

CHAPITRE 4 — LE DELTA DU MACKENZIE ET LA MER DE BEAUFORT

SUD DU MACKENZIE ET PÉNINSULE TUKTOYAKTUK

Âge	Du Jurassique au début du Crétacé, recouvrant le Paléozoïque et s'étendant sous la marge frontale du bassin Beaufort-Mackenzie qui date du Tertiaire
Profondeur des strates visées	De 1000 à 5000 m
Première découverte	1969 (découverte de pétrole au puits I.O.E. Atkinson H-25). On a fait sept découvertes subséquentes dans des réservoirs du Crétacé inférieur ou de formations plus anciennes, la plus importante étant celle du champ gazéifère Parsons Lake.
Ressources découvertes	Gaz : 60,2 x E9m ³ dans 2 découvertes Pétrole : 11,2 x E6 m ³ dans 6 découvertes Condensat : 7,0 x E6 m ³
Production	Aucune
Type de bassin	Marge continentale faillée
Cadre des dépôts	Avant-côte, delta, plateau marin
Réservoirs	Grès deltaïques soumis aux vagues, grès du plateau continental
Structure régionale	Failles d'expansion avec compression superposée limitée à l'ouest
Couvertures étanches	Schistes marins
Roches mères	Schistes du Jurassique supérieur; schistes bassiniaux du Crétacé supérieur (susceptibles de générer du pétrole)
Profondeur de la fenêtre	3000 m pétrolière
Nombre de puits au total	68 puits de prospection (pénétrant jusqu'aux strates du Crétacé inférieur); 13 de délimitation; 81 (d'un total de 239 dans la région Beaufort-Mackenzie)
Sondages sismiques	Péninsule Tuktoyaktuk : vaste grille de sondages Sud du delta du Mackenzie : ancienne méthode (dynamite) et répartition plus dispersée
Pipelines	Aucun

(Accessible et terrain commode pour les opérations hivernales, mais le froid y est extrême. Forêt boréale dans le sud du delta, toundra dans le nord. Route Dempster jusqu'à Inuvik, praticable en toute saison. Chemin d'hiver jusqu'à Tuktoyaktuk. Centre administratif à Inuvik. Main d'oeuvre et entrepreneurs locaux compétents.)

Dans la péninsule Tuktoyaktuk, on a fait, sur la terre ferme, une découverte majeure de gaz et une autre de gaz/condensat, les deux offrant un potentiel d'exploitation. Cette marge faillée du Mésozoïque se superpose à d'excellents réservoirs du Crétacé inférieur et à des roches mères matures du Crétacé supérieur, susceptibles de générer du pétrole. On a fait un certain nombre de petites découvertes de pétrole, mais il y a de fortes possibilités de trouver des gisements plus vastes. Les grès du jurassique ainsi que les grès et les carbonates du Paléozoïque sont également des réservoirs potentiels : toutes ces formations constituent des pentes ascendantes qui naissent dans la <fabrique> d'hydrocarbures logée dans la couche sédimentaire épaisse, située immédiatement au nord. L'exploration s'effectue sur la terre ferme et près des tracés de pipelines projetés.

Cadre géologique (Fig. 41-44)

Les strates du Mésozoïque et d'autres plus anciennes se situent à des profondeurs de forage accessibles, sous le

sud du delta du Mackenzie, sur le flanc de la péninsule Tuktoyaktuk et la plaine côtière du Yukon. Des strates du Crétacé supérieur ainsi qu'une pointe de dépôts du Tertiaire et du Quaternaire, qui s'amincit vers le sud, les

recouvrent. Les strates affleurent dans le nord des monts Richardson ainsi que dans les montagnes qui sont à l'arrière-plan de la plaine côtière du Yukon.

Le long de la péninsule Tuktoyaktuk, le Mésozoïque est conservé dans des blocs faillés vers le bas, le long de la voûte des lacs Esquimo et dans luge Kugmallit adjacente. Des roches du Paléozoïque et du Protérozoïque affleurent sous une couverture du Quaternaire, le long de l'axe de la voûte des lacs Esquimo, et affleurent en surface, ouvrant une fenêtre de strates du Protérozoïque et du Cambrien au Dévonien, au lac Campbell, juste au sud d'Inuvik. La marge faillée du Mésozoïque a succédé à une marge continentale du début du Paléozoïque, qui a été profondément érodée avant les dépôts du Mésozoïque. Les longues failles d'expansion sous-parallèles et continues du système faillé des lacs Esquimo dans la péninsule Tuktoyaktuk, s'orientent vers le nord-ouest, bordant la limite interne des fractures le long de la marge continentale. Dans le sud du delta du Mackenzie, ce système de failles croise le front de charriage de la cordillère dans le nord des

monts Richardson. Les strates du Crétacé inférieur et du Paléozoïque supérieur, qui se sont originalement déposées dans un régime d'expansion tectonique, ont été soulevées, plissées et probablement failées par chevauchement.

Historique de l'exploration (Fig. 45)

Le forage sur la terre ferme s'est amorcé en 1969 dans la péninsule Tuktoyaktuk et a connu un premier succès à Atkinson Point. Cette petite découverte de pétrole dans les grès du Crétacé a été suivie d'une découverte majeure de gaz en 1970 au à Parsons Lake, dans la formation Kamik et, la même année, d'une seconde découverte de pétrole à Mayogiak, dans des carbonates du Paléozoïque. Le forage subséquent a donné lieu à deux petites découvertes de pétrole à Innaq et à Kamik, près de Parsons Lake et, par la suite, à une découverte importante de gaz/condensat à Tuk L-09. La découverte de pétrole à West Atkinson est la seule qu'on ait réalisée au large de la côte dans un réservoir du Crétacé inférieur. Après

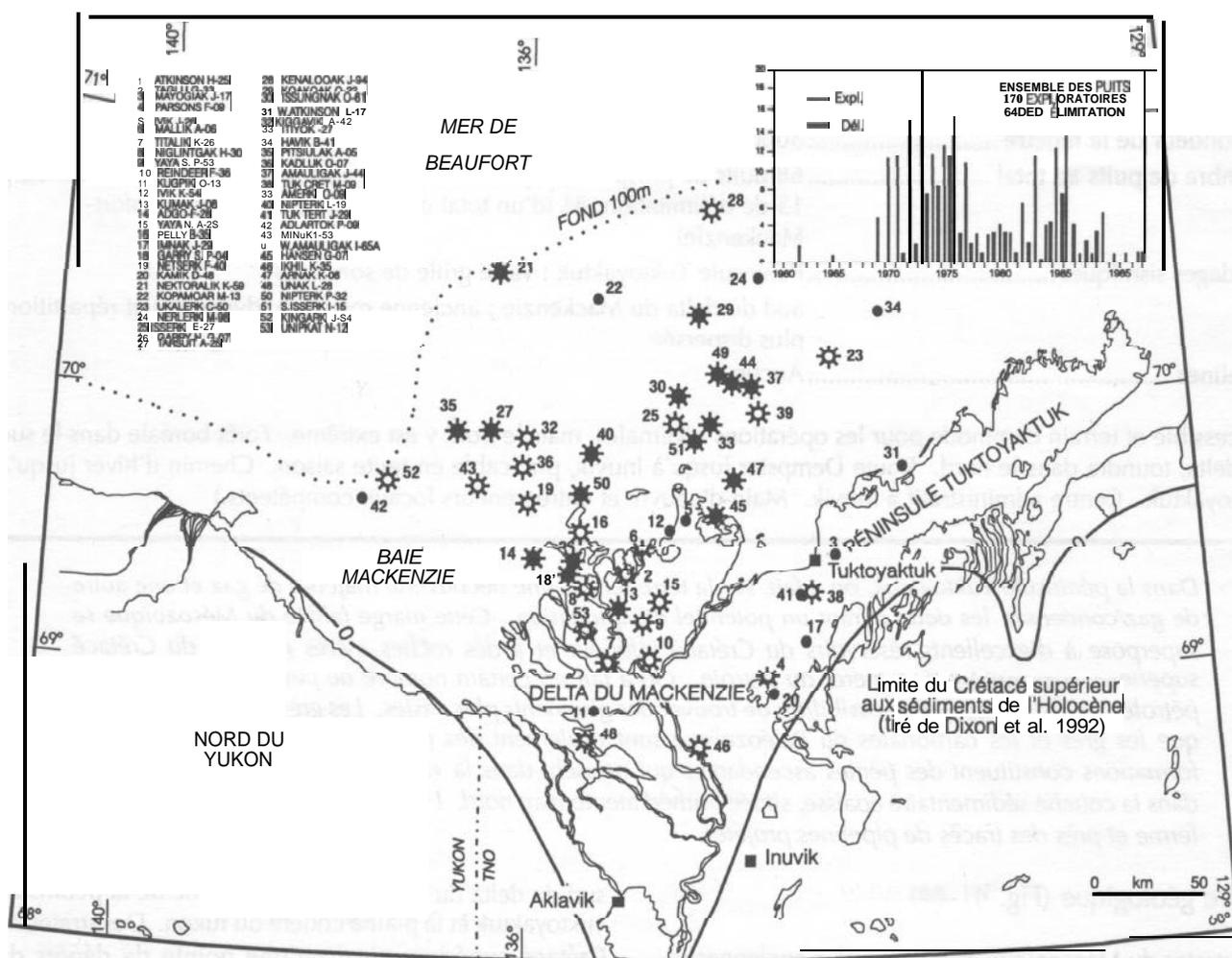


Figure 41. Découvertes de pétrole et de gaz dans la région Beaufort-Mackenzie.

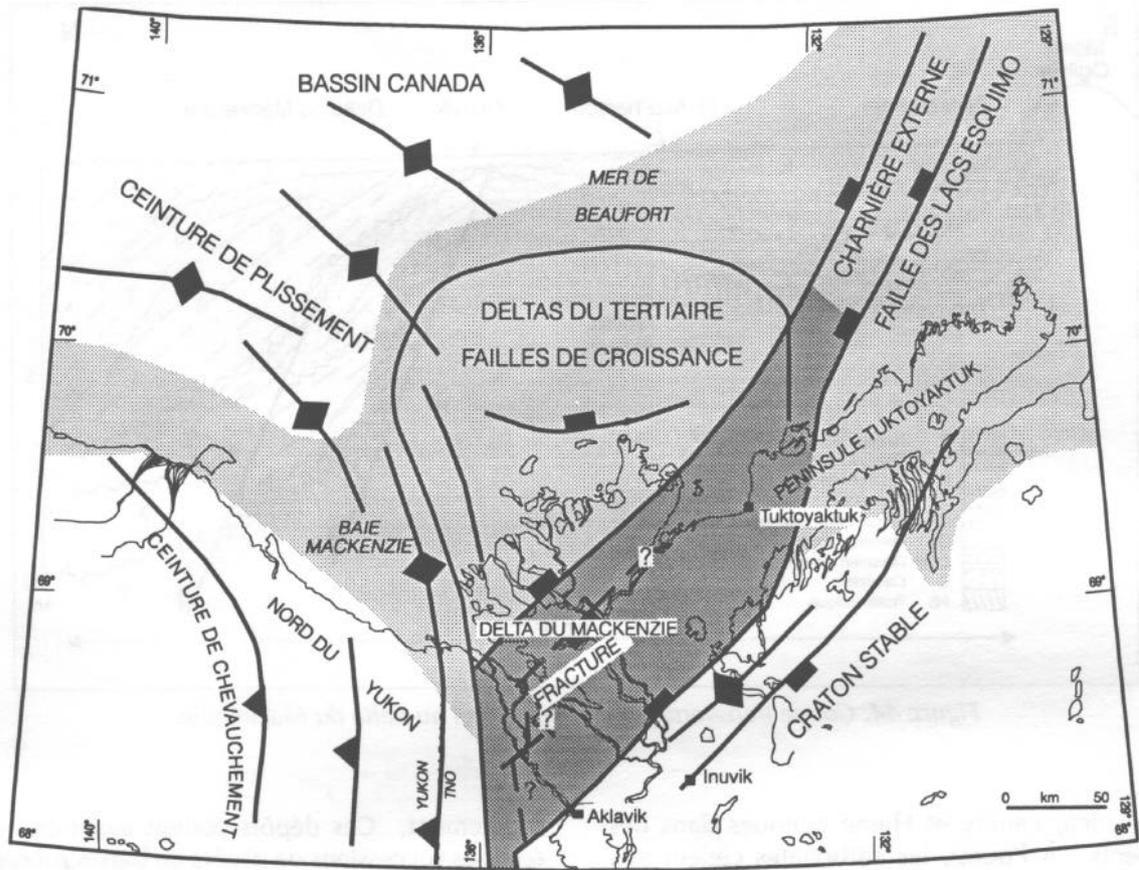


Figure 42. Éléments structuraux de la région de la mer de Beaufort.

1977, l'exploration a été axée sur le bassin du Tertiaire, au large des côtes.

Dans le sud du delta du Mackenzie, on a découvert du pétrole à Kupik en 1972 (également dans la formation Kamik), mais l'exploration subséquente a été plutôt mince. Le seul succès s'est manifesté dans un indice de gaz à Shell Unak L-28.

Le forage sur la plaine côtière du Yukon s'est limité à trois puits qui n'ont donné aucun indice et n'ont révélé qu'un potentiel peu prometteur de réservoirs et de roches mères.

Stratigraphie

Le Phanérozoïque de la péninsule Tuktoyaktuk recouvre une épaisse succession de strates du Protérozoïque, qui s'amincit rapidement vers la mer de Beaufort. La quartzite constitue la lithologie la plus fréquemment rencontrée dans les quelques puits qui pénètrent dans le Protérozoïque.

Dix-huit puits ont été forés dans les strates du Paléozoïque inférieur le long de la péninsule Tuktoyaktuk.

La succession du Paléozoïque inférieur comprend une épaisse plate-forme de carbonates comparable à celle des plaines intérieures. Les carbonates sont mal différenciés dans le sous-sol : ils correspondent aux formations Franklin Mountain, Mount Kindle, Peel,

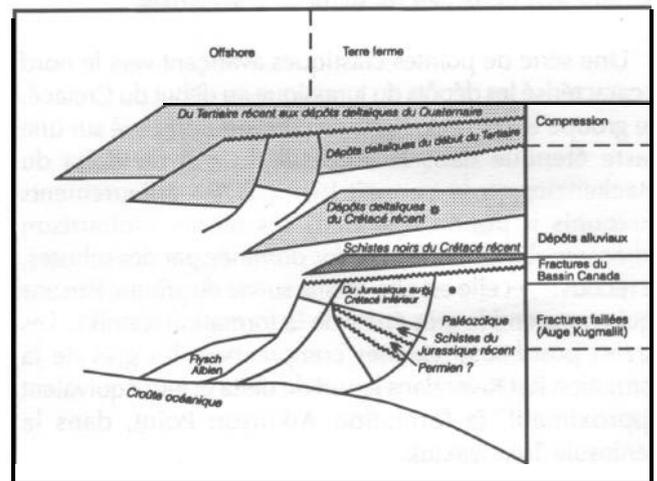


Figure 43. Relations tectono-stratigraphiques entre le bassin Beaufort-Mackenzie et la géologie sous-jacente de la péninsule Tuktoyaktuk et du sud du delta du Mackenzie.

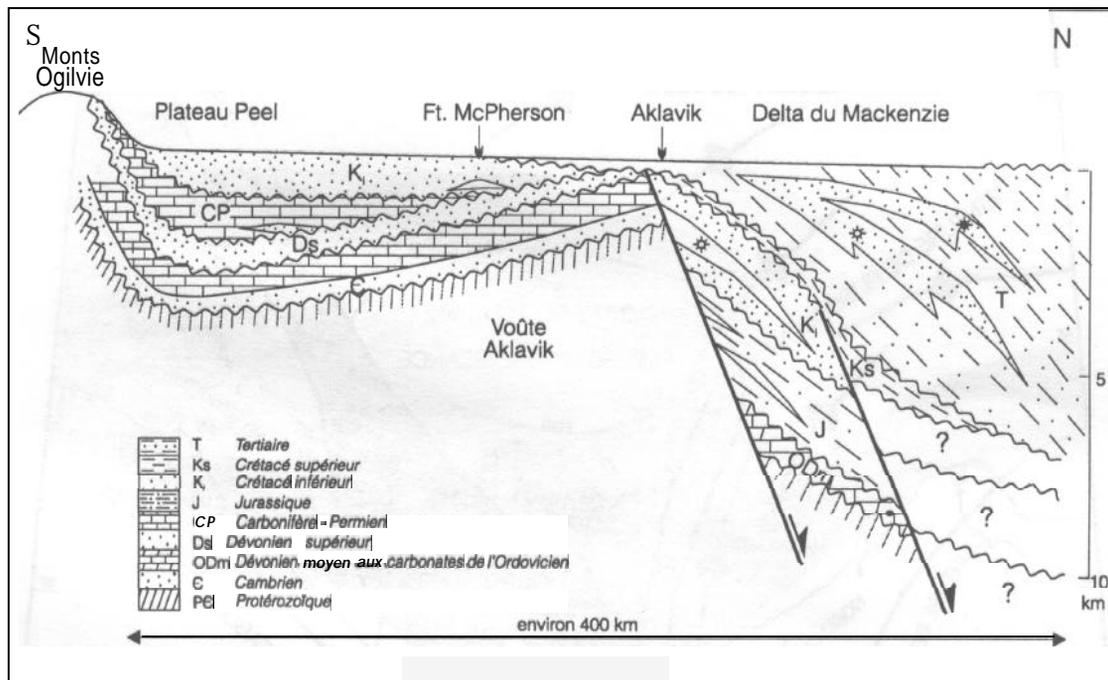


Figure 44. Coupe transversale du plateau Peel au delta du Mackenzie.

Tatsieta, Arnica, Landry et Hume connues dans des affleurements. À l'ouest, les carbonates cèdent aux schistes de la formation Road River, exposés dans les formations Richardson et Barn que pénètrent des puits sur le flanc est des monts Richardson.

Des roches du Carbonifère et du Permien, correspondant aux groupes Lisburne et Sadlerochit, sont largement conservées dans le nord du Yukon et ont été forées à l'extrémité sud-ouest, relativement peu profonde, de l'auge Kugmallit. On n'a pas rencontré de strates de cet âge dans la péninsule Tuktoyaktuk. Le Triasique semble absent du sud du delta du Mackenzie.

Une série de pointes clastiques avançant vers le nord a caractérisé les dépôts du Jurassique au début du Crétacé. Le groupe Bug Creek, riche en grès, est conservé sur une vaste étendue dans le sous-sol du sud du delta du Mackenzie; on le connaît bien par les affleurements auxquels il donne lieu dans les monts Richardson adjacents. La formation Husky, dominée par des schistes, le recouvre, et elle est elle-même suivie du groupe Parsons (qui comprend le grès épais de la formation Kamik). Les strates post-hauteriviennes comprennent les grès de la formation Rat River dans le sud du delta et leur équivalent approximatif, la formation Atkinson Point, dans la péninsule Tuktoyaktuk.

Le début de la formation d'un fond marin dans le bassin Canada a profondément influencé la sédimentation albienne. Une épaisse couche de flysch s'est déposée pendant cette période dans un bassin qui s'effondrait

rapidement. Ces dépôts étaient avant-coureurs des épaisses successions de dépôts du bassin subséquent du Crétacé récent et du Tertiaire.

Réservoirs potentiels

On a fait des découvertes dans les carbonates du Paléozoïque, dans les grès du groupe Parsons du Hauterivien et dans ceux des formations Rat River et Atkinson Point du Barrémien. On a noté des indices significatifs dans les carbonates du Mississippien à Shell Unak L-28 et dans le Permien à Shell Kugpik L-24,

Les grès Kamik du groupe Parsons sont les plus épais et constituent l'unité de réservoir la plus élaborée dans la région. L'épaisseur nette des zones potentiellement productrices de Parsons Lake varie de 40 à 60 m, avec une porosité moyenne de 15 p. 100. Le faciès distal de la formation Kamik peut être présent dans l'auge Kugmallit, mais on ne connaît pas les caractéristiques de ces grès.

Les grès du groupe Bug Creek du Jurassique affichent un bon potentiel en tant que grès de réservoir. Ces unités de grès du plateau continental ont été déposées avant que la région ne se fracture et ne s'effondre de façon notable. Ils sont plus minces que les grès de la formation Kamik et leur porosité dépasse les 10 p. 100 dans le faciès le plus propre, mais leur perméabilité est faible. Dans le sud du delta, les roches du Paléozoïque ont aussi un certain potentiel en tant que réservoirs. Des fractures

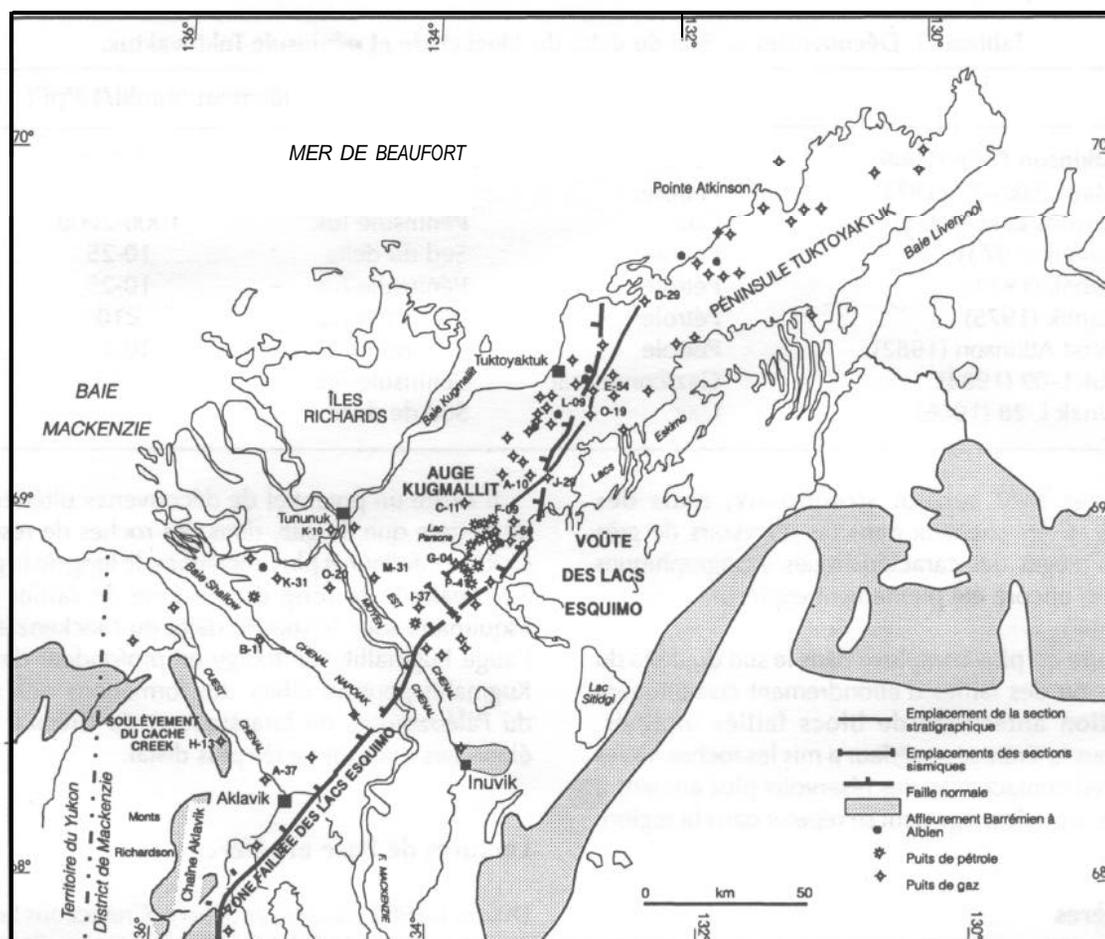


Figure 6 Puits s'enfonçant dans les strates du Mésozoïque sur la péninsule Tuktoyaktuk et dans le sud du delta du Mackenzie.

peuvent localement y rehausser les caractéristiques de réservoir.

On a constaté l'élaboration d'une porosité secondaire dans les carbonates du Paléozoïque inférieur le long du système de failles des lacs Esquimo, à Mayogiak et à West Atkinson. L'élaboration de cette porosité peut envahir certaines lignes de failles et il est possible de rencontrer des accumulations volumétriques significatives dans de tels pièges.

Structure, pièges et couvertures étanches

Le système de failles des lacs Esquimo comprend un ensemble de failles normales, sous-parallèles. Les principales failles présentent des rejets importants vers le nord-ouest, dans l'auge Kugmallit, mais il existe de nombreuses failles qui ont des rejets moins prononcés et certains de ceux-ci s'orientent vers le sud-est. La communication à travers les failles moins profondes peut être bonne : dans tout le champ Parsons Lake, on note la présence d'un seul contact entre le gaz et l'eau, malgré la présence de nombreux compartiments séparés par des

failles. En plus de l'orientation prédominante des failles principales du nord-est au sud-ouest, un système de failles conjugué est présent, mais les rejets de ce système sont mineurs.

Potentiellement, l'auge Kugmallit contient d'épaisses successions de grès du Crétacé inférieur, déposées dans une auge qui s'effondrait rapidement. La rotation et le pincement distal des grès ont pu engendrer des pièges stratigraphiques profonds. Une structure positive d'intra-graben, le Napoiak High, et les restes de la marge du nord-ouest de l'auge Kugmallit (le Tununuk High) sont mal définis par l'actuelle grille sismique.

Les schistes marins du Crétacé inférieur constituent des couvertures étanches efficaces et, le long de la marge biseauté des blocs faillés, des réservoirs peuvent se trouver en contact direct avec les formations Boundary Creek et Smoking Hills du Crétacé supérieur, qui pourraient agir comme roches mères et comme couvertures étanches. Les schistes de la formation Husky du Jurassique peuvent aussi former potentiellement des couvertures étanches pour isoler les réservoirs pré-mésozoïques possibles de l'auge Kugmallit

Tableau 3. Découvertes — Sud du delta du Mackenzie et péninsule Tuktoyaktuk.

		Ampleur du rendement (mmbbl/ E9 pi ³)	
Atkinson Point (1969)	Pétrole	PéninsuleTuk	25-1 00
Mayogiak J-I 7 (1971)	Pétrole	PéninsuleTuk	<10
Parsons Lake (1971)	Gaz	PéninsuleTuk	1000-2000
Kugpi k (1973)	Pétrole	Sud du delta	1 0-25
Imnak (1974)	Pétrole	PéninsuleTuk	1 0-25
Kamik (1975)	Pétrole	PéninsuleTuk	<10
West Atkinson (1982)	Pétrole	Off-shore	1 0-25
Tuk L-09 (1984)	Gaz/condensat	PéninsuleTuk	3-1 5
Unak L-28 (1986)	Gaz	Sud de delta	?

Les pièges sont surtout structuraux, mais des pincements et des chenaux dans les réservoirs de grès prêtent aux pièges des caractéristiques stratigraphiques qui n'ont pas encore été pleinement explorées.

La structure est plus complexe dans le sud du delta du Mackenzie, où des failles d'effondrement compliquent la disposition antérieure de blocs faillés inclinés. L'érosion sous le Crétacé supérieur a mis les roches mères pétrolières en contact avec des réservoirs plus anciens à Kugpi et ce type de piège peut se répéter dans la région.

Roches mères

Les séries Boundary Creek et Smoking Hills du Crétacé supérieur sont riches en matière organique marine, le COT variant de 2 à 10 p. 100. Ces formations sont de riches sources potentielles de pétrole. Des études sur les sources de pétrole indiquent que cette unité est la source pétrolière de Mayogiak et d'Atkinson Point. Les schistes Husky du Jurassique supérieur sont considérées des sources potentielles et une source possible de gaz et de condensat à Parsons Lake. D'autres roches de la succession du Crétacé inférieur peuvent aussi se révéler des sources potentielles.

Potentiel

La Commission géologique du Canada a évalué le potentiel de cette région en 1988 (Dixon et al., 1994). Cinq zones prospectives ont fait l'objet de cette évaluation à l'aide d'une méthodologie probabiliste, mais le potentiel du Crétacé inférieur et des strates plus anciennes ne s'est pas distingué de celui des zones tertiaires.

Il existe un potentiel de découvertes ultérieures, tant de pétrole que de gaz, dans des roches de réservoir du Crétacé inférieur et plus anciennes, le long de la péninsule Tuktoyaktuk, le long du système de failles des lacs Esquimaux sous le sud du delta du Mackenzie, et dans l'auge Kugmallit. Le forage en profondeur dans l'auge Kugmallit pourrait cibler des formations non prouvées du Paléozoïque, du Jurassique et du Crétacé inférieur, élaborées dans un faciès plus distal.

lectures de base et références

Dixon, J. 1982. Jurassic and lower Cretaceous Subsurface Stratigraphy of the MacKenzie Delta-Tuktoyaktuk Peninsula, Northwest Territories, Commission géologique du Canada.

Dixon, J. 1991. The Neocomian Parsons Group, Northern Yukon and Adjacent Northwest Territories. Commission géologique du Canada. Bulletin 406, 54 p.

Dixon, J., McNeil, D.H., Dietrich, J.R. and MacIntyre, C.J. 1989. Barremian to Albian Stratigraphy, Tuktoyaktuk Peninsula and South MacKenzie Delta, Northwest Territories. Commission géologique du Canada, Article 89-1 5, 16p.

Dixon, J., Morrell, G.R., Dietrich, J.R., Taylor, C.C., Procter, R.M., Conn, R.F., Dallaire, S.M., and Christie, J.A. 1988. Petroleum Resources of the MacKenzie Delta-Beaufort Sea. Commission géologique du Canada, Bulletin 474, 52 p.