



CAPACITE DE PRODUCTION
DES AQUIFERES PROFONDS
DE HAUTE-NORMANDIE

- ETUDE PRELIMINAIRE -

Par
Ph. DE LA QUERIERE

Avec la collaboration de J.M BARRAT

DECEMBRE 1986

Rapport du B.R.G.M.

86 SGN 664 HNO

CAPACITE DE PRODUCTION DES AQUIFERES PROFONDS
DE HAUTE-NORMANDIE

- Etude préliminaire -

R E S U M E

Ce rapport financé sur fonds publics (fonds propres du BRGM, sur crédits du Ministère de l'Industrie, Départements de l'Eure et de Seine-Maritime, Agence Financière de Bassin Seine-Normandie), a pour objet de présenter à partir de renseignements bibliographiques et des dossiers de forage de sondages de la banque des données du sous-sol, les possibilités de production d'eau pour l'A.E.P à partir d'aquifères profonds.

Leur production d'eau peut être intéressante quand l'aquifère superficiel crayeux (ou crayeux alluvionnaire) devient inexploitable pour des raisons d'environnement, de servitudes trop lourdes, etc... (ressources de substitution) ou qu'il faille faire des mélanges pour rendre potables les eaux distribuées (ressources de complément).- L'avantage pécuniaire est important car les ouvrages peuvent être réalisés à proximité immédiate des installations existantes et leur exploitation ne nécessite pas de périmètres de protection.

Ces aquifères sont de haut en bas :

- Les sables Albiens
- Les calcaires du Portlandien
- Les calcaires et marnes du Kimmeridgien
- Les sables de Glos et les calcaires coralligènes de l'Oxfordien
- Les calcaires du Dogger.

Les sables de l'Albien sont hétérogènes mais compte tenu des essais connus réalisés dans des ouvrages anciens avec des équipements inappropriés, des productions d'eau avoisinants 90 m³/h peuvent être obtenues dans la région Haute-Normandie au Nord de la Seine ; dans l'Eure, la puissance de la série qui remonte vers la surface du sol au Sud du Département diminue, et les productions d'eau se réduisent à des valeurs de 30 à 40 m³/h ; par contre, dans le Bec de Caux, les sables deviennent argileux et paraissent inexploitable. L'étude montre la faisabilité de captage d'eau dans l'Albien à St-AUBIN et CAUDEBEC-LES-ELBEUF à côté des installations existantes. L'eau est de bonne qualité mais nécessite néanmoins une aération pour dégazer l'eau et précipiter le fer (traitement simple).

D'autre part, pour l'avenir il convient lors des forages à l'Albien de reconnaître les calcaires du Portlandien qui, s'ils sont fissurés peuvent substantiellement compléter les productions de l'Albien.

Si le Dogger, du fait de sa salinité mais aussi de sa profondeur ne paraît pas exploitable, l'Oxfordien (sables de Glos et massifs coralliens) peut sous réserve de reconnaissance hydrogéologique préalable apparaître exploitable dans le département de l'Eure à l'Ouest d'une ligne BRIONNE - BRETEUIL ; les sables de Glos affleurent dans la vallée de la TOUQUES et les calcaires coralligènes sont exploités à LISIEUX (production 100 m³/h).

T A B L E D E S M A T I E R E S

	<u>Pages</u>
1 - INTRODUCTION	1
1.1.- Motivation de l'étude	1
1.2.- Niveaux géologiques aquifères profonds	3
1.3.- Méthodologie	4
2 - ANALYSES DE DIAGRAPHIES	5
2.1.- Méthodes	5
2.2.- Résultat	6
3 - SYNTHESE DES DONNEES HYDROGEOLOGIQUES DE LA NAPPE DE L'ALBIEN	9
3.1.- Représentativité des données	9
3.2.- Fiabilité des données	9
3.3.- Etudes des productions	12
3.4.- Espacement des ouvrages	15
3.5.- Qualité de la nappe	17
4 - LE DOGGER ET L'OXFORDIEN	18
4.1.- L'Oxfordien	18
4.2.- Le Dogger	19
5 - CONCLUSION - SYNTHESE DES DONNEES - DEFINITION DES ZONES FAVORABLES	20

CAPACITE DE PRODUCTION DES AQUIFERES PROFONDS
DE HAUTE-NORMANDIE

- ETUDE PRELIMINAIRE -

1 - INTRODUCTION

1.1.- Motivations de l'étude

1.1.1.- Elle est destinée à examiner les possibilités de production d'eau des aquifères profonds pour suppléer aux ressources des aquifères superficiels (alluvions des vallées et craie) dans des cas de figure bien précis :

- Ressource de complément :

L'aquifère superficiel fournit une eau dont la qualité se dégrade peu à peu ; la restauration de cette qualité ne peut être réalisée qu'à long terme. Un mélange d'eaux issues des aquifères superficiels et profonds permet de distribuer aux populations une eau dont les caractéristiques chimiques obéissent aux prescriptions sanitaires (normes) de la communauté économique européenne (cas de nitrates, des micropolluants).

- Ressources de substitution :

L'occupation des sols est incompatible avec l'exploitation de l'eau de l'aquifère superficiel. La définition des périmètres de protection n'a pas de signification physique réelle. Le déplacement du captage d'eau n'est pas possible ou trop coûteux dans l'enceinte territoriale de la collectivité distributrice d'eau. La collectivité souhaite rester maîtresse de sa production et de sa distribution d'eau potable.

Ces deux cas de figure se recoupent assez souvent dans la réalité. L'appel aux ressources profondes est un des moyens de la panoplie définie par le Service Géologique Régional de Haute-Normandie du B.R.G.M., dans le cadre de ses travaux d'intérêt général financés sur crédits, Ministère de l'Industrie, départements (Eure et Seine-Maritime) et Agence de Bassin Seine-Normandie.

1.1.2.- Ces aquifères profonds sont protégés par des niveaux argileux (ex. : argiles du Gault épaisses d'une vingtaine de mètres) qui mettent à l'abri des pollutions issues de l'activité humaine régnant à la surface du sol ; leur transfert dans la nappe et leur circulation au sein de celle-ci dépend de la situation relative des zones productrices de polluants et des zones de prélèvement d'eau, du type de milieu aquifère poreux, fissuré, karstique, des réactions biochimiques et géochimiques de ces substances entre elles et avec le milieu encaissant.

L'exploitation de ces aquifères profonds entraîne plusieurs avantages :

- Absence de servitudes sur le sol (hors le périmètre de protection immédiate de superficie réduite à environ 1.000 m²) et donc des compensations financières afférentes à ces servitudes. Les aquifères sont protégés par la législation générale (Loi de 1935) qui soumet à autorisation leur exploitation, et la réalisation d'ouvrages profonds.
- Possibilité de création de ces ouvrages à proximité des installations existantes y compris même dans le périmètre de protection immédiate, ce qui limite au strict minimum nécessaire le coût des acquisitions foncières supplémentaires et de raccordement aux conduites existantes.

1.2.- Niveaux géologiques - aquifères profonds

Ce sont de haut en bas :

- les sablès de l'Albien
- les calcaires du Portlandien
- les calcaires marneux du Kimmeridgien
- les calcaires de l'Oxfordien corraligène
(quand ils existent) et les sables de Glos.
- les calcaires du Dogger.

Il faut rappeler :

- qu'un forage doit être convenablement équipé, développé et testé avant d'être livré à l'organisme de production
- que son équipement et son développement dépend de la nature des terrains, et que l'acquisition de la connaissance des terrains doit utiliser les méthodes suffisantes pour obtenir des résultats fiables
- qu'il doit être soumis à une surveillance convenable pendant son exploitation pour prévenir tout incident et éventuellement le réparer à temps

D'autre part, l'histoire nous a appris que beaucoup d'idées préconçues sur l'exploitabilité de ces aquifères proviennent d'échecs dus à de mauvaises techniques d'équipement, de développement et d'exploitation.

Il faut rappeler que des débits intéressants peuvent être obtenus à partir de sables fins à couches suffisamment épaisses, de couches calcaires incluses dans des marnes, pourvu que leur fissuration ou, leur texture vacuolaire soit suffisamment prononcée.

1.3.- Méthodologie

1.3.1.- Cette étude bibliographique dont l'objectif est de préparer la réalisation éventuelle de forages d'essai a été réalisée à partir :

- d'ouvrages généraux relatifs à la synthèse géologique du bassin de Paris à l'étude hydrogéologique de l'Albien (Thèse 3ème cycle et publication de J. LAUVERGAT), à l'étude du potentiel géothermique du bassin parisien.

- de 215 dossiers de sondages ou de forages de la banque des données du sous-sol dont la constitution est assurée par le B.R.G.M. dans chaque région sur crédits du Ministère de l'Industrie.

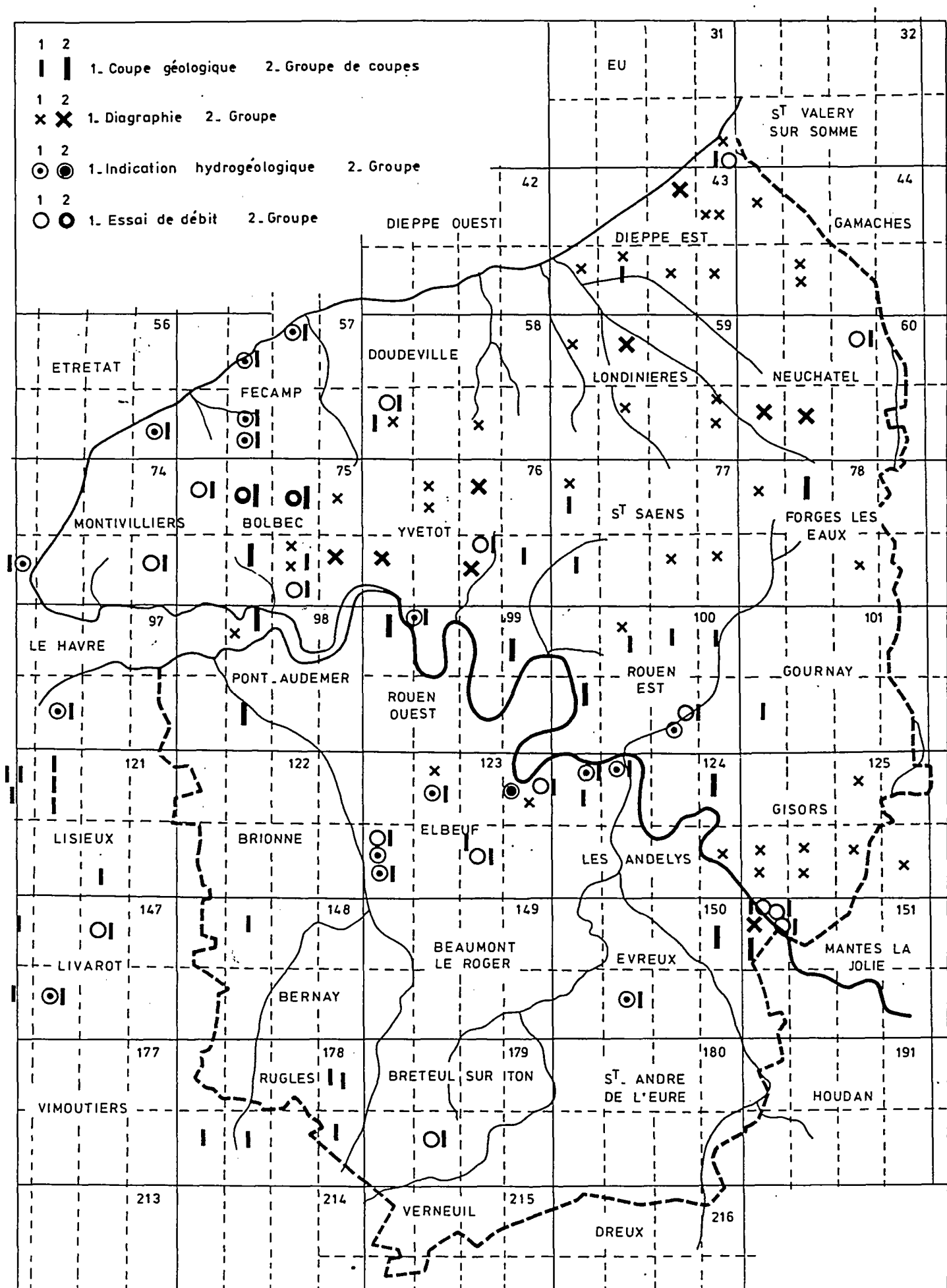
Ces dossiers sont situés dans l'Eure et dans la Seine-Maritime, mais 19 d'entre eux sont implantés en Basse-Normandie à la périphérie de la limite Ouest de l'Eure.

Ces dossiers se répartissent en deux types :

- Dossiers de recherche ou de stockage d'hydrocarbures où ont été réalisés des diagraphies en même temps que le levé précis de la coupe géologique. De ce point de vue là, ils fournissent des données très fiables. Ils sont au nombre de 95.- Une première sélection a été faite par regroupement et par comparaison.- 60 dossiers ont donc fait l'objet d'une étude (Cf. paragraphe 2).

- Dossiers de sondages ou de forages à des fins de production d'eau. Ces ouvrages étant très souvent anciens, les coupes géologiques ont été levées par les sondeurs, mais réinterprétées par des géologues entre autres LEMOINE, HUMERY et SOYER (forages profonds du bassin de Paris) et J. LAUVERGAT. D'autre part, les renseignements hydrogéologiques sont de qualité très variable, niveau d'eau de jaillissement, débit de jaillissement, plus rarement un débit et un niveau correspondant (essai de débit), deux pompages d'essai (récents suivis par le BRGM). Ces dossiers sont au nombre de 120 dont 101 en Haute-Normandie et 19 en Basse-Normandie.

ETAT DE LA DOCUMENTATION ACTUELLE SUR LES SONDAGES
PROFONDS DANS LA REGION HAUTE-NORMANDIE



1.3.2.- Leur implantation est notée sur la carte (Fig.1). Compte tenu de l'échelle, l'implantation des ouvrages est symbolique et arbitraire ; lorsque les ouvrages sont nombreux dans une même région, le symbole d'identification de la nature du point renseigné est souligné d'un trait. Par exemple, il existe plus de 30 sondages avec diagraphies autour de VERNON, et 6 ou 7 forages d'eau (beaucoup disparus) à ELBEUF.

La répartition des points renseignés est très inégale comme l'indique la carte. La plupart des points avec diagraphies se situent au Nord-Est d'une ligne FECAMP - BOLBEC - La Seine. Les "essais de débit" sont situés à EU (2 forages) : BOLBEC - NOINTOT (2) DOUDEVILLE (1) LILLEBONNE (1) ELBEUF et VERNON.

Le nombre de points renseignés n'excède pas 20 % de la totalité au Sud-Ouest de la Seine (excepté ELBEUF). Il est vrai que les couches de terrain ne relèvent d'Est en Ouest la probabilité de trouver des gisements d'hydrocarbures, chute considérablement au Sud-Ouest de la Seine. De plus, on s'intéresse dans cette zone à des aquifères qui sont beaucoup plus profonds au Nord Jurassique supérieur et moyen, mais la pauvreté des renseignements nécessite leur confirmation par des sondages.

2 - ANALYSES DES DIAGRAPHIES

2.1.- Méthodes

La méthode a consisté à recueillir les diagraphies réalisées lors des sondages pétroliers et de les comparer pour retenir les secteurs les plus propices à l'implantation de forages d'eau.

Devant la diversité des méthodes de diagraphies employées, on a retenu celles qui étaient communes à la plupart des forages : il s'agit des diagraphies électriques et plus particulièrement de la polarisation spontanée (P.S.), la petite normale (P.N) et la grande normale (G.N).

(INTERPRETATION DES DIAGRAPHIES)

FORAGES PROFONDS			Sables ALBIENS				PORTLANDIEN				KIMMERIDGIEN				ALB+PORTL.		ALB+POR+KIM	
NUMERO	PROF	Z	COTE	EP	Pa	Rta	COTE	EP	Pa	Rta	COTE	EP	Pa	Rta	EP	Rta	EP	Rta
	m	m	m	m	Qm	Qm2	m	m	Qm	Qm2	m	m	Qm	Qm2	m	Qm2	m	Qm2
31-3-1	310	100	-110	30	25	750	-140	3	25	75	-145	15	35	525	33	825	48	1350
43-3-1	296	14	-174	20	13	260	-196	3	15	45	-204	18	25	450	23	305	41	755
43-3-2	280	19	-150	8	20	160	-160	5	15	75	-203	23	18	414	13	225	36	649
43-3-3	319	92	-116	10	25	250	-151	3	60	180		0	0	0	13	430	0	0
43-4-1	944	35	-78	22	12	264	-100	15	25	375	-185	10	20	200	37	639	47	839
43-4-2	320	31	-77	20	10	200	-100	20	30	600	-190	30	0	0	40	800	70	0
43-6-127	301	70	-70	25	50	1250	-115	15	30	450	-132	18	40	720	40	1700	58	2420
43-7-21	168	47	-3	25	50	1250	-43	15	40	600	-103	20	40	800	40	1850	60	2650
44-1-1	285	121	-44	15	35	525	-45	5	50	250	-100	18	50	900	20	775	38	1675
44-6-1	812	58	-5	37	0	0	-50	10	30	300		0	0	0	47	300	0	0
44-6-2	335	44	-2	20	100	2000	-42	5	35	175	-710	13	30	390	25	2175	38	2564
58-5-1	265	106	-70	15	60	900	-100	10	75	750		0	0	0	25	1650	0	0
58-7-1	249	107	-26	27	75	2025	-45	5	30	150	-240	15	30	450	32	2175	47	2624
59-1-1	300	40	-180	5	35	175	-185	20	35	700	-240	12	20	240	25	875	37	1115
59-2-21	1069	93	-22	12	35	420	-40	10	35	350		0	0	0	22	770	0	0
59-2-29	342	26	0	0	0	0	-144	15	30	450	-230	15	20	300	15	450	30	750
59-2-30	220	80	-40	8	50	400	-53	5	100	500		0	0	0	13	900	0	0
59-6-1	290	80	-70	18	100	1800	-120	20	60	1200	-180	10	30	300	38	3000	48	3299
59-8-55	320	103	33	8	45	360	18	8	100	800	-42	25	40	1000	16	1160	41	2160
59-8-56	158	105	65	15	80	1200	38	15	60	900	20	7	90	630	30	2100	36	2730
59-8-57	111	93	0	0	0	0	88	40	30	1200	13	20	40	800	40	1200	60	2000
59-8-58	150	129	124	25	80	2800	50	25	70	1750	4	30	50	1500	60	4550	90	6050
60-2-1	252	110	8	27	75	2025	-60	5	80	400		0	0	0	32	2425	0	0
60-5-187	136	115	20	20	75	1500		0	0	0		0	0	0	20	1500	0	0
60-5-200	390	116	20	40	70	2800	-37	15	100	1500	-134	15	55	825	55	4300	70	5124
60-6-10	282	155	25	48	70	3360	-60	15	90	1350		0	0	0	63	4710	0	0
60-6-85	314	162	22	25	20	500	-53	10	60	600		0	0	0	35	1100	0	0
75-4-1	250	104	-34	15	55	825		0	0	0		0	0	0	15	825	0	0
75-7-2	173	70	5	15	50	750		0	0	0		0	0	0	15	750	0	0
75-7-3	220	57	-3	25	35	875		0	0	0		0	0	0	25	875	0	0
75-8-4	283	70	-70	10	40	400		0	0	0		0	0	0	10	400	0	0
75-8-5	227	83	23	15	50	750		0	0	0		0	0	0	15	750	0	0
75-8-7	255	12	-80	15	50	750		0	0	0		6	0	0	15	750	21	0
75-8-9	315	124	-75	20	40	800		0	0	0		6	0	0	20	800	26	0
75-8-10	960	113	88	14	70	980		0	0	0		0	0	0	14	980	0	0
76-2-12	240	140	0	15	60	900	-40	5	50	250		0	0	0	20	1150	0	0
76-2-14	210	117	-15	15	60	900	-45	2	100	200		0	0	0	17	1100	0	0
76-3-1	245	110	5	40	70	2800	-40	2	100	200		0	0	0	42	3000	0	0
76-3-2	265	165	10	35	75	2625	-25	5	100	500		0	0	0	40	3125	0	0
76-3-13	220	98	0	23	100	2300	-35	15	100	1500		0	0	0	38	3800	0	0
76-3-14	301	77	-68	35	65	2275	-118	13	100	1300		0	0	0	48	3575	0	0
76-3-15	200	90	50	15	60	900	5	5	100	500		0	0	0	20	1400	0	0
76-3-16	200	115	5	30	45	1350	-30	10	100	1000		0	0	0	40	2350	0	0
76-5-2	170	38	-25	25	50	1250		0	0	0		0	0	0	25	1250	0	0
76-5-4	848	135	-30	15	70	1050	-60	20	100	2000	-80	35	13	455	35	3050	70	3504
76-7-26	228	66	-4	13	100	1300	-54	20	90	1800		0	0	0	33	3100	0	0
77-1-1	337	113	-85	35	75	2625	-130	15	100	1500		0	0	0	50	4125	0	0
77-7-1	300	101	-200	25	90	2250	-200	0	0	0		0	0	0	25	2250	0	0
77-8-1	300	138	-62	45	95	4275	-128	27	70	1890		0	0	0	72	6165	0	0
78-1-55	150	117	107	15	100	1500		0	0	0		0	0	0	15	1500	0	0
98-2-5	227	4	-90	20	60	1200		0	0	0		0	0	0	20	1200	0	0
100-2-1	290	87	-90	20	75	1500	-128	25	70	1750		0	0	0	45	3250	0	0
123-2-1	717	175	140	10	100	1000	90	10	80	800	-95	20	60	1200	20	1800	40	3000
123-4-67	210	15	-150	20	50	1000	-170	10	40	400		0	0	0	30	1400	0	0
125-3-85	910	88	-290	55	60	3300	-370	65	60	3900		0	0	0	120	7200	0	0
125-7-73	820	54	-250	30	60	1800	-330	70	60	4200		0	0	0	100	6000	0	0
125-8-2	1455	65	-280	25	60	1500	-325	45	60	2700		0	0	0	70	4200	0	0
151-1-1	1133	14	0	45	60	2700	-45	75	40	3000		0	0	0	120	5700	0	0
151-1-38	475	14	-3	45	0	0	-50	30	0	0		0	0	0	75	0	0	0
151-1-55	450	14	-35	25	0	0	-85	15	0	0		0	0	0	40	0	0	0

NUMERO=numero du forage ; PROF=profondeur ; Z=altitude ; COTE=cote NGF ; EP=epaisseur ;

Pa=resistivite apparente ; Rta=resistance transversale apparente

Ces diagraphies électriques sont en principe suffisantes pour identifier les aquifères poreux tels les sables albiens ; par contre une ambiguïté demeure sur la détermination des capacités aquifères des terrains calcaires à porosité de fracture dominante ; cependant, ces méthodes permettent de détecter les niveaux argileux ou marneux improductifs du point de vue hydrogéologique.

En raison de l'absence de certaines données dans les documents consultés, l'analyse de ces diagraphies n'est que semi-quantitative : ainsi, seules l'épaisseur (E.P) et la résistivité apparente (P.a) de la formation supposée aquifère ont été retenues dans les paramètres de situation (la reconnaissance de la résistivité de la boue et quelquefois du diamètre du sondage n'ont pas permis de déterminer la résistivité vraie des formations).

Partant de l'hypothèse que les résistivités apparentes sont directement proportionnelles aux résistivités vraies, la résistance transversale apparente (R.t.a) a été calculée : $(R.t.a = P.a \times E.P)$, car ce paramètre (ou plus exactement la Résistance transversale vraie) est en général proportionnel à la transmissivité de la couche aquifère ; Rta peut donc être considéré comme un bon indicateur de productivité aquifère, notamment pour les formations sableuses.

2.2.- Résultats

Les niveaux géologiques susceptibles de présenter des horizons aquifères d'après l'analyse des diagraphies sont les suivants :

Albien, Portlandien, Kimméridgien, Oxfordien et Dogger.

- L'Albien qui est le premier aquifère "profond" reconnu et rencontré après celui de la craie est présent dans toutes les diagraphies analysées. Les faciès de ces formations (sableux, sablo-argileux, argileux) se différencient très nettement avec les diagraphies électriques ; on peut considérer que la Résistance transversale (Rta) est un bon "marqueur" hydrogéologique pour cet horizon.

SELECTION DES OUVRAGES DONNANT LES RESULTATS

LES PLUS FAVORABLES

FORAGES PROFONDS			Sables ALBIENS				PORTLANDIEN				KIMMERIDGIENN				ALB+PORTL.	
NUMERO	PROF	Z	COTE	EP	Pa	Rta	COTE	EP	Pa	Rta	COTE	EP	Pa	Rta	EP	RTa
77-3-1	300	138	-62	45	95	4275	-128	27	70	1890		0	0	0	72	6165
60-6-10	282	155	25	48	70	3360	-60	15	90	1350		0	0	0	63	4710
125-3-85	910	88	-290	55	60	3300	-370	65	60	3900		0	0	0	120	7200
59-3-38	150	129	124	35	80	2800	50	25	70	1750	4	30	50	1500	60	4550
60-5-200	390	116	20	40	70	2800	-37	15	100	1500	-134	15	55	825	55	4300
76-3-1	245	110	5	40	70	2800	-40	2	100	200		0	0	0	42	3000
151-1-1	1133	14	0	45	60	2700	-45	75	40	3000		0	0	0	120	5700
77-1-1	337	113	-85	35	75	2625	-130	15	100	1500		0	0	0	50	4125
76-3-2	265	165	10	35	75	2625	-25	5	100	500		0	0	0	40	3125
76-3-13	220	98	0	23	100	2300	-35	15	100	1500		0	0	0	38	3800
76-3-14	301	77	-68	35	65	2275	-118	13	100	1300		0	0	0	48	3575
77-7-1	300	101	-200	25	90	2250	-200	0	0	0		0	0	0	25	2250
60-2-1	252	110	8	27	75	2025	-60	5	80	400		0	0	0	32	2425
58-7-1	249	107	-26	27	75	2025	-45	5	30	150	-240	15	30	450	32	2175
44-6-2	335	44	-2	20	100	2000	-42	5	35	175	-71	13	30	390	25	2175
125-7-73	820	54	-250	30	60	1800	-330	70	60	4200		0	0	0	100	6000
59-6-1	290	80	-70	18	100	1800	-120	20	60	1200	-180	10	30	300	38	3000
125-8-2	1455	65	-280	25	60	1500	-325	45	60	2700		0	0	0	70	4200
100-2-1	290	87	-90	20	75	1500	-128	25	70	1750		0	0	0	45	3250
60-5-187	136	115	20	20	75	1500		0	0	0		0	0	0	20	1500
78-1-55	150	117	107	15	100	1500		0	0	0		0	0	0	15	1500
76-3-16	200	115	5	30	45	1350	-30	10	100	1000		0	0	0	40	2350
76-7-26	228	66	-4	13	100	1300	-54	20	90	1800		0	0	0	33	3100

Si l'épaisseur moyenne des formations albiennes oscille autour de 50m, la partie sableuse aquifère à une puissance qui peut varier entre 5 et 40m. L'Albien se présente donc comme une multi-couche avec alternance des niveaux sableux et argileux. Au vue de la diversité des logs électriques enregistrés, l'Albien apparaît comme étant une formation très hétérogène avec des variations très rapides de faciès tant verticalement que latéralement : une illustration en est donnée par les Figures 2 et 3 qui représentent les logs électriques de deux forages distants de moins de 50 Km.

Pour l'Albien, du point de vue productivité, on peut considérer comme très intéressant les ouvrages qui ont une résistance transversale apparente supérieure à 1300 ohm.m².

- Le Portlandien n'est pas toujours présent dans les coupes ; quand il existe, il présente souvent des contrastes de résistivité très marqués qui sont attribués à une alternance de terrains argileux et calcaires. Pour ces derniers, aucun critère ne permet de préciser s'ils sont aquifères ou non.

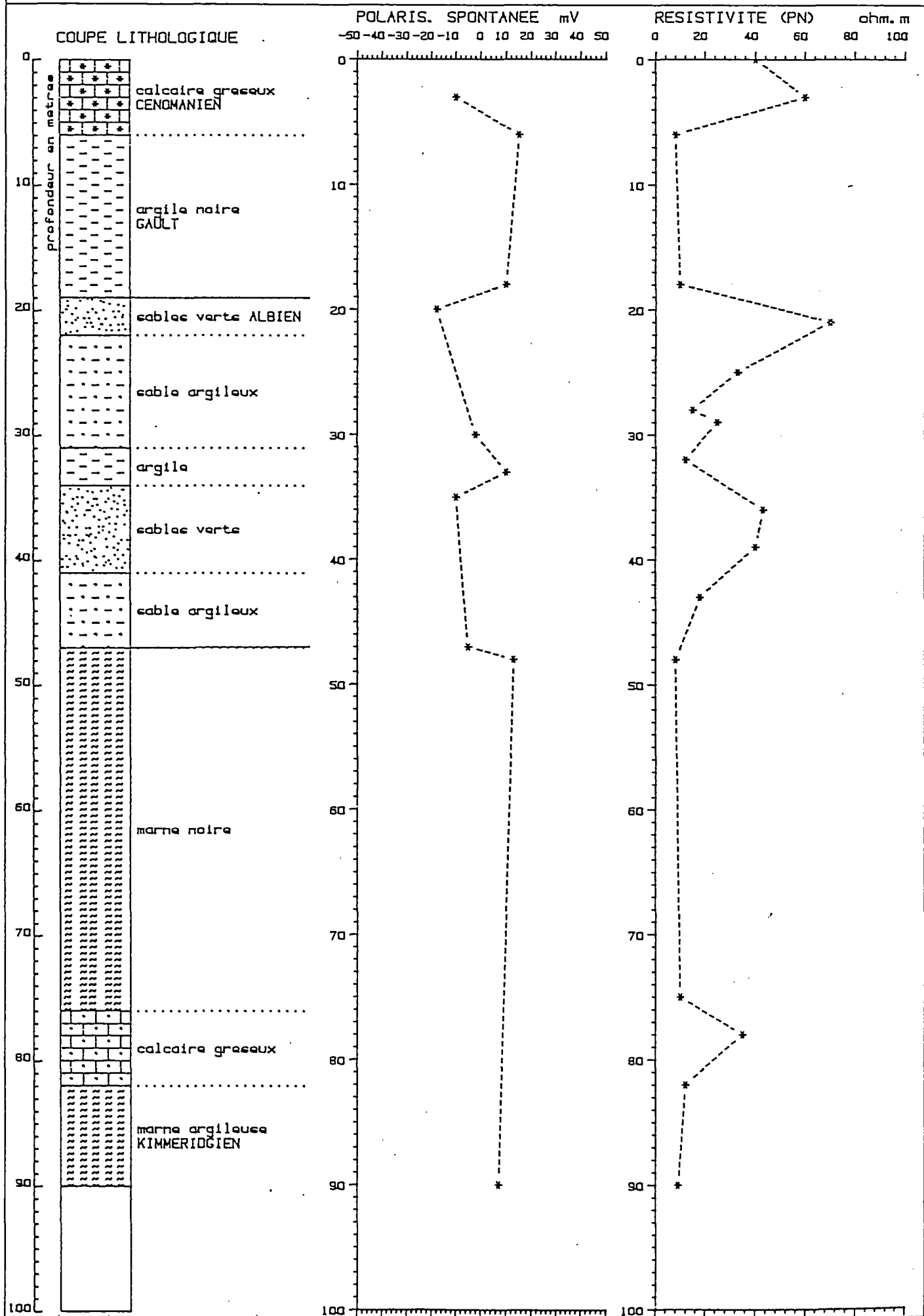
L'épaisseur de ces niveaux calcaires peut varier de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, mais en général, elle est inférieure à 20m. Cependant, certains de ces niveaux seraient à tester sur le plan hydrogéologique ; si la puissance limitée de ces horizons carbonatés ne permet pas d'envisager une productivité importante, ils méritent dans certains cas d'être testés et en cas de résultats positifs, on pourrait envisager de les capter par couplage avec les sables albiens sus-jacents de manière à accroître la productivité de l'ouvrage d'exploitation. C'est pourquoi, dans la sélection des ouvrages proposés dans le tableau 2, une colonne indique la somme des Résistances transversales (ALB + PORTL) de chacune des 2 formations, en considérant toujours que le paramètre est lié à la transmissivité par une relation linéaire du type : $T = x.Rt y$.

FIGURE 2

BRGM

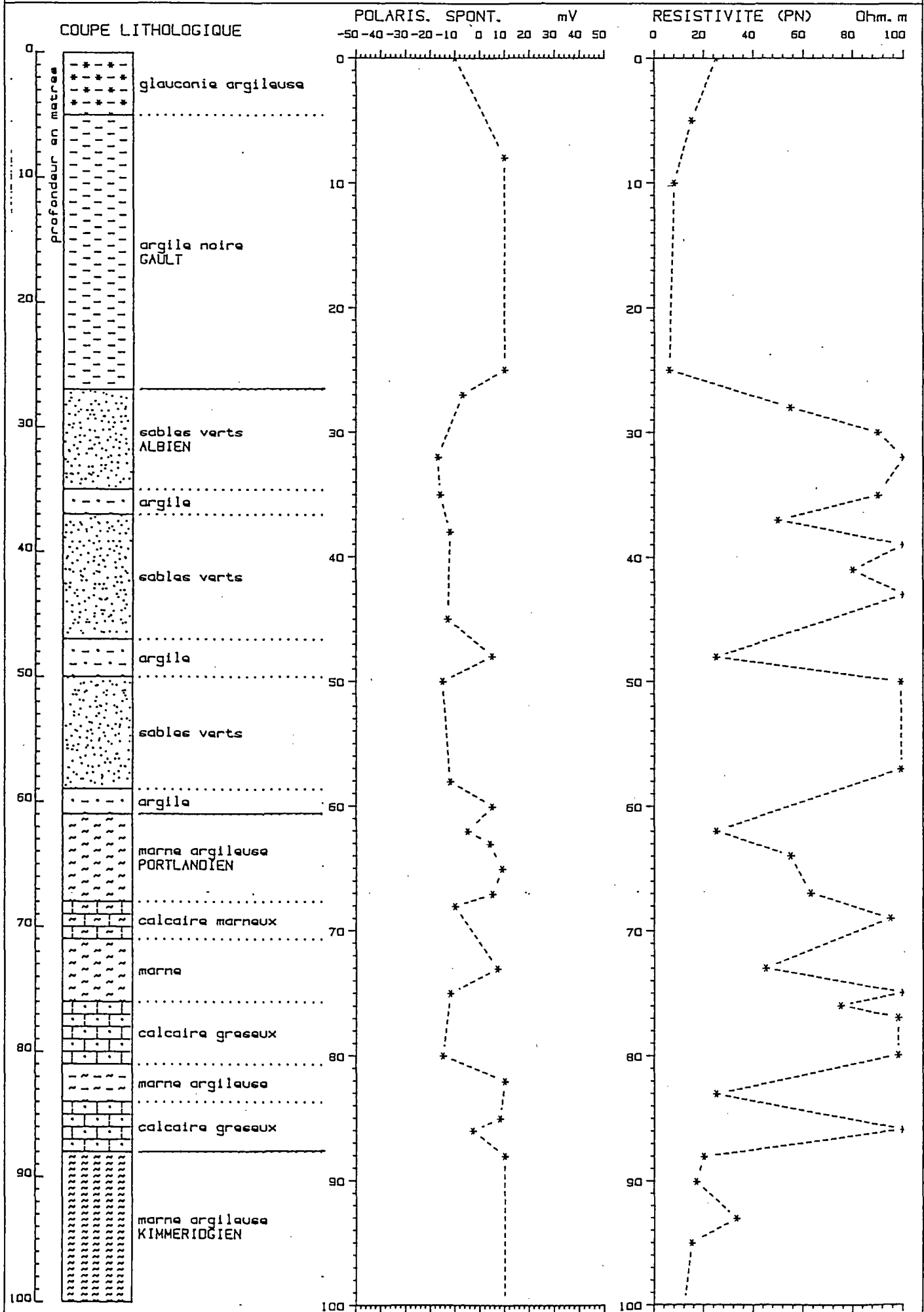
Etude : FORAGES PROFONDS
No Forage : 75-8-4

Commune : ST-ARNAULT
Date : 27/02/56



BRGM

 Projet : FORAGES PROFONDS
 No Forage: 76-3-13

 Commune : PAVILLY
 Date : 23/04/56


- Le Kimmeridgien se présente le plus souvent comme une formation conductrice relativement homogène qui se caractérise par des marnes argileuses. Il existe cependant quelques niveaux plus résistants correspondant à des formations calcaires ou calcareo-marneuses ; nous sommes dans le même cas de figure que pour le Portlandien avec comme handicap supplémentaire une profondeur d'investigation plus importante puisqu'on les rencontre à plus de 200m en profondeur en général.

Cependant, le profil de certains logs dans ces formations indique qu'une reconnaissance de la qualité aquifère des niveaux calcaires du Kimmeridgien n'est pas à écarter ; s'il ne faut pas y espérer des productivités comparables à celles de la craie, on peut envisager comme pour la formation précédente, le captage de plusieurs horizons (Albien + Portlandien + Kimmeridgien) pour obtenir une meilleure productivité dans un forage profond.

- L'Oxfordien et le Dogger : ces deux formations sont presque entièrement conductrices, c'est-à-dire qu'elles présentent des faciès à dominante argileuse. Les niveaux calcaires - limités à quelques dizaines de mètres - y sont relativement conducteurs : ceci est lié au fait que l'eau de ces formations est salée comme l'indique plusieurs tests pétroliers. Donc au vue des résultats de l'analyse des diagraphies, la recherche d'eau potable dans ces formations est à écarter.

3 - SYNTHESE DES DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

3.1.- Représentativité des données

Ces données sont issues des 101 dossiers compulsés autres que les données provenant des campagnes pétrolières. On a pu en retenir 23 qui donnent des informations sur les débits et les niveaux de rabattement de la nappe correspondant, sur la qualité de la nappe captée.

La quasi totalité de ces informations intéresse les sables Verts de l'Albien - Parfois les forages captent la nappe de la craie comme à DOUDEVILLE ; parfois il y a mélange avec des eaux provenant de nappes plus profondes comme à INCARVILLE.

Dans le tableau 3, on s'aperçoit que leur situation est très dispersée et que la quasi totalité des informations se trouvent au Nord de la Seine. A noter que l'accident de BOURGTHEROULDE fait affleurer l'Albien et les Sables Verts ; à BRIONNE ce niveau se trouve sous les alluvions de la Risle ; mais les résultats hydrodynamiques et chimiques nous ont paru intéressants.

3.2.- Fiabilité des données

Rappelons que la capacité de production d'un aquifère est calculée d'après la valeur des paramètres hydrauliques, c'est-à-dire la transmissivité T (produit de l'épaisseur par la perméabilité horizontale) et le coefficient d'emmagasinement S (pourcentage d'eau soumis à la circulation par rapport au volume total).

D'autre part, la production d'un forage dépend donc de ses paramètres hydrauliques et des pertes de charge subies par l'écoulement dans l'aquifère et surtout dans les crépines.

Comme les données relatives aux essais de production de ces forages anciens sont des plus succinctes, on a tiré quelques valeurs de débit spécifique (rapport du débit et de la valeur de rabattement correspondant).

Le débit spécifique est un paramètre du type transmissivité, à ceci près qu'il inclut les pertes de charge dues à l'ouvrage. De plus le débit spécifique est affecté par la pénétration plus ou moins complète dans l'aquifère.

Or, les documents de la banque des données montrent :

. qu'un grand nombre d'ouvrages ne recoupe pas la totalité des Sables Verts ;

. que du fait des crépines inadaptées à ce type de milieu, les ouvrages se sont rapidement ensablés, et qu'un certain nombre de valeurs de débits spécifiques sont certainement très en dessous de la réalité de ce qu'ils auraient été avec des forages convenablement équipés.

En 3ème lieu, la nappe des Sables Verts est une nappe captive ; en conséquence, comme il n'y a pas de réalimentation induite sous l'effet des pompages par une limite de réalimentation, le rabattement de la nappe s'accroît pendant le pompage suivant le régime de Theis. Ne connaissant pas dans les données la durée de pompage, il faut éviter dans les prévisions de prendre des valeurs trop grandes pour les débits spécifiques.

RECAPITULATIF DES RESULTATS

"d'essais de débit"

Indice national	Commune	m	epais. m	Debit m3/h	Rabat. m	Q/S m3/h/m	OBSERVATIONS	FORAGE JAILLISSANT
31-8-11	EU	132	40	168	20	8	ClNa=1,9g/l T=15°C	+
31-8-12	EU	157	14	31	15	2		+
56-8-2	LES LOGES	178	23	10,5	20	0,5	T=15°C	
58-3-6	DOUDEVIL	188	26	37	4,5	8	CRAIE CAPTEE ?	
60-3-2	LES LANDES	250	17	9,6	28,6	0,3	EPAISSEUR > 17 m	
74-8-11	ETAINHUS	173	26	10	70	0,14	Sable argileux	
75-1-7	BREAUTE	200	12	10,4	32	0,3	EPAISSEUR > 12 m	
75-2-6	MIRVILLE	92	30	6	39	0,15	Argile sableuse	
75-2-7,8	BOLBEC	96	3,4	37,5	14,5	2,6	EPAISSEUR > 4 m	
75-6-46	RADICATEL	70	40	135	28,5	4,7	Sable argileux	
76-7-49	PAVILLY	10	24	15	10,5	1,4		
100-7-71	PT ST PIER	120	28	14,4	70	0,2	FOR. ENSABLE T=17°C	
123-4-68	CAUDEBEC	140	30	3,6			EAU DOUCE + NH4	+
123-4-69	CAUDEBEC	141	27	50	20	2,5	H2S+FE AGGRES. T=15°C	
123-4-70	ELBEUF	141	6	5			EPAIS. > 6m T=14°C	
123-4-73	ELBEUF	140	8	3		0,5	EPAIS. > 8m Cl=5mg/l	+
123-4-76	ELBEUF		18	15			EPAIS. > 18m T=17°C Fe	
123-5-13	BRIONNE	20	20	20	4	5	FOR. ENSAB. Fe=4mg/l	
123-7-1	LENEUBOURG	160	30	20	50	0,4	EPAIS. = ALBIEN TOT.	
124-1-64	PT de L'AR	169	36	90			EPAIS. > 36m	+
124-2-108	INCARVILLE	243	18	200			DOG. CAPTE T=29 Fe=9 Cl=810mg	+
151-1-69	VERNON	89	50	19	5	3,3	Sable argileux	
151-1-48	PRESSAGNY	48	20	11,5	7,3	1,6	EPAIS. > 20m	

3.3.- Etudes des productions (Cf. tableau 3 Fig.4)

Les 23 valeurs de débit se répartissent comme suit :

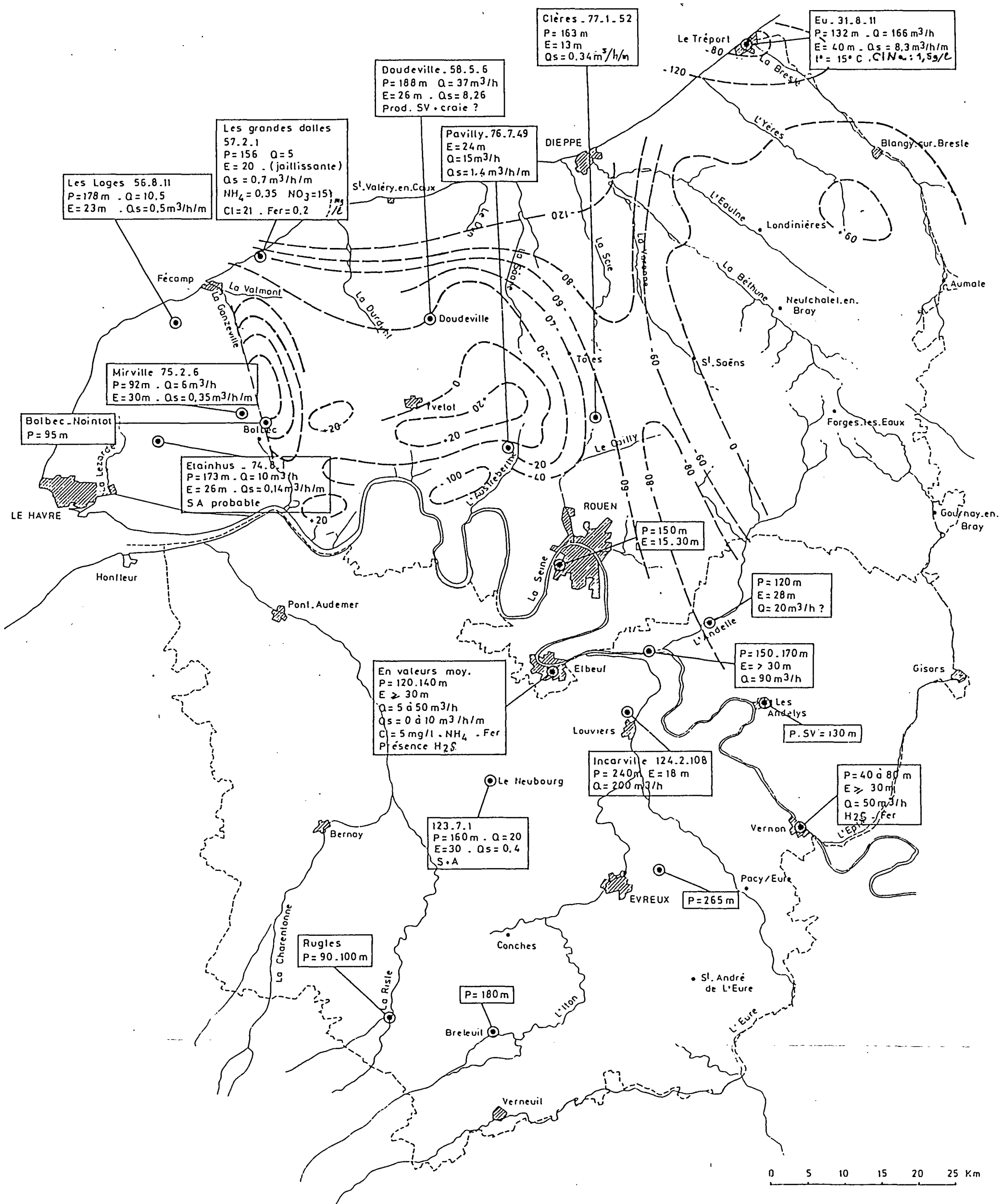
supérieurs à	$50 < Q \leq 100$	$10 < Q \leq 50$	$Q \leq 10$
100 m ³ /h			
4	2	12	5

On voit que la majorité des valeurs se situe dans les 2 classes centrales, bien qu'il s'agisse d'ouvrages anciens équipés de crépines inadéquates.

Les débits spécifiques (débits par mètre de rabattement) se répartissent suivant le tableau suivant :

Valeur maximale	Q 3	M d	Q 1	Valeur minimale
8,3	4	1,5	0,3	0,14

DONNEES GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES
RELATIVE AUX SABLES VERTS



Isohypse du toit des Argiles du Gault et cote en NCF. (tracé simplifié d'après l'Atlas Hydrogéologique de la Seine Maritime)
Calcul de la profondeur des Sables Verts =
cote du sol en NCF au site + épaisseur Argiles du Gault (~ 20m) - Valeur de l'isohypse du toit des Argiles

Données ponctuelles sur les Sables Verts =

123 71 = indice BSS du forage

P = profondeur du toit des Sables Verts - E : épaisseur de la couche des Sables Verts

Q = débit de production constaté

Qs = débit spécifique (débit par mètre de rabattement).

On peut négliger les faibles valeurs comme les fortes valeurs, du débit spécifique pour les raisons que nous avons développées précédemment et retenir une fourchette 0,5 - 4 m³/h/m.

Deux réalisations dans la région de VERNON nous donnent les résultats suivants :

	A.E.P SAINT-MARCEL	STEINER
Profondeur du toit des sables/sol	36 m	41 m
Epaisseur des sables	48 m	37 m
Transmissivité en m ² /s	6,4 x 10 ⁻⁴	1,1 x 10 ⁻³
Perméabilité horizon- tale m/s	1,3 x 10 ⁻⁵	3,1 x 10 ⁻⁵
Coefficient d'emmaga- sinement	0,008	0,008
Débit d'exploitation m ³ /h	31,6	56 m
Rabatement en m	17 m	16,8 m
Débit spécifique m ³ /h/m	1,86	3,01
m ³ /s/m	5,1 x 10 ⁻⁴	8,36 x 10 ⁻⁴

On peut noter les points suivants :

- Transmissivité et coefficient d'emmagasinement assez élevés ;
- Faible différence entre transmissivité et débit spécifique (crépine moderne, type Johnson) ;
- Débit spécifique dans la valeur de la fourchette retenue dans l'étude des résultats de la BSS ;
- Rabattement d'exploitation assez faible (moins de 20m) pour une nappe captive compte tenu de la faible profondeur de l'aquifère sur ces 2 sites (35 à 40m).

Les rabattements évoluent relativement lentement dans le temps (schéma d'écoulement de Theis) comme l'indique l'exemple suivant (calculé avec les paramètres hydrodynamiques de VERNON).

Exploitation	T en 1×10^{-4}	S	Rabattement en m		
				1m du forage	1 Km du forage
75 m ³ /h	6,4	0,008	1 an	16	1,9 m
			10 ans	19	4,3
10 Km/j			30 ans	20,5	5,5
	11	0,008	1 an	10	1,4
			10 ans	11,5	2,9
			30 ans	12,2	3,5

La nappe étant jaillissante dans la plupart des cas, on peut admettre des rabattements importants dans les zones où les Sables Verts sont profonds, puisque leur accroissement dans le temps est finalement assez faible. Dans ces conditions on obtient des débits qui atteignent facilement des valeurs comprises entre 50 et 100 m³/h. On peut citer à titre d'exemple :

- Régime d'Elbeuf : Cote du sol + 5 N.G.F

- Caudebec - St-Pierre

St-Aubin : Cote N S + 10 N.G.F
Cote pompe - 20 N.G.F
Profondeur pompe 25m N.G.F
Rabattement 30 m
débit 90 m³/h

- St-André-de-l'Eure : Cote du sol + 60 à 100 N.G.F

Cote N S + 75 N.G.F

Cote pompe + 45

Profondeur pompe 15 à 55m

----- Rabattement 30 m Débit 30 à 60 m³/h.

(débits spécifiques plus faibles du fait de la réduction d'épaisseur des sables).

Il faut remarquer que les valeurs concernent les rabattements admissibles et les profondeurs de mise en place des pompes sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées dans des puits à la craie, creusés en plateaux, et fournissant des débits nettement moins élevés.

3.4.- Espacement des ouvrages

A partir des valeurs précédentes des paramètres hydrodynamiques, et d'une prévision d'exploitation moyenne de 75 m³/h de durée 10 heures par jour, on calcule le rabattement de la nappe à plusieurs distances du forage. Ils prennent les valeurs suivantes :

$$T = 3,96 \text{ m}^2/\text{h}$$

	500 m	1000m	1500m	2000m
10 ans	3,7	2,9	2,3	2,0
30 ans	4,4	3,6	3,0	2,7

$$T = 2 \text{ m}^2/\text{h}$$

	1000m	1500m	2000m	3000
10 ans	4,8	3,8	3,1	2,1
30 ans	6,2	5,2	4,5	3,5

En cas d'exploitation de la nappe par deux forages, il faudra ajouter au rabattement mesuré dans le forage induit par le pompage, l'une de ces valeurs correspondant à la distance entre les deux ouvrages.

De l'ensemble on peut tirer les renseignements suivants :

- Les rabattements supplémentaires induits par des pompages simultanés sont nettement supportables pour une distance de 1000m entre deux forages dans le cas d'une transmissivité assez bonne ($4 \text{ m}^2/\text{h}$) ; par contre la distance doit être doublée, 2000m dans le cas d'une transmissivité plus réduite.

A titre d'exemple on peut s'attendre à une influence réciproque de l'ordre de 2,60m au bout de 10 ans et de 3,30m au bout de 30 ans entre les deux forages de CAUDEBEC et de SAINT-AUBIN-LES-ELBEUF implantés sur le lieu même des installations actuelles. Ces influences sont parfaitement supportables.

3.5.- Qualité de la nappe (Voir Fig. 4 tableau 3)

Les analyses sont trop peu nombreuses pour voir et établir éventuellement une zonalité chimique de la nappe. Mais on peut noter les points suivants qui sont importants :

- température comprise entre 15 et 17°
- eau douce (5 mg/l de Chlorures à ELBEUF) ; la présence de sels à EU est due à une détérioration du tubage ; sur un forage situé à côté l'eau est douce (analyse en cours).
- Présence de Fer ; la teneur à BRIONNE est élevée pour d'autres raisons :
 - . Présence d'hydrogène sulfuré
 - . présence d'amoniac.

La nappe étant captive est très pauvre en oxygène, de ce fait les cations sont à l'état réduits (H_2S et NH_4). D'autre part les sables sont glauconieux et parfois pyriteux ; le fer est maintenu à l'état de sulfure.

Une aération de l'eau va avoir pour effet le dégazage de l'hydrogène sulfuré, l'oxydation de sulfure de fer en hydroxydes donc précipitation et des matières azotées sous forme de nitrates (en faible quantité).

4 - LE DOGGER ET L'OXFORDIEN (Voir Fig.5)

On a vu l'étude des diagraphties faites dans le chapitre 1 montrant l'importance des faciès marneux, ceci au Nord-Ouest d'une ligne VERNON - ROUEN-FECAMP du Dogger et de l'Oxfordien.

Au Sud et en particulier vers l'Ouest, les séries sédimentaires "remontent" vers la surface du sol au fur et à mesure que l'on se rapproche du massif armoricain où affleure le socle. L'Oxfordien affleure dans la vallée de la TOUQUES et les calcaires du Dogger dans la plaine de CAEN.

4.1.- L'Oxfordien :

4.1.1.- Deux niveaux sont susceptibles d'être aquifères ; il s'agit d'abord des sables de Glos (affleurement à Glos et dans la vallée de la TOUQUES de PONT-L'EVEQUE à ORBEC) qui sont assez développés en profondeur à l'Est de cette vallée dans le bassin parisien ; cette série est constituée à la base de sables et de bancs gréseux avec entre autre des Oolithes ferrugineuses ; elle se termine par les marnes de VILLERVILLE.

Sous cet Oxfordien supérieur, on trouve le deuxième niveau susceptible d'être aquifère ; il s'agit de calcaires et de marnes (calcaire de HENNEQUEVILLE, et de BLANGY, le coral rag de TROUVILLE, l'oolithe de TROUVILLE). Dans ce niveau se développe des formations récifales qui sont exploitées à LISIEUX ; la nappe est libre sous les alluvions de la TOUQUE et les débits de production atteignent 100 m³/h environ.

4.1.2.- On sait peu de choses sur ces formations ; les pétroliers ont déterminé l'isohypse -500 suivant la vallée de l'Eure d'abord puis continuant jusqu'à VERNON pour suivre ensuite la vallée de la Seine.

Compte tenu des hypothèses que l'on peut faire sur l'épaisseur des séries situées entre l'Oxfordien et les calcaires du Dogger, on peut dire qu'à l'Ouest d'une ligne BRETEUIL - BRIONNE le toit de la formation serait supérieur à la cote -200 (-100 environ à BERNAY) ;

DONNÉES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES
 SUR L' OXFORDIEN ET LE DOGGER

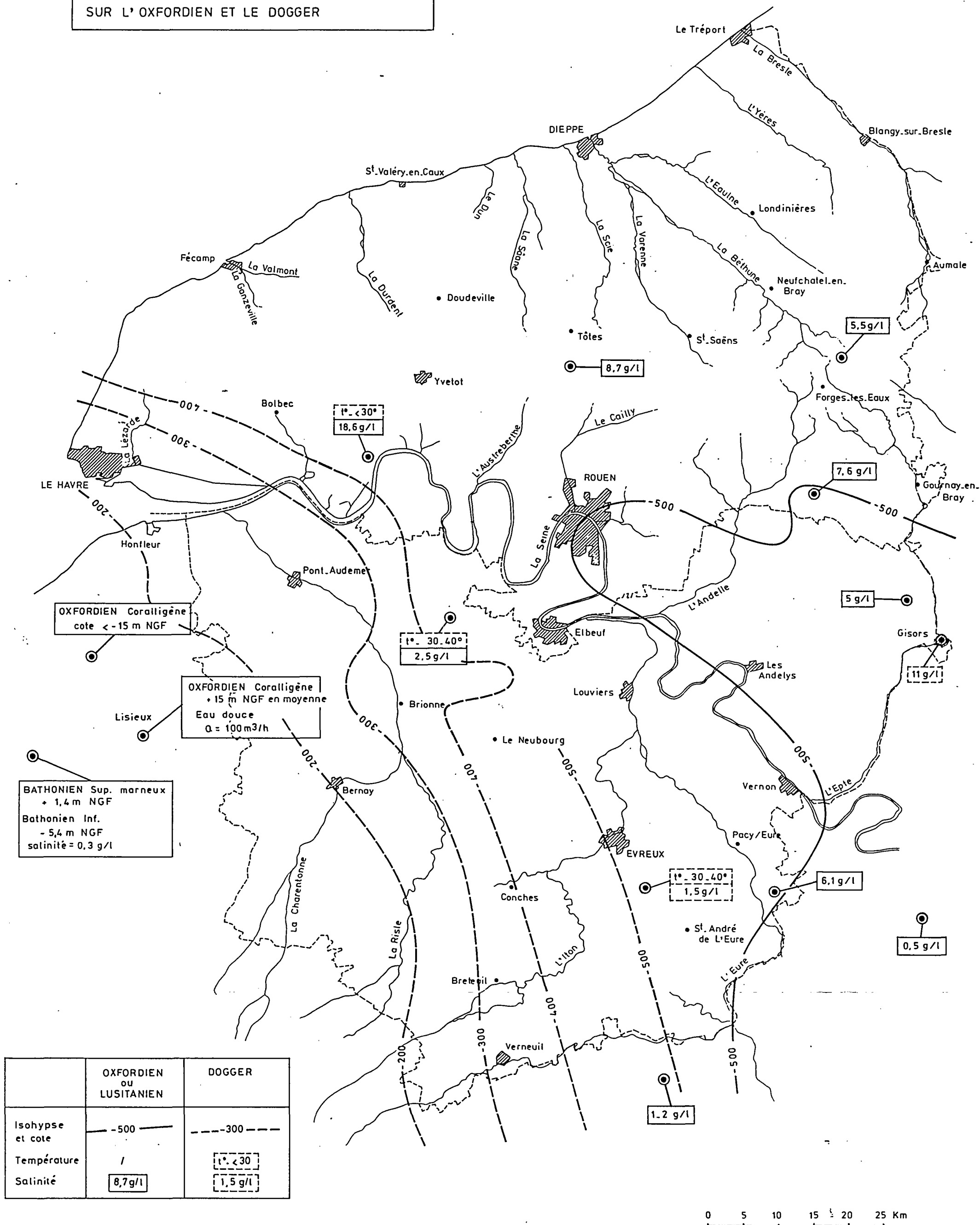


FIGURE - 5

à l'Est, la série s'enfonce vers -300 à CONCHES et -400 à EVREUX.

L'épaisseur totale de la formation productrice (tous niveaux confondus) est estimée à une vingtaine de mètres. A noter que les sables de Glos à l'affleurement (sur la carte géologique de Lisieux) ont une puissance de 25m.

4.1.3.- Les salinités semblent élevées en Seine-Maritime, par contre dans l'Eure elles semblent plus faibles, de l'ordre de 1 à 2 g/l. Il est possible que les concentrations en sels se réduisent en se rapprochant des zones d'affleurement.

4.1.4.- Les zones les plus favorables à l'exploitation sont donc situées à l'Ouest d'une ligne PONT-AUDEMER - BRIONNE-VERNEUIL. Les forages auraient une profondeur d'environ 150 à 200m du côté de BERNAY et 200 à 250m vers BRIONNE, BRETEUIL, VERNEUIL. En admettant différentes hypothèses pour les paramètres hydrauliques et des rabattements de 30 m au bout d'1 an de fonctionnement, 10 heures par jour, les débits espérés varient de 20 à 70 m³/h.

4.2.- Le Dogger :

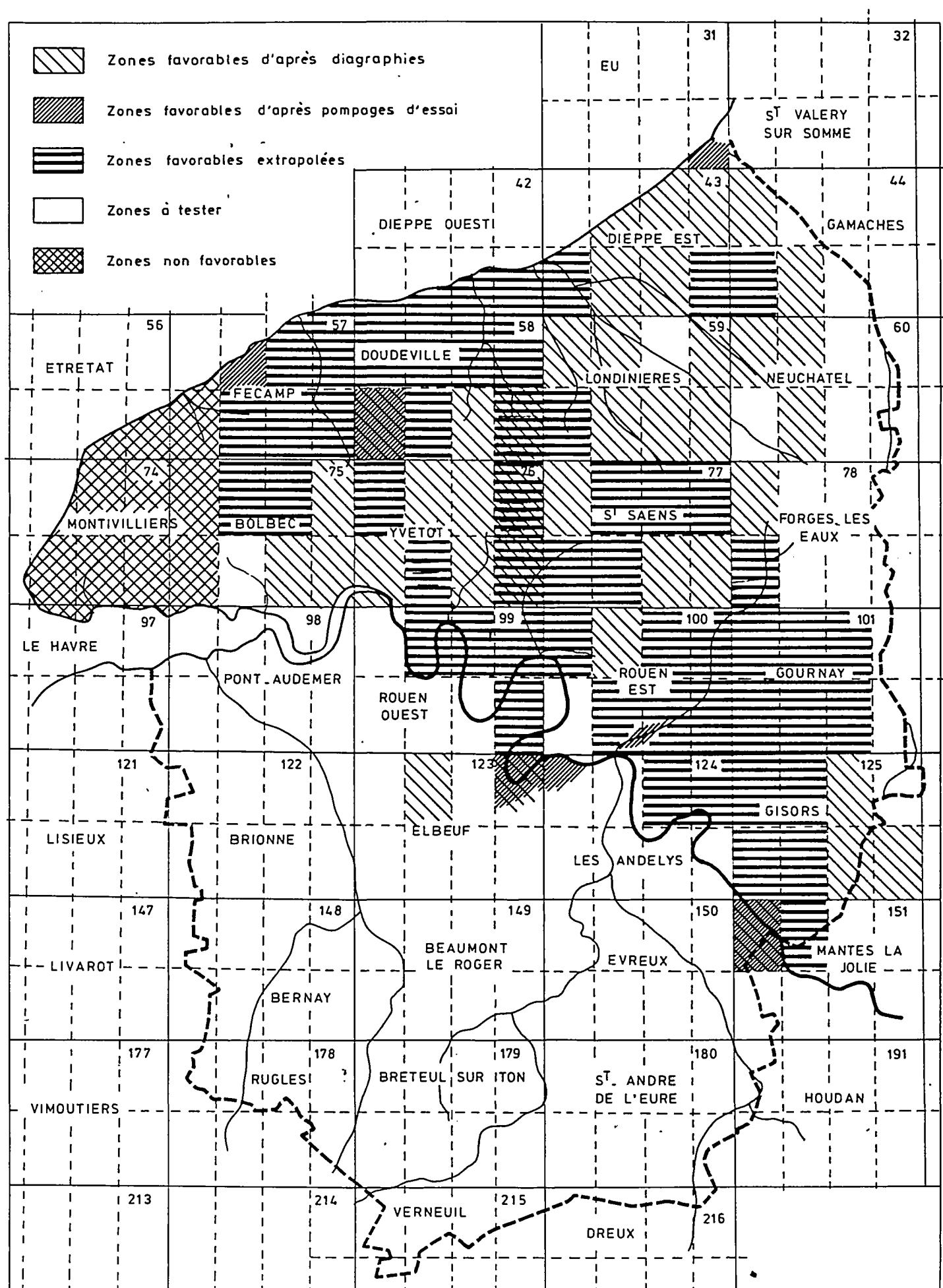
Ces séries calcaires à calcaire marneux qui sont le siège dans le centre du Bassin Parisien de l'eau utilisée à des fins géothermiques sont situées donc environ 100m plus bas que les séries précédentes :

- En Seine-Maritime, l'étude des diagaphies a montré l'abondance des marnes.

C'est sur la frange occidentale du département de l'Eure que les séries sont les moins profondes. Les isohypses du toit cependant compris entre -300 et -200 dans la zone définie plus haut (Ouest de la ligne PONT-AUDEMER - BRIONNE - VERNEUIL). A EVREUX, les eaux ont une salinité entre 1 et 5 g/l, et leur température est de l'ordre de 30 à 40°C.

Cet aquifère demande des forages nettement plus profonds ; car non seulement il faudra atteindre son toit, mais le recouper sur une grande partie de son épaisseur. Il n'apparaît pas intéressant.

DEFINITION DES ZONES FAVORABLES A L'EXPLOITATION
DES NAPPES PROFONDES (SABLES VERTS .PORTLANDIEN)



5 - CONCLUSION - SYNTHÈSE DES DONNÉES - DÉFINITION DES ZONES FAVORABLES

Les sables verts et les calcaires du Portlandien constituent l'aquifère le mieux connu du fait de l'abondance des données en Seine-Maritime et dans l'Eure au Nord de la Seine.

Il apparaît tout d'abord :

- a) - qu'il faut rechercher à exploiter simultanément les sables et les calcaires du Portlandien quand ils existent ; ceci nécessite la prolongation des forages aux Sables Verts sur une trentaine de mètres dans ce niveau, et recouper la série intégralement si l'on rencontre suffisamment des bancs de calcaires.
- b) - qu'il faut équiper les forages dans l'Albien de crépines en acier inoxydable type Johnson compte tenu de la finesse des sables.
- c) - ne pas distribuer l'eau directement mais passer par une bêche d'aération.

Les zones favorables sont situées dans la vallée de la Seine et au Nord de celle-ci, où les niveaux sont plus épais.

Par contre, au Sud, les niveaux s'amincissent et il est probable que les capacités de production sont moindres. Néanmoins, il serait bon de réaliser un forage d'essai qui pourrait être utilisé en complément d'installations existantes par une collectivité intéressée.

Dans le bec de Caux, à l'Ouest d'une ligne FECAMP - BOLBEC, les Sables Verts s'enfoncent en profondeur et deviennent argileux ; ils ne sont donc pas ou peu exploitables.

En ce qui concerne l'Oxfordien, il paraît offrir de l'intérêt que dans la partie occidentale du département de l'Eure là où il est le moins profond et assez proche en distance des affleurements de la vallée de la TOUQUES. Le principe d'un forage d'essai pourrait être retenu pour tester sa capacité. De tels ouvrages comme ceux aux Sables Verts nécessitent un équipement en crépines de type Johnson en acier inoxydable.

Par contre, le DOGGER, compte tenu de la profondeur dans le domaine paraît inintéressant.