux variait dans le temps, reflet d'apports continentaux de provenances diverses ou effets de changements climatiques responsables des altérations continentales.

Le Jura à l'époque du Jurassique, il y a quelque cent quarante millions d'années; les récifs et l'activité biologique participent à la formation des calcaires. D'après Oswald Heer (1872), *Le monde primitif de la Suisse*. ▷



Les évaporites

Lorsque l'eau marine, avec sa concentration ionique, est soumise à l'évaporation, il se produit des précipitations qui se font dans un ordre spécifique, fonction de la solubilité des différents sels. Bien que relativement peu abondants, les carbonates sont les premiers à précipiter; ils sont suivis par les sulfates de calcium (gypse et anhydrite) puis par le sel de cuisine (NaCl). Les proportions relatives de ces minéraux sont dans l'ordre de leur formation de 3, 13, 80% alors que le 4% de la saumure restante, riche en potassium et magnésium, ne dépose ses sels dans les cas extrêmes. Si la Méditerranée actuelle n'était pas approvisionnée en permanence par un important courant marin issu de l'Atlantique, elle serait asséchée en quelque mille ans seulement. Il en résulterait des dépôts évaporitiques épais de près de 70 m.

Dans les conditions naturelles, il n'est pas fréquent que de larges étendues d'eau marine subissent d'un seul coup un assèchement total. Le plus souvent, le bassin qui est le siège d'une importante évaporation reste en relation avec la mer ouverte; cette situation permet donc de maintenir un apport d'eau et de sels en solution, qui peut ainsi conduire à des dépôts plus importants. Les premiers sels à précipiter, carbonates et surtout sulfates, s'accumulent alors en proportion bien supérieure à leur concentration effective dans l'eau de mer, et si le système reste actif assez longtemps, des dépôts épais de plusieurs centaines de mètres peuvent se former. Les importants niveaux évaporitiques présents dans la région neuchâteloise se trouvent souvent à plus d'un kilomètre de profondeur et de ce fait ne sont pas affleurants et n'ont même pas été atteints lors du percement des grands tunnels. En d'autres régions du Jura, ils sont beaucoup plus proches de la surface et de nombreux forages les ont atteints et traversés. La grande facilité de déformation que ces roches présentent leur a fait jouer un rôle fondamental au cours du plissement de la chaîne (fig. 2.12, p. 57).

Les grès et conglomérats

Ces roches détritiques grossières formées par la cimentation plus ou moins parfaite de sables et graviers ne jouent qu'un rôle très mineur en pays neuchâtelois. Durant les temps jurassiques et crétacés, les milieux dans lesquels se sédimentaient les roches du Jura étaient trop éloignés des reliefs continentaux pour permettre leur formation. Au cours du Tertiaire, les grès de la Molasse marine du synclinal de La Chaux-de-Fonds et du Locle sont argileux et peu épais (20 m au plus) et n'ont donc guère d'intérêt pratique en tant qu'aquifère.

LES ROCHES D'ORIGINE CONTINENTALE

Au cours de l'évolution morphologique des paysages continentaux, l'altération des roches, leur transport par les différents agents (rivières, vents, glaciers) peuvent conduire à des accumulations de sédiments qui se trouvent bloqués pour un temps au pied d'une pente, dans une plaine alluviale ou dans un lac. Dans le paysage du Jura, ces dépôts sont principalement d'âge récent, subactuel, mais certains sont plus anciens et datent de l'époque tertiaire (soixante-cinq à un million sept cent mille années). Les plus jeunes d'entre eux jouent un rôle non négligeable en hydrologie; lorsqu'ils sont fins, ils peuvent assurer l'imperméabilisation des fonds de vallée, alors que grossiers, non consolidés et poreux, ils forment des réservoirs locaux pour l'emmagasinement temporaire des eaux. Ils constituent de plus des indices très utiles permettant de lire l'évolution morphologique locale (remplissage de vallées, accumulations glaciaires, etc.).

Les calcaires lacustres

Celui qui observe attentivement les rives du Lac de Neuchâtel ne peut pas s'empêcher de constater que chaque année, en hiver et au début du printemps, les eaux y sont plus claires, plus transparentes qu'elles ne le sont durant l'été et le début de l'automne. La moindre limpidité estivale est liée à la prolifération du plancton et à la précipitation de la calcite; ce dernier phénomène est la conséquence de l'abaissement de la teneur en CO_2 de l'eau du lac, elle-même provoquée par l'augmentation de la température et de la photosynthèse. Ainsi, chaque année, par la précipitation de la calcite quelque vingt mille tonnes de carbonates apportés en solution par les rivières vont se joindre aux particules solides (argiles, quartz et grain calcaire) pour former le tapis sédimentaire qui s'accumule au fond du lac et qui le comblera en quelque cent à deux cent mille ans. Une situation un peu comparable a existé dans la région du Locle et de La Chaux-de-Fonds au cours du remplissage d'un lac local situé dans un paysage de faible relief et sous un climat plus chaud que celui que nous connaissons aujourd'hui. Les roches qui s'y formèrent sont des craies lacustres, blanches, pulvérulentes et traçantes. Très poreuses, donc relativement légères, elles présentent, le plus souvent, des teneurs très élevées en carbonates, de l'ordre de 90-95 % (Kübler, 1962b) attestant les faibles apports détritiques qui parvenaient alors dans cette étendue d'eau.

Elles répondent au coup de marteau par un bruit très sourd, et de ce fait sont appelées localement **Pierre morte**. L'histoire de cet ancien lac est développée plus loin (cf. pp. 39-44).

Les argiles et marnes continentales

L'altération des roches cristallines en domaine continental produit, surtout en climat équatorial et tropical, des résidus argileux plus ou moins épais formant transition entre la roche en place et la couverture végétale. Dans le Jura, des dépôts argileux, tapissant le fond de dépressions ou en couverture peu épaisse sur des calcaires et des marno-calcaires, ont longtemps été interprétés comme des argiles résiduelles de l'altération de roches sous-jacentes. Pochon (1978) a montré qu'il s'agissait en fait essentiellement de matériaux éoliens déposés durant et à la fin de la dernière glaciation. Des argiles continentales de composition kaolinique, associées à du fer pisolitique et à des sables quartzeux, se trouvent intercalées entre les formations jurassico-crétacées et les dépôts tertiaires; elles sont rapportées à une pédogénèse éocène produite en climat intertropical humide.

La formation des Marnes rouges miocènes reconnues dans la région du Locle et de La Chaux-de-Fonds est considérée être un dépôt effectué en milieu saumâtre après le retrait de la mer tertiaire des paysages du Jura.

Les sédiments récents

Les dépôts d'origine glaciaire, ceux des fonds de vallées, de même que les tourbes seront traités ultérieurement (cf. pp. 45-51) dans l'histoire du développement régional actuel et subactuel.

CHRONOLOGIE GÉOLOGIQUE

Deux difficultés majeures rendent l'approche de la chronologie géologique difficile. D'une part, les temps à considérer n'ont le plus souvent aucun rapport avec ceux qui marquent notre propre vie, ou même avec ceux de l'histoire des civilisations. D'autre part, pour des raisons historiques, le calendrier qu'utilisent les géologues est fort complexe, riche d'une nomenclature internationale qui comprend des noms aussi bizarres que Leintwardinien, pour n'en citer qu'un que

beaucoup de géologues suisses ignorent même. D'autres termes comme Hauterivien, Valanginien nous sont plus familiers, mais il n'est pas certain qu'ils le soient pour un Japonais ou un Turc qui sont pourtant appelés à s'en servir.

Les temps géologiques

Depuis environ un demi-siècle, les scientifiques s'accordent pour dire que la terre est vieille de quatre milliards six cents millions d'années. Cette donnée, relativement récente, a remplacé les estimations de trente à cent millions d'années pratiquées au cours du siècle passé. Celles-ci étaient et sont encore jugées téméraires par ceux qui, en s'appuyant sur une stricte interprétation biblique, font remonter la création terrestre à six mille ans.

Dans la longue histoire de la terre, une division relativement simple à saisir découpe l'histoire de la planète en cinq tranches qui, allant de notre époque jusqu'à son origine, se présente ainsi :

Quaternaire	0-1,7 million d'années
Tertiaire ou Cénozoïque	1,7-65 millions d'années
Secondaire ou Mésozoïque	65-240 millions d'années
Primaire ou Paléozoïque	240-540 millions d'années
Précambrien	540-4600 millions d'années

Cette simple division comporte un léger piège par le fait que les tranches successives sont de durées fort différentes, s'allongeant fortement lorsqu'on remonte le temps; ce fait, rendant difficiles certaines comparaisons, a l'avantage de permettre, pour les époques qui nous sont proches et les mieux connues, un découpage de plus en plus fin. L'histoire du Jura, elle, se place tout entière dans les derniers deux cent quarante millions d'années, entre le Secondaire et le Quaternaire; elle ne couvre ainsi qu'une bien petite fraction des temps géologiques.

L'enquête que mène le géologue part des données de terrain. Celui-ci cherche tout d'abord à établir une chronologie locale qui, dans le Jura, est essentiellement basée sur la superposition des couches. Les niveaux lithologiques facilement identifiables servent de marqueurs synchrones permettant d'étendre les données régionales à des territoires de plus en plus vastes ce qui place ainsi l'histoire locale dans un champ plus étendu et plus riche d'enseignement. Les corrélations à grande distance se font essentiellement à l'aide des fossiles qui, par l'évolution des espèces, sont à la base d'une échelle chronologique reconnue, applicable à l'ensemble de la terre. La radiochronologie permet enfin de donner un âge numérique aux roches.

Toute cette méthodologie est compliquée par le fait qu'en géologie, comme en histoire, une bonne partie des archives de notre planète a été détruite par l'évolution et les révolutions terrestres.

Le principe de superposition

Là où les roches sédimentaires se trouvent dans la position horizontale qu'elles avaient au moment de leur dépôt, il est évident qu'une strate L, se trouvant au-dessus d'une strate K, est plus jeune que cette dernière (fig. ci-dessous) ; l'empilement des niveaux apparaît ainsi comme un enregistrement du temps. Celui-ci n'est cependant pas continu car la sédimentation est marquée par de fréquentes périodes de non-dépôt, d'érosion même. Très souvent, le passage d'une strate à l'autre, s et t dans cette figure, correspond à une modification passagère de l'environnement, qu'accompagne une interruption d'enregistrement durant un temps indéterminé ; celui-ci pouvant, dans certains cas, être important. Parfois, comme entre L et K, le passage d'une couche à l'autre permet de visualiser l'érosion, sans pouvoir en apprécier la durée. Le principe de superposition reste cependant le fondement de la stratigraphie ; il introduit une suite de repères qui, en tout point, permet d'identifier ce qui est plus jeune ou plus vieux. Il ne fournit pourtant aucune information sur les durées. En effet, une inondation torrentielle peut déposer plusieurs décimètres, voire plusieurs mètres de sédiments en quelques minutes alors qu'en milieu océanique les accumulations ne progressent souvent qu'à des taux bien inférieurs au millimètre par centaines ou même milliers d'années.

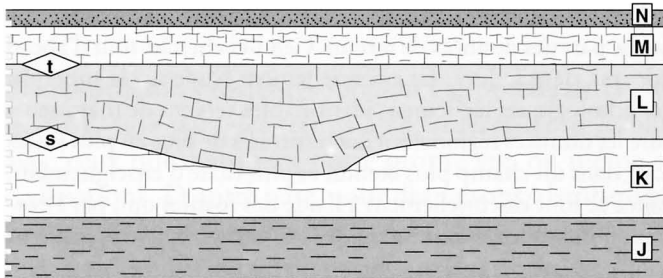


Fig. 1.2 La chronologie par le principe de superposition. Dans les roches sédimentaires, une strate M placée au-dessus de L est plus jeune que cette dernière ; les interlits s et t correspondent à des interruptions d'enregistrement ; M s'est déposée sur L, préalablement érodée.

Les formations lithostratigraphiques

Les roches du Jura se sont formées dans un domaine marin peu accidenté, stable et éloigné des influences continentales très directes. Au moment de leur dépôt, elles présentaient des caractéristiques fort semblables sur de très grandes surfaces. De ce fait, une couche sédimentaire formée à un moment donné, peut être utilisée dans le terrain comme marqueur chronologique régional. A cet effet, pour les besoins de la reconnaissance et de la cartographie géologique, on identifie des niveaux qui se distinguent dans l'environnement par des critères spécifiques facilitant leur identification ; ce peut être la couleur de la roche, sa nature pétrographique ou tout autre aspect particulier. D'épaisseur et de nature différentes, ces repères sont les unités de base de la **lithostratigraphie**. Largement utilisés dans le Jura, ils permettent souvent à un œil exercé de disposer de jalons rapidement identifiables, très utiles et d'application facile, car ils font simplement appel à l'aspect de la roche, à son **faciès**.

Ainsi, la formation de la Dalle nacrée, épaisse de quelque 30 m, formée de calcaires brun-roux, située au-dessous des niveaux marneux de l'Argovien, se reconnaît aisément dans le paysage par ses bancs plus ou moins épais, par sa stratification entrecroisée, par ses débris fossilifères variés dans lesquels des huîtres ont souvent gardé leur aspect nacré. On l'identifie par exemple facilement tout au long de la chaîne de Pouillerel, depuis le sud de ce sommet jusque dans la région des Frêtes. D'autres formations comme l'Oolithe de Sainte-Vérène sont de bons repères, mais ils demandent plus d'attention pour être reconnus ; en effet, il faut presque toujours casser le caillou pour parvenir à en assurer l'identification.

Utiles dans un espace pas très étendu, la lithostratigraphie perd ses avantages lorsqu'on doit établir des corrélations à grandes distances (centaines de kilomètres). A cette échelle, les roches sédimentaires de même âge changent d'aspect, **changent de faciès** diront les géologues ; elles sont marquées par les particularités de l'environnement marin ou continental qui les a vues naître et qui est variable dans l'espace. Cette méthode est donc impropre pour établir une échelle universelle de référence. Ainsi à l'époque où la Pierre jaune de Neuchâtel se formait en mer, le sud de l'Angleterre, pour sa part, était situé en domaine continental ; là s'accumulaient des dépôts de sables deltaïques sans analogie d'aspect avec les roches contemporaines de la région du Jura.

Des roches de même âge peuvent présenter sur de courtes distances des changements de faciès rapides et spectaculaires. Ainsi les niveaux marneux de l'Argovien largement représentés dans l'ensemble du canton de Neuchâtel où ils jouent le rôle d'imperméable que l'on sait, se trouvent remplacés en direction du nord-est par les calcaires massifs du Rauracien. En région neuchâteloise, la zone de transition suit à peu près le cours du Doubs. Elle est bien visible dans le cirque de Biaufond dont la partie méridionale est encore très marneuse alors que les calcaires massifs dominent au nord et dans le cirque du Refrain. Là, on se trouve

sur la bordure méridionale d'une plate-forme carbonatée récifale, qui fait suite en direction du sud à un milieu plus profond, marneux, soumis aux influences d'apports terrigènes (fig. ci-dessous).

Pour surmonter les problèmes posés par les corrélations lithostratigraphiques, les géologues ont utilisé avec succès les données paléontologiques. Ce moyen offre un système de correspondance temporelle indépendant, particulièrement efficace et précis mais son utilisation n'est pas toujours aisée. Partant du principe reconnu que les différentes espèces animales et végétales évoluent dans le temps, qu'elles apparaissent, se développent puis disparaissent à des époques déterminées, leurs fossiles peuvent être utilisés comme marqueurs temporels. Dans l'histoire géologique, certaines espèces se modifient très lentement, d'autres au contraire rapidement; ce sont ces dernières qui sont utilisées pour établir une chronologie précise, surtout si leur mode de vie leur assure une répartition très vaste, indépendante des milieux. Plutôt que d'associer une espèce spécifique à un âge donné, on a pris l'habitude de travailler avec des associations de faunes. Celles-ci ont permis de proposer pour l'ensemble des temps fossilifères une suite de localités types où sont définies, dans des suites de strates riches en fossiles, les coupures arbitraires qui servent d'étalons internatio-

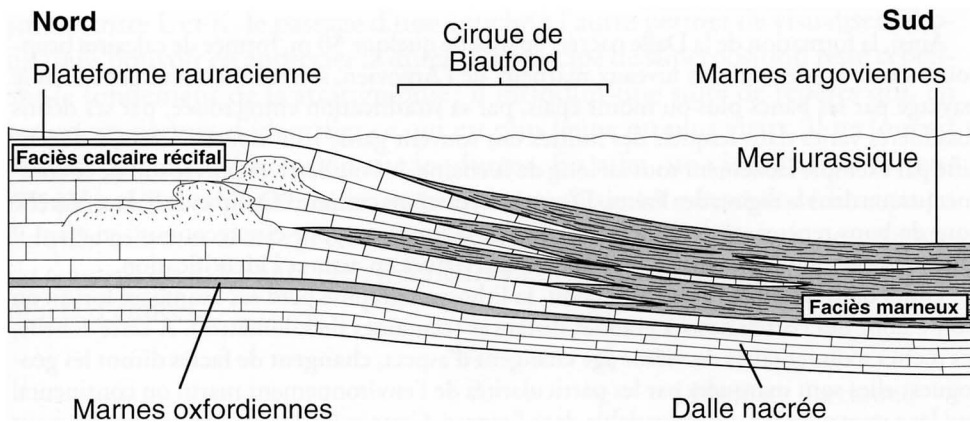
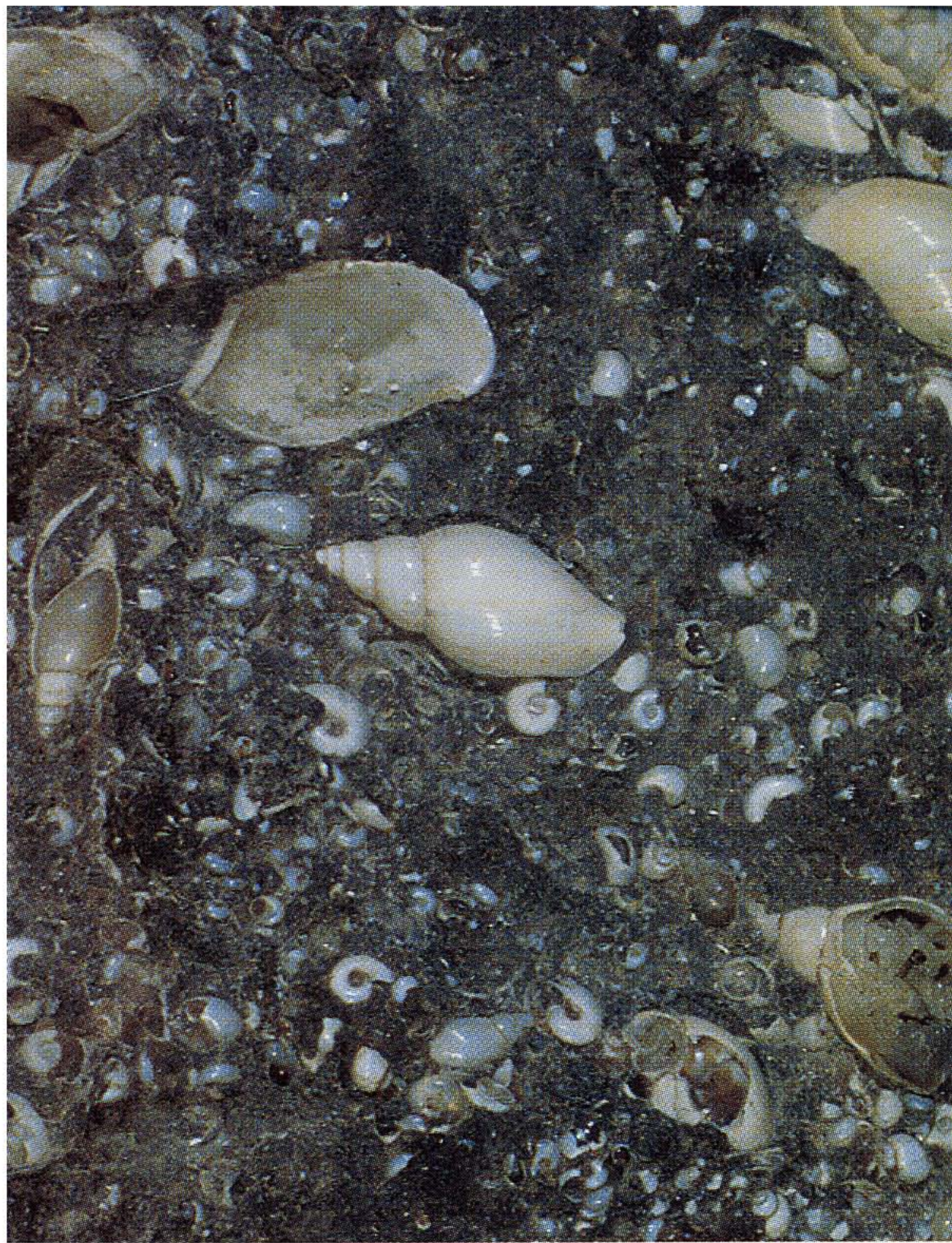


Fig. 1.3 Changement de faciès entre les assises marneuses argoviennes et les assises de calcaires récifaux du Rauracien.

Photo A La Roche aux Cros: Crêt de Malm redressé, bordé par une combe argovienne fortement érodée (zone enneigée) passant aux reliefs du cœur de l'anticlinal formé des calcaires du Dogger (forêt). ▽

Photo B La voûte calcaire de l'anticlinal du cirque du barrage du Châtelot. Au-delà de la paroi sur laquelle s'appuie le barrage, on remarque également que les assises calcaires sont très brusquement ployées, pratiquement à angle droit. ▷





naux. Ces stratotypes, ainsi nommés, définissent le sommet ou la base des étages qui sont les unités fondamentales de la **chronostratigraphie** internationale. Ceux-ci sont le plus souvent dérivés d'un lieu géographique comme le sont les étages Hauterivien et Valanginien qui furent proposés au siècle passé déjà par E. Desor. Dans le Jura, les bons fossiles, permettant des déterminations temporelles satisfaisantes, comme les ammonites, sont trop souvent peu fréquents, voire absents; de ce fait la terminologie utilisée dans le Jura où dominent les noms d'étage est en fait essentiellement de nature lithologique; elle se trouve, dans quelques cas seulement, confirmée par des associations fossilifères satisfaisantes.

La chronologie radiométrique

L'utilisation de la radioactivité en géologie a permis d'y introduire une chronologie chiffrée qui a largement fait ses preuves. Les méthodes utilisées s'appliquent essentiellement aux roches ignées mais beaucoup plus difficilement aux roches sédimentaires; elles sont donc peu appropriées pour aborder de façon directe les problèmes rencontrés dans le Jura.

En dehors de déterminations faites avec un soin extrême, au moyen d'appareils fort coûteux, les résultats ordinaires de cette méthodologie aboutissent à des précisions qui se situent au-delà du million d'années qui est l'intervalle permettant de saisir l'évolution des bons fossiles. Pour ces raisons et par la force de la tradition, l'échelle chronologique utilisée dans les pays de roches sédimentaires reste attachée à une nomenclature basée sur la suite des étages stratigraphiques. Actuellement pour la plupart de ceux qui forment le gros des roches du Jura, leur âge est établi avec des approximations se situant aux environs de quelques millions d'années. Les progrès actuels dans les techniques radiométriques font penser que ces fourchettes seront sensiblement réduites au cours des prochaines décennies; il est cependant peu probable qu'une chronologie chiffrée remplace sous peu cet usage qui présente l'avantage d'associer la précision de la chronostratigraphie aux données lithostratigraphiques de terrain.

Photo A Niveaux charbonneux plissés dans les craies lacustres. Est du Locle, rue H.-C. Andersen.

Photo B Accumulation de gastéropodes fossiles terrestres et d'eau douce, partiellement silicifiés dans les craies lacustres (collection Auguste Jaccard).

Photo C Feuille d'érable fossile (*Acer trilobatum*) bien préservée dans les craies lacustres du Locle (collection Auguste Jaccard).

Photo D Coléoptère fossile de la famille des chrysomélidés dans les craies lacustres du Locle (collection Auguste Jaccard).

QUELQUES REPÈRES CHRONOLOGIQUES RÉGIONAUX

Quatre mille six cents millions d'années : formation de la Terre.
Deux cent vingt millions d'années : après érosion d'une ancienne chaîne de montagnes, la mer occupe le futur territoire du Jura.
Cent soixante à cent quinze millions d'années : mer tropicale où se sédimente la plupart des roches du Haut-Jura neuchâtelois.
Soixante-cinq à vingt-deux millions d'années : le futur territoire du Jura, encore non plissé, devient domaine continental, d'abord dans un régime climatique équatorial qui, au cours du temps, se refroidit quelque peu.
Vers vingt millions d'années : nouvelle et dernière présence de la mer dans le Jura.
Treize millions d'années : formation du grand lac tertiaire du Jura neuchâtelois. Il est contemporain de la première ébauche du synclinal du Locle - La Chaux-de-Fonds; situé à faible altitude, il jouit encore d'un climat très doux.
Dès deux millions huit cent mille années : peut-être avant déjà, une suite de glaciations confirme la détérioration du climat terrestre.
Deux cent mille ans? ou un peu plus tôt : dans la région du Locle, début de l'incision de l'ancienne vallée située à 1000 m.
Quatorze mille ans : fin de la dernière période glaciaire. Dans le Jura, grands glissements, formation du Lac des Brenets et d'un modeste lac dans la basse vallée du Locle, qui est progressivement comblé et recouvert par les tourbières.
Epoque historique : un petit lac persiste temporairement au niveau du Col des Roches.
1805 : la construction d'une galerie d'écoulement au niveau du Col des Roches limite les inondations dans la vallée du Locle.
Temps récents : les drainages divers associés aux temps modernes (notamment les tranchées pour les canalisations d'eau, gaz, électricité, téléphone, télévision) provoquent l'abaissement de la nappe phréatique de la basse vallée du Locle et, de ce fait, compromettent la stabilité de nombreux édifices.