

Les bassins permien français: dynamique sédimentaire et cadre structural

Louis COUREL

*Centre des Sciences de la Terre de l'Université de Bourgogne & U.R.A. 157
du C.N.R.S, 6 bd Gabriel 21000 DIJON (FRANCE)*

RÉSUMÉ

Une revue des caractéristiques du remplissage sédimentaire des principaux bassins permien français permet de les regrouper géographiquement en trois ensembles. L'un recouvre la partie centrale et septentrionale du Massif central; les deux autres encadrent ce domaine au S (Sud du Massif central, Pyrénées, Massif des Maures) et au N (bassins du NE de la France).

Le premier domaine, supposé central dans la chaîne tardi-hercynienne en France, serait caractérisé d'abord par l'importance de séries stéphano-autuniennes et autuniennes, sans interruption notable de la sédimentation entre Stéphanien et Permien. Les dernières compressions stéphaniennes sont remplacées sans transition par la distension permienne, du fait d'une permutation des directions des champs de contrainte. Le Permien supérieur est absent; il a été érodé ou ne s'est pas déposé?

Au N et au S du domaine central, lacunes et érosion marquent le passage entre Stéphanien et Autunien. Au dessus, la distension permienne est très bien exprimée par une intense fracturation synsédimentaire. Le volcanisme est par ailleurs bien représenté par d'importantes coulées. Le Thuringien est parfois bien développé dans ce domaine. Dans sa partie supérieure, particulièrement au NE de la France, la sédimentation s'installe sur de grandes surfaces plus régulières qu'auparavant. Certaines peuvent s'ouvrir sur les grands bassins du N de l'Europe.

Le domaine central se distingue des domaines externes par un *gradient morpho-*

structural. La partie centrale de la chaîne tardi-hercynienne en France serait marquée au Permien par un amincissement crustal plus précoce et un uplift tardif plus important.

Môts clés: Permien, bassins intramontagneux, France, remplissage sédimentaire, structure, chaîne varisque.

RESUMEN

La revisión llevada a cabo sobre el relleno sedimentario de las principales cuencas pérmicas de Francia, permite agruparlas geográficamente en tres conjuntos diferentes. El primero cubre la parte central y septentrional del «Massif central»; los otros dos conjuntos corresponden al dominio sur (Sur del «Massif central», «Pyrénées», «Massif des Maures») y norte (cuencas del noreste de Francia).

El primer dominio se supone que es central dentro de la cadena tardi-hercínica en Francia. Este dominio se caracterizaría en primer lugar, por el gran espesor de las series stephano-autunienses y autunienses, sin que exista una interrupción sedimentaria importante en la sedimentación entre el Stephaniense y el Pérmico. Las últimas etapas de compresión de edad Stephaniense, son reemplazadas directamente por la extensión pérmica, debido a un cambio en las direcciones de los campos de esfuerzo. No existen materiales de edad Pérmico superior; ¿fueron erosionados o no se depositaron?

Al N y S del dominio central, algunas lagunas estratigráficas y etapas de erosión marcan el límite Stephaniense-Autuniense. Por encima, la distensión pérmica viene marcada por una etapa de fracturación sinsedimentaria importante. El vulcanismo está también bien representado en forma de importantes coladas volcánicas. El Thuringiense está a veces bien desarrollado en este dominio. En la parte superior, especialmente en el NE de Francia, la sedimentación se instala sobre grandes áreas, más regulares que las superficies anteriores. Algunas de estas áreas podrían haber estado unidas a las grandes cuencas del N de Europa.

El dominio central se distingue de los dominios externos por un gradiente morfoestructural. La parte central de la cadena tardi-hercínica en Francia estaría caracterizada por un adelgazamiento cortical precoz y una elevación tardía de mayor importancia.

Palabras clave: Pérmico, cuencas intramontanas, Francia, relleno sedimentario, tectónica, cadena varisca.

ABSTRACT

According to their infilling features, the major French permian basins can be geographically grouped into three sets:

- The first one covers the central and northern part of Massif central,
- The southern set corresponds to the south Massif central, the Pyrénées mountains and the Massif des Maures,
- The northern set to the basins of North-East France.

The first domain *is supposed to be central* within the late-Hercynian chain in France. It would be characterized first of all by the thickness of the Stephano-Autunian series which present no significant gap between Stephanian and Permian sediments. The last stephanian compressions were directly replaced by the permian extension because of a permutation of the directions of the stress fields. Upper Permian sediments are missing erosion or non deposition?

Northward and southward of the central domain, some gaps and erosion features characterize the Stephanian / Autunian limit. The Permian is well expressed by an heavy synsedimentary faulting. Volcanism is also well represented and the Thuringian sediments may be sometimes well developed in this domain. In the Upper part of the Thuringian, especially in the basins of the North East France, some wide flattened surfaces characterize the deposition features, probably partly linked to the great basins of the northern Europe.

The central domain differs from the external domains by a morpho-tectonic gradient. During the permian time, the French central part of the late Hercynian chain would be characterized by an earlier crustal thinning and a later more significant uplift.

Key words: Permian, intramontane basins, France, basin infilling, tectonics, Variscan range.

INTRODUCTION

Les bassins permians français ont fait l'objet d'une synthèse récente coordonnée par Chateaufort et Farjanel (1989). Les principaux d'entre eux y sont décrits et leur étude est complétée par des données plus générales sur la stratigraphie, la sédimentologie et le volcanisme dans l'ensemble des bassins, pour aborder leur évolution comparée. Ces études et d'autres publications récentes (Bourges, Rolando et Souquet, 1987; Prost et Becq-Giraudon, 1989; Mascle, 1990) ouvrent la voie à des regroupements de ces bassins en grands ensembles régionaux. Les analogies et les

différences entre ces groupes, de même que leur répartition, suggèrent des hypothèses sur la structuration des bassins permien et ses relations avec l'histoire terminale de la chaîne hercynienne. Les difficultés d'une telle entreprise sont nombreuses et doivent être rappelées pour fixer les limites des propositions qui sont faites.

INSUFFISANCE DES REPÈRES CHRONOLOGIQUES

Des échelles biochronologiques ont été proposées, à partir des flores et microflores, des vertébrés, des crustacés. La palynologie et la paléontologie paraissent actuellement les meilleurs outils de corrélation et de datation pour les séries permien françaises, de par le nombre des sites fossilifères où pollen et empreintes ont été inventoriés. Les échelles proposées sont toutefois encore assez lâches et le calage des différentes échelles biostratigraphiques les unes par rapport aux autres reste problématique. Les fossiles ou microfossiles de différents groupes sont en effet rarement associés dans les mêmes séries, pour des raisons écologiques de développement d'associations ou des différences dans les conditions de conservation.

Les données issues de la *datation radiochronologique des séries volcaniques* sont évidemment intéressantes mais leur précision est encore faible et leur calage par rapport aux échelles biostratigraphiques est encore imparfait. Les données chronologiques détaillées ne seront pas discutées dans ce travail; le lecteur pourra se reporter aux chapitres correspondants de la synthèse géologique des bassins permien français (Chateaufort et Farjanel, 1989).

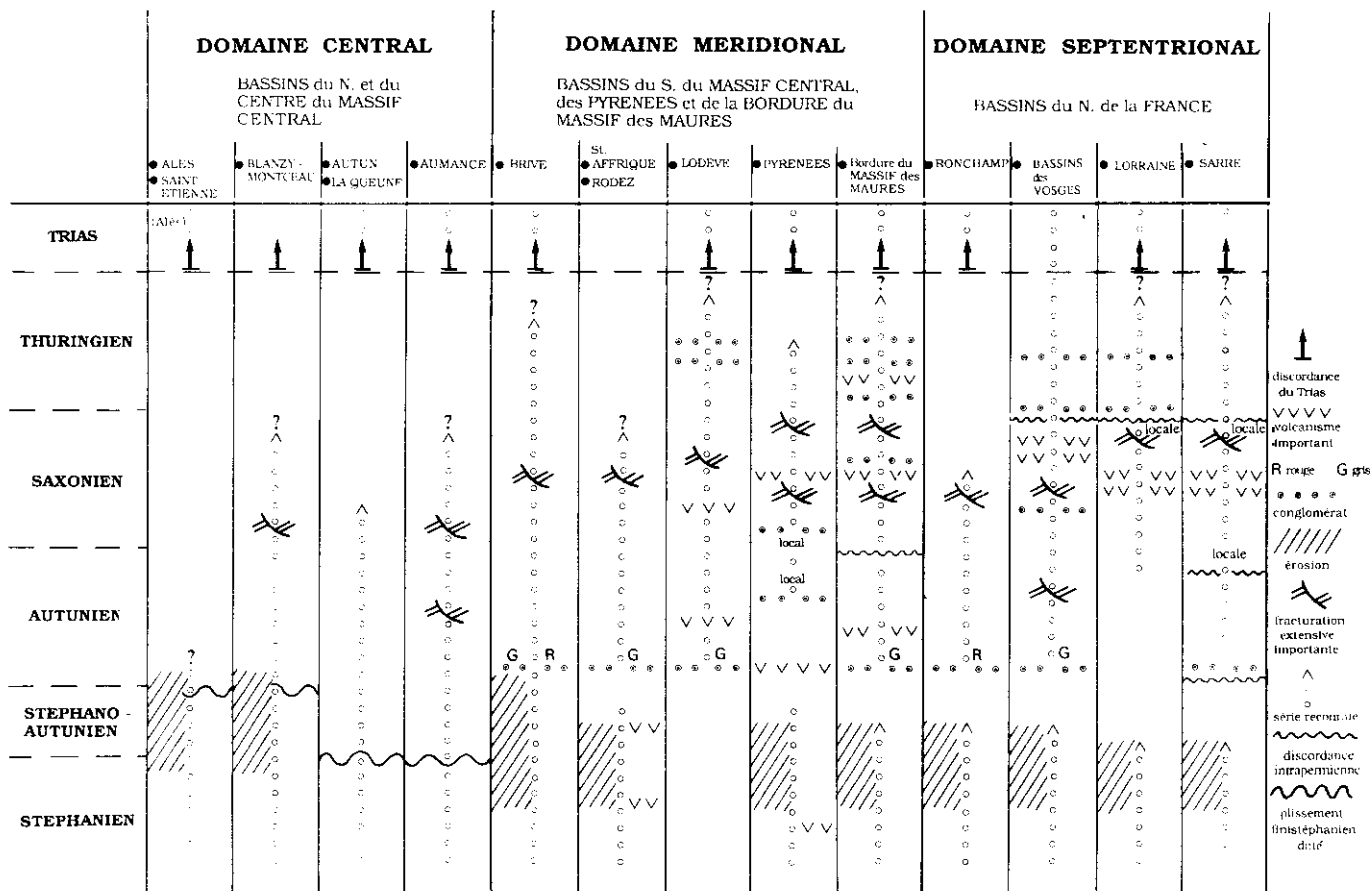
Les données sur l'évolution des séries magmatiques dans le temps (géochimie, typologie des zircons), en fonction des caractéristiques structurales, permettent par ailleurs de situer grossièrement ces séries dans la stratigraphie du Permien (Paquette, 1980; Ouazzani, Banzet et Lapiere, 1987).

ECHELLE DE TEMPS RETENUE

Dans cette étude à vocation paléogéographique et géodynamique, l'échelle des temps retenue (Fig. 1) est très lâche et les noms utilisés pour les grands ensembles lithostratigraphiques sont les anciennes dénominations d'étages du Permien continental.

Fig. 1.—Caractéristiques du remplissage sédimentaire des bassins permien français; cadre structural et volcanisme.

Fig. 1.—*Infilling of the French Permian basins; sedimentary dynamics, tectonics and volcanism.*



Les bassins permians français: dynamique sédimentaire...

Au dessus du Stéphanien a été individualisé un ensemble *stéphano-autunien*, sans valeur stratigraphique, pour faciliter les discussions qui suivent en y regroupant les séries qui ne sont ni franchement stéphaniennes ni franchement autuniennes. Il recouvre donc des séries qui se situent de part et d'autre de la limite Stéphanien / Autunien, sachant que cette limite ne peut être située précisément. Doubinger et Langiaux (1982), Doubinger (1983), Marteau (1983), Langiaux (1984), Courel *et al.* (1983), Broutin *et al.* (1986, 1990), Vetter (1986) et Primey et Farjanel (1989)...entre autres, ont en effet clairement mis en évidence la difficulté de fixer avec précision cette limite Stéphanien/Autunien. Les flores continentales et lacustres permienes relaient en effet progressivement les flores palustres stéphaniennes. A l'échelle d'un bassin, l'importance relative des flores fossiles est directement liée au développement relatif des types de paléoenvironnements locaux. Ceci expliquerait la réalité de séries à alternances de flores stéphaniennes et autuniennes dans des bassins comme l'Aumance (Paquette, 1980); Blanzey-Montceau (Courel *et al.*, 1983; Langiaux, 1984) et Lucenay-lès-Aix-Devay (Primey et Farjanel, 1989). Malgré la liaison évidente des cortèges palynologiques avec les paléoenvironnements locaux, ceux-ci s'inscrivent dans une évolution progressive des flores à l'échelle de l'Europe occidentale. Dans ces conditions, la distinction entre le Stéphanien et l'Autunien reste fondée.

Un synchronisme approximatif entre les phases de serrage terminal de certains bassins houillers français et le dépôt des séries à microfiores Stéphanio-autuniennes doit être noté. Dans un premier temps, on peut suggérer que les modifications morpho-structurales importantes qui seraient ainsi apparues entre le Stéphanien et l'Autunien auraient pu modifier les conditions globales de développement des associations végétales dans la chaîne hercynienne.

Plus précisément, les séries stéphano-autuniennes sont parfois antérieures à la discordance locale Stéphanien/Permien, comme par exemple dans le bassin de Blanzey-Montceau, où celle-ci est indiscutablement située au dessus de l'Assise des Carrières (Vallé, 1984). Les séries stéphano-autuniennes sont par contre postérieures à la discordance locale Stéphanien/Autunien dans le bassin de l'Aumance, où celle-ci est localisée sous l'Assise de Buxières (Paquette, 1980).

Plus généralement, pour l'ensemble du Massif central, abstraction faite des séries stéphano-autuniennes, la discordance entre Stéphanien et Permien se situerait entre le sommet du Stéphanien et la base de l'Autunien. La compression associée à cette discordance n'est donc pas médio-permienne comme certains l'ont écrit (Prost et Becq-Giraudon, 1989).

Au dessus de ces séries stéphano-autuniennes, de très grandes difficultés surgissent quand il s'agit de placer des limites entre les ensembles: *Autunien*, *Saxonien* et *Thuringien*. Les limites seront donc volontairement en pointillé sur le tableau de la Fig. 1.

REGROUPEMENT DES BASSINS PERMIENS FRANÇAIS EN ENSEMBLES MORPHO-STRUCTURAUX, D'APRÈS LES CARACTÉRISTIQUES DE LEUR REMPLISSAGE

Le regroupement se fera en commençant par des bassins supposés situés dans le domaine central de la chaîne varisque en France, puis seront étudiés ceux des domaines externes.

Bassins du N et du centre du Massif central

Dans ce domaine, les séries permienes manquent parfois totalement au dessus des bassins houillers. C'est le cas d'un grand bassin, celui de la Loire, mais aussi de nombreux petits bassins: Saint-Eloy, Brassac... Dans la majorité des cas, il n'y a même pas de couverture mésozoïque. On peut ajouter à cette série le bassin des Cévennes, bien qu'il soit situé au SE du Massif Central. Un recouvrement triasique y existe par endroits et la surface d'érosion anté-triasique atteint le Stéphanien ou des séries de transition avec le Permien. De tels bassins nous renseignent bien peu sur l'histoire structurale permienne.

Plus intéressants de ce point de vue sont les bassins d'Autun, de Blanzly-Le Creusot, de l'Aumance-La Queune, de Decize-la-Machine - Devay - Lucenay, dans lesquels ont été reconnus, au dessus du Stéphanien et de l'ensemble stéphano-autunien, un Autunien et - pour certains d'entre eux - un Saxonien (?) (b. d'Autun: Marteau, 1983; b. de Blanzly-Montceau: Delafond, 1902; Gand, 1981; Feys, 1989a). L'étude des relations structurales entre ces séries et de leurs caractéristiques sédimentologiques permet d'esquisser l'histoire de la dynamique du remplissage.

D'un point de vue structural, la compression stéphano-autunienne y est toujours bien enregistrée (Courel, 1987), par des plis ou le rejeu de failles normales antérieures en failles inverses. Le jeu cisailant des failles bordières a été décrit dans le bassin de Blanzly-Montceau (Vallé, Courel et Gelard, 1988). Dans les bassins de l'Aumance-La Queune (Paquette, 1980; Bonnion, 1983; Bonnion *et al.*, 1983; Courel *et al.*, 1989; Debriette, 1985) et d'Autun (Marteau, 1983), des séries stéphano-autuniennes non déformées sont nettement discordantes sur le Stéphanien plissé. Dans le bassin de Blanzly-Montceau, des faciès stéphano-autuniens sont plissés avec le Stéphanien (Vallé, 1984). Dans le bassin de Devay-Lucenay (Donsimoni, 1990; Primey et Farjanel, 1989) les séries stéphano-autuniennes sont enfin presque en concordance avec l'Autunien et le Stéphanien. La situation n'est donc apparemment pas la même d'un bassin à l'autre. Les différences ne doivent pourtant pas être exagérées. On doit retenir la quasi-généralité d'une phase de compression à la

charnière entre Stéphanien et Permien, mais dont la datation ne peut être précisée plus finement. Dans des bassins en régime compressif sur décrochement, le serrage à l'intérieur du bassin peut d'ailleurs normalement s'étaler sur une certaine durée.

Les séries franchement *autuniennes* sont marquées par une structuration distensive précoce. Les arguments les plus nets viennent du bassin de l'Aumance où Bonnion (1983) a décrit le remplissage par des filons clastiques de failles précoces inclinées. Il en a déduit l'orientation NS de l'extension autunienne. Dans le bassin de Devay, Donsimoni (1990) a décrit pour sa part un héli-graben limité par des failles listriques.

Les séries autuniennes, globalement grises, s'enrichissent progressivement vers le haut en niveaux bariolés et rouges alternants. Les shales dominent dans la base mais sont ensuite supplantés par des conglomérats et des grès. La limite entre les formations grises et rouges du Permien est progressive. Des séries grésos-conglomératiques rouges ont été *rapportées au Saxonien* (?) (Gand *et al.*, à paraître; Courel *et al.*, 1991). D'un point de vue structural, il n'y a pas de *discordance générale* à l'échelle du bassin. Des discordances locales sont seulement le fait du fonctionnement de failles normales précoces (Bonnion, 1983; Debriette, 1985) qui font basculer des séries et sont alors à l'origine d'érosions limitées. De telles observations suggèrent une activité tectonique distensive saxonnienne notable.

D'un point de vue sédimentologique, les séries stéphano-autuniennes témoignent d'une coexistence entre les marécages houillers stéphaniens et les environnements lacustres autuniens. Dans le bassin de Blanzay-Montceau (Laurent, 1983: Assise des carrières) elles présentent une tendance au comblement total. Les gradients de pente sont plus faibles, les tributaires fluviales plus petits et les milieux plus uniformes et franchement subaériens. Dans les bassins de l'Aumance et d'Autun, des faciès lacustres ponctuels annoncent l'Autunien typique.

L'Autunien est caractérisé par une dominance des faciès sous-aquatiques, souvent franchement lacustres et bitumineux, accompagnés d'une extension du domaine de sédimentation. De tels faits d'observation suggèrent un rapide accroissement de l'espace disponible pour la sédimentation, qui ne pouvait être comblé qu'avec retard et entraînait une augmentation de la tranche d'eau. Une telle évolution pourrait être expliquée par la disparition du régime compressif sur décrochement et son remplacement par des failles extensives affectant un domaine de sédimentation notablement agrandi.

Au dessus de l'Autunien typique, *au Saxonien* (?), les environnements lacustres se raréfient, tandis que les débris végétaux sont exceptionnels dans les séries gréseuses rouges (Courel *et al.*, 1991). Une végétation appauvrie, où dominent les coniférales issues des reliefs bordiers, favorisait alors une forte érosion. Un changement climatique vers une plus grande sécheresse peut en être déduit. Les accumulations

de séries grossières d'épaisseur variable, recoupées par des surfaces locales d'érosion, manifestent aussi probablement une activité particulièrement importante des failles normales, déjà signalées précédemment,

Les bassins du N et du centre du Massif central pourraient représenter un domaine central de la chaîne hercynienne en France présentant, d'un point de vue structural, les caractéristiques suivantes:

— à la limite Stéphanien/Autunien, un plissement qui s'inscrit dans un régime tectonique compressif décrochant sur des directions de failles antérieures;

— avec la diminution de cette composante compressive, un régime distensif s'installe rapidement, sans interruption importante de la sédimentation. Une rotation des champs de contrainte en est peut-être la cause (Bonijoly et Castaing, 1987; Mascle, 1990).

— La partie supérieure du Permien manque dans tous les bassins. S'agit-il d'une érosion postérieure ou d'un non dépôt ? On peut suggérer que cette partie centrale de la chaîne en France était la plus épaissie lors de l'accumulation des nappes hercyniennes. Elle aurait été le siège d'un uplift particulièrement marqué ? On sait par ailleurs que le Trias de ce domaine est représenté par des faciès de transgression tardifs et très réduits en épaisseur (Courel, 1973). Le phénomène d'uplift était-il également bien marqué à la fin du Permien ? On peut le suggérer.

Bassins du S du Massif central, des Pyrénées et de la bordure du Massif des Maures: «Domaine méridional»

Dans ces dernières années, nos connaissances sur le Permien de ce domaine ont été profondément renouvelées par des travaux monographiques (le plus souvent des thèses) sur les principaux bassins, des cartes et des travaux thématiques de biostratigraphie (palynologie, palichnologie), de pétrographie (volcanisme) et de tectonique. Ce travail cherche à dégager les particularités de ce domaine méridional du Permien français, par comparaison avec les autres ensembles. La tâche est rendue difficile par la multiplicité des bassins et de leurs caractéristiques. De grandes tendances se dégagent toutefois.

Le passage du Stéphanien au Permien

En dehors de quelques exceptions, le contact et le contraste entre les séries permienne et stéphaniennes est franc. Il n'y a généralement pas de séries de transition comme dans le N et le centre du Massif central.

Des conglomérats importants, parfois fortement ravinants, marquent le plus

souvent la base du Permien, au dessus d'une discordance souvent nette. Les exceptions sont rares, comme dans la bordure du bassin du Quercy (Delsahut, 1989). Dans ce domaine méridional, d'importantes lacunes peuvent localement apparaître entre le Stéphanien et le Permien. Dans le bassin de Brive (Feys, 1989b), des séries rouges conglomératiques débordent largement le domaine de sédimentation Stéphanien fortement érodé, bien que subsistent de minces niveaux autuno-stéphanien, localement concordants. Dans les Pyrénées, la discordance des séries rouges autuniennes est nette et générale (Lucas, 1985). Une telle discordance contraste avec les transformations lithologiques progressives au passage Stéphanien/Permien dans plusieurs bassins du centre du Massif central, comme par exemple celui de Blanzay-Montceau. Une autre particularité du contact Permien/Stéphanien dans le S de la France est l'extension importante des séries permiennes au delà des limites des bassins stéphanien. Un tel phénomène pourrait se comprendre dans le cadre du passage rapide d'un régime tectonique compressif sur décrochement à un régime distensif.

Formation grise de l'Autunien peu développée

Par comparaison avec les séries grises du N et du centre du Massif central, celles du domaine méridional sont relativement peu développées dans la plupart des bassins et parfois absentes (bassin de Brive; Feys, 1989b et certaines zones des Pyrénées; Lucas, 1985). Les faciès lacustres sont par ailleurs rarement bien développés comme plus au N dans les bassins d'Autun ou de l'Aumance; seule la partie la plus subsidente de grands bassins fait exception (bassin de Lodève; Odin, 1986). Dans les bassins du domaine méridional, à l'exception encore du bassin de Lodève, les environnements de dépôt des formations grises de l'Autunien diffèrent apparemment peu de celles du Permien rouge. On peut enfin noter un volcanisme significatif dès cette base du Permien dans les Pyrénées et les bassins du Var (Bixel, 1984; Toutin, 1980; Toutin-Morin, 1987). Ceci contraste avec les bassins du N et du centre du Massif central où les produits volcaniques ne sont représentés que par des cinérites, en dehors du cas de la caldera de Montreuillon.

Séries saxoniennes affectées de failles normales précoces de fort rejet

Le domaine sud du Massif central est avant tout celui de puissantes séries rouges avec des épaisses intercalations volcaniques (Pyrénées, bassins du Var et Corse). Il est très difficile de placer la limite Saxonien/Autunien et nous nous limiterons donc à des regroupements imprécis. Des failles normales précoces inclinées et courbes

limitant des blocs basculés ont été décrites de façon très détaillée et leur fonctionnement déduit des variations des corps sédimentaires, dans les bassins de Saint-Affrique (Rolando, 1986; Legrand, 1990), du détroit de Rodez (Bourges, 1987), de Lodève (Ruhland *et al.*, 1977) et des Pyrénées (Lucas, 1985, 1987). Dans ce dernier bassin, Bixel (1984) et Lucas (1985) ont pu d'autre part déduire le jeu distensif et la direction des failles précoces en utilisant leur remplissage par des magmas volcaniques. Le cadre tectonique distensif a enfin été reconnu à partir du jeu des compartiments, de la géométrie d'hémigrabens ou de discordances cartographiques, dans les bassins de Lodève (Odin, 1986; Saint-Martin, dans ce volume) et du Var (Toutin-Morin, 1987).

Les séries thuringiennes

Le Thuringien a été reconnu par la palynologie (Odin, Doubinger et Conrad, 1986; Visscher *et al.*, 1974) dans les bassins de Lodève et du Var. Le jeu synsédimentaire des failles normales, observé dans les séries rouges sous-jacentes «saxoniennes», ne paraît plus aussi marqué. Dans le bassin de Lodève, Odin (1986) suggère l'existence d'une phase de compression intra-thuringienne. L'auteur s'appuie sur une surface d'érosion mais n'a pas décrit de structure tectonique précoce et ne propose qu'une hypothèse. Toutin-Morin (dans ce volume) suggère également une phase de compression dans le Permien supérieur du bassin du Var. Une phase de compression est enfin signalée entre le sommet du Permien et la base du Trias par Odin (1986) dans le bassin de Lodève. Comme les autres phases thuringiennes, cette dernière sera discutée plus loin à propos des séries du N de la France.

L'absence probable de série thuringienne dans la plupart des bassins du domaine méridional (sans argument chronostratigraphique, dans l'état de nos connaissances) doit-elle être interprétée comme due à une érosion postérieure ou à un non dépôt ? La question est ouverte. Dans l'hypothèse où une érosion éventuelle du Permien supérieur aurait été liée à un uplift permien, celui-ci aurait été relativement moins important dans les bassins les plus méridionaux du S de la France où le Thuringien est présent.

Bassins du Nord de la France

Certains bassins situés au N du Massif central présentent de grandes affinités avec ceux de sa partie septentrionale. Dans le bassin de Carentan (L'Homer et Pareyn, 1989), comme dans ceux du Sud du Bassin de Paris (Lebreton, 1990), un «Autunien gris» épais, débordant largement le Stéphanien, est surmonté par un «Autunien rouge» ou un «Saxonien» directement recouvert par la couverture

mésozoïque. Sur les profils sismiques des bassins du S du Bassin de Paris, les effets de la distension intra-saxonienne sont bien visibles. Dans le bassin de Ronchamp-Giromagny, un Autunien rouge est également recouvert par le Trias (Creusot, 1982). Des séries nettement différentes ont été reconnues dans le NE de la France, dans les bassins de Villé, Saint-Dié, Champenay, du Nideck et de Lunéville (Carasco, 1987, N°Gos III, 1987) et surtout en Lorraine (Donsimoni, 1989).

Les caractéristiques générales des bassins du NE de la France sont difficiles à dégager, du fait du manque de datation biostratigraphique. La limite Saxonien/Thuringien et même la limite Thuringien/Trias sont incertaines (N°Gos III, 1987).

Des faciès grès autuniens ont été reconnus dans le bassin de Villé (Assise de Triembach), tandis qu'ils sont absents des bassins de Saint-Dié et de Lorraine, où ils ont pu être érodés (ils existent en Sarre).

Un Saxonien fortement subsident avec des conglomérats importants et de puissants épandages syntectoniques est reconnu dans tous les bassins, parfois directement sur le socle stéphanien ou plus ancien. Le volcanisme y est surtout très largement représenté, en particulier par d'épais complexes rhyolitiques.

Le Thuringien n'a pas encore été formellement daté dans les bassins du NE mais des comparaisons avec les bassins allemands accréditent son existence. Il serait reconnu dans les bassins des secteurs de Villé et de Lunéville (sondage d'Emberménil, Carasco, 1987) où des séries se distingueraient de celles du Saxonien par la moindre importance du volcanisme et de la tectonique synsédimentaire, tandis que des grès plus fins et des dépôts éoliens apparaissent.

Quelques faits ont été classiquement admis: une discordance entre l'Autunien et le Saxonien en Sarre, une discordance entre Permien rouge (Saxonien) et Stéphanien en Lorraine. L'importance relative de ces discordances, leur datation et même leur existence méritent pourtant une discussion, même si les arguments sont maigres. La phase dite saaliene (limite Autunien/Saxonien) a peut-être été surestimée en Sarre (Schäfer, 1989) et surtout en Lorraine où la discordance anté-saxonienne (Donsimoni, 1981, 1989) relève peut-être essentiellement du plissement tardi-stéphanien suivi d'une phase d'érosion. Les discordances intra-permiennes et les conglomérats les plus importants ne marquent en tout cas pas obligatoirement une limite stratigraphique et leur liaison avec une phase compressive reste à prouver. Dans un bassin sous régime distensif, les débordements du domaine de sédimentation au delà de la surface préalablement couverte sont courants. Les érosions importantes à la limite entre une aire de subsidence et sa bordure, séparées par une faille active, y sont également normales, de même que des basculements de compartiments.

Dans l'état actuel des études, faute d'arguments décisifs sur d'éventuelles phases compressives dans les séries permiennes des bassins du NE, la période saxonnienne (ou tout au moins la partie inférieure des séries rouges) s'y inscrit sans

doute, comme dans le reste de la France, dans un cadre tectonique distensif avec des compartiments à subsidence différenciée. Au Thuringien (ou tout au moins dans la partie supérieure des séries rouges), des systèmes sédimentaires de plus vaste extension s'installent, préfigurant les formations triasiques dont ils sont parfois difficiles à séparer. De faibles flexurations apparaissent entre bordure et domaine central de vastes bassins, assez limitées en Sarre si l'on se fie au profil de Bénard (1987, in Mascle, 1990). Schäfer (1989) a signalé pourtant un changement des conditions tectoniques en Sarre, avec le début du dépôt de l'Oberrothliegend, marqué par une voûte centrale dans le bassin. Des possibilités de compression faible sont alors probables. On doit enfin retenir que, dans la partie terminale des dépôts permien, un transit entre domaine central de la chaîne westphalo-stéphanienne (Massif central et S du Bassin de Paris) et les bassins germaniques est alors peut-être déjà ébauché. Dans cette hypothèse, les faibles discordances notées dans la partie supérieure du Permien seraient peut-être en partie la manifestation d'une flexuration entre un domaine à uplift plus important, dans la partie centrale de la chaîne hercynienne en France, et un domaine où il aurait été plus faible en direction de la Mer du Nord.

CONCLUSION

Les données de la dynamique sédimentaire contraignent les interprétations sur la structuration des bassins permien français. La faible précision de l'échelle chronologique en limite pourtant la portée.

Double gradient morpho-structural (Fig. 2): de la partie centrale de la chaîne westphalo-stéphanienne en France, vers les domaines externes, au N et au S.

La partie centrale de la chaîne hercynienne en France, qui correspond: au centre, au N du Massif central actuel, en partie au S du Bassin de Paris et au SE du Massif central (Les Cévennes), est caractérisée par:

- l'importance des faciès stéphanien-autuniens, toujours proches dans le temps d'une phase de serrage fini-stéphanien

- l'importance des faciès autuniens gris lacustres bitumineux où les manifestations volcaniques sont le plus souvent réduites à des cinérites. Dans cette zone centrale, le passage d'un régime compressif à un régime extensif a été rapide et précoce dans le Permien, sans interruption importante de la sédimentation.

- une série saxonnienne épaisse, avec des accidents synsédimentaires et quelques cinérites seulement, malgré l'exception du bassin de Montreuil.

- La partie supérieure du Permien est marquée par une lacune de l'ensemble du Thuringien (?) et d'une partie du Saxonien (?). Les points d'interrogation

expriment les incertitudes de la chronologie dans ces séries. La part de l'érosion et /ou du non-dépôt dans cette lacune est impossible à évaluer. Une forte érosion anté-triasique est claire mais quand celle-ci a-t-elle débuté ? il est impossible de répondre.

Les domaines externes au N et au S sont caractérisés par:

— une discordance franche entre Stéphanien et Autunien, dont la base est souvent marquée par des conglomérats. Il n'y a généralement pas continuité de la sédimentation au passage Stéphanien/Autunien

— les faciès gris de l'Autunien peuvent encore être épais, comme dans le bassin de Lodève. Leur développement tend pourtant à se réduire; c'est particulièrement le cas dans les Pyrénées et sur le pourtour des Maures

— le Saxonien est toujours représenté par des dépôts puissants où la tectonique synsédimentaire est remarquablement développée (Rolando, 1986; Bourges, 1987; Legrand, 1990)

— le volcanisme est très intense, que ce soit au S (pourtour des Maures et Pyrénées, Corse) ou au N (Lorraine), essentiellement dans le Saxonien (il est également bien développé dans l'Autunien des Pyrénées; Bixel, 1984).

— le Saxonien est recouvert par des systèmes sédimentaires thuringiens de grande extension horizontale, où la tectonique synsédimentaire distensive et le volcanisme sont réduits (Lorraine et bordure du Massif des Maures). Des discordances d'angle faible, parfois associées à des conglomérats, manifestent des légères flexurations. Certaines relèvent probablement de faibles compressions; d'autres se rapportent peut-être à la flexuration entre domaine interne et domaine externe de la chaîne hercynienne, vers les bassins d'Allemagne ou d'Espagne.

Chronologiquement: Les dernières phases compressives stéphanien et les premières phases distensives permien paraissent avoir coexisté, au moins dans la zone centrale de la chaîne. Dans les bassins stéphanien sur décrochement, l'orientation des cisaillements majeurs inducteurs par rapport aux directions principales du champ de contrainte a joué un rôle important dans les directions de compression enregistrées à l'intérieur des bassins. L'hypothèse d'un uplift permien associé à un amincissement crustal rend compte de la possibilité de permutation des directions principales du champ de contrainte (Masclé, 1989) au passage Stéphanien/Permien. Un tel cadre géodynamique rend bien compte des caractéristiques de la structuration des bassins du domaine central de la chaîne en France.

La distension et le volcanisme associé sont par contre particulièrement développés au Saxonien et dans les domaines plus externes de la chaîne. L'importance du volcanisme autour des Maures et en Sarre-Lorraine au Saxonien marquerait-elle des zones de flexuration entre domaine central à uplift nettement plus rapide pendant cette période et domaines externes à uplift plus lent?

Au Permien supérieur, les séries des domaines externes, particulièrement en Lorraine, sont marquées par des faibles flexurations dont certaines pourraient être rapportées à de faibles compressions. Elles préfigurent progressivement les formations triasiques, sans discordance générale entre les deux. La surface de sédimentation est aplanie et s'incline en pente douce vers les grands bassins ibériques ou germaniques.

Sans aborder les modèles structuraux globaux tels ceux de Devay (1988), qui dépassent le cadre de cette étude, on peut insister toutefois sur une observation fondamentale qui les contraint. Dans le cas du Massif central français, le gradient morpho-structural est probablement la manifestation d'un amincissement crustal plus précoce dans la partie centrale de la chaîne hercynienne en France, cette zone étant marquée également par un uplift tardif plus important.

REMERCIEMENTS

Je remercie Marie-Françoise Crouzet pour la mise au point du manuscrit et Annie Bussières pour la réalisation des dessins. Je remercie sincèrement Georges Gand pour ses remarques sur le texte.

REFERENCES

- BIXEL, F. (1984): Le volcanisme stéphano-permien des Pyrénées. Thèse doct. état Sc., Univ. Toulouse III, 636 p.
- BONIJOLY, D., & CASTAING, C. (1987): Ouverture et évolution structurale de quelques bassins houillers de directions orthogonales, dans le Massif central français. *Ann. Soc. géol. Nord*, CVI, 199-200.
- BONNION, S. (1983): Structuration du bassin houiller de l'Aumance (Allier). Analyse structurale des dépôts de charbon et stérile, géophysique. Thèse 3ème cycle, Univ. Dijon, 303 p.
- BONNION, S.; COUREL, L.; GELARD, J. P., & PAQUETTE, Y. (1983): L'organisation des dépôts de charbon et de stérile dans le bassin de l'Aumance (Allier); tectonique synsédimentaire et syndiagenétique. *Mem. géol. Univ. Dijon*, 8, 87-89.
- BOURGES, P. (1987): Sédimentation alluviale et tectonique extensive dans le Permien du tétroit de Rodez (Aveyron, France). Thèse, Univ. Toulouse, 186 p.
- BOURGES, P.; ROLANDO, J. P., & SOUQUET, P. (1987): Le Permien de la partie occidentale du Déroit de Rodez (France): systèmes de dépôt, dynamique du bassin. *Ann. Soc. géol. Nord*, CVI, 173-182.
- BROUTIN, J.; DOUBINGER, J.; LANGIAUX, J., & PRIMEY, P. (1986): Conséquences

- de la coexistence de flores à caractères stéphaniens et autuniens dans les bassins limniques d'Europe occidentale. *Mém. Soc. géol. France*, N.S., 149, 15-25.
- BROUTIN, J.; DOUBINGER, J.; FARJANEL, G.; FREYTET, P.; KERP, H.; LANGIAUX, J.; LEBRETON, M. L.; SEBBAN, S., & SATTA, S. (1990): Le renouvellement des flores au passage Carbonifère Permien: approches stratigraphique, biologique, sédimentologique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, T. 311, II, 1563-1569.
- CARASCO, B. (1987): Les grabens stéphano-permiens de l'Est de la France: évolution tectono-sédimentaire, développement des faciès lacustres carbonatés et sapropéliques. Thèse Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 163 p.
- CHATEAUNEUF, J. J., & FARJANEL, G. (1989): éd. Synthèse géologique des bassins permien français. *Mém. BRGM*, 128, 288 p.
- COUREL, L. (1973): Modalités de la transgression mésozoïque: Trias et Rhétien de la bordure nord et est du Massif central français. *Mém. Soc. géol. France*, LII, 18, 1-152.
- COUREL, L. (1987): Les bassins houillers du Paléozoïque supérieur continental du Massif central français; dynamique sédimentaire. *Ann. Soc. géol. Nord*, CVI, 229-237.
- COUREL, L.; DOUBINGER, J.; GALL, J. C.; LANGIAUX, J.; PAQUETTE, Y., & VETTER, P. (1983): Relations entre paléoenvironnements et associations végétales dans les bassins carbonifères du Massif central français. X^o Congrès intern. Strat. géol. Carbonifère, Madrid., 3, 7-15.
- COUREL, L.; BONNION, S.; GELARD, J. P., & PAQUETTE, Y. (1989): Le bassin houiller permien de l'Aumance: bassin intramontagneux en distension sur failles réactivées. in: Dynamique et méthodes d'études des bassins sédimentaires (A.S.F. ed.), Ed. Technip., 179-195.
- COUREL, L.; GAND, G.; VANNIER, F., & DEBRIETTE, P. (1991): Le bassin permien de Blanzly-Le Creusot. In: Livret-guide de l'excursion organisée pour l'Association des géologues du Permien, 33 p.
- CREUSOT, G. (1982) Etude du bassin permien de Ronchamp-Giromagny (Vosges méridionales). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Besançon, 187 p., 34 annexes.
- DEBRIETTE, P. (1985): Etude géologique du bassin permo-carbonifère de la Queune (Allier). *Dipl. Etudes et Rech.*, Univ. Dijon, 176 p.
- DELAFOND, M. (1902): Bassin houiller et permien de Blanzly et du Creusot. Ed. Gites minéraux de la France, 1 - Stratigraphie, 125 p.
- DELSAHÛT, B. (1989): Le Permien de la Grésigne et des environs (Quercy français). *Mém. BRGM*, 128, 85-89.
- DEVEY, J. F. (1988): Extensional collapse of orogens. *Tectonics*, 7, 6, 1123-1139.
- DONSIMONI, M. (1981): Le bassin houiller lorrain. Synthèse géologique. *Mem. B.R.G.M.*, 117, 68 p.
- DONSIMONI, M. (1989): Le Permien de Lorraine. In: Synthèse géologique des bassins permien français. *Mém. B.R.G.M.*, 128, 37-38.

- DONSIMONI, M. (1990): Le gisement de charbon de Lucenay-lès-Aix (Nièvre). *Documents BRGM*, 179, 83 p., 46 annexes.
- DOUBINGER, J. (1983): Etudes palynologiques dans le bassin stéphanien de Montceau-les-Mines (1ère couche): aspects stratigraphiques et paléogéographiques. *Mém. Univ. Dijon*, 8, 43-50.
- DOUBINGER, J., & LANGIAUX, J. (1982) Un faux problème, la limite Stéphanien-Autunien. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 294, 333-341.
- FEYS R. (1989): Le Permien du Bassin de Blanzay-Bert-Le Creusot. In Synthèse géologique des bassins permien français. *Mém. B.R.G.M.*, 128, 72-77.
- FEYS, R. (1989): Le bassin de Brive. In: Synthèse géologique des bassins permien français. *Mém. BRGM*, 128, 78-84.
- FEYS, R., & GREBER, C. (1958): Bassin houiller de Banzy et du Creusot. *Rev. ind. Miner. B.R.G.M.*, 128, 78-84.
- GAND, G. (1981): Découverte de traces de Reptiles cotylosauriens dans le Permien du bassin de Blanzay-Le Creusot (Saône et Loire, France). Une étape dans la succession des palichnofaunes de Vertébrés tétrapodes. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 292, 163-167.
- GAND, G.; STAPF, K.; BROUTIN, J., & DEBRIETTE, P. (à paraître): The importance of silicified woods, stromatolites and traces of conifers for the paleoecology and the stratigraphy in the lower Permian of the northeastern Blanzay-Le Creusot basin (Massif central, France).
- LANGIAUX, J. (1984): Flores et faunes des formations supérieures du Stéphanien de Blanzay-Montceau (Massif central français; stratigraphie et paléoécologie. *La Physiophile, Soc. Et. Sc. et Hist. Montceau-les-Mines*, 100, 270 p.
- LEBRETON, M. L. (1990): Les bassins stéphano-permiens du Sud du Bassin de Paris. Thèse Univ. Paris XI Orsay, 225 p.
- LAURENT, P. (1983): Découverte des Fouthiaux et extensions. Assise des Carrières Stéphanien B, bassin de Montceau-les-Mines (Saône et Loire). D.E.A., Univ. Dijon, 87 p.
- LEGRAND, X. (1990): Effets de la tectonique extensive en milieu continental; le bassin permien de Saint-Affrique. Thèse Univ. Toulouse, 141 p.
- L'HOMER, A., & PAREYN, C. (1989): Le bassin permien de Carentan. in: Synthèse géologique des bassins permien français. *Mém. BRGM*, 128, 24-36.
- LUCAS, C. (1985): Les grès rouges du Versant nord des Pyrénées; essai sur la géodynamique de dépôts continentaux du Permien et du Trias. Thèse Univ. Toulouse, 267 p.
- LUCAS, C. (1987): Fossés stéphano-permiens des Pyrénées: dynamique sédimentaire. *Ann. Soc. Géol. Nord*, CVI, 163-172.
- MARTEAU, P. (1983): Le bassin permo-carbonifère d'Autun. Stratigraphie, sédimentologie et aspects structuraux. *Documents BRGM*, n° 64, 198 p.
- MASCLE, A. (1990): Géologie pétrolière des bassins permien français. Comparaison avec les bassins permien du Nord de l'Europe. *Chron. rech. min.*, 499, 69-96.

- N'GOS III, S. (1987): Etude sédimentologique des bassins permien de Saint-Dié et Champenay (Vosges). Thèse Univ. Nancy I, 205 p.
- ODIN, B. (1986): Les formations permien, Autunien supérieur à Thuringien du «bassin» de Lodève (Hérault, France). Thèse doctorat, Univ. Aix-Marseille, Centre de St Jérôme, 392 p.
- ODIN, B.; DOUBINGER, J., & CONRAD, G. (1986): Attribution des formations détritiques rouges, du Permien du Sud de la France au Thuringien, d'après l'étude du bassin de Lodève: implications géologiques, paléontologiques et paléoclimatiques. *C.R. Acad. Sci, Paris*, 11, 302, 16, 1015-1020.
- OUAZZANI, H.; BANZET, G., & LAPIERRE, H. (1987): Le volcanisme post-collision stéphanien à anté «permo-triasique» des Alpes françaises. *Ann. Soc. géol. Nord*, CVI, 219-228.
- PAQUETTE, Y. (1980): Le bassin autunien de l'Aumance (Allier). Sédimentologie et tectonique syndiagénétique. Thèse 3ème cycle, Univ. Dijon, 227 p.
- PRIMEY, D., & FARJANEL, G. (1989): Etude paléobotanique et palynologique des gisements stéphanien-autuniens de Lucenay-lès-Aix et Devay (Bassin de Decize, Nièvre). *Documents BRGM*, n° 178, 203 p.
- PROST, A. E., & BECQ-GIRAUDON, J. F. (1989): Evidence for mid-Permian compressive tectonics in Western Europe supported by a comparison with the Alleghanian geodynamic evolution. *Tectonophysics*, 169, 333-340.
- ROLANDO, J. P. (1986): Sédimentologie et stratigraphie du bassin permien de Saint-Affrique (Aveyron); un exemple de bassin alluvial contrôlé par la tectonique distensive. Thèse, Univ. Toulouse, 225 p.
- RUHLAND, M.; HORRENBERGER, J. D.; LAVERSANNE, J.; LILLIE, F.; GAUTHIER-LAFAYE, F., & HEITZ, J. C. (1977): Analyse tectonique du bassin de Lodève, Hérault. Géométrie et cinématique d'une zone en extension. *C.R. Soc. géol. Fr.*, Paris, 3, 5, 263-265.
- SCHÄFER, A. (1989): Variscan molasse in the Saar-Nahe Basin (W- Germany), Upper Carboniferous and lower Permian. *Geologische Rundschau*, 78/2, 499-524.
- TOUTIN, N. (1980): Le Permien continental de la Provence orientale (France). Thèse Etat Sc. Univ. Nice, 594 p.
- TOUTIN-MORIN, N. (1987): Les bassins permien provençaux témoins de l'orogénèse hercynienne et de l'ouverture de la Téthys dans le Sud-Est de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, CVI, 183-187.
- VALLE, B. (1984): Structuration du bassin de Blanzay (Saône-et-Loire). Dynamique du remplissage stéphanien et place du charbon; tectonique précoce et tardive. Thèse 3.º cycle, Univ. Dijon, 203 p.
- VALLE, B.; COUREL, L., & GELARD, J. P. (1988): Les marqueurs de la tectonique synsédimentaire et syndiagénétique dans le bassin stéphanien à régime cisailant de Blanzay-Montceau (Massif central, France). *Bull. Soc. Géol. France.*, IV, 4, 529-540.

- VETTER, P. (1986): Les formations limniques du Carbonifère supérieur et de l'Autunien en France; *Mém. Soc. géol. France*, N.S., 149, 7-14.
- VINCHON, C. (1984): Sédimentogenèse et métallogenèse du Permien du dôme du Barrot (Alpes maritimes, France). Thèse d'état, Nancy, *Document BRGM*, 70, 444 p.
- VISSCHER, H.; HUDDLESTON SLATER-OFFERHAUS, M. G.; WONG, T. E. (1974): Palynological assemblages from «Saxonian» deposits of the Saar-Nahe Basin (Germany) and the Dôme de Barrot (France). An approach to chronostratigraphy. *Rev. Paleobot. Palynol.*, Amsterdam, 17, 39-56.

Manuscrito recibido: 8 Abril 1991

Revisión aceptada: 6 Septiembre 1991.