

Les diagraphies réalisées dans la série sédimentaire du forage de Sancerre-Couy

Raymond MILLON ⁽¹⁾, Claude LORENZ ⁽²⁾

Mots-clés : Diagraphie, Permien, Trias, Jurassique, Sondage profond.
Cher département (Sondage GPF Sancerre-Couy), Bassin parisien.

Un éventail très complet de diagraphies (électriques, nucléaires, magnétiques) a été réalisé dans la partie sédimentaire des forages 1 et 1 bis de Sancerre-Couy (voir tableau de la figure 11, en fin du premier chapitre).

Elles ont été faites en trois étapes :

- de 20 à 450 m dans le forage 1 en octobre 1986 ;
- de 450 à 1 200 m dans le forage 1 en avril 1987 ;
- de 200 à 990 m dans le forage 1 bis en mai 1987.

Ces diagraphies ont fourni un grand nombre d'informations dont le log composite (4 diagraphies), présenté en fin du premier chapitre, ne donne qu'une faible idée, à cause de l'échelle adoptée.

Résultats principaux

Les propriétés physiques (résistivité, vitesse sismique, rayonnement gamma naturel, densité, susceptibilité magnétique) des différents faciès lithologiques sont présentées dans les tableaux A et B (R. Millon et C. Lorenz, 1988). Le log composite montre quelques aspects caractéristiques des divers faciès, et notamment :

- l'homogénéité des marnes toarciennes et leur radioactivité assez élevée ;
- la forte vitesse sismique et, par conséquent, la bonne compacité du calcaire de Dejointes (175,7-183,2 m), et des calcaires sinémuriens et surtout hettangiens ;
- l'hétérogénéité des formations permo-triasiques (grès, argile, anhydrite) où quelques contacts lithologiques contrastés apparaissent nettement (559,6 m ; 601 m ; 672 m ; 750 m ; 701,4 m) ;

et, évidemment, le contact entre le socle et les terrains sédimentaires sus-jacents.

Nous illustrons l'apport des diagraphies par quatre exemples :

Pic-repères pour certains niveaux stratigraphiques

Le sommet du Calcaire de Dejointes : sommet du Bajocien inférieur à base du Bajocien supérieur :

Sur les diagraphies, au-dessous de petits pics assez réguliers correspondant aux alternances de marnes et de calcaires du Bajocien supérieur, le niveau à oolites ferrugineuses est souligné par un pic important vers 175 m, fortement marqué sur toutes les diagraphies (A sur la figure 1). Ce pic, qui peut être attribué au sommet du Bajocien inférieur ou à l'extrême base du Bajocien supérieur, se retrouve sur la plupart des diagraphies de sondages et l'on peut admettre qu'il marque un « Bajocien moyen » au sens large, englobant le sommet du Bajocien inférieur et la base du Bajocien supérieur, cet ensemble étant peu épais.

Sur les diagraphies électriques, un pic large correspond au sommet du Calcaire de Dejointes (-175,70 m à 183,20 m) plus résistant électriquement et mécaniquement. Sur les enregistrements de radioactivité naturelle (Gamma ray) un pic étroit, au sommet de l'ensemble calcaire, est dû à la présence d'oolites phosphatées.

Au-dessous, l'amplitude des pics décroît régulièrement dans l'Aalénien puis les courbes deviennent irrégulières dans le sommet du Toarcien au niveau des marnes et calcaires à Gryphées. Ce changement a été pris habituellement comme limite entre le Toarcien et l'Aalénien alors qu'il correspond à une variation lithologique au sein du Toarcien supérieur.

Le pic des schistes-cartons : Toarcien inférieur (élevé)

Un autre pic étroit est très bien marqué sur les trois diagraphies (négatif sur le Gamma-ray, positif sur la

(1) BRGM, SGN/Département Géophysique, Orléans.

(2) Université P. et M. Curie, CNRS-URA 1315, Département de Géotectonique, Paris.

DIVISIONS LITHOSTRATI- GGRAPHIQUES	LITHOLOGIE	PROFONDEURS	RESISTIVITE (Ωm)	VITESSE (km/s)	RAYONNEMENT GAMMA (API)	DENSITE	SUSCEPTIBILITE MAGNETI- QUE (10 ⁻⁵ USI)		
MARNES ET CALCAIRES ARGILEUX (Bathonien moyen et supérieur)	21 à 61 : marno-calcaires gris sombre 30,2 à 31,2 passées calc. claires 49,2 à 50,3 filonnets de calcite 61 (env.) à 67 : marno-calc. à passées calcaires 67 à 72,5 : idem + indurés 72,5 à 77,4 marno-calc. plus claires 77,4 à 82,7 idem avec passées calc. 82,7 à 89 : marno-calcaires 89 à 102 : idem à passées calcaires 102 à 117,5 : marnes 117,5 à 118,5 : deux niveaux calcaires 118,5 à 124,5 : marnes	21 - 30 30 - 42 42 - 49 49 - 55 55 - 61 61 - 67 67 - 73 73 - 83 83 - 89 89 - 102 102 - 113,5 113,5 - 117 118 118 - 125	20 25 : pics { 31 m = 38 Ωm 32,5 = 30 Ωm 20 14 14 : pics { 62,5 m = 27 Ωm 67 m = 30 Ωm 10-13 7-8 8-10 6,5 6 pic 15 7-8	2,7 3,4 3,2 2,75 2,8 = 55 m = 3 km/4 2,5 3,3 3,5 2,5-3 2,35-2,7 2,4 - 2,8 2,5 2,35 3,1 2,4 - 2,6	40 35 40 53 33-45 47 40 45	2,44 2,47 2,45 2,47 2,43 } = 2,5-6,3 m 2,4 2,35 2,37 2,34 2,3 2,45 2,34	10 6 8 7 8 10 10		
	EQUIVALENT DU CALCAIRE DE NERBONDES (Bathonien inférieur)	124,5 - 134 : marnes à passées calc. 132,5 - 134 134 - 135 : niveau calcaire	125-132 132-134 134-135	10-12 20	2,9 3-3,8	36 32 60	2,4 - 2,45 } 2,45-2,5	7 5	
		MARNES ET CALCAIRES ARGILEUX (Bajocien)	135 - 175,3 : marnes et marno- calcaires	135-170 170-175,7	2,7	50 40	2,3 - 2,45	6 pic 139 m = 16	
	CALCAIRE DE DEJOINTES (Bajocien Aalénien)	175,7 à 176,1 : calcaires à oolites ferr. et pyrite	176			100		65	
		176-183,80 : calc. graveleux à pyrite 183,20 : surface perforée	176-185	100-200	4,7	20-25	2,5 - 2,6	176-181 m = 5	
	MARNES ET ARGILES NOIRES MICACEES (Toarcien infé- rieur et moyen)	183,2 - 195,4 : calcaires gris à passées marnes noires	185-195,5	50 + 25	3,8 + 3,4	30-60	2,4 - 2,7	181-193 m = 2 193-195 m = 5	
		195,4 - 198,3 : marnes micacées noires à passées de calcaires	195,5-198,3	10-30	2,7-3,8	60-80	2,3 - 2,45	195-159 m = 10	
		198,3 à 210,10 : 202,2-203,85 passées calc 206,2-207,8 calc. à Gryph. 207,8-208,5 marnes noires marnes noires 208,3-210,1 alternances micacées de marnes et calcaires	198,3-210 pics 208 210 20	205 206-207 pics 208 210	3,6 4,4 3,8 3,4	2,6-2,7	75 30 30 10	2,5 ? 2,3 - 2,45	199-206 m = 12 206-208 m = 2 208-210 m = 10
		210,1 à 3 : marnes et argiles sombres micacées.	210-215	7-8	2,4				15 218 m = 35
		210,1-210,9 septaries 214,35 pyrite 229-230 remaniements 248,4-249,4 calcaire 252,95 calc. à cone-in-cone 263,35 "	215-225 225-252 252-265 265-308	121,8 m pics 221 m 224,5	3,3 3,4 2,9	2,5 2,4-2,7	75-85	2,25	24
266,8-279,85 passées calcaires 282,7 pyrite 285,9 : banc calcaire perforé 299,6 banc calcaire perforé 307,75 base conglomérat du Toarcien moyen		308-328 328-342 342-344 344-247	1252,5 m pics 263 266,5	2,8 2,6 2,7	2,35 3	50	?	285-298 m = 27 298-328 m = 20 398 m = 50	
308,10 et 308,4 passées calcaires 343-346,6 alternances marnes et calc. 346,6-355,5 marno-calc. (remaniements à la base)		347-355,5	7-9	2,3	2,5 pic 342,5 = 3	75-85	2,3 - 2,35 2,25-2,3 2,4 2,2 2,4 - 2,45	14 7 18	
355,5-359,8 calc marnes gris clair 359,8-360,3 calcaire 360,3-380,3 marno à pyrite et rares bancs calcaires		355,5-360 360-378 378-380	8 pics à 20 Ωm	2,7-2,9	2,5-2,6	50-75	2,4-2,5	15	
380,3-382,5 débris fossilifères (entroques) 382,5-399 marno noire puis marno-calc. 399-405 marno noire à pyrite (nodules)		380-395 395-405	6-7	2,6	2,5-2,6	80	2,3-2,45	26	
405-414,5 marno noire à ammonites 414,5-419,9 passée calcaire 419,9-429,7 marno noire à bélemnites 429,7-431,5 calcaire 431,5-440 marno gris foncé		405-414,5 412,5-414 414-430	7-8 8-9	2,6 2,9	pics > 3	75 60	2,35-2,4 2,5	20 10	

Tabl. A. - Principaux paramètres physiques d'après la première série de diagraphies effectuées de 20 m à 430 m dans le forage principal (R. Millon et C. Lorenz, 1988).

DIVISIONS LITHO-STRATIGRAPHIQUES	LITHOLOGIE	PROFONDEURS	RESISTIVITE (Ωm) (sur Couy 1 bis)	VITESSE (km/s)	RAYONNEMENT GAMMA (API)	DENSITE	SUSCEPTIBILITE MAGNETIQUE (10 ⁻⁵ USI) (sur Couy 1 bis)
MARNES NOIRES (Lotharingien)	440-446,6 : marnes noires à gryphées et belemnites + pyrite	440-446	8-12			2,45	43
	444,5-455,5 : alternances marne et calcaire	446-449		3,2		2,52	TABLEAU B
	455,5-466,9 : calcaire bioclastique et marnes	449-454	10-12	3	50	2,45	
	466,9-477,2 : calcaire bioclastique à gryphées	454-462		3,5	60	2,5-2,55	40
	477,2-481,5 : calcaire bioclastique et micritique	462-467		3,7	45	2,55-2,6	33
	481,5-508,2 : calcaire à lites marneux (stylolithes vers le bas)	471-474		4,2	40-50	2,6	35-37
		474-483		3,7-4,2	502,5 m = 100		
		483-501		5	35		
		501-505		4,2	502,5 m = 70		
		505-507					
CALCAIRES GRESEUX, DOLOMITES ET ARGILES VERTES	507,2-515,5 : argile verte et dolomie	507-510		3,3	60	2,45	50
	515,5-523 : calcaire gréseux	510-516		3,8		2,45	30-35 p.c.c. 521 m = 40
	523-526 : grès calcareux	516-526	100-200	4,5-5,1		2,55-2,6	
	526-534 : grès puis calcaire gréseux				30-40	2,45-2,5	40
	534-536,7 : dolomies gréseuses grises	526-532		3,75		2,6	
	536,7-542,6 : calcaire, marne, argile verte	532-543					
	542,6-547 : calcaire gréseux et dolomie						
	547-549 : dolomie gréseuse						
	549-553,5 : grès et argilites noires	543-550		4,2	551 120	2,45	40 p.c.c. 548 m = 50
	553,5-555,9 : grès grossier charbonné	550-556		3-3,5	553 120	2,3	33-37
GRES "RADINIQUES"	555,9-559,6 : grès conglomératique	556-559		5		2,45	
	559,6-580 : argilite grés - siltite rouge dolom. et passées intrabréchifères	559-570		1,8-2		p.c.c. 564 m = 2,4	50-60
	580-586,9 : argilite gréseuse parfois microconglomératique	570-580		2,7		2,1	
	586,9-589,5 : grès et argilite (588 : microconglom.)	580-583			90-120		38-44
	589,5-591,8 : argilites gréseuses (590 et 591,8 : microconglom.)	583-585			p.c.c. 592 m = 130	2,5	45-50
	591,8-600,9 : grès micacé, argilite (593 : brèche)	585-588		3,2			30-40
	600,9-603,1 : argilites - gréseuses	588-590		3,8	Couy 1 bis		30-40
	603,1-610,5 : grès fin argileux	590-593		2,3			30-50
	610,5-626,3 : bancs gréseux assez massifs	600-604		3,3	120-140	2,4	
	626,3-658 : alternances grès grossiers-argilites	604-613					40-50
ARGILE DE CHALAIN (Trias supérieur)	658,3-670,1 : argilite, siltite, sulfates	626-658		3,5			
	670,1-671,7 : anhydrite massive	658-662		2,8			
	671,7-693 : argilite à grès fin, sulfates (A 875,5, passés dolomitique)	662-667		3,5-5		2,3-2,4	25-45
	693-706,6 : argilite noire à anhydrite	667-682		3,8			
	706,6-714,4 : argilite et grès à sulfates	682-687			110 p.c.c. 696 m = 180	2,6-2,7	
		687-697			50-80		
		697-704					
		704-713			90-120		23-33
		713-719			60-90		
		719-727		4,8		2,55-2,6	
GRES INFRA-ANHYDRITIQUE (Trias moyen)	727-735 : banc d'anhydrite	727-735					
	735,3-759,2 : grès, siltite, sulfates	735-746		3,3		2,55	25-45
	(745,747,750 : argilite méd.)	746-749					
	(750,2-750,8 : conglom.)	749-757		3,5		2,35	35-45
	759,2-783,8 : siltite rouge, rares sulfates	757-790			130-160		
	783,8-781,4 : grès fin et siltites (789,4 : arrêt sédimentaire)	790-810		3,3-3,8	p.c.c. 789 m = 300	2,2-2,3	
	791,4-809,9 : grès et conglomérats						
	809,9-912,1 : fines alternances argilites-grès fins	810-898			270-300		
	912,2-914,5 : conglomérat polygénique	898-930		3,3-3,5 p.c.c. 877 m = 4,8		2,5-2,6	
	914,5-920,4 : argile et grès fin			3,5-3,8 p.c.c. 875 m			20-40
ENSEMBLE SÉDIMENTAIRE ET VOLCANIQUE, TECTONISE (Stéphanois ?)	920,4-920,8 : siltite rouge						
	920,8-925,4 : conglomérat						
	925,4 : contact tectonique						
	925,4-940,5 : trachytes, trachy-andésites, mylonites	930-947					
	940,55-941,65 : brèche et cataclaste						

Tabl. B. - Principaux paramètres physiques d'après les diagraphies effectuées de 440 m à 947 m dans le forage principal et dans le forage de service 1 bis (R. Millon et C. Lorenz, 1988).

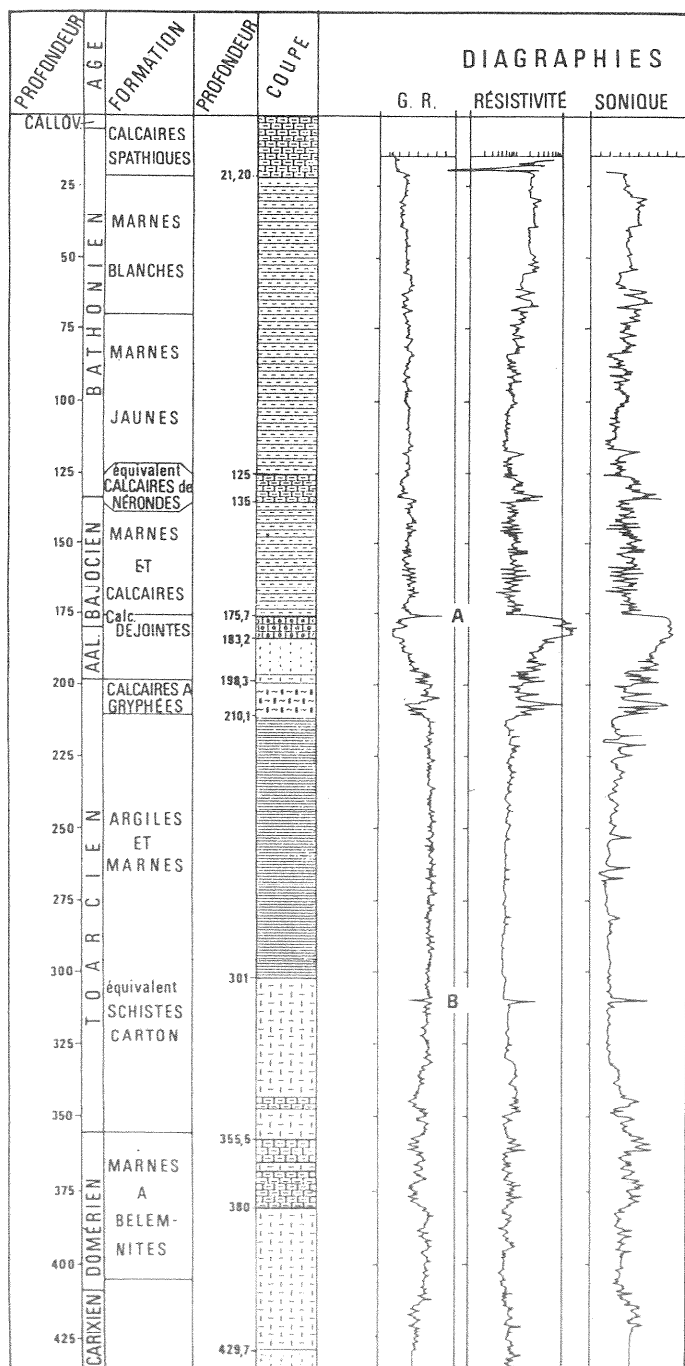


Fig. 1. - Coupes lithologique et stratigraphique d'une partie du sondage de Couy 1 et principales diagraphies (C. Lorenz *et al.*, 1991).

résistivité et le sonique), à 308 m (B sur la figure 1). Il correspond au sommet des schistes-cartons assez mal caractérisés dans le sondage de Couy, mais que les analyses géochimiques de la matière organique ont bien délimités entre 307 et 348 m (M.-F. Delavenna, 1990).

L'âge de ce pic, déterminé grâce à de nombreuses ammonites, est situé dans la zone à Bifrons, et plus précisément dans la sous-zone à Sublevisoni (de 301,5 m à 322,3 m), du Toarcien inférieur déjà élevé.

Calages stratigraphiques de forages

Afin d'illustrer les applications pratiques des observations stratigraphiques de Couy, on prendra l'exemple du forage de Brécy 1.

Effectué en 1966 par la Société ERAP, ce sondage profond de 1 806 m a débuté dans les calcaires du Jurassique supérieur (Oxfordien, dit « Rauracien ») pour s'arrêter dans les schistes du Stéphanien.

La série jurassique, comparable à celle de Couy 1, mesure 453 m, depuis la partie inférieure du Callovien jusqu'à la base de l'Hettangien, montrant ainsi une importante réduction d'épaisseur par rapport à Couy 1 (554 m).

Les diagraphies effectuées, latérog et sonique, montrent des pics qui peuvent être comparés à ceux du Couy.

Dans la série calcaire et marneuse du Dogger, les étages Bajocien et Bathonien n'avaient pas été distingués. Vers le bas de cette série, à 388 m, le pic étroit du « Bajocien moyen » est assez bien marqué sur la courbe du Gamma-ray (A sur la fig. 2). Il se situe dans la partie supérieure des calcaires bioclastiques, graveleux, beige clair (382-405 m), qui correspondent au large ensemble de pics des diagraphies électrique et sonique (fig. 3 a). Il est suivi d'un certain nombre d'autres pics assez serrés jusqu'au contact avec les marnes du Lias supérieur. Le plus important de ces derniers est à 411 m, sur le Gamma-ray (fig. 3 b).

Mise en évidence des alternances marnes-calcaires du Bajocien supérieur

La diagraphie de stratigraphie-pendagemétrie SHDT (qui est une quadruple diagraphie de micro-

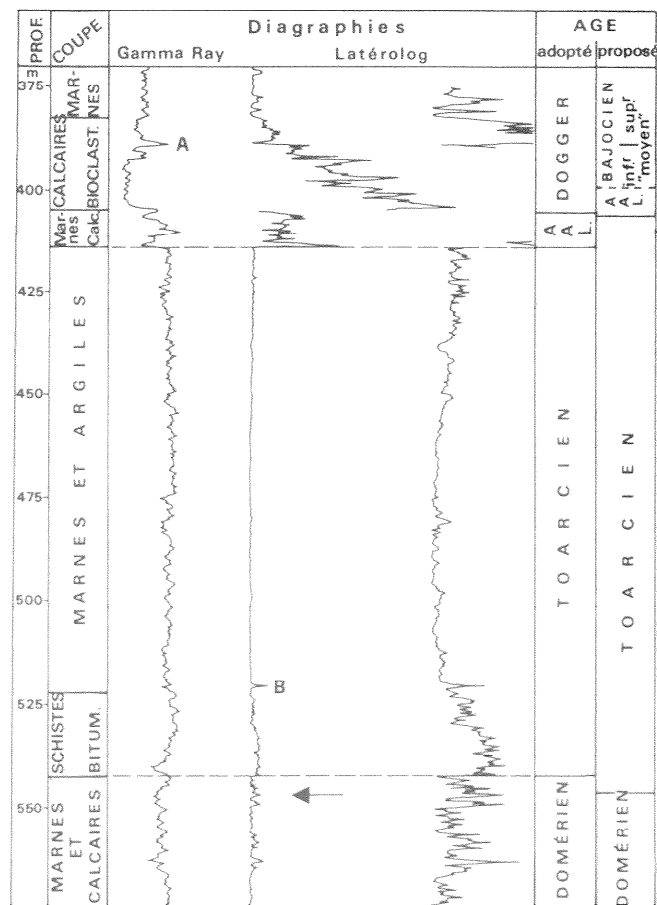


Fig. 2. - Coupe du sondage de Brécy 1 et réinterprétation stratigraphique (C. Lorenz *et al.*, 1991).

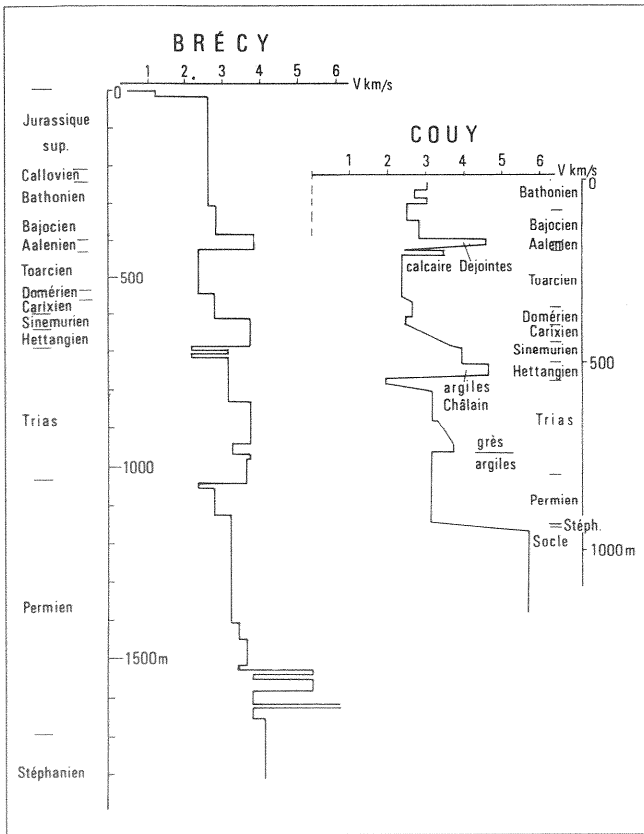


Fig. 3 a. - Corrélation des diagraphies soniques des forages de Brécycy 1 et de Couy 1 (R. Millon et C. Lorenz, 1988).

sistivité) a permis de révéler un curieux phénomène d'alternances dans le Bajocien supérieur (fig. 4). Les pics résistants correspondent à des passages plus calcaires et les plages conductrices à des passées plus marneuses ; le contraste de résistivité est important entre ces deux faciès : plus de 2 000 Ωm . On compte 65 alternances sur une épaisseur de 40 m correspondant à une durée de dépôt de 3 à 4 Ma, soit 45 000 à 60 000 ans par cycle (à comparer avec les 40 000 ans calculés par F. Mélières (1991) à partir des vitesses estimées de sédimentation).

Ce phénomène est observable, mais de façon moins démonstrative, sur la diagraphie neutron-porosité où apparaissent des oscillations régulières et de grande amplitude (0,20 à 0,65), malheureusement peu visibles sur le log composite qui est trop « comprimé ».

Corrélation entre les diagraphies sismique et densité et la section sismique de surface pour la partie sédimentaire

La figure 5 est une représentation de la sismique de surface à l'aplomb du sondage et des diagraphies sonique et densité sur une échelle temps. L'échelle de profondeur correspondante est mentionnée à droite.

La sismique de surface donne des horizons réflecteurs hautement cohérents uniquement dans la série sédimentaire. Leur identification par l'intermédiaire du PSV et des diagraphies donne le calage suivant :

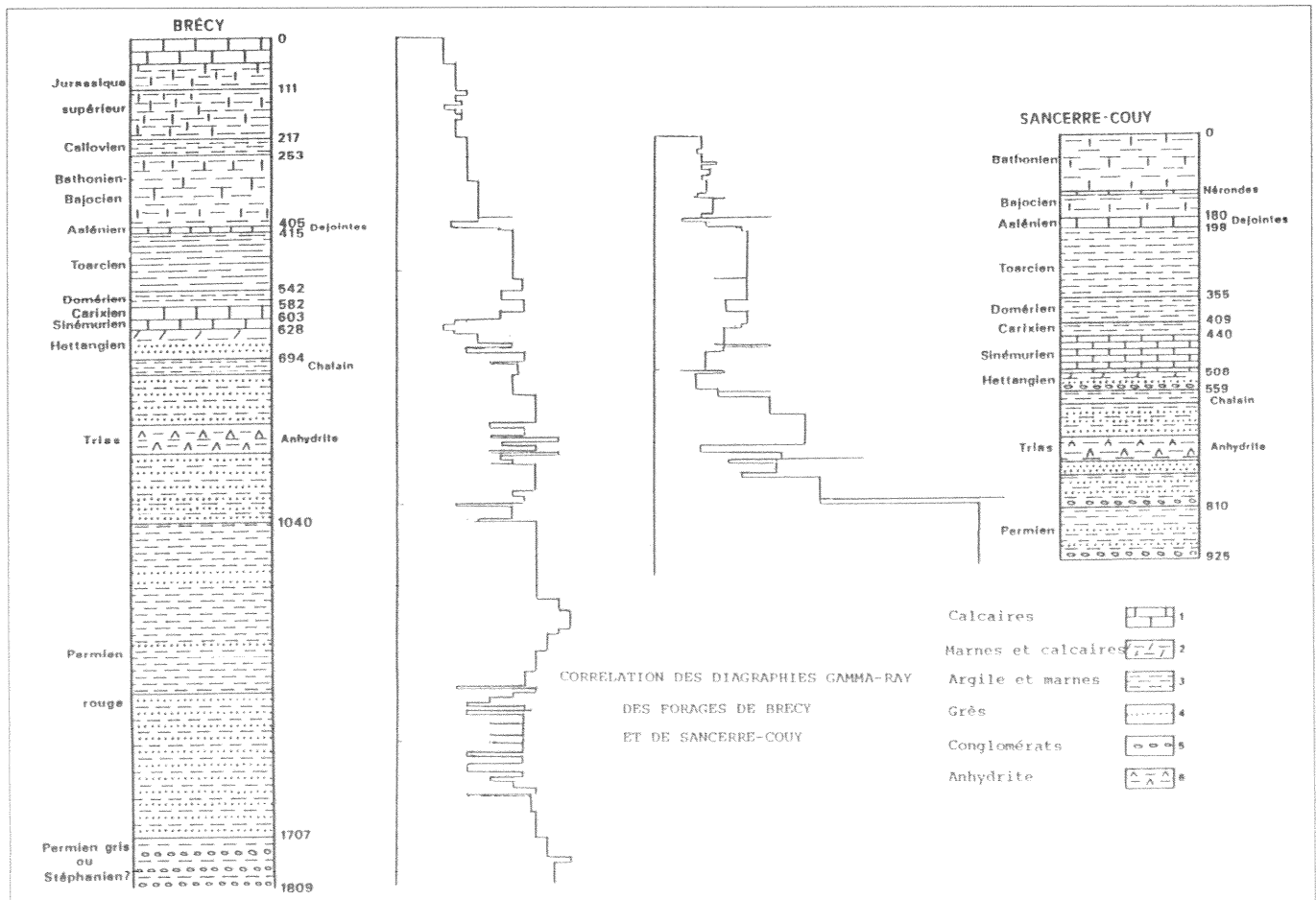


Fig. 3 b. - Corrélation des diagraphies Gamma-Ray des forages de Brécycy et de Sancerre-Couy (R. Millon et C. Lorenz, 1988).

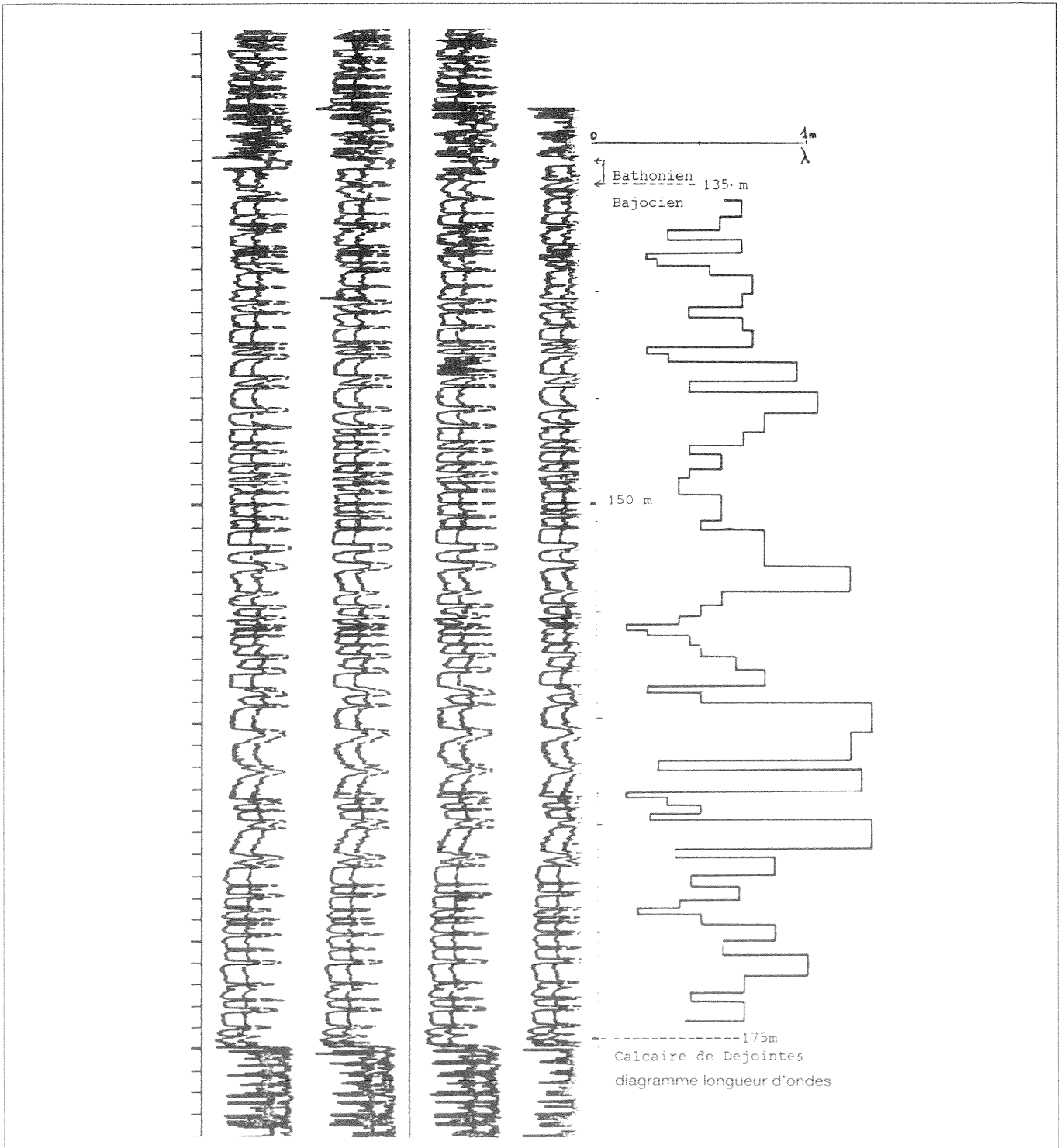


Fig. 4. - Marnes et calcaires marneux du Bathonien inférieur (124,5-135 m) et du Bajocien moyen-supérieur (135-175,7 m). Diagraphie de stratigraphie-pendagemétrie (R. Millon et C. Lorenz, 1988).

temps (ms) ...	identification	profondeur (mètres)
• 165	calcaire de Dejointes	175
• 280	interface Toarcien-Domerien	320
• 345	interface Carixien-Lotharingien	405
• 450	contact argiles de Chalain-Trias	580
• 580	contact silt-grès Permo-Trias	810
• 660	contact Permo Trias-soele	925

La correspondante temps-profondeur est donnée par l'intégration du log de vitesse sonique, corrigée par tous les temps de transit mesurés entre la surface et la sonde lors de l'enregistrement de profil sismique vertical.

On constate, par contre, qu'aucune identification ne peut être faite à l'intérieur du socle sur cette section migrée.

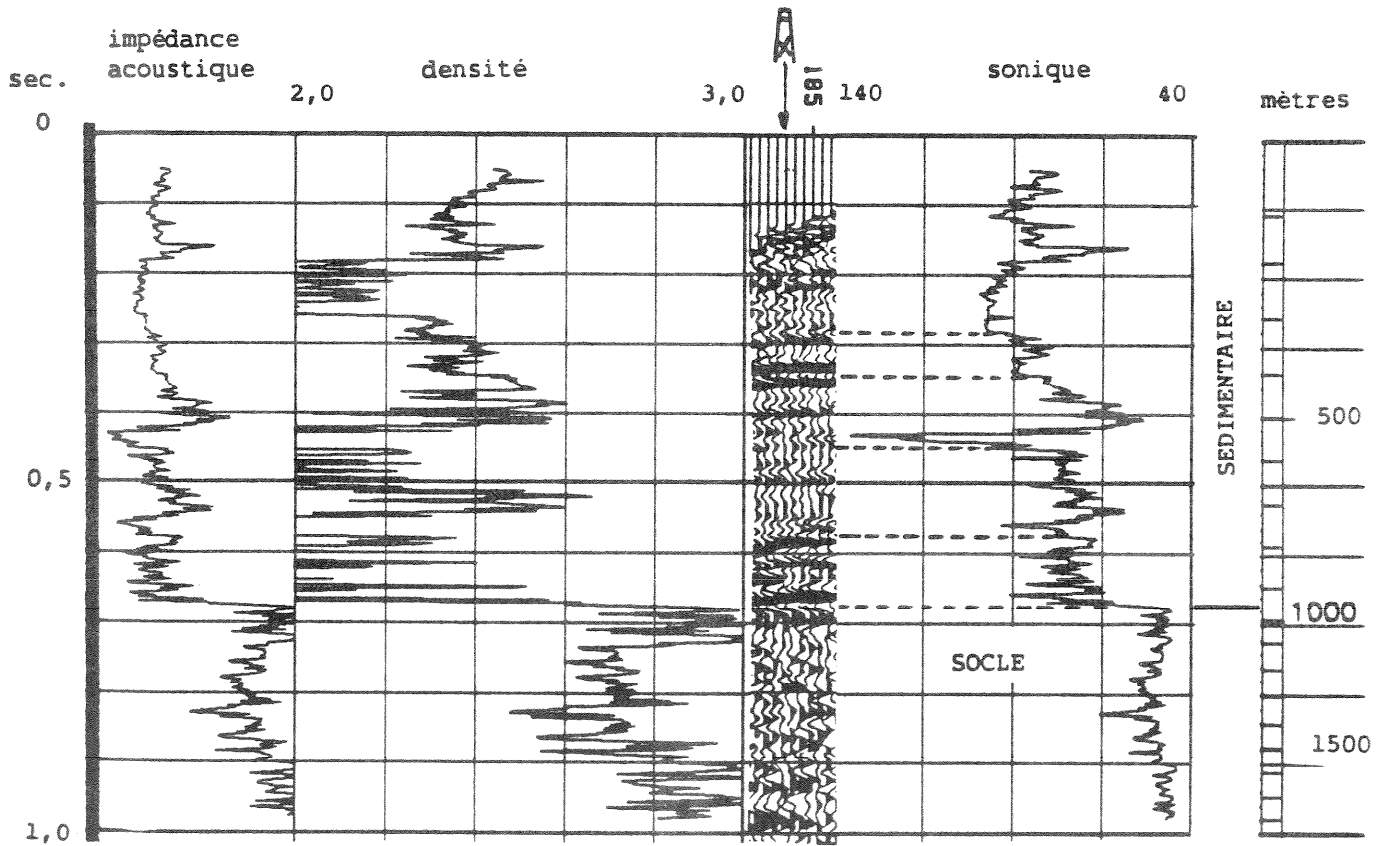


Fig. 5. - Corrélation entre diagraphies et sismique de surface (A. Paul *et al.*, 1988).

Conclusion

Les diagraphies réalisées à Couy dans la partie sédimentaire ont permis de déterminer les paramètres physiques (résistivité, vitesse, densité, radioactivité, susceptibilité magnétique) pour les diverses formations recoupées.

Certains phénomènes ont pu être mis en évidence et, notamment :

- alternance marne-calcaire, bien caractérisées par la stratigraphie haute définition et la porosité neutron,
- marqueurs sismiques, permettant d'identifier (à l'aide du GEOGRAM) les réflecteurs sismiques et de sup-

Références

- DELAVERNA M.F. (1990). - Le Jurassique du forage de Sancerre-Couy (Programme Géologie profonde de la France, Cher) : Minéralogie, propriétés physiques et matière organique. Thèse. Univ. Orsay-Paris Sud, 195 p.
- LORENZ C., LEFAVRAIS A., LORENZ J., MARCHAND D., MILLON R. (1991). - Calage stratigraphique des diagraphies du Jurassique du Sud

poser que les corrections statiques de la sismique réflexion sont erronées.

Des corrélations ont pu être faites :

- entre les forages de Brécy et de Sancerre-Couy (sonique),
- entre les forages 1 et 1 bis de Couy.

Les propriétés physiques ainsi déterminées par les différents faciès lithologiques sont un élément de base pour les études lithostratigraphiques.

Le forage de Couy 1 ayant été entièrement carotté, les diverses unités lithostratigraphiques ont pu y être datées, à partir de nombreux fossiles et surtout dans le Jurassique, avec une grande précision. Les diagraphies de Couy 1 ont donc été bien calées stratigraphiquement et elles pourront servir de référence pour le sud du Bassin parisien.

du Bassin parisien à partir du sondage de Sancerre-Couy. Programme GPF. *Bull. Soc. géol. Fr.*, n° 5, pp. 947-952.

MÉLIERES F. (1991). - Nature et origine des alternances métriques marnes-calcaires d'âge bajocien du forage de Sancerre-Couy. *Bull. Soc. géol. Fr.*, n° 5, pp. 953-970.

MILLON R., LORENZ C. (1988). - Principaux résultats des diagraphies du forage de Sancerre-Couy (partie sédimentaire = 0,950 m). Documents du BRGM, n° 138, pp. 33-52.

PAUL A., JEGOUZO M., MILLON R., TRACK A., VEZAT R. (1988). - Forage de Sancerre-Couy. Signification des réflecteurs sismiques dans le socle. Documents du BRGM, n° 138, pp. 7-8.