

DES CENTRES DE RECHERCHES EXPLORATION - PRODUCTION

elf aquitaine



Exploration Production

(1994)

Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. elf aquitaine1811 - 37930 juin 1994ISSN 0396-2687BCREDPelf aquitaine production, F-31360 Boussens

LES SURPLOMBS DE SEL ("OVER-HANGS") DU BASSIN PRÉCASPIEN MÉRIDIONAL (KHAZAKSTAN) : PROPOSITIONS POUR UNE TYPOLOGIE GÉNÉTIQUE^(*)

THE OVER-HANGS OF THE SOUTHERN PRECASPIAN BASIN (KHAZAKSTAN) : PROPOSALS FOR A GENETIC CLASSIFICATION

Youri A. VOLOZH, Victor G. GROSHEV et Andrei V. SINEL'NIKOV



VOLOZH, Y.A. GROSHEV, V.G. & SINEL'NIKOV, A.V. (1994). - Les surplombs de sel ("over-hangs") du Bassin Précaspien méridional (Khazakstan) : propositions pour une typologie génétique. [*The over-hangs of the Southern Precaspian Basin* (*Khazakstan*) : proposals for a genetic classification]. - Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine, 18, 1, 19-31, 9 fig.; Boussens, June 30, 1994. -ISSN : 0396-2687. CODEN : BCREDP.

The discovery in the Precaspian meridional basin of hydrocarbon deposits in relationship with the Kungurian salt over-hangs provoked a detailed study of their genesis. Three main types of over-hang can be seen coming from the original diapir : above-ground deposition of a salt glacier (Kotyrtas), saliferous submarine flow (Novogobatinsk), deposition of a submarine salt glacier interbedded with Upper Jurassic carbonates (Koum).

These examples illustrate the ongoing problems concerning the speed of sedimentation around an original diapir and the speed of expulsion of the salt from it. The fundamental role of gravitative phenomena is an essential factor in this type of diapirism.

These structures constitute a new line of research aimed at discovering hydrocarbon deposits in the Precaspian basin (Khazakstan).

Youri A. Volozh. Institut de géologie de l'Académie des Sciences de Russie. Lijevsky Pereoulok, 7, R-109 017 Moscou; Victor G. GROSHEV, Andréi V. SINEL'NIKOV, Entreprise mixte Sovfransghéo, Kiewskoye Chaussée, 5, R 143 300 Naro-Fominsk. September 27, 1993.

Key-words: Salt tectonics (Over-hangs), Kungurian, Seismic surveys, Caspian depression (Kotyrtas, Novobogatinsk, Koum), Khazakstan.

RÉSUMÉ

La découverte dans le Bassin Précaspien méridional de gisements d'hydrocarbures associés à des surplombs de sel koungourien (« over-hangs ») a suscité une étude approfondie de leur genèse. Une typologie génétique est ainsi proposée. Trois types principaux de surplombs ont pu être mis en évidence à partir d'un diapir primaire : mise en place d'un glacier de sel en situation aérienne (Kotyrtas), extravasion salifère subaquatique (Novogobatinsk), mise en place d'un glacier de sel subaquatique interstratifié dans des carbonates du Jurassique supérieur (Koum).

Ces exemples illustrent l'antagonisme régnant entre la vitesse de sédimentation au voisinage d'un diapir primaire et la vitesse d'expulsion du sel de ce dernier. Le rôle fondamental des phénomènes gravitaires est dans ce type d'halocinèse un moteur essentiel.

Ces structures constituent un nouvel axe de recherche pour la découverte de gisements d'hydrocarbures dans le Bassin Précaspien (Khazakstan).

Mots-clefs : Tectonique salifère (Surplomb de sel), Koungourien, Levé sismique. Dépression Nord-Caspienne (Kotyrtas, Novobogatinsk, Koum), Khazakstan.

TABLE DES MATIÈRES - CONTENTS

INTRODUCTION.	20
1. – SURPLOMB DE KOTYRTAS - KOTYRTAS OVER-HANG	20
2. – SURPLOMB DE NOVOBOGATINSK – NOVOBOGA- TINSK OVER-HANG	21
3 SURPLOMB DE KOUM - KOUM OVER-HANG	23
4. CONCLUSION	23
5. RÉFÉRENCES	27

(*) Article écrit en russe : la traduction est de Michel Zakowsky: l'adaptation du texte et des illustrations, en particulier l'habiliage des sections sismiques, sont de Robert Curneur.

INTRODUCTION

Les bassins salifères, du Précambrien au Tertiaire, sont généralement le siège de phénomènes halocinétiques liés aux contraintes régionales (contexte deltaïque, régime transpressif par exemple) ayant pour conséquence une « tectonique salifère » d'amplitude variable. La géométrie des structures ainsi formées présente une grande diversité. Les plus spectaculaires sont incontestablement les surplombs de sel (« over hangs »). Ils sont connus dans diverses régions du Globe : Golfe du Mexique (TALBOT, 1993), Golfe de Gascogne (France) (CURNELLE & MARCO, 1983), Iran (ALA, 1974), Allemagne (TRUSHEIM, 1960) et en particulier dans le Bassin Précaspien (sel koungourien) (AJZENSHTADT *et al.*, 1980; GROSHEV *et al.*, 1993).

La découverte de gisements d'hydrocarbures associés aux surplombs de sel du Bassin Précaspien (Dossor, Novobogatinsk sud-est, Kotyrtas, Koum...) a conduit à approfondir l'étude et la genèse de ces structures. Les nombreux sondages qui les ont atteintes ou traversées, associés à la couverture sismique, constituent des données essentielles pour les appréhender et s'affranchir des raisonnements théoriques les concernant.

NDLR (R.C.): Avant d'aborder la description et la genèse des « over-hangs » du Bassin Précaspien, il nous paraît utile de rappeler quelques données essentielles sur l'halocinèse. Pour cela il faut essayer de bien discerner les effets et les causes. On peut dire que la tectonique salifère s.s. n'existe pas. En fait le sel réagit aux contraintes tectoniques locales ou régionales. Sa tendance à l'emballement, dès qu'il est déstabilisé, fait que l'effet gravitaire l'emporte sur la déviation des contraintes s.s. On assiste ainsi à une inversion des causes et des effets.

Les conditions qui concourent à déstabiliser le sel sont généralement les suivantes :

— tectoniques :

ambiance distensive, pente d'une marge passive, évolution gravitaire, formation de coussins de sels associés à des failles listriques,

- ambiance transpressive, formation de murs de sels injectés dans les failles ouvertes,
- ambiance transpressive, formation d'intumescences évoluant vers des diapirs vrais,
- ambiance compressive, reprise de murs de sels pré-existants, expulsion (« over-hangs »), niveaux de décollement,
 géostatiques :

• surcharges locales dans un contexte sédimentaire à taux de sédimentation très élevé, deltas en particulier (« overhangs »).

Une fois amorcée, la migration du sel a tendance à s'auto-alimenter, il se comporte comme un fluide visqueux. Le rôle de la température, de la pression et surtout de l'eau (phénomènes rhéologiques) contrôle la viscosité. Celle-ci peut être perturbée si le sel est « armé » par des alternances de niveaux rigides tels que anhydrites ou carbonates; on assiste alors à des dysharmonies importantes.

La question posée ici est d'essayer de comprendre pourquoi l'halocinèse peut évoluer vers la mise en place de surplombs? Dès qu'il existe une contrainte régionale (transpression) ou locale (taux de sédimentation élevé), le sel se trouve déstabilisé, une morphologie se créée (cuvette initale évoluant vers un synclinal de compensation) l'appel à sédimentation se produit. On assiste alors à une compétition entre la vitesse d'expulsion verticale du sel et celle de la sédimentation.

La mise en place d'un « over-hang » peut se produire lorsque cette dualité tourne en faveur du sel qui atteint la surface, à l'air libre ou en situation subaquatique. Le sel peut alors s'écouler comme un fluide vers le synclinal de compensation à la faveur du déficit sédimentaire et venir ainsi compenser le déséquilibre géostatique. Ce phénomène est de type pendulaire en raison de l'équilibre précaire du processus.

Une synthèse des données géologiques et géophysiques, s'appuyant sur la stratigraphie sismique, les diagraphies, l'examen des carottes et la biostratigraphie, a permis d'établir une typologie génétique de ces surplombs de sel, fondée sur leur position stratigraphique, leur morphologie et la structuration des séries sous-jacentes.

Trois principaux types ont été identifiés (Fig. 1) :

- Kotyrtas Nord.
- Novobogatinsk Sud-Est.
- Koum Nord.

Il semble que ces trois types soient imputables à des mécanismes différents. Chacun d'eux fera donc l'objet d'une description détaillée.

1. — SURPLOMB DE KOTYRTAS

Le surplomb de Kotyrtas est couvert par une maille sismique dense (Fig. 2). Deux puits ont atteint les formations sous-jacentes tandis qu'une vingtaine d'autres ont reconnu les séries sus-jacentes ainsi que celles du synclinal de compensation adjacent. Cette intrusion salifère est comprise entre le Trias inférieur (anté-Olénékien supérieur) et le Trias moyen. Ce dernier est bien daté par les Phyllopodes, quant à l'anté-Olénékien supérieur son âge est fourni par les Ostracodes, Characées et bivalves.

Cartographiquement (Fig. 3), ce surplomb correspond à une déformation du flanc est du diapir de Kotyrtas Nord. Sa largeur ne dépasse probablement pas 2 à 3 kilomètres.



FIGURE 1 Carte de localisation des surplombs étudiés. Location map of the over-hangs described.

Son épaisseur contrôlée par forage atteint 1 km. L'examen du profil sismique de la Figure 2 laisse supposer une terminaison brutale du surplomb. Les formations sous-jacentes sont très redressées et le puits 14 a révélé des séries inverses. La géométrie du suplomb et ses relations avec les terrains encaissants permettent de proposer l'évolution générique suivante sachant que la formation des « overhangs » implique que le dôme de sel atteigne la surface libre (sol ou fond de la mer) et qu'il y ait concurrence entre la vitesse de sédimentation locale ou régionale :

— stade anté-Olénékien supérieur : premières manifestations halocinétiques du sel koungourien et formation d'un synclinal de compensation D1 (Fig. 4 a);

- la période de dépôt de l'Olénékien supérieur est déterminante dans la formation de la structure actuelle. On observe une migration vers le nord-est du synclinal de compensation qui devient asymétrique D2 (Fig. 4b). L'appel à sédimentation du synclinal est considérable, lié à la déformation synsédimentaire (épaisseur apparente > 1 s/temps-double, Fig. 2). Cette migration du dépôt-centre entraine un basculement vers le sud-ouest des formations anté-Olénékien supérieur dont les pendages actuels redressés ou renversés doivent être responsables de la zone sismiquement sourde située sous le surplomb (Fig. 2). Cette évolution du synclinal amène progressivement les formations au-dessus de la base d'érosion (Fig. 4b). La migration verticale du sel s'accélère sous l'effet de la charge géostatique au point d'atteindre une hauteur critique à l'air libre. Le sel se met alors à fluer tel un glacier dans un environnement continental aride (Fig. 4 c) comme on peut l'observer dans la chaîne du Zagros en Iran (ALA, 1974). Au cours du Trias moyen, l'érosion tend à niveler le surplomb et celle du synclinal de compensation adjacent (Fig. 4 d);

— pendant le Trias moyen et supérieur l'ascension du sel se poursuit tandis que le synclinal de compensation continue à se développer; il se comble progressivement comme l'atteste l'important éventail sédimentaire bien visible en sismique (T2, Fig. 2); le Trias supérieur scelle les structures et érode le Trias moyen comme le montrent les « top-laps » de la Figure 2. L'activité verticale du sel tend à se stabiliser;

 au cours du Jurassique inférieur, seule subsiste une poussée latérale du surplomb à l'origine de la faille inverse avec « roll-over » qui s'atténue dans le Jurassique moyen et supérieur (Fig. 4 e);

 les dépôts du Crétacé au Néogène scellent définitivement la structure (Fig. 4 f).

Le diapir situé à l'est quant à lui, n'atteint jamais la surface.

2. - SURPLOMB DE NOVOBOGATINSK

Cette structure salifère est située au sud-est de Novobogatinsk (Fig. 1); un gisement d'huile a été découvert sous le surplomb. Cette zone sismiquement couverte a été explorée par 13 sondages qui ont tous atteint les formations infra-surplomb (Trias moyen et inférieur, Olénékien supérieur).

La position stratigraphique de cet « over-hang » a été déterminée :

— par son faciès et une faune de bivalves pour ce qui concerne les formations infra-surplomb (Olénékien supérieur),

— par corrélation lithologiques régionales pour les formations supra-surplomb (Indérien, Trias moyen).

Sa géométrie a été contrôlée par 7 sondages (Fig. 5). D'une largeur de 4 à 6 km, parfois davantage, son épaisseur varie de 1500 m à proximité du diapir auquel il est associé à 100 m dans sa partie distale.

Le remplissage sédimentaire du synclinal de compensation du diapir forme un éventail sédimentaire progradant vers le sud dans lequel cinq unités principales peuvent être identifiées, le sens de progradation est N-S.

Ce dispositif rend compte de la migration progressive du synclinal de compensation. Ces unités ont été définies par corrélations diagraphiques, les informations sismiques (Fig. 5) et les données relatives à la productivité des puits.

Le mécanisme de mise en place de cette structure salifère paraît répondre à l'évolution suivante :

— au cours du Permien supérieur et du Trias inférieur, les premiers effets de l'halocinèse ont pour conséquence la mise en place d'un synclinal de compensation dont le dépôt-centre va progressivement migrer vers le sud avec un dispositif sédimentaire en éventail (Fig 6a),

— au cours du Trias moyen (El'tonien-Inderien), accélération de la migration verticale du sel, le diapir atteint un niveau critique et perce la surface, sa migration verticale étant plus rapide que la vitesse de sédimentation, une morphologie positive se crée tandis que le déficit sédimentaire du synclinal favorise la mise en place d'un glacier de sel dans l'espace disponible (Fig. 6 b). Ce dispositif coïncide avec une régression régionale et sa mise en place se produit dans un environnement subcontinental sous un climat aride. Les réflecteurs cahotiques du toit du surplomb et le marqueur énergique intra-surplomb, bien visibles sur le profil sismique de la Figure 5, pourraient correspondre aux résidus de dissolution du sel. Il pourrait aussi s'agir



FIGURE 2 Section sismique du surplomb de Kotyrtas (document aimablement fourni par « Kazmunaygeophysica »). SK : sel kougourien; T1 : Trias inférieur; T2 : Trias moyen à supérieur; T3 : toit du Trias; J1 : toit du Jurassique inférieur; J3 : toit du Jurassique supérieur; C1 : toit du Crétacé inférieur; C2 : toit du Crétacé supérieur; N-Q : Néogène-Quaternaire. Seismic profile of the Kotyrtas over-hang (Courtesy of « Kazmunaygeophysica »). SK : Kungurian salt; T1 : Early Triassic; T2 : Middle to Upper Triassic; T3 : top of the Triassic reflector; J1 : top of the Lower Jurassic reflector; J3 : top of Upper Jurassic reflector; C1 : top of the Lower Cretaceous reflector; C2 : top of the Upper Cretaceous reflector; N-Q : Neogene-Quaternary section.

N



- Carte structurale du champ de Kotyrtas Nord (d'après GROSHEV et al., 1993, modifié).
- 1 : sondage; 2 : isobathes, a) du toit du Trias inférieur, b) du toit du surplomb; 3 : limite d'extension du surplomb; 4 : faille; 5 : zone prospective au Trias moyen.
- Structural map of the Kotyrtas Nord oilfield (after GROSHEV et al., 1993, modified).
- 1: borehole; 2: isobaths, a) top of the Lower Triassic deposits,
 b) top of the over-hang; 3: outline of the over-hang; 4: fault;
 5: Middle Triassic deposits prospective area.

d'informations sismiques latérales liées aux irrégularités de la surface du surplomb (Fig. 6 c). Une remise en eau progressive du bassin au cours du Trias supérieur est accompagnée d'une sédimentation terrigène et carbonatée peu épaisse. Ces dépôts drapent la structure salifère et l'on observe vers le sud, au-delà de la limite d'extension du glacier de sel une continuité de la sédimentation triasique. Il est probable que le retour à des conditions marines ait favorisé la formation d'une saumure saturée accentuant la superficie du glacier;

— pendant tout le Jurassique, jusqu'au Volgien compris, l'ascension du diapir se poursuit et contrôle la sédimentation (cf. «les top-laps » au toit du Jurassique inférieur sous le marqueur J1, Fig. 5);

— les dépôts du Crétacé au Néogène scellent définitivement la structure (Fig. 6 d). Cet « over-hang » occupe la totalité du synclinal de compensation compris entre deux diapirs. La section sismique (Fig. 7) montre sa relation avec le diapir situé à l'est et sa structure en carapace. Sa surface est de 10 × 13 kilomètres et son épaisseur diminue du N-E vers le S-W, passant de 1800 à moins de 100 m. Le Jurassique moyen et supérieur, reconnu sous la masse salifère, possède une épaisseur supérieure aux valeurs régionales.

Les conditions de mise en place du surplomb peuvent se résumer ainsi :

— au cours du Trias et du Jurassique moyen, le sel koungourien se mobilise avec formation d'une cuvette de compensation D1 (Fig. 8 a). L'ascension plus rapide du diapir oriental entraîne une migration d'ouest en est du synclinal de compensation, D2, et du dépôt-centre dans lequel s'accumulent des sédiments terrigènes (Fig. 8b);

— au Jurassique supérieur une plate-forme externe carbonatée s'installe. Le dépôt-centre, D3, continue sa migration vers l'est comme l'atteste l'épaisseur du Malm, ici supérieure aux valeurs régionales. Le dépôt de ces carbonates, pendant le Callovien et le Kimmeridgien, compensent la subsidence (Fig. 8 c);

— pendant le Volgien, la surcharge géostatique provoque une accélération de l'halocinèse. Le diapir oriental atteint le fond de la mer et provoque un déficit sédimentaire dans le synclinal de compensation créant une morphologie négative (Fig. 8 d). Le sel flue alors vers cette dépression, D5, sous forme d'une saumure saturée et vient compenser la subsidence. La sédimentation carbonatée volgienne reprend ensuite. Ceci permet d'expliquer la présence d'un épais coussin de sel intra-volgien (Fig. 8 f);

le diapir oriental reste en permanence actif jusqu'à
 l'Actuel, comme le montre la section sismique de la Figure
 7. Cette activité a pour conséquence (Fig. 8 g):

dépôt d'une forte épaisseur de Crétacé inférieur,

• formation d'une carapace au toit de laquelle le Crétacé inférieur est érodé,

• le Crétacé supérieur est localisé sur les flancs de la carapace,

• discordance du Néogène-Quaternaire au toit de la carapace,

• déformation et réduction notable du Néogène-Quaternaire au toit du diapir.

Le diapir occidental n'atteint jamais la surface.

4. --- CONCLUSION

3. — SURPLOMB DE KOUM

Cette structure est située à 150 km à l'ouest de Novobogatinsk sur le site de Koum Nord où 4 puits ont été forés, dont 3 ont atteint les formations intra-salifères du surplomb. Une maille sismique couvre cette zone.

Les forages ont révélé la présence supra et infra-surplomb de Jurassique supérieur J3 (Volgien), daté par les Ostracodes et la palynologie. Les exemples présentés montrent la complexité des processus associés aux phénomènes halocinétiques dans le Bassin Précaspien. Cette complexité reflète l'histoire de l'évolution du bassin salifère post-koungourienne. Cette région a connu des régimes sédimentaires, tantôt marins tantôt continentaux; au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque, le climat a subi des alternances de climat aride à humide. La mobilité initiale du sel semble avoir été générée par une surcharge sédimentaire dans un environnement



Evolution schématique du surplomb du Kotyrtas. P : substratum anté-koungourien; SK : sel koungourien; PS : Permien supérieur (Kazanien-Tatarien); T1 : Trias inférieur (Olénékien); T2 : Trias moyen; T3 : Trias supérieur; J1 : Jurassique inférieur; J2-C2 : Jurassique moyen - Crétacé supérieur; N-Q : Néogène-Quaternaire.

Evolution sketch of the Kotyrtas over-hang. P : ante-Kungurian substratum; SK : Upper Permian, Kungurian salt; PS : Upper Permian deposits (Kazanian-Tatarian); T1 : Lower Triassic, Olenekian deposits; T2 : Middle Triassic deposits; T3 : Upper Triassic deposits; J1 : Lower Jurassic deposits; T3 : Upper Triassic deposits; J1 : Lower Jurassic deposits; J2-C2 : Middle Jurassic - Upper Cretaceous deposits; N-Q : Neogene-Quaternary deposits.



Section sismique du surplomb de Novobogatinsk (document aimablement fourni par « Kazmunavgeophysica »). SK : sel koungourien; PS - T1 : Permien supérieur - Trias inférieur; T2 : Trias moyen; T3 : toit du Trias supérieur; J1 : toit du Jurassique inférieur; J3 : toit du Jurassique supérieur.

Seismic profile of the Novobogatinsk over-hang (courtesy of « Kazmunaygeophysica ») SK: Kungurian salt; PS-T1: Upper Permian-Lower Triassic sequence; T2: Middle Triassic sequence; T3: top of the Upper Triassic reflector; J1: top of the Lower Jurassic reflec-tor; J3: top of the Upper Jurassic reflector.



Evolution schématique du surplomb de Novobogatinsk. P : substratum anté-koungourien; SK : sel koungourien; T1 : Trias inférieur; T2: Trias moyen; T3: Trias supérieur; J1: Jurassique inférieur; J2-3: Jurassique moyen et supérieur; C-N: Crétacé-Néogène. Evolution sketch of the Novobogatinsk over-hang. P: ante-Kungurian substratum;

SK : Upper Permian, Kungurian salt; T1 : Lower Triassic deposits; T2 . Middle Triassic deposits; T3 : Upper Triassic deposits; J1 : Lower Jurassic deposits; J2-3 : Middle to Upper Jurassic deposits; C-N : Cretaceous to Neogene deposits.

probablement deltaïque (formations molassiques liées à l'érosion de la jeune chaîne hercynienne de l'Oural). Ce régime sédimentaire va persister depuis le Permien supérieur jusqu'au Jurassique moyen. Il en résulte une épaisse série sédimentaire terrigène dont les dépôts-centre vont migrer en fonction de la déformation du synclinal de compensation elle-même contrôlée par la mobilité verticale du sel.

La mise en place des surplombs de sel se fera dès qu'une situation propice se produira : à savoir lorsque la concurrence sera en faveur de la montée du diapir. Les conditions et les événements géologiques locaux ont contribué à la mise en place de trois types de surplombs (Fig. 9) ;

- le type de Kotyrtas où le sel flue sous forme d'un glacier dans des conditions aériennes. Il forme une morphologie positive. Il se distingue par sa faible extension horizontale, sa forte épaisseur et son abrupte solution de continuité dans sa partie distale. Sa surface chahotique s'exprime bien en sismique (Fig. 2);

 le type de Novobogatinsk semble s'être constitué en deux temps : formation initiale d'un glacier de sel dans des conditions comparables à elles de Kotyrtas puis, après la remise en eau du bassin, formation d'une saumure qui contribue à accroître son extension, son épaisseur diminuant au fur et à mesure qu'on s'éloigne du diapir-mère. Les limites s'expriment bien en sismique et au-delà, on

observe une organisation continue des marqueurs sédimentaires (Fig. 5);

— le type de Koum dont le diapir persant reste subaquatique où une saumure saturée s'écoule au cours du dépôt du Jurassique terminal (Volgien) et s'y trouve interstratifié (Fig. 7).

Ces trois types de surplombs se mettent en place sous l'effet de phénomènes gravitaires.

On constate également que l'évolution des diapirs originels peut générer des surplombs occupant des positions stratigraphiques variées. Ils correspondent généralement à des discontinuités sédimentaires régionales (période d'érosion liée à l'évolution du bassin).

Il n'est pas exclu que certains corps salifères erratiques intra-stratifiés aient été détachés du diapir dont ils sont issus. On ne réservera donc le terme de surplomb ou « overhang » qu'aux parties latérales d'un diapir primaire et qui, selon toute vraisemblance, se sont formés suivant l'un des trois types généraux décrits ci-dessus, ce qui n'exclut pas des variantes de forme.

Cette diversité d'objets structuraux constitue un fil conducteur pour la recherche de nouveaux objectifs pétroliers dans le Bassin Précaspien.

NDLR (R.C.): Il faut aussi mentionner que sur le plan catagénétique des roches-mères, ces structures contribuent à perturber l'histoire thermique des séries sédimentaires associées. En effet, en raison de la forte conductibilité thermique du sel, les diapirs peuvent constituer des ponts thermiques susceptibles de ralentir l'évolution de la matière organique. Ceci pourrait expliquer les anomalies dans la thermodynamique du Bassin Précaspien où l'on trouve des hydrocarbures liquides à des profondeurs voisines ou supérieures à 6000 mètres.

5. — RÉFÉRENCES

- AJZENSHTADT, G.E.A., GORFUNKEL, M.V., LAMBER, G.I., SEREBRYA-KOV, V.P. & SHEPTUNOV, V.P. (1980). — Les surplombs de sels associés aux diapirs du Bassin Précaspien. — Byull. Moscov. Olshch. Ispyt. Prirod. Otdel. geol., 55, 3, 30-35 (en russe).
- ALA, M.A. (1974). Salt diapirism in Southern Iran. Bull. amer. Assoc. Petroleum geol., 58, 9, 1758-1770.
- CURNELLE, R. & MARCO, M. (1983). Reflection profiles across the Aquitaine Basin-Salt tectonics. — In: BALLY,

A.W. (ed.): Seismic expression of structural styles; a picture and work atlas, Vol. 2. — *Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, Studies in geology, **15**, 2: 3.2 - 14 - 15.

- GROSHEV, V.G., SINEL'NIKOV, A.V., VOLOZH, I.A., LIPATOVA, V.V., ISKOUZHIEV, B.A. & NIKOLENKO, V.M. (1993). — Evolution halocinétique de la région de Kotyrtas : nouvelles possibilités de recherches d'hydrocarbures dans le Permo-Trias du Bassin Précaspien. — *Geol. Nefti, Gaza*, 8, 10-16 (en russe).
- TALBOT, C.J. (1993). Spreading of salt structures in the Gulf of Mexico. — *Tectonophysics*, 228, 151-166.





Section sismique du surplomb de Koum (document almablement fourni par « Kazmunaygeophysica »). SK : sel koungourien; PS - T : Permien supérieur - Trias; J1 : toit du Jurassique inférieur; J3 : toit du Jurassique supérieur; C1 : toit du Crétacé inférieur; C2 : toit du Crétacé supérieur; N-Q : Néogène-Quaternaire.

Seismic profile of the Koum over-hang (courtesy of « KAZMUNAYGEOPHYSICA ») SK : Kungurian salt; PS - T : Upper Permian-Triassic sequence; J1 : top of the Lower Jurassic reflector; J3 : top of the Upper Jurassic reflector; C1 : top of the Lower Cretaceous reflector; C2 : top of the Upper Cretaceous reflector; N-Q : Neogene - Quaternary sequence.

Evolution schématique du surplomb de Koum.

P: substratum anté-koungourien; SK : sel koungourien; PS - T : Permien supérieur-Trias; J1-2 : Jurassique inférieur et moyen; J3 : Jurassique supérieur; C1 : Crétacé inférieur; C2 : Crétacé supérieur; N-Q : Néogène-Quaternaire.

Evolution sketch of the Koum over-hang. P : ante-Kungurian substratum; SK : Upper Permian, Kungurian salt; PS-T : Upper Permian - Triassic deposits; J1-2 : Lower to Middle Jurassic deposits; J3 : Upper Jurassic deposits; C1 : Lower Cretaceous deposits; C2 : Upper Cretaceous deposits; N-Q : Neogene - Quaternary deposits.

ш			EVENEMENTS			
PERIOD	EPOQUE	AGE	HORIZON	Ko- tyrtas NORD	Novo- boga- tinsk S-E	Kum NORD
CRETACE QUATERNAIRE					9	
JURASSIQUE	MALM	Volgien				45
		Kimméridgien				
		Oxfordien				L
	DOGGER	Callovien				
		Bathonien				
		Bajocien			L	
	LIAS	Toarcien				
		Pliensbachien Sinémurien				
		Hettangien		-5-	3	_(î)_
PERMIEN TRIAS	L H	Rhétien				
	SUPERIE	Norien		L		
		Carnien			L	
	MOYEN	Ladinien	Indérien			
		Anisien	El'tonien			
	INFERIEUR	Olénékien	inférieur	nférieur upérieur		
			supérieur			
		Induen				
	SUPERIEUR	Tatarien				
		Kazanien				
		L Koungourien L				
	E.	Artinskien				
	BIE	Sakmarien]			
	INFE	Assélien	1			

FIGURE 9 Calendrier des événements halocinétiques. *Calendar of the halokinesis events.*