BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

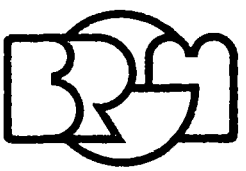
ETABLISSEMENT PUBLIC REGIONAL DE LORRAINE
COMITE GEOTHERMIE

LES POSSIBILITES DE REALISATIONS GEOTHERMIQUES DANS LE DEPARTEMENT DE LA MEUSE

ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET GEOTHERMIQUE DE MAIZEY

B. r. g. m.

Avec la collaboration de l'Omnium d'Etudes Techniques



B.R.G.M.
29.SEP.1981
BIBLIOTHÈQUE

Service géologique régional LORRAINE
Rue du Parc de Brabois - 54500 Vandœuvre-lès-Nancy
Tél. : (83) 51.43.51

81 SGN 372 LOR

Vandoeuvre, mai 1981

BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTERE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

Service géologique national

N/Réf. SGR/LOR N° 536/81
JR/BJ

V/Réf.

Vandœuvre, le 5 juin 1981

Objet : Rapport 81 SGN 372 LOR
Etablissement Public Régional de Lorraine
Comité Géothermie
Les possibilités de réalisations géothermiques
dans le département de la Meuse
Etude de faisabilité du projet géothermique
de Maizey

NOMBRE	DESTINATAIRES
20 (pour diffusion)	D.I.I. - METZ (57)
6	B.r.g.m. - SGN/GTH
1	B.r.g.m. - Arts Graphiques
1	B.r.g.m. - D.G.
2	B.r.g.m. - Bibliothèque

Le Directeur du Service Géologique
Régional Lorraine

Jacques RICOUR

Service géologique régional : Lorraine - Rue du Parc de Brabois - 54500 Vandœuvre-lès-Nancy - Tél.: (83) 51.43.51
Siège 6-8, rue Chasseloup-Laubat - 75737 Paris Cédex 15 - Tél (1) 783 94 00 - Télex B R G.M 270844 F - R C 582056149 B Paris

LES POSSIBILITES DE REALISATIONS GEOTHERMIQUES EN MEUSE :

ETUDE DE FAISABILITE DU PROJET GEOTHERMIQUE DE

M A I Z E Y

A. DESPLAN* J.M. LEJEUNE* MAIAUX**

B.R.G.M.

* SGN (département géothermie) - ** SGR (région Lorraine)

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1. CADRE DE L'ETUDE
2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE
3. BUT DE L'ETUDE

PREMIERE PARTIE : ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET FORAGES

I - INTRODUCTION

II - PRESENTATION GEOLOGIQUE DU SITE

III - COUPE GEOLOGIQUE PREVISIONNELLE

- III - 1. LES FORMATIONS SUPERFICIELLES
- III - 2. LES FORMATIONS INTERMEDIAIRES
- III - 3. LES FORMATIONS SOUTERRAINES

IV - ETUDE DE L'AQUIFERE

- IV - 1. LITHOLOGIE
- IV - 2. GEOMETRIE
- IV - 3. EPAISSEUR
- IV - 4. HYDRODYNAMISME
- IV - 5. TEMPERATURE
- IV - 6. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU
- IV - 7. CONCLUSION - DEFINITION DU RISQUE GEOLOGIQUE

V - CONSEQUENCES

VI - CARACTERISTIQUES D'EXPLOITATION

- VI - 1. CONDITION D'EXPLOITATION
- VI - 2. ECARTEMENT DES FORAGES
- VI - 3. PRESSION ET PUISSANCE DE POMPAGE
- VI - 4. TEMPERATURE EN TETE DE PUITS
- VI - 5. DIAMETRE DU TUBAGE

VII - PROGRAMME DE FORAGE

VIII - PROGRAMME D'ESSAIS

DEUXIEME PARTIE : ETUDE THERMIQUE

I - CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLE ET BESOINS UTILES

II - HYPOTHESE DE CALCUL

III - ENERGIE DE POMPAGE

IV - CALCULS THERMIQUES

IV - 1. Résultats des calculs par échange seul

IV - 2. Etude de l'adjonction d'une pompe à chaleur

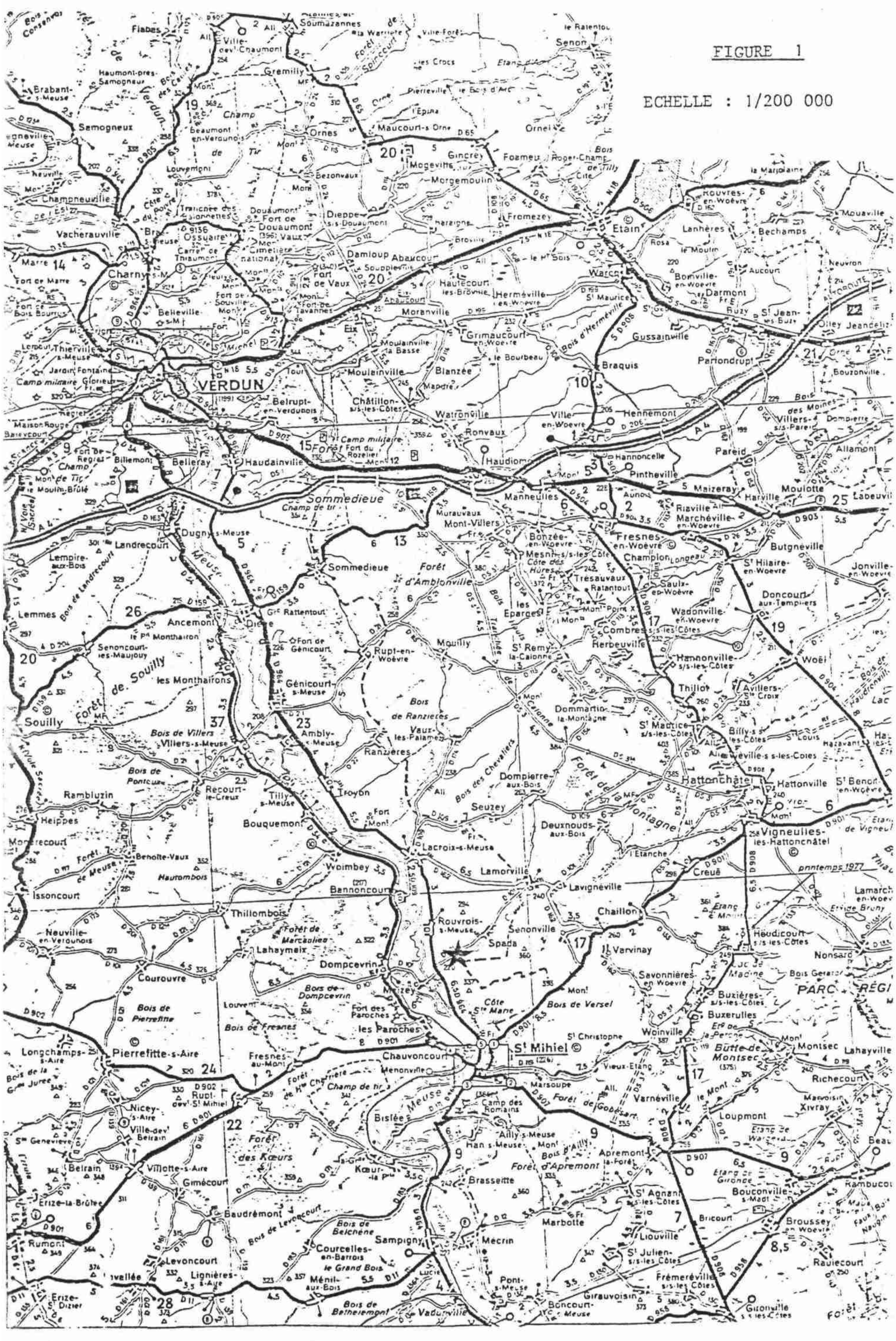
V - BILAN THERMIQUE

VI - MONTANT DES INVESTISSEMENTS

VII - CONCLUSION

FIGURE 1

ECHELLE : 1/200 000



INTRODUCTION

1. CADRE DE L'ETUDE

L'établissement Public Régional de Lorraine a confié au B.R.G.M., dans le cadre de la confrontation des Besoins Energétiques avec les Ressources Géothermales de la Meuse, la réalisation de l'Etude de Faisabilité concernant le site le plus favorable pour une opération de géothermie.

Les critères de sélection (Géologiques, Thermiques, volonté du Maître d'Ouvrage) que nous avons retenus (*) nous ont convaincu de l'intérêt du projet de chauffage de Serres à MAIZEY, près de Saint-Mihiel (figure 1) pour l'utilisation du réservoir du Trias.

2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

C'est la société R. J. MARCHAL qui exploite ces dix hectares de serres, cultivant essentiellement des laitues et concombres.

Cette importante entreprise agricole, qui emploie une centaine de personnes, est une des plus grandes exploitations de serres en France.

Sa situation privilégiée au coeur de l'Europe (moins de 300 km de Paris, Stuttgart, Francfort, Bruxelles, Genève...) lui permet d'exporter une grande partie de sa production, puisque le tiers du chiffre d'affaire est réalisé à l'exportation.

Cette entreprise très moderne (figure n° 2), possède un matériel de chauffage au fuel lourd n° 2) pour lequel il a déjà été consenti des investissements importants pour économiser l'énergie.

Mais pour cette entreprise dynamique, il se pose le problème de l'augmentation continue du coût de l'énergie, -paramètre capital malgré les investissements consentis pour tenter de diminuer les consommations de fuel- augmentation que l'on doit comparer à la faible évolution du prix des primeurs dans le même temps (figure 3).

Cette situation a des conséquences telles sur la part du fuel dans le chiffre d'affaire (figure 4) qu'elle met en cause la viabilité de l'exploitation.

En effet, une énergie chère oblige l'entreprise à se tourner vers des cultures consommant moins d'énergie, cultures qui, elles, ont un prix de vente plus faible, ce qui tend à limiter le chiffre d'affaire de l'entreprise...

A tout cela,se surajoute l'incertitude des cours du marché qui peut s'effondrer lorsque les cultivateurs ont les mêmes réflexes, amenant à produire en même temps le même type de cultures.

On comprend aisément qu'une énergie bon marché puisse seule briser ce "cercle" destructif.

---

* Etude.des possibilités géothermiques dans le département de la MEUSE : INVENTAIRE

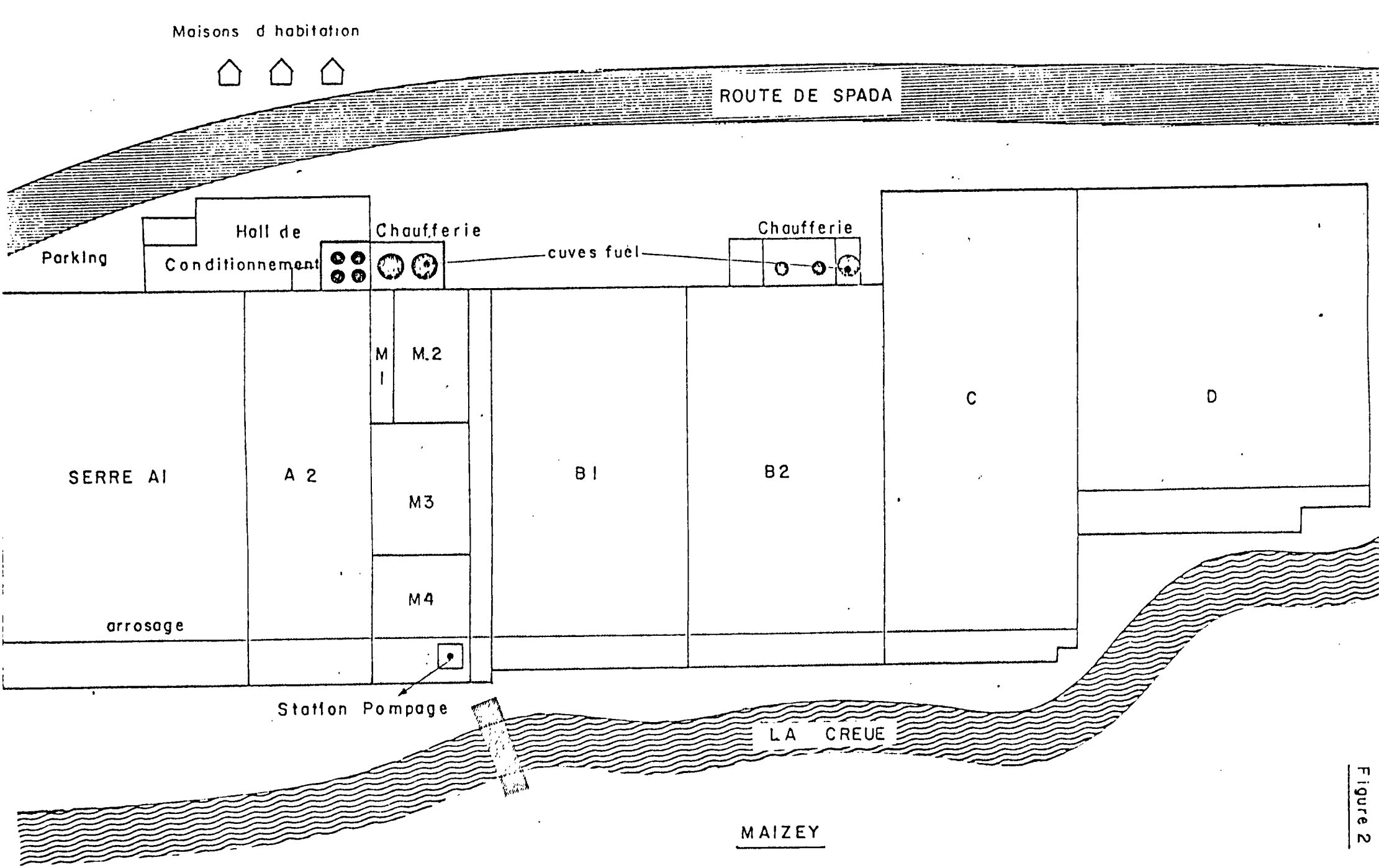
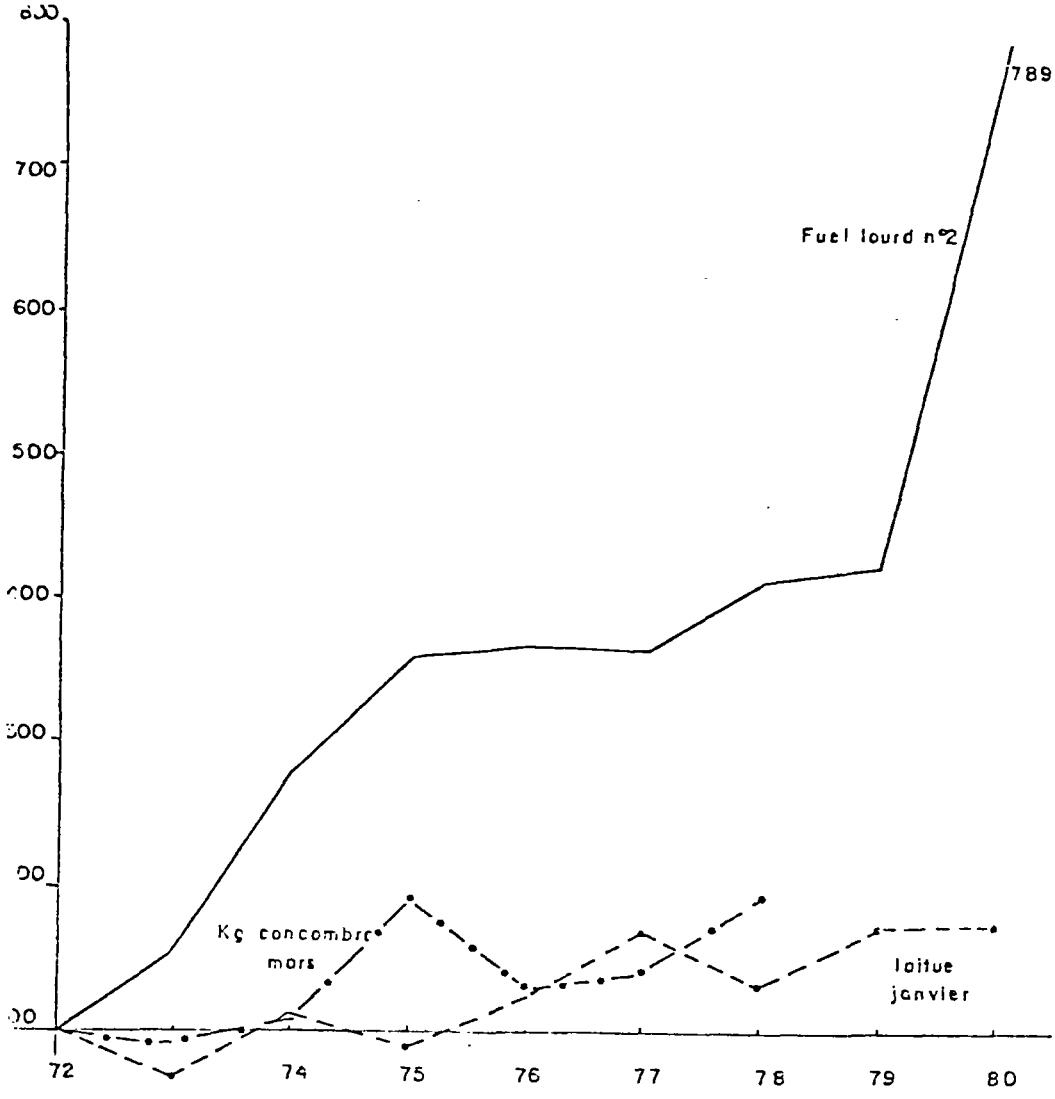
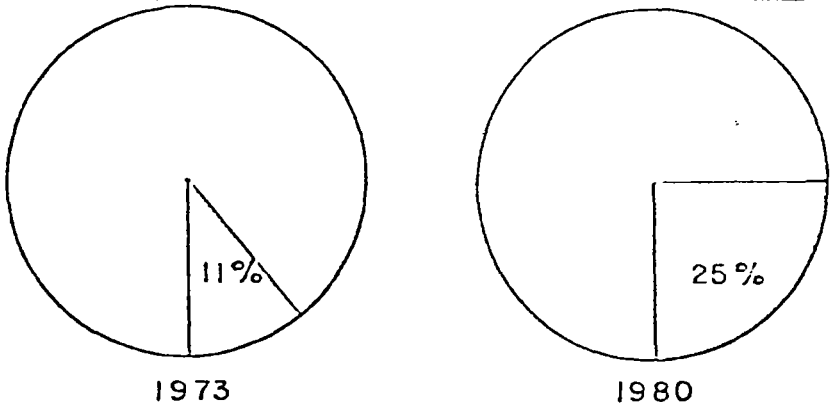

Maisons d habitation
ROUTE DE SPADA
Parking
Hall de Conditionnement
Chaufferie
cuves fuel
Chaufferie
M I
M.2
M3
M4
SERRE AI
A 2
B I
B2
C
D
arrosage
Station Pompage
LA CREUE
MAIZEY
Chaudieres

Figure 2

Figure 3



COMPARAISON DES EVOLUTIONS DES INDICES DU :
FUEL LOURD N°2 - LAITUES DE SERRE - CONCOMBRES



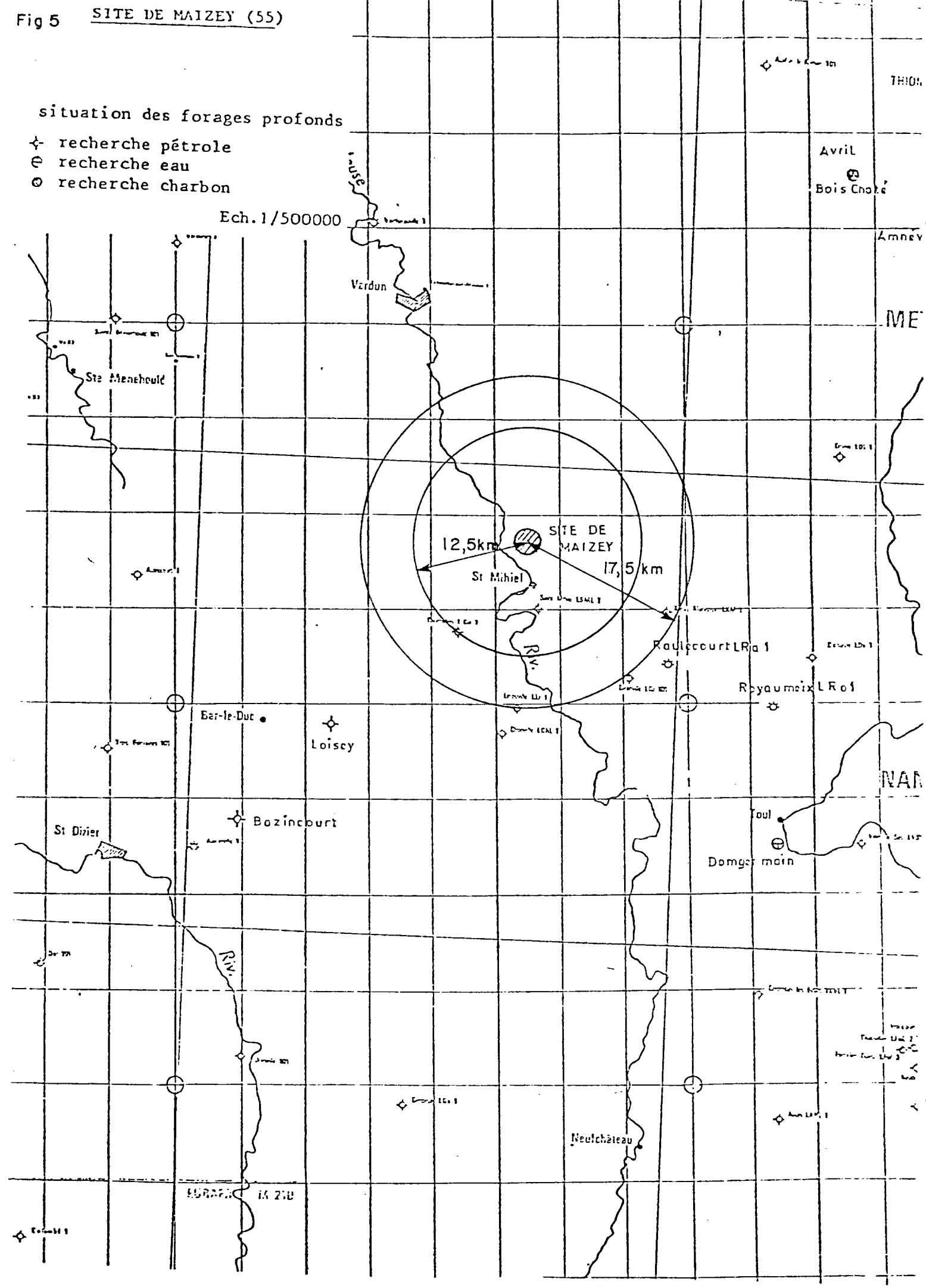
PART DU FUEL DANS LE CHIFFRE D'AFFAIRES

Figure 4

1973: Fuel 584 400
Coht 5 069 860

1980: Fuel 3 000 000
Cocht 12 000 000

Fig 5 SITE DE MAIZEY (55)



3. BUT DE L'ETUDE

Ce document a donc pour but de démontrer comment l'utilisation de la géothermie permettrait de procéder à d'importantes économies d'énergies ce qui assurerait la persistance de cette entreprise dans une région au climat peu propice aux cultures sous serres, en ces temps d'énergie chère.

Cependant, les hypothèses retenues en ce qui concerne le mode d'exploitation, sont celles de l'état actuel, le seul que nous connaissons objectivement. Nous ne prendrons pas en compte les améliorations que pourrait apporter le Maitre d'Ouvrage, le jour où, grâce à la géothermie, les variations du coût de l'énergie qu'il utilise seront stopées, ou même inversées.

1ère PARTIE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET FORAGES

I - INTRODUCTION

Le site retenu à environ 4,5 km au Nord de l'agglomération de Saint-MIHIEL pour la réalisation des forages, se situe dans la vallée de la Creuë, affluent de rive droite de la Meuse, proche du confluent des deux vallées. Les ouvrages seraient implantés en limite de la commune de MAIZEY, à 2 km à l'Est du centre de la localité, sur la propriété des Etablissements R.J. MARCHAL (figures 5 et 6).

Les coordonnées du forage : x = 834,0 ; y = 142,2 ; z = 225 m.

II - PRESENTATION GEOLOGIQUE DU SITE

- Cadre géologique général.

Du point de vue géologique les terrains en affleurement dans le secteur d'étude appartiennent à l'Oxfordien moyen et inférieur (ex Argovien et ex Oxfordien S.S.).

Dans la vallée de la Creuë, ces terrains ont été en partie érodés et recouverts par des dépôts alluvionnaires dont l'épaisseur peut atteindre 12 à 14 m au maximum (cf. Reconnaissance par méthode géophysique : sondages électriques, des formations superficielles de la vallée de la Creuë, réalisée par le SGR. Lorraine du B.R.G.M. en août 1976).

- Structures.

Du point de vue structural, les esquisses tracées à partir de différents repères lithostratigraphiques (toit de l'Aalénien, toit du Rhétien ou toit des détritiques grossiers du Trias inférieur) montrent une inclinaison générale des couches géologiques vers l'Ouest-Nord-Ouest avec un pendage compris entre 1,3 et 1,5 %.

De nombreux accidents affectent les terrains, notamment au Sud du secteur d'étude : à St Mihiel, on note deux failles sensiblement parallèles, orientés SSE-NNW, délimitant une zone effondrée ; plus au Sud, on note également deux failles d'orientation SW-NE dont les tracés passent respectivement au droit des localités de Mécrin Apremont, Montsec et Lérouville, Broussey en Woëvre, Viéville en Haye ; ces derniers accidents délimitent une zone en surélévation qui correspondrait en fait au prolongement de l'anticlinal de Pont-à-Mousson (anticlinal Sarro-Lorrain) (fig. 7).

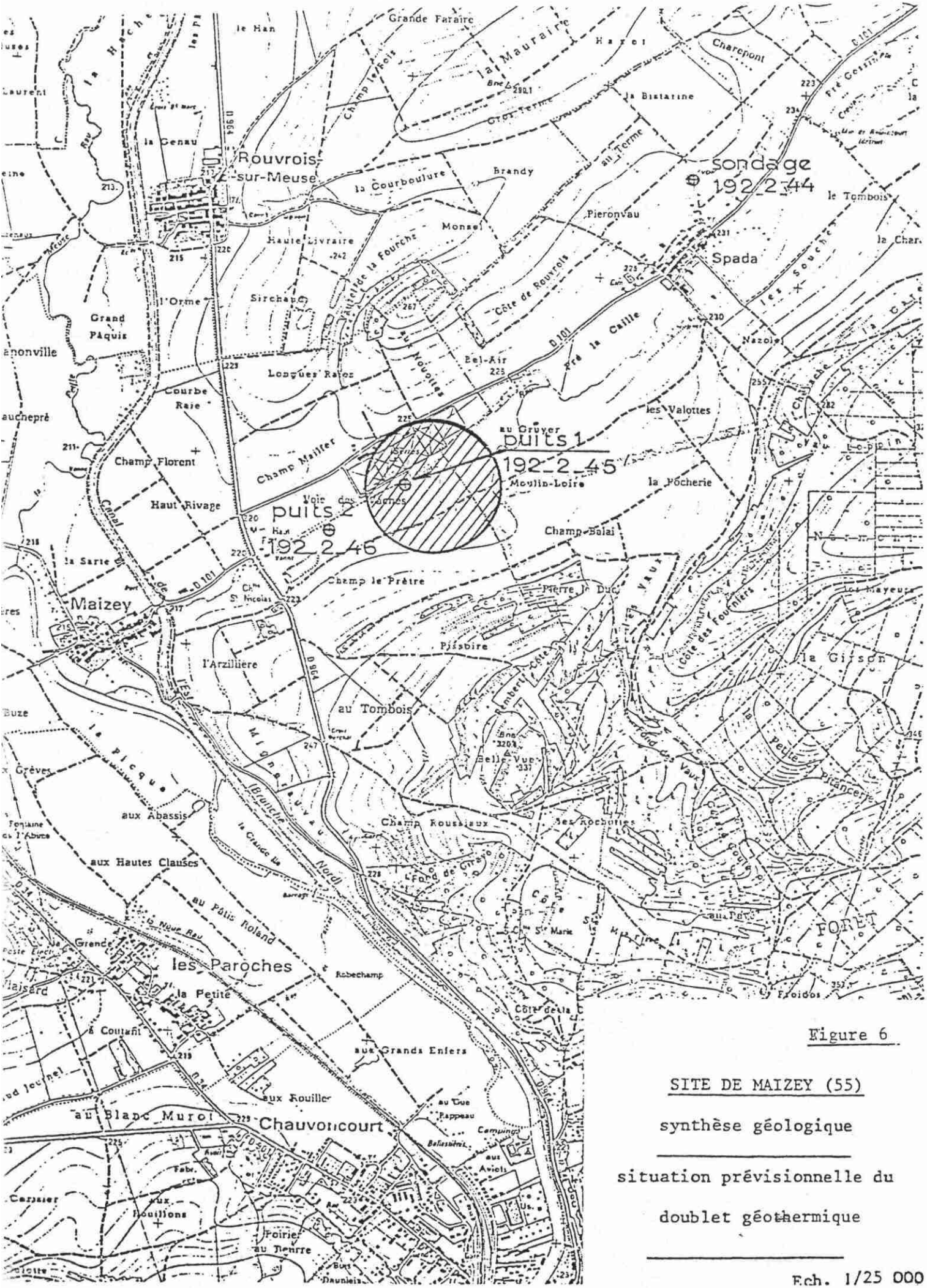


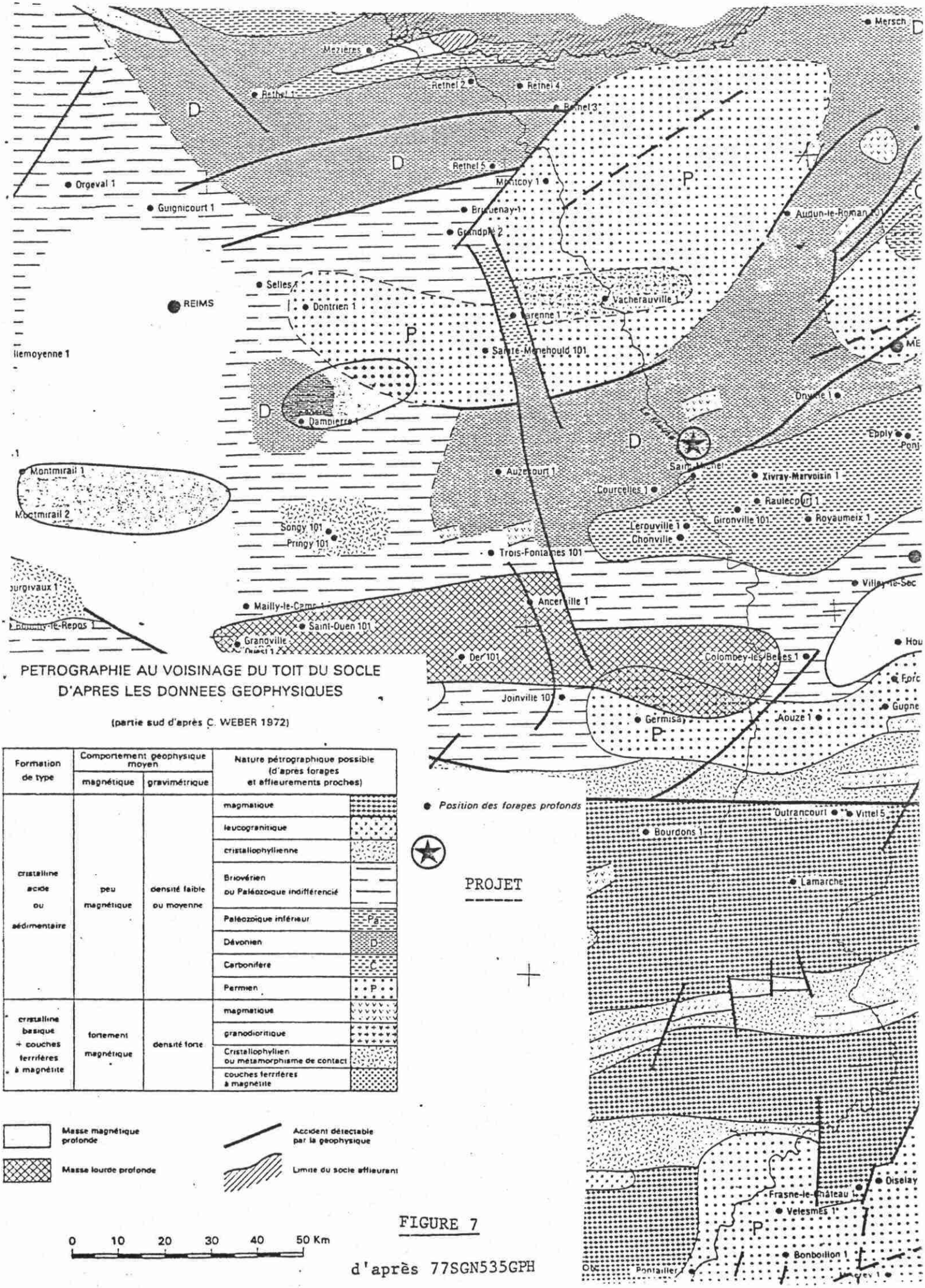
Figure 6

SITE DE MAIZEY (55)

synthèse géologique

situation prévisionnelle du doublet géothermique

Ech. 1/25 000



PETROGRAPHIE AU VOISINAGE DU TOIT DU SOCLE D'APRES LES DONNEES GEOPHYSIQUES

(partie sud d'après C. WEBER 1972)

Formation de type	Comportement géophysique moyen		Nature pétrographique possible (d'après forages et affleurements proches)	
	magnétique	gravimétrique		
cristalline acide ou sédimentaire	peu magnétique	densité faible ou moyenne	magmatique	
			leucogranitique	
			cristallophyllienne	
			Briovérien ou Paléozoique indifférencié	
			Paléozoique inférieur	Pé
			Dévonien	D
			Carbonifère	C
			Permien	P
cristalline basique + couches ferrifères à magnétite	fortement magnétique	densité forte	magmatique	
			granodioritique	
			Cristallophyllien ou métamorphisme de contact	
			couches ferrifères à magnétite	

● *Position des forages profonds*

★ PROJET

Masse magnétique profonde

Masse lourde profonde

Accident détectable par la géophysique

Limite du socle affleurant

0 10 20 30 40 50 Km

FIGURE 7

d'après 77SGN535GPH

III - COUPE GEOLOGIQUE PREVISIONNELLE (figure 8)

III - 1. LES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Les formations superficielles de la vallée de la Creuë ont été reconnues par méthode géophysique (sondages électriques) et par forages mécaniques effectués sur deux sites favorables à la recherche d'eau (figure 6).

Les résultats ont montré que ces formations étaient consituées par des limons argileux dont l'épaisseur n'excède pas le mètre et par des alluvions calcaires à galets plats dans une matrice sablo-argileuse, quoique plus nettement argileuse dans la partie inférieure, dont l'épaisseur varie de quelques mètres à 14/15 mètres.

Dans le puits n° 1 répertorié au SGR/LOR avec l'indice code minier 192-2-45, situé au droit des serres des Etablissements MARCHAL, ces formations ont atteint 7,20 m d'épaisseur, 500 m en aval, au puits n° 2 répertorié au SGR/LOR avec l'indice code minier 192-2-46, elles atteignent 10,50 m d'épaisseur.

Il est vraisemblable que la puissance des terrains se réduit rapidement vers l'amont, ainsi que sur les versants de la vallée.

Ces alluvions sans cohésion véritable et généralement sèches ou simplement mouillées, ont nécessité la mise en place d'une colonne de soutènement lors du fonçage des puits.

III - 2. LES FORMATIONS EN POSITION SOUS ALLUVIALES ET EN AFFLEUREMENT SUR LES VERSANTS

Ces formations sont constituées :

- d'abord par des calcaires fins ou oolithiques, parfois coquilliers ou biodétridiques à passées récifales (ex Argovien). Leur puissance peut atteindre 20 à 25 m au droit des Etablissements MARCHAL. Ces niveaux sont très altérés, friables sur quelques mètres en tête sous les alluvions, et toujours très fissurés sur 10 à 15 m d'épaisseur (nombreuses fissures ouvertes avec traces d'oxydation). Ils sont le siège d'une nappe non négligeable qui peut autoriser des prélèvements d'eau par pompage à des débits pouvant atteindre 80 à 100 m3/h.
- Ensuite par des calcaires oolithiques (oolithes à patine ferrugineuse), biodétritique ou lumachelliques, en bancs peu épais avec minces intercalations argileuses (ex Oxfordien SS.). Ce niveau ne dépasse pas 5 à 6 m d'épaisseur au forage de Spada, localité proche de Maizey.
- Enfin par des calcaires gréseux à accidents siliceux, en alternance avec des niveaux argilo-sableux qui se développent régulièrement au profit des calcaires vers la base de la série : terrains à chailles (ex Oxfordien SS.). Cette formation ne semble pas dépasser 20 à 25 m d'épaisseur.

Du point de vue hydrogéologique, ce sont ces derniers niveaux qui constituent avec les "argiles de la Woëvre"sous-jacentes le mur de l'aquifère "Argovo-Rauracien".

Du point de vue géotechnique, ces terrains manquent parfois de stabilité, c'est souvent le cas lorsqu'ils affleurent en pied de côte, l'eau fournie par les sources de débordement issues des calcaires, s'accumulant dans les niveaux altérés, occasionnent dans certaines conditions des mini-glissements (loupes).

III - 3 . LES FORMATIONS SOUTERRAINES

Les formations souterraines qui constituent la couverture des grès du Buntsandstein ont pu être étudiées à partir des sondages profonds de recherche de pétrole, de recherche d'eau ou de recherche de charbon (figure 5).

Des terrains les plus récents aux plus anciens, la série est représentée par :

- des marnes légèrement gréseuses à passées indurées, des calcaires oolithiques, graveleux ou cristallins, localement argileux, des calcaires à polypiers et des marnes gréseuses et micacées : Dogger (sens large) ;
- des argiles et des grès très fins, souvent argileux et à débris ligniteux : Rhétien ;
- des argiles bariolées, localement dolomitiques à passées de gypse et d'anhydrite, des dolomies cristallines, des argiles bariolées avec passées abondantes de sel gemme massif : Keuper ;
- des dolomies argileuses, des argiles bariolées, des dolomies glauconieuses et pseudo-oolithiques et à entroques, des argiles gréseuses à passées de grès fins et rognons d'anhydrite : Lettenkohle et Muschelkalk.

Ces formations ont été rencontrées dans tous les ouvrages de la région et certaines remarques concernant la statigraphie ont pu être formulées :

- la partie inférieure du Callovien est constituée de calcaires et de calcaires argileux sur 10 à 12 m d'épaisseur ;
- les calcaires du bathonien sont souvent cristallins et souvent compacts, les porosités ne dépassent pas 13 % et les perméabilités sont très faibles. L'eau de formation serait de l'eau douce. (cf. Courcelles et Chonville) ;
- les calcaires oolithiques du Bajocien supérieur sont bien cimentés et les calcaires à polypiers du Bajocien moyen sont souvent compacts. Les porositésse situent entre 0 et 2,3 % et les perméabilités sont faibles. L'eau de formation serait de l'eau douce (0,6 g/l de NaCl) ;
- la formation ferrugineuse de l'Aalénien a été rencontrée à Courcelles sur 1,90 m d'épaisseur, ailleurs elle semble inexistante.
- le Rhétien présente son faciès habituel : 3 m d'argiles de Levallois puis 27 à 29 m de grès fins en alternance avec des argiles noires (pélites). Les passages gréseux sont assez poreux, mais peu perméables : les porosités varient entre 4,5 et 21 % et les perméabilités sont comprises entre 0 et 4,2 md. L'eau de formation est une eau salée, 40 g/l à St Mihiel, 70 g/l à Courcelles, 34 g/l à Chonville, 62 g/l à Lérouville et 75 g/l à Raulécourt.

- les marnes irisées inférieures du Keuper sont peu salifères à Raulécourt et Xivray-Marvoisin, mais on a rencontré de nombreuses passées de sel massif à St Mihiel (de 924 à 990 m soit sur 66 m d'épaisseur), de même qu'à Courcelles.
- le Trias moyen (Lettenkohle et Muschelkalk supérieur) est très argileux (dolomie argileuse et argile dolomitique) à Raulécourt - Xivray - Marvoisin, avec des passées de dolomie cristalline à St Mihiel, Courcelles et Lérouville, c'est un réservoir médiocre, très peu perméable.
- le Muschelkalk inférieur est constitué d'argiles à évaporites, mais sans sel à Raulécourt et Xivray-Mavoisin, de grès brun-rouge et d'argiles gréseuses et micacées à Courcelles et St Mihiel où l'on note de fines strates de grès fin et des rognons d'anhydrite.

Du point de vue structural, les pendages mesurées dans le forage de Courcelles, sont faibles, de 5° maximum en direction de l'Ouest.

Dans l'ensemble des terrains qui viennent d'être décrits, on ne peut pas raisonnablement retenir d'objectif géothermique.

Par contre, le niveau situé sous le Muschelkalk, le Buntsandstein a des caractéristiques qui présentent un intérêt certain.

IV - ETUDE DE L'AQUIFERE

IV - 1. LITHOLOGIE

D'après les descriptions lithostratigraphiques des forages considérés (logs fondamentaux), il semblerait que les quatre faciès qui constituent habituellement le Buntsandstein, à savoir, grès (Grès bigarré), conglomérat (Conglomérat Principal), grès (Grès Vosgien) et conglomérat (Conglomérat de base), sont très diversement représentés.

Au Sud, de part et d'autre de la Vallée de la Meuse, à Lérouville et Gironville, les trois faciès supérieurs ont été rencontrés : Grès bigarré - Conglomérat Principal - Grès Vosgien.

Directement au Nord et suivant une ligne orientée Ouest - Nord-Ouest/Est - Nord-Est, jalonnée par les forages de Courcelles - Raulécourt et Royaumeix, on rencontre seulement deux faciès : grès à passées conglomératiques (Grès bigarré vraisemblablement) et grès à grain fins ou moyens (Grès Vosgien apparemment).

Enfin, plus vers le Nord à Xivray-Marvoisin, les quatre faciès habituels ont été rencontrés : Grès bigarré, Conglomérat Principal - Grès Vosgien et Conglomérat de base.

A Maizey, il est donc probable que l'on rencontre trois des faciès du Buntsandstein, à savoir : Grès bigarré, Conglomérat Principal, Grès Vosgien.

Le substratum antétriasique pourrait être formé par les terrains du Carbonnifère supérieur (Stéphanien ou Westphalien) ou du Devonien.

IV - 2. STRUCTURE

Les isobathes au toit du grès bigarré montrent un plongement des couches en direction de l'Ouest-Nord-Ouest avec un pendage de l'ordre de 3,3 % en amont du site de Maisey et seulement 1,4 % directement en aval. Cette situation est sans aucun doute liée aux accidents qui affectent la série sédimentaire au Sud de Maizey, dans le secteur de St Mihiel à Gironville en particulier.

IV - 3. EPAISSEUR DES FORMATIONS

Données :

Profil Sud-Nord :

OUVRAGE & EPAISSEUR FORMATION / DESIGNATION FORMATION	LEROUVILLE	SAINT-MIHIEL
Rhétien	32,5	32
Keuper	237	301
Lettenkohle	21,5	17
Muschelkalk	133	>109
Buntsandstein	145,5	(120)
Total	569,5	(580)

Profil Ouest-Est n° 1 (Nord) :

OUVRAGE & EPAISSEUR FORMATION / DESIGNATION FORMATION	XIVRAY-MARVOISIN	SAINT-MIHIEL	COURCELLES
Rhétien	26	32	33
Keuper	160	301	293
Lettenkohle	22,5	17	21
Muschelkalk	144,5	>109	135
Buntsandstein	231	(120)	100,5
Total	584	(580)	582,5

Profil Ouest-Est n° 2 (Sud) :

OUVRAGE & EPAISSEUR FORMATION / DESIGNATION FORMATION	LEROUVILLE	GIRONVILLE		ROYAUMEIX	
			RAULECOURT		DOMEVRE
Rhétien	32,5	31	34,5	32	32
Keuper	237	188,5	240	269	262
Lettenkohle	21,5	17	20	20	24
Muschelkalk	133	135	80	132	141
Buntsandstein	145,5	176	187,5	240	235
Total	569,5	547,5	562	693	694

Epaisseur du Trias : à l'exception des forages de Royaumeix et Domèvre où elle est plus importante, l'épaisseur globale du Trias se situe entre 550 et 585 m, les épaisseurs les plus importantes étant rencontrées à Xivray-Marvoisin (584 m), Courcelles (582 m) et vraisemblablement Saint-Mihiel (580 m) ; les épaisseurs les plus faibles sont rencontrées à Lérouville (570 m), Raulécourt (562 m) et Gironville (547,5 m).

Ainsi, peuvent se distinguer trois familles :

- Domèvre et Royaumeix (sur l'anticlinal sarro-lorrain),
- Raulécourt - Gironville et Lérouville (à l'extrêmité Ouest de l'anticlinal),
- Xivray - Saint-Mihiel et Courcelles (sur la retombée Nord de l'anticlinal).

Compte-tenu de ces précisions et de la carte des isopaches du Trias Lorrain, il apparaît qu'à Maizey l'épaisseur globale du Trias se situerait entre 560 et 575 m.

Epaisseur du révervoir :

Le Buntsandstein est très épais à l'Est de Royaumeix (240 m) et Domèvre (235 m); il se réduit progressivement vers l'Ouest : Raulécourt (187,5 m) ; Gironville (176 m), Lérouville (145,5 m) ; Saint-Mihiel (environ 120 m) et Courcelles (100,5 m). Une seule exception : Xivray-Marvoisin où le Buntsandstein atteint encore 231 m.

Ces données montrent que dans la Vallée de la Meuse et en particulier à Maisey, l'épaisseur du Buntsandstein doit être de l'ordre de 120 m. L'épaisseur utile est estimée, elle, à 60 mètres.

IV - 4. PARAMETRES HYDROGEOLOGIQUES

Sur le site de Maizey où l'on a de fortes chances de rencontrer en forage trois des quatre faciès gréseux qui constituent habituellement le Buntsandstein, les valeurs de porosité et de perméabilité que l'on peut admettre pour l'ensemble du réservoir, déduites du tableau précédent, sont :

- porosités = 15 à 20 % ;
- perméabilités = 300 à 400 milli-Darcy ;
- pression de gisement : A Maizey, la pression de gisement déduite de la carte en courbes d'isovaleur exprimée en kg/cm2 et réalisée à partir de tests pétroliers, notamment à Xivray et Lérouville, serait de l'ordre de 135 kg/cm2 ;
- la surface piézométrique de la nappe des grès du Trias inférieur a été tracée pour la région Lorraine. Dans le secteur de Maizey, la nappe serait en limite d'artésianisme : cote de la nappe de l'ordre de 220 m (cote terrain naturel 225 m).

IV - 5. TEMPERATURE DE L'EAU

La température de l'eau de formation du Buntsandstein a été mesurée lors d'essais dits "de production" sur certains forages pétroliers. C'est ainsi que nous avons pu relever les valeurs maximales qui suivent :

OUVRAGES	ZONE TESTEE	t° max(*)	GRADIENT GEOTHERMIQUE
XIVRAY-MARVOISIN	922,7 à 946 m	50° C	4,2° C/100 m
RAULECOURT	868,66 à 883,50m	(45° C)	env. 4° C/100 m
LEROUVILLE	1 204 à 1 223,50 m	52° C	3,4° C/100 m
COURCELLES	1 489,25 à 1 505,90m	(66° C)	3,7° C/100 m

(*) extraites fiches de tests.

Les valeurs les plus basses du gradient géothermique, déduites des mesures de température prises au toit du réservoir, se situent entre 3°4 et 3°7 C/100 m, on peut donc admettre un gradient de l'ordre de 3,5° C/100 m à Maizey. Ainsi, la température de l'eau serait de 54° C ± 3° C au toit du réservoir et de 58° C ± 3° C au mur du réservoir.

IV - 6. CARACTERISTIQUES PHYSICO CHIMIQUES DE L'EAU

- Salinité

Des mesures de salinité, expérimentées en équivalant de NaCl, ont été faites sur les forages pétroliers lors des tests de formation, les données recueillies sont rassemblées dans le tableau ci-après :

Forage	Xivray-Marvoisin	Raulécourt	Gironville	Courcelles	Lérouville
Teneur en NaCl du Grès big.	21,6 g/l	14,0 g/l	-	43,8 g/l	35,0 g/l
Teneur en NaCl du Grès vosgien	30/35 g/l	15 et 17,6 g/l	-	-	40,0 g/l

Compte tenu de ces mesures, la salinité de l'eau de gisement à Maizey devrait se situer entre 35 et 45 g/l.

- Eléments majeurs

L'eau de très rares ouvrages a fait l'objet d'une recherche des éléments majeurs, les données recueillies sont résumées dans le tableau ci-après :

Forages	Niveau testé	Ca^{++} mg/l	Mg^{++} mg/l	K^{+} mg/l	Na^{+} mg/l	SO_4^{--} mg/l	Cl^{-} mg/l	HCO^{3--} mg/l	résidu sec eng/l
Onville	grès big	1 266	95	67	11 249	2 058	18 330	171	35,2
Royaumeix	grès big	775	94	76	2 314	1 862	3 700	193	8,9
	grès vos	1 554	100	120	5 888	1 674	10 820	145	21,2
Courcelles	grès big	3 740	875	464	11 420	1 700	26 000	1 585	50,0

A noter par ailleurs, des concentrations importantes en fer (33,6 mg/l de Fe^{3+} à Onville) et en silice (22 mg/l de SiO^{2} à Onville et Royaumeix).

A défaut de renseignements plus précis, on peut estimer que l'eau du Buntsandstein à Maizey aura des caractéristiques chimiques voisines de celles de l'eau de Courcelles.

C'est une eau très fortement minéralisée, essentiellement chlorurée-sodique et sulfatée-calcique. Aucune donnée n'est disponible sur les gaz dissous.

IV - 7. CONCLUSIONS

L'Etude géologique détaillée de la géologie dans le secteur de Maizey a montré que :

FORMATIONS GEOLOGIQUES SUPERFICIELLES

- La vallée de la Creuë est encombrée par des alluvions calcaires à matrice argileuse dont l'épaisseur peut atteindre 7 m au droit des Etablissements R.J. MARCHAL, elles s'amenuisent rapidement vers l'amont et sur les versants

FORMATIONS GEOLOGIQUES PROFONDES

- Les calcaires de l'ex-Argovien et de l'ex-Oxfordien SS. sont très fissurés (fissures ouvertes avec traces d'oxydations), et occasionnent très souvent des pertes notables d'injection ;

- des pertes d'injection peuvent également se produire en regard des calcaires gréseux dits "terrains à chailles" de l'Oxfordien inférieur ainsi qu'en regard des calcaires divers du Bathonien et du Bajocien ;

- le Rhétien présente son faciès habituel (3 m d'argiles et 27 à 30 m de grès argileux) ;

- les marnes irisées inférieures du Keuper peuvent renfermer de nombreuses passées de sel gemme massif (cf. forage pétrolier de St Mihiel 1. LSML1) ;

- la Lettenkohle et le Muschelkalk supérieur sont essentiellement argileux, le Muschelkalk inférieur devrait être représenté par des argiles à évaporites et des argiles gréseuses ;

- le substratum primaire serait constitué par des argiles gréseuses du Carbonifère ou par des schistes du Dévonien.

Du point de vue structural, l'inclinaison générale des couches se fait en direction de l'Ouest -Nord-Ouest avec un pendage moyen de 1,3 à 1,5 % qui semble cependant légèrement contrarié dans le secteur de St Mihiel. Les levées de surface font apparaitre deux failles sensiblement parallèles au droit de l'agglomération, déterminant un "mini-fossé" qui disparait apparemment directement au Sud du site de Maizey.

L'analyse des données recueillies en particulier sur les forages pétroliers a permis de préciser les caractéristiques hydrodynamiques du réservoir :

RESERVOIR

Profondeur

Les différents profils géologiques réalisés à partir des logs des forages profonds avoisinants le site de Maizey permettent d'estimer la profondeur des ouvrages entre 1 350 et 1 380 m.

Epaisseur réservoir

Les coupes lithologiques des forages les plus proches du site de Maizey et ayant traversés la totalité du Buntsandstein ont permis d'esquisser une carte des isopaques du réservoir (détritiques grossiers) ; l'épaisseur la plus probable à Maizey est de l'ordre de 120 m.

L'épaisseur utile est estimée à 50 % de l'épaisseur totale.

Faciès

A Maizey, le Buntsandstein est constitué par le Grès bigarré, le Conglomérat Principal et le Grès Vosgien (sens stricte) ; il est peu probable de rencontrer le Conglomérat de base.

Porosité

Les valeurs mentionnées au chapitre précédent correspondent à des mesures faites sur carottes et à des mesures calculées par les pétroliers à partir de diagraphies, elles se situent généralement entre 10 et 20 % (20 % étant une valeur maximum).

Perméabilité

Les valeurs mentionnées au chapitre précédent sont des valeurs mesurées sur carotte, elles peuvent atteindre au maximum 450 mdy pour le Grès bigarré et 860 mdy pour le Grès Vosgien. A Maizey et pour l'ensemble du réservoir, les valeurs à retenir seraient de l'ordre de 300 à 400 millidarcy.

Pression de gisement

D'après la carte en courbes d'isovaleur exprimée en Kg/cm2 et réalisée à partir de tests pétroliers, la pression de gisement à Maizey se situerait aux environs de 135 kg/cm2.

Salinité

Dans les forages les plus proches, la salinité de l'eau de gisement du Grès bigarré (tests pétroliers à Lérouville et Courcelles) se situent entre 35 et 45 g/l (équivalent Na Cl). Nous n'avons pas de renseignements sur la salinité de l'eau de gisement du Grès Vosgien.

Température

Les valeurs les plus basses du gradient géothermique dans le secteur considéré se situent entre 3°4 C/100 m (Lérouville) et 3°7 C/100 m (Courcelles). On peut donc retenir une valeur de 3°5 C/100 m à Maizey. Ainsi, la température de l'eau au toit serait de 54° C ± 3° C et 58° C ± 3° C au mur du réservoir.

V - CONSEQUENCES

V - 1. RISQUE GEOLOGIQUE

Si la valeur de la température peut-être assez bien cernée par la connaissance des données régionales (gradient) et locales (forages pétroliers), malgré une certaine dispersion des résultats, par contre la valeur du débit potentiel du réservoir est beaucoup plus imprécise.

Bien que dans l'Est de la Lorraine, où le Buntsandstein est exploité, les débits soient très importants, en ce qui concerne ce projet, le débit probable a été déduit de la lithologie du réservoir (épaisseur, porosité...),de tests dont on connait l'imprécision et qui concernaient essentiellement la partie haute du réservoir, ainsi que de mesures de perméabilité et porosité sur carottes, qui ne sont que des indications très ponctuelles.

Il reste donc une incertitude certaine sur le nombre et la qualité des niveaux producteurs du Buntsandstein,donc sur le débit optimal que pourra procurer le forage.

V - 2. DEVELOPPEMENT DE L'INVESTIGATION

On ne voit pas comment des travaux supplémentaires permettraient de mieux cerner le potentiel géothermique du Trias à Maizey.

VI - CARACTERISTIQUES D'EXPLOITATION

VI - 1. CONDITIONS D'EXPLOITATION

Etant donné les caractéristiques chimiques de l'eau du réservoir et afin de ne pas diminuer trop fortement le potentiel hydraulique du réservoir, on réinjectera l'eau géothermale utilisée.

En fonction du caractère rural de la région et des possibilités du Maître d'Ouvrage, il sera réalisé deux puits droits, le puits de production proche des serres, le puits de réinjection à une distance déterminée par ailleurs.

VI - 2. ECARTEMENT DES FORAGES

Il est calculé pour une durée de vie de 30 ans (première diminution perceptible de la température), en fonction des paramètres donnés par l'étude géologique ; il est de 1 260 mètres.

VI - 3. PRESSION ET PUISSANCE DE POMPAGE

Elle sont données sur les tableaux ci-après (la température de réinjection est supposée être de 30° C).

VI - 4. TEMPERATURE EN TETE DE PUITS

Elle est calculée par la méthode de Ramey, qui permet d'espérer une température de : 55° C ± 3.

VI - 5. DIAMETRE DES TUBAGES

Etant donné les caractéristiques d'exploitation, le tubage de production sera en diamètre 7". L'investissement supplémentaire nécessite pour la mise en place d'un tubage de diamètre supérieur 9"5/8 n'étant pas, à l'évidence, amorti par la diminution des pressions de pompage.

VII - PROGRAMME DE FORAGE

Il est schématisé sur la coupe de forage (figure 9) qui a été établie à partir de la coupe géologique, en tenant compte des caractéristiques d'exploitation.

Le devis de forage a été calculé en tenant compte des contraintes qui ressortent de l'étude géologique ainsi que du but à atteindre .

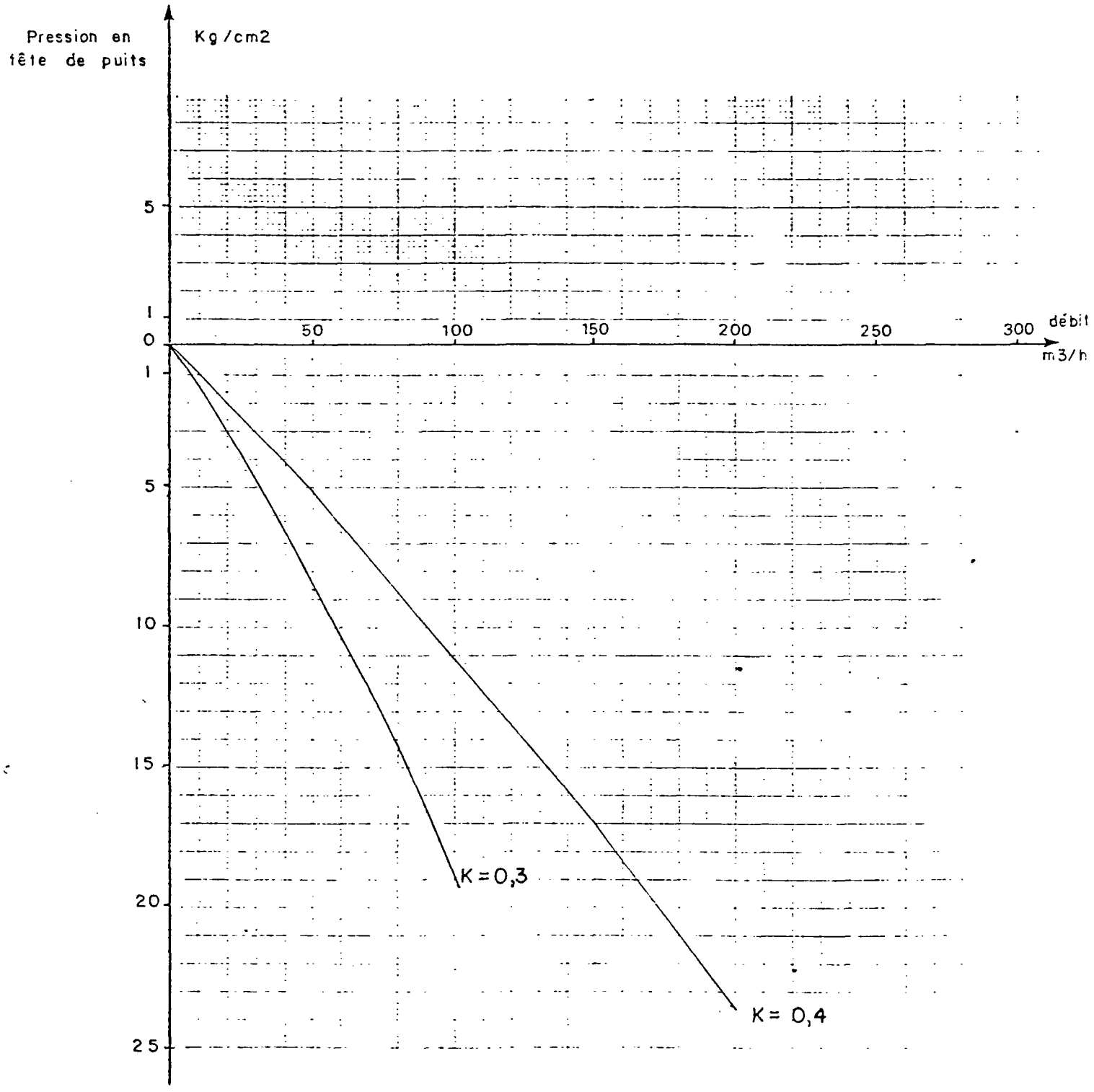
VIII - PROGRAMME D'ESSAIS

Le programme d'essais est établi en fonction du type de réservoir concerné.

En effet, les réservoirs gréseux demandent un type de traitement spécifique.

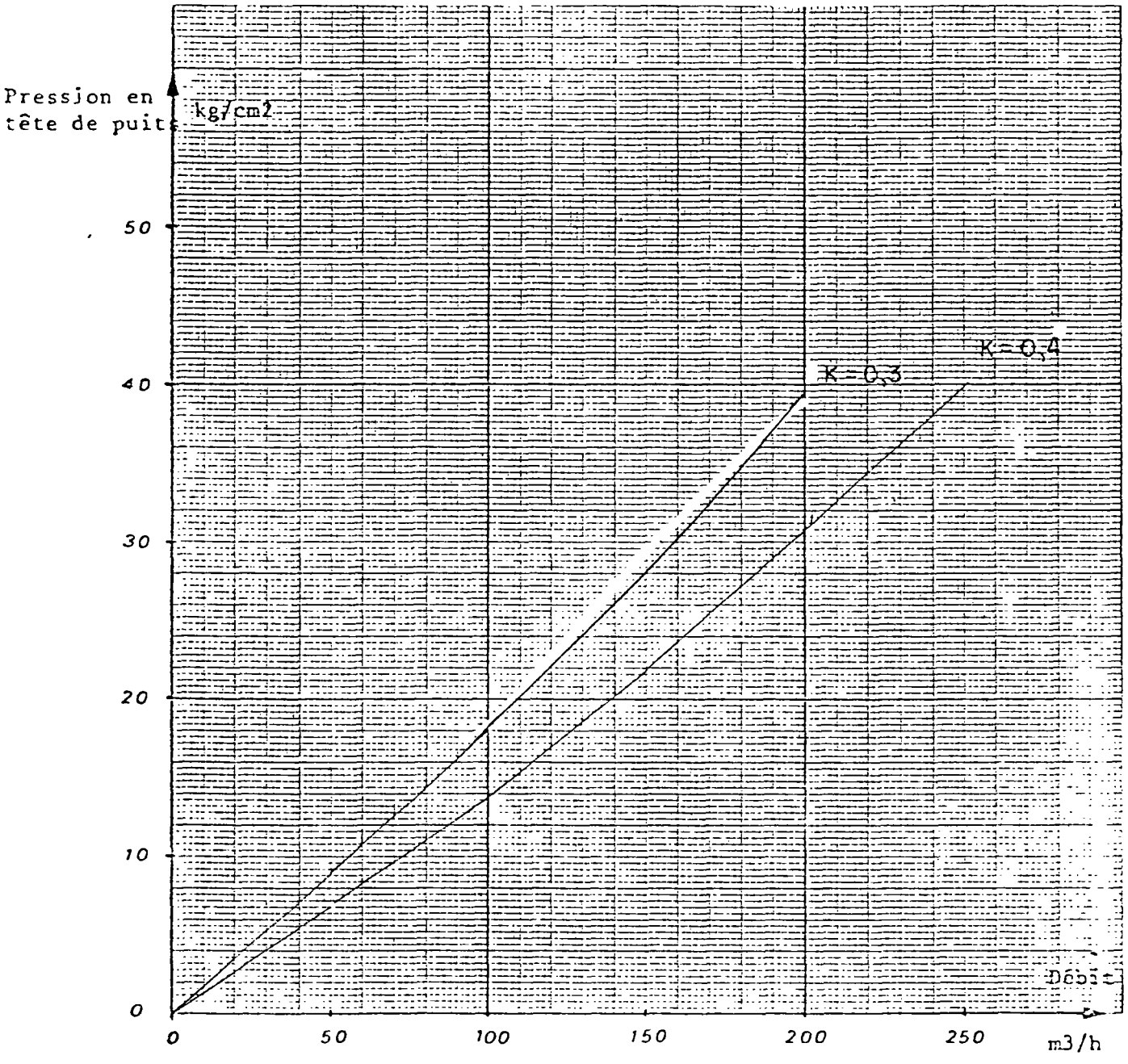
PUITS DE PRODUCTION

CARACTERISTIQUES D'EXPLOITATION



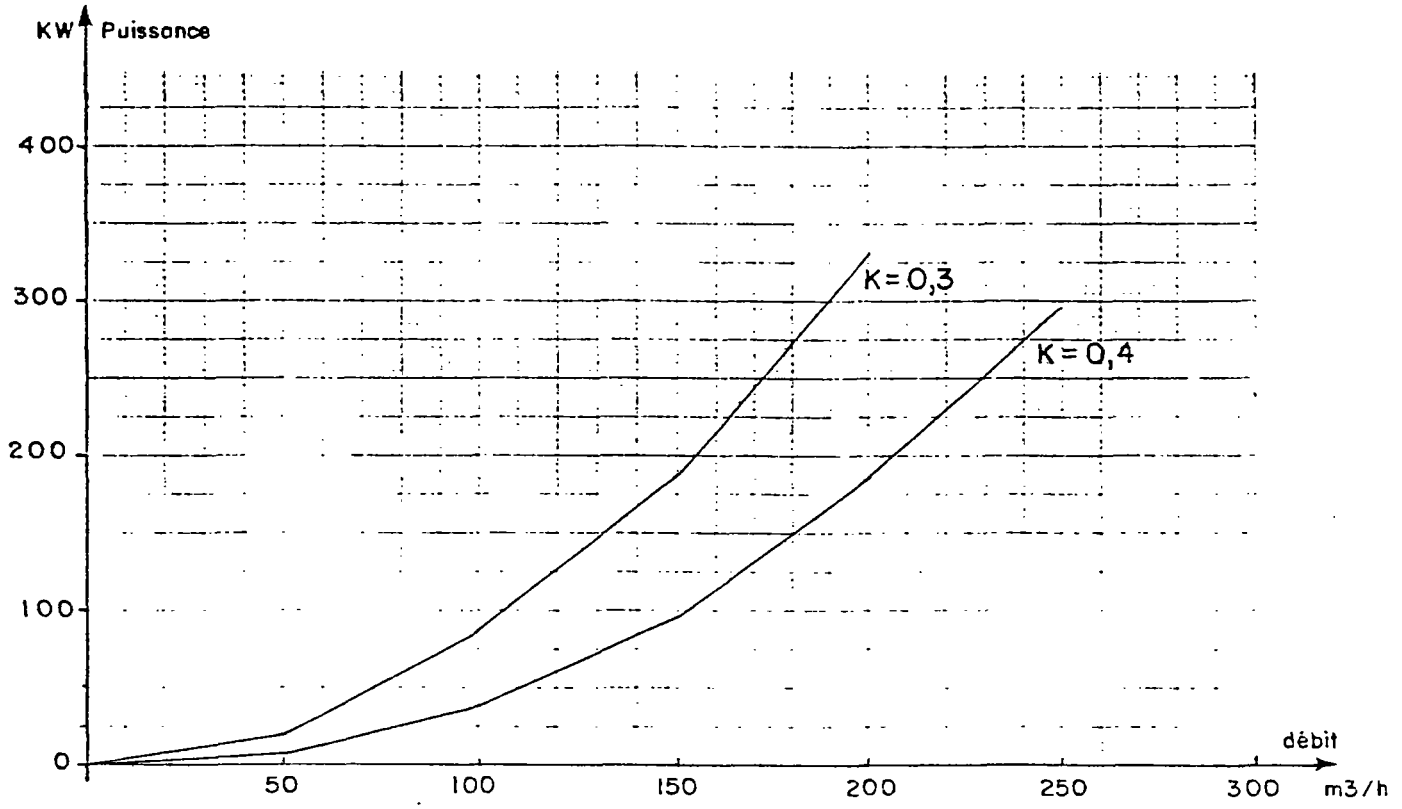
PUITS DE REINJECTION

CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOITATION

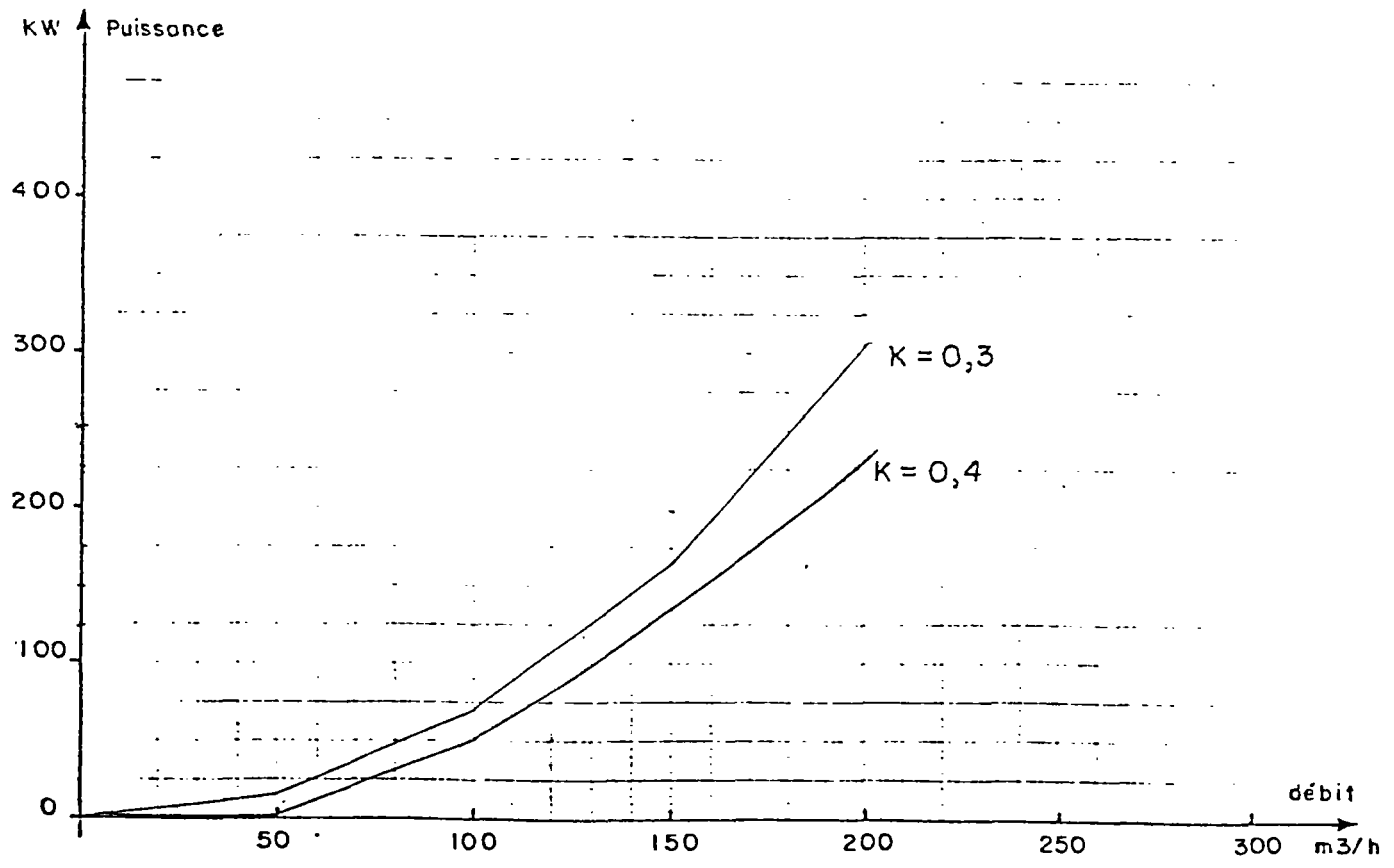


PUISSANCE DE POMPAGE

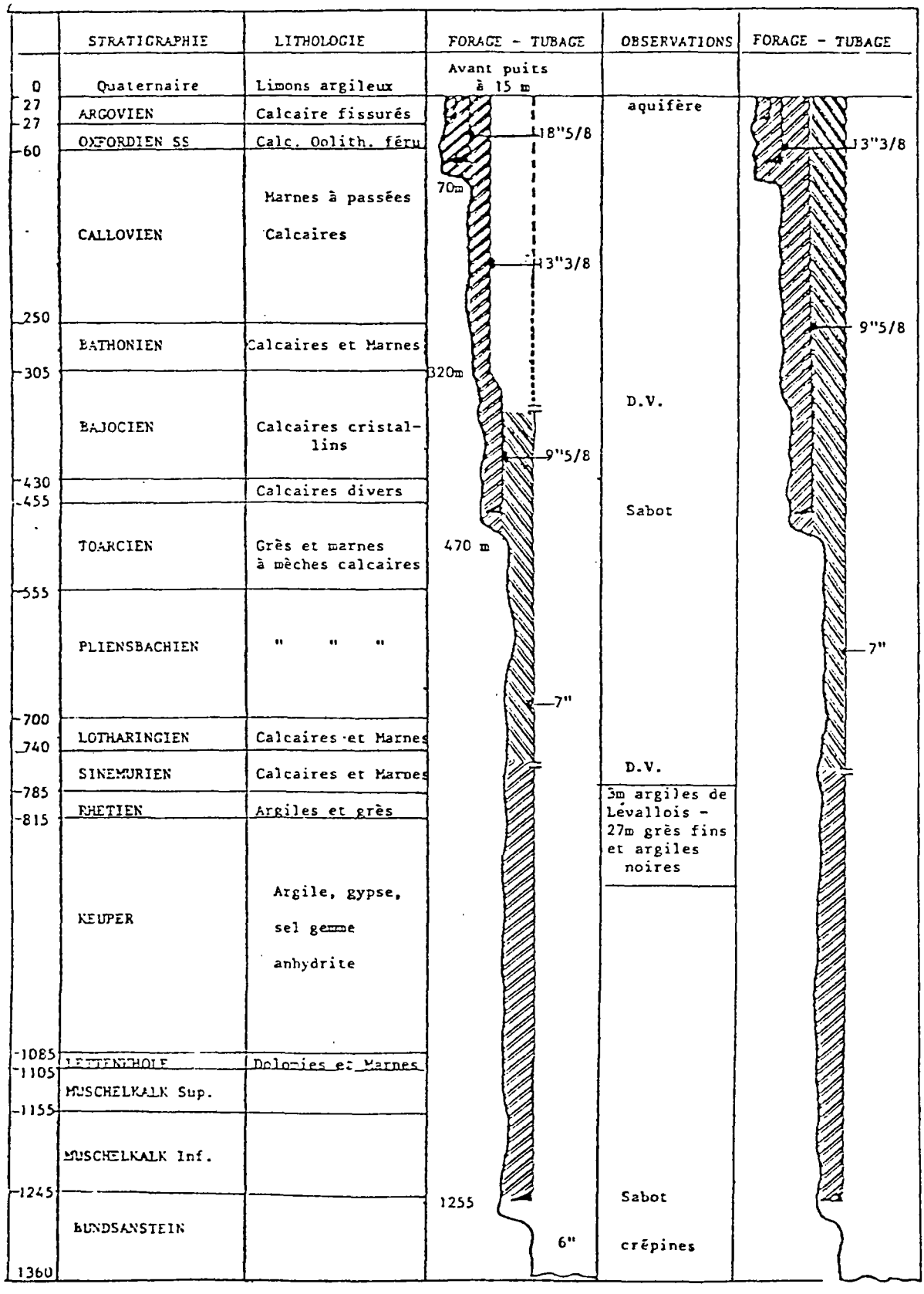
PUITS DE PRODUCTION



PUITS DE REINJECTION



MAIZEY


STRATIGRAPHIE
LITHOLOGIE
FORAGE - TUBAGE
OBSERVATIONS
FORAGE - TUBAGE
Avant puits à 15 m
0
Quaternaire
Limons argileux
27
ARGOVIEN
Calcaire fissurés
27
OXFORDIEN SS
Calc. Oolith. féru
60
CALLOVIEN
Marnes à passées
Calcaires
250
BATHONIEN
Calcaires et Marnes
305
BAJOCIEN
Calcaires cristallins
430
Calcaires divers
455
TOARCIEN
Grès et marnes à mèches calcaires
555
PLIENSBACHIEN
" " "
700
LOTHARINGIEN
Calcaires et Marnes
740
SINEMURIEN
Calcaires et Marnes
785
RHETIEN
Argiles et grès
815
KEUPER
Argile, gypse,
sel gemme
anhydrite
1085
LETTENKOHLE
Dolomies et Marnes
1105
MUSCHELKALK Sup.
1155
MUSCHELKALK Inf.
1245
BUNDSANSTEIN
1360
70m
18"5/8
13"3/8
320m
9"5/8
470 m
7"
1255
6"
aquifère
D.V.
Sabot
D.V.
3m argiles de Levallois - 27m grès fins et argiles noires
Sabot
crépines
13"3/8
9"5/8
7"

D'autre part, il sera procédé à un essai en boucle d'une durée de plusieurs jours. Cet essai est nécessaire compte tenu des problèmes que pose la réinjection des fluides dans les réservoirs gréseux. En effet pour un même puits les capacités peuvent différer selon que l'on opère en production ou en injection. Et pour ce type de roches, il est préférable de n'injecter que l'eau du réservoir afin de se prémunir de tout risque de colmatage.

Le programme d'essai sera donc le suivant : .

- fin du puits de production : un essai en puits unique ;
- fin du puits d'injection :
  - . un essai en puits unique.
  - . un essai en boucle.

2ème PARTIE

ETUDE THERMIQUE

I. CONSOMMATIONS DE COMBUSTIBLE ET BESOINS UTILES :

Les consommations de combustible prises en compte dans l'étude, ont été calculées mois par mois, elles sont égales à la moyenne des consommations mensuelles fournies pour les saisons de chauffe :

1975/1976 - 1976/1977 - 1977/1978 - 1978/1979.

Ces consommations sont indiquées sur la planche n° 1.

La consommation moyenne annuelle est de 3 704 tonnes de fuel lourd (3 630 TEP), soit 370 Tonnes à l'hectare.

Le profil mensuel de la consommation utile pris en compte par les calculs automatiques, figure à la planche n° 2 ; il reprend le profil mensuel des consommations de combustible en considérant un rendement des chaufferies égal à 0.75.

MOIS	ANNEE 75/76	ANNEE 76/77	ANNEE 77/78	ANNEE 78/79	MOYENNE
OCTOBRE	44,6	90,4	9,70	50,80	48,88
NOVEMBRE	215,3	130,2	206,1	265,3	204,23
DECEMBRE	273,8	291,0	293,8	284,2	285,70
JANVIER	292,10	426,50	375,10	431,8	381,38
FEVRIER	406,3	520,6	612,70	440,4	495
MARS	514,9	471,80	576,3	608	542,75
AVRIL	626	778,20	756,60	639	699,95
MAI	309	422,40	395,10	449,90	394,10
JUIN	115,9	343,2	200,0	145,40	201,13
JUILLET	148	297,60	337,10	171,80	238,63
AOUT	192	160,5	123,10	103,8	144,85
SEPTEMBRE	72,10	5	156,10	38,10	67,83
TOTAL	3 210	3 937,4	4 047,1	3 628,80	3 704,43

PLANCHE N° 1 : CALCUL DE LA CONSOMMATION MOYENNE MENSUELLE.

CONSOMMATION UTILE EN MWH/AN :

- Consommation de combustible : 3704 x 11,40 = 42 213 MWh PCI
- Consommation utile pour un rendement des chaufferies de 0.75 = 42213 x 0.75 = 31 660 MWh PCI.

SERRES MARAICHERES

BESOINS EN KWH

JANVIER	3259522.
FEVRIER	4230534.
MARS	4638798.
AVRIL	5982132.
MAI	3368199.
JUIN	1718966.
JUILLET	2039308.
AOUT	1337903.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1745983.
DECEMBRE	2441849.
TOTAL	31660618.

PLANCHE N° 2 : REPARTITION DES BESOINS MENSUELS

BESOINS : 31 660 MWH/AN.

II. HYPOTHESE DE CALCULS :

Les hypothèses de débit température du puits prises en compte sont :

- débit 150 et 200 m3/h
- température en tête de puits : 52 et 55° C

Les calculs ont été conduits en considérant une température de base de retour des installations de 30° C. Cette hypothèse suppose la mise en place d'aérothermes raccordés en parallèle sur les réseaux de chauffage aériens, un aménagement de la distribution permettant la mise en série des différentes serres dans le sens serres chaudes → serres froides (par exemple : Concombres → Tomates → Salades).

Pour la définition des investissements, il a été pris en compte l'équipement en aérothermes uniquement. En fait, on pourra n'équiper qu'une partie des serres si des mises en série systématiques sont possibles.

Il est appelé l'attention sur la grande sensibilité des résultats à cette température de retour. D'autant qu'en pratique une température de 30° C est difficile à obtenir.

III. ENERGIE DE POMPAGE :

- L'énergie de pompage sur le réseau de surface a été estimée à 25 KW, ce qui donne en considérant un temps de fonctionnement de 6 000 heures, une consommation annuelle de 150 000 KWh, soit environ 40 TEP.
- L'énergie de pompage sur les forages a été calculée en considérant les puissances nécessaires et une durée de fonctionnement annuelle de 5 000 heures.

DEBIT	PUISSANCE	CONSOMMATION FORAGE (MWh/AN)	TEP FORAGE	TEP FORAGES + RESEAU
150	273 KW	1 365	341	381
200	430 KW	2 150	537	577

IV. CALCULS THERMIQUES

IV - 1. Résultats des calculs par énergie seul

On trouvera planche n° 3 :

. Une première série de calculs considérant le raccordement des chaufferies à la géothermie sans stockage, en fonction du couple débit-température.

Le facteur d'utilisation varie de :

39,9 % pour 150 m3/h et 52°C

à 51,9 % pour 200 m3/h et 55°C.

La valeur des tonnes équivalent pétrole économisées en tenant compte des énergies de pompage, varie de 1065 à 1307 TEP.

. Une deuxième série de calculs considérant un stockage d'un volume effectif de 1000 m3. Cette solution permet le stockage de calories pendant la journée, pour en bénéficier la nuit.

Dans ce cas de figure, le facteur d'utilisation varie de :

- 51,5 % pour 150 m3/h et 52°C

à 65,9 % pour 200 m3/h et 55°C.

Les tonnes équivalent pétrole économisées annuellement varient de 1480 à 1814 TEP.

On voit en première analyse et suivant les hypothèses indiquées précédemment, que pour un débit de 200 m3/h et une température de 55°C, que le stockage augmente de 27 % la quantité d'énergie géothermique par rapport au même calcul sans stockage, alors que l'investissement supplémentaire est de 6,6 %. L'investissement supplémentaire est de :

- 2278 F HT/TEP supplémentaire économisée.

Cela montre combien, dans ce cas particulier, le stockage est intéressant.

DEBIT TEMP.	VOLUME STOCKAGE (M3)	BESOINS (MWh)	APPOINT (MWh)	GEOTHERMIE (MWh)	FU %	TEP SUBSTITUEES	TEP POMPAGE	TEP ECONOMISEES
150 52	0	31 660	19 045	12 615	39,9	1 446	381	1 065
150 55	0	31 660	17 894	13 766	43,5	1 578	381	1 197
200 52	0	31 660	16 514	15 146	47,8	1 737	577	1 160
200 55	0	31 660	15 228	16 432	51,9	1 884	577	1 307
150 52	1000	31 660	15 368	16 292	51,5	1 861	381	1 480
150 55	1000	31 660	13 862	17 798	56,2	2 041	381	1 660
200 52	1000	31 660	12 633	19 027	60,1	2 182	577	1 605
200 55	1000	31 660	10 810	20 850	65,9	2 391	577	1 814

PLANCHE N° 3 : TEP ECONOMISEES ANNUELLEMENT - SENSIBILITE AU COUPLE DEBIT-TEMPERATURE.

IV - 2. Etude de l'adjonction d'une pompe à chaleur

Il a été montré précédemment que la mise en place d'un stockage permet un gain en combustible appréciable pour un investissement supplémentaire ramené à la TEP très faible. On ne peut envisager de substituer ce stockage par la mise en place d'une pompe à chaleur, pour laquelle l'investissement serait plus lourd.

La solution proposée concerne l'adjonction d'une PAC dans la solution avec stockage.

Dans le cas de figure envisagé pour la conduite des calculs, le circuit condenseur de la PAC est utilisé pour le réchauffage de l'eau de départ vers les chaudières.

Lorsque la température de sortie au condenseur est suffisante, la chaudière est by-passée, dans le cas contraire les chaudières assurent l'appoint. Dans ce cas de figure, le circuit condenseur de la PAC n'intervient donc pas sur le stockage.

On pourrait imaginer un schéma où la PAC charge le stockage mais cela ne présenterait que peu d'intérêt.

En effet, on ne peut charger à plein tarif au risque de devoir arrêter la PAC en heures de nuit.

On ne peut charger au tarif de nuit car le plus généralement, les besoins sont très supérieurs à ceux prévisibles de jour.

Il serait dommage de charger le stockage avec la PAC alors que, peut-être, il y aura ensoleillement le jour suivant.

On en reste donc au schéma proposé.

Le réseau évaporateur refroidit l'eau géothermale à la sortie de l'échangeur de tête de puits avant réinjection. Le transfert côté évaporateur entre l'eau du réseau et l'eau géothermale, s'effectue par un échangeur Titane.

Pour cette partie de l'étude, les calculs ont été conduits pour l'hypothèse débit et température du puits : 150 m3/h et 55°C.

Les pompes à chaleur étudiées sont des pompes électriques avec fonctionnement pendant les heures de pointe E.D.F., avec deux pompes de puissance égale, fonctionnant en série, ceci afin d'améliorer le coefficient de performance de l'installation.

Les caractéristiques des pompes à chaleur utilisées pour la simultation informatique sont celles fournies par un fabricant pour une machine neuve.

La consommation électrique des pompes à chaleur déterminée par les calculs automatiques a été majorée de 10 % pour tenir compte de l'altération des caractéristiques de la machine au cours de son utilisation.

La puissance nominale au condenseur a été balayée de 1500 KW à 2500 KW en vue de rechercher l'optimal de la puissance à installer.

Celle-ci correspond au point où une augmentation de la puissance installée nécessite un investissement par TEP supplémentaire économisée inférieure à 11 000 F HT/TEP, dans les conditions économiques actuelles.

Les résultats des calculs sont regroupés dans le tableau suivant :

PUISSANCE PAC KW	FOURNITURE PAC TEP (MWh)	ELECTRICITE PAC TEP (MWh)	TEP SUPPLEM. ECONOMISEES	INVESTISSEMENTS PAC	INVESTISSEMENTS FHT/TEP
1500	461 (4020)	182 (726)	279	2 860 000 F HT	10 251
2000	591 (5157)	238 (950)	353	3 522 000 F HT	9 977
2500	711 (6199)	314 (1255)	397	4 185 000 F HT	10 541

On voit :

- que le passage de 1500 KW à 2000KW permet un gain supplémentaire de 74 TEP pour un investissement supplémentaire de 662 000 F HT, soit environ 8 946 F HT/TEP supplémentaire économisée.

- que le passage de 2000 KW à 2500 KW permet un gain supplémentaire de 44 TEP pour un investissement supplémentaire de 663 000 F HT, soit environ 15 000 F HT/TEP supplémentaire économisée.

L'optimal se trouve donc au voisinage de 2000 KW, valeur retenue en première étude.

RESULTATS DES CALCULS avec la PAC (2000 KW) + stockage (1000 m3) et pour l'hypothèse débit-température : 150 m3/h - 55°C.

POSTES	ENERGIE	TEP	FACTEUR D'UTILISATION
Besoins :	31 660 MWh	3 630 TEP	
Appoint :	8 716 MWh	1 000 TEP	
Géothermie : par échange	17 787 MWh	2 040 TEP	FU = 56,2 %
Fourniture PAC	5 157 MWh	591 TEP	FU = 16,3 %
Electricité PAC	950 MWh	238 TEP	
TEP économisées par la PAC	591 - 238	353 TEP	
Electricité pompage	1 515 MWh	380 TEP	
TOTAL		2 012 TEP économisées	FU = 72,5 %

V. BILAN THERMIQUE

Les TEP économisées sont établies selon les règles de l'Agence pour les économies d'énergie et notamment la conversion :

- 1 MWh électrique = 0,25 TEP

Cela pénalise l'appréciation du projet pour toute consommation d'électricité.

L'utilisateur s'attachera donc essentiellement :

- à la fourniture de la PAC = 591 TEP
- à la dépense d'électricité correspondante = 950 MWh.

On constate que la fourniture par la PAC est de 5157 MWh pour une puissance de 2000 KW ce qui correspond à une durée de fonctionnement faible de 2600 heures environ à la puissance nominale.

Le schéma donne priorité à l'échange et au stockage. Dans ces conditions, les pompes à chaleur n'interviennent que lorsque les besoins sont supérieurs à la fourniture par échange.

Son fonctionnement prend alors un caractère de pointe, avant les chaudières toutefois.

VI. MONTANT DES INVESTISSEMENTS EN F HT/TEP ECONOMISEE :

- Les montants des investissements ont été déterminés avec les hypothèses suivantes :

  - le doublet est réalisé à partir de deux puits droits distants de 1200 m.(devis ANNEXE III).

  - Il est possible de réaliser le puits d'exhaure à environ 300 m des chaufferies actuelles.

  - Les deux chaufferies fonctionnent à équipression et il n'y a pas lieu de les séparer hydrauliquement par des échangeurs inox.

  - Il existe un local pouvant recevoir l'échangeur titane de tête de puits, les pompes à chaleur et les pompes de circulation.

  - Les calculs prennent en compte une température de retour des installations d'utilisation de 30°C, il est chiffré la mise en place d'aérothermes dans les serres.
    Le montant des travaux correspondants ont été chiffrés pour des travaux réalisés en régie.

- Les montants des investissements en F HT/TEP économisée sont regroupés dans les tableaux suivants :

* Solution sans stockage :

DEBIT / TEMP.	150	200
52	16 371	15 264
55	14 566	13 547

F HT/TEP

* Solution avec stockage (1000 m3)

DEBIT / TEMP.	150	200
52	12 561	11 751
55	11 199	10 397

F HT/TEP

* Solution avec stockage (1000 m3) et PAC (2000 KW).

  Débit 150 m3/h - Température 55°C : 10 977 F HT/TEP.

MONTANT DES INVESTISSEMENTS

(Valeur Février 1981 en F H.T.)

DEBIT 150 m3/h

SOLUTION SANS STOCKAGE

INSTALLATIONS DE SURFACE :	
- RESEAUX DE SURFACE	
- Réseau de réinjection 1200 ml x 750 F HT	900 000 F HT
- Réseau géothermique 300 ml x 1200 F HT	360 000 F HT
- Transformateurs	120 000 F HT
- Modifications en chaufferie	400 000 F HT
TRAVAUX DANS LOCAL TECHNIQUE :	
- Echangeur Titane	800 000 F HT
- Travaux	750 000 F HT
TOTAL INSTALLATION DE SURFACE (hors Ingénierie)	3 330 000 F HT
INGENIERIE DE SURFACE	370 000 F HT
TOTAL INVESTISSEMENTS DE SURFACE :	3 700 000 F HT
- Mise en place d'aérothermes dans les serres en parallèle sur le chauffage aérien (travaux en régie)	1 200 000 F HT
- Pompes exhaure	450 000 F HT
- Pompe réinjection y compris bâtiment	500 000 F HT
- Travaux forage (2 puits droits)	11 586 000 F HT
MONTANT TOTAL DES INVESTISSEMENTS	17 436 000 F HT

- Plus value pour débit 200 m3/h = 270 000 F HT.

MONTANT DES INVESTISSEMENTS
(Valeur Février 1981 en F H.T.)
DEBIT 150 m3/h
SOLUTION AVEC STOCKAGE

INSTALLATIONS DE SURFACE : (Hors Ingénierie et hors stockage)	3 330 000 F HT
COUT DU STOCKAGE :	
- 2 cuves x 500 m3	650 000 F HT
Radier cuves	400 000 F HT
TOTAL (Hors Ingénierie)	4 380 000 F HT
Ingénierie	475 000 F HT
TOTAL EQUIPEMENTS DE SURFACE	4 855 000 F HT
- Mise en place des aérothermes (travaux en régie)	1 200 000 F HT
- TRAVAUX FORAGES (y compris pompes)	12 536 000 F HT
MONTANT TOTAL DES INVESTISSEMENTS	18 591 000 F HT

- Plus value pour débit 200 m3/h = 270 000 F HT.

MONTANT DES INVESTISSEMENTS

(Valeur Février 1981 en F H.T.)

DEBIT 150 m3/h

SOLUTION AVEC PAC 2000 KW ET STOCKAGE 1000 m3

INSTALLATIONS DE SURFACE (Hors Ingénierie et hors stockage)	3 330 000 F HT
STOCKAGE	1 050 000 F HT
INSTALLATIONS LIEES A LA PAC :	
- Installations PAC	2 400 000 F HT
- Echangeur Titane sur le circuit des évaporateurs	795 000 F HT
MONTANT TOTAL (Hors Ingénierie)	7 575 000 F HT
INGENIERIE	775 000 F HT
	8 350 000 F HT
- Mise en place des aérothermes	1 200 000 F HT
- Coût des forages (y compris pompes)	12 536 000 F HT
	22 086 000 F HT
- Montant des investissements supplémentaires pour la mise en place de la PAC (y compris Ingénierie).	3 495 000 F HT

VII. CONCLUSION :

L'étude a montré l'intérêt de la solution avec un stockage de calories qui permet d'augmenter le facteur d'utilisation de la géothermie d'une manière sensible à l'aide d'un investissement relativement faible.

Les calculs ont été conduits avec un volume de stockage effectif de 1000 m3. Lorsque les résultats des forages seront connus, l'on pourra optimiser le volume de stockage par recyclage des calculs automatiques.

La solution avec pompes à chaleur nécessite un investissement supplémentaire de l'ordre de 3 500 000 F HT et permet de substituer au fuel lourd 590 TEP supplémentaires et de réaliser une économie supplémentaire de 353 TEP, si l'on tient compte de la consommation électrique des machines.

Cette solution n'augmente pas d'une manière sensible la rentabilité du projet. Le montant des investissements ramené à la TEP économisée pour 150 m3/h et 55°C au puits et un stockage de 1000 m3 est de 10 977 F HT/TEP, pour la solution avec PAC et de 11 199 F HT/TEP dans la solution sans PAC.

On retiendra comme solution de base la solution avec stockage et sans PAC. Lors de l'étude de projet les installations devront être conçues pour permettre le raccordement de pompes à chaleur.

Les pompes à chaleur pourront être rajoutées en fonction des premiers résultats d'exploitation et lorsque le prix du fuel lourd rendra leur raccordement plus opportun.

3ème PARTIE

BILANS ECONOMIQUE, ENERGETIQUE ET FINANCIER
FAISABILITE DU PROJET

I - HYPOTHESES DE BASE DU PROJET (RAPPELS)

I - 1. CARACTERISTIQUES DE LA RESSOURCE

Les valeurs retenues pour les calculs sont :

Température en tête de puits : 52 à 55° C

Débit : 150) 200 m3/h

Les puissances de pompage sont estimées pour une perméabilité de 0,4 D respectivement à 273 kW (110 m3/h) et 430 kW (200 m3/h).

L'hypothèse de base des calculs sera 200 m3/h - 55° C.

I - 2. SCHEMA DU RESEAU DE SURFACE

Les hypothèses retenues sont un échange direct de calories avec un stockage de 1 000 m3 assurant l'écrêtage des pointes nocturnes.

L'adjonction de pompes à chaleur n'est pas retenu à ce stade, leur avantage n'étant pas prépondérant.

I - 3. PLANNING DU PROJET

Les forages pourraient être réalisés au début de l'année 82 sous réserve que le montage financier puisse être assuré d'ici à l'automne 81 (passage au Comité Géothermie, prêts complémentaires,...).

Les travaux de surface pourraient être réalisés aux 2ème et 3ème trimestre 82. La saison de chauffe 82-83 pourrait ainsi être assurée. Pour simplifier, on supposera que l'ensemble des investissements étant réalisés en 82, les fournitures géothermiques sont totales en 83.

I - 4. DERIVE DES COUTS

On retiendra une dérive des coûts de l'énergie (fuel lourd) de + 2 % par an par rapport aux autres coûts.

Les taux d'inflation annuels retenus seront de + 12 % par an pour le fuel et + 10 % par an pour les autres coûts.

II - MONTANT DES INVESTISSEMENTS

Ceux-ci sont explicités dans l'annexe 3 pour les forages et au chapitre VI de la 2ème partie.

On les rappelera ci-dessous

	Montants en kF hors taxes (valeur février 81)
Forages	12 036
Surface (200 m3/h avec stockage)	6 825
TOTAL	18 861

Il convient d'ajouter à ces valeurs, la cotisation au Fonds de péréquation des risques géothermiques prévu d'un montant de 3 % des investissements garantis. On fera porter cette prime sur 15 MF environ soit 450.000 F à ajouter. On rappelera que ce fonds doit garantir les risques à long terme du projet.

A la date moyenne de réalisation soit mi-82 les coûts seraient à majorer d'envion 15 % soit :

	Montants à date de réalisation
Forages	13 841
Surface	7 849
Prime Fond de péréquation	517
TOTAL (valeur 82)	22 207 kF HT

Pour 150 m3/h, les investissements surface seraient réduits à 7 538 kF et le total à 21 896 kF

III - COUTS D'EXPLOITATION

On considèrera ici les surcoûts liés au projet géothermie par rapport à la solution actuelle.

III - 1. COUTS D'ELECTRICITE DE POMPAGE (FORAGES ET RESEAU)

Pour un fonctionnement sur 5 000 heures par an, les consommations électriques sont (cf 2ème partie, III)

Pour 200 m3/h	2 300 MWh/an
Pour 150 m3/h	1 515 MWh/an.

Les dépenses correspondantes peuvent être estimées aux montants suivants (valeur 82) sur la base d'un coût du kWh à mi-82 de 0,27 x 1,15 = 0,31 F

Pour 200 m3/h	713 kF HT
Pour 150 m3/h	470 kF HT

III - 2. COUTS D'ENTRETIEN (P2) VALEUR FEVRIER 81

III - 2.1. Entretien courant

Certaines opérations d'entretien courant sont nécessaires sur un doublet géothermique :

- Surveillance périodique des différents indicateurs permettant de suivre les conditions d'exploitation du doublet : indicateurs de pression, température, débit, chimisme, etc...
- Manoeuvre périodique des vannes.
- Entretien général des vannes et des têtes de puits.

Ce genre d'entretien ne nécessiterait que quelques heures de travail par mois. Elles pourraient être assurées par le personnel d'entretien affecté à l'ensemble des installations.

Les coûts annuels peuvent être estimés à 20 kF pour le doublet de forages.

On ajoutera à cette somme, un coût d'entretien courant pour les équipements de surface propres à l'installation géothermique, soit environ 30 kF.

Ce poste aurait donc un montant global de 50 kF.

III - 2.2. Pompe d'exhaure

On mettra sous risque cette rubrique les entretiens qui ne correspondent pas au renouvellement de la pompe. Une telle intervention peut être programmée tous les 4 ans ; les renouvellements ayant une périodicité identique, la pompe d'exhaure serait révisée (ou changée) tous les 2 ans.

Le coût d'un entretien peut être estimé à :

- Remontée et descente pompe :	120 kF
- Entretien (estimé à 20 % environ du coût d'investissement) :	80 kF (60 kF pour 150 m3/h)
- Supervision travaux et divers :	40 kF
TOTAL	240 kF tous les 4 ans (220 kF pour 150 m3/h)

Une provision annuelle de 60 kF pour être retenue pour ce poste (55 kF pour 150 m3/h).

III - 2.3. Pompes d'injection

On retiendra le rythme d'une révision annuelle. Le coût de l'intervention peut être fixé entre 10 et 15 % du coût de l'investissement initial. La valeur retenue sera de 50 kF par an (40 kF pour 150 m3/h).

III - 3. RENOUVELLEMENT DES EQUIPEMENTS ET INTERVENTIONS SPECIFIQUES (P3)

III - 3.1. Pompe d'exhaure et colonne de production

Celles-ci seront changées tous les 4 ans. Le coûts estimatif est :

- Pompe d'exhaure	:	400 kF (300 kF pour 150 m3/h)
- Remontée-descente	:	120 kF
- Colonne de production	:	80 kF
- Supervision et divers	:	80 kF
		680 kF tous les 4 ans (580 kF pour 150 m3/h).

Une provision annuelle de 170 kF pourra être retenue pour ce poste (145 kF pour 150 m3/h).

III - 3.2. Pompes d'injection

Un changement tous les 4 ans peut être envisagé. Le coût à retenir est de 500 kF environ (400 kF pour 150 m3/h).

Une provision annuelle de 125 kF pourra être retenue pour ce poste (100 pour 150 m3/h).

III - 3.3. Têtes de puits

La durée de vie moyenne d'une tête de puits est estimée à 10 ans. Un coût de 200 kF est à inscrire à cette échéance. Une provision annuelle de 20 kF pourra être retenue pour ce poste.

III - 3.4. Intervention spécifiques

Certaines interventions spécifiques peuvent être rendues nécessaires sans qu'une périodicité précise puisse être fixée. Il en est ainsi des opérations suivantes :

- Stimulation de puits (par acidification ou autre méthode).
- Contrôle de l'état de corrosion des tubages (par enregistrements ETT ou autre méthode).
- Interventions liées à la corrosion sur certains équipements.

Il conviendrait d'assurer une provision annuelle de l'ordre de 60 kF pour ces interventions et l'assistance technique qu'elles impliquent.

III - 4. RESUME DES COUTS D'EXPLOITATION (VALEUR MI-82)

Compte tenu de la périodicité différente des interventions il est plus facile de raisonner sur un coût moyen annuel qui peut être approvisionné et constituer une réserve pour les opérations importantes.

Nous récapitulerons donc ci-dessous les coûts annuels moyens selon le débit exploité exprimés en valeur mi-82.

On ajoutera à ces coûts d'exploitation, la prime annuelle pour le fonds de garantie soit environ 23 kF/an (valeur mi-82).

	200 m3/h	150 m3/h
P1		
Electricité (forages et réseau)		
SOUS TOTAL P1	713 kF	470 kF
P2		
Entretien courant	57 kF	57 kF
Pompe d'exhaure	69 kF	63 kF
Pompes d'injection	58 kF	46 kF
SOUS TOTAL P2	184 kF	166 kF
P3		
Pompe d'exhaure et colonne production	196 kF	167 kF
Pompes d'injection	144 kF	115 kF
Têtes de puits	23 kF	23 kF
Interventions spécifiques	69 kF	69 kF
SOUS TOTAL P3	432 kF	374 kF
Fonds de garantie	23 kF	23 kF
TOTAL/AN	1 352 kF	1 033 kF

IV - BILANS ECONOMIQUES

Les bilans économiques ci-dessous sont établis hors subvention ou aides attribuées au projet et hors inflation.

Les économies annuelles sont chiffrées à partir des TEP substituées et pour une valeur de la TEP substituée que l'on peut estimer en valeur mi-82 à 1500 F HT compte tenu des consommations électriques pour le réchauffage du fuel lourd.

Les économies nettes annuelles sont ainsi de :

2 391 x 1,5 - 1 352 = 2 235 kF pour 200 m3/h - 55° C

2 182 x 1,5 - 1 352 = 1 921 kF pour 200 m3/h - 52° C

2 041 x 1,5 - 1 033 = 2 029 kF pour 150 m3/h - 55° C

1 861 x 1,5 - 1 033 = 1 759 kF pour 150 m3/h - 52° C

Les délais de retour du projet seraient ainsi de :

$\frac{22\ 207}{2\ 235}$ = 9,9 ans pour 200 m3/h - 55° C

$\frac{22\ 207}{1\ 921}$ = 11,6 ans pour 200 m3/h - 52° C

$\frac{21\ 896}{2\ 029}$ = 10,8 ans pour 150 m3/h - 55° C

$\frac{21\ 896}{1\ 759}$ = 12,5 ans pour 150 m3/h - 52° C

V - BILANS ENERGETIQUES

On se reportera à l'étude thermique et à la planche n° 3 où sont indiquées les valeurs des économies en TEP selon les couples débit/température considérés.

Les investissements à la TEP annuelle économiséee en valeur début 81 sont dans les différents cas de :

$\frac{22\ 207 \times 10^3}{1,15 \times 1\ 814}$ = 10 645 F HT pour 200 m3/h - 55° C

$\frac{22\ 207 \times 10^3}{1,15 \times 1\ 605}$ = 12 031 F HT pour 200 m3/h - 52° C

$\frac{21\ 896 \times 10^3}{1,15 \times 1\ 660}$ = 11 470 F HT pour 150 m3/h - 55° C

$\frac{21\ 896 \times 10^3}{1,15 \times 1\ 480}$ = 12 865 F HT pour 150 m3/h - 52° C

VI - BILANS FINANCIERS

Il convient d'établir les échéanciers de trésorerie du projet selon les différentes hypothèses de ressources, d'une part et de montage financier, d'autre part.

VI - 1. FINANCEMENT POSSIBLE DU PROJET

IV - 1.1. Aide de la CEE

En cas de réalisation, le projet de Maizey a obtenu un accord pour une aide dans le cadre des opérations de démonstration de la CEE (Direction Générale de l'Energie).

Cette aide d'un montant de 4.000 kF se décompose en :

- une subvention de 2.000 kF
- un prêt de 2.000 kF remboursable en cas d'exploitation.

Les modalités de remboursement du prêt seront définies lors de l'établissement de la convention d'aide. On retiendra pour les calculs une durée de 8 ans avec un an de différé et un taux de 14 %.

VI - 1.2. Aide du Comité Géothermie

L'aide du Comité Géothermie sera sollicitée. Celle-ci devrait prendre la forme d'une subvention égale à 30 % du coût du premier forage soit à la date de réalisation prévisionnelle :

6 620 x 1,15 x 0,3 = 2 284 kF

Une garantie complémentaire serait accordée en cas d'échec assurant une couverture minimale à 80 % des risques (montant à définir compte tenu de l'aide CEE).

VI - 1.3. Aide de l'Agence pour les Economies d'Energie

Cette aide sous forme de subvention pourrait être de 400 F par TEP économisée. Selon les caractéristiques d'exploitation, elle serait ainsi de :

1 814 x 0,4 = 726 kF pour 200 m3/h - 55° C

1 605 x 0,4 = 642 kF pour 200 m3/h - 52° C

1 660 x 0,4 = 644 kF pour 150 m3/h - 55° C

1 480 x 0,4 = 592 kF pour 150 m3/h - 52° C

VI - 1.4. Autres possibilités d'aides

- Ministère de l'Agriculture et FORMA

  Le caractère agricole du projet devrait permettre une aide des organismes habilités de ce secteur. Cette aide permettrait également, le cas échéant, l'accès à des crédits à taux bonifiés du Crédit Agricole.

- Région et Département

  Les assemblées régionale et départementale pourraient compléter les aides au projet.

On analysera l'incidence d'un montant d'aide complémentaire par ces organismes sous la forme de subventions pour un montant de 1 500 kF.

VI - 1.5. Emprunts complémentaires et fonds propres

Le solde du financement devrait être assurée par des emprunts complémentaires et une partie de fonds propres. Pour simplifier et sans que cela ne modifie les calculs de la rentabilité du projet, on supposera que la totalité des besoins complémentaires (à l'exclusion des frais financiers de l'année de construction) sont assurés par des emprunts dont les modalités moyennes seraient :

durée : 15 ans sans différé

taux : 14 %

VI - 1.6. Résumé des cas étudiés

Le tableau ci dessous indique les cas étudiés (valeurs en kF, hors taxes à la date de réalisation prévisionnelle mi-82) :

CAS N°	DEBIT TEMP.	MONTANT DES INVESTISSEM.	SUBVENTIONS CEE	SUBVENTIONS COMITE	SUBVENTIONS AEE	SUBVENTIONS AUTRES	PRETS CEE	PRETS COMPL.	POURCENT. SUBVENT.
1 A	200/55	22 207	2 000	2 284	726	-	2 000	15 197	22,5 %
1 B	200/55	22 207	2 000	2 284	726	1 500	2 000	13 697	29,3 %
2 A	200/52	22 207	2 000	2 284	642	-	2 000	15 281	22,2 %
2 B	200/52	22 207	2 000	2 284	642	1 500	2 000	13 781	28,9 %
3 A	150/55	21 896	2 000	2 284	664	-	2 000	14 948	22,6 %
3 B	150/55	21 896	2 000	2 284	664	1 500	2 000	13 448	29,4 %
4 A	150/52	21 896	2 000	2 284	592	-	2 000	15 020	22,3 %
4 B	150/52	21 896	2 000	2 284	592	1 500	2 000	13 520	29,1 %

VI - 2. RESULTATS

Les calculs ont été réalisés pour les 8 cas ci-dessus.

Les listings ci-joints indiquent les résultats pour les cas 1 A et 3 A. Si on se fixe le taux de rentabilité interne du projet après prise en compte des subventions, les résultats sont pour les 8 cas considérés :

1 A : 14,6 %
1 B : 16,2 %
2 A : 12,4 %
2 B : 13,8 %
3 A : 13,2 %
3 B : 14,6 %
4 A : 11,2 %
4 B : 12,5 %

PROJET GEOTHERMIE MAIZEY(55) BILAN FINANCIER SOMMES EN MILLIERS DE FR. HT

HYPOTHESE: 1A 2COM3/H-55.C MONNAIE COURANTE

	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
*** ANNEE ***	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
BESOINS TOTAUX (TEP)	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630
FOURNITURE GEOTHERMIE (TEP)	0	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391
COMPTE DE TRESORERIE										
**********										
*** EMPLOIS ***										
COUT FORAGES	13841	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" SURFACE	7849	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" FONDS DE GARANTIE	517	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES INVESTISSEMENTS	22207	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COUT ELECTRICITE	0	784	863	949	1044	1148	1263	1389	1528	1681
COUT P2 GEOTHERMIE(Y C.F.DE G.)	0	227	251	276	303	333	367	404	443	488
COUT P3 GEOTHERMIE	0	475	523	575	632	696	765	842	926	1019
COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS	0	1486	1637	1800	1979	2177	2395	2635	2897	3188
INTERETS SUR PRET CEE	140	280	280	259	235	207	176	140	100	53
REMBOURSEMENTS PRET CEE	0	0	151	172	196	224	255	291	332	378
INTERETS SUR PRET COMPLEMENTAIRE	1064	2128	2079	2024	1961	1889	1807	1713	1607	1486
REMBOURSEMENTS PRET COMPL.	0	347	395	450	514	585	667	761	867	989
**TOTAL DES CHARGES FINANCIERES	1204	2755	2905	2905	2906	2905	2905	2905	2906	2906
TOTAL DES EMPLOIS	23411	4241	4542	4705	4885	5082	5300	5540	5803	6094
**********										
*** RESSOURCES ***										
**TOTAL FONDS PROPRES (CAPITAL)	1204	224	43	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION DE LA CEE	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION COMITE GEOTHERMIE	2284	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION A.F.E.	726	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**AUTRES SUBVENTIONS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET DE LA CEE	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET COMPLEMENTAIRE	15197	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES EMPRUNTS	17197	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL RECETTES FOURN.GTH(P1)	0	4017	4499	5039	5643	6321	7079	7929	8880	9946
TOTAL DES RESSOURCES	23411	4241	4542	5039	5643	6321	7079	7929	8880	9946
**********										
TRESORERIE ACTIONNAIRES	-1204	-224	-43	334	758	1239	1779	2399	3077	3852
TRESORERIE ACT.(M.CONST.	-1204	-204	-36	251	518	769	1004	1226	1435	1634
TRESORERIE PROJET (TOUT CAPITAL)	-17197	2531	2862	3239	3664	4144	4684	5294	5983	6758
TAUX DE RENTABILITE (%)	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********
DELAI DE RETOUR (ANNEES)	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********
TRESORERIE PROJ.(M.CONST.	-17197	2301	2365	2434	2503	2573	2644	2717	2791	2866
TAUX RENTABILITE(M.CONSTANTE)	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********	**********

PROJET GEOTHERMIE MAIZEY(55) BILAN FINANCIER SOMMES EN MILLIERS DE FR. HT

HYPOTHESE : 1A 2COM3/H-55.C MONNAIE COURANTE

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
*** ANNEE ***	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
BESOINS TOTAUX (TEP)	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630
FOURNITURE GEOTHERMIE (TEP)	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391	2391
COMPTE DE TRESORERIE										
**********										
*** EMPLOIS ***										
COUT FORAGES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" SURFACE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" FONDS DE GARANTIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES INVESTISSEMENTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COUT ELECTRICITE	1849	2034	2238	2461	2709	2978	3276	3604	3964	4361
COUT P2 GEOTHERMIE(Y C.F.DE G.)	537	591	649	714	786	865	951	1046	1151	1266
COUT P3 GEOTHERMIE	1120	1233	1356	1491	1641	1805	1985	2184	2402	2642
COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS	3506	3859	4243	4666	5135	5648	6212	6834	7517	8269
INTERETS SUR PRET CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REMBOURSEMENTS PRET CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERETS SUR PRET COMPLEMENTAIRE	1347	1189	1009	804	570	304	0	0	0	0
REMBOURSEMENTS PRET COMPL.	1127	1285	1465	1670	1904	2170	0	0	0	0
**TOTAL DES CHARGES FINANCIERES	2474	2474	2474	2474	2474	2474	0	0	0	0
TOTAL DES EMPLOIS	5980	6332	6717	7140	7609	8122	6212	6834	7517	8269
**********										
*** RESSOURCES ***										
**TOTAL FONDS PROPRES (CAPITAL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION DE LA CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION COMITE GEOTHERMIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION A.F.E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**AUTRES SUBVENTIONS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET DE LA CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET COMPLEMENTAIRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES EMPRUNTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL RECETTES FOURN.GTH(P1)	11139	12476	13973	15650	17528	19631	21987	24625	27580	30890
TOTAL DES RESSOURCES	11139	12476	13973	15650	17528	19631	21987	24625	27580	30890
**********										
TRESORERIE ACTIONNAIRES	5159	6144	7256	8510	9919	11509	15775	17791	20063	22621
TRESORERIE ACT.(M.CONST.	1999	2153	2312	2486	2612	2755	3433	3520	3609	3699
TRESORERIE PROJET (TOUT CAPITAL)	7633	8618	9730	10984	12393	13983	15775	17791	20063	22621
TAUX DE RENTABILITE (%)	*********	*********	*********	*********	*********	24.164	*********	*********	*********	*********
DELAI DE RETOUR (ANNEES)	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********
TRESORERIE PROJ.(M.CONST.	2943	3021	3100	3182	3263	3347	3433	3520	3609	3699
TAUX RENTABILITE(M.CONSTANTE)	*********	*********	*********	*********	*********	12.877	*********	*********	*********	*********

PROJET GEOTHERMIE MAIZEY(55) BILAN FINANCIER SOMMES EN MILLIERS DE FR. HT

HYPOTHESE: 1A 200M3/H-55.C MONNAIE COURANTE

20 **

*** ANNEE ***	2007	*********
BESOINS TOTAUX (TEP)	3630	76230
FOURNITURE GEOTHERMIE (TEP)	2391	47920
COMPTE DE TRESORERIE		
**********		
*** EMPLOIS ***		
COUT FORAGES	0	13841
" SURFACE	0	7849
" FONDS DE GARANTIE	0	517
**TOTAL DES INVESTISSEMENTS	0	22207
COUT ELECTRICITE	4797	44919
COUT P2 GEOTHERMIE(Y C.F.DE G.)	1393	13041
COUT P3 GEOTHERMIE	2906	27218
COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS	9096	85178
INTERETS SUR PRET CEE	0	1870
REMBOURSEMENTS PRET CEE	0	1999
INTERETS SUR PRET COMPLEMENTAIRE	0	22781
REMBOURSEMENTS PRET COMPL.	0	15196
**TOTAL DES CHARGES FINANCIERES	0	42046
TOTAL DES EMPLOIS	9096	149431
**********		
*** RESSOURCES ***		
**TOTAL FONDS PROPRES (CAPITAL)	0	1471
**SUBVENTION DE LA CEE	0	2000
**SUBVENTION COMITE GEOTHERMIE	0	2284
**SUBVENTION A.F.E.	0	726
**AUTRES SUBVENTIONS	0	0
PRET DE LA CEE	0	2000
PRET COMPLEMENTAIRE	0	15197
**TOTAL DES EMPRUNTS	0	17197
**TOTAL RECETTES FOURN.GTH(P1)	34596	283428
TOTAL DES RESSOURCES	34596	313106
**********		
TRESORERIE ACTIONNAIRES	25500	162204
TRESORERIE ACT.(M.CONST.	3790	37730
TRESORERIE PROJET (TOUT CAPITAL)	25500	137253
TAUX DE RENTABILITE (%)	25.097	*********
DELAI DE RETOUR (ANNEES)	5.162	*********
TRESORERIE PROJ.(M.CONST.	3790	42904
TAUX RENTABILITE(M.CONSTANTE)	14.634	*********

PROJET GEOTHERMIE MAIZEY(55) BILAN FINANCIER SOMMES EN MILLIERS DE FR. HT

HYPOTHESE: 3A 130M3/H-55.C MONNAIE COURANTE

	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
*** ANNEE ***	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
BESOINS TOTAUX (TEP)	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630
FOURNITURE GEOTHERMIE (TEP)	0	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041
COMPTE DE TRESORERIE										
**********										
*** EMPLOIS ***										
COUT FORAGES	13641	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" SURFACE	7539	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" FONDS DE GARANTIE	517	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES INVESTISSEMENTS	21896	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COUT ELECTRICITE	0	517	568	625	688	756	832	915	1007	1107
COUT P2 GEOTHERMIE(Y C.I.DE G.)	0	209	229	252	277	304	335	368	405	445
COUT P1 GEOTHERMIE	0	411	453	498	548	602	663	729	802	882
COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS	0	1136	1250	1375	1513	1662	1830	2012	2214	2434
INTERETS SUR PRET CEE	140	280	280	259	235	207	176	140	100	53
REMBOURSEMENTS PRET CEE	0	0	151	172	196	224	255	291	332	378
INTERETS SUR PRET COMPLEMENTAIRE	1046	2033	2045	1931	1928	1858	1777	1685	1581	1461
REMBOURSEMENTS PRET COMPL.	0	341	389	443	505	576	656	748	853	973
**TOTAL DES CHARGES FINANCIERES	1186	2714	2865	2965	2864	2865	2864	2864	2866	2865
TOTAL DES EMPLOIS	23082	3850	4115	4240	4377	4527	4694	4876	5080	5299
**********										
*** RESSOURCES ***										
**TOTAL FONDS PROPRES (CAPITAL)	1186	421	275	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION DE LA CEE	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION COMITE GEOTHERMIE	2284	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION A.E.E.	654	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**AUTRES SUBVENTIONS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET DE LA CEE	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET COMPLEMENTAIRE	14958	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES EMPRUNTS	16958	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL RECETTES FOURN.GTH(P1)	0	3429	3840	4301	4817	5395	6043	6768	7580	8490
TOTAL DES RESSOURCES	23092	3850	4115	4301	4817	5395	6043	6768	7580	8490
**********										
TRESORERIE ACTIONNAIRES	-1186	-421	-275	61	440	868	1349	1892	2500	3191
TRESORERIE ACT.(M.CONST	-1186	-383	-227	46	301	539	761	971	1166	1353
TRESORERIE PROJET (TOUT CAPITAL)	-16948	2293	2590	2926	3304	3733	4213	4756	5366	6056
TAUX DE RENTABILITE (%)	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********
DELAI DE RETOUR (ANNEES)	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********
TRESORERIE PROJ.(M.CONST.	-16948	2085	2140	2198	2257	2319	2378	2441	2503	2568
TAUX RENTABILITE(M.CONSTANTE)	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********

PROJET GEOTHERMIE MAIZEY(55) BILAN FINANCIER SOMMES EN MILLIERS DE FR. HT

HYPOTHESE: 3A 150M3/H-55.C MONNAIE COURANTE

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
*** ANNEE ***	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
BESOINS TOTAUX (TEP)	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630	3630
FOURNITURE GEOTHERMIE (TEP)	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041	2041
COMPTE DE TRESORERIE										
**********										
*** EMPLOIS ***										
COUT FORAGES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" SURFACE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" FONDS DE GARANTIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES INVESTISSEMENTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COUT ELECTRICITE	1219	1340	1474	1621	1783	1962	2158	2374	2611	2872
COUT P2 GEOTHERMIE(Y C.F.DE G.)	431	540	593	652	717	789	869	955	1051	1156
COUT P3 GEOTHERMIE	970	1067	1174	1291	1420	1562	1718	1890	2079	2287
COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS	2619	2947	3241	3564	3920	4313	4745	5219	5741	6315
INTERETS SUR PRET CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REMBOURSEMENTS PRET CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INTERETS SUR PRET COMPLEMENTAIRE	1325	1170	993	791	561	299	0	0	0	0
REMBOURSEMENTS PRET COMPL.	1109	1264	1441	1643	1873	2135	0	0	0	0
**TOTAL DES CHARGES FINANCIERES	2434	2434	2434	2434	2434	2434	0	0	0	0
TOTAL DES EMPLOIS	5113	5381	5675	5998	6354	6747	4745	5219	5741	6315
**********										
*** RESSOURCES ***										
**TOTAL FONDS PROPRES (CAPITAL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION DE LA CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION COMITE GEOTHERMIE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**SUBVENTION A.F.E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**AUTRES SUBVENTIONS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET DE LA CEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRET COMPLEMENTAIRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL DES EMPRUNTS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
**TOTAL RECETTES FOURN.GTH(PL)	9569	10650	11927	13359	14962	16757	18768	21020	23543	26368
TOTAL DES RESSOURCES	9569	10650	11927	13359	14962	16757	18768	21020	23543	26368
**********										
TRESORERIE ACTIONNAIRES	4396	5269	5252	7361	8608	10010	14023	15801	17802	20053
TRESORERIE ACT.(M.CONST.	1675	1147	1992	2132	2267	2396	3052	3126	3202	3279
TRESORERIE PROJET (TOUT CAPITAL)	6830	7703	8696	9795	11042	12444	14023	15801	17802	20053
TAUX DE RENTABILITE (%)	*********	*********	*********	*********	*********	22.403	*********	*********	*********	*********
DELAI DE RETOUR (ANNEES).	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********	*********
TRESORERIE PROJ.(M.CONST.	2633	2700	2768	2837	2908	2979	3052	3126	3202	3279
TAUX RENTABILITE(M.CONSTANTE)	*********	*********	*********	*********	*********	11.275	*********	*********	*********	*********

PROJET GEOTHERMIE MAIZEY(55) BILAN FINANCIER SOMMES EN MILLIERS DE FR. HT

HYPOTHESE: 34 150M3/H-55.C MONNAIE COURANTE

	20	**
*** ANNEE ***	2007	*********
BESOINS TOTAUX (TEP)	3630	75230
FOURNITURE GEOTHERMIE (TEP)	2041	42320
COMPTE DE TRESORERIE		
**********		
*** EMPLOIS ***		
COUT FORAGES	0	13341
" SURFACE	0	7533
" FONDS DE GARANTIE	0	517
**TOTAL DES INVESTISSEMENTS	0	21496
COUT ELECTRICITE	3160	29583
COUT P2 GEOTHERMIE(Y C.F.DE G.)	1272	11908
COUT P3 GEOTHERMIE	2516	23562
COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS	6948	65053
INTERETS SUR PRET CEE	0	1870
REMBOURSEMENTS PRET CEE	0	1099
INTERETS SUR PRET COMPLEMENTAIRE	0	22604
REMBOURSEMENTS PRET COMPL.	0	14349
**TOTAL DES CHARGES FINANCIERES	0	41422
TOTAL DES EMPLOIS	6948	129374
**********		
*** RESSOURCES ***		
**TOTAL FONDS PROPRES (CAPITAL)	0	1832
**SUBVENTION DE LA CEE	0	2002
**SUBVENTION COMITE GEOTHERMIE	0	2284
**SUBVENTION A.F.E.	0	564
**AUTRES SUBVENTIONS	0	0
PRET DE LA CEE	0	2000
PRET COMPLEMENTAIRE	0	14248
**TOTAL DES EMPRUNTS	0	16248
**TOTAL RECETTES FOURN.GTH(PL)	29532	247059
TOTAL DES RESSOURCES	29532	270936
**********		
TRESORERIE ACTIONNAIRES	22584	141562
TRESORERIE ACT.(M.CONST.	3357	31691
TRESORERIE PROJET (HORS CAPITAL)	22584	162062
TAUX DE RENTABILITE (%)	24.501	*********
DELAI DE RETOUR (ANNEES)	5.499	*********
TRESORERIE PROJ.(M.CONST.	3357	36711
TAUX RENTABILITE(M.CONSTANTS)	13.183	*********

Ces valeurs font apparaître une rentabilité très bonne du projet et une sensibilité relativement réduite aux caractéristiques prévisionnelles de la ressource dans les fourchettes considérées. Les risques géologiques et économiques du projet devraient en être ainsi réduits.

VII - CONCLUSION : FAISABILITE DU PROJET DE MAIZEY

Les caractéristiques économiques prévisionnelles du projet de MAIZEY en font un très bon projet de géothermie. Ceci est dû à la limitation des coûts d'investissement en surface grâce à la densité d'utilisation.

On retiendra qu'une adaptation des systèmes actuels de chauffage ainsi qu'une production accrue et avancée des légumes permettrait une augmentation des fournitures géothermiques et améliorerait les bilans de l'opération.

Il convient à présent, sur la base de cette étude de faisabilité, d'assurer les montages juridique et financier du projet. Ce dernier nécessite la présentation d'un dossier au Comité Géothermie, d'une part et aux organismes bancaires, d'autre part.

A N N E X E S

1 - Coupe géologique prévisionnelle détaillée
2 - Caractéristiques du réservoir
3 - Devis de forage
4 - Calculs thermiques (détails)

A N N E X E 1

COUPE GEOLOGIQUE PREVISIONNELLE DETAILLEE

COUPE GEOLOGIQUE PREVISIONNELLE DETAILLEE ET DESCRIPTION LITHOLOGIQUE SOMMAIRE DE TERRAINS A TRAVERSER

La coupe géologique probable des forages de MAIZEY (55) a été déduite en particulier de profils géologiques établis à partir des logs de forages pétroliers réalisés depuis 1954 dans le secteur concerné.

Les données de surface et les données acquises sur les forages peu profonds de recherche d'eau ont été exploitées pour la définition des formations superficielles et subsuperficielles.

On peut ainsi prévoir que les forages de MAIZEY situés à des cotes comprises entre 220 et 225, traverseront les séries suivantes :

- 6 à 8 m de Quaternaire

0,5 à 1 m de limons argilo-sableux à petits graviers

6 à 7 m d'alluvions calcaires à galets plats dans matrice plus ou moins argileuse.

- 50 à 55 m de Jurassique supérieur

subdivisé en :

20 à 25 m de calcaires fins oolithiques, biodétritiques, à passées récifales (ex Argovo-Rauracien)

5 à 6 m de calcaires à oolithes ferrugineuses avec intercalation marneuses (ex Oxfordien SS.)

20 à 25 m de calcaires gréseux à intercalations argilo-sableuses (terrain à chailles de l'ex Oxfordien SS.)

OXFORDIEN MOYEN et INFERIEUR

- 380 à 420 m de Jurassique moyen

subdivisé en :

180 à 190 m de marnes grises à passées gréseuses et fins niveaux calcaires

CALLOVIEN

40 à 60 m de calcaire argileux prédominant, de calcaire oolithique et graveleux avec intercalations argileuses

5 m de calcaire cristallin, en caillasses (caillasses à Anabacia)

BATHONIEN

65 à 75 m de calcaire oolithique et graveleux, généralement compact et dur

30 à 32 m de calcaire cristallin à lentilles de polypiers saccharoïdes

20 à 30 m de calcaire cristallin à passées marneuses de plus en plus développées vers la base de la formation

BAJOCIEN

20 à 30 m de marnes légèrement gréseuses et micacées

BAJOCIEN à TOARCIEN ∿ AALENIEN

- 320 à 340 m de Jurassique inférieur ou Lias subdivisé en :

95 à 100 m d'argiles et marnes gréseuses et micacées au sommet (grès supraliasique) schisteuses, micacées et gréseuses parfois bitumineuses à la base (schistes cartons)

TOARCIEN

145 à 150 m de grès fins à ciment argileux ou calcaire sur 10 à 20 m en tête (grès médioliasiques) et d'argiles gris-noir gréseuses, micacées, parfois pyriteuses (argiles à Amalthées)

PLIENSBACHIEN (Domérien + Carixien)

35 à 40 m de calcaire argileux gris foncé à taches ocres (calcaire ocreux) et d'argiles gris-noir, gréseuses et micacées

SINEMURIEN SUPERIEUR = LOTHARINGIEN

40 à 50 m de calcaire argileux gris foncé, fin, localement gréseux, avec intercalations de marnes grises. (calcaires à Gryphès)

SINEMURIEN INFERIEUR = SINEMURIEN S.S. et HETTANGIEN

- 320 à 350 m de Trias supérieur (Rhétien, Keuper et Lettenkohle)

subdivisé en :

30 à 35 m — d'argiles rouges parfois dolomitiques (argiles de Levallois sur 3 à 4 m d'épaisseur) et de grès gris, à ciment argileux et débris ligniteux (ex grès infraliasiques).

RHETIEN

80 à 90 m — de marnes bariolées dolomitiques avec nodules ou filonnets de gypse et anhydrite (marnes bariolées et argiles de Chanville : marnes irisées supérieures)

10 à 20 m — de dolomies cristallines et d'argiles gréseuses (dolomie de Beaumont, marnes bariolées et grès à roseaux : marnes irisées moyennes)

180 à 200 m — de marnes bariolées à abondantes passées de sel gemme sur 80 à 90 m d'épaisseur (les niveaux cumulés de sel gemme plus ou moins massif ne dépassent pas 50 m) et de marnes bariolées à intercalations d'argiles salifères avec nodules de gypse et d'anhydrite : (marnes irisées inférieures)

KEUPER

∿ 20 m — de dolomies et d'argiles dolomitiques bariolées.

LETTENKOHLE

- 130 à 140 m de Trias moyen (Muschelkalk)

45 à 50 m — de dolomie cristalline et argileuse à passées glauconieuses, d'argiles dolomitiques localement gréseuses (calcaires à Térébratules, calcaires à Cératites et calcaires à Entroques)

MUSCHELKALK SUPERIEUR

80 à 90 m — d'argiles bariolées légèrement dolomitiques, parfois gréseuses avec gypse et anhydrite et rares pseudomorphoses de sel gemme et argiles indurées brun-rougeâtre ou bariolées, gréseuses et micacées (groupe de l'anhydrite et grès coquilliers)

MUSCHELKALK MOYEN et INFERIEUR

- 110 à 12 m de Trias inférieur (Buntsanstein) représenté par :

45 à 50 m — de grès gris et brun-rouge, micacé, à passées argileu et conglomératiques (galets de quartz blanc) (grès à Voltzia et couches intermédiaires).

GRES BIGARRE

∿ 8 m — de conglomérat à galets de quartz et quartzite (conglomérat principal)

45 à 50 m — de grès brun-rouge micacé (grès Vosgien SS.)

∿ 10 m — de conglomérat à galets de quartz et quartzite et roches noires et vertes (primaire) (conglomérat de base)

GRES VOSGIEN

Comte tenu d'une épaisseur moyenne pour chacune des formations décrites précédemment, la profondeur des forages de Maizey serait de l'ordre de 1360 m, le toit du Buntsandstein étant situé vers 1250 m.

A N N E X E 2

RESSOURCES GEOTHERMIQUES

RESSOURCES GEOTHERMIQUES

Fiche établie en nov. 1980 par Cl. MAIAUX - SGR/LOR

MAIZEY (55)

Etablissements MARCHAL

IMPLANTATION : puits de pompage

Coordonnées : Lambert 1, zone Nord X = 834,0 Y = 142,2

Cote sol : + 225 (EPD)

Observations : carte IGN au 1/25 000 Saint-Mihiel 1 - 2

FORMATION CONSIDEREE : Buntsandstein : grès, conglomérats et grès

STRUCTURE DU RESERVOIR

Cote du toit (NGF)	: -1025 (EPD) $\pm$ 10 m
Profondeur du toit	: 1250 $\pm$ 10 m
Hauteur utile	: 60 $\pm$ 10 m
Hauteur totale	: 120 m $\pm$ 10 m
Profondeur totale des forages à envisager	: 1350 à 1380 m
Observations	: socle paléozoïque : Dévonien

CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR

Porosité : 10 à 20 % (moyennes données forages pétroliers voisins)

Perméabilité : 300 à 400 milli Darcy

Pression du gisement (cote) : 135 kg/cm2 $\pm$ 5 au toit

Niveau piézométrique : en limite d'artésianisme ou légèrement en-dessous du niveau du sol (quelques mètres)

Observations :

CARACTERISTIQUES DU FLUIDE

Température : 54 °C $\pm$ 3 ° C au toit et 58 °C $\pm$ 3 ° au mur soit 55° C ± 3° en tête de puits

Salinité : 35 à 45 g/l (en équivalent de NaCl)

Observations : eau chlorurée sodique et sulfatée calcique

A N N E X E 3

DEVIS DE FORAGE

PROJET : MAIZEY

DATE : 01/02/81

HYPOTHESES GENERALES (droit/[illegible]opérations coordonnées H 40)

OBJECTIF : TRIAS

		PRODUCTION	INJECTION
1	Plateforme (x)	350	350
	Forage production (y compris amenée)	1 853	-
2	Forage réinjection (" ripage)	-	1 243
3	Fuel	120	105
4	Têtes de puits	100	100
5	Tubages et équipements	656	618
6	Outils	105	75
7	Boue + technicien	309	283
8	Cimentations + ciment	280	213
9	Diagraphies et analyses	289	289
10	Opérations de déviation	-	-
11	Complétion	280	280
12	Stimulation	50	50
13	Coupe de tubage	50	-
14	Test de formation	-	-
15	Matériel d'air-lift	50	50
16	Eau-téléphone	30	30
17	Electricité	Pm	Pm
18	Citernage-vidange Traitement bourbiers	305	295
19	Pompe d'exhaure	450	-
20	Transports	50	50
21	Divers imprévus	244	243
22	Intendant forage	95	95
23	Surveillance géologique	200	130
24	Suivi et interprétation essais	80	117
25	Maîtrise d'oeuvre	550	330
26	Dossiers administratifs	60	-
27	Assurance globale chantier	64	62
	Essais specifiques en boucle (xx)		400
		6 670	4 966
		Σ = 12 036	

(x) L'implantation definitive n'étant pas choisie, ce coût ne tient pas compte des problèmes d'accès, d'aménagement du site ou autres qui pourraient éventuellement se poser.

(xx) Ces essais spécifiques sont liés à la nature gréseuse du réservoir.

PROJET : MAIZEY

DATE : 01/02/81

HYPOTHESES GENERALES (droit/[illegible]opérations coordonnées H 40)

OBJECTIF : TRIAS

		PRODUCTION	INJECTION
1	Plateforme (x)	350	350
2	Forage production (y compris amenée)	1 803	-
	Forage réinjection (" ripage)	-	1 200
3	Fuel	120	105
4	Têtes de puits	100	100
5	Tubages et équipements	656	618
6	Outils	105	75
7	Boue + technicien	309	283
8	Cimentations + ciment	280	213
9	Diagraphies et analyses	289	289
10	Opérations de déviation	-	-
11	Complétion	280	280
12	Stimulation	50	50
13	Coupe de tubage	50	-
14	Test de formation	-	-
15	Matériel d'air-lift	50	50
16	Eau-téléphone	30	30
17	Electricité	Pm	Pm
18	Citernage-vidange Traitement bourbiers	305	295
19	Pompe d'exhaure	400	-
20	Transports	50	50
21	Divers imprévus	244	201
22	Intendant forage	95	95
23	Surveillance géologique	200	130
24	Suivi et interprétation essais	80	65
25	Maîtrise d'oeuvre	550	240
26	Dossiers administratifs	60	-
27	Assurance globale chantier	64	62
	Essais specifiques en boucle (xx)	100	185
		6 620	4 966
		Σ = 11 586	

(x) L'implantation definitive n'étant pas choisie, ce coût ne tient pas compte des problèmes d'accès, d'aménagement du site ou autres qui pourraient éventuellement se poser.

(xx) Ces essais spécifiques sont liés à la nature gréseuse du réservoir.

ANNEXE 4

C A L C U L S T H E R M I Q U E S

(DETAILS)

MAIZEY CALCUL NUMERO 1.

STOCKAGE 0. M3

PUITS 52. DEGRES 150. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 175.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1396957.
FEVRIER	1620880.
MARS	1512797.
AVRIL	1285679.
MAI	814609.
JUIN	659145.
JUILLET	395361.
AOUT	686435.
SEPTEMBRE	531945.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1507021.
DECEMBRE	1287051.
TOTAL	12815834.

MAIZEY CALCUL NUMERO 1.

STOCKAGE 0. M3

PUITS 52. DEGRES 150. M3/H

TERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1862565.
FEVRIER	2609654.
MARS	3125996.
AVRIL	4696453.
MAI	2553590.
JUIN	1059821.
JUILLET	143947.
AOUT	551468.
SEPTEMBRE	47792.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	238902.
DECEMBRE	1154798.
TOTAL	19044985.

MAIZEY CALCUL NUMERO 2

STOCKAGE 0. M3

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 175.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1515847.
FEVRIER	1820335.
MARS	1705284.
AVRIL	1453779.
MAI	903747.
JUIN	718372.
JUILLET	951087.
AOUT	731833.
SEPTEMBRE	564990.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1618527.
DECEMBRE	1365873.
TOTAL	13766428.

FIN

MAIZEY CALCUL NUMERO 2

STOCKAGE 0. M3

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1743675.
FEVRIER	2410198.
MARS	2933508.
AVRIL	4538353.
MAI	2465452.
JUIN	1000594.
JUILLET	1038321.
AOUT	506070.
SEPTEMBRE	14748.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	127397.
DECEMBRE	1075975.
TOTAL	17894191.

MAIZEY CALCUL NUMERO 3

STOCKAGE 0. M3

PUITS 52. DEGRES 200. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 230.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1665600.
FEVRIER	2076636.
MARS	1954598.
AVRIL	1671506.
MAI	1016686.
JUIN	795084.
JUILLET	1017612.
AOUT	783042.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1707689.
DECEMBRE	1462891.
TOTAL	15146134.

JPI 1

MAIZEY CALCUL NUMERO 3

STOCKAGE 0. M3

PUITS 52. DEGRES 200. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1593922.
FEVRIER	2153897.
MARS	2684195.
AVRIL	4310627.
MAI	2351513.
JUIN	923882.
JUILLET	1021696.
AOUT	457561.
AOUT	457561.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	1.
NOVEMBRE	38634.
DECEMBRE	978953.
TOTAL	16514484.

MAIZEY CALCUL NUMERO 3

STOCKAGE 0. M3

PUITS 55. DEGRES 200. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 230.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1500753.
FEVRIER	2388370.
MARS	2203172.
AVRIL	1882779.
MAI	1133561.
JUIN	373637.
JUILLET	1022303.
AOUT	930015.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1722565.
DECEMBRE	1562233.
TOTAL	16451683.

MAIZEY   CALCUL NUMERO 4

STOCKAGE 0. M3

PUITS 55. DEGRES 200. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1453764.
FEVRIER	1902164.
MARS	2430620.
AVRIL	4039534.
MAI	2234338.
JUIN	345329.
JUILLET	957005.
AOUT	407633.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	33358.
DECEMBRE	879611.
TOTAL	15328930.

CALCUL NUMERO 4

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 52. DEGRES 150. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 345.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1817139.
FEVRIER	1966265.
MARS	1976667.
AVRIL	1783705.
MAI	1310826.
JUIN	1021238.
JUILLET	1213214.
AOUT	966559.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1723133.
DECEMBRE	1517310.
TOTAL	16291846.

CALCUL NUMERO 5

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 52. DEGRES 150. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1442383.
FEVRIER	3264268.
MARS	2662135.
AVRIL	4193437.
MAI	2057972.
JUIN	697728.
JUILLET	827095.
AOUT	371344.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	22790.
DECEMBRE	924539.
TOTAL	15368672.

CALCUL NUMERO 5

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 345.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1936695.
FEVRIER	2215747.
MARS	2251260.
AVRIL	2027186.
MAI	1463409.
JUIN	1126162.
JUILLET	1293940.
AOUT	1049208.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1730063.
DECEMBRE	1647289.
TOTAL	17798450.

CALCUL NUMERO 6

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1272826.
FEVRIER	2014787.
MARS	2377532.
AVRIL	3954946.
MAI	1904790.
JUIN	592804.
JUILLET	745369.
AOUT	188695.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	15860.
DECEMBRE	794560.
TOTAL	13868169.

CALCUL NUMERO 6

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 52. DEGRES 200. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 460.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	2076798.
FEVRIER	2507693.
MARS	2497884.
AVRIL	2225349.
MAI	1547756.
JUIN	1217798.
JUILLET	1378147.
AOUT	1111044.
SEPTEMBRE	578737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1734080.
DECEMBRE	1733481.
TOTAL	19087521.

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 52. DEGRES 200. M3/H

TERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1182724.
FEVRIER	1722841.
MARS	2140908.
AVRIL	3756783.
MAI	1820442.
JUIN	501168.
JUILLET	661162.
AOUT	186859.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	11943.
DECEMBRE	708367.
TOTAL	12633097.

CALCUL NUMERO 7

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 55. DEGRES 200. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 460.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	2245852.
FEVRIER	2043624.
MARS	2029722.
AVRIL	2541406.
MAI	1734599.
JUIN	1351806.
JUILLET	1491627.
AOUT	1139147.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1740507.
DECEMBRE	1884377.
TOTAL	20350157.

CALCUL NUMERO 8

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 55. DEGRES 200. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	1013670.
FEVRIER	1386909.
MARS	1809070.
AVRIL	3440726.
MAI	1633600.
JUIN	367160.
JUILLET	547681.
AOUT	43756.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	5416.
DECEMBRE	557472.
TOTAL	10810461.

MAIZEY CALCUL NUMERO 3

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

DEBIT MAXI RESEAU 345.00 M3/H

ENERGIE GEOTHERMIQUE EN KWH

JANVIER	1984617.
FEVRIER	2215601.
MARS	2258459.
AVRIL	2023881.
MAI	1461881.
JUIN	1125511.
JUILLET	1293541.
AOUT	1049327.
SEPTEMBRE	579737.
OCTOBRE	417754.
NOVEMBRE	1730057.
DECEMBRE	1647205.
TOTAL	17787470.

PRODUCTION PAC EN KWH

MAIZEY CALCUL NUMERO 9

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

JANVIER	461131.
FEVRIER	334536.
MARS	1031454.
AVRIL	1011164.
MAI	564215.
JUIN	330876.
JUILLET	288373.
AOUT	171433.
SEPTEMBRE	0.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	13350.
DECEMBRE	450505.
TOTAL	5157037.

MAIZEY CALCUL NUMERO 9

STOCKAGE 1000. M3

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

SERRES MARAICHERES

APPOINT EN KWH

JANVIER	313774.
FEVRIER	1180386.
MARS	1348880.
AVRIL	2947087.
MAI	1342103.
JUIN	262579.
JUILLET	457394.
AOUT	17243.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	2516.
DECEMBRE	344139.
TOTAL	8716112.

ELECTRICITE PAC

MAIZEY CALCUL NUMERO 9

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

CONSOMMATION SUIVANT TARIF VERT

	H. POINTES	H. PLEINES	H. CREUSES
JANVIER	5131.	34188.	393.5.
FEVRIER	3601.	47122.	88668.
MARS	0.	40104.	13.515.
AVRIL	0.	34514.	133406.
MAI	0.	0.	93369.
JUIN	0.	0.	55009.
JUILLET	0.	0.	4706..
AOUT	0.	0.	28586.
SEPTEMBRE	0.	0.	0.
OCTOBRE	0.	0.	0.
NOVEMBRE	0.	613.	1643.
DECEMBRE	530.	28796.	46534.

TOTAL DES CONSOMMATIONS

	H.POINTES	H.PLEINES	H.CREUSES
[illegible]	9262.	150324.	307676.
[illegible]		34514.	357431.

TOTAL 359707.

[illegible] MAIZI

	H.POINTES	H.PLEINES	H.CREUSES
[illegible]	575.	533.	582.
[illegible]		568.	569.

PRODUCTION PAC EN KWH

MAIZEY CALCUL NUMERO 9

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

AVEC COUPURE PENDANT LES HEURES DE POINTE

JANVIER	430531.
FEVRIER	313501.
MARS	1031454.
AVRIL	1011164.
MAI	564215.
JUIN	330876.
JUILLET	288379.
AOUT	171433.
SEPTEMBRE	0.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	13350.
DECEMBRE	447334.
TOTAL	5102231.

MAIZEY CALCUL NUMERO 9

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

AVEC COUPURE PENDANT LES HEURES DE POINTE

JANVIER	844374.
FEVRIER	1201431.
MARS	1348880.
AVRIL	2947087.
MAI	1342103.
JUIN	262579.
JUILLET	457394.
AOUT	17243.
SEPTEMBRE	1.
OCTOBRE	0.
NOVEMBRE	2516.
DECEMBRE	347310.
TOTAL	8770918.

ELECTRICITE PAC

MAIZEY CALCUL NUMERO 9

PUITS 55. DEGRES 150. M3/H

AVEC COUPURE PENDANT LES HEURES DE POINTE

CONSOMMATION SUIVANT TARIF VERT

	H. POINTES	H. PLEINES	H. CREUSES
JANVIER	0.	34188.	39315.
FEVRIER	0.	47122.	88663.
MARS	0.	40104.	131515.
AVRIL	0.	34514.	133406.
MAI	0.	0.	93369.
JUIN	0.	0.	55009.
JUILLET	0.	0.	47061.
AOUT	0.	0.	28536.
SEPTEMBRE	0.	0.	0.
OCTOBRE	0.	0.	0.
NOVEMBRE	0.	613.	1649.
DECEMBRE	0.	28796.	46534.

TOTAL DES CONSOMMATIONS

	H.POINTES	H.PLEINES	H.CREUSES
HIVER	0.	150824.	307676.
ETE		34514.	357431.

TOTAL 850445.

PUISSANCES MAXI

	H.POINTES	H.PLEINES	H.CREUSES
HIVER	0.	583.	582.
ETE		568.	569.