

Faciès organiques et maturation thermique du Lias supérieure de la Formation de Shemshak (Elbourz central, Iran)

Autor(en): **Baudin, François / Teherani, Khosrow**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **84 (1991)**

Heft 3: **[Emile Argand 1879-1940]**

PDF erstellt am: **07.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-166794>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Faciès organiques et maturation thermique du Lias supérieur de la Formation de Shemshak (Elbourz central, Iran)

Par FRANÇOIS BAUDIN¹⁾ et KHOSROW TEHERANI²⁾

Key-words: Coal, organic matter, organic geochemistry, Lower Jurassic, Toarcian, Iran, Elburz, Shemshak Formation.

RÉSUMÉ

L'analyse du contenu organique de trois coupes de la partie supérieure de la Formation de Shemshak (Lias supérieur), révèle des teneurs en matière organique d'origine continentale comprises entre 0,25 et 6% de carbone dans les pélites et atteignant 60% dans les lits charbonneux. Alors que de nombreuses Ammonites attestent d'influences marines franches, aucune contribution phytoplanctonique dans le matériel organique n'a été mise en évidence. La maturation thermique de ces charbons est importante; les Tmax s'échelonnent entre 450 et 550 °C ce qui est équivalent à un pouvoir réflecteur de la vitrinite de 1,2 à 2%. Cette forte évolution de la matière organique, localisée dans la partie centrale de l'Elbourz, résulterait probablement d'une élévation rapide de la température déterminée par la mise en place de masses charriées. La vaste répartition géographique de la Formation de Shemshak (de l'Est de la Turquie à l'Afghanistan), sa grande épaisseur (1000 à 3000 m), sa richesse en carbone, et l'existence de réservoirs gréseux en son sein lui confère un certain intérêt pétrolier.

ABSTRACT

During the Early-Middle Jurassic, central and north Iran received a clastic dominated sequence known as the Shemshak Formation (ASSERETO 1966). This formation can be considered as a deltaic plain complex characterized by its paralic to continental facies. The Late Liassic period corresponds to a more marine member within the formation. Ammonites from the Toarcian and the Aalenian have been described in various localities (ASSERETO et al. 1968, CHAYESTEY 1978, SALEHI-RAD 1978, RAD 1986). Three sections (Shemshak, Pol-é-Dokhtar and Vaneh, Fig. 1) including the upper part of the Shemshak Formation have been sampled. The organic content of 170 levels have been analysed using the Rock-Eval pyrolysis (ESPITALIÉ et al. 1985–86), elemental analysis of kerogen and chromatography of saturated hydrocarbons.

The organic content varies from 0.5 to 6% in shaly levels and some coal horizons reach 60% (Fig. 2). In the HI-OI diagram (Fig. 3) these samples are located near the base of the type III evolution path (= continental organic matter according to TISSOT et al. 1974). The kerogens prepared for elemental analysis contain a high quantity of carbon: between 71 and 83% with low hydrogen and oxygen contents. The H/C and O/C ratios indicate that these kerogens are in the catagenesis zone of the type III evolution path (Fig. 4). The extract yields of samples from the Vaneh section contain 5 to 20% saturated hydrocarbons. The chromatograms (Fig. 5) show a predominance of low carbon numbers (< C₂₀) without any carbon preference. The *n*-alkane distribution decreases rapidly after C₂₀, this

¹⁾ CNRS-URA 1315 et Département de Géologie Sédimentaire. UPMC. Tour 15–16 E4. 4, place Jussieu 75252 Paris Cedex. France.

²⁾ Faculté des Sciences. Département de Géologie. Avenue Enghelab. Téhéran. Iran.

being mainly correlated with the catagenesis maturation. The pristane and phytane amounts are low with a slight predominance of pristane. Palynological studies show the abundance of amorphous organic matter associated with inertinite, vitrinite, spores and pollen grains. The amorphous organic material, showing low hydrogen indices (Fig. 6), appears as the result of the thermal deterioration rather than an algal component.

Ammonites and bivalves attest of a marine environment during the Late Liassic, however no marine organic matter is shown in our samples. We speculate that the bottom waters were oxygenated and not favourable to the preservation of marine organic material. Nevertheless the high sedimentation rate permitted the integration of continental organic matter within the deposits. The thermal evolution of the organic matter is high according to Tmax values ranging from 450 to 550 °C. These values correspond to a vitrinite reflectance varying between 1.2 to 2%. This high thermal maturation in the central Elburz seems to be correlated to the rapid rise of temperature caused by the emplacement of thrust sheets. Potential source-rocks and reservoirs are present in the Shemshak Formation. Under favourable conditions, generation of hydrocarbons can be envisaged.

Introduction

La Formation de Shemshak regroupe un ensemble de sédiments paraliques à continentaux d'âge triasique supérieur à dogger, reconnus dans la presque totalité de l'Iran septentrional et central (ASSERETO 1966) notamment dans la chaîne de l'Elbourz (fig. 1). Réputée pour sa richesse en plantes fossiles (CORSIN & STAMPFLI 1977, VOZENIN & TAUGOURDEAU 1985), elle est constituée d'alternances de pélites vertes à noires, de lits de charbon et de bancs gréseux, voire conglomératiques par endroit. La coupe type, levée à 4 km à l'Est du village de Shemshak et qui est épaisse de plus de 1000 m, a été subdivisée en quatre lithozones par ASSERETO (1966). Ce sont de bas en haut stratigraphiquement:

a) *les grès inférieurs* dont la base repose en disconformité sur plusieurs termes stratigraphiques du Précambrien au Trias. Il s'agit de 100 m d'alternances de grès quartzeux blanchâtre, d'argilites feuilletées et de fins niveaux charbonneux.

b) *la série charbonneuse inférieure*, épaisse de 250 à 300 m, constituée de dépôts silteux et argileux avec intercalation de veines charbonneuses.

c) *les grès supérieurs*, épais de 500 à 600 m, où prédominent des grès fins, des pélites à passées calcaires où ont été trouvées des Ammonites et des Lamellibranches.

d) *la série charbonneuse supérieure*, constituée de 80 m de grès jaunâtres et de pélites grises assez riches en débris carbonés.

Le passage de ces faciès aux calcaires sus-jacents de la Formation de Dalichai est généralement conforme mais diachrone: Bajocien terminal à Callovien à sa base.

Les dépôts de la Formation de Shemshak résulteraient de l'influence, variable dans le temps et l'espace, de deux milieux de sédimentation (STAMPFLI 1978): l'un presque essentiellement fluvial avec des chenaux complexes; l'autre marin à faible tranche d'eau et à fond plat. Ceci permet d'imaginer un paléoenvironnement constitué de vastes plaines d'inondation – à lacs temporaires – parcourues par des rivières anastomosées, débouchant sur des baies marines de faible profondeur.

Le Toarcien et l'Aalénien datés par Ammonites (ASSERETO et al. 1968) sont reconnus avec certitude dans les grès supérieurs de la région de Shemshak. Les niveaux toarciens se suivent de proche en proche en direction de l'Est. Au environ de Pol-é-Dokhtar le Toarcien inférieur et supérieur sont individualisés (HASSANZADEH-BAHRAM 1976); dans la région de Tazareh, le Toarcien supérieur a été mis en évidence (CHAYESTEH 1978); au sud de Gorgan, il est également mentionné (SALEHI-RAD

1979); enfin à l'Est de Jajarm, le Toarcien inférieur et supérieur sont également datés par Ammonites (RAD 1986).

Dans le cadre d'une cartographie des couches riches en matière organique du Toarcien de Méditerranée et du Moyen-Orient (BAUDIN 1989, BAUDIN et al. 1990), 170 niveaux des grès supérieurs (c) et de la série charbonneuse supérieure (d) de la Formation de Shemshak ont fait l'objet d'analyses. Outre la caractérisation géochimique de la matière organique, il importait de déterminer si l'environnement marin qui prévalait lors des dépôts du Lias supérieur a influencé le contenu organique, toujours décrit comme ayant une origine continentale?

Localisation et description des coupes

Trois coupes ont été levées dans la partie centrale de la chaîne de l'Elbourz (fig. 1). La coupe de Shemshak ($35^{\circ} 40'N$, $50^{\circ} 10'E$) est située environ 30 km au Nord de Téhéran, à proximité du village du même nom. Les 70 échantillons prélevés intéressent les 500 mètres supérieurs de la formation, c'est-à-dire les grès supérieurs et la série charbonneuse supérieure. Les premiers sont constitués principalement d'argiles schisteuses noires et charbonneuses alternant avec des grès ou des quartzites; la seconde garde plus ou moins les même faciès mais s'enrichit en calcaire annonçant la Formation de Dalichai.

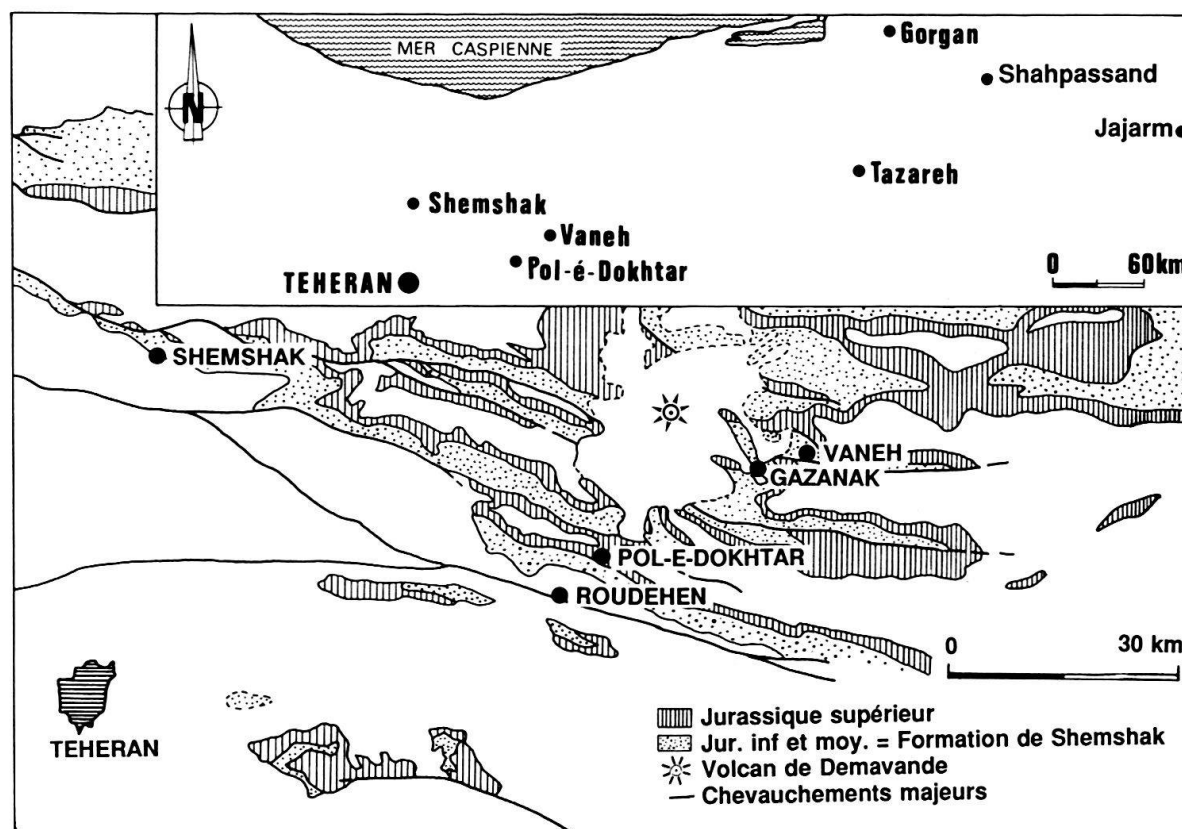


Fig. 1. Principaux affleurements de la Formation de Shemshak en Iran septentrional et localisation des coupes étudiées et citées.

Major outcrops of the Shemshak Formation in northern Iran and location of the studied sections.

La coupe de Pol-é-Dokhtar (35° 48'N, 51° 58'E) est située à l'Ouest de la route menant de Téhéran à Amal, 25 km au Nord de Roudehen. La coupe, épaisse de 450 m environ, est constituée d'alternances de pélites vert-olive à noir et de grès fins. 41 échantillons dans les niveaux pelitiques datés du Toarcien ont été prélevés.

La coupe de Vaneh (35° 54'N, 52° 16'E) se situe sur la même route que la précédente à 5 km au nord du village de Gazanak. Epaisse de 600 m, la Formation de Shemshak affleure partiellement, à la faveur d'un anticlinal, sous les tufs volcaniques holocènes du volcan de Demavande. Le cœur de cet anticlinal est fait de pélites et grès du Lias inférieur. Un niveau charbonneux (échantillon Va 85) marquerait la limite avec le Lias supérieur, qui est constitué de pélites vert-olive à noir et de grès en bancs assez massifs. 60 niveaux de pélites ont été prélevés. Il s'agit d'argiles finement micacées, souvent laminées, assez gréseuses (les quartz ayant entre 10 à 75 μm de diamètre). Les éléments charbonneux sont abondants et bien visibles en lame mince.

Analyses géochimiques

Le contenu en matière organique des niveaux pelitiques et charbonneux a été quantifié par pyrolyse Rock-Eval (ESPITALIÉ et al. 1985a, 1985b, 1986) et par pyrolyse

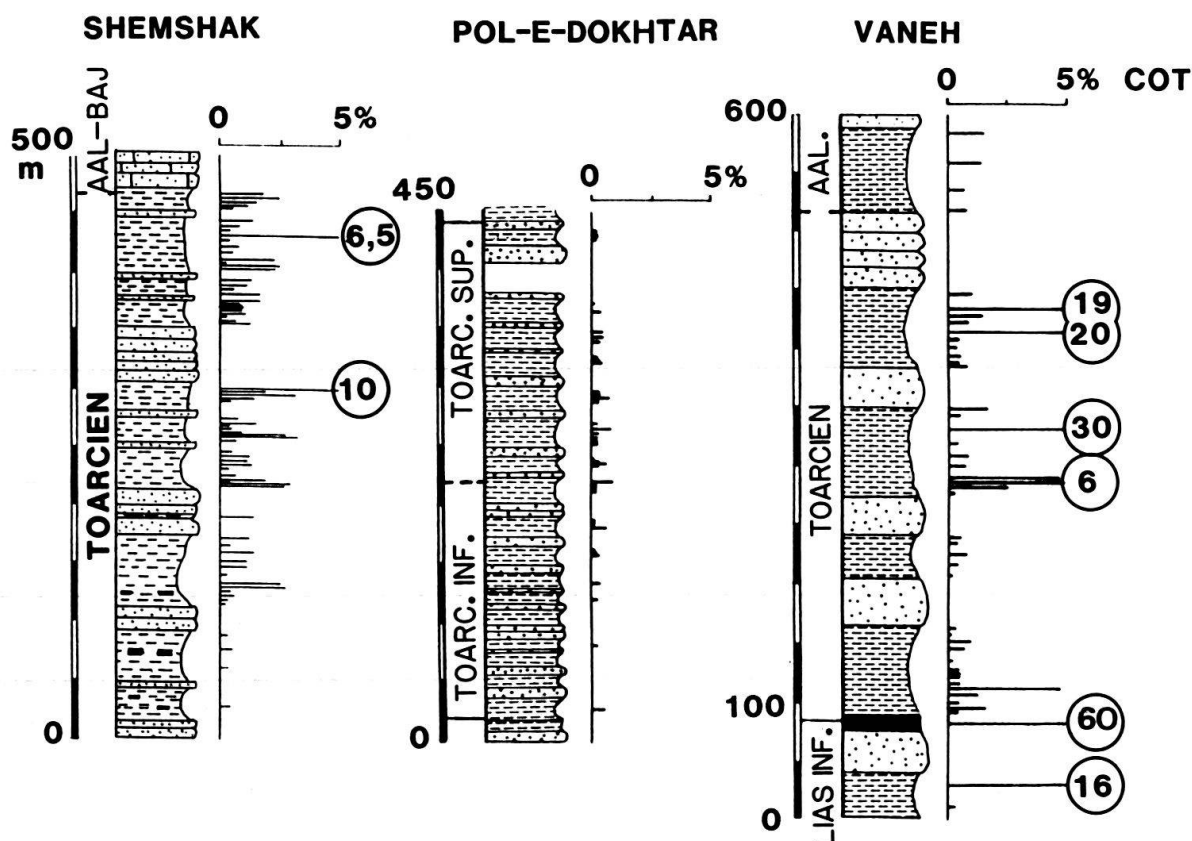


Fig. 2. Distribution verticale de la matière organique le long des trois coupes de la partie supérieure de la Formation de Shemshak. Les teneurs dépassant 5% sont indiquées dans les cercles.

Distribution of the organic matter along the three sections from the upper part of the Shemshak Formation. The circles indicate organic content up to 5%.

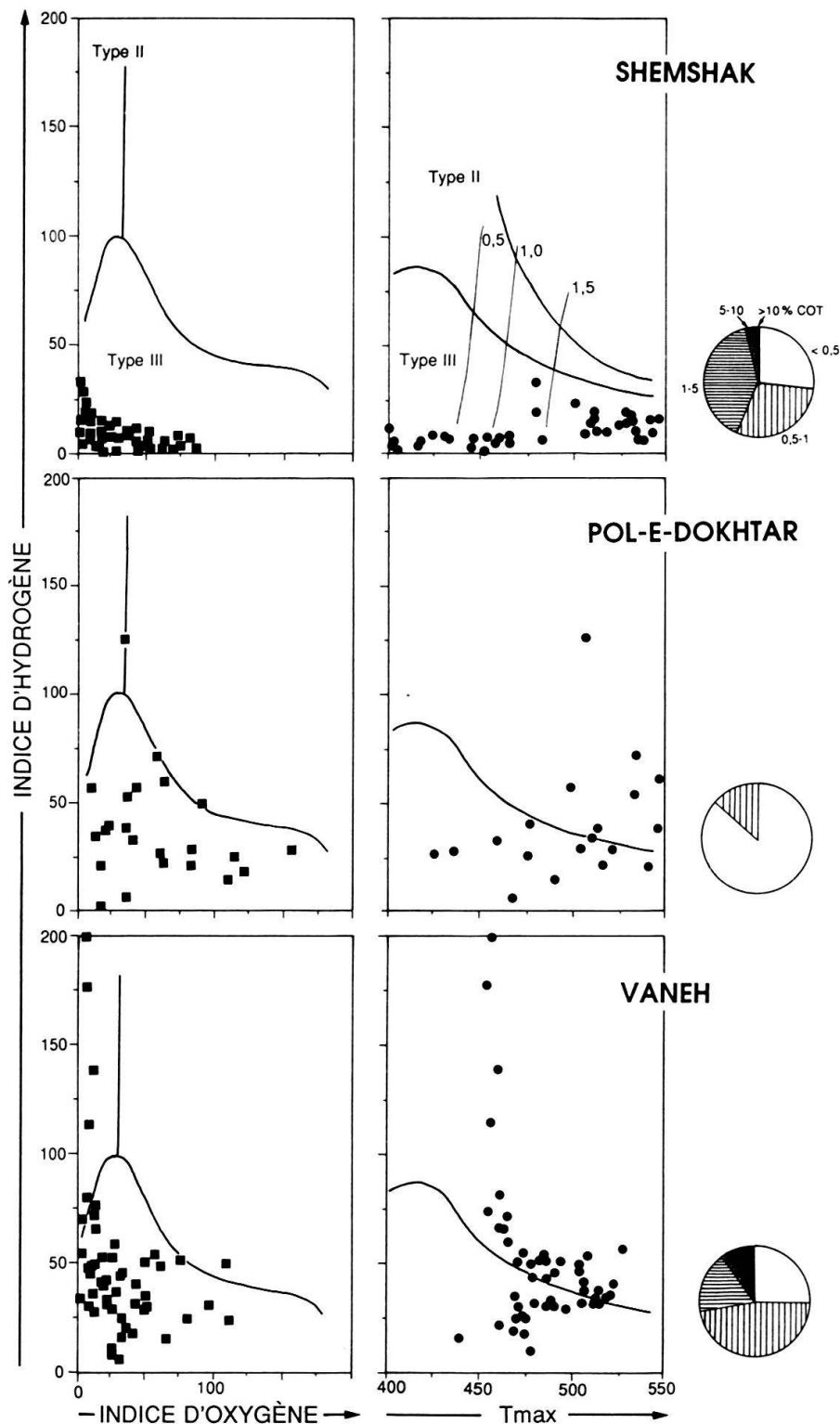


Fig. 3. Caractérisation de la matière organique de la Formation de Shemshak dans des diagrammes IH-IO et de son évolution thermique dans des diagrammes IH-Tmax. Les courbes d'isoreflectance de la vitrinite sont reportées d'après ESPITALIÉ (1986). Le camembert montre la répartition des échantillons en fonction de leurs teneurs en Carbone Organique Total (% COT).

Characterization of the organic material from the Shemshak Formation in HI-OI diagram and illustration of the thermal evolution in HI-Tmax diagram. Vitrinite isoreflectance lines are reported from ESPITALIÉ (1986). The pie graph shows the distribution of samples according to total organic carbon content.

Leco. Le degré d'évolution thermique de la matière organique est estimé par le paramètre Tmax, fourni par la pyrolyse Rock-Eval. Les caractéristiques géochimiques de la matière organique reposent sur l'analyse élémentaire de kérogènes sélectionnés dans la coupe de Vaneh et la chromatographie en phase gazeuse des hydrocarbures extraits au chloroforme.

a) *Carbonne organique total* (fig. 2)

Dans la coupe de Shemshak, les teneurs en COT (Carbone Organique Total en % de poids) varient entre 0,2 et 10% avec une moyenne de 1,5%. Les niveaux argileux de la coupe de Pol-é-Dokhtar sont relativement pauvres, les teneurs en COT y étant inférieures à 1%. Dans la coupe de Vaneh, les niveaux pélitiques montrent des COT pouvant atteindre 6%, les niveaux charbonneux variant entre 16 et 60% de COT.

b) *Maturation thermique* (fig. 3)

Les Tmax enregistrés sont très variables mais généralement compris entre 450 et 550 °C. Ces valeurs peuvent être directement comparées à d'autres indicateurs de maturité thermique comme le pouvoir réflecteur (PR) de la vitrinite (ESPITALIÉ 1986). On obtient une estimation des PR allant de 1,2 à 2%, ce qui indique une matière organique évoluée, ayant largement dépassée la fenêtre à huile.

c) *Indices d'hydrogène et analyse élémentaire des kérogènes*

Les indices d'hydrogène (IH) et d'oxygène (IO), comme les analyses élémentaires des kérogènes, situent les échantillons par rapport aux types I, II et III définis par Tissot et al. (1974). Dans un diagramme IH-IO tous les échantillons les plus riches (COT > 1%) se rattachent au type III (fig. 3), c'est-à-dire à de la matière organique continentale. Les six kérogènes, isolés par attaques acides à partir d'échantillons sélectionnés dans la coupe de Vaneh, contiennent très peu de pyrite (< 1%) et entre 3 et 8% d'autres minéraux non attaqués par HCl + HF. Les pourcentages de carbone sont très élevés: entre 71 et 83% pour des teneurs en hydrogène de l'ordre de 4% et en oxygène de 8%. Les rapports H/C et O/C sont donc faibles. Cinq de ces kérogènes se localisent dans la zone de catagénese de la matière organique sur un diagramme de Van Krevelen (fig. 4). Le kérogène extrait de l'échantillon Va 83, qui montrait le plus fort Tmax, se situe à l'extrémité des lignées II et III. Le kérogène de Va 47 se situent hors du domaine d'existence des kérogènes sur le diagramme. Bien que cet échantillon ne soit ni le plus pauvre en matière organique, ni le plus évolué d'après son Tmax, il est différent des cinq autres par sa position. Il peut s'agir d'un échantillon fortement altéré ou d'un artefact dû à la préparation du kérogène. Le fait que cet échantillon n'ait pas donné d'extrait indiquerait plutôt une altération de son contenu organique.

d) *Analyse des extraits*

Les échantillons Va 47 (pour la raison signalée ci-dessus) et Va 83 (le plus évolué) n'ont pas fourni d'extrait. Les quatre autres échantillons ont pu être analysés en chro-

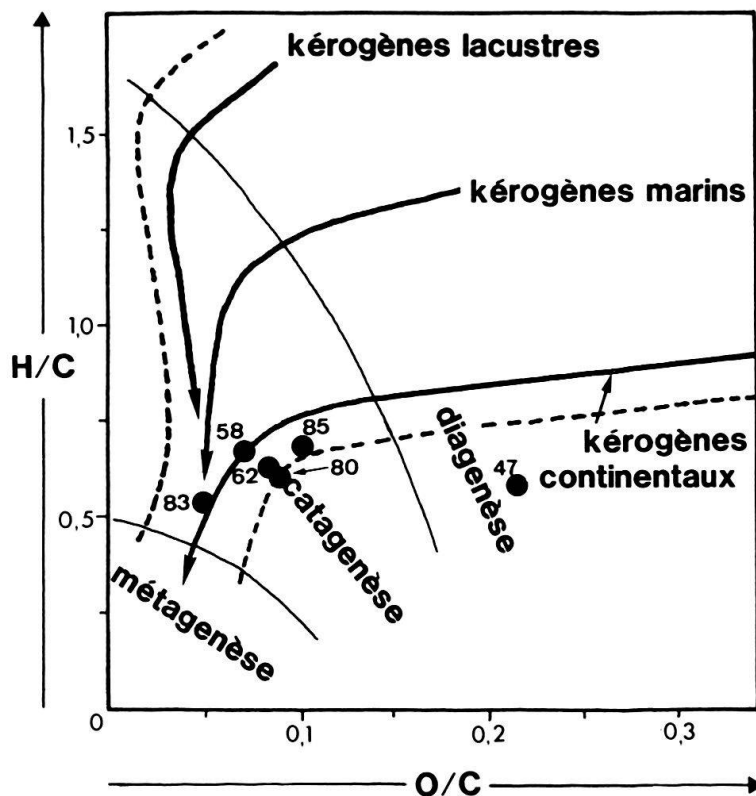


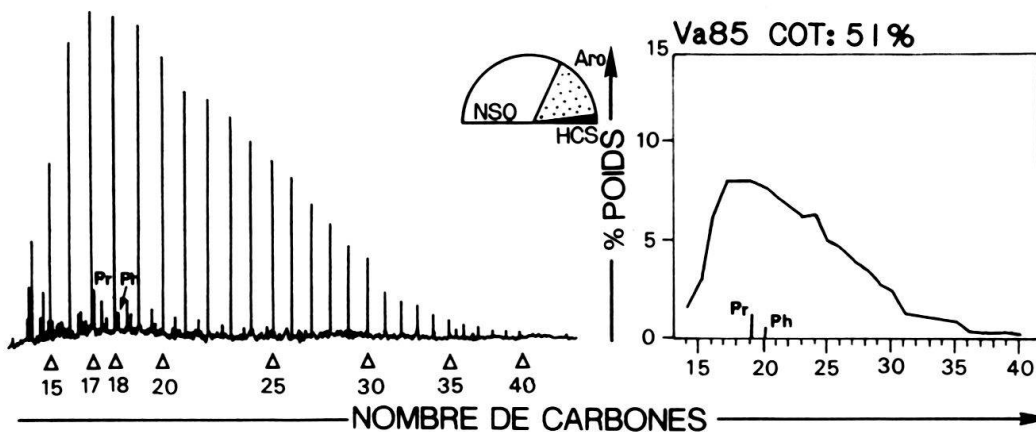
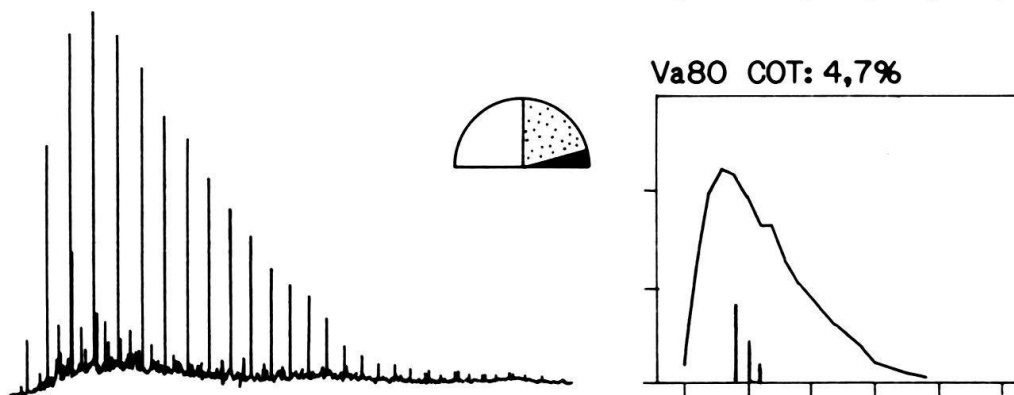
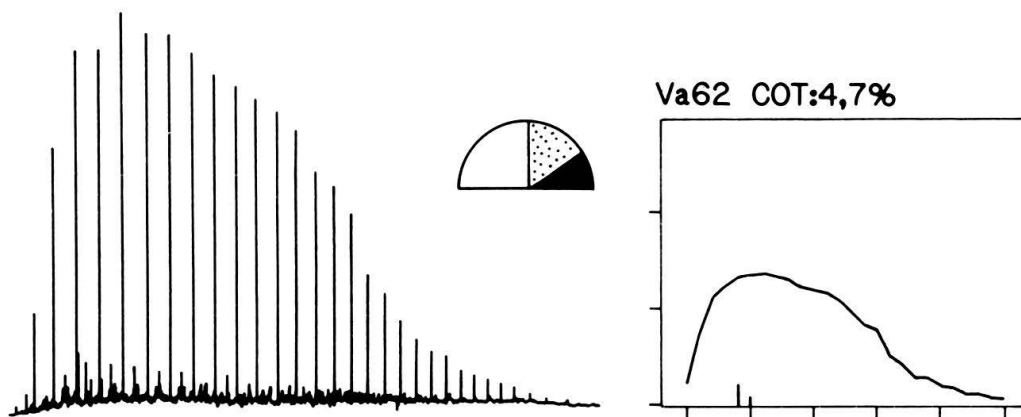
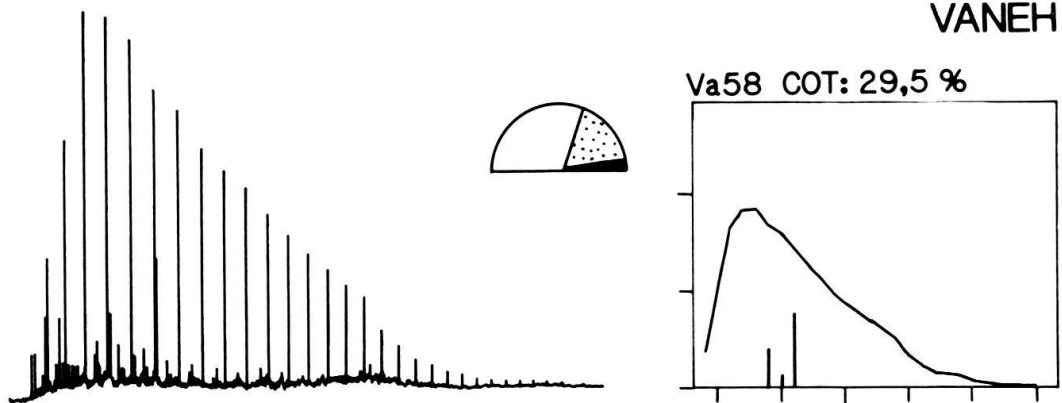
Fig. 4. Position des kérogènes de la coupe de Vaneh dans un diagramme de Van Krevelen (H/C-O/C).
 Location of the kerogen extracted from the Vaneh section in a Van Krevelen diagram (H/C-O/C).

matographie en phase gazeuse. Les pourcentages des extraits récupérés sont relativement faibles et contiennent peu d'hydrocarbures saturés (5% en moyenne). Seul Va 62 montre une fraction en hydrocarbures saturés équivalente à 20% de l'extrait. Les chromatogrammes présentent une distribution très riche en *n*-alcanes légers (< C₂₀ sans préférence paire ou impaire), et une décroissance rapide mais progressive à partir de C₂₀, ce qui semble lié principalement à l'évolution catagénétique (fig. 5). Va 62 offre une distribution plus étalée des *n*-alcanes de poids moléculaire moyen entre C₁₇ et C₂₁, puis une décroissance rapide à partir de C₂₃. Les teneurs en pristane (Pr) et phytane (Ph) sont faibles avec une légère prédominance du pristane, dont les pourcentages varient entre 1 et 4 alors que le phytane ne dépassent jamais 2%. Les rapports Pr/Ph sont voisins de 2, ce qui est fréquent pour de la matière organique de type III.

e) Nature de la matière organique amorphe

Une analyse optique succincte des kérogènes a mis en évidence l'abondance de matériel organique amorphe, associé à des éléments d'inertinite, de vitrinite, des spores et des grains de pollen. Afin d'apprécier l'origine de la fraction amorphe, des pyrolyses Rock-Eval ont été effectuées sur la portion fine (< 15 μm) et sur le kérogène brut. Ces analyses ne montrent pas de différences significatives entre les deux fractions (fig. 6).

VANEH



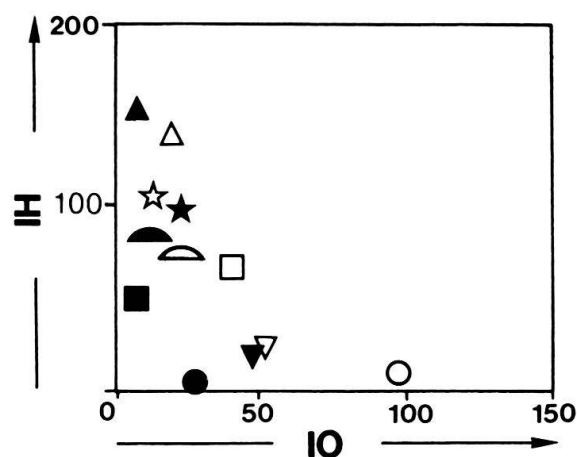


Fig. 6. Comparaison des indices d'hydrogène de la matière organique totale (symboles pleins) et de la fraction organique inférieure à 15 μm (symboles vides) correspondant à du matériel amorphe dans quelques échantillons de la coupe de Vaneh.

Relationship of the hydrogen indices between the total organic matter (packed symbols) and the amorphous organic fraction inferior to 15 μm (vacuous symbols) in selected samples from the Vaneh section.

Discussion

Malgré une forte hétérogénéité des teneurs en matière organique selon les niveaux, ce qui est général dans les séries charbonneuses, nos analyses montrent que le contenu en carbone est relativement important dans le Lias supérieur. Les niveaux pélitiques des coupes de Shemshak et de Vaneh dépassent fréquemment 1,5% et les lits charbonneux ont des COT variant entre 16 et 60%. Ces valeurs sont en accord avec celles mesurées par RAD (1982) dans l'Elbourz oriental le long des coupes de Jajarm et Shahpassand où les COT varient entre 0,2 et 15,6% avec une moyenne autour de 2,5%. Les niveaux qui ont été étudiés appartenant à l'un des membres les moins charbonneux de la Formation de Shemshak, on peut subodorer des teneurs en carbone plus importantes vers la base de cette formation.

Les Ammonites (ASSERETO et al. 1968, HASSANZADEH-BAHRAM 1976, CHAYESTEH 1978, SALEHI-RAD 1979, RAD 1986) et les Lamellibranches (FANTINI-SESTINI 1966, CHAYESTEH 1978) attestent d'influences marines certaines dans ces coupes. Il est étonnant qu'aucun matériel organique d'origine marine n'ait été mis en évidence par nos analyses: les indices d'hydrogène, les analyses élémentaires des kérogènes et les chromatographies des extraits indiquent tous une origine continentale de la matière organique dans la partie supérieure de la Formation de Shemshak. L'abondance du maté-

Fig. 5. Chromatogrammes des hydrocarbures saturés extraits des échantillons sélectionnés dans la coupe de Vaneh. Extraction au chloroforme et séparation de la fraction C_{15+} par chromatographie en phase gazeuse effectuée sur un Varian 3500 gas. Pr: Pristane, Ph: Phytane, HCS: hydrocarbures saturés, Aro: fraction aromatique, NSO: composés azotés, soufrés et oxygénés.

Chromatograms of the saturated hydrocarbons extracted with chloroform from selected samples in the Vaneh section. Powered rock were Soxhlet extracted with purified chloroform. Capillary-gas chromatography separation of the C_{15+} aliphatic fraction was accomplished on a Varian 3,500 gas chromatograph fitted with a quartz column (2 x 0.5 mm i.d.). Pr: Pristane, Ph: Phytane, HCS: saturated hydrocarbons, Aro: Aromatic hydrocarbons, NSO: nitrogen, sulfur and oxygen compounds.

riel organique amorphe dans les préparations pouvait laisser suspecter une contribution phytoplanctonique même restreinte. Les analyses comparatives de la matière organique totale et de la fraction amorphe battent en brèche cette hypothèse. Il s'agit sans doute d'une altération d'origine thermique qui a favorisé la dégradation du matériel sporopollinique originel en une purée floconneuse. Seul RAD (1982) fait mention de deux échantillons présentant des concentrations inhabituelles en C_{17} qui seraient dues à un remaniement de matériel organique algaire. Or ces deux échantillons contiennent une faible quantité de matière organique, respectivement 0,39 et 0,55% de COT. L'interprétation des chromatogrammes d'hydrocarbures extraits de si faibles quantités de matériel organique requiert une grande prudence. Par ailleurs on ne peut exclure que ces concentrations exceptionnelles en C_{17} dérivent de la décarboxylation de chaînes de longueur supérieure.

L'absence de matière organique marine dans le Lias supérieur de la Formation de Shemshak pourrait s'expliquer par un milieu de sédimentation relativement oxydant. Des eaux de fonds, peu appauvries en oxygène, ont permis la dégradation du matériel organique marin – relativement fragile – alors que la matière organique d'origine terrestre – plus résistante à l'oxydation – était moins dégradée. De plus le taux de sédimentation important (80 m/Ma) a permis une incorporation rapide des débris carbonneux dans le sédiment, les mettant ainsi à l'abri d'une altération plus intense.

CHAYASTEH (1978) et RAM (1978) ont étudié la Formation de Shemshak dans la région de Tazareh (fig. 1). Leurs analyses du contenu macéral des veines de charbon du Lias supérieur indiquent que la matière organique est essentiellement constituée de matériel humique, de vitrinite et d'inertinite, ainsi que de rares spores et grains de pollens. Des mesures de pouvoir réflecteur de la vitrinite sur plusieurs veines carbonneuses leur ont donné des valeurs s'échelonnant entre 0,7 et 1,5%. Ces valeurs indiquent une évolution thermique nettement inférieure à celle que nous avons mise en évidence en Elbourz central où les T_{max} mesurés correspondraient à des pouvoirs réflecteurs qui atteignent souvent 2%. RAD (1982), se fondant sur plusieurs critères géochimiques, indique également une évolution thermique faible dans l'Elbourz oriental. En première hypothèse, on pourrait penser que l'édifice volcanique holocène du Demavand qui recouvre une partie des affleurements de la région est à l'origine de cette forte carbonisation. Mais les influences du volcanisme sur la maturation de la matière organique sont généralement limitées aux quelques mètres proches du contact lave-sédiment (CORREIA & MAURY 1975). Comme l'épaisseur de la série sédimentaire autochtone au dessus de la Formation de Shemshak ne semble pas particulièrement différente entre Elbourz central et oriental, seule la proximité des fronts de chevauchement paraît le facteur discriminant. La coupe de Shemshak, située au contact d'un front de chevauchement, montre les T_{max} les plus forts, ce qui laisse supposer que la tectonique a pu jouer un rôle primordial dans la maturation de ces séries. Lors de la phase de charriage oligocène (STÖCKLIN 1974), la Formation de Shemshak a dû être enfouie sous d'épais terrains allochtones, ce qui a provoqué l'augmentation brutale de la température et la surmaturation de la matière organique. Ce n'est pas le cas dans l'Elbourz oriental (Tazareh, Shahpassand, Jajarm) où les déformations sont moins importantes. Le rôle des charriages dans la maturation de la matière organique a déjà été invoqué pour d'autres bassins (CRUMIÈRE et al. 1988, LADWEIN 1988, TRIBOVILLARD & STÉPHAN 1989).

Potentiel en hydrocarbures

Outre leur intérêt comme combustibles, les charbons humiques sont aussi des roches-mères potentielles d'hydrocarbures. Bien que leur aptitude à fournir des hydrocarbures soit faible, leurs fortes teneurs leur confèrent des potentialités intéressantes. DURAND et al. (1983) ont montré qu'ils étaient également producteurs d'hydrocarbures liquides et pouvaient être à l'origine d'importants gisements de pétrole. Si la série de Pol-é-Dokhtar a une faible potentialité pétrolière, celles de Vaneh et de Shemshak peuvent fournir en moyenne 4 kg d'hydrocarbures par tonne de roche. Les niveaux charbonneux les plus favorables atteignent 80 kg d'hydrocarbures/t roche. Or les grès supérieurs de la Formation de Shemshak paraissent plutôt pauvres en charbon. Les séries du Lias inférieur, plus riches en veines de charbon laissent présager des potentialités plus fortes. Dans l'Est de l'Elbourz où la matière organique est encore immature, les expériences d'expulsion d'hydrocarbures donnent 31% en poids d'huiles par rapport au poids du kérogène initial (RAD 1982). SALEHI-RAD (1979) souligne l'existence d'imprégnations d'huiles dans la région de Gorgan, qui ont retenu l'attention de la *National Iranian Oil Company*. Mais le problème principal est l'absence de pièges potentiels par suite du soulèvement de la chaîne et de l'intense érosion qui a détruit la plupart des structures.

Conclusions

(1) Le Lias supérieur qui affleure dans la chaîne de l'Elbourz central est assez riche en matière organique d'origine continentale: de 0,2 à 60% de COT avec une teneur moyenne de 2%.

(2) Malgré le caractère marin indiscutable du Lias supérieur de la Formation de Shemshak, aucune contribution organique d'origine marine n'a pu être mise en évidence. Ceci s'expliquerait par un milieu de sédimentation défavorable à la conservation de la matière organique marine, plus labile que celle d'origine terrestre.

(3) L'évolution thermique des coupes d'Elbourz central serait due à la compression tectonique plutôt qu'à une anomalie thermique locale liée au volcanisme holocène.

(4) L'épaisseur importante de la Formation de Shemshak (1000 à 3000 m) et son extension sur près de 3000 km (de la Turquie orientale à l'Afghanistan), sa richesse en matière organique et l'existence de réservoirs gréseux nombreux, en font certainement une formation intéressante d'un point de vue pétrolier.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien financier du groupement scientifique «Téthys». Nous tenons à remercier M. Fallahi pour sa collaboration lors du lever des coupes. Les analyses géochimiques ont été effectuées à l'Institut français du Pétrole et leur interprétation a été facilitée par nos discussions avec M. Vandenbroucke et J-P. Herbin. Nous remercions J. Dercourt et E. Fourcade pour leurs conseils ainsi que G. Stampfli et N. Tribouillard pour leur critiques constructives du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSERETO, R. 1966: The jurassic Shemshak Formation in Central Elburz (Iran). Riv. ital. Paleon. 72, 1133-1182.
ASSERETO, R., BARNARD, P.D.W. & FANTINI-SESTINI, N. 1968: Jurassic Stratigraphy of Central Elburz (Iran). Riv. ital. Paleon. 74, 3-21.

- BAUDIN, F. 1989: Caractérisation géochimique et sédimentologique de la matière organique du Toarcien téthysien (Méditerranée, Moyen-Orient). Significations paléogéographiques. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie et Mémoire des Sciences de la Terre, Paris.
- BAUDIN, F., HERBIN, J-P., BASSOULLET, J-P., DERCOURT, J., LACHKAR, G., MANIVIT, H. & RENARD, M. 1990: Distribution of Organic Matter during the Toarcian in the Mediterranean Tethys and Middle East. *In: Deposition of organic rich facies* (Ed. by HUC, A.Y.). Amer. Assoc. Petroleum Geol. Studies in Geology 30, 73–91.
- CHAYESTEHE, T. 1978. Etude sédimentologique et stratigraphique de la formation charbonneuse de Shemshak (Trias supérieur, Jurassique inférieur et moyen) de la région de Tazareh, Elbourz oriental, Iran. Thèse Docteur-Ingénieur, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- CORREIA, M. & MAURY, R. 1975: Effets thermiques, minéralogiques et chimiques de l'intrusion d'un dyke basaltique dans le Toarcien des Causses. *Bull. Centre Rech. et Explo. Pau* 9, 245–259.
- CORSIN, P. & STAMPFLI, G. 1977: La Formation de Shemshak dans l'Elbourz oriental (Iran). *Flore-Stratigraphie-Paléogéographie. Géobios* 10, 509–571.
- CRUMIÈRE, J-P., PASCAL, F. & ESPITALIÉ, J. 1988: Evolutions diagénétiques comparées de la matière organique et des argiles. Influence de l'enfouissement normal et d'une anomalie thermique par surcharge des nappes alpines (Crétacé subalpin de Haute-Provence, France). *C.R. Acad. Sci.* 306, 493–498.
- DURAND, B., PARRATTE, M. & BERTRAND, PH. 1983: Le potentiel en huile des charbons: une approche géochimique. *Rev. Inst. Franç. Pétrole* 38, 709–721.
- ESPITALIÉ, J. 1986: Use of Tmax as a maturation index for different types of organic matter. Comparison with vitrinite reflectance. *In: Thermal modelling in Sedimentary Basin* (Ed. by BURRUS, J.). Edition Technip, 475–496.
- ESPITALIÉ, J., DEROO, G. & MARQUIS, F. 1985a: La pyrolyse Rock-Eval et ses applications (I). *Rev. Inst. Franç. Pétrole* 40, 563–579.
- 1985b: La pyrolyse Rock-Eval et ses applications (II). *Rev. Inst. Franç. Pétrole* 40, 755–784.
- 1986: La pyrolyse Rock-Eval et ses applications (III). *Rev. Inst. Franç. Pétrole* 41, 73–89.
- FANTINI-SESTINI, N. 1966: The Geology of Upper Djadgerud and Lar valleys. Paleontology. Upper Liassic Molluscs from Shemshak Formation. *Riv. ital. Paleon.* 72, 795–852.
- HASSANZADEH-BAHRAM, B. 1976: Etude sédimentologique, pétrographique et biostratigraphique de la Formation de Shemshak dans la région d'Emamzadeh-Hashem (Elburz central). Thèse de la Faculté des Sciences de Téhéran.
- LADWEIN, H.W. 1988: Organic geochemistry of Vienna basin: Model for hydrocarbon generation in overthrust belts. *Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull.* 72, 586–599.
- RAD, F.K. 1982: Hydrocarbon potential of eastern Alborz region, NE Iran. *J. Petr. Geol.* 4, 419–435.
- 1986: A jurassic delta in the eastern Alborz, NE Iran. *J. Petr. Geol.* 9, 281–294.
- RAM, M.H. 1978: Etude pétrographique et aperçu palynologique du charbon de Tazareh (Elburz oriental – Iran). Thèse troisième cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- SALEHI-RAD, M. 1979: Etude palynologique de la région de Gorgan (Alborz oriental, Iran). Thèse de troisième cycle de l'Université Paris Sud, Orsay.
- STAMPFLI, G.M. 1978: Etude géologique générale de l'Elbourz oriental au Sud de Gonbad-e-Qabus, NE Iran. Thèse de l'Université de Genève No. 1868.
- Stöcklin, J. 1974: Northern Iran, Alborz Mountain. *In: Mesozoic-Cenozoic orogenic belts* (Ed. by SPENCER, A.M.). *Geol. Soc. London Spec. Publ.* 4, 213–234.
- TISSOT, B., DURAND, B., ESPITALIÉ, J. & COMBAZ, A. 1974: Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum. *Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull.* 58, 499–506.
- TRIBOVILLARD, N-P. & STEPHAN, J-F. 1989: Surmaturation des black shales crétacés des Andes de Mérida (Vénézuéla): rôles respectifs de l'enfouissement sédimentaire et des charriages d'âge éocène. *C.R. Acad. Sci.* 309, 2085–2091.
- VOZENIN, C. & TAUGOURDEAU, J. 1985: La flore de la formation de Shemshak (Rhétien à Bajocien – Iran): rapport avec les flores contemporaines. Implications paléogéographiques. *Bull. Soc. Géol. France* 5, 663–678.

Manuscrit reçu le 1 mars 1991

Révision acceptée le 22 mai 1991