

Institut Français
du Pétrole

recherches
et
témoignages

C. SALLÉ J. DEBYSER

*Formation
des gisements
de pétrole*

*Etude des phénomènes
géologiques fondamentaux*



idc1487

ÉDITIONS TECHNIP

Institut Français
du Pétrole

recherches
et
témoignages

GL 57



C. SALLÉ J. DEBYSER

avec la collaboration de

C. BOIS B. DURAND R. PELET

M. POULET B. TISSOT

pour l'Institut Français du Pétrole



A. CHIARELLI R. CUSSEY R. ELLOY

J.L. RUMEAU P. SAUVAN C. SOURISSE

L. SULPICE

pour Elf-Aquitaine

Idc 1487 $\frac{1}{1}$

Formation des gisements de pétrole

*Etude des phénomènes
géologiques fondamentaux*



idc1487

1976

ÉDITIONS TECHNIP 27 RUE GINOUX 75737 PARIS CEDEX 15

technip

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	V
------------------------	---

RAPPEL DES FAITS ACQUIS

1. LE PÉTROLE	1
2. LE CADRE GÉOLOGIQUE	5
Le relief	5
Le climat	6
3. LES ÉTAPES DE LA FORMATION D'UN GISEMENT	8
4. LA RECHERCHE APPLIQUÉE A L'EXPLORATION	17

RECONSTITUTION DU CADRE PALÉOGÉOGRAPHIQUE

I.1. INTRODUCTION	23
I.2. L'APPROCHE ÉCOLOGIQUE	24
I.2.1. Introduction	24
I.2.2. Exemple de reconstitution d'un milieu carbonaté	25
a. Méthodes d'étude	25
b. Résultats et interprétations	26

I.3.	L'APPROCHE MINÉRALOGIQUE ET GÉO-CHIMIQUE	28
I.3.1.	Introduction	28
I.3.2.	Recherches préliminaires sur le bassin de Paris	31
	a. Méthodes d'étude	32
	b. Résultats et interprétations	33
	<i>Influence de la composition pétrographique</i>	<i>33</i>
	<i>Influence du milieu</i>	<i>34</i>
I.3.3.	Annexe : le traitement des données	35
I.3.4.	Exemples d'application des éléments en traces à l'exploration pétrolière, réalisée à la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (SNPA)	37
	a. Introduction	37
	b. Exemples d'application	39
	<i>Série carbonatée péirécifale : le Dévonien de l'Alberta (Canada)</i>	<i>39</i>
	<i>Série argilo-carbonatée de plate-forme : le Crétacé moyen à supérieur d'Espagne du Nord</i>	<i>44</i>
	<i>Série argilo-sableuse avec apports volcaniques : Crétacé-Tertiaire du Mozambique</i>	<i>45</i>
	c. Conclusions	47
	Bibliographie	48
I.4.	L'APPROCHE SÉDIMENTOLOGIQUE	48
I.4.1.	Les problèmes d'échelle et la caractérisation des conditions de sédimentation	48
I.4.2.	Les méthodes d'étude	56
I.4.3.	Les résultats	57
	a. Les grandes nappes d'épandage fluviale au Paléozoïque inférieur	57
	b. Les phases glaciaires de l'Ordovicien	60
	<i>L'érosion glaciaire</i>	<i>60</i>
	<i>Les sédiments glaciaires</i>	<i>60</i>
	c. L'évolution paléogéographique du Sahara au Paléozoïque inférieur	62
I.4.4.	Conclusions	62
I.5.	CONCLUSIONS GÉNÉRALES	66

II DE LA MATIÈRE ORGANIQUE AU PÉTROLE

II.1.	L'ACCUMULATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LES SÉDIMENTS	69
II.1.1.	Le cycle du carbone	69
II.1.2.	Unité de plan biochimique des êtres vivants	73
II.1.3.	Organismes et associations naturelles	74
II.1.4.	Facteurs contrôlant la répartition de l'activité biologique et de la matière organique dans l'hydrosphère	75
	a. La productivité organique dans les eaux	76
	b. La destruction de la matière organique	78
II.1.5.	La matière organique dans les sédiments actuels	81
II.2.	LA TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE EN PÉTROLE	85
II.2.1.	Introduction	85
II.2.2.	L'influence de la température et de la pression	85
	a. Les observations sur le Toarcien inférieur du bassin de Paris	85
	<i>Le choix du Toarcien, le cadre géologique</i>	<i>85</i>
	b. L'analyse des échantillons	87
	c. Résultats et interprétation	88
	d. Les vérifications expérimentales	92
II.2.3.	L'influence de la nature de la matière organique	94
	a. Évolution du kérogène	94
II.2.4.	La simulation sur ordinateur	98
	a. L'établissement d'un schéma réactionnel	98
	b. Le modèle mathématique	100
II.2.5.	L'application à la prospection	105
	a. La recherche des zones favorables dans un bassin	105
	b. La comparaison entre l'âge de la formation du pétrole et l'âge des pièges	108
II.2.6.	Conclusions	108

II.3.	L'INFLUENCE DES FACTEURS GÉOLOGIQUES SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PÉTROLES DANS LES GISEMENTS	109
II.3.1.	Introduction	109
II.3.2.	L'analyse géochimique d'un pétrole	111
II.3.3.	La technique de prélèvements et la représentativité de l'échantillon	113
II.3.4.	L'application aux gisements du centre du bassin de Paris	115
	a. Le cadre géologique	115
	b. Résultats et interprétation des analyses	117
	<i>Les pétroles du Dogger</i>	118
	<i>Le pétrole du Portlandien</i>	123
	<i>Le pétrole du Néocomien</i>	123
II.3.5.	Conclusions	125
	BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE	127

III

L'ACCUMULATION DU PÉTROLE

III.1.	GÉNÉRALITÉS SUR LES PHÉNOMÈNES DE MIGRATION	129
III.1.1.	Introduction	129
III.1.2.	La migration primaire	130
	a. Les phénomènes d'adsorption	130
	b. Les mécanismes d'expulsion	132
	c. Relations entre la compaction et la migration primaire en phase aqueuse	133
	<i>Les fluides vecteurs de la migration primaire en phase liquide</i>	133
	<i>Défaut de migration primaire par sous-compaction prolongée des roches mères</i>	135
	<i>Les contrastes de pression dans une série en cours de compaction; leur rôle dans la concentration de la matière organique mobile</i>	138
	<i>Détection des sous-compactions révolues; mise en évidence des couvertures précoces</i>	140



Table des matières

	<i>Conservation des gaz de diagenèse précoce en sédimentation paralytique</i>	141
	<i>Chronologie des phénomènes de migration et de maturation thermique</i>	143
	Bibliographie	144
III.1.3.	La migration secondaire	145
III.1.4.	Conclusions générales	145
III.2.	LE RÉSERVOIR	146
III.2.1.	Introduction générale	146
	a. Les conditions de sédimentation	147
	b. La pression	148
	c. La diagenèse	148
	d. La fracturation	148
III.2.2.	Les réservoirs détritiques du Sahara	149
	a. Introduction	149
	b. Analyse des hétérogénéités dans un réservoir sableux continu (réservoir d'Hassi-Messaoud)	150
	c. Analyse des hétérogénéités dans un réservoir sableux discontinu (réservoir de Zarzaitine)	154
	d. Un réservoir formé par des dépôts glaciaires : gisement ordovicien de Tin Fouyé	158
	<i>Les faciès et leur interprétation</i>	162
	<i>L'application au gisement</i>	166
III.2.3.	Les réservoirs carbonatés	168
	a. Introduction	168
	b. Le réservoir récifal de Rainbow	170
	<i>Localisation</i>	170
	<i>Notion de séquence écologique</i>	175
	<i>Conclusion</i>	177
	c. Le réservoir calcaréo-dolomitique	177
	<i>Exemple d'une dolomie pénécontemporaine : le réservoir dolomitique de Meillon (bassin d'Aquitaine)</i>	177
	d. Un exemple méthodologique : l'étude des dépôts carbonatés du Jurassique moyen dans le bassin de Paris	181
	<i>Définition de l'étude</i>	182
	<i>L'analyse : ses différentes phases</i>	183

	<i>La synthèse</i>	193
	<i>Résultats et conclusions</i>	194
III.3.	CONCLUSIONS. LES PIÈGES	195
III.3.1.	La notion de piège. Son importance en exploration	195
III.3.2.	La formation des pièges	196
	Les facteurs structuraux	196
	Les facteurs stratigraphiques ou sédimentologiques	196
	Les facteurs hydrodynamiques	198
III.3.3.	Travaux de recherche en géologie structurale	198
	a. Sujets retenus	198
	b. Disciplines mises en œuvre	200
	c. Conclusions	200

IV

CONTRIBUTION DE LA GÉOLOGIE DES FLUIDES A LA CONNAISSANCE D'UN BASSIN SÉDIMENTAIRE ET A L'EXPLORATION PÉTROLIÈRE

IV.1.	QUELQUES NOTIONS FONDAMENTALES DE GÉOLOGIE DES FLUIDES	202
IV.1.1.	Place de l'hydrodynamisme dans les processus de piégeage et de migration des hydrocarbures	203
	a. Existence d'un potentiel hydraulique. Ses causes	203
	b. Influence de l'hydrodynamisme sur l'équilibre des accumulations d'hydrocarbures	204
	c. Influence de l'hydrodynamisme sur la migration des hydrocarbures	205
IV.1.2.	Interaction des eaux souterraines et des hydro- carbures	205
	a. Action des eaux souterraines sur les hydrocarbures	205
	<i>La dissolution</i>	205
	<i>La dégradation</i>	206
	b. Action des hydrocarbures sur les eaux souterraines	206
	<i>La réduction des sulfates</i>	206
	<i>La mise en solution des composés présents dans les hydrocarbures</i>	206

Table des matières

IV.2.	EXEMPLES D'APPLICATION DE LA GÉOLOGIE DES FLUIDES A CERTAINS PROBLÈMES D'EXPLORATION PÉTROLIÈRE	207
IV.2.1.	Le bassin du Rio-del-Rey (Cameroun)	207
	a. Cadre géologique	207
	b. Étude des phénomènes de sous-compaction des argiles et de hautes pressions à l'aide des diagraphies différencées	207
IV.2.2.	Le bassin de Douala (Cameroun)	212
	a. Cadre géologique.	212
	b. Cadre hydrodynamique	212
IV.2.3.	Le Sahara algérien oriental	215
	a. Cadre géographique et géologique.	215
	b. Hydrogéologie des réservoirs paléozoïques.	216
	c. Utilisation des études hydrologiques à des fins pétrolières.	219
	<i>Définition d'ensembles « réservoir »</i>	<i>219</i>
	<i>Evaluation de prospects pétroliers à l'échelle régionale</i>	<i>220</i>
	<i>L'exploration secondaire de secteurs régionalement connus</i>	<i>220</i>
IV.3.	CONCLUSION GÉNÉRALE	224

V L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS, LA SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE

V.1.	LE GISEMENT D'HYDROCARBURES	227
V.2.	LA SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE, DÉMARCHE FONDAMENTALE DE L'EXPLORATION PÉTROLIÈRE	230
V.3.	LE RÔLE DE L'ANALOGIE DANS LA SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE	233

Table des matières

V.4. **ESSAI D'UTILISATION RATIONNELLE DE
L'ANALOGIE : LES ZONES PÉTROLIÈRES.** 234

VI **CONCLUSIONS :
RÔLE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE GÉOLOGIQUE
EN EXPLORATION** 237