

CLASSIFICATION DU SYSTÈME SILURIQUE

PAR

J. F. NERY DELGADO

LISBONNE

Imprimerie de l'Académie Royale des Sciences

1901

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES
SUR LA CLASSIFICATION DU SYSTÈME SILURIQUE

PAR

J. F. NERY DELGADO

L'étude que nous avons entreprise de notre système silurique nous a tout naturellement porté à essayer de fixer rigoureusement ses limites supérieure et inférieure; mais, tandis qu'il est très facile de tracer la ligne limite de la base, puisqu'en Portugal il existe une profonde discordance entre ce système et les terrains sur lesquels il repose, la fixation de sa limite supérieure présente au contraire de grandes difficultés en divers endroits où les couches supérieures de ce système passent à d'autres plus modernes.

Il faut tout d'abord remarquer que, tandis qu'autrefois, à l'instar du fondateur du «*Silurian system*» on lui donna une étendue démesurée, en y rassemblant des couches qui en vérité ne lui appartiennent pas, dans ces derniers temps, par une réaction naturelle, on voit au contraire la tendance à le restreindre toujours d'avantage, en en retranchant des couches qu'une étude attentive montre pourtant devoir lui appartenir.

L'illustre Barrande, en suivant les principes de l'école de Murchison, rassembla dans son *Système silurien* toutes les couches paléozoïques du bassin de la Bohême; en plus du vrai Silurien il comprit dans la base de ce complexe, le Précambrique et l'Archaïque, et dans sa partie supérieure, une grande succession de couches que l'on considère généralement aujourd'hui comme appartenant à un terrain plus moderne (Hercyn), contemporain de la partie inférieure du système dévonique.

ΛΟΥΤ, 1901.

Dans son étude sur les dépôts les plus anciens du Harz, M. le Dr. Kayser, en exagérant peut-être les idées exprimées par le professeur Beyrich, qui le premier établit cette correspondance, réunit dans le Dévonique inférieur quelques couches qui, selon toute probabilité, appartiennent au système silurique.

Avant de développer ce point nous présenterons quelques considérations qui servent de base aux idées que nous aurons à exposer.

Les observations que nous avons faites sur notre système silurique, surtout dans le Bussaco, montrent que, pendant la formation des dépôts paléozoïques, il y eut dans notre pays plusieurs oscillations du fond de la mer où ces dépôts se sont accumulés, c'est-à-dire, différents mouvements d'exhaussement et d'affaissement, qui expliquent plausiblement la nature et la distribution des mêmes dépôts.

D'abord, les quartzites à Bilobites, qui en Portugal forment ordinairement la base du système silurique proprement dit, occupent une grande étendue par rapport aux autres assises siluriennes, et dans les points où elles paraissent, il manque la faune à Paradoxides, qui au contraire se montre immédiatement au-dessous de ces couches dans le nord-ouest de l'Espagne¹. Or, la grande étendue de celles-là indique clairement qu'elles doivent leur origine à un mouvement de submersion qui, ayant commencé dans la période cambrienne, embrassa toute l'époque silurienne et une partie de la dévonienne, en immergeant lentement et successivement sous la mer paléozoïque de grandes étendues du sol de la Péninsule.

On a, du reste, la preuve évidente que ce groupe de couches fut formé pendant une période d'affaissement graduel du sol antérieurement émergé, car ce n'est qu'ainsi qu'on peut expliquer la discordance de stratification des mêmes quartzites avec la formation schisteuse précambrienne² sur laquelle elles reposent, aussi bien à Moncorvo, dans le Haut-Douro, qu'à Penhagarcia, Villa-de-Rei, Villa-Velha-de-Ródam et en d'autres points de la Beira-Baixa; tandis qu'au Bussaco on voit la transition graduelle des mêmes quartzites à l'ensemble de schistes et de grauwackes rougeâtres sous-jacent, auquel elles succèdent en stratification parfaitement concordante; ces dernières couches recouvrent

¹ Le seul point (Villa-Boim) où jusqu'à présent on ait découvert dans le Portugal les fossiles de la faune primordiale, est très éloigné des quartzites à Bilobites et n'a aucune liaison avec celles-ci.

² Indiqué sous la rubrique de «Cambrique inférieur» dans notre carte géologique.

au contraire en transgression le Cambrique inférieur¹. Cette dernière localité, qui correspondrait peut-être à l'axe ou partie la plus profonde du golfe ou bras de la mer silurienne, et qui par conséquent a été la première à recevoir le dépôt arénacé, est la seule où jusqu'à présent ce passage graduel ait été observé dans notre pays. L'affaissement du sol, tout en élargissant successivement les limites du bassin, aurait provoqué sur d'autres points le dépôt des couches de quartzites moyennes et supérieures de l'assise directement sur les têtes de couches du Cambrique inférieur; il y manque pourtant les couches schisteuses rougeâtres de la base, qui ne paraissent que dans le Bussaco.

Notre illustre collègue Don José Macpherson, dans sa description géologique de la partie septentrionale de la province de Séville, démontra clairement qu'il y a eu dans cette région un affaissement graduel du sol, dont le commencement a coïncidé avec le dépôt des sédiments du Cambrique supérieur. Ce mouvement a été accompagné d'une suite de phénomènes éruptifs qui, selon lui, se sont prolongés, peut-être sans solution de continuité, jusqu'à la fin de l'ère paléozoïque.

Le mouvement de submersion auquel nous venons de faire allusion est sans doute le même; il semble toutefois que pendant qu'il se formait à Séville des dépôts de l'époque cambrienne supérieure, la plus grande partie de notre territoire restait à découvert, en vertu de l'élévation du sol qui s'était produite précédemment et qui empêcha la plus grande partie de la Péninsule de recevoir les dépôts qui renferment la faune primordiale.

Le mouvement de submersion dans la période silurienne n'a atteint que la moitié septentrionale de notre pays lors du dépôt des quartzites à Bilobites. En effet, d'après les caractères lithologiques de la formation de schistes et de grauwackes de la Beira, si semblables en général à ceux de la formation schisteuse qui renferme la faune à Paradoxides dans le versant septentrional de la chaîne Cantabrique, nous fûmes portés à considérer cette formation-là comme représentant le Cambrique inférieur. Ainsi, il manque dans la Beira les dépôts synchroniques du calcaire à *Archaeocyathus* de la province de Séville, qui en Portugal n'est représenté que dans le Haut-Alemtejo, par la puissante formation calcaire et de quartzites des environs d'Elvas et de Villa-Boim,

¹ En France, dans le département de la Mayenne, les schistes rouges font aussi défaut dans un grand nombre de points. M. Oehlert ne les connaît que d'une seule localité, comme il arrive en Portugal (*Notes géol. sur la Mayenne*, p. 29).

immédiatement supérieure aux schistes qui dans cette dernière localité ont fourni les fossiles de la faune primordiale.

En tout cas, les quartzites à Bilobites dans notre territoire ne descendent que peu au-dessous du parallèle de Portalegre et franchissent à peine la ligne divisoire des eaux entre le Tage et le Guadiana près de la frontière¹; cependant, en pénétrant en Espagne, ils avancent beaucoup plus vers le sud. En effet, d'après les travaux publiés par le Comité de la carte géologique d'Espagne, on sait que le système silurique y est représenté aussi dans sa base par les quartzites et grès à Bilobites; ceux-ci après avoir traversé les provinces de Caceres et de Badajoz, descendent jusqu'à Adamuz, à l'est de Cordoue sur la rive droite du Guadalquivir, cette localité étant la plus méridionale où cette assise ait été jusqu'à présent découverte dans la Péninsule. Ce point est situé à une latitude bien inférieure à celle de la serra de Portalegre; aussi, comme les couches y sont subitement interrompues par la faille du Guadalquivir, on doit présumer qu'elles se prolongeaient encore plus vers le sud, tout en gardant toujours les mêmes caractères pétrographiques et paléontologiques que nous leur reconnaissons dans la province de Beira-Baixa et au Bussaco.

Le mouvement d'affaissement du sol durant l'époque ordovicienne, à laquelle nous nous sommes rapportés, fut assez irrégulier et n'embrassa pas également toute la surface du pays. A l'extrémité nord-est du Portugal les dépôts de cette époque ne sont représentés que par les quartzites de la base du système y montrant leur moindre épaisseur, tandis que ces dépôts acquièrent leur plus grande importance dans les affleurements les plus occidentaux, spécialement au Bussaco.

Après la formation de l'assise de quartzites à Bilobites, tandis que le mouvement d'affaissement du fond de la mer silurienne se réalisait dans nos latitudes, un autre mouvement en sens contraire ou d'exhaussement du sol, commençait, à ce qu'il semble, à l'est de la Beira. Ce mouvement s'est propagé graduellement vers le nord-ouest embrassant le Bussaco, et plus tard aussi la partie inférieure du bassin du Douro et d'autres contrées; il est vraisemblablement en rapport avec une émission diabasique, se montrant au Bussaco avec sa plus grande intensité presque vers la fin de l'époque ordovicienne, mouvement rendu

¹ Près de Barrancos il y a une assise de quartzites ressemblant beaucoup aux quartzites à Bilobites, mais on n'y a pas découvert les fossiles caractéristiques de ces derniers; en plus, cette assise n'a pas la même continuité. Elle n'appartient pas à la même époque, mais est beaucoup plus récente.

évident par la suspension subite, dans cette contrée, des dépôts de cette époque. Le centre de l'intumescence étant du côté de l'est, les couches schisteuses du Silurique inférieur, qui accompagnent les quartzites à Bilobites dans les affleurements du côté de la frontière, doivent être, comme elles le sont en effet, des plus anciennes; c'est encore par cette raison que les couches les plus supérieures à *Trinucléus* et *Dalmanites Dujardini* se trouvent confondues et mal représentées dans l'affleurement de Villa-de-Rei, tandis qu'elles acquièrent un grand développement au Bussaco, cette contrée étant plus occidentale.

Ce mouvement ascensionnel correspond donc à un foyer volcanique, qui manifesta son énergie par plusieurs éjections diabasiques et en même temps par l'émission de sources minérales jaillissantes, à laquelle est due la formation de dépôts qui, à ce niveau-là, ne se trouvent sur aucun autre point de nos bassins siluriens.

Ce mouvement eut, cependant, une action locale, il se fit avec interruptions et seulement dans quelques endroits, toutefois sans suspension du mouvement général d'affaissement qui s'opérait dès la période cambrienne. Ce dernier mouvement a permis la formation, à Vallongo et à Barrancos, d'un groupe de couches plus récentes, qui n'est pas représenté au Bussaco.

L'émission diabasique se manifesta dans cette région à des niveaux différents à partir des couches schisteuses siluriennes les plus inférieures; mais elle eut sa plus grande extension vers la fin de l'époque ordovicienne, témoin les puissantes nappes de roche éruptive que l'on observe entre Cassemes et Palmazes, et avec moins de développement au sud du Mondego. Il me semble que cette action volcanique ne s'est fait sentir que dans cette contrée, parce qu'en nul autre point de nos bassins siluriens on ne découvre le plus léger indice d'émission de roches éruptives pendant l'époque ordovicienne. Par contre, on observe qu'un phénomène analogue a eu lieu à Barrancos à l'époque gothlandienne.

L'éruption diabasique a été sous-marine et très probablement sous-littorale, ayant eu lieu près du rivage de la mer silurienne. Il n'est donc pas étonnant que dans la branche orientale du synclinal du Bussaco, où l'on voit les plus puissantes masses de diabase, les dépôts sédimentaires aient acquis plus d'épaisseur, puisque l'expulsion de masses si volumineuses a sans doute provoqué l'affaissement local du fond de la mer antérieurement soulevé en ce point; par conséquent l'épaisseur des dépôts a pu facilement s'augmenter. On peut aussi considérer comme preuve décisive du mouvement ascensionnel dont nous parlons le fait

qu'en aucun autre point de la Beira la série ordovicienne ne présente autant de développement qu'au Bussaco, pas même dans le grand affleurement sud-occidental de Villa-de-Rei, où les assises supérieures de cette série paraissent confondues en une seule. On trouve surtout cette preuve dans la diminution progressive de l'épaisseur des dépôts schisteux de l'Ordovicien, que l'on observe en marchant du nord vers le sud de la Beira. Ils sont déjà assez réduits dans la vallée du Tage, et dans la serra de Portalegre les schistes du Silurique supérieur suivent immédiatement aux quartzites à Bilobites, qui ont d'ailleurs moins d'épaisseur qu'au Bussaco. Les quartzites à Bilobites manquent même en Portugal au sud de cette montagne.

Ce mouvement d'exhaussement s'accrut, donc, dans la région du Bussaco; jusqu'à ce qu'enfin, après la formation des calcaires de Sazes et des dépôts hydrothermaux qui les accompagnent, l'action volcanique étant tout-à-fait éteinte, la formation de dépôts ordoviens fût définitivement interrompue; tandis que les schistes graptolitiques inférieurs de Barrancos se déposaient presque contemporanément dans le Baixo-Alemtejo, et les schistes les plus supérieurs de Vallongo dans le bassin du Douro, en des points qui en ce moment étaient encore occupés par la mer silurienne.

Comme il n'existe à Vallongo aucun représentant stratigraphique du complexe silurien de l'Alemtejo immédiatement supérieur aux schistes de Barrancos (ou de la carrière de Mestre André), on doit conclure que dans le nord du Portugal le mouvement d'élévation ne se fit sentir, par rapport à la suspension des phénomènes sédimentaires, qu'après la formation de ces schistes, tandis que dans le sud du pays le mouvement d'affaissement, initié à une époque antérieure, se poursuivait sans interruption, en sorte que ce groupe de couches a pu se former.

Les dépôts accumulés durant l'époque ordovicienne furent lentement élevés et fortement dénudés sur quelques points pendant la période de gestation des phénomènes volcaniques; ainsi, il s'est interrompu localement le mouvement général d'affaissement, qui venait de s'opérer dès la période cambrienne et qui dura jusqu'aux premières phases du Dévonique, donnant lieu à la formation de l'épaisse série de dépôts paléozoïques inférieurs.

Néanmoins, tandis que dans le Bussaco se produisait le mouvement d'élévation qui finit par interrompre le dépôt de sédiments, en mettant à découvert le fond de la mer vers la fin de l'époque ordovicienne et au commencement de l'époque gothlandienne, dans la région du sud, à Barrancos, et dans celle du nord, à Vallongo, continuait le

mouvement de dépression lente, qui détermina la formation de l'épaisse assise de schistes à Graptolites, lesquels accusent un dépôt littoral, ou d'eaux basses. Ces schistes, qui marquent la phase de liaison entre les deux grandes divisions du système silurique, doivent par conséquent être considérés comme correspondant au *Llandovery group* du nord du Pays de Galles. De même que dans cette contrée, une très grande perturbation et une vaste dénudation a aussi précédé au Bussaco le commencement des dépôts du Silurique supérieur, qui est, en effet, séparé du Silurique inférieur par une forte discordance.

Les dépôts de cette époque intermédiaire sont amplement représentés en Portugal, comme nous l'avons dit, par une formation schisteuse puissante, renfermant une faune graptolitique variée; les couches les plus supérieures contiennent principalement des plantes marines et de nombreuses traces du passage de vers, ce qui prouve leur formation littorale.

Les considérations que nous venons d'exposer pourraient nous porter à joindre au Silurique inférieur une partie du grand affleurement silurien de l'Alemtejo, que nous tenons pour équivalent du Llandovery group d'Angleterre, puisque le mouvement d'affaissement, auquel est due la formation des dépôts ordoviciens dans la Beira, a atteint cette contrée méridionale sitôt après que les phénomènes éruptifs du Bussaco ont été terminés, pendant qu'il y avait une interruption de sédimentation dans cette dernière contrée. Cette opinion est d'ailleurs en harmonie avec les idées exprimées par M. Etheridge dans son discours présidentiel prononcé dans la séance annuelle de la Société géologique de Londres en 1881, idées partagées par Barrande, d'après ce que je lui ai entendu dire quand j'eus l'honneur de lui rendre visite à Prague au mois d'octobre de la même année.

En effet, selon M. Etheridge, on doit prendre comme limite supérieure d'un système le niveau où la faune de ce système disparaît entièrement. Or, le Lower Llandovery représente le sommet du Caradoc et de Bala, et sa formation coïncide avec l'exhaussement du fond de la mer caradocienne. Sa faune se compose de 68 genres et 204 espèces, ayant reçu du Caradoc 50 genres et 105 espèces, ce qui lui imprime un caractère ordovicien très prononcé. D'un autre côté, l'Upper Llandovery étant étroitement lié à cette division inférieure, car les deux tiers des genres et plus de la moitié des espèces qu'il renferme sont communs aux deux divisions, il s'ensuit logiquement que les affinités de l'étage entier sont plutôt ordoviciennes que gothlandiennes.

La liaison des dépôts siluriens de l'Alemtejo avec ceux du Minho est évidente; il semble même que les deux contrées de Barrancos et de Vallongo aient partagé des mêmes conditions bathymétriques, en se trouvant peut-être placées presque à égale distance du centre de soulèvement, situé à l'est de la Beira.

L'apparition de plusieurs espèces de *Didymograptus* à Paço (à l'est de Vallongo) nous prouve à l'évidence leur parallélisme avec les schistes inférieurs de la carrière de Mestre André (Barrancos). Cette preuve est surtout fournie par la présence de *D. geminus* dans les deux localités. Si l'apparition de ce genre d'Hydrozoaires doit faire considérer ces schistes comme appartenant au Silurien inférieur, les couches inférieures de Graptolites de Barrancos doivent à meilleur droit lui appartenir aussi, ces couches étant sousjacentes aux schistes de cette carrière.

Toutefois, il faut reconnaître qu'en admettant cette hypothèse, ces dernières couches doivent correspondre à la partie culminante de l'Ordovicien, parce que l'horizon fossilifère qu'elles représentent est placé bien au-dessus des couches plus supérieures de la série trilobitique de Vallongo, et qu'elles ont sans doute été formées postérieurement à l'extinction des phénomènes volcaniques dans le Bussaco.

Le mouvement de submersion, qui continua pendant toute l'époque gothlandienne, s'est produit avec assez d'intensité dans quelques points, attendu que les dépôts formés alors ont en partie le caractère sous-pélagique, embrassant une aire différente et beaucoup plus grande que celle occupée par les dépôts ordoviciens. Ce mouvement fut, cependant, assez inégal; il semble même que parfois dans certains points il devint très rapide, les dépôts y ayant acquis le caractère infralittoral ou d'eaux profondes; de là l'irrégularité de la distribution des dépôts siluriens et la variabilité de leur épaisseur dans les différents points où ils se sont formés.

Dans le Bussaco les dépôts de la série gothlandienne commencent avec les schistes à nodules avec *Cardiola interrupta*. On n'y trouve point les couches les plus supérieures de cette série (qui paraissent, par contre, à Serra de Portalegre et près de Carvoeiro dans le grand affleurement de Villa-de-Rei) parce qu'elles furent entraînées par la dénudation, ni, comme nous l'avons vu, les couches les plus inférieures de la même série, qui ont tant de développement à Vallongo et dans l'Alemtejo.

Au commencement de la période dévonique finit définitivement le mouvement d'affaissement du fond de la mer, tout en se transformant en un autre mouvement, en sens contraire, qui a fait émerger tout

notre territoire, en empêchant la formation de nouveaux dépôts jusqu'au commencement de la période carbonifère ou du Culm. Par cette raison le système dévonien est représenté en Portugal pour ainsi dire rudimentairement; il l'est à peine par ses dépôts plus anciens, les schistes à Néreites de S. Domingos, et les schistes à Spirifers de la serra de Portalegre et de la colline de San-Felix près de Povo-a-de-Varzim. Ces schistes paraissent d'ailleurs en connexion intime avec les derniers dépôts graptolitiques du Gothlandien, c'est-à-dire, de l'époque immédiatement antérieure, la limite entre les deux systèmes étant très difficile à tracer.

Comme nous l'avons dit, la fin de l'époque ordovicienne dans notre pays coïncida avec de graves perturbations physiques, qui préparèrent les conditions biologiques propres à l'extinction de la faune seconde silurienne et son remplacement par la faune caractéristique du Silurique supérieur. Dans le Bussaco cette terminaison est annoncée par l'apparition soudaine d'un grand nombre d'espèces nouvelles, et d'autres qui, à ce temps-là, vivaient vraisemblablement hors de cette région, et qui vinrent se mêler dans la même strate avec les espèces de la faune seconde y existant encore. Cependant, à la rigueur, on ne doit proprement considérer le commencement du Gothlandien dans nos latitudes que lorsque cessa la perturbation sédimentaire occasionnée par l'éruption diabasique et par l'émission des sources minérales concomitantes.

Nous ne saurions déterminer avec certitude comment s'est produit ce mélange d'espèces. Il est cependant plausible de supposer que les mouvements du sol qui accompagnèrent l'émission diabasique, concomitante à l'apparition de ces espèces, ont produit la rupture de quelque isthme ou la suppression de quelque obstacle physique qui, auparavant, rendait les deux faunes indépendantes.

Il est, pourtant, deux faits très importants qui se rattachent à ce phénomène et qu'il convient d'indiquer.

Le premier c'est que quelques-unes de ces espèces, ou d'autres très rapprochées, ont habité les mers siluriennes de la zone paléozoïque de l'Europe septentrionale et de l'Amérique du Nord, y caractérisant l'époque silurienne supérieure. De la sorte, on a la preuve que, tandis que dans nos latitudes la faune seconde silurienne florissait en son plein développement, un profond changement dans les conditions vitales s'était déjà effectué dans les contrées plus septentrionales. Il y eut donc une anticipation dans les phénomènes biologiques

ou de modification des faunes par rapport à l'aire occupée par notre pays.

L'autre fait c'est que la prédominance parmi ces espèces de plusieurs formes de Trilobites, Gastropodes, Brachiopodes, Echinodermes et Polypiers, qui n'existaient pas antérieurement dans notre mer silurienne, permet de présumer que leur introduction dans le bassin du Bussaco s'est faite, non pas lentement d'après les lois générales de la dispersion des espèces, mais subitement par suite d'une convulsion du sol, qui leur ouvrit tout-à-coup le passage vers la mer de l'intérieur de la Péninsule, dont la faune était antérieurement isolée de celle de la mer d'où provinrent ces espèces par un obstacle physique quelconque. Cette dernière hypothèse est en quelque sorte d'accord avec l'idée exprimée par M. Charles Callaway¹, qui tient pour très probable que dans les temps paléozoïques la partie méridionale de ce qui est à présent l'Océan Atlantique septentrional, était occupée par un continent, la mer étant au contraire ouverte vers le nord. La même hypothèse est encore corroborée par la circonstance que le phénomène d'apparition subite des espèces dans le Bussaco, a coïncidé avec la phase de plus grande activité volcanique, qui devait naturellement produire de grands ébranlements du sol; en outre, il fut accompagné de l'apparition de sources minérales chargées de silice, de calcaire et d'oxyde de fer, qui indiquent le dernier terme de l'action volcanique représentée par l'émission de la diabase.

Aux affleurements de cette roche éruptive se trouve aussi rattachée dans quelques points la formation de schistes à caractères pétrographiques et paléontologiques tout-à-fait semblables à ceux du Silurique supérieur, avec des masses lenticulaires d'ampélites graptolitiques subordonnées, qui doivent vraisemblablement leur existence à l'action sédimentaire des nouveaux courants, et qui par conséquent désignent dans notre pays le phénomène colonial si bien caractérisé en Bohême.

Que l'on ne juge pas contradictoire de rapporter ces couches à la période coloniale de la Bohême, tout en les considérant synchroniques du Silurique supérieur des régions du Nord, puisque d'après les admirables études de Barrande, on doit accepter comme un fait général, soumis toutefois à quelques exceptions, que l'apparition des espèces dans les mers de la zone paléozoïque du Nord devançât celle des mêmes espèces dans la zone centrale de l'Europe; ainsi, il pouvait encore

¹ *The migration of Species as related to the Correlation of geological formations.* (Geol. mag., 1877, p. 446.)

se former dans certaines localités des dépôts contenant les espèces de la faune seconde, alors que cette faune était déjà tout-à-fait éteinte au dehors de ces parages.

Le passage soudain de notre horizon colonial au Silurique supérieur, dans le Bussaco, signifie simplement, selon notre hypothèse, que la communication du bassin du Bussaco avec la mer d'où vinrent les espèces envahissantes, a été temporaire, les anciennes conditions biologiques ne s'étant pas rétablies, comme il est arrivé en Bohême (selon Barrande), et la faune envahissante ayant eu une existence éphémère, ne parvenant que plus tard à s'établir définitivement dans la même région. Au contraire, le mouvement d'élévation durant encore quelque temps dans le Bussaco après cette période de perturbation stratigraphique, cette communication resta interrompue jusqu'à ce que, l'activité volcanique une fois éteinte dans cette localité, le mouvement général d'affaissement reprit sa prédominance après que se furent formés les dépôts de Barrancos et de Vallongo, la mer gothlandienne couvrant alors presque tout notre pays et une grande partie de la surface de la Péninsule.

Nous supposons, donc, que la liaison entre les deux mers s'établit dans nos latitudes vers la dernière phase de l'époque ordovicienne; il en résulte que les dépôts, qui se formèrent immédiatement après, montrent des caractères analogues, autant considérés pétrographiquement que paléontologiquement, à Vallongo et à Barrancos, c'est-à-dire, dans les points le plus éloignés, du nord et du sud du Portugal, où le Silurique supérieur ait été observé, tandis qu'on ne voit pas la même conformité de caractères dans les dépôts siluriens inférieurs de Vallongo et de Bussaco, bien que situés à une distance beaucoup moindre.

La coexistence d'espèces des deux faunes siluriennes dans le Bussaco est à notre avis étroitement liée à l'émission de la diabase et des sources minérales jaillissant au fond de la mer ordovicienne, si ce n'est qu'on ne doit même la regarder comme dépendant de cette cause. Ce phénomène de l'apparition inopinée d'espèces de la faune troisième venant s'associer à celles de la faune seconde dans une même strate, marque en vérité le terme de l'époque ordovicienne dans notre pays, si, plutôt, il ne caractérise pas, comme en Amérique et en Angleterre, le commencement d'une phase de transition entre les deux grandes divisions du Silurique.

Quoiqu'il en soit, cette profonde altération des conditions biologiques au Bussaco coïncida avec l'interruption du mouvement général d'affaissement qui s'opérait dans d'autres régions, ou bien elle corres-

pondrait à plusieurs oscillations du sol d'une courte amplitude, qui accompagnèrent l'éruption diabasique. Ainsi, dans notre pays, il faut rigoureusement considérer la cessation des perturbations physiques produites par cette cause comme marquant le début de l'époque gothlandienne.

Comme nous l'avons dit, un mouvement d'exhaussement du sol ou plutôt un retrait de la mer mit enfin un terme définitif à l'accumulation des sédiments du Paléozoïque inférieur dans la partie occidentale de la Péninsule, en empêchant successivement cette région de recevoir d'autres dépôts vers les premières phases de l'époque dévonienne. Par conséquent, il pourrait y avoir du doute si les couches à Spirifers de la serra de Portalegre et de la colline de San-Felix, près de Povoá-de-Varzim, doivent être rapportées au système dévonique, ou si elles n'appartiennent pas plutôt au toit du Silurique supérieur, à l'étage Downtonian (Upper Ludlow), ces couches étant étroitement liées aux schistes de Reveladas et de Rates, qui renferment à différents niveaux des inclusions ampéliteuses, où se montrent les Graptolites.

L'opinion que la division inférieure du système rhénan correspond synchroniquement aux étages siluriens les plus supérieurs de la Bohême, est généralement acceptée aujourd'hui, bien que l'accord sur la désignation chronologique de ces couches ne doive pas être encore considéré comme définitivement établi.

Dans un travail très remarquable que nous avons déjà cité, publié en 1878 par M. le Dr. Emanuel Kayser, de Berlin¹, ce savant parallélise le terrain hercynien (Hercyn) avec les étages siluriens F, G, H de la Bohême et avec les couches à Néréites et à Tentaculites du Fichtelgebirge Franco-Thuringien, et le considère comme un facies particulier du Dévonique inférieur représentant des dépôts de mer profonde, tandis que les couches à Spirifers du Rhin se seraient formées contemporanément dans une mer de faible profondeur.

Cette opinion semble contestable, vu que l'étude comparative des deux faunes faite respectivement par Barrande et par le Dr. Ottomar Novák², surtout celle des différentes espèces de Brachiopodes et de Trilobites, considérées par le Dr. Kaiser identiques dans le Harz et dans la Bohême, nous porte précisément à la conclusion contraire, en rati-

¹ *Die Fauna der ältesten Devon-Ablagerungen des Harzes*. Berlin, 1878.

² Barrande, *Brachiopodes*, 8.º 1879, p. 262-326.—Ottomar Novák, *Bemerkungen zu Kayser's «Fauna der ältesten Devon-Ablagerungen des Harzes»* (Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1880, 30 Band, 1 Heft, p. 75-86).

fiant par conséquent l'indépendance entre le Silurique supérieur de la Bohême et l'étage hercynien du Harz; néanmoins la plupart des géologues admettent une telle correspondance.

Il faut d'abord observer que dans la faune hercynienne décrite par M. Kayser sont comprises quelques espèces qui de tout temps ont été considérées dans tous les pays comme étant des plus caractéristiques du Silurique supérieur, telles que: *Cardiola interrupta*, *Monograptus Halli*, *priodon*, *colonus*, *dubius*, *sagittarius*, *jaculum*, *Nilssoni*, *convolutus*, et d'autres espèces qui descendent à des niveaux encore plus bas hors de la Bohême, comme: *Atrypa aspera*, *A. reticularis*, *Strophomena rhomboidalis*, *S. corrugatella* et *Rhynchonella diodonta*. On doit remarquer très particulièrement que ces espèces proviennent de localités différentes de celles où furent rassemblés presque tous les autres fossiles décrits par M. Kayser, qu'il faut considérer spéciales du groupe hercynien, puisqu'ils n'ont point de correspondants dans le système silurique.

De plus, les quelques Graptolites qui paraissent dans la Bohême à la base de l'étage **F** (zone **f1**), lesquels sont les derniers représentants de cette famille d'Hydrozoaires dans ce bassin silurien, appartiennent à une seule forme, indéterminable, reconnue pourtant comme voisine de *Monograptus colonus* Barr.; cette espèce se trouve dans le toit de la zone inférieure de l'étage **E** (**e1**), et elle est représenté aussi dans **e2**.⁴

En examinant la liste des espèces donnée par M. Kayser, qui comprend 225 formes distinctes (dont 166 ont été dénommées comprenant 34 qui sont nouvelles), on n'y découvre pas moins de 19 espèces qui ont été citées par Barrande dans son étage **E**, ou dans les colonies de **D**; en outre 8 espèces appartiennent dans la Grande Bretagne au Silurique inférieur, et 9 autres ont été indiquées dans le Silurique inférieur de différents pays. Il nous semble donc bien douteux que ces fossiles, ou mieux les couches qui les renferment, puissent plausiblement être considérés comme appartenant au système dévonien.

D'après Barrande, les Graptolites eurent dans la Bohême une période d'existence très limitée, mais bien caractérisée, dans la transition de la faune seconde à la faune troisième (colonies), et pendant la première phase de durée de cette dernière faune (zone **e1**). Dans

⁴ O. Novák, *Zur Kenntniss der Fauna der Etage F-f1 in der palaeozoischen Schichtengruppe Böhmens*. Prag, 1886. (Sitzung-Berichte der k. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. 1886.)

les bassins siluriens de la zone paléozoïque du nord, en Angleterre par exemple, ces Hydrozoaires eurent selon Salter leur plus grand développement au commencement de l'existence de la faune seconde, et en Amérique elle se rapporte peut-être encore à une date antérieure, si l'on admet la classification, faite par quelques géologues, des couches taconiques.

Ce serait, par conséquent, un fait bien extraordinaire, que les espèces de Graptolites que nous avons citées n'aient caractérisé que dans le Harz une époque postérieure à la disparition totale de la faune silurienne dans tous les autres pays. Nous ajouterons encore que ces fossiles ont déjà été considérés par l'illustre fondateur du système silurique comme les plus caractéristiques de ce système, et ils continuent encore à l'être¹. En vérité, il est fâcheux de voir détruite par un seul exemple (si toutefois il existe réellement) une base aussi sûre pour la classification, laquelle a été jusqu'à présent confirmée dans tous les bassins siluriens de l'Europe et de l'Amérique.

Ces considérations nous portent naturellement à hésiter sur le nom qu'il faut de droit appliquer au complexe de couches en question; de plus, si l'on admet la correspondance entre le Dévonique inférieur et les trois étages les plus supérieurs du bassin silurien de la Bohême, il est permis d'admettre que l'Hercynien du Harz, tel que l'a considéré M. Kayser dans le travail cité, comprend une partie appartenant au système silurique. Peut-être est-ce une mauvaise interprétation des relations stratigraphiques, ainsi qu'il s'en est si souvent présenté, qui a porté cet auteur à juger les couches qui renferment les espèces siluriennes citées plus modernes qu'elles ne le sont réellement.

L'étude détaillée faite par Barrande des espèces de Brachiopodes citées par le Dr. Kayser dans sa liste de fossiles, comprenant 54 espèces considérées communes à la faune hercynienne du Harz et à celle des étages siluriens supérieurs de la Bohême, l'a porté à la conclusion que, parmi les 22 espèces de Brachiopodes supposées identiques dans les deux faunes, une seule l'est en réalité (*Strophomena rhomboidalis* Wilck. = *Leptaena depressa* Sow.); en plus, les spécimens du Harz sont identiques à ceux de la zone e 2, et non pas à ceux des étages supérieurs F et G, où cette espèce se montre aussi. D'autre part, cette espèce unique est une espèce cosmopolite, qui a une grande extension verticale à travers les faunes paléozoïques, de sorte qu'elle est des moins propres à préciser l'âge de la faune où elle est comprise.

¹ A. Geikie, *Text-book of Geology*, 3^e ed., p. 657.

Parmi les autres 21 espèces citées par le Dr. Kayser, il y en a 9 qui offrent des analogies plus ou moins reconnaissables avec les espèces comparées de la Bohême; les autres, c'est-à-dire, plus de la moitié des espèces comparées, sont parfaitement contrastantes; en d'autres mots, elles ne sont représentées en Bohême ni par des formes identiques, ni par des formes analogues.

Barrande fait encore la remarque que parmi les 9 espèces plus ou moins analogues entre les deux régions, il y en a 6 qui firent leur première apparition en Bohême dans l'étage **E** (zone **e2**), ensuite elles se sont propagées verticalement en **f2**, de sorte qu'elles ne constituent pas une connexion exclusive entre la faune hercynienne et celles des étages **F**, **G**, **H**, mais indiquent simplement une prolongation des connexions déjà antérieurement établies avec **e2**; par conséquent, non seulement elles ne prouvent pas que les faunes de ces étages supérieurs de la Bohême soient dévoniennes, mais on pourrait invoquer encore le fait de leur première apparition en **e2** pour affirmer l'âge silurien de l'association de fossiles, qu'on appela faune hercynienne.¹

Cet argument aurait d'autant plus de valeur, que les espèces de Graptolites citées par le Dr. Kayser, qui sont, comme nous l'avons dit, des plus caractéristiques de l'étage **E**, paraissent dans la partie culminante du groupe hercynien, d'après ce même auteur.

Enfin Barrande dit que la valeur des analogies présentées par ces 9 espèces de Brachiopodes pour établir les rapports chronologiques entre les faunes comparées du Harz et de la Bohême, est encore amoindri si on considère que des analogies encore plus nombreuses et au moins aussi prononcées, existent entre les Brachiopodes de l'Eifel (Dévonique moyen des contrées rhénanes) et ceux de la faune troisième silurienne de la Bohême, sans que toutefois personne n'eût pensé à synchroniser les dépôts qui les renferment.²

De la comparaison faite par Novák par rapport aux Trilobites³, il résulte que de 10 espèces de cette famille trouvées dans l'Hercynien du Harz, qui sont considérées par le Dr. Kayser comme identiques à celles des étages siluriens **F**, **G**, **H** de la Bohême, il n'y en a que 2 (*Phacops fugitivus* et *Cyphaspis hydrocephala*) qui puissent l'être, sans qu'on en ait pourtant la certitude; de plus, il faut remarquer que ces

¹ Barrande, *Brachiopodes*, 8,° p. 321.

² Barrande, loc. cit.

³ O. Novák, *Bemerkungen zu Kayser's Fauna etc.*, p. 82.

espèces appartiennent l'une et l'autre à la zone **g1**, et la dernière se trouve aussi en **f1** et **f2**.

Quant aux Céphalopodes, les Goniatites surtout, ils ont au contraire beaucoup de ressemblance avec ceux des étages **F**, **G**, **H** du bassin silurien de la Bohême, et ce fait a fourni un des meilleurs fondements pour la classification de ces trois étages dans le système dévonien. Cependant, l'étude comparative des différentes espèces démontra à Novák, que beaucoup de celles qui furent citées comme identiques sont réellement distinctes. En effet, des 5 Goniatites considérés communs aux faunes du Harz et de la Bohême, une seule espèce (*G. lateseptatus* Beyr., qui selon Novák ne diffère guère de *G. plebeius* Barr.) peut être regardée comme tel. Sauf cette exception, les uns présentent des caractères différents, les autres sont trop mal conservés pour permettre une comparaison certaine.

En Bohême les Goniatites font leur première apparition dans la zone **f2**, se trouvant concentrés dans une aire très restreinte; ils traversent tout l'étage **G**, où ils acquièrent leur plus grand développement, surtout en **g3**, et ils disparaissent dans la zone inférieure de **H**, en **h1**. Ayant toutefois en attention la distribution verticale et horizontale des Goniatites dans les différentes régions paléozoïques, Barrande même a reconnu que ce genre est essentiellement dévonien.

Des 4 espèces d'Orthocères mentionnées par le Dr. Kayser dans sa liste, Novák n'en considère que *O. raphanistrum* A. Röm., qui présente les plus grandes analogies avec *O. clepsydra* Barr., dont on ne saurait le séparer. Les 3 autres espèces semblent en vérité différentes dans les deux régions.

On peut en dire autant des deux autres Céphalopodes cités, *Gyroceras proximum*, qui par ses caractères ne correspond pas à l'espèce homonyme de la Bohême, et *Hercoceras* (?) *subtuberculatum*, que l'on ne saurait avec fondement rapporter même à ce genre, et qui a, en tout cas, une forme différente de celle de *H. mirum* Barr., avec lequel il a été identifié par M. Kayser.

Quant aux Brachiopodes et Lamellibranches, Novák s'abstient d'en faire la comparaison, en se rapportant aux appréciations de Barrande; quant à la classification des Ptéropodes il en parle aussi avec réserve.

En conclusion, le nombre des espèces que l'on peut réellement considérer communs à l'Hercynien du Harz et aux étages siluriens **F**, **G**, **H** de la Bohême est si réduit, qu'on ne peut pas les prendre en considération pour établir le synchronisme des deux régions comparées.

Toutefois, la correspondance de l'Hercynien avec les étages supérieurs du bassin silurien de la Bohême, ou plus rigoureusement avec **f 2**, **G**, **H**, a été établie plus tard par le Dr. Ottomar Novák, en se basant sur l'étude des Trilobites.⁴

Comparant, en effet, les Trilobites de plusieurs localités typiques de l'Hercynien avec ceux du bassin de la Bohême, il a reconnu que, parmi 31 espèces appartenant au terrain hercynien, qui ont aussi existé en Bohême, aucune ne fait son apparition à l'étage **E**; 21 d'entre elles appartiennent à la zone **f 2**, dont 2 ont d'abord paru en **f 1**, et une de celles-ci passe à **g 1**; dans cette dernière zone on trouve encore deux espèces, qui sont venues de la zone sous-jacente **f 2**.

D'un autre côté, si l'on consulte dans le grand ouvrage de Barande les tableaux de la distribution des espèces siluriennes de la Bohême, on voit que des 88 espèces distinctes de Trilobites appartenant à l'étage **F**, il n'y en a que 6 de communes aux zones **f 1** et **f 2**, 82 appartenant exclusivement à cette dernière division; tandis que la zone **f 1** n'en possède que 10, dont 8 se trouvent en même temps dans les étages **E** et **F**. Ainsi, d'après l'étude des Trilobites on voit qu'il y a beaucoup plus de rapports entre les étages **E** et **F** qu'entre les deux zones **f 1** et **f 2**. Cette conclusion s'harmonise avec le rapport donné par les Céphalopodes, et par les autres classes d'animaux.

En effet, d'après le «Système silurien de la Bohême» il y a 23 espèces de Céphalopodes communes aux étages **E** et **F**, presque autant que celles qui établissent les rapports entre **D** et **E** (29 espèces toutes coloniales); tandis que 5 seulement, dont une douteuse, appartiennent conjointement à **f 1** et **f 2**.

Les Ptéropodes ne nous fournissent qu'une seule espèce commune à **E** et **f 1**, et aucune entre **f 1** et **f 2**.

Les connexions entre **E** et **f 1**, fournies par 13 espèces de Brachiopodes communes aux deux étages, sont à peu-près les mêmes que celles qui existent entre les zones **f 1** et **f 2**, qui possèdent 12 espèces en commun, dont une est citée avec doute.

En ce qui regarde les Acéphales il y en a 9 espèces communes à **E** et **f 1**, tandis qu'aucune ne paraît à la fois dans **f 1** et **f 2**.

De la classe des Echinodermes il n'y a qu'une espèce appartenant aux étages **E** et **F** (zone **f 1**), et encore y-a-t'il quelque doute à ce sujet. Entre les zones **f 1** et **f 2** il ne se trouve aucune répétition.

² O. Novák, *Vergleichende Studien an einigen Trilobiten aus dem Hercyn von Bienen, Wildungen, Greifenstein und Böhmen*. Iena, 1900.

Enfin, dans la classe des Bryozoaires, comme dans l'ordre des Hydrozoaires et dans la famille des Auloporidae, il n'y a point d'espèce qui soit commune aux étages **E** et **F**, ni aux zones **f1** et **f2**.

D'après tout ce que nous venons d'exposer nous sommes donc portés à la conclusion que, si l'on admet le synchronisme, qui semble incontestable, du terrain hercynien avec les étages les plus supérieurs du bassin paléozoïque de la Bohême, c'est dans le toit de la zone **f1** qu'il faut tracer la limite supérieure du système silurique, les couches au-dessus de ce niveau appartenant au Dévonique inférieur. D'ailleurs, les géologues étant d'accord pour considérer la partie supérieure de l'étage **E** de la Bohême comme correspondant au groupe de Wenlock d'Angleterre, la zone **f1** correspondra naturellement au groupe de Ludlow et aux couches culminantes du système silurique. Selon la classification adoptée généralement jusqu'à présent, qui réunit tout l'étage **F** dans le système dévonique, cette série de couches n'aurait point de représentant en Europe, sauf en l'Angleterre, ce qui ne paraît pas admissible.

Les faits indiqués par Novák¹ pour prouver que les deux zones **f1** et **f2** ne peuvent être séparées, mais doivent plutôt être considérées comme des facies différents du même ensemble de couches, n'ont pas dans le fond une grande valeur.

La diminution d'épaisseur de la zone **f2**, et même son absence absolue en plusieurs points du bassin silurien de la Bohême, combinée avec le manque de calcaires de **f1** en d'autres localités, et la circonstance que le développement d'une de ces zones est d'autant plus grand que celui de l'autre est plus faible, tout cela peut bien s'expliquer en admettant que les deux divisions de l'étage **F** se superposent, comme le prétendait Barrande, un passage graduel ayant lieu des calcaires noirs de **f1** aux calcaires blancs et rouges de **f2**.

Cette supposition est d'autant plus admissible que les calcaires de la base de l'étage **F**, compactes et de couleur foncée, sont assez analogues aux calcaires bitumineux, également foncés, qui forment la partie principale de l'étage **E**, et avec ce fait coïncide la modification profonde de la faune qui survient avec les calcaires de **f2**.² On ne

¹ O. Novák, *Zur Kenntniss der Fauna der Etage F—f1*. Prag, 1886, p. 2.

² E. Kayser, *Ueber die Grenze zwischen Silur und Devon (Hercyn) in Böhmen, Thüringen und einigen anderen Gegende*. (Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc. 1884, II Band, Zweites Heft, p. 82.)

comprend pas d'ailleurs qu'un simple changement de couleur en des dépôts d'un même facies (calcaire) soit lié à une différence biologique aussi fondamentale que celle des faunes que renferment les deux zones **f 1** et **f 2**.

La liste des fossiles des calcaires noirs de **f 1** donnée par Novák¹ lui-même, confirme cette opinion, puisque le nombre des espèces citées étant de 128, 68 d'entre elles, c'est-à-dire, un peu plus de la moitié, sont propres à cette zone, et des 60 qui restent, 45 sont communes avec l'étage **E**; tandis que dans les zones supérieures **f 2**, **h 1** il n'y en a que 26 que l'on y voit réapparaître, ce qui montre combien sont faibles les connexions de **f 1** avec l'Hercynien. Encore, si l'on prend dans leur ensemble les espèces mentionnées dans le même tableau, on reconnaît que les rapports entre **e 2** et **f 1** étant de 42 espèces communes à ces deux étages, ils sont beaucoup plus intimes que ceux entre **f 1** et **f 2**, qui ne sont donnés que par 25 espèces.

D'un autre côté, comme l'a remarqué M. Kayser², les formes les plus caractéristiques du Dévonique, que l'on ait trouvées dans les étages supérieurs siluriens de la Bohême, apparaissent toutes pour la première fois dans **f 2**. Les types de Poissons communs avec ceux du *Old Red* de la Russie et de l'Angleterre, les nombreux *Odontochile* (Trilobites du groupe de *Dalm. Haussmanni*), certaines formes du groupe de *Bronteus thysanopeltis*, les *Goniatites*, les genres *Gyroceras*, *Stringocephalus*, *Styliola*, les grands *Terebratulidae*, etc., toutes ces formes commencent en **f 2**; de plus, le même auteur remarque particulièrement la circonstance que les derniers Graptolites de la Bohême apparaissent en **f 1**, et qu'ils manquent absolument dans les étages supérieurs.

Par toutes ces raisons, nous sommes donc portés à juger que les deux divisions de l'étage **F** sont en effet distinctes, l'inférieure appartenant au système silurique, et la supérieure au Dévonique, ainsi que le Dr. Kayser lui-même l'a suggéré dans son mémoire cité dernièrement, en se basant sur d'autres arguments. Cette supposition n'est pas invalidée par l'absence de calcaires rouges de **f 2**, comme Novák l'a indiqué, dans plusieurs localités de la Bohême où les calcaires nodulaires **g 1** reposent directement sur les calcaires noirs typiques de **f 1**, parce qu'il n'est pas besoin que les deux zones **f 1** et **f 2** aient embrassé précisément la même aire de déposition, et qu'il se peut fort bien qu'une discordance

¹ Loc. cit., p. 20.

² Loc. cit. *Ueber die Grenze etc.*

les sépare, comme M. Kayser l'a déjà suggéré dans l'étude à laquelle nous avons fait allusion.

En vue de la discussion qui précède, nous arrivons à la conclusion que les Graptolites caractérisent exclusivement le système silurique. Il faut donc considérer comme vraie la loi que Murchison a établie et clairement formulée: «*Graptolites always silurian*».

D'après ce critérium, on doit par conséquent considérer comme siluriennes toutes les couches où paraissent ces Hydrozoaires; c'est sur ce principe que nous nous sommes basés pour établir la séparation entre les systèmes silurique et dévonique dans notre carte géologique.
