

Earth sciences Sciences de la terre

Geology of saline deposits

Proceedings of the
Hanover Symposium
15-21 May 1968

Géologie des dépôts salins

Actes du
Colloque de Hanovre
15-21 mai 1968

Earth sciences

Sciences de la terre

In this collection / Dans cette collection :

1. The seismicity of the earth, 1953-1965, by J. P. Rothé / La séismicité du globe, 1953-1965, par J. P. Rothé.
2. Gondwana stratigraphy. IUGS Symposium, Buenos Aires, 1-15 October 1967 / La estratigrafia del Gondwana. Coloquio de la UICG, Buenos Aires, 1-15 octubre de 1967.
3. Mineral map of Africa. Explanatory note / Carte minérale de l'Afrique. Notice explicative. 1/10 000 000.
4. Carte tectonique internationale de l'Afrique. Notice explicative / International tectonic map of Africa. Explanatory note. 1/5 000 000.
5. Méthodes d'observation et de prospection géomagnétiques, par K. A. Wienert.
6. Notes on geomagnetic observatory and survey practice, by K. A. Wienert.
7. Tectonics of Africa / Tectonique de l'Afrique.
7. Geology of saline deposits. Proceedings of the Hanover Symposium organized by Unesco and the Bundesanstalt für Bodenforschung and sponsored by the International Union of Geological Sciences, 15-21 May 1968 / Géologie des dépôts salins. Actes du Colloque de Hanovre organisé par l'Unesco et la Bundesanstalt für Bodenforschung sous les auspices de l'Union internationale des sciences géologiques, 15-21 mai 1968.
8. The surveillance and prediction of volcanic activity.

Geology of saline deposits

Géologie des dépôts salins

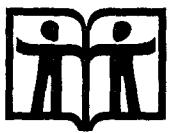
Proceedings of the Hanover
Symposium organized by Unesco
and the Bundesanstalt für
Bodenforschung and sponsored
by the International Union of
Geological Sciences
15-21 May 1968

Edited by G. Richter-Bernburg

Actes du Colloque de Hanovre
organisé par l'Unesco et la
Bundesanstalt für Bodenforschung
sous les auspices de l'Union
internationale des sciences
géologiques
15-21 mai 1968

Texte mis au point par G. Richter-Bernburg

Unesco Paris 1972



1972 International
Book Year
Année internationale
du livre

Published in 1972
by the United Nations Educational,
Scientific and Cultural Organization,
Place de Fontenoy, 75 Paris-7^e
Printed by Casterman, S. A., Tournai

Publié en 1972
par l'Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science
et la culture, place de Fontenoy
75 Paris-7^e
Imprimé par Casterman, S. A., Tournai

LC. No. 75-188162

© Unesco 1972 Printed in Belgium SC.70/XVII.7/AF

Foreword

Avant-propos

This publication in the *Earth Sciences* series on the geology of saline deposits results from an international symposium convened by Unesco in co-operation with the International Union of Geological Sciences (IUGS) at Hanover, Federal Republic of Germany, in May 1968. The local organization of the symposium was undertaken by the Bundesanstalt für Bodenforschung and conducted by Professor G. Richter-Bernburg, its Vice-President at that time and now its President, and Drs. H. Putzer and E. Hofrichter. The programme of the symposium provided for field excursions to salt mines in Germany by small groups of specialists prior and subsequent to discussions in the plenary sessions held at Hanover itself from 15-18 May. About 160 specialists from twenty-eight countries participated in the symposium.

The symposium was opened by the late Professor Dr. H. J. Martini, President of the Bundesanstalt für Bodenforschung and member of the German National Committee of IUGS. Professor Richter-Bernburg was appointed President of the Symposium, and Professor M. G. Valyashko (U.S.S.R.) and Dr. Ralph E. Taylor (United States) Vice-presidents. The Chairmen of the working sessions were Dr. William T. Holser (United States), Professor I. Corvalan (Chile), Professor Dr. V. Patriciu (Romania) and Dr. H. M. Harsveld (Netherlands).

The success of the symposium, and in particular of the field excursions, was due in large measure to the careful preparatory work of the Bundesanstalt für Bodenforschung. Special thanks are due to Professor Richter-Bernburg who also edited the present publication, and to Drs. Putzer and Hofrichter and their staff.

The choice of observations discussed and the opinions and interpretations expressed are those of the authors; the designations employed and the presentation of the material do not, of course, imply the expression of any opinion whatsoever on the part of Unesco concerning the legal status of any country or territory, or of its authorities, or concerning the delimitations of the frontiers of any country or territory.

Cette publication sur la géologie des dépôts salins, dans la série consacrée aux sciences de la terre, résulte des travaux d'un colloque international que l'Unesco avait convoqué, en coopération avec l'Union internationale des sciences géologiques, à Hanovre (République fédérale d'Allemagne) en mai 1968. L'organisation de ce colloque était assurée sur le plan local par la Bundesanstalt für Bodenforschung, sous la direction du professeur G. Richter-Bernburg, son vice-président à l'époque, devenu aujourd'hui son président, et de H. Putzer et E. Hofrichter. Le programme du colloque prévoyait des visites de mines de sel d'Allemagne par de petits groupes de spécialistes, avant et après les discussions en séance plénière, qui ont eu lieu à Hanovre même du 15 au 18 mai. A ce colloque ont pris part environ 160 spécialistes venus de 28 pays.

Le colloque a été ouvert par le regretté professeur H. J. Martini, président de la Bundesanstalt für Bodenforschung et membre du Comité national allemand de l'UISG. Le professeur Richter-Bernburg a été nommé président du colloque, tandis que le professeur M. G. Valyashko (URSS) et Ralph E. Taylor (États-Unis d'Amérique) étaient nommés vice-présidents. Les présidents des sessions de travail furent William T. Holser (États-Unis d'Amérique); le professeur I. Corvalan (Chili), le professeur V. Patriciu (Roumanie) et H. M. Harsveld (Pays-Bas).

Le succès du colloque et notamment des excursions a été dû pour une grande part aux préparatifs minutieux de la Bundesanstalt für Bodenforschung. Des remerciements particuliers doivent être adressés au professeur Richter-Bernburg, qui a assuré en outre la mise au point de la présente publication, ainsi qu'à H. Putzer et E. Hofrichter et à leurs collaborateurs.

Les diverses observations examinées et les opinions et interprétations exprimées n'engagent que leurs auteurs; les désignations employées et la présentation adoptée ici ne sauraient, évidemment, être interprétées comme exprimant une prise de position de l'Unesco sur le statut légal ou le régime d'un pays ou territoire quelconque, non plus que sur le tracé de ses frontières.



Contents

Table des matières

Origin and sedimentation of saline deposits in relation to physico-chemical conditions and to paleogeographical configurations / Origine et sédimentation des gisements de sel par rapport aux conditions physico-chimiques et aux configurations paléogéographiques	
Mécanisme de formation des bassins et dépôts salins <i>Mechanics of the formation of saline basins and deposits [Summary]</i>	13
A. Perrodon	17
Hydrological conditions leading to the development of bituminous sediments in the pre-evaporite phase <i>Conditions hydrologiques conduisant à la formation de sédiments bitumineux dans la phase qui précède les évaporites [Résumé]</i>	19
M. Brongersma-Sanders	20
Influence of salinity on carbonate rocks in the Zechstein formation, north-western Germany <i>Rapports entre la sédimentation carbonatée et la salinité dans la formation du Zechstein (Allemagne septentrionale) [Résumé]</i>	23
H. Füchtbauer	29
Sedimentological problems of saline deposits <i>Problèmes sédimentologiques des dépôts salins [Résumé]</i>	33
G. Richter-Bernburg	40
Playa lakes—a necessary stage in the development of a salt-bearing basin <i>Les lacs de playa : étape nécessaire dans la formation d'un bassin salifère [Résumé]</i>	41
M. G. Valyashko	50
Primary sedimentary structures of evaporites <i>Structures sédimentaires primaires d'évaporites [Résumé]</i>	53
L. F. Dellwig	59
Secondary replacement processes in salt and potash deposits of oceanic origin <i>Processus secondaire de substitution dans les gisements de sel et de potasse d'origine océanique [Résumé]</i>	61
H. Borchert	67
Bromide in salt rocks: extraordinarily low content in the Lower Elk Point salt, Canada <i>Teneur en brome particulièrement faible des formations salines de Lower Elk Point dans le dévonien de l'Alberta [Résumé]</i>	69
W. T. Holser; N. C. Wardlaw; D. W. Watson	73
Combined evaluation of Br- and Rb-contents for the genetic characterization of carnallites and sylvite rocks <i>Estimation des teneurs respectives en brome et en rubidium pour la détermination génétique des carnallites et des sylvites [Résumé]</i>	77
R. Kühn	87
Sulphur isotopes and the formation of evaporite deposits <i>Les isotopes du soufre et la formation des dépôts d'évaporites [Résumé]</i>	91
H. Nielsen	101

Origin of rare-earths in a marine evaporite mineral	103
<i>Origine des terres rares dans une évaporite marine [Résumé]</i>	108
O. B. Raup	
The stratigraphical significance of idiomorphic quartz crystals in the saline formations of the Weser-Ems area, north-western Germany	111
<i>Importance stratigraphique des cristaux idiomorphes de quartz dans les formations salines de la région Weser-Ems, Allemagne septentrionale [Résumé]</i>	126
H. Scheitler	
State of preservation of fossil spores as an aid to saline stratigraphy [Summary]	129
<i>Interprétation stratigraphique de l'état de conservation des spores fossiles dans les dépôts salins [Résumé]</i>	129
W. Klaus	
Paleogeographic concepts of evaporite deposition [Summary]	131
<i>Théories paléogéographiques sur le dépôt des évaporites [Résumé]</i>	131
L. I. Briggs	
Distribution and age of saline rocks, with comments on industrial significance [Summary]	133
<i>Répartition et âge des roches salines, avec commentaires sur l'intérêt qu'elles présentent du point de vue industriel [Résumé]</i>	133
E. C. Pendery	
Geological and geochemical analysis and comparison of salt formations in various regions of the world / Analyse géologique et géochimique et comparaison des formations salines dans différentes régions du monde	
Some new data on the salt deposits of the Dead Sea area, Israel	137
<i>Contributions récentes à l'étude des gisements de sel de la région de la mer Morte, Israël [Résumé]</i>	144
I. Zak; Y. K. Bentor	
Les niveaux salifères marocains, leurs caractéristiques et leurs problèmes	147
<i>Saline horizons in Morocco: characteristics and problems [Summary]</i>	157
H. M. Salvan	
Evaporite diapirism and related problems in Sierra del Fraile, Mexico	161
<i>Le diapirisme des évaporites et problèmes connexes dans la sierra del Fraile, Mexique [Résumé]</i>	171
A. E. Weidie; J. D. Martinez	
Les bassins salifères de l'Algérie	173
<i>Salt basins of Algeria [Summary]</i>	181
O. Mérabet; A. Popov	
Geology of the Prairie Evaporite Formation of Saskatchewan, Canada	183
<i>Géologie de la formation d'évaporites de la région de la Prairie dans le Saskatchewan, Canada [Résumé]</i>	189
M. Holter	
Permian basin potash deposits, south-western United States	191
<i>Gisements de potasse du bassin permien, au sud-ouest des États-Unis [Résumé]</i>	201
C. L. Jones	
Surface features of Mount Sedom and El-Lisan salt bodies, Dead Sea Rift Valley [Summary]	203
<i>Les caractéristiques superficielles des massifs de sel du mont Sedom et d'El-Lisan, dans le fossé d'effondrement de la mer Morte [Résumé]</i>	203
I. Zak	
Structural aspects of Salina salt series in the Eastern Appalachian Basin [Summary]	205
<i>Aspects structuraux des séries salines du Salinien dans le bassin appalachien oriental [Résumé]</i>	205
C. H. Jacoby	
Tectonic development of the salt domes in northern Spain [Summary]	207
<i>Le développement tectonique des dômes de sel dans l'Espagne du Nord [Résumé]</i>	207
F. Lotze	

<i>Contribution to the knowledge of the ulexite occurrence in the gypseous Werra-anhydrite of Niederellenbach-Fulda</i> [Summary]	209
<i>Contribution à la connaissance des gisements d'ulexite dans les séries d'anhydrite gypseuse de la Werra de Niederellenbach-Fulda</i> [Résumé]	209
R. Kühn	
<i>Nouvelles données sur les processus actuels de genèse des concentrations salines du pourtour nord-est du lac Tchad</i> [Résumé]	211
<i>New data on the processes at present giving rise to saline concentrations on the north-east periphery of Lake Chad</i> [Summary]	211
G. Maglione	
<i>Anhydrite and gypsum in low-grade metamorphic rocks along the northern margin of the Grauwackenzone (Tyrol, Salzburg)</i> [Summary]	213
<i>L'anhydrite et le gypse dans les roches métamorphiques à faible teneur le long de la lisière septentrionale de la Grauwackenzone (Tyrol, Salzbourg)</i> [Résumé]	213
H. Mostler	
Methods for stratigraphical correlation in salt rocks / Méthodes de corrélation stratigraphique dans les roches salines	
<i>The problem of the primary development and distribution of the Alpine salt formation with reference to the most recent test drillings in the Salzkammergut</i> [Summary]	217
<i>Le problème de l'apparition et de la répartition primitive des formations salines alpines à propos des forages d'exploration les plus récents pratiqués dans le Salzkammergut</i> [Résumé]	217
O. Schaeberger	
Some remarks on sedimentological bases of Zechstein stratigraphy	219
<i>Quelques observations concernant les bases sédimentologiques de la stratigraphie du Zechstein</i> [Résumé]	222
M. Podemski	
Deformations in subhorizontal salt deposits of German Zechstein 1	225
<i>Déformations des dépôts salins subhorizontaux du Zechstein allemand</i> [Résumé]	223
H. Roth	
Outbursts of carbon dioxide in potash mines—fundamentals and possibilities of forecast	235
<i>Les dégagements instantanés de gaz carbonique dans les mines de potasse : principes fondamentaux et possibilités de prévision</i> [Résumé]	239
W. Giesel	
Processes of metamorphism and tectonics affecting salts and surrounding rocks / Processus métamorphiques et tectoniques affectant les sels et les roches environnantes	
Influence of salt tectonics on formation and conservation of sedimentary iron ores	243
<i>l'Influence de la tectonique saline sur la formation et la conservation des minéraux de fer sédimentaires</i> [Résumé]	245
R. K. H. Kolbe	
Experimental and theoretical study of salt-dome evolution	247
<i>Étude expérimentale et théorique de l'évolution des dômes de sel</i> [Résumé]	251
H. Ramberg	
<i>Cap rock genesis and occurrence of sulphur deposits</i> [Summary]	253
<i>La genèse du "chapeau" et la présence de gisements de soufre</i> [Résumé]	253
R. E. Taylor	
Founded strata, collapse-breccias and subsidence features of the English Zechstein	255
<i>Les brèches résultant de la dissolution d'évaporite et les traits caractéristiques de la subsidence correspondante dans le Zechstein anglais</i> [Résumé]	267
D. B. Smith	
<i>Geology and tectonics of Alpine evaporite formations of Austria</i> [Summary]	271
<i>Géologie et tectonique des formations d'évaporites alpines d'Autriche</i> [Résumé]	271
W. Medwenitsch	

<i>Effects of temperature, stress and stratigraphic relations on the deformation of rock salt [Summary]</i>	273
<i>Effets de la température, de la contrainte et des relations stratigraphiques sur la déformation du sel gemme [Résumé]</i>	273
T. F. Lomenick; R. L. Bradshaw	
Saline deposits in Germany: a review and general introduction to the excursions	275
<i>Les dépôts salins d'Allemagne : vue d'ensemble et introduction générale aux excursions [Résumé]</i>	287
G. Richter-Bernburg	
Scientific works in the field of geochemistry and the genesis of salt deposits in the U.S.S.R.	289
<i>Travaux scientifiques dans le domaine de la géochimie et de la genèse des gisements de sel en URSS [Résumé]</i>	301
M. G. Valyashko	
List of participants / Liste des participants	313

Origin and sedimentation
of saline deposits in
relation to physico-
chemical conditions
and to paleogeographical
configurations

Origine et sédimentation
des gisements de sel par
rapport aux conditions
physico-chimiques et aux
configurations
paléogéographiques



Mécanisme de formation des bassins et dépôts salins

A. Perrodon

chef du Département géologique central

Entreprise de recherches et d'activités pétrolières, Paris (France)

Introduction

La formation d'importants dépôts d'évaporites implique la réunion de certaines conditions chimiques, géologiques et climatiques telles que : existence d'une solution de sels minéraux; formation d'un bassin où les saumures peuvent se concentrer et se déposer, ce qui nécessite une subsidence active, une raréfaction des apports détritiques et d'eau douce, un cligat sec.

La réunion de ces différentes conditions semble se réaliser le plus souvent par l'alimentation d'une zone subsidente d'évaporation, par exemple une lagune ou un bassin marginal, séparé de la mer ouverte par une ligne de hauts-fonds formant seuil et réglant l'admission des saumures.

Ces conditions, souvent réalisées au cours de l'histoire géologique, sont à l'origine d'une grande variété de bassins salifères, largement répartis dans l'espace et dans le temps.

Nous nous proposons d'analyser dans cette note certains mécanismes de formation de bassins particulièrement favorables à la genèse d'évaporites.

Principaux schémas de bassins salifères

Dans un certain nombre de bassins, notamment dans les fossés d'affondrement, le mécanisme paraît relativement simple et les évaporites se concentrent et se déposent dans les aires centrales les plus subsidentes. Il semble logique, en effet, dans un cadre qui se déforme peu, que les saumures dont la densité croît avec la concentration occupent les zones basses des aires déprimées. Les coupes du bassin salifère alsacien (Borchert et Muir, 1964, p. 198), du golfe de Suez, du bassin crétacé inférieur d'Angola (Brognon et Verrier, 1966), du bassin dévonien et mississippien de Williston (Reed, 1963, p. 152), du bassin de Holbrook, en Arizona (fig. 1), en sont d'assez bons exemples.

Dans de nombreuses autres provinces, cependant, on observe que les dépôts de sels, qui représentent, du point de vue sédimentologique, la fin d'une séquence positive, viennent déborder les dépôts antérieurs sur les marges du bassin, ces faciès régressifs prenant ainsi une allure transgressive.

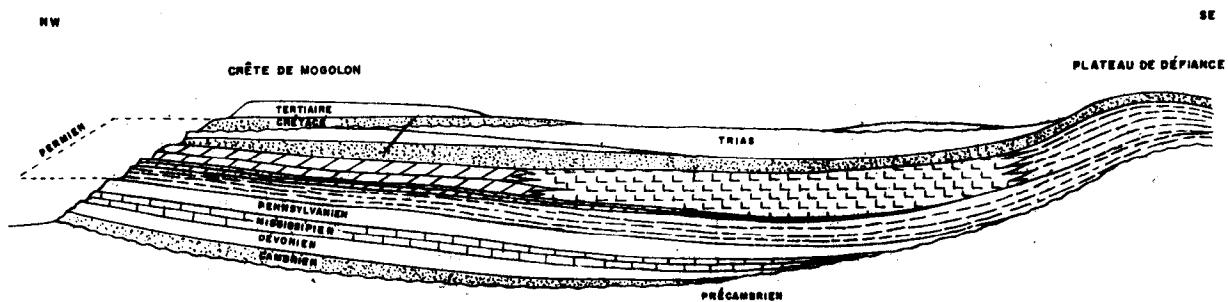


FIG. 1. Coupe géologique sud-ouest - nord-est à travers le bassin d'Holbrook (Arizona). D'après : H. W. Peirce, 2nd Symposium on salt, 1966, p. 4.

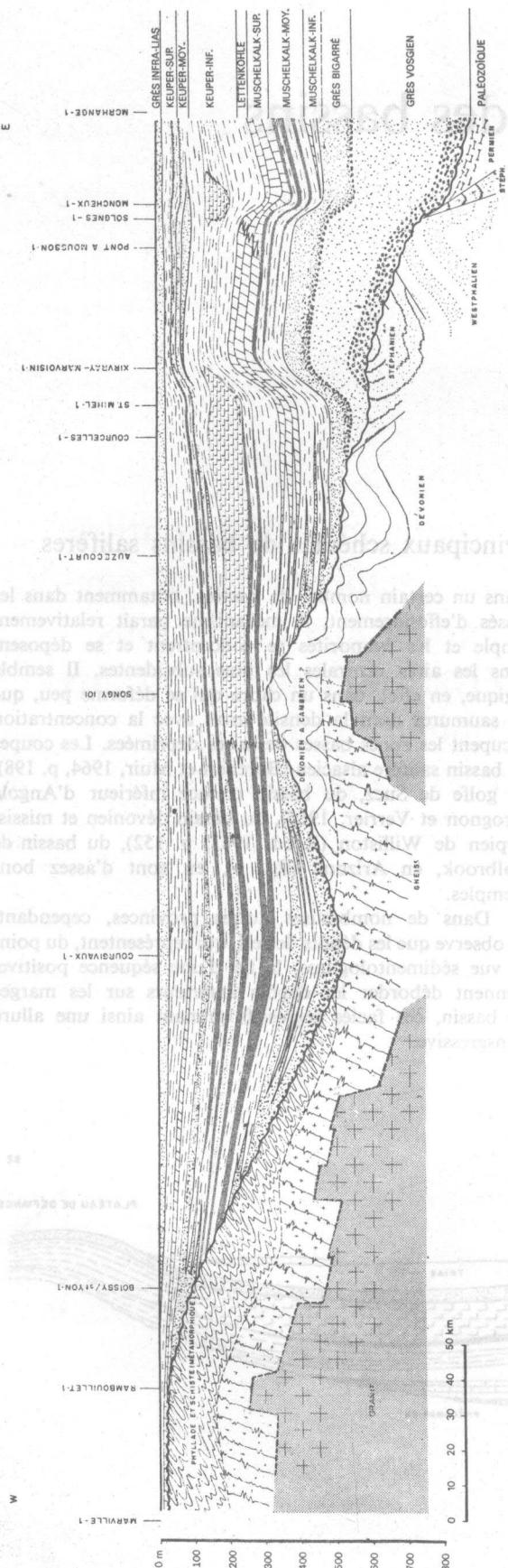


FIG. 2. Coupe stratigraphique schématique montrant la position des dépôts évaporitiques dans le Trias du bassin de Paris (d'après quelques sondages profonds). D'après A. F. Baudrimont.

Les travaux de J. Ricour et P. Maubeuge sur le bassin de Paris, ainsi que les résultats des forages profonds exécutés pour la recherche pétrolière, ont montré, par exemple, que « le golfe relativement pélagique que formait la mer au Muschelkalk s'est mué au Keuper en une lagune plus vaste, abritant une mince pellicule d'eau devenue vite sursalée par évaporation sous le climat sévère qui devait être celui du Trias supérieur.

La fin du cycle sédimentaire a donc été marquée par un « étalement » des eaux, autrement dit par une transgression géographique, mais, dans le même temps, c'était bien une régression, si l'on considère le faciès (Pruvost, Roch et T. Sato, 1961) [fig. 2].

Le bassin du Zechstein présente un schéma comparable, qui inspire à Borchert et Muir (1964, p. 32) l'interprétation suivante : « La mer du Zechstein était transgressive, non régressive. »

Au Sahara algérien, Demaison (1965) a montré le caractère transgressif des formations salines du Lias-Trias supérieur, qui débordent largement les dépôts du Permien et du Trias inférieur vers l'est, le sud et l'ouest (fig. 3).

Weeks (1958) a insisté de son côté, dans son introduction au colloque « Habitat of oil », sur le même schéma. « En Arabie saoudite, écrit-il, l'anhydrite de Hith s'avance quatre fois vers l'est, sur les calcarénites, qu'elle recouvre, le dernier cycle s'étendant largement "au-delà des dépôts précédents... Dans le bassin permien (de l'ouest-Texas), les évaporites viennent recouvrir également l'ensemble du bassin. »

Au Canada, le schéma stratigraphique de la formation « prairie » donné par Bannatyne (1962) illustre bien l'allure transgressive des évaporites dévoniennes sur les hauts-fonds internes et sur la bordure sud du bassin dans le Nord-Dakota (fig. 4).

En Algérie occidentale, j'ai montré que les séries de tripolis et de gypse du Miocène terminal du bassin du Bas-Chélif, déposées pendant une période de stabilisation et de distensions matérialisées par des venues volcaniques et la montée des horsts d'Oran, transgressaient généralement sur les marges du bassin (Perrodin 1957).

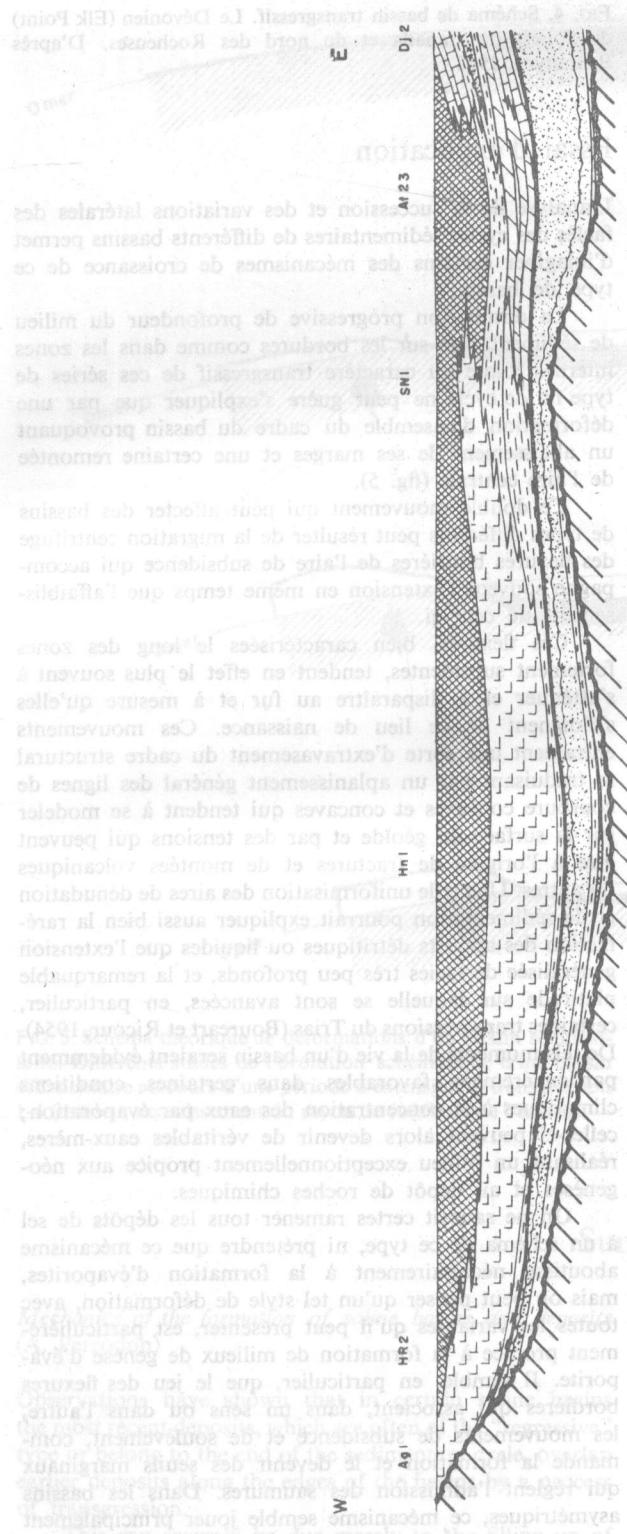
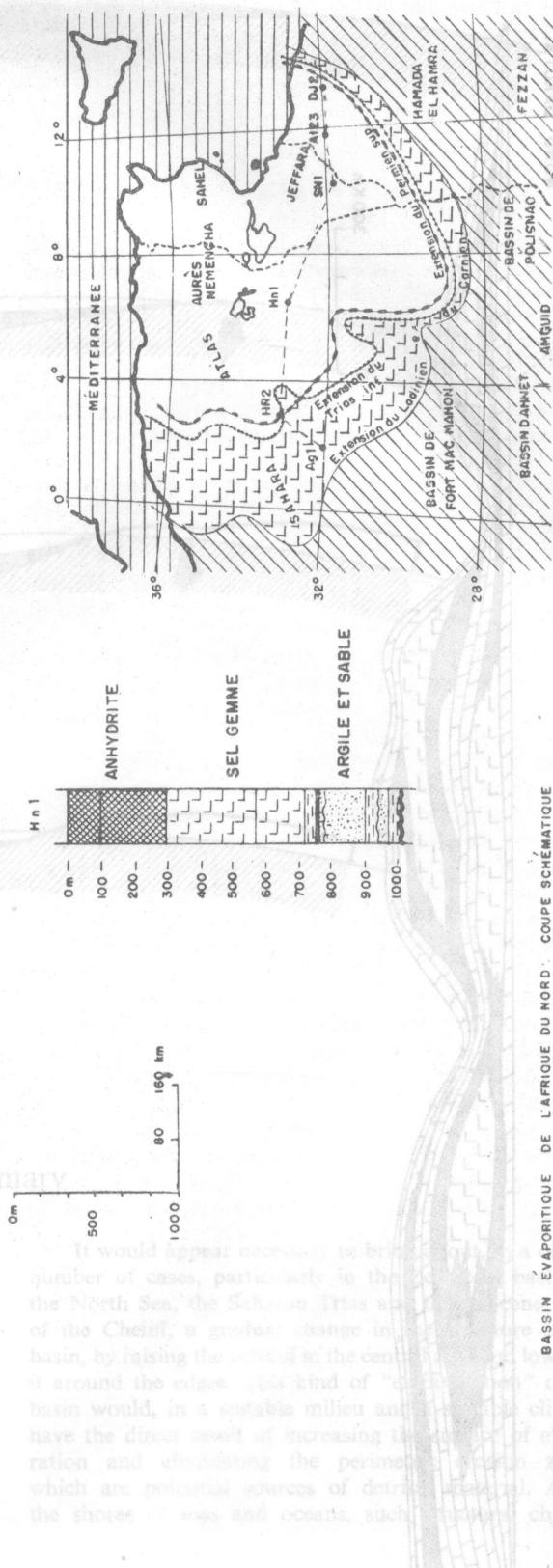


FIG. 3. Schéma de bassin transgressif. Le Trias saharien. D'après Demaison, 1965.



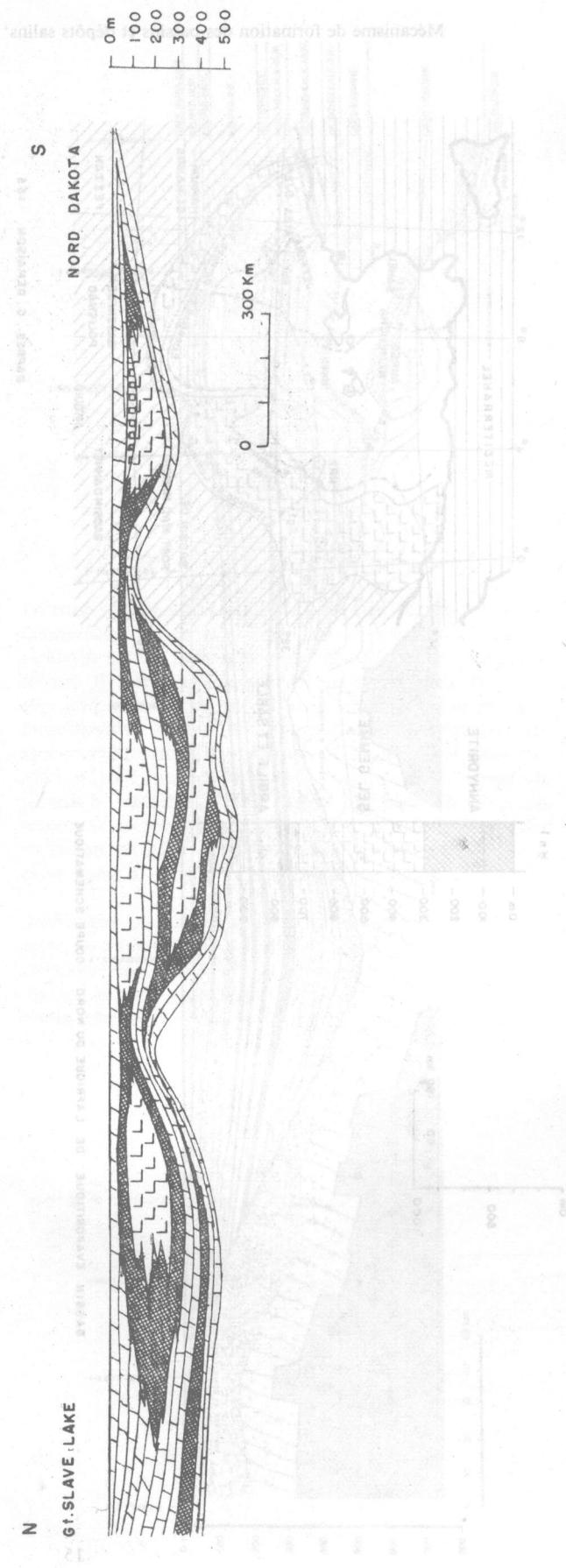


FIG. 4. Schéma de bassin transgressif. Le Dévonien (Elk Point) de l'ouest du Canada et du nord des Rocheuses. D'après Bannatyne, 1962.

Essai d'explication

L'analyse de la succession et des variations latérales des faciès des cycles sédimentaires de différents bassins permet d'imaginer certains des mécanismes de croissance de ce type de bassin.

La diminution progressive de profondeur du milieu de sédimentation sur les bordures comme dans les zones internes jointe au caractère transgressif de ces séries de type fin de cycle ne peut guère s'expliquer que par une déformation d'ensemble du cadre du bassin provoquant un abaissement de ses marges et une certaine remontée de l'aire centrale (fig. 5).

Ce double mouvement qui peut affecter des bassins de types différents peut résulter de la migration centrifuge des flexures bordières de l'aire de subsidence qui accompagne souvent l'extension en même temps que l'affaiblissement de celle-ci.

Ces flexures, bien caractérisées le long des zones fortement subsidentes, tendent en effet le plus souvent à s'atténuer et à disparaître au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de ce lieu de naissance. Ces mouvements entraînent une sorte d'extravasement du cadre structural se traduisant par un aplatissement général des lignes de courbure convexes et concaves qui tendent à se modeler sur la surface du géoïde et par des tensions qui peuvent être à l'origine de fractures et de montées volcaniques ou autres. Une telle uniformisation des aires de dénudation et de sédimentation pourrait expliquer aussi bien la raréfaction des apports détritiques ou liquides que l'extension généralisée de faciès très peu profonds, et la remarquable latitude sur laquelle se sont avancées, en particulier, certaines transgressions du Trias (Bourcart et Ricour, 1954). De tels moments de la vie d'un bassin seraient évidemment particulièrement favorables dans certaines conditions climatiques à la concentration des eaux par évaporation; celles-ci peuvent alors devenir de véritables eaux-mères, réalisant un milieu exceptionnellement propice aux néogenèses et au dépôt de roches chimiques.

On ne saurait certes ramener tous les dépôts de sel à un schéma de ce type, ni prétendre que ce mécanisme aboutisse nécessairement à la formation d'évaporites, mais on peut penser qu'un tel style de déformation, avec toutes les variantes qu'il peut présenter, est particulièrement propice à la formation de milieux de genèse d'évaporite. Il semble, en particulier, que le jeu des flexures bordières qui associent, dans un sens ou dans l'autre, les mouvements de subsidence et de soulèvement, commande la formation et le devenir des seuils marginaux qui règlent l'admission des saumures. Dans les bassins asymétriques, ce mécanisme semble jouer principalement sur la marge externe, où se situe généralement la barrière bordière du bassin.