

Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 16 (1949)
Heft: 50

Artikel: Essai sur la structure transversale des Etats Unis
Autor: Paréjas, Edouard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-184557>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Essai sur la structure transversale des Etats Unis

par EDOUARD PARÉJAS, Genève

L'étude des transversales anciennes doit être basée sur une stratigraphie et une paléogéographie bien connues; elle suppose aussi l'existence de cartes géologiques et tectoniques détaillées. Les Etats Unis présentent ces avantages et son sous-sol a été scruté par tous les moyens dont dispose la géologie moderne. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi ce pays pour cet essai de synthèse.

Des études antérieures nous ayant démontré l'influence des accidents de la bordure des boucliers anciens sur la formation des transversales, nous considérerons le bouclier canadien comme l'origine des structures transverses de premier ordre aux Etats Unis. Nous ne tiendrons compte, en effet que des structures qui ont atteint une échelle continentale et laisserons de côté, pour le moment, les transversales secondaires, peu étendues et qui sont dues à des causes locales.

La tectonique transversale des Etats Unis a déjà fait l'objet d'études. Parmi ces travaux, citons ceux de A. Keith (5) pour la chaîne appalachienne et son avant pays et ceux de L. W. Stephenson (13) pour la Plaine côtière.

La bordure sud du bouclier canadien.

Le matériel ancien du bouclier canadien, comme celui des autres noyaux continentaux, se poursuit de toutes parts sous sa couverture paléozoïque. Sa limite visible n'est qu'une limite d'érosion. Cette bordure n'est pas régulière et l'on pourrait comparer le bouclier canadien à une étoile massive, déprimée en son centre et qui pousserait des pointes dans toutes les directions. Ces saillants sont dûs à des causes diverses. Ils peuvent représenter les extrémités de chaînes précambriennes ou être déterminés par la présence de vieux batholithes.

Que le bouclier dérive ou, qu'immobile il reçoive passivement des poussées orogéniques centripètes, ces saillants joueront le rôle de butoirs ou d'obstacles qui obligeront le matériel qui les affronte à s'élever en transversales soulevées, axées sur eux. Dans l'intervalle entre ces dorsales s'allongeront les transversales déprimées correspondant aux dépressions bordières du bouclier.

L'axe des transversales soulevées ou déprimées peut n'être pas rectiligne mais avoir un tracé ondulé. Un saillant du bouclier peut encore donner naissance à plusieurs transversales divergentes.

Les accidents bordiers du bouclier canadien sont anciens et remontent au Précambrien. Leur influence s'est fait sentir au travers de toutes les orogénèses, à partir du début du Primaire et jusqu'au temps actuel.

Bornons-nous, pour l'instant, à considérer seulement la bordure sud du bouclier canadien qui intéresse directement la structure transversale des Etats-Unis.

De l'est à l'ouest, on peut reconnaître les saillants et les dépressions suivants :

1. Dépression d'Ottawa
2. Saillant d'Adirondack
3. Dépression du Michigan
4. Saillant du Wisconsin
5. Dépression du Minnesota
6. Saillant Sioux
7. Dépression de Winnipeg.

Avant d'aborder l'histoire de ces accidents et celle des transversales auxquelles ils ont donné naissance, il convient de relever le tracé des axes orogéniques principaux. Ce n'est qu'une fois qu'on aura établi ce qui est réellement longitudinal que l'on pourra déterminer la place et l'orientation des transversales.

Figure 1

Structures longitudinales et transversales des Etats-Unis

Légende. 1 Transversale déprimée d'Ottawa; 2 Transversale soulevée d'Adirondack; 3, 3' Tr. dépr. complexe de Michigan-Pennsylvanie; 4 Saillant du Wisconsin; 5 Tr. soul. de Cincinnati; 6 Tr. dépr. de Géorgie; 7 Tr. soul. de Nashville; 8 Tr. dépr. du Mississippi; 9 Tr. soul. d'Ozark; 10 Tr. dépr. de Minnesota; 11 Tr. soul. de Nemaha; 12 Tr. dépr. d'Anadarko; 13 Tr. dépr. du Rio Grande del Norte; 14 Tr. soul. du Colorado; 15 Tr. dépr. du Grand Bassin; 16 Tr. soul. de la Monzonie; 17 Tr. dépr. de la Côte pacifique; I Tr. dépr. sud-californienne; II Tr. soul. des Monts Klamath; III Tr. dépr. de l'Oregon.

a Transversale soulevée; b Transversale déprimée; c Axe de la chaîne liminaire et des chaînons taconiques de l'ouest; d Axe de géosynclinal; e Front de la chaîne taconique ppt dite; f Front de la chaîne appalachienne; g Fond du golfe du Mississippi au Tertiaire; h Transv. soul. de l'ouest; i Transv. dépr. de l'ouest; j Front des Laramides; k Front des Névadides; l Bouclier canadien et uplifts anciens; m Massifs appalachiens; n Mts Klamath; o Bassin; p Uplift alpin.

A Abilene; Ad Adirondack; Al Algonquin; Am Amarillo; An Anadarko; Ar Arbuckle; Ark Arkansas; Ba Balcones; Bar Barton; Be Bend arch; Bl Black Hills; Cb Cobalt; Ch Chatham sag; Ci Cincinnati; Co Colorado, détroit; Or Coastal Ridge; D Defiance; De Delaware, bassin; Ds Desha; E East Texas embayment; Fe Fear, cap; Fi Findlay; Fo Forest City; Gm Green Mts; H Hatchetigbee; Ib Iberia; Il Illinois, bassin; J Jackson; Ka Central Kansas upl.; Kk Kankakee; Kl Klamath Mts; Li Lincoln; Ll Llano; Lo Logansport sag; Ls La Salle; Mar Marathon; Mc Marianna-Chipley; Md Midland, bassin; Me Mesa; Mi Michigan, bassin; Mn Minnesota; Mo Monroe; Mp Minneapolis; Mr Mississippi River antiel.; Na Nashville, dôme; Ne Nemaha; Nj Navajo; Nm New Mexico, détroit; Oc Ocala; Ok Okeechobee; Ot Ottawa Riv.; Ou Ouachita; Oz Ozark; Pm Pine Mt; Sab Sabine; Sal Salinas; Sc St Clair; Se Sequatchie; Si Sioux; Sj San Juan; Sm San Marcos; So Solitario; Su Suwannee; T Tyler; Ui Uinta; Un Uncompahgre; Wa Wisconsin arch; Wab Wabash; Wh White Mts; Wi Wichita; Z Zuñi.

Les structures longitudinales

Les chaînes taconique et appalachienne ont une direction générale NE—SW, des provinces maritimes du Canada à l'ensellement axial du Mississippi. Au-delà, la chaîne appalachienne se retrouve dans le massif de Ouachita avec une direction E—W puis elle se bifurque. Une branche remonte vers l'WNW en englobant les plis d'Arbuckle, de Wichita et d'Amarillo. Une autre se dirigerait des Monts Ouachita vers le SSW puis, tournant par le S le massif de Llano, se terminerait par les uplifts de Marathon et de Solitario.

Il existe trois autres alignements d'anciens uplifts qu'on peut considérer aussi comme des chaînes. Le plus important comprend, de l'E à l'W, les éléments suivants: la dorsale de Findlay, les dômes de Cincinnati de Nashville et d'Ozark, l'uplift du Kansas central (Barton anticline) et l'uplift de Uinta. Cette chaîne d'uplifts, dont quelques tronçons doivent dater du Cambrien s'est soulevée avec force au cours de l'orogénèse taconique et plus tard encore. Un second alignement de structures non moins anciennes s'étendait en direction SE—NW du SW de l'Oklahoma à l'uplift d'Uncompahgre. Un troisième réunissait probablement les uplifts de Zuñi et de Llano. Ces deux derniers chaînons se parallélisent remarquablement avec le tronçon Ozark-Uinta de la première chaîne.

L'alignement Findlay-Uinta peut être considéré comme la chaîne liminaire du bouclier canadien et comme comparable au massif franco-podolien de l'Europe ancienne qui s'allongeait parallèlement au bord S du bouclier baltique.

Pendant le Paléozoïque, entre le bouclier canadien et la chaîne liminaire, se creusait un géosynclinal, liminaire aussi, constitué par une suite de fosses marines. Il est encore jalonné aujourd'hui par le Silurien de Cobalt, par le bassin du Michigan, le seuil de Logansport et le bassin de l'Illinois. Il s'étendait au Paléozoïque jusqu'au détroit des Black Hills. Son homologue en Europe était le géosynclinal boréal qui s'allongeait de l'Angleterre à la Petchora.

Au SE de la chaîne liminaire s'étendait le géosynclinal appalachien qui se couvait au S du dôme de Nashville et se poursuivait par les fosses d'où surgirent les plis appalachiens de Ouachita, d'Arbuckle et de Wichita. Le sillon marin passait par le détroit du Colorado, tout à l'W.

Figure 2

Paléogéographie des Etats-Unis pendant le Primaire

Légende. 1 Rivages du Cambrien. 2 Rivages de l'Ordovicien. 3 Rivages du Gothlandien. 4 Rivages du Dévonien. 5 Rivages du Mississippien. 6 Rivages du Pennsylvanien. 7 Sillons marins principaux (géosynclinaux). 8 Bassin. 9 Régions fréquemment émergées.

A Adirondack. Al Saillant algonquin. Ap Appalachia. B Barton anticline. Bh Détroit de Black Hills. C Dôme de Cincinnati. Cb Cobalt. Ch Seuil de Ohatham. Co Détroit du Colorado. Il Bassin de l'Illinois. L Seuil de Logansport. Ll Llanoria. Mi Bassin du Michigan. Mo Monzonie. N Dôme de Nashville. NM Détroit de New Mexico. O Dôme d'Ozark. S Golfe de San Juan. U Uplift de Uinta. Un Uplift d'Uncompahgre. Z Uplift de Zuñi. D'après Ver Wiebe (pars.)

Les trois éléments structuraux principaux, à savoir, le géosynclinal liminaire, la chaîne liminaire et le géosynclinal appalachien prolongé sont sensiblement parallèles entre eux et forment ensemble un coude caractéristique d'environ 90° au S du saillant du Wisconsin qui paraît avoir été la cause de ce repliement. L'axe de ce coude passe par le dôme de Nashville.

On peut encore suivre, plus au S, dans la Plaine côtière, le chaînon tertiaire (alpin) le plus septentrional et qui correspond à l'alignement des uplifts de Coastal Ridge, Marianna-Chipley, Hatchetigbee, Jackson, Monroe et Sabine.

Parmi les éléments à direction alpine plus méridionaux encore, mentionnons l'anticlinal d'Iberia-St Mary dans le SW de la Louisiane puis, en Floride, le synclinal de Suwannee, l'uplift d'Ocala et le synclinal d'Okeechobee.

Cette analyse sommaire des unités structurales anciennes terminée, il sera aisé de rechercher, perpendiculairement à leur axe, les éléments transversaux qui les recoupent.

1. Transversale déprimée d'Ottawa

Axée sur le cours inférieur actuel d'Ottawa River, une baie peu profonde, amorcée au Cambrien inférieur, s'avance au Cambrien supérieur jusqu'au-delà du 76e méridien (fig. 3). La mer y subsiste pendant l'Ordovicien inférieur (Canadien) et moyen (Upper Chazyan). D'après E. O. Ulrich (15) le bassin d'Ottawa était relié à celui d'Hudson aux époques de Black River et de Trenton inférieur (Caradocien inf.) et la mer de Richmond (Caradocien sup.) s'y terminait en un golfe ouvert au NW vers James Bay. D'après Ver Wiebe (16) la dépression subsiste au Dévonien puis se marque au Pennsylvanien, plus au SE, par un golfe étendu entre le Connecticut et le Maine où les dépôts de cet âge atteignent une puissance de 12 000'.

Actuellement la dépression ancienne d'Ottawa draine le bassin d'Ottawa River.

2. Transversale soulevée d'Adirondack

Cette transversale comporte les principaux éléments suivants:

- a) le seuil de Frontenac
- b) le massif d'Adirondack
- c) la culmination des Green Mountains
- d) la culmination des White Mountains.

Le seuil de Frontenac, près de l'extrémité NE du lac Ontario, est le pédoncule précambrien qui relie le dôme d'Adirondack au bouclier canadien.

Il sépare au Coblentzien (Oriskaniens) les bassins marins d'Allegheny et du St Laurent.

Le massif actuel d'Adirondack formait au Cambrien une île ou un promontoire du bouclier canadien. A l'Ordovicien inférieur, le promontoire

s'agrandit notablement mais à l'Ordovicien moyen le seuil de Frontenac est franchi par la mer et l'Adirondack devient une île ovale; elle subsiste jusqu'à la fin de l'Ordovicien. A ce moment l'orogénèse taconique se déclenche et la région de l'Adirondack émerge en une large dorsale, dirigée du SE au NW, séparant au Gothlandien et au Dévonien le bassin appalachien du bassin de la Nlle Ecosse. Ce seuil s'élargit au Mississippien et se rétrécit au Pennsylvanien.

Il convient ici d'émettre une opinion sur les limites de provinces faunistiques qu'on place en ces lieux.

On admet que, pendant le Cambrien, la région des Green Mountains séparait la province atlantique à *Paradoxides* et *Olenus* de la province pacifique à *Olenoides*, *Ptychoparia* et *Dicellosephalus*. Or, à cette époque, les géosynclinaux de Champlain et de Magog, séparés par le géanticlinal de Québec, avaient une direction SW—NE et une barrière faunistique passant par les Green Mountains ne pouvait être que transversale. Je suggérerais que cette limite des faunes de trilobites cambriens pourrait se superposer à la transversale soulevée d'Adirondack passant par les Green Mountains. Plus tard, au Carbonifère, ce serait ce même seuil élargi qui aurait séparé la faune marine appalachienne de celle de la Nlle Ecosse qui avait des affinités européennes. En me basant sur le même principe, j'ai montré en 1940 (10) que ce sont les transversales turques prolongées au N qui ont séparé les bassins et les faunes des mers miocènes de l'Europe orientale.

3. Transversale déprimée complexe de Michigan-Pennsylvanie

Cette transversale a son origine dans la profonde dépression du bouclier canadien comprise entre le saillant du Wisconsin et le saillant algonquin. Elle comprend, du NW au SE, les éléments suivants:

a) le bassin du Michigan, dans lequel sont logés les lacs de Michigan et Huron;

b) le seuil ancien de St Clair ou Chatham sag;

c) à partir de là, la dépression transverse paraît se diviser au moins en deux branches, une branche NE qui traverse du NW au SE la Pennsylvanie et une branche SW qui aboutit à la Baie de Chesapeake. Ces deux éléments, séparés par une ride positive, ont déjà été reconnus par A. Keith.

Sur la côte atlantique, cette transversale déprimée complexe correspond à l'ennoyage axial actuel de la chaîne taconique entre New York et la Virginie, sur 600 km.

La paléogéographie fait remonter au Cambrien l'existence de cette transversale. Examinons quelques détails de cette histoire (fig. 3).

a) Bassin de Michigan

D'après Ver Wiebe, entre le Cambrien et le Mississippien, c'est un golfe bien marqué et dans lequel les dépôts accusent des maximums de puissance. Les isopachytes du Gothlandien le dessinent admirablement avec des épaisseurs maximums de 2500' comme celles du Dévonien (1200') et

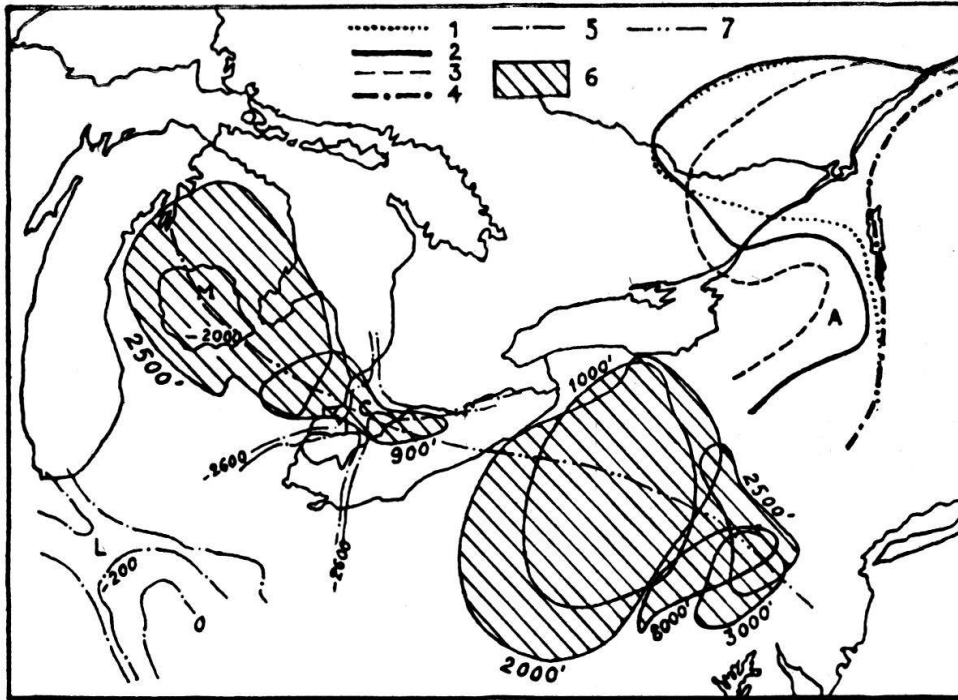


Figure 3

Golfe d'Ottawa et transversale déprimée complexe NE de Michigan-Pennsylvanie

Légende. 1 Rivages de l'Ordovicien moyen. 2 Rivages de l'Ordovicien inférieur. 3 Rivages du Cambrien supérieur. 4 Rivages du Cambrien inférieur. 5 Courbes structurales au sommet du Calcaire de Mohawk (Ordovicien sup.). 6 Régions déprimées entre l'Ordovicien et le Dévonien. 7 Transversale NE Michigan-Pennsylvanie.

Isopachyte de 8000' du Dévonien supérieur. Isopachyte de 3000' du Gothlandien détritique. Isopachyte de 2500' de la Cayugan Series (Gothl.). Isopachyte de 1000' du Red faciès du Cincinnatien (Ordov. sup.). Isopachyte de 2000' du Cincinnatien (Ordov. sup.). Isopachyte de 900' du Calcaire de Mohawk (Ordov. sup.). — 2600' Courbe structurale au sommet de Traverse formation (Dévon.).

A Adirondack. C Seuil de Chatham. L Seuil de Logansport. M Bassin de Michigan. D'ap. G. M. Kay.

du Mississippien (1800'). Au centre du bassin on compte 500' de dépôts au Pennsylvanien.

Actuellement les courbes structurales du sommet de l'étage de Trenton (Caradocien) et du sommet de la Traverse formation (Givétien) marquent encore le bassin dont le centre déprimé se place entre Midland et Cadillac (Mich.).

b) Seuil de Chatham ou de St Clair

Ce seuil qui franchit le pli de Findlay entre le dôme de Cincinnati et le promontoire algonquin et relie le bassin de Michigan au bassin pennsylvanien est aussi une ancienne structure.

Il a reçu un maximum de dépôts de 900' à l'Ordovicien supérieur (Calcaires mohawkiens) et il est dessiné par l'isopachyte de 1000' pour la série de Cayugan (Gothlandien supérieur). La structure actuelle dessinée au sommet du Mohawkien marque encore ce seuil près de Chatham.

c) *Les transversales pennsylvaniennes*

Branche NE. Toute une série de cartes isopachyques dues à G.M. Kay (4) permettent de jalonner cet axe déprimé au travers de la Pennsylvanie pendant l'Ordovicien et le Gothlandien. La courbe de 2000' de la série cincinnatienne (Ordovicien sup.), celle de 1000' du Red facies du Cincinnatien, l'épaisseur de 3000' des sédiments terrigènes du Gothlandien, l'isopachyte de 2500' des calcaires de Tonoloway (Gothlandien sup.) sont éloquentes à cet égard. Le grand delta dévonien déposé dans le géosynclinal appalachien montre un maximum d'épaisseur de 8000' sur le passage de la transversale NE.

Branche SW. Au Dévonien, des maximums locaux d'épaisseur de 10 et 11000' dans l'W Virginie et le Maryland marquent sa trace. Le Permien conservé dans l'angle SW de la Pennsylvanie semble appartenir à cette dépression transverse.

Au Secondaire les deux dépressions semblent se fondre en une seule dans la Plaine côtière. Un vaste golfe se dessine au Comanchien de New York au Cap Lookout où se dépose le Crétacé inférieur de type Potomac. Il se rétrécit au Crétacé supérieur à un espace compris entre New York et le Potomac. L'Eocène et le Miocène marins se sont avancés à leur tour dans cette entaille du bord continental.

La transversale déprimée de Michigan-Pennsylvanie qui existait déjà au Cambrien (Bassin de Michigan) s'est donc perpétuée jusqu'au temps présent.

4. Le saillant du Wisconsin

Le saillant du Wisconsin a été plissé à l'Algonkien supérieur (plissement pénokéens). La chaîne de Penokee est l'extrémité SW des Monts Killarney, au Canada, qui dépendent aussi de cette orogénèse.

Ce promontoire important du bouclier canadien existait au Cambrien. Il s'allongea progressivement vers le S pendant l'Ordovicien, le Gothlandien et le Dévonien. Sa pointe était alors voisine de l'extrémité S du Lac Michigan. Au Mississippien, elle s'en écarte vers l'W et se trouve près de Davenport (Iowa). A la fin du Paléozoïque, le saillant se confond avec les structures voisines soulevées. Actuellement, il se traduit par une vaste dorsale triangulaire à noyau précambrien, à l'W du Lac Michigan. Il se prolonge au SSE par le pli du Wisconsin (Wisconsin arch) axé sur Baraboo et Rockford.

De l'extrémité S de cet élément prennent naissance 3 transversales soulevées divergentes, séparées par deux transversales déprimées. Ce sont de l'E à l'W :

la transversale soulevée de Cincinnati	
„ „ déprimée de Géorgie	
„ „ soulevée de Nashville	
„ „ déprimée du Mississippi	
„ „ soulevée d'Ozark	

5. La transversale soulevée de Cincinnati

Sa direction générale est NW—SE.

Elle s'amorce sur le pli du Wisconsin qui prolonge lui-même le saillant ancien du Wisconsin et comporte les éléments principaux suivants, du N au S :

- a) la dorsale de Kankakee
- b) la dorsale de Wabash
- c) le dôme de Cincinnati ou de Jessamine
- d) une culmination appalachienne
- e) la dorsale du Cap Fear

a) *La dorsale de Kankakee*

C'est un large pli monoclinale dont le flanc incliné regarde le SW. Sa formation se place entre l'Ordovicien inférieur (Shakopee) et l'Ordovicien moyen (St Peter). On l'a reconnu sur 75 milles d'Oregon à Kankakee (Ill.). Cette flexure meurt au NW de l'Indiana dans l'ensellement de Logansport (Logansport sag). Cette dépression axiale est dessinée par les courbes structurales du sommet du calcaire mohawkien (Ordovicien moyen). Au-delà, au SE, naît la dorsale de Wabash qui continue et relaie simplement celle de Kankakee.

b) *Dorsale de Wabash*

Large anticlinal à dos aplati, la dorsale de Wabash a été soulevée à l'Ordovicien supérieur. Au Gothlandien moyen, des récifs coralliens s'établissent sur ce haut-fond.

Actuellement, elle se marque dans la courbe O de la surface structurale au toit des calcaires de Trenton (Ordovicien moyen). Au SE elle se raccorde directement au dôme de Cincinnati.

c) *Dôme de Cincinnati ou de Jessamine*

Son apex se place à Highbridge, à environ 85 milles au S de Cincinnati. Le soulèvement date de l'Ordovicien moyen (Trenton sup.) et le premier indice de l'existence du dôme est un hiatus entre les couches de Black River et de Lexington (Ordovicien moyen). Ces mouvements se rattachent à l'orogénèse taconique. Toutefois il y aurait des indices en faveur d'un début de soulèvement au Cambrien inférieur déjà. Le dôme est apparu comme une île pendant l'Ordovicien moyen et supérieur, le Gothlandien et le Dévonien. Il est relié par la dorsale de Findlay au saillant algonquin. Au Mississippien et au Pennsylvanien, il fait partie d'une presqu'île qui s'étend à l'W jusqu'à l'Ozark.

Sur le dôme, le Dévonien recoupe obliquement les formations comprises entre le sommet de l'Ordovicien (Richmond) et le Gothlandien (Waldron = Wenlockien supérieur). Rappelons que des récifs coralliens prospéraient sur sa bordure W pendant l'étage d'Onondaga (Dévonien moyen). On les voit dans les rapides de l'Ohio près de Louisville.

Le plissement reprit à la fin du Mississippien, pendant les orogènes appalachienne et laramienne puis au Tertiaire.

d) *Culmination appalachienne*

Plus au SE, la transversale de Cincinnati traverse la zone faillée de Kentucky River puis la dislocation majeure constituée par le chevauchement appalachien de Pine Mountain et enfin la zone où de nombreuses fenêtres tectoniques sont percées dans les nappes des Appalaches. Or, on sait que les fenêtres sont un des caractères des culminations axiales.

e) *La dorsale du Cap Fear*

C'est un bombement de Crétacé supérieur et de Tertiaire, transversal à la Plaine côtière et dirigé SE—NW, à cheval sur la frontière entre N. et S. Carolina.

Le Crétacé supérieur qui a été soulevé, atteint la côte sur une distance de 160 km environ. La transgression nummulitique a tourné largement autour de la dorsale. Les traits paléogéographiques dessinés par C. Wythe Cooke (18) accusent nettement le promontoire du Cap Fear à l'Eocène supérieur, puis au Miocène inférieur et moyen (fig. 4).

Le mouvement qui a soulevé cette région est postérieur au Crétacé. Il s'ensuit que la dorsale du Cap Fear est un tronçon ajouté pendant l'orogénèse alpine à la transversale ancienne de Cincinnati.

Actuellement elle se dessine dans les courbes structurales tracées au sommet du Crétacé.

Résumons l'histoire de la transversale de Cincinnati dans son ensemble. En l'état de nos connaissances, il semble qu'au Cambrien, seul le saillant du Wisconsin indiquait la présence de cet élément. A l'Ordovicien, la transversale s'allonge par le pli de Kankakee-Wabash et le dôme insulaire de Cincinnati. Le bord de l'Appalachia réagit par un saillant en N. Carolina. Ces conditions se modifient peu au Gothlandien. Au Dévonien la surface émergée des éléments de la transversale augmente. La liaison Kankakee-Cincinnati s'amorce nettement. Le Mississippien apporte peu de changement à ce dispositif mais au Pennsylvanien l'émersion est continue du Wisconsin au dôme de Cincinnati. La chaîne appalachienne montre une large culmination d'axe et un plissement particulièrement intense sur le tracé de la transversale. Sous la poussée alpine enfin le tronçon du Cap Fear s'est soulevé. Actuellement c'est à leur intersection avec la transversale de Cincinnati que les Appalaches montrent leur apex topographique aux Black Mts (2045 m) et aux Great Smoky Mts (2017 m).

La transversale de Cincinnati s'est développée progressivement du NW au SE dans le temps et ceci en trois phases principales. Un tronçon tacco-nique s'est allongé du Wisconsin au dôme de Cincinnati, un tronçon hercynien s'y est ajouté au travers de la chaîne appalachienne et, à sa suite, le tronçon alpin a affecté la Plaine côtière.

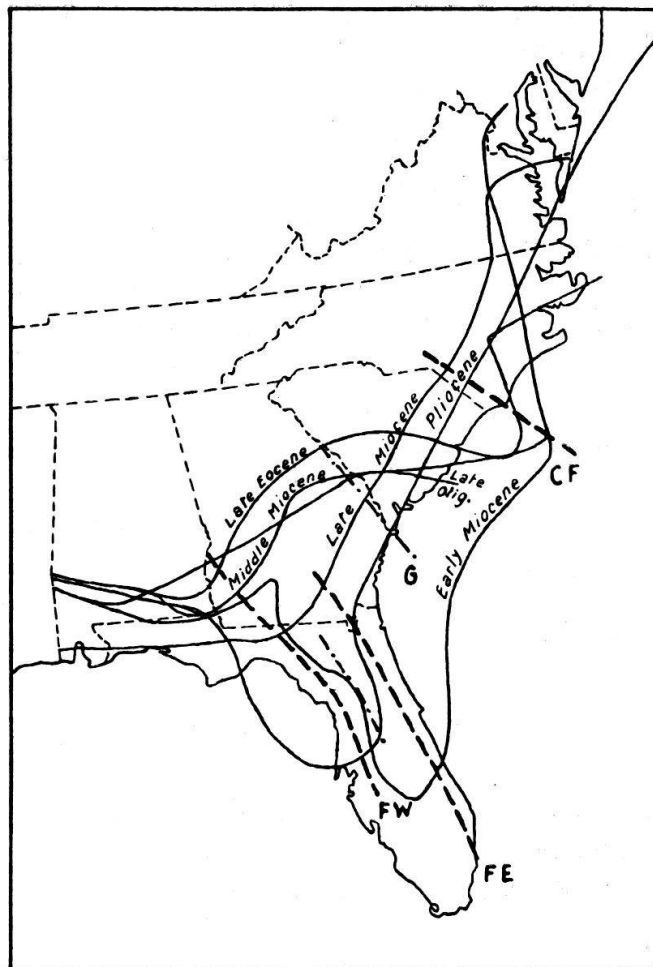


Figure 4

Les rivages du Tertiaire en Floride et sur la côte atlantique

Légende. CF Transversale soulevée du Cap Fear (Tr. de Cincinnati s. l.). G Transversale déprimée de Géorgie. FE Transversale soulevée de Floride orientale. FW Transversale soulevée de Floride occidentale. D'ap. C. Wythe Cooke (pars.)

6. Transversale déprimée de Georgie

Elle est caractérisée par les éléments suivants:

- a) L'intervalle entre les dorsales de Kankakee et de La Salle (bassin d'Indiana) se marque actuellement par un synclinal transverse dans la surface structurale représentant la base des New Albany Black shale (Dévonien) entre Vincennes (Ind.) et le NE d'Urbana (Ill.);
- b) L'ensellement entre les dômes de Cincinnati et de Nashville;
- c) L'intervalle déprimé entre le chevauchement de Pine Mountain et l'anticlinal de Sequatchie de la chaîne appalachienne;
- d) Le cours transverse et conséquent de Savannah River;
- e) Le segment transverse déprimé de la Plaine côtière désigné par L. W. Stephenson comme Eastern Georgia downwarp.

Les arguments paléogéographiques ne manquent pas pour prouver l'ancienneté de cette transversale. D'après Ver Wiebe, le Cambrien appalachien y atteint un maximum de puissance de 20.000' dans Cleveland Quadrangle (SE Tennessee). Un golfe ordovicien de la bordure NW de l'Appalachia se place sur son trajet et les sédiments y atteignent les épaisseurs de 8900, 8300 et 7800'. Le fond du golfe est voisin de la pointe NW de N. Carolina. Au Gothlandien, la transversale passe entre les îles de Nashville et de Cincinnati et les dépôts marins montrent des maximums locaux d'épaisseur dans l'E du Tennessee avec 2000, 1700 et 1600'. Le détroit Nashville-Cincinnati se resserre au Dévonien puis s'élargit de nouveau au Mississippien. L'isthme étroit qui unit au Pennsylvanien les dômes de Nashville et de Cincinnati correspond au passage de la transversale, comme le maximum local des dépôts (4400' dans l'E. Tennessee). A l'Eocène enfin la mer de Jackson remonte dans une dépression de la côte atlantique jusqu'au bord interne de la Plaine côtière. A l'Oligocène supérieur et au Miocène moyen les rivages marins dessinent une vaste baie en Géorgie.

7. Transversale soulevée de Nashville

Cette importante structure se détache, avons-nous dit, de la dorsale du Wisconsin qui prolonge au S le saillant de même nom. Sa direction générale est NNW—SSE. Elle comporte les éléments suivants:

- a) L'anticlinal transverse de La Salle;
- b) Le dôme de Nashville;
- c) La culmination de l'anticlinal de Sequatchie;
- d) En Géorgie, le partage des eaux entre l'Atlantique et le golfe du Mexique;
- e) L'uplift de Coastal Ridge;
- f) La péninsule de Floride.

Plus au S la transversale paraît intéresser le haut-fond de Salt Key Bank délimité par les détroits de Floride, Antaren et Nicholas. Elle aboutirait alors à Cuba dans la zone culminante de Santa Clara.

Ainsi jalonnée, la transversale soulevée de Nashville accuse une longueur d'environ 2550 km.

Reprenons l'histoire de quelques-uns des traits principaux de cette structure.

a) *L'anticlinal de La Salle*

Ce pli asymétrique se détache de la dorsale de Wisconsin (Wisconsin arch) dans le comté d'Ogle (Ill.) et se dirige au SSE par La Salle et se marque encore dans les courbes structurales du mur des New Albany Black shale (Dévonien) au NW de Vincennes, sur la rive droite de Wabash River. Le flanc W est le plus incliné.

Son plissement est un peu antérieur à l'étage de Chester (Mississippien sup.). Son érosion alimenta les grès du Mississippien supérieur et influença les cycles de sédimentation dans les dépôts du Pennsylvanien inférieur.

b) *Le dôme de Nashville*

Son diamètre actuel est de 80 à 90 milles. L'apex se situe non loin de Murfreesboro (Rutherford County). Les pendages sont moins accentués au NE et au SW que dans les autres directions.

C. W. Wilson pense que le dôme existait déjà au Cambrien. Le soulèvement du dôme reprit au début de l'étage de Black River (Caradocien inf.). Il émergea pendant l'Ordovicien supérieur, le Gothlandien et le Dévonien. Ses oscillations verticales étaient synchrones avec les phases de plissement de la chaîne appalachienne. Quand cette dernière était active le dôme de Nashville émergeait et en période de calme tectonique il était le siège d'une sédimentation marine calcaire.

Donnons, d'après Ver Wiebe, quelques détails paléographiques sur le dôme et ses abords. Au Dévonien, l'île de Nashville est très étendue. Un détroit resserré la sépare de l'Appalachia au N. de la Géorgie. Elle se réduit au Mississippien. Au Pennsylvanien, un saillant du rivage de l'Appalachia s'avance vers le NW dans le SE du Tennessee où les sédiments se réduisent à un minimum de 700'. Le dôme de Nashville est réuni à celui de l'Ozark pendant cette période.

c) *Le pli de Sequatchie*

Cet anticlinal, long de 540 km environ, formé par l'Ordovicien, le Gothlandien et le Mississippien, culmine dans sa moitié NE. Sa présence au SE du dôme de Nashville prouve le rôle d'obstacle joué par ce dernier dans l'orogénèse appalachienne.

f) *La Floride*

Les formations plus anciennes que le Crétacé supérieur n'y ont été atteintes que par des sondages et elles sont si peu connues encore qu'elles ne permettent pas d'établir la paléogéographie de la Floride pour le Mésozoïque inférieur et le Paléozoïque.

Le Crétacé supérieur et le Tertiaire montrent que, dans presque tout l'intervalle compris entre l'étage de Tuscaloosa (base du Crétacé supérieur) et le Pliocène, sur l'emplacement de la Floride actuelle se trouvaient des îles ou une presqu'île se rattachant au N, au continent américain.

D'après P. et R. Applin (2), dès la base du Crétacé supérieur, des terres émergeaient entre les latitudes $28^{\circ} 30'$ et $30^{\circ} 30'$. Des îles existaient pendant les époques de Taylor et de Navarro (Crét. sup.) au N de l'état de Floride actuel et dans le SE de la Géorgie. Ces rivages disparaissent sous la transgression paléocène et restent ennoyés pendant les étages de Midway, Wilcox, Cook Mountain et le dépôt du calcaire de Tallahassee c'est-à-dire jusqu'au début de l'Eocène moyen. A la fin de l'Eocène moyen (Avon Park, Gulf Hammock), une île reparaît dans les comtés actuels

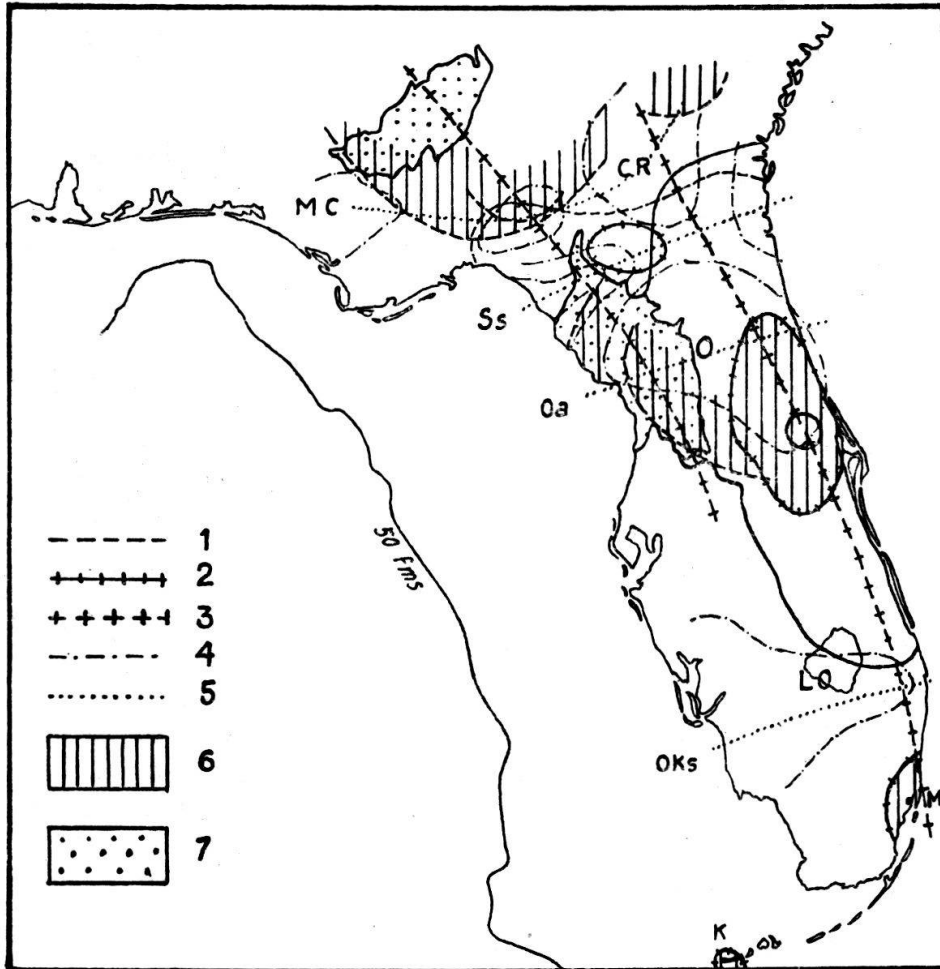


Figure 5

Paléogéographie de la Floride du Crétacé supérieur à l'Oligocène

Légende. 1 Rivage du Crétacé supérieur. 2 Rivage éocène. 3 Transversales soulevées de Floride. 4 Courbes structurales au sommet du Crétacé supérieur. 5 Axes des plis alpins. 6 Régions émergées au Crétacé supérieur et à l'Eocène. 7 Affleurements actuels d'Eocène sup. (Ocala).

CR Coastal Ridge. K Key West. Lo Lac Okeechobee. M Miami. MC Marianna-Chipley uplift. O Ocala uplift. Oa Anticlinal d'Ocala. OKs Synclinal d'Okeechobee. Ss Synclinal de Suwannee. D'ap. P. et E. Applin (pars.)

de Suwannee, Hamilton et Columbia. L'Eocène supérieur (Ocala) est absent dans les comtés de Seminole et Volusia, près de la côte E où une petite île existe. Cette île s'agrandit à la fin de l'Eocène supérieur. D'autres terres émergées sont signalées dans la région de Miami et de Key West. L'exondation augmente dès l'Oligocène et s'étend du Lac Okeechobee au N de la péninsule floridienne. Cette terre montre, au N, deux saillants séparés par une baie. Une île se voit aussi entre Marianna et le S de la Géorgie.

Au Miocène inférieur, d'après C. Wythe Cooke (18) et ses tracés paléogéographiques, une presqu'île, axée sur la côte E de la Floride, s'avance jusque dans les parages du Lac Okeechobee. Au Miocène moyen et supérieur, le promontoire se rétracte vers le NW mais reste marqué, quoique son axe paraisse se rapprocher de la côte W de la Floride. Au Pliocène, la presqu'île est rétablie dans ses dimensions du Miocène inférieur mais elle s'est déplacée vers l'W.

Les structures actuelles dessinées au sommet du Crétacé supérieur, de l'Eocène moyen et supérieur (Ocala) montrent des bombements allongés suivant l'axe de la péninsule mais disposés en deux alignements, l'un à l'E et l'autre à l'W, correspondant à deux transversales soulevées. Elles ont eu des importances inégales dans le passé. Celle de l'E, la plus puissante et la mieux marquée, a été prédominante au début du Crétacé supérieur (Tuscaloosa, Atkinson), pendant l'Eocène supérieur, l'Oligocène et le Miocène inférieur. Celle de l'W s'est affirmée pendant un temps moins long, au Miocène moyen et supérieur et au Pliocène.

Les cartes structurales montrent aussi des plis perpendiculaires à l'axe de la Floride. C'est au N, le *synclinal de Suwannee*, dirigé WSW—ENE, entre Apalachee Bay et Fernandina. Il se loge entre la rangée d'uplifts qui va de celui de Marianna à Coastal Ridge, d'une part, et le bombement d'Ocala d'autre part. Il est marqué actuellement par les courbes structurales du Crétacé supérieur (Taylor), de l'Eocène moyen et supérieur. Le synclinal de Suwannee culmine axialement dans le comté de Baker, sur le passage de la transversale soulevée orientale de la Floride. Son existence se marque dans les isopachytes de l'Eocène moyen et supérieur (Ocala) et plus tard il passe entre deux îles oligocènes.

Plus au Sud vient, avons-nous dit, le *bombement d'Ocala*, en Floride centrale, dont l'histoire a été retracée plus haut, et auquel succède le *synclinal d'Okeechobee*. Ce dernier est dirigé de l'WSW à l'ENE, entre Big Cypress Swamp et West Palm Beach. Il est occupé actuellement par le lac Okeechobee et, dans le sous-sol, se marque par les courbes du sommet du Crétacé supérieur. Son axe monte du Golfe du Mexique vers la côte atlantique. Sur son emplacement, les dépôts de l'Eocène supérieur (Ocala) ont un maximum d'épaisseur de 350'. A cette même époque il passe entre les îles de Seminole-Volusia et de Miami.

En résumé, la Floride, dans son ensemble est un tronçon de la transversale soulevée de premier ordre de Nashville. Son axe principal est voisin de la côte Est. Dans l'état de nos connaissances, elle remonte au début du Crétacé supérieur. Tout comme le segment transverse du Cap Fear s'est ajouté à la transversale de Cincinnati au cycle alpin, elle a prolongé vers le S pendant cette orogénèse la transversale ancienne de Nashville.

8. Transversale déprimée du Mississippi

Le cours du Mississippi s'est établi dans cette dépression depuis sa confluence avec l'Ohio jusqu'au Golfe du Mexique.

Dans les structures profondes actuelles, cette transversale débute au S de Vicksburg (Miss.) par une gouttière orientée S—N qui se marque au toit des formations de Carrizo et de Wilcox (Eocène). Elle se poursuit plus au

N, à la surface supérieure du Crétacé et passe ainsi entre le dôme de Jackson à l'E et celui de Monroe à l'W. Elle traverse ensuite le bassin de Desha, suit le cours du grand fleuve depuis l'E de la jonction de l'Arkansas River jusqu'à Paducah (Tenn.), comprend le bassin de l'Illinois et cesse de se manifester dans les courbes structurales à l'E de Davenport (Iowa). Elle semble donc se terminer entre les plis transverses, convergents vers le N, de La Salle et du Mississippi (Mississippi River anticline).

Elle constitue, de plus, le remarquable enlacement entre l'extrémité SW apparente et plongeante de la chaîne appalachienne et la suite des plis de cette orogénèse qui reparait à l'W dans le massif de Ouachita.

D'après la paléogéographie de Ver Wiebe, son histoire ancienne peut se résumer comme suit:

Au Gothlandien c'est un détroit entre l'île de Nashville et le promontoire d'Ozark. Ce détroit subsiste au Dévonien. Dans le S. Illinois et l'W. Kentucky, il s'y dépose 600 et 700' de sédiments, ce qui est un maximum pour toute l'étendue de l'Iowa embayment de Ver Wiebe. Au Mississippien, le détroit existe encore et dans le bassin de l'Illinois, les épaisseurs des dépôts de 2200, 2600 et 2800' indiquent l'axe de la dépression transverse. Le dôme d'Ozark se joint à celui de Nashville pendant le Pennsylvanien mais le passage de la transversale se devine dans un resserrement des rivages N et S sur le cours du Mississippi actuel. Les dépôts continuent à s'accumuler plus au N (2300', 1400') mais diminuent régulièrement de puissance dans cette direction le long d'une ligne arquée qui tend vers Geneva (Ill.).

Après une émergence étendue et de longue durée, conséquence de l'orogénèse appalachienne, les rivages de la mer du Crétacé supérieur dessinent à nouveau un vaste golfe du Mississippi ouvert au S et atteignant la confluence de l'Ohio, au N. D'après les cartes paléogéographiques de C. Schuchert (11) dans le fond du golfe, le faciès est saumâtre à l'Eocène inférieur. A l'Eocène moyen et supérieur, la mer reconquiert l'espace envahi autrefois par le Crétacé supérieur puis, graduellement, le golfe se raccourcit dès l'Oligocène inférieur pour n'être qu'à peine marqué au Miocène inférieur.

Le cours inférieur du Mississippi est dévié au SE à partir de la confluence de Red River. Il faut attribuer ce changement brusque de direction à la présence de l'uplift enseveli d'Iberia, au S de la Louisiane.

9. Transversale soulevée d'Ozark

Elle se détache de la dorsale de Wisconsin près de Sparta (Wisc.) et comporte du N au S les éléments principaux suivants:

- a) l'anticlinal de Mississippi River;
- b) le pli de Lincoln;
- c) le dôme d'Ozark;
- d) le massif de Ouachita;
- e) le dôme de Sabine.

a) *L'anticlinal de Mississippi River*

Cet élément est marqué entre Burlington et Wapsipinian River par les courbes structurales dessinées au toit de la formation de Dresbach (Potsdamien). Il est dirigé N-S.

b) *Le pli de Lincoln*

Dirigé du SE au NW, de part et d'autre du Mississippi, il culmine entre St Louis et Quincy. Son noyau est formé par l'Ordovicien.

c) *Le dôme d'Ozark*

Il culmine topographiquement aux Mts Boston (702 m) dans l'Arkansas. Son apex structural se trouve dans les roches ignées de St François. C'est un vaste dôme pénéplainé et redisséqué. Il se continue dans le Missouri, le SE Kansas (Chautauqua arch) et le NE Oklahoma. L'Ozark Ridge, comprenant le dôme de Hicks, constitue l'extrémité E du dôme ozarkien dans l'Illinois. Résumons son histoire géologique.

Demeuré immergé jusqu'à l'étage de St Peter (Skiddavien sup.), il s'exonde plus ou moins pendant l'Ordovicien supérieur, le Gothlandien et le Dévonien. Au Gothlandien c'est une dépendance de la Siouxia de Ver Wiebe à laquelle il se rattache à l'W. Très étendu à cette époque, le dôme d'Ozark pousse une pointe en direction du Wisconsin et atteint le N du Missouri. Le golfe d'Iowa se resserre là, sur la trace de la transversale soulevée. Au début du Dévonien moyen, la mer d'Onondaga envahit largement la côte SE du dôme. Sa surface est fortement réduite au début de l'étage de Burlington (Mississippien). L'Ozark se soulève de nouveau et atteint un maximum d'étendue et d'altitude pendant l'étage de Chester (Mississippien sup.). Le Pennsylvanien inférieur marin semble avoir recouvert le dôme entier. Puis l'île s'agrandit vers l'W et vers l'E où elle se joint au dôme de Nashville.

Des dislocations du dôme d'Ozark sont signalées à la fin du Dévonien avec des failles à rejets de 300 m. D'après Fath, les deux phases principales du soulèvement se placeraient, 1^o au Mississippien supérieur ou au Pennsylvanien inférieur, 2^o au Permien supérieur.

L'examen des cartes paléogéologiques de Levorsen (8) sont très instructives pour le passé du dôme et de ses raccords. A la fin du Dévonien, on y voit le massif ozarkien se prolonger au N dans le bombement de Lincoln. La paléogéologie du Jurassique supérieur montre le raccord du dôme avec les plis de Lincoln, de Mississippi River et le Wisconsin par une bande de terrains anciens allongée entre le bassin de l'Illinois à l'E et celui de Forest City à l'W.

d) *Le massif de Ouachita*

Avec ce chaînon réapparaît la chaîne appalachienne à l'W de l'ensellement du Mississippi. Les Ouachitides de H. Stille (14) se prolongent vers l'W par les massifs d'Arbuckle et de Wichita et l'uplift d'Amarillo. Une

autre branche de la chaîne appalachienne se détache du massif de Ouachita vers le SSW, comprend la zone faillée de Balcones et se poursuit jusqu'aux uplifts de Marathon et de Solitario près du Rio Grande.

La première phase du plissement de l'Ouachita date de l'étage Cisco moyen (Pennsylvanien sup. ou Stéphanien). D'après Miser, elle remonterait au Pennsylvanien. Une seconde phase se place au Permien inférieur. D'après A. Keith (5), le plissement de Ouachita se forma sur l'un des axes transverses de cette époque. „The Ouachita folds rose on one of the cross-axes of the Paleozoic“. Ceci confirme la notion de la transversale soulevée d'Ozark à laquelle appartient l'élément Ouachita.

Cette transversale, taconique jusqu'au dôme d'Ozark, s'allongea donc d'un tronçon appalachien qui recoupa le massif de Ouachita au cours de l'orogénèse hercynienne.

e) *Le dôme de Sabine*

Ce dôme, auquel on peut joindre celui de Monroe qui est voisin à l'E, doit être rattaché à la transversale d'Ozark qu'il prolonge pendant le cycle alpin.

Le dôme de Sabine s'élève pendant le Crétacé supérieur et l'étage de Wilcox (Eocène inf.) et le mouvement continue après l'Eocène moyen (Claiborne).

Le point culminant actuel est Bellevue dome. D'après Ver Wiebe, au Crétacé supérieur, un promontoire de son Eastland s'avancait du NW au SE jusqu'au centre de l'Arkansas, en direction de Sabine.

On peut se demander si la transversale doit être continuée au SE vers la structure découverte dans le Miocène à Iberia et St Mary dans le SE de la Louisiane. D'après D. C. Barton, cet anticlinal „appears to be in line with the axis of the Sabine uplift“.

En résumé, comme pour les transversales soulevées de Cincinnati et de Nashville, la transversale d'Ozark comporte des tronçons d'âges différents, les tronçons taconique, appalachien et alpin, qui se sont succédé du N au S.

Limite des faunes du Dévonien moyen. Nous avons, ailleurs, expliqué par la tectonique transversale les fluctuations des faunes miocène de l'Est européen. Plus haut nous avons proposé d'expliquer la limite des faunes cambrienne et carbonifère par la présence de la transversale soulevée d'Adirondack-Green Mountains. On sait qu'au Dévonien moyen la faune des dolomies à *Stringocephalus Burtini*, provenant d'Europe par le nord de l'Asie, était arrêtée par une barrière dirigée NS entre le Wisconsin et le Missouri (3). Cette barrière est submergée au Dévonien supérieur et la faune à *Rhynchonella cuboides* et à *Gephyroceras intumescens* s'établit indifféremment à l'E et à l'W de la barrière. Cette limite faunique, orientée du N au S confirme la réalité d'une transversale soulevée Wisconsin-Ozark fonctionnant temporairement comme barrière émergée. Le Dévonien supérieur est d'ailleurs transgressif dans le SW du Missouri.

10. Transversale déprimée de Minnesota

Ce diamètre affaissé comporte les éléments principaux suivants:

- a) la dépression de Minnesota
- b) le bassin de Minneapolis
- c) le bassin de Forest City et son prolongement méridional
- d) la dépression du Texas oriental (East Texas embayment).

a) *La dépression de Minnesota*

La dépression de Minnesota est une ancienne structure de la bordure SW du bouclier canadien. Elle a l'âge des saillants qui l'encadrent, le saillant du Wisconsin à l'E et le saillant Sioux à l'W.

Un golfe plus ou moins profond vers le N marque son emplacement au Cambrien, à l'Ordovicien, au Gothlandien, au Dévonien et au Mississippien. Il est à peine indiqué au Pennsylvanien, au N de l'Iowa. Dès lors, après le soulèvement appalachien, il émerge et cesse d'être une unité géographique importante.

b) *Le bassin de Minneapolis*

Actuellement, l'ancienne dépression de Minnesota est occupée par le bassin de Minneapolis. Les courbes tracées au toit de la formation de Dresbach (Potsdamien) permettent de suivre son axe onduleux vers le S jusqu'au NE de Desmoines (Iowa). De là il tourne au SW et pénètre dans le bassin de Forest City.

c) *Le bassin de Forest City et son prolongement*

Il fait suite au bassin précédent. D'après la structure du sommet du Mississippien, l'axe déprimé passe de Desmoines par Falls City, l'W de Topeka et doit se diriger vers l'W du bassin de l'Arkansas.

Dans le passé, il est probable que la transversale passait par le bassin cambrien: situé sur l'emplacement des Monts Arbuckle où 2100' de sédiments cambriens se sont déposés. Les dépôts sont de 6400 à 6800' à l'Ordovicien et de 2200' au Mississippien. Les isopachytes du Pennsylvanien, d'après Ver Wiebe, permettent de retrouver l'axe de la transversale du N du Kansas au S de l'Oklahoma.

La paléogéologie pré-mississippienne de Levorsen indique un seuil d'Ordovicien supérieur entre deux bombements noyautés de terrains plus anciens et situés à l'E et à l'W. La géologie pré-pennsylvanienne montre le passage de la transversale déprimée entre le dôme d'Ozark et la dorsale de Nemaha.

d) *La dépression du Texas oriental*

Elle date du Crétacé supérieur. Sur son passage, on note le bassin de Tyler (à l'W du dôme de Sabine) qui est marqué par les courbes de la base de l'anhydrite de Glen Rose (Crétacé sup.). La carte de Ver Wiebe pour cette époque dessine un golfe de l'Eastland ouvert au SE et dont le

fond est situé au S de l'Oklahoma. Ce golfe était encore marqué au début du Tertiaire. La dépression du Texas oriental est donc le tronçon alpin de la transversale déprimée de Minnesota.

Le saillant Sioux du bouclier canadien a donné naissance à deux transversales soulevées d'inégale importance, à l'E celle de Nemaha et à l'W la puissante dorsale transverse du Colorado qui correspond, en partie, à ce que A. Keith (16) a appelé la colonne vertébrale du continent. La transversale déprimée d'Anadarko les sépare.

11. Transversale soulevée de Nemaha

Elle est dirigée sensiblement NNE--SSW et comprend :

- a) la dorsale de Nemaha
- b) les Monts Wichita
- c) Bend arch
- d) le massif de Llano
- e) la dorsale de San Marcos.

a) *La dorsale de Nemaha*

C'est une chaîne transversale ensevelie sous les sédiments carbonifères. Elle s'étend d'Omaha jusqu'au S de l'Oklahoma. Le granite en constitue l'ossature. En surface, elle se traduit par des replis peu accentués. Les plis d'Abilene et de Bluff City qui sont parallèles à l'axe de Nemaha, appartiennent à cette chaîne.

D'après les cartes de Ver Wiebe, le pli de Nemaha pourrait être indiqué déjà au Cambrien par une lacune ou un minimum d'épaisseur de ce terrain dans le SE Nebraska et le NE Kansas. Une île, allongée du N au S, correspond à ce pli à l'Ordovicien. Au Gothlandien, on pourrait lui attribuer le cap que la péninsule ozarkienne pousse au S dans la baie d'Oklahoma. Le Mississippien manque en deux régions sur l'axe de Nemaha dans l'E du Kansas et le S de l'Oklahoma (autour d'Oklahoma City) et des îles apparaissent sur son tracé dans la mer du Pennsylvanien inférieur.

D'après Levorsen (8) à la fin du Mississippien, le pli de Nemaha se traduit par un affleurement d'Ordovicien supérieur entouré de Dévonien moyen et supérieur, allongé approximativement N—S au travers de l'est de Kansas. Il se prolonge dans l'E Oklahoma par un isthme de Dévonien séparant deux bassins de Mississippien inférieur. Au-delà, dans le S Oklahoma, on arrive sur une étroite dorsale de Précambrien allongée WNW—ESE sur l'emplacement actuel du massif de Wichita et qui correspond aussi à l'extrémité E de l'île de Mesa (Ver Wiebe). Au Permien une île apparaît sur le site de l'Arbuckle. Au Comanchien (Crétacé inf.) la pointe d'un cap de l'Eastland se place au centre de l'Oklahoma, sur l'axe de notre transversale.

De ce qui précède, on peut inférer que la dorsale de Nemaha s'est manifestée très tôt et qu'elle remonte au moins au cycle orogénique taconique. Elle a subi les contre-coups de l'orogénèse appalachienne à la fin du Mississippien ou au début du Pennsylvanien en se soulevant encore.

b) *Les Monts Wichita*

Comme il a été dit, l'examen de la carte paléogéologique de Levorsen pour la fin du Mississippien nous incite à faire passer la transversale de Nemaha par le massif de Wichita bien que celui d'Arbuckle, plus à l'E puisse aussi être compris dans la zone soulevée en question.

Des soulèvements de ce massif sont invoqués au Mississippien supérieur (Post-Pitkin, Viséen) puis à la fin de l'étage de Morrow (Westphalien). Le plissement appalachien proprement dit se fait en deux phases, la première au Cisco moyen (Stéphanien sup.), la seconde au Permien inférieur.

Actuellement, le passage de la transversale soulevée doit se placer entre le bassin d'Anadarko à l'W et celui de l'Arkansas, à l'E.

c) *Bend Arch*

Les courbes de la base du Mississippien dessinent une dorsale onduleuse qui, partant du massif de Wichita, traverse du N au S l'uplift de Red River et remonte vers le dôme de Llano en suivant approximativement la longitude de $98^{\circ} 40'$ W. Entre le pli de Red River et Llano, elle porte le nom de Bend arch. Cette structure est également visible sur la carte structurale du Précambrien de R. G. Moss (9).

d) *Le massif de Llano*

Ce vieux dôme du Texas occidental existait déjà comme tel dans le paysage géologique du Dévonien supérieur. Le dernier soulèvement important date du Pliocène inférieur.

Son axe est dirigé probablement du SE au NW.

La zone faillée de Balcones qui borde le massif de Llano de l'E au S appartient également à la transversale soulevée de Nemaha. Ces dislocations se sont faites à l'Eocène puis au Miocène et au Pliocène inférieur. Elles sont donc d'âge alpin.

e) *La dorsale de San Marcos*

Cette dorsale affecte la Plaine côtière. Elle part du dôme de Llano et se dirige vers le Golfe du Mexique du NW au SE. Elle est exprimée clairement par les courbes dessinées au sommet des grès de Carrizo (Eocène).

Nous la considérons comme l'extrémité alpine de la transversale soulevée de Nemaha.

12. Transversale déprimée d'Anadarko

Actuellement, cet élément négatif se définit du NNE au SSW par l'alignement des éléments suivants:

- a) le bassin de Salina, marqué par les courbes du sommet du Mississippien (N Kansas)
- b) l'intervalle Abilene-Uplift du Kansas central (Barton anticline)
- c) le bassin d'Anadarko, profonde dépression où le sommet du Mississippien descend à 17500' au-dessous de la surface actuelle.

Peut-être faut-il prolonger encore cette transversale en direction SW vers le bassin de Midland puis au S vers l'amont de la dépression du Rio Grande.

Dans le passé et d'après la cartographie de Ver Wiebe, cet élément transverse se révèle à l'Ordovicien dans un détroit situé entre les plis de Nemaha et de Barton. Au Gothlandien et au Dévonien, il correspond à un isthme reliant la presqu'île d'Ozark à la terre de Siouxi puis au fond de la baie d'Iowa et à la largeur maximum du golfe d'Oklahoma.

La carte paléogéologique de Levorsen le situe admirablement, à la fin du Dévonien, entre Barton et Nemaha et en travers du bassin d'Anadarko. Les isopachytes du Permien traduisent la présence d'un axe déprimé orienté au SW, du N de l'Oklahoma par les bassins de Midland et de Delaware jusqu'au Rio Grande del Norte.

13. Transversale déprimée du Rio Grande del Norte

Elle est suivie par le cours inférieur de ce fleuve dès le SW de Sanderson (Tex.). Cet élément déprimé existait déjà au Jurassique supérieur d'après Sellards. Dix mille pieds de Crétacé inférieur s'y sont déposés. C'était un golfe bien caractérisé au Crétacé supérieur, au Paléocène (Wilcox, Midway), au Lutétien et jusqu'à l'Oligocène moyen.

Il faut considérer la transversale déprimée du Rio Grande comme un élément transverse alpin.

14. Transversale soulevée du Colorado

C'est l'élément transversal le plus puissant et le plus large de l'Amérique du nord. Le rattachement de cette dorsale au bouclier canadien devait se faire entre le saillant Sioux et l'amorce de la dépression de Winnipeg au S de Winnipeg, sur le 49e degré de latitude. Il correspond à la moitié N du „continental backbone“ de Keith sur le territoire des Etats-Unis, traverse les états de N et S Dakota, Nebraska, Colorado, New Mexico et Arizona et entre au Mexique par le N de l'Etat de Sonora.

Il a affecté et soulevé deux tronçons des chaînes externes taconiques ou plus anciennes de l'ouest américain, ce qui est clairement exprimé par la paléogéologie de Levorsen.

D'après Ver Wiebe, on distinguera du N au S les unités suivantes au cours du Paléozoïque:

Détroit des Black Hills
Ile de Uinta — Barton
Détroit du Colorado
Ile d'Uncompahgre — Zuñi
Détroit de New Mexico.

Pendant le Primaire et suivant l'intensité de la poussée exercée le long de la transversale du Colorado, les détroits peuvent devenir des golfes ou même disparaître complètement. L'île d'Uncompahgre, du Dévonien au Mississippien, se creusa d'un golfe ouvert à l'W et auquel nous donnerons le nom de San Juan d'après le bassin actuel auquel il se superpose approximativement.

Utilisons les documents établis par Ver Wiebe et Levorsen pour retracer l'histoire de la transversale du Colorado.

Au Cambrien, une presqu'île énorme, la Siouxia, se détache du bouclier canadien vers le SW. Elle s'élargit sur le tronçon de l'Uinta. Sur le passage de la transversale, le détroit du Colorado se resserre et les dépôts cambriens y sont amincis. Au delà, elle traverse l'île d'Uncompahgre — Zuñi — Mesa et atteint le détroit de New Mexico où le Cambrien supérieur seul s'est déposé.

A l'Ordovicien, la géographie est la même au NE mais le détroit de New Mexico s'exonde. Au Gothlandien, la zone transverse est émergée et continue du Canada au Mexique. A la fin du Dévonien (Levorsen) le chaînon externe du nord culmine en un large affleurement circulaire de Précambrien, situé à cheval sur les états de Colorado, Wyoming, Nebraska et S Dakota. Son centre se place dans l'E du Nebraska. Le détroit de Colorado est rétabli avec un resserrement au SE du Colorado. Le chaînon sud forme une presqu'île se terminant à l'W par l'uplift de Zuñi. Le détroit de New Mexico est réduit à un golfe ouvert à l'W.

A la fin du Mississippien (Levorsen) la transversale du Colorado est très bien caractérisée par une dorsale de Précambrien continue du N. Minnesota au S du Colorado. Elle s'élargit entre les uplifts de Laramie et de Barton, se rétrécit en isthme sur l'emplacement du détroit du Colorado et se dilate à nouveau entre l'uplift de Defiance et celui de Llano (chaînon externe sud). Le golfe de New Mexico se maintient.

Au Pennsylvanien, un cap marque le départ de la transversale, au NE du Nebraska. Le reste de la dorsale s'est transformé en 4 îles, celles de Uinta, Uncompahgre, Mesa et Navajo. Elles se réduisent à deux au Permien (Uinta et Uncompahgre) par le travers élargi desquelles l'axe de Colorado peut passer. Plus au SW, il s'insère entre deux bassins définis par les isopachytes.

Au Trias, l'Eastland pousse un promontoire à deux pointes dans l'Etat de Colorado, jalonnant la transversale. Au Jurassique supérieur (Levorsen) on peut retrouver deux indices de notre élément, dans un bombement isolé de Précambrien au centre du Colorado et dans une coupole de terrains anciens (Cambrien à Mississippien) au S de l'Arizona, à la frontière mexicaine

La transversale soulevée du Colorado est une vieille structure qui remonte au moins au Cambrien. Sur son passage les tronçons de deux chaînons,

taconiques ou antérieurs, se sont soulevés, ce qui les a maintenus pendant longtemps dans des conditions insulaires ou péninsulaires.

15. Transversale déprimée du Grand Bassin

Cette transversale est probablement en relation avec la dépression de Winnipeg du bord occidental du bouclier canadien. Comme la dorsale du Colorado, elle a une longue histoire.

Elle correspond, au Cambrien, à un golfe fermé au SW en Californie méridionale et axé au NE vers l'Idaho. Il est compris entre la dorsale de Colorado et des terres émergées sur la côte pacifique actuelle. Dans les parties profondes du bassin on trouve des calcaires et vers les bords des dépôts détritiques.

Cette géographie subsiste à l'Ordovicien. La dépression se referme presque complètement au Gothlandien sauf du côté du Pacifique.

Au Dévonien, la dépression cambro-ordovicienne reprend son ampleur mais son origine est légèrement déplacée à l'E, au S Nevada.

Au Mississippien et au Pennsylvanien, elle subsiste entre les dorsales de Colorado et de Monzonie. Les contours du golfe cambrien se rétablissent au Permien. Au Trias, la Monzonie est devenue une île. L'axe de la transversale du Grand Bassin a de nouveau oscillé un peu vers l'E et tend du S. Nevada au NE Wyoming. Au Jurassique, l'axe s'infléchit à l'ENE à partir du S. Nevada puis, dès le S. Utah, reprend sa direction NNE. Au Comanchien, la transversale paraît avoir perdu son individualité par l'effet de l'orogénèse névadienne.

16. Transversale soulevée de la Monzonie

Il est difficile de prouver une relation entre cette transversale et un accident bordier du bouclier canadien. L'exploration profonde du Canada méridional nous dira peut-être un jour que la Monzonie a eu comme point de départ le saillant de l'Athabaska. Pour l'heure, ce n'est que supposition.

Actuellement son tracé correspond à la dorsale qui, partant du centre de Nevada, traverse l'Idaho du S au N.

Cette transversale, à l'aile ouest du faisceau des transversales américaines anciennes, était englobée, du Cambrien au Gothlandien, dans les terres de l'ouest désignées par Ver Wiebe sous le nom de Cascadia.

Au Dévonien, il s'en détache une dorsale dirigée du S au N depuis le SW Nevada jusqu'au N Washington. La dorsale s'amenuise au Mississippien mais garde son individualité. Elle s'allonge, un peu à l'W du 115° de long. W, du S de la Californie à la Colombie britannique où elle plonge axialement. Le même tracé subsiste au Pennsylvanien, légèrement plus à l'W toutefois, mais l'extrémité N se soude à la Laurentia et y disparaît. Au Permien, elle se confond dans une Cascadia de même étendue qu'à l'Ordovicien. Au Trias, des variations d'axe provoquées par les annonces de l'orogénèse névadienne dirigée de l'W vers l'E, tronçonnent la dorsale monzonienne en une île allongée du S Nevada au NE Idaho entre deux détroits orientés E—W, au N celui de l'Idaho et au S celui de Nevada.

Dès lors cet élément qui était transversal pendant le Paléozoïque va être inclus dans la chaîne névadienne où il se comportera comme un élément longitudinal.

17. Transversale déprimée de la Côte pacifique

Ce n'est qu'au Dévonien qu'elle commence à s'esquisser par un large synclinal dirigé du SE au NW entre le S de la Californie et le Pacifique qu'il atteint de part et d'autre de la frontière actuelle Californie—Oregon. Au Mississippien et au Pennsylvanien, ce bras de mer s'élargit et prend une direction S—N. Son fond émerge complètement au Permien en contre-coup de l'orogénèse appalachienne.

Au Trias, la dépression reparait le long de la côte pacifique mais commence à subir une segmentation axiale due à la nouvelle orientation des poussées orogéniques névadiennes. Il en est de même au Jurassique. La dépression se rétrécit au Comanchien. Elle est divisée par des seuils qui s'annoient au Crétacé supérieur.

Les plissements dans l'ouest

Dès que les forces orogéniques qui plissèrent la chaîne appalachienne se furent assoupies au Permien, un autre combat tectonique s'amorça dès le Trias mais qui devait se livrer dans l'ouest américain, territoire que les plissements hercyniens avaient à peine effleuré. C'est la phase névadienne dont le paroxysme se place à la fin du Jurassique et qui sera doublée entre le Danien et le Paléocène par la phase laramienne. Le résultat de ces diastrophismes fut l'érection des chaînes côtières et des Montagnes Rocheuses.

H. Stille (14) a retrouvé dans les Cordillères nord-américaines les indices de mouvements précurseurs de ces deux phases principales. Ce sont: la phase labiniennne, entre le Ladinien et le Carnien, la phase éocimmérienne à la fin du Trias, la phase intraliasique au Lias moyen, la phase d'Agassiz au Callovo-Oxfordien, qui précèdent la phase névadienne jouée entre le Kimméridgien et le Portlandien supérieur. La phase austrienne ou de l'Orégon, qui a lieu au Crétacé moyen, est suivie de la phase laramienne à la limite Crétacé — Tertiaire.

Ces chaînes secondaires ont une direction générale du S au N. Déferlant de l'W à l'E, elles durent affronter des obstacles proches ou distants. Au loin, le bouclier canadien et ses accidents bordiers occidentaux, plus près, les extrémités des tronçons des anciennes chaînes externes qui, venant de l'W, se terminent dans les uplifts de Uinta, d'Uncompahgre, de Defiance, de Zuñi et sont séparés par des zones déprimées correspondant aux anciens détroits des Black Hills, de Colorado, de San Juan et de New Mexico.

Les transversales mésozoïques de l'ouest sont engendrées souvent par ces résistances et leurs intervalles plus libres. Sur le territoire des Etats-Unis, les trois principales sont, du S au N:

- I. La transversale déprimée sud-californienne
- II. La transversale soulevée des Monts Klamath
- III. La transversale déprimée de l'Orégon.

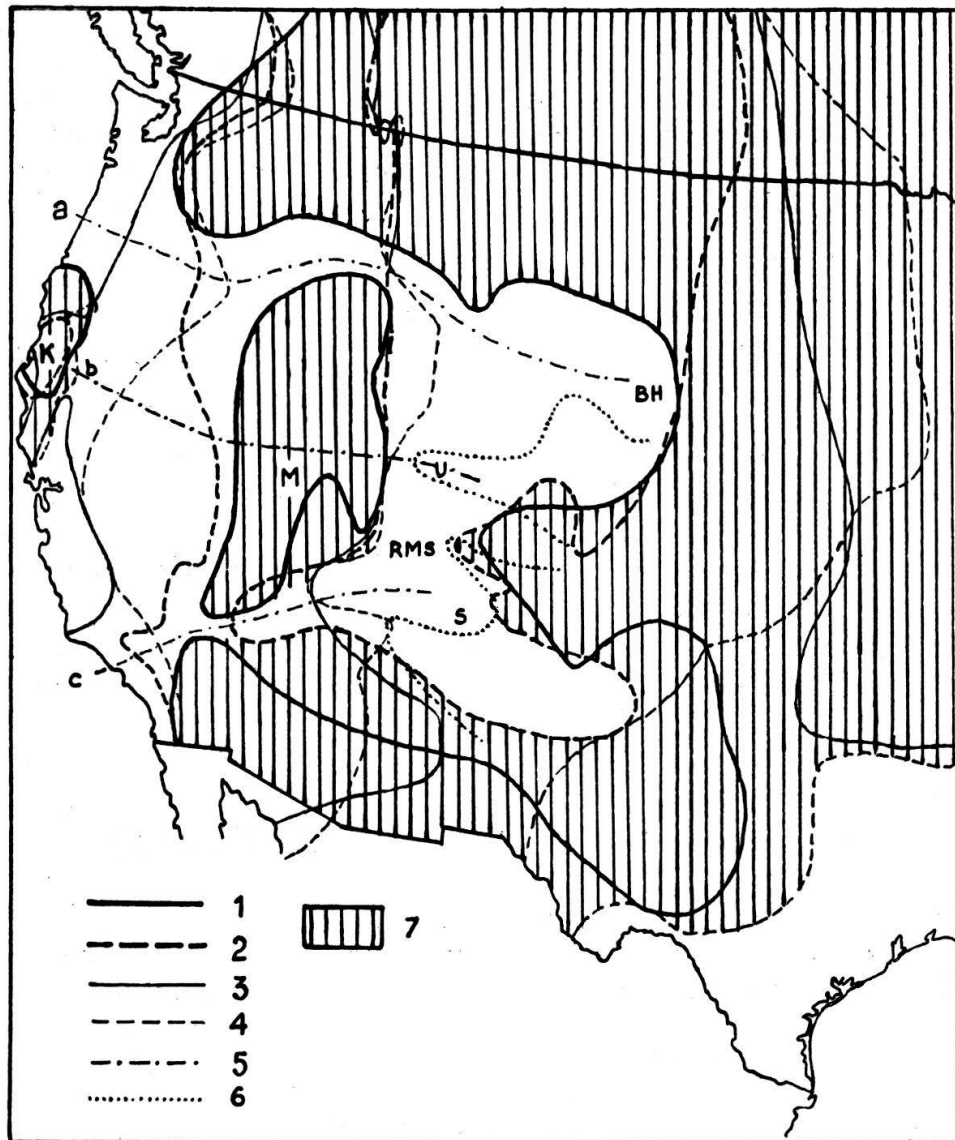


Figure 6

Paléogéographie de l'ouest américain

Légende. 1 Rivages du Trias inférieur. 2 Rivages du Jurassique. 3 Rivages du Comanchien (Crét. inf.). 4 Rivages du Crétacé supérieur. 5 Transversales; a Tr. déprimée de l'Oregon; b Tr. soulevée des Mts Klamath; c Tr. déprimée sud-californienne. 6 Structures paléozoïques. 7 Régions émergées. BH Détroit de Black Hills. U Uplift de Uinta. S Golfe de San Juan. M Monzonie. RMS Mer des Montagnes Rocheuses. D'ap. Ver Wiebe (pars.)

Les éléments transverses plus septentrionaux ou plus méridionaux seront décrits à propos de la tectonique transversale canadienne et mexicaine, respectivement.

I. Transversale déprimée Sud-Californienne

Telle qu'elle peut être définie au Secondaire, elle va du Texas occidental à la côte pacifique, près du Cap Concepcion, en formant un arc, un peu au N du 35^e degré de latitude.

Son existence est due à la présence du golfe-détroit de San Juan, probablement d'âge taconique et qui se logeait entre les uplifts d'Uncompahgre et Zuñi. Cet élément synclinal se manifesta dans la paléogéographie au Dévonien, au Mississippien, au Pennsylvanien et au Permien en s'unissant parfois au détroit de New Mexico. Il s'ouvrait vers l'occident au SW du Colorado et se raccordait à l'E, par l'Oklahoma, avec le géosynclinal appalachien.

La transversale sud-californienne apparaît au Trias (17) où elle est jalonnée de l'E à l'W par l'axe du golfe sud de la mer des Montagnes Rocheuses (Rocky Mountain Sea de Ver Wiebe) puis par un détroit au S de la Monzonie, dans le Nevada méridional.

Au Jurassique, le golfe précité s'est rétréci le long de la transversale qui n'en est que mieux marquée. Elle part du fond du golfe au NW Texas et traverse un isthme de la Monzonie au S Nevada.

Au Comanchien, la transversale, un peu déportée vers le N, ne se manifeste bien que dans l'W, par un golfe qui entaille le Westland au SW de l'Utah et sur la côte pacifique, par la région la plus large et la plus profonde du golfe californien.

Le golfe du SW Utah s'est approfondi au Crétacé supérieur et la transversale explique, près de Los Angeles, un maximum de 8000' de dépôts marins.

II. Transversale soulevée des Monts Klamath

Son point de départ doit être cherché probablement dans le massif de Uinta, terminaison occidentale d'un important tronçon taconique ou plus ancien. Cette structure dominait déjà dans la paléogéographie du Cambrien, de l'Ordovicien, du Dévonien, du Pennsylvanien et du Permien.

Au Trias, l'obstacle est un gros promontoire de l'Eastland qui pointe vers l'ouest dans le NW Colorado. De là, on suit l'axe transverse par un resserrement de la mer des Montagnes Rocheuses. Il franchit l'île de la Monzonie par son diamètre le plus large et atteint une île de Klamath qui vient de se soulever sur la côte pacifique.

Au Jurassique, le dispositif reste sensiblement le même.

La trace de l'obstacle a disparu de la géographie au Comanchien mais un cap oriental du Westland fait toujours face à l'emplacement du massif de Uinta. C'est de là que nous traçons l'axe transversal soulevé vers les Monts Klamath qui forment maintenant vers le Pacifique un large promontoire du Westland.

Au Crétacé supérieur, nous menons la transversale par la plus grande largeur du Westland, le cap qu'il pousse vers l'W au N de la Californie, par le détroit qui sépare cette terre de l'île Klamath et cette île elle-même.

III. Transversale déprimée de l'Oregon

C'est encore un ancien détroit segmentant la dorsale du Colorado qui a donné naissance à cette transversale déprimée, le détroit des Black Hills, ouvert pendant le Mississippien, le Pennsylvanien et le Permien.

Au Trias, sa trace se voyait encore dans le golfe septentrional de la mer des Montagnes Rocheuses, béant à l'W et dont le fond se plaçait un peu au SSE des Black Hills. Notre transversale déprimée part de ce point vers l'WNW, enfile le détroit de l'Idaho au N de la Monzonie, passe entre l'île de Klamath et la pointe d'un promontoire de la Laurentia au S de Washington et atteint la côte pacifique sur le 45^e degré de latitude.

Si l'on se réfère à la carte de Ver Wiebe, la transversale ne se devinerait au Jurassique que par une large baie ouverte sur la côte W de la Monzonie par 120° long. W et 45° lat. N.

Au Comanchien, il faudrait lui rapporter le bassin côtier qui s'étend des Klamath Mts jusqu'au N de Washington.

CONCLUSIONS

Au cours des orogénèses qui se sont développées depuis le Cambrien, des chaînes, de plus en plus méridionales, sont venues s'appliquer successivement sur la marge du bouclier canadien. Ce sont, la chaîne liminaire Findlay-Uinta et les deux chaînons plus internes (Uncompahgre et Zuñi—Llano), tous trois taconiques, sinon plus anciens. Puis viennent la chaîne taconique proprement dite et la chaîne appalachienne prolongée par le tronçon Ouachita—Amarillo. Enfin un chaînon alpin s'est développé principalement dans la Plaine côtière du Golfe du Mexique.

Pendant les périodes de plissement, les saillants résistants de la bordure S du bouclier canadien ont fait naître, dès le Cambrien, une série de transversales soulevées, irradiées autour du vieux socle. On peut, dans la plupart d'entre elles, constater qu'elles se sont allongées à chaque phase orogénique par tronçons successifs, d'abord taconiques puis appalachiens, enfin alpins.

Alors que les poussées taconique et appalachienne étaient généralement convergentes vers le bouclier canadien, la pression alpine tertiaire a dû se faire surtout dans le sens SE—NW. Cela se voit à l'extrémité distale des transversales qui atteignent le Golfe du Mexique où les tronçons alpins font un coude bien marqué avec le reste des transversales.

Les poussées névadienne et laramienne qui ont fait surgir les chaînes de l'ouest se sont exercées de l'W à l'E. Les transversales qu'elles ont fait naître se sont développées presque parallèlement à l'axe des chaînes taconiques occidentales. C'est l'extrémité de la chaîne liminaire, l'uplift de Uinta, qui a fait se soulever la transversale des Mts Klamath tandis que les transversales déprimées sud-californienne et de l'Oregon prenaient naissance dans des dépressions longitudinales, le golfe de San Juan et le détroit des Black Hills, respectivement.

Il en est résulté une interférence de près de 90° entre les transversales paléozoïques et mésozoïques de l'ouest américain.

BIBLIOGRAPHIE

1. *A. A. P. G.*: Tectonic map of the United States. 1944.
2. *Applin P et E.*: Regional subsurface stratigraphy and structure of Florida and Southern Georgia. B. A. A. P. G. 28, 1944.
3. *Gignoux, M.*: Géologie stratigraphique. 1943.
4. *Kay, G. M.*: Development of the Northern Allegheny synclinorium and adjoining regions. B. S. G. A. 53, 1942.
5. *Keith, A.*: Outlines of Appalachian structure. B. S. G. A. 34, 1923.
6. — Structural symmetry in North America. B. S. G. A. 39, 1928.
7. *King, P. B.*: An outline of the structural geology of the United States. XVI Int. Geol. Cong. U. S. 1933.
8. *Levorsen, A. I.*: Studies in paleogeology. B. A. A. P. G. 1933.
9. *Moss, R. G.*: Buried pre-cambrian surface in the United States. B. S. G. A. 47, 1936.
10. *Paréjas, Ed.*: La tectonique transversale de la Turquie. Rev. Fac. Sc. Istanbul 1940.
11. *Schuchert, C.*: Historical geology Antillean-Caribbean region. 1935.
12. -- Stratigraphy Eastern and Central United States. 1943.
13. *Stephenson, L. W.*: Structural features of the Atlantic and Gulf Coastal Plain. B. S. G. A. 39, 1928.
14. *Stille, H.*: Einführung in den Bau Amerikas. 1940.
15. *Ulrich, E. O.*: The Ordovician-Silurian boundary. C-R XII Cong. géol. intern. Canada, 1913.
16. *Ver Wiebe, W. A.*: Present distribution and thickness of Paleozoic systems. B. S. G. A. 43, 1932.
17. -- Present distribution and thickness of Mesozoic systems. B. S. G. A. 44, 1933.
18. *Wythe Cooke, C.*: Geology of Florida. Florida Geol. Surv. 29, 1945.

Manuscrit reçu le 24 mai 1949.