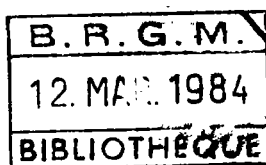




SOCIÉTÉ ANONYME D'ÉCONOMIE MIXTE
DE CONSTRUCTION IMMOBILIÈRE DE BÈGLES

1, rue de la République - 33130 BÈGLES

Agence Française
pour la Maîtrise de l'Énergie
Comité Géothermie



Conseil Régional d'Aquitaine
Aquitainergie

COMMUNE DE BÈGLES (Gironde)

CHAUFFAGE PAR GÉOTHERMIE DE LA CITÉ YVES FARGE

ÉTUDE DE FAISABILITÉ



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur-Albert-Schweitzer - 33600 PESSAC - Tél. (56) 80.69.00

Collaboration ARC Ingénierie

ETUDE DE FAISABILITE

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
<u>SOMMAIRE</u>	1 à 4
<u>NOTE DE SYNTHÈSE</u>	5 à 9
1 - <u>PREAMBULE</u>	10
2 - <u>ETUDE HYDROGÉOLOGIQUE</u>	11
2.1 - <u>Situation géographique</u>	11
2.2 - <u>Caractéristiques de l'aquifère à capter</u>	11
2.2.1 - Caractéristiques lithologiques	
2.2.2 - Profondeur et niveau de la nappe	
2.2.3 - Caractéristiques hydrauliques	
2.2.4 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux	
2.2.5 - Estimation des interférences entre ouvrages captant le même aquifère	
2.3 - <u>Coupe géologique prévisionnelle</u>	18
2.3.1 - Description lithologique	
2.3.2 - Remarques concernant la série géologique tertiaire	
2.4 - <u>Programme de forage d'équipement et d'essai</u>	21
2.4.1 - Objectif du forage	
2.4.2 - Programme de forage et d'équipement jusqu'au toit du réservoir	
2.4.3 - Programme de forage du réservoir et complétion du puits	
2.4.4 - Programme de simulation, de développement et d'essais	
2.5 - <u>Estimation du coût du forage</u>	26
3 - <u>ETUDE TECHNIQUE DE SURFACE</u>	27
3.1 - <u>Description des dispositions existantes</u>	27
3.1.1 - Le bâti	
3.1.2 - Les installations	
3.1.3 - Les besoins théoriques de chauffage	
3.1.4 - Tracé du diagramme d'évolution des besoins et des températures des panneaux en fonction de la température extérieure	
3.1.5 - Les consommations	

3.2 - <u>Nouveau système envisagé pour la production de chaleur</u>	38
3.2.1 - Source d'énergie disponible	
3.2.2 - Valorisation de cette source d'énergie	
3.2.3 - Analyse de fonctionnement	
3.3 - <u>Etude des consommations</u>	45
3.3.1 - Etablissement des bilans de consommation	
3.3.2 - Exploitation des bilans de consommation pour une durée moyenne de chauffage de 212 jours	
3.3.3 - Coefficient de performance	
3.3.4 - Diagramme de fonctionnement	
3.4 - <u>Coûts d'investissement des installations de surface</u>	57
4 - <u>ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE</u>	58
4.1 - <u>Planning de réalisation</u> (année 1984)	58
4.2 - <u>Evolution des prix</u>	58
4.3 - <u>Investissement</u>	58
4.4 - <u>Dépenses annuelles de fonctionnement</u>	59
4.4.1 - Coût de l'énergie	
4.4.2 - Choix de la solution en géothermie	
4.4.3 - Redevance prélèvement Agence de Bassin	
4.4.4 - Dépenses annuelles de fonctionnement	
5 - <u>CALCUL DU TAUX INTERNE DE RENTABILITE DE LA SOLUTION RETENUE</u>	65
6 - <u>FINANCEMENT DE L'OPERATION</u>	70
6.1 - <u>Subventions</u>	70
6.2 - <u>Emprunts</u>	71
7 - <u>ANALYSE DU PLAN DE TRESORERIE PREVISIONNEL</u>	74
7.1 - <u>Solution de base (non conventionnement)</u>	74
7.2 - <u>Simulation des différentes hypothèses</u>	74
8 - <u>ANALYSE DU RISQUE - COURBE SUCCES-ECHEC</u>	79

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 - VARIANTE : ETUDE DE CONSOMMATION ET D'INVESTISSEMENT DANS LE CAS D'UN RESEAU PRIMAIRE MODIFIE
- ANNEXE 2 - PROPOSITIONS COMMERCIALES POUR LES POMPES A CHALEUR : DOCUMENT YORK et CLIREF
- ANNEXE 3 - LETTRE DE LA CAISSE DES DEPOTS ET CONSIGNATION

LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 - PLAN DE SITUATION ET POSITION DES OUVRAGES CAPTANT LA NAPPE DU TOIT DU CRETACE ET DE LA BASE DE L'EOCENE
- FIGURE 2 - PLAN DE SITUATION DETAILLE
- FIGURE 3 - COUPE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE
- FIGURE 4 - COUPE GEOLOGIQUE DETAILLEE PREVISIONNELLE
- FIGURE 5 - COUPE TECHNIQUE DU FORAGE
- FIGURE 6 - PLAN DE MASSE - CITE YVES FARGE (réseau primaire - chauffage et sous-station)
- FIGURE 7 - SCHEMA DE PRINCIPE - INSTALLATION EXISTANTE
- FIGURE 8 - DIAGRAMME SITUATION EXISTANTE
- FIGURE 9 - DIAGRAMME DES TEMPERATURES ET PUISSANCE - SITUATION APRES MODIFICATION
- FIGURE 10 - SCHEMA DE PRINCIPE - SOLUTION GEOTHERMIE
- FIGURE 11 - DIAGRAMME PUISSANCE ET TEMPERATURE RESEAU EN FONCTION DE LA TEMPERATURE EXTERIEURE - tarif MT
- FIGURE 12 - DIAGRAMME PUISSANCE ET TEMPERATURE RESEAU EN FONCTION DE LA TEMPERATURE EXTERIEURE - tarif EJP
- FIGURE 13 - DIAGRAMME PUISSANCE/DUREE - TARIF GENERAL MT
- FIGURE 14 - DIAGRAMME PUISSANCE/DUREE - TARIF EJP
- FIGURE 15 - COURBE SUCCES-ECHEC

LISTE DES TABLEAUX

- TABLEAU 0 - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES, THERMIQUES ET CHIMIQUES DES OUVRAGES CAPTANT L'AQUIFERE DU TOIT DU CRETACE ET DE LA BASE DE L'EOCENE
- TABLEAU 1 - REPARTITION DES LOGEMENTS (nombre de logements par bâtiment et par type)
- TABLEAU 2 - SURFACE HABITABLE DES LOGEMENTS (celliers non compris)
- TABLEAU 3 - SURFACES HABITABLES CHAUFFEES (en m²)
- TABLEAU 4 - COURBES DE REGLAGE RELEVES SUR LES COFFRETS DE REGULATION
- TABLEAU 5 - BESOINS DE CHALEUR ET TEMPERATURES DES RESEaux POUR LES CONDITIONS CLIMATIQUES DE BASE
- TABLEAU 6 - DROITES DE TEMPERATURES DEPART ET RETOUR DES PANNEAUX
- TABLEAU 7 - RELEVES DE CONSOMMATION DE FIOUL LOURD N° 2
- TABLEAU 8 - RELEVES DES TEMPERATURES DU RESEAU
- TABLEAU 9 - BILAN ENERGETIQUE - TARIF GENERAL MT
- TABLEAU 10 - BILAN ENERGETIQUE - TARIF EJP
- TABLEAU 11 - EXPLOITATION DES BILANS DE CONSOMMATIONS POUR UNE DUREE MOYENNE DE CHAUFFAGE DE 212 JOURS
- TABLEAU 12 - TAUX DE COUVERTURE
- TABLEAU 13 - CONSOMMATION EAU GEOTHERMALE
- TABLEAU 14 - TABLEAU RECAPITULATIF DES DEPENSES DE FONCTIONNEMENT
- TABLEAU 15 - 16 - CALCUL DU TIR
- TABLEAU 17 - SENSIBILITE DU TIR
- TABLEAU 18 - TABLEAU RECAPITULATIF DU FINANCEMENT DU PROJET
- TABLEAU 19 - PLAN DE TRESORERIE PREVISIONNEL
- TABLEAU 20 - TABLEAU DES CHARGES ANNUELLES DE CHAUFFAGE SUR LES CINQ PREMIERES ANNEES D'EXPLOITATION - SIMULATION DES HYPOTHESES DE FINANCEMENT
- TABLEAU 21 - CONSOMMATION TOTALE D'ELECTRICITE EN FONCTION DU COUPLE DEBIT/TEMPERATURE
- TABLEAU 22 - CONSOMMATION D'ENERGIE D'APPOINT EN FONCTION DU COUPLE DEBIT/TEMPERATURE
- TABLEAU 23 - VALEUR DU T.I.R. EN FONCTION DU COUPLE DEBIT/TEMPERATURE

PROJET GEOTHERMIE - YVES FARGE

ETUDE DE FAISABILITE

NOTE DE SYNTHESE

Maître d'ouvrage de réalisation et d'exploitation :

Société Anonyme d'Economie Mixte de Construction
Immobilière de BEGLES (S.A.E.M.C.I.B.)

Maîtres d'œuvre :

Sous-sol : Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.)
Surface : Arc Ingénierie

Utilisateurs :

S.A.E.M.C.I.B. - Cité Yves FARGE - 448 logements

I - RESSOURCE

- . Aquifère objectif..... Toit du Crétacé et base de l'Eocène
- . Profondeur du toit de l'aquifère..... 490 m
- . Profondeur totale du forage..... 600 m
- . Hauteur totale de l'aquifère..... 110 m
- . Porosité..... 10 ‰
- . Transmissivité..... $2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- . Niveau statique..... - 5 NGF
- . Température au toit du réservoir..... 32° C

Programme de forage (sondage GBS1)

- . Puits unique vertical
- . Tubage \varnothing 460/470 0 à 30 m
- . Tubage \varnothing 13" 3/8 30 à 250 m
- . Tubage \varnothing 9" 5/8 250 à 490 m
- . Crépine \varnothing 6" 490 à 600 m
- . Débit attendu : $100 \text{ m}^3/\text{h}$
- . Niveau dynamique en exploitation : 63 m/sol
- . Puissance de pompage : 35 KW

Implantation du sondage GBS1

Sur la commune de BEGLES (Gironde)

X = 371,650

Y = 283,350

II - SURFACE

. Nombre de logements chauffés.....	448
. Puissance utile totale de chauffage.....	3 MW
. Consommation annuelle d'énergie :	
- Fioul (FL n° 2)	
Solution de référence.....	610 tonnes (592 TEP)
Solution géothermique.....	90,4 tonnes (88 TEP)
- Electricité	
Solution de référence.....	17 MWh (4 TEP)
Solution géothermie.....	1 219 MWh (305 TEP)
. Hypothèses de base débit/température en tête de puits.....	100 m ³ /h - 32° C
. Taux de couverture de la géothermie et des pompes à chaleur.....	84 %
. Nombre de TEP déplacées (par rapport à la consommation actuelle).....	504 TEP /an
. Economie d'énergie primaire nette.....	203 TEP/an

III - ECONOMIE DU PROJET

. Coût des travaux de forage :		
- valeur actuelle (HT).....	3 225	KF
- valeur de réalisation (HT).....	3 377	KF
- valeur de réalisation (TTC).....	4 005	KF
. Coût des travaux de surface :		
- valeur actuelle (HT).....	2 182	KF
- valeur de réalisation (HT).....	2 357	KF
- valeur de réalisation (TTC).....	2 795	KF
. Coût global des travaux :		
- valeur actuelle (HT).....	5 407	KF
- valeur de réalisation (HT).....	5 734	KF
- valeur de réalisation (TTC).....	6 801	KF
. Coût total actualisé du projet (y compris le Fonds de garantie)		
	7 019	KF TTC
. Ratio investissement /Economie brute :		
- valeur actuelle (HT).....	10 728 F/TEP déplacée	
. Ratio investissement /Economie nette :		
- valeur actuelle (HT).....	26 635 F/TEP économisée nette	
. Règles d'inflation et de dérive de l'énergie retenues :		
- inflation générale :	8 % à partir de 1984	
- dérive de l'énergie (en francs constants) :		
. Electricité :	+ 2 %	
. Produits pétroliers :	+ 4 %	
. Economie annuelle d'exploitation (hors subvention et tout financemnt) :		
- en KF.....	604 KF T.T.C.	
- en %.....	39 % (valeur décembre 1983)	
. Taux de rentabilité interne..... 13,46 %		
(calculé hors subvention et tout financement, en francs constants, avec 20 ans d'exploitation).		

IV - CALENDRIER DE REALISATION (année 1984)

Accord du Comité Géothermie de l'AFME	----- mars
Dossiers administratifs. Mise en place des financements	----- avril - juin
Forage	----- juillet
Travaux de surface	----- août - décembre

V - FINANCEMENT (hypothèse retenue : non conventionnement de la cité)

La S.A.E.M.C.I.B. ne récupère pas la T.V.A. sur les investissements réalisés, par conséquent le plan de financement avec les subventions et les prêts, est calculé sur le montant TTC des travaux.

. Fonds propres.....	55 KF
. Subventions :	
- AFME/forage.....	801 KF
- AFME/réseau.....	559 KF
- Conseil Régional Aquitaine.....	200 KF
- Régie d'Electricité de la Gironde.....	497 KF
. Emprunts :	
- CDC sur le forage (10,75 % - 15 ans).....	3 204 KF
- CAECL sur le réseau (14,50 % - 15 ans).....	<u>1 703 KF</u>
TOTAL.....	7 019 KF

1 - PREAMBULE

Cette étude de faisabilité fait suite à un avant-projet sommaire (note BRGM 83 AQI 23) réalisé en mars 1983 par le Service Géologique Régional Aquitaine pour le compte de la SAEMCIB.

L'avant-projet sommaire avait montré l'intérêt de réaliser un sondage au droit de la cité Yves FARGE, pour capter la nappe du Toit du Crétacé et la base de l'Eocène et d'équiper ce puits de production d'un système de pompe à chaleur pour le chauffage des bâtiments de la cité.

La SAEMCIB a donc confié au Bureau de Recherches Géologiques et Minières la Maîtrise d'oeuvre de l'étude de faisabilité détaillée d'un projet de géothermie.

L'étude de la valorisation du point de vue thermique a été traitée par le Bureau d'étude bordelais ARC Ingénierie.

2 - ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

2.1 - Situation géographique (figure n° 1 et 2)

La cité Yves FARGE est située dans la commune de BEGLES (Gironde), sur le Boulevard J.J. Bosc qui mène aux quais de la Garonne situés à 1 000 mètres de là.

Elle comprend sept bâtiments abritant au total 448 logements.

Le forage sera implanté sur les espaces verts de la cité, près de la chaufferie collective.

Position géographique du forage en projection Lambert III :

X = 371,650

Y = 283,350

Altitude : 5 mètres NGF.

2.2 - Caractéristiques de l'aquifère à capter

Parmi les niveaux aquifères profonds de la région, le choix s'est porté sur celui du toit du Crétacé et de la base de l'Eocène à une profondeur de 450 à 600 m sous l'agglomération bordelaise. En effet, la puissance thermique nécessaire au chauffage des bâtiments s'élève à 3 000 KW.

Le potentiel géothermique représente :

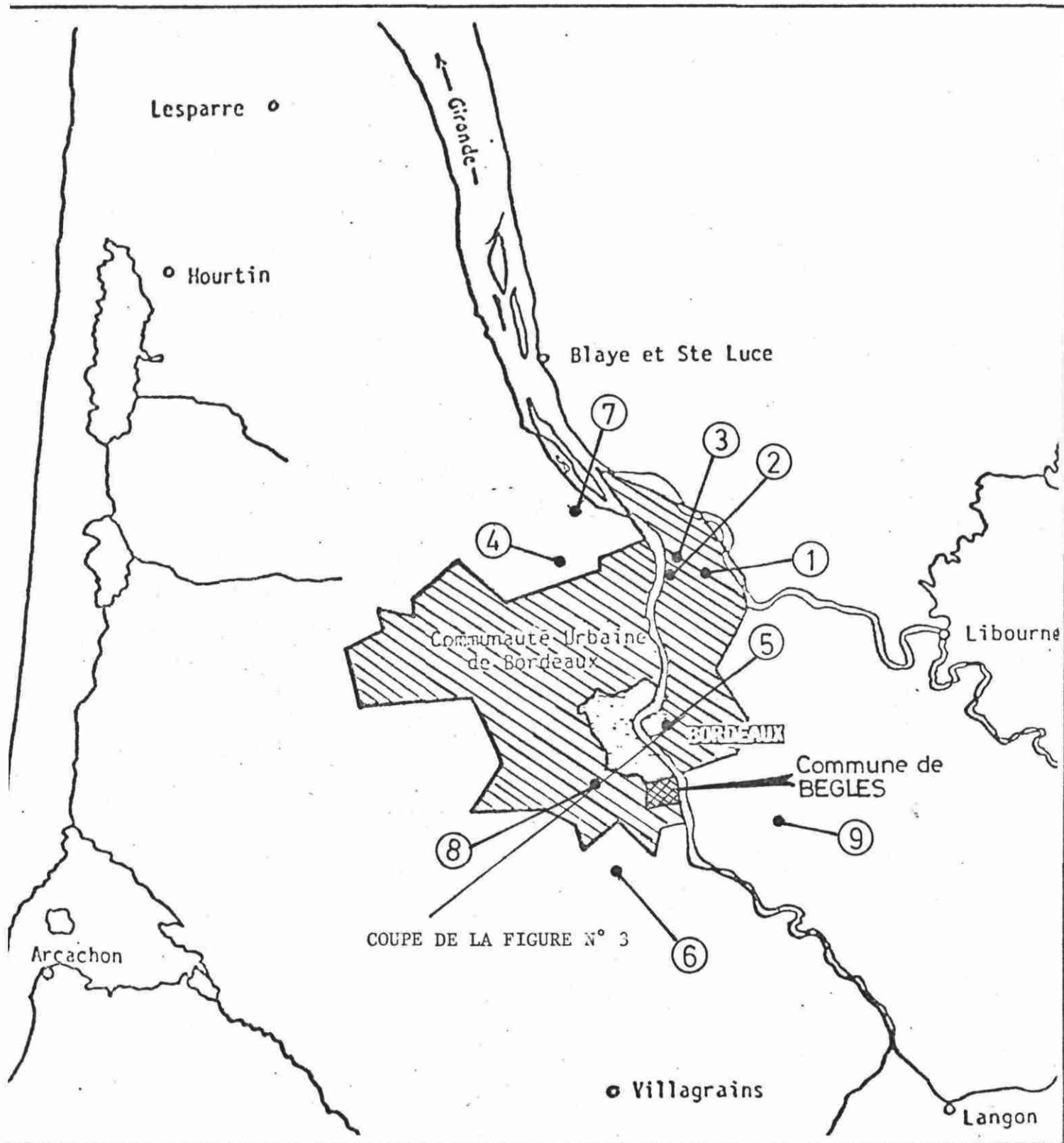
- débit : $100 \text{ m}^3/\text{h}$

- température de production : 32° C

- température de rejet : 15° C

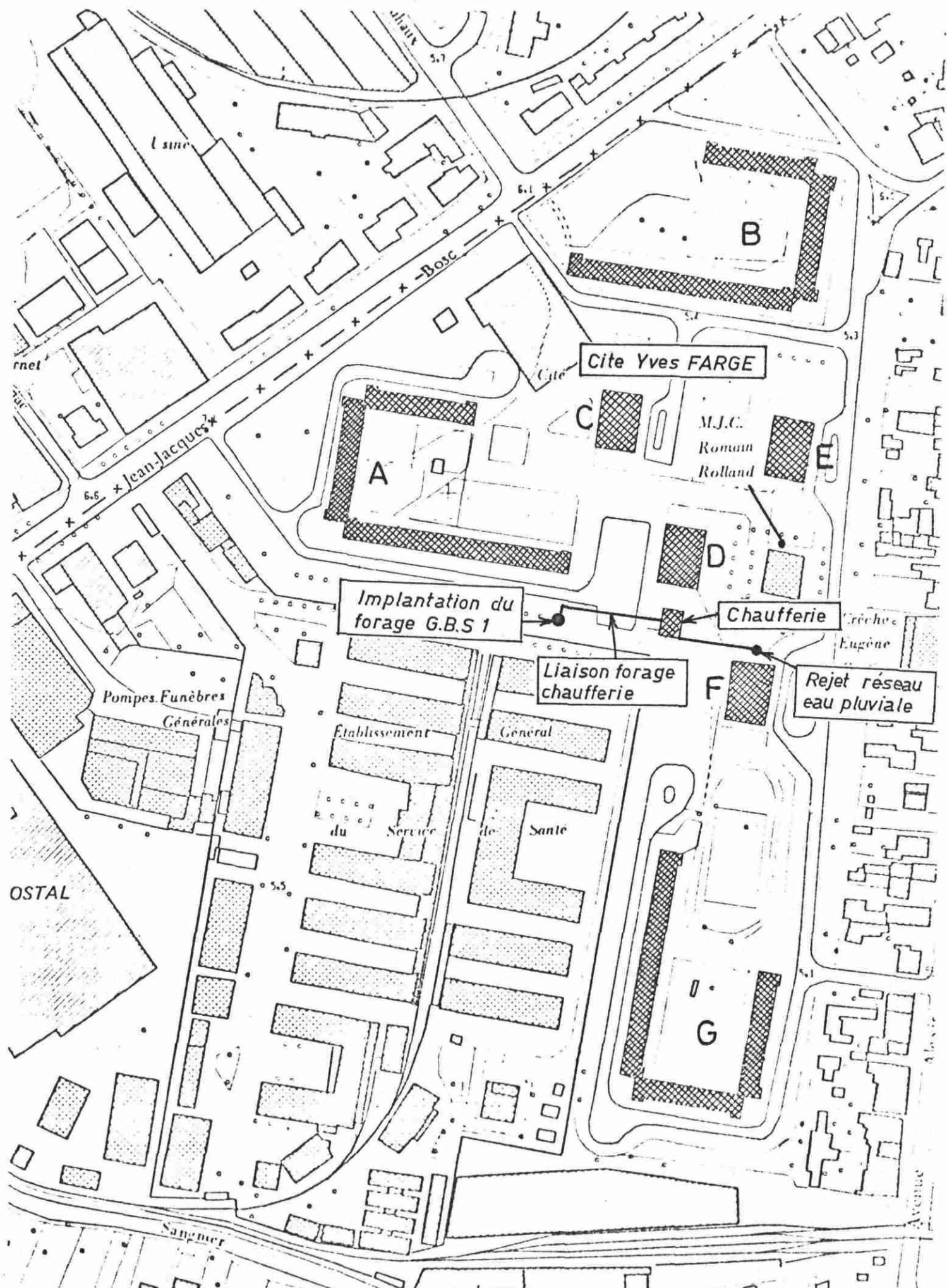
- COP des pompes à chaleur : 4

- puissance disponible : $100 \times (32 - 15) \times 1,163 \times \frac{4}{3} = 2\,636 \text{ KW}$



Echelle : 1/500 000

Les numéros de repère correspondent aux ouvrages indiqués dans le tableau 1



2.2.1 - Caractéristiques lithologiques

L'aquifère est constitué par deux ensembles :

- . Les sables, grès et argiles sableuses de la base de l'Eocène.
- . Les calcaires fissurés ou à matrice poreuse du sommet du Crétacé supérieur.

A Pessac-Stadium, forage de l'Université (827-2-56) le calcaire du Crétacé supérieur constitue le réservoir de type fissuré sous 8 m d'argiles sableuses. L'approfondissement du forage de 600 à 696 m n'a pas modifié ni le débit de production, ni la température de l'eau - ce qui tend à prouver que ces deux niveaux ne constituent qu'un seul ensemble aquifère.

A Bordeaux-Mériadeck, (803-6-948 - GBdx1), le toit du Crétacé supérieur est constitué de calcaires fissurés de 592 à 620 m de profondeur. Au-dessus une épaisse série sableuse a été reconnue de 550 à 592 m. Là aussi on ne remarque pas de coupure franche entre les deux niveaux.

A La Benaugue, (803-6-953 - GBdx2) le calcaire du toit du Crétacé a été recoupé de 426 à 486 m, sous deux niveaux de sables grossiers séparés par des argiles entre 399 et 418 m d'une épaisseur cumulée de 12 m.

A Pessac-Saige (827-2-500) les calcaires fissurés et des dolomies recoupés de 542 à 584 m sont surmontés d'argiles sableuses et de sables à niveaux gréseux de 523 à 542 m.

Sur d'autres forages plus éloignés de Bordeaux, on retrouve également des niveaux sableux épais de 7 à 17 m au toit des Calcaires du Crétacé. Plus à l'Ouest, ces sables sont remplacés par des grès notamment dans la région d'Arcachon.

2.2.2 - Profondeur et niveau de la nappe

La plupart des forages effectués pour l'alimentation en eau potable ou industrielle entre 1960 et 1965 dans la banlieue bordelaise ont été exploités. Les niveaux d'eau de la nappe ont donc évolué en baisse par rapport à leur cote d'origine.

Ainsi sur le forage de Pessac-Stadium ce niveau a varié entre +30,3 NGF (1961) à l'origine et à + 2 NGF en 1981, soit une baisse de 28 m.

A Sadirac, le niveau a évolué de + 26,30 NGF en 1965 à + 19 en 1977, soit une baisse de plus de 7 m. A Léognan, la baisse mesurée entre 1963 et 1977, est de 26 m (cotes + 33,30 et + 7,30).

Compte-tenu de ces informations partielles, on peut estimer que le niveau d'eau du forage à Bègles devrait se stabiliser à une cote voisine de - 5 NGF, soit à une dizaine de mètres sous le sol.

2.2.3 - Caractéristiques hydrauliques

Nous avons regroupé dans le tableau 0 les principales caractéristiques hydrauliques des forages situés sur la zone urbaine.

On remarque que les débits de production sont généralement importants, supérieurs à $100 \text{ m}^3/\text{h}$ et parfois de l'ordre de $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Les débits spécifiques sont également élevés et compris entre 3 et $5 \text{ m}^3/\text{h}$ par mètre d'abaissement de la nappe en pompage (rabattement). Les transmissivités calculées généralement à partir des courbes de remontée des niveaux après arrêt des pompes ont des valeurs comprises entre 1,3 et $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

2.2.4 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Les températures des eaux varient entre 27° et 35° C dans les forages répertoriés. Si l'on excepte le forage de Labaz à Ambarès les gradients de température sont élevés et souvent supérieurs à $4^\circ \text{ C}/100 \text{ m}$. A Bordeaux Centre, nous adopterons la valeur de $4^\circ \text{ C}/100 \text{ m}$ ce qui donnerait au toit du réservoir une température de 32° C .

Les eaux de cette nappe ont une bonne qualité chimique mais peuvent contenir du fer et notamment du fluor à des teneurs dépassant les normes pour la distribution dans le réseau d'eau potable.

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES, THERMIQUES ET CHIMIQUES DES OUVRAGES CAPTANT L'AQUIFERE DU TOIT DU
CRETACE ET DE LA BASE DE L'EOCENE

COMMUNE	DESIGNATION	INDICE B. R. G. M.	N° DE REPERE SUR CARTE	PROFONDEUR TOTALE (m)	PROFONDEUR DU TOIT DU RESERVOIR (m)	DEBIT (m ³ /h)	RABATTEMENT (m)	DEBIT SPECIFIQUE (m ³ /h.m)	TRANSMISSIVITE (10 ⁻³ m ² /s)	TEMPERATURE (° C)	GRADIENT (°C/100 m)	FER (mg/l)	FLUOR (mg/l)	DH (° F)	RESIDU SEC (mg/l)	RESIS TIVITE (ohms/cm)
AMBARES	LABAZ	803-3-185	1	472	429	200	40	5,0	1,2	21,8	3,0	0,15	3,5	17,6	360	1 495
BASSENS	PIERREFITTE 4	803-3-157	2	442	394	200	51	3,9	2	28,9	4,3	0,10	3,2	12,4	340	1 900
	PIERREFITTE 2	803-3-162	3	395	467	200	48	4,2	2	---	---	0,30	3,2	16	390	1 632
BLANQUEFORT	SENCHA	803-2-214	4	---	---	198	74	2,7	1,5	---	---	0,90	---	13,9	---	1 716
BORDEAUX	***	803-7-42	5	429	400	23	20	1,2	---	27,5	3,8	0,15	---	17	480	1 582
LEOGNAN	MOULIN JACQUIN	827-2-136	6	443	410	122	38	3,2	1,5	32	4,8	0,25	---	7	200	2 925
LUDON	FORAGE COMMUNAL 2	803-2-211	7	440	430	---	---	---	---	27	3,5	1,3	2	15	360	1 840
PESSAC	STADIUM *			---	---	139	38	3,7	2,8	---	---	0,20	4,2	14	520	1 300
	STADIUM **	827-2-56	8	593	517	135	23	5,9	---	35,4	4,1	0,10	3,28	9	410	1 728
SADIRAC	FORAGE COMMUNAL	827-4-19	9	445	385	---	---	---	---	27,6	4,1	40	2	160	---	300

Pessac-Stadium : * avant approfondissement - ** après approfondissement

Bordeaux Benauge : *** forage artésien

2.2.5 - Estimation des interférences entre ouvrages captant le même aquifère

Parmi les forages exploitant cette nappe, les deux plus proches de la commune de Bègles sont celui de Pessac-Stadium (827-2-56) à 3 800 m et celui de Moulin Jacquin à Léognan (827-2-136) à 7 700 m. Les autres forages exploités sont situés à plus de 10 km et ne seront pas influencés de façon significative.

2.2.5.1 - Pour le calcul des influences du futur forage de Bègles sur les deux ouvrages les plus proches, nous avons adopté les paramètres suivants :

- . Transmissivité T : $2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- . Coefficient d'emmagasinement : $S = 5.10^{-5}$
et 1.10^{-5}
- . Débit de forage $120 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant trois mois (pointe)
 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ moyenne annuelle.

Bien que ce débit soit élevé, nous l'avons adopté comme valeur extrême pour un calcul sur un an d'exploitation.

Nous avons résumé dans le tableau ci-après les résultats des calculs qui montrent que l'influence sur les puits voisins ne dépassera pas 8 m sur le forage de Pessac-Stadium et de 6 m sur le forage de Léognan.

RABATTEMENT AU PUITTS
ET RABATTEMENTS PROVOQUES SUR LES FORAGES
VOISINS

S	DUREE DEBIT	DISTANCE (mètre)		
		0,1	3 800	7 700
5.10^{-5}	3 mois $120 \text{ m}^3/\text{h}$	33,1	5,2	3,2
	1 an $100 \text{ m}^3/\text{h}$	29,1	5,9	4,3
1.10^{-5}	3 mois $120 \text{ m}^3/\text{h}$	35,2	7,3	5,4
	1 an $100 \text{ m}^3/\text{h}$	30,9	7,6	6,0

2.2.5.2 - Calcul du niveau dynamique d'exploitation
(pour un débit de $100 \text{ m}^3/\text{h}$)

. Rabattement calculé (Theis)	:	30 m
. Pertes de charges sur le forage (estimées)	:	23 m
. Niveau piézométrique par rapport au sol	:	10 m
TOTAL		63 m

Le niveau dynamique devrait être de l'ordre de 70 m par rapport au niveau du sol, pour une exploitation de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ après un an d'exploitation.

Hauteur dynamique du niveau d'eau par rapport au sol :

$$h \text{ (m/sol)} = 10 \times 0,5 q \text{ (m}^3/\text{h)}$$

2.3 - Coupe géologique prévisionnelle

La position de l'aquifère (Eocène basal/Crétacé terminal) a été prévue à partir d'une coupe orientée W - SW/ENE, passant par les forages de Pessac-Stadium (827-2-56) Talence (827-2-134 et 135), Brienne (827-4-18) Bastide (803-6-16) et GBdx2 de La Benaugue (803-7-42). Seuls le premier et le dernier ont atteint le Crétacé à 569 m et à 426 m de profondeur respectivement. Les forages 827-2-7 et 5 sont venus par projection compléter l'information autour du site qui est pauvre en forages profonds.

2.3.1 - Description lithologique

Les corrélations entre les formations tertiaires complétées par les données fournies par le forage Mériadecq (distant de 3 km) qui a traversé l'ensemble des terrains crétacés, permettent d'établir les prévisions sommaires suivantes :

- De 0 à 160 m : Alternance des marnes, calcaires et sables argileux (Oligocène à Eocène supérieur)
- 160 à 300 m : Calcaires grossiers fossilifères plus ou moins gréseux (Eocène moyen)
- 300 à 360 m : Sables et grès (Eocène moyen à inférieur)
- 360 à 490 m : Argiles silteuses micacées à niveaux calcaires vers la base (Eocène inférieur)
- 490 à 500 m : Sables ou argiles bariolées (Eocène basal)
- 500 à 555 m : Calcaires bioclastiques ou dolomitiques (Campanien supérieur)

à partir de 555 m : Calcaires crayeux (Campanien).

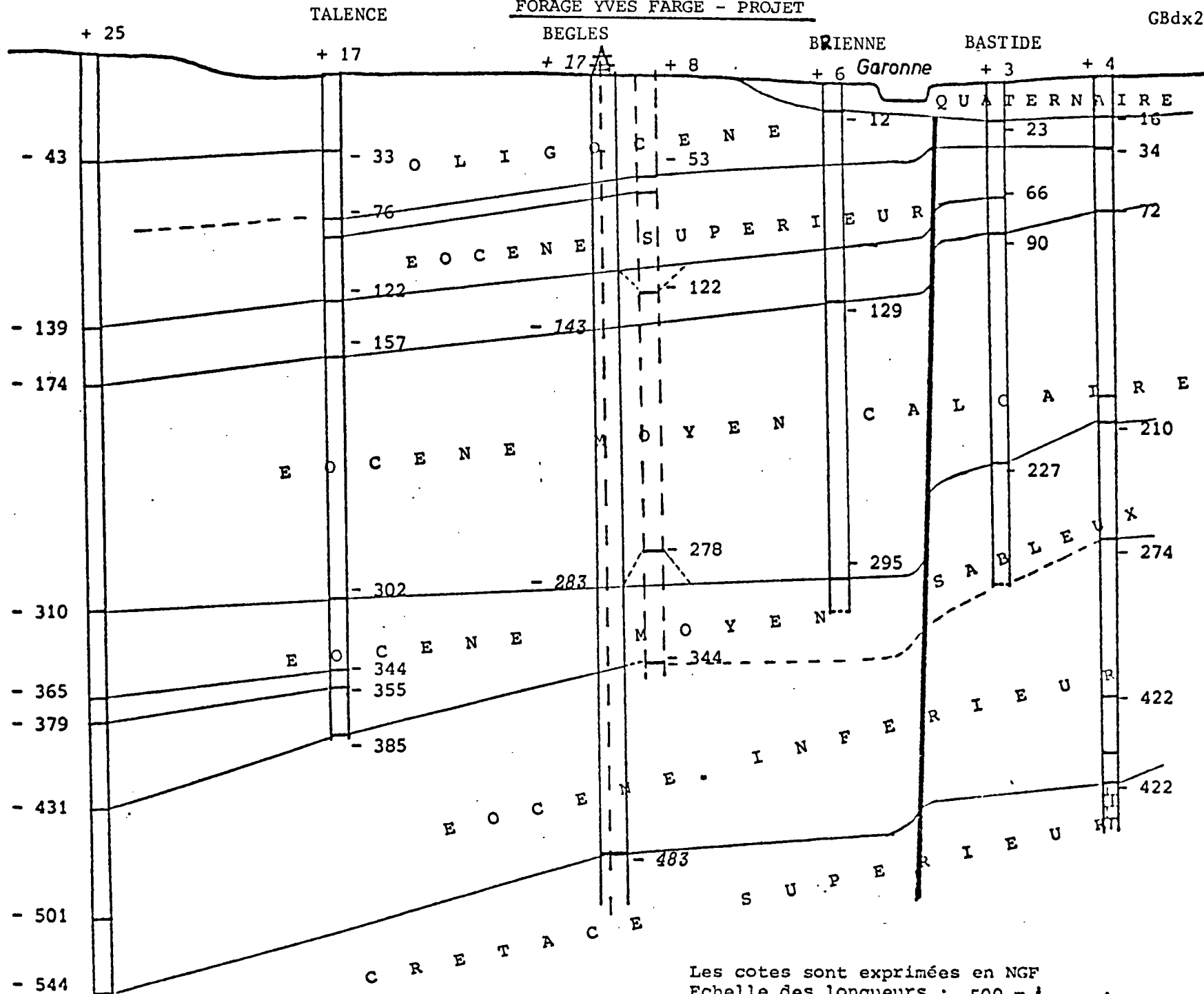
PESSAC STADIUM

COUPE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE

BENAUGE

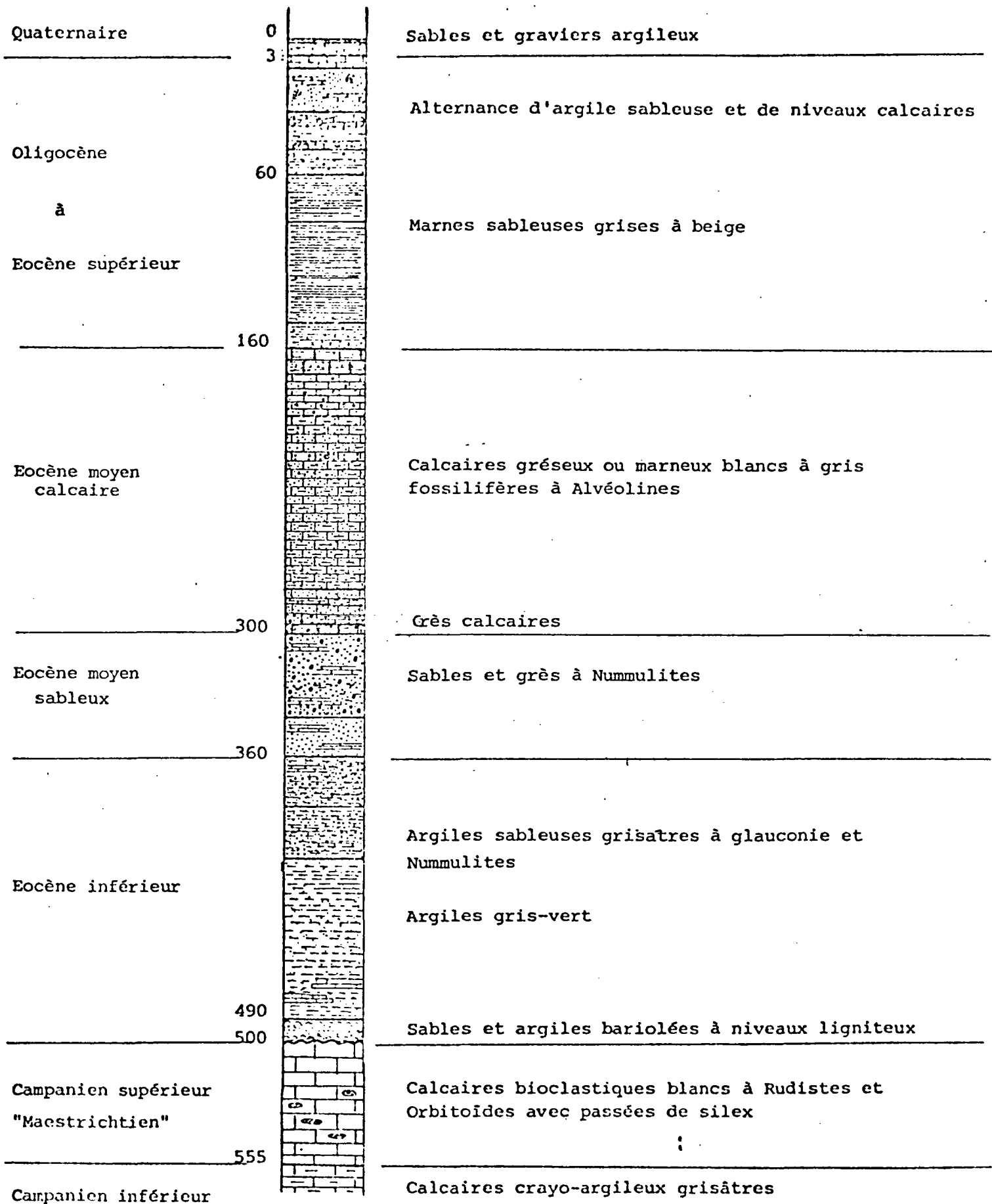
FORAGE YVES FARGE - PROJET

GBdx2



Les cotes sont exprimées en NGF
Echelle des longueurs : 500 m

FIGURE N° 3

COUPE GEOLOGIQUE DETAILLEE PREVISIONNELLE

Les formations aquifères à capter par le forage sont comprises entre 490 et 555 m (65 m) pour la nappe supérieure. Il faut cependant noter que les sables de l'Eocène basal peuvent ne pas exister et l'aquifère est alors uniquement compris dans les calcaires du sommet du Crétacé dont la fissuration est assez variable.

Les enregistrements des diagraphies de microrésistivité du forage GBdx1 Mériadeck montrent que ces calcaires sont aquifères de 596 à 611 m soit 15 m d'épaisseur.

Sur GBdx2 - Benauge, ils ont été traversés sur une épaisseur analogue.

2.3.2 - Remarques concernant la série géologique tertiaire

Juste après le Quaternaire alluvial, le sondage doit traverser quelques mètres de calcaires bioclastiques assez fissurés et karstifiés de l'Oligocène (Calcaire à Astéries). Ensuite, le niveau aquifère principal du Tertiaire doit se situer entre 300 et 360 mètres de profondeur (Sables éocènes). C'est cet aquifère qui a été mis en production dans les forages de Talence, Brienne et Bastide ainsi que dans le forage 827-2-7. (eau potable).

2.4 - Programme de forage d'équipement et d'essai

2.4.1 - Objectif du forage

L'objectif principal du forage est constitué par les niveaux sableux de la base de l'Eocène et par les calcaires fissurés du toit du Crétacé supérieur :

- le toit de l'aquifère est constitué d'argiles gris-vert qui séparent les aquifères supérieurs de celui de la base de l'Eocène.
- Le mur est formé de calcaires crayo-argileux du Campanien.

L'aquifère à capter ne devrait pas dépasser 90 m d'épaisseur :
10 à 25 m dans la série sablo-argileuse - 50 à 60 m sur les calcaires fissurés
le niveau à capter se situant entre 480 et 560 m de profondeur.

2.4.2 - Programme de forage et d'équipement jusqu'au toit du réservoir

2.4.2.1 - Avant-Puits

Celui-ci a pour but d'isoler la première nappe contenue dans les calcaires de l'Oligocène (Stampien) surmontés de quelques mètres de graviers ou d'argiles.

Cet avant-puits profond de 30 m environ sera foré au battage et équipé d'un tubage en tôle roulée de \varnothing 18" 5/8 de 5 mm d'épaisseur et servira de tube guide pour la reprise du forage au \varnothing 17" 1/2. Ce tube-guide qui devra être parfaitement vertical sera cimenté à l'extérieur sur toute sa hauteur.

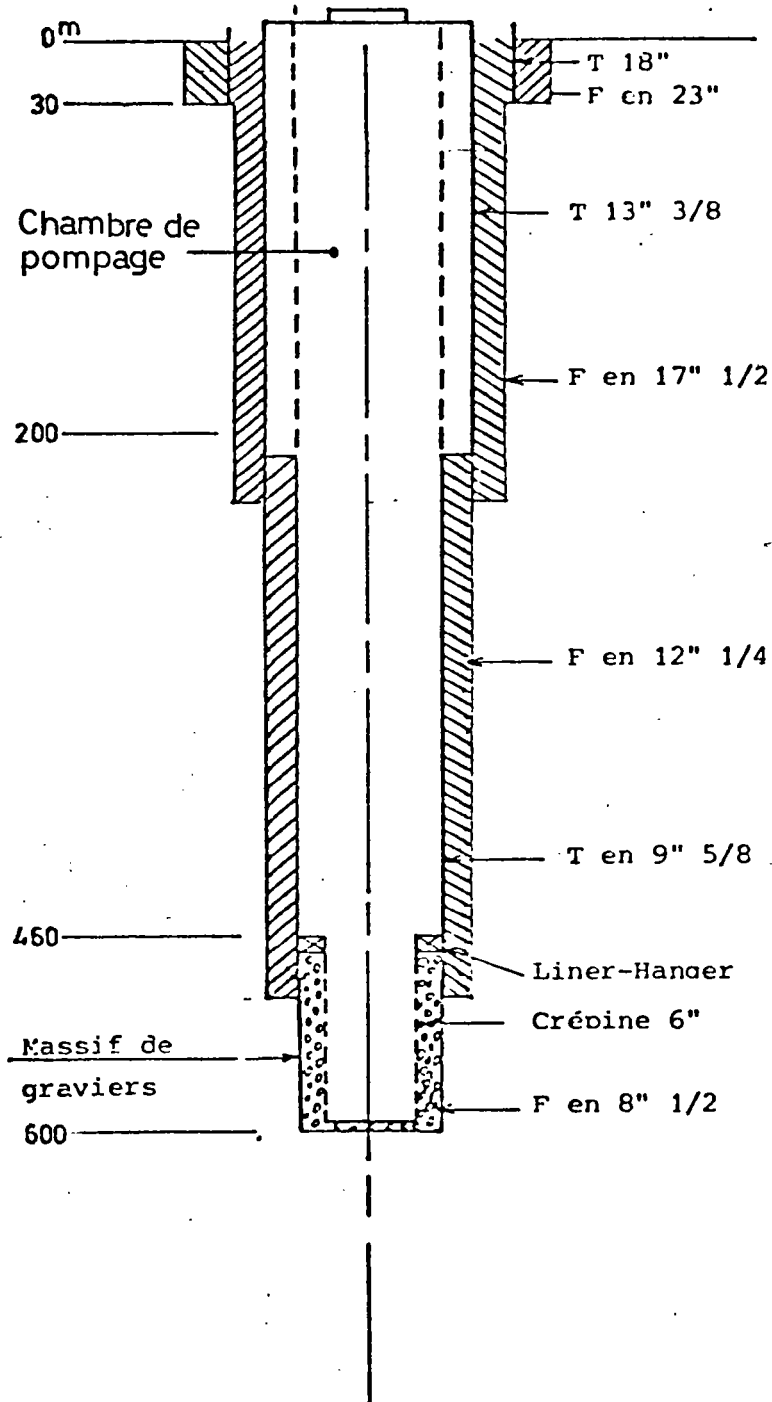
2.4.2.2 - Forage au \varnothing 17" 1/2 - et tubage au diamètre 13" 3/8

Le forage sera exécuté au tricône de \varnothing 17" 1/2 de 30 m à 250 m environ dans les séries argileuses et calcaires de l'Oligocène et de l'Eocène supérieur. Il sera ensuite posé un tubage de \varnothing 13" 3/8 type API et procédé à une cimentation sous pression par refoulement jusqu'en surface (sabot de cimentation) et après exécution de diagraphies (diamètreur - déviation). Si le laitier de ciment ne remontait pas au jour il serait réalisé une thermographie de contrôle et une cimentation complémentaire par le haut.

2.4.2.3 - Forage en 12" 1/4 et tubage en 9" 5/8

Une fois la prise du ciment assurée (soit après 24 heures d'attente au minimum), le forage sera repris en \varnothing 12" jusqu'au dessus du toit du réservoir principal (sables et grès de l'Eocène inférieur) en évitant de pénétrer dans ce réservoir ; la cote d'arrêt, vers 490 mètres de profondeur, sera fixée par le géologue de chantier. Après contrôle du puits à l'outil surmonté de stabilisateurs, on réalisera ensuite les diagraphies suivantes : diamètreur - déviation ou diamètreur gamma-ray jusqu'à la surface.

A la cote atteinte par le forage, sera mis en place le tubage 9" 5/8. Cette colonne remontera jusqu'en surface ; on y aura intercalé, vers 220 m, 30 m au-dessus du sabot du 13" 3/8, un stage cémenter (chemise pour cimentation en deux étages) afin d'éliminer le surplus éventuel de laitier de ciment au niveau de la chambre de pompage ou bien afin d'effectuer une cimentation complémentaire de la colonne 9" 5/8 si la première cimentation s'avérait incomplète.

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE

F : Foration

T : Tubage

Des variantes à ce procédé pourront être examinées lors de la consultation d'entreprise, sous réserve qu'elles assurent les mêmes garanties (ex-procédés évitant la location d'un tube d'accompagnement de 220 m au sol).

2.4.3 - Programme de forage du réservoir et complétion du puits

Le forage sera repris à l'outil de ϕ 8" 1/2 avec une boue bio-dégradable, jusqu'à la base des calcaires fissurés du sommet du Crétacé, l'arrêt du forage sera décidé par le géologue de chantier. On réalisera alors les diagraphies suivantes : diamètreur - microlog, microlatérolog, gamma-ray et thermométrie de fond.

La complétion du puits sera effectuée par descente d'une crépine de type "huile et gaz" dont le slot (dimension des ouvertures) sera fonction de la granulométrie des terrains sableux traversés. Cette crépine sera posée dans le tubage 9" 5/8 par un système de suspension permettant la mise en place d'un massif de graviers dont la granulométrie sera définie en fonction du slot de la crépine.

2.4.4 - Programme de simulation, de développement et d'essais

2.4.4.1 - Programme de simulation de développement

Après la pose de la crépine et mise en place du massif de graviers, la boue aux biopolymères sera chassée à l'eau claire. Il sera ensuite procédé à un premier développement à l'émulseur (pompage à l'air comprimé) suivi d'un pompage de référence.

Si les assises carbonatées se sont révélées être fissurées (après examen du pénétrolog, de l'observation de pertes de boue partielles ou de l'étude d'une carotte prise dans ces horizons), il sera procédé à un ou plusieurs traitements à l'acide (acide chlorhydrique ou acide sulfamique) chaque traitement étant suivi d'un nettoyage à l'émulseur et d'un pompage d'essai de référence.

Le tubage 9" 5/8 sera ensuite coupé au-dessus de la chicane de cimentation entre les phases de développement par air-lift et la mise en place de la pompe.

2.4.4.2 - Programme des essais

Après développement et traitements du puits, un groupe moto-pompe immergé sera mis en place, le choix de l'immersion et celui de la puissance du groupe étant fonction des résultats obtenus à l'issue des pompages à l'émulseur.

Le programme de pompage comportera :

- . Un développement complémentaire à la pompe par augmentation progressive du débit sur une durée de 30 à 40 heures, jusqu'au débit maximum possible de l'ouvrage.

- . Des essais de pompage par paliers de débits croissants d'une durée unitaire de deux heures, séparés d'arrêts intercalaires de même durée. Ces essais permettront, à la fois, de calculer les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage (pertes de charge) et de définir son débit critique (choix du débit pour les pompages de longue durée).

- . Des programmes de 72 heures à débit constant, en vue d'étudier l'évolution du niveau dynamique de la nappe sous l'effet du pompage en fonction du temps. Le dépouillement des mesures obtenues permettra la construction des courbes de rabattements en fonction du temps et de calculer ainsi la perméabilité de l'aquifère capté, en régime transitoire.

Pendant ce pompage outre les mesures de débit et de rabattement, seront effectués des relevés périodiques de la température de l'eau en tête du forage, soit manuellement, soit à l'aide d'un thermomètre enregistreur. A la fin de ces essais, un prélèvement d'eau sera effectué par un laboratoire agréé à fin d'analyses physico-chimiques.

- . Observation de la remontée du niveau de la nappe à l'issue du pompage en continu durant 48 heures, avec mesures éventuelles du débit artésien.

- . Programme d'essais complémentaires. Dans la mesure où le forage serait insuffisamment développé, un programme complémentaire de développement et d'essais pourra être réalisé, hors programme.

De même si pour des raisons d'étude, un essai prolongé était souhaité par l'Administration, un programme complémentaire serait alors établi.

2.5 - ESTIMATION DU COUT DU FORAGE (valeur décembre 1983)

<u>POSTES DE DEPENSES</u>	<u>COUT KF H.T.</u>
1°/ - Aménagement de la plateforme avec dispositif anti-bruit	320
2°/ - Amenée, mise en place et repli du matériel sur le site de forage	350
3°/ - Réalisation du forage au rotary	
Ø 23" de 0 à 30 m (53 KF)	
Ø 17" 1/2 de 30 à 250 m (230 KF)	
Ø 12" 1/4 de 250 à 490 m (207 KF)	
Ø 8" 1/2 de 490 à 600 m (60 KF)	
.....	550
4°/ - Fourniture et mise en place des tubages API et de la crépine	
Tubage Ø 460/470 30 m (33 KF)	
Tubage Ø 13" 3/8 220 m (33 KF)	
Tubage Ø 9" 5/8 240 m (244 KF)	
Crépine Ø 6" 110 m (192 KF)	
.....	800
5°/ - Cimentation des colonnes entre tubes pleins et terrain	310
6°/ - Massif de graviers	40
7°/ - Développement et nettoyage à l'air lift.....	200
8°/ - Produits de stimulation	30
9°/ - Diagraphies	150
10°/ - Surveillance géologique	100
11°/ - Fourniture et mise en place de la pompe d'exploitation	150
TOTAL H.T.....	3 000 KF H.T.
12°/ - Maîtrise d'oeuvre	225 KF
(7,5 % du montant H.T. des travaux)	
TOTAL H.T.....	3 225 KF

3 - ETUDE TECHNIQUE DE SURFACE

3.01 - Description des dispositions existantes

3.01.1 - Le bâti

3.01.11 - Présentation

La cité YVES FARGE comporte 7 bâtiments, répertoriés par les lettres A à G dans le plan masse ci-après, et répartis en :

- 3 bâtiments barre R + 4 : A, B et G,

et

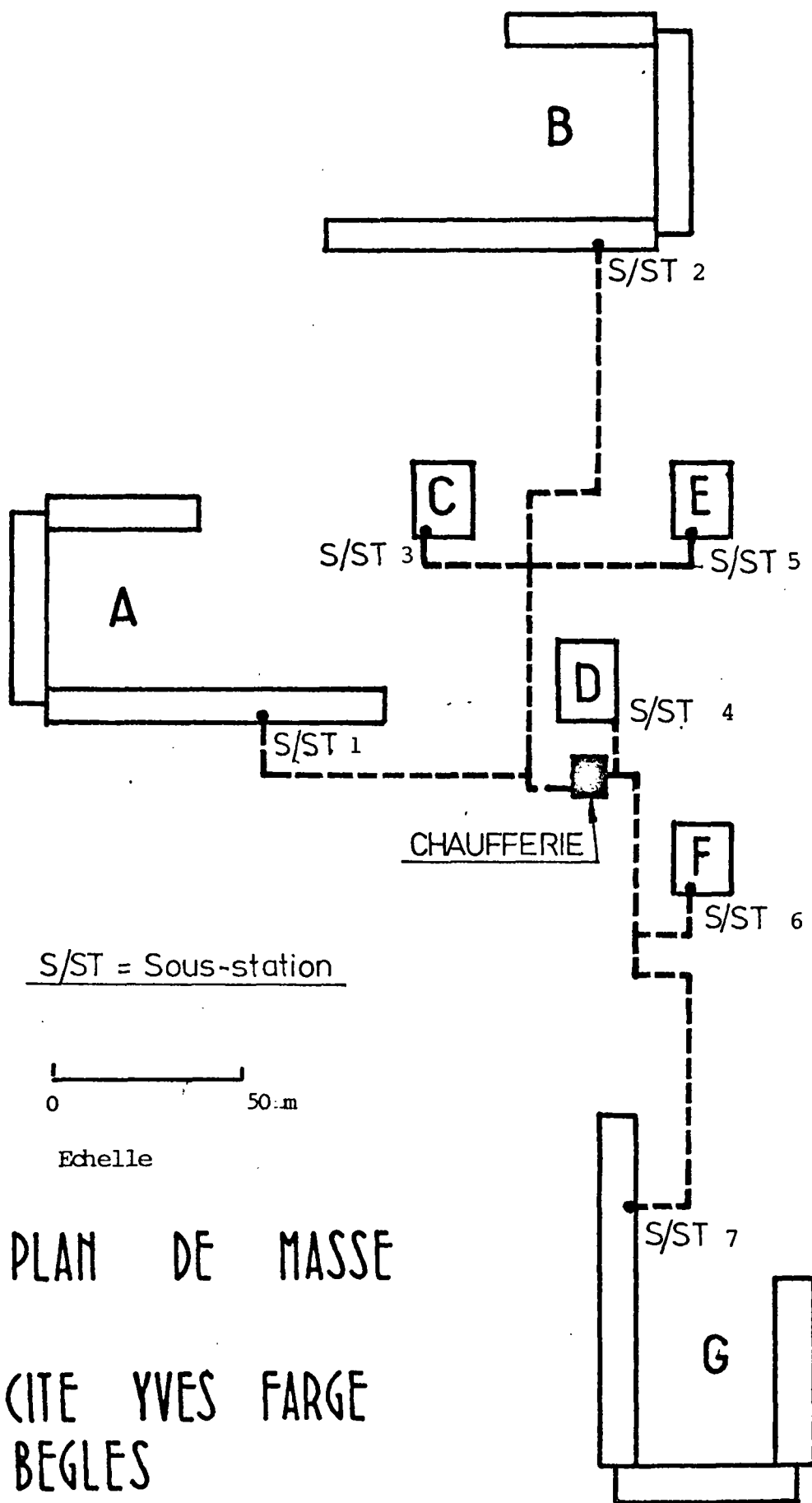
- 4 bâtiments tour R + 14 : C à F

L'ensemble est représenté dans le plan de situation (Figure n° 6)

3.01.12 - Surface habitable et répartition des logements

La surface habitable des logements et leur répartition figurent dans le Recueil Crédit Foncier du 12.02.1964, communiqué par le Maître d'Ouvrage :

Bâtiment Type logement	A R + 4	B R + 4	C R + 14	D R + 14	E R + 14	F R + 14	G R + 4	TOTAL
T2	16	16					16	48
T3			29	29	29	29		116
T4	26	26	29	29	29	29	26	194
T5	30	30					30	90
TOTAL	72	72	58	58	58	58	72	448



PLAN DE MASSE

CITE YVES FARGE
BEGLES

RESEAU PRIMAIRE
CHAUFFAGE ET SOUS-STATION

TABLEAU 2 Surface habitable des logements (celliers non compris)	
Type	Surface habitable (m ²)
T2	48,35
T3	59,30
T4	70,50
T5	84,40

3.01.13 - Surface habitable chauffée

Elle est déduite du tableau précédent qui donne pour la surface habitable chauffée les résultats suivants :

TABLEAU 3 Surfaces habitables chauffées (en m ²)								
Bâtiment Type logement	A R + 4	B R + 4	C R + 14	D R + 14	E R + 14	F R + 14	G R + 4	TOTAL
T2	774	774					774	2.322
T3			1.720	1.720	1.720	1.720		6.880
T4	1.833	1.833	2.045	2.045	2.045	2.045	1.833	13.679
T5	2.532	2.532					2.532	7.596
TOTAL	5.139	5.139	3.765	3.765	3.765	3.765	5.139	30.477

3.01.2 - Les installations

- Eau chaude : production individuelle.

- Principe du chauffage :

- . Chauffage collectif par panneaux de sol avec chaufferie centrale fonctionnant au fioul lourd n° 2.
- . Distribution de chaleur aux bâtiments par un réseau primaire en V.R.D., avec une sous-station par bâtiment (voir figure n° 6)
- . Le schéma de principe figure ci-après (figure n° 7)

- Régulation :

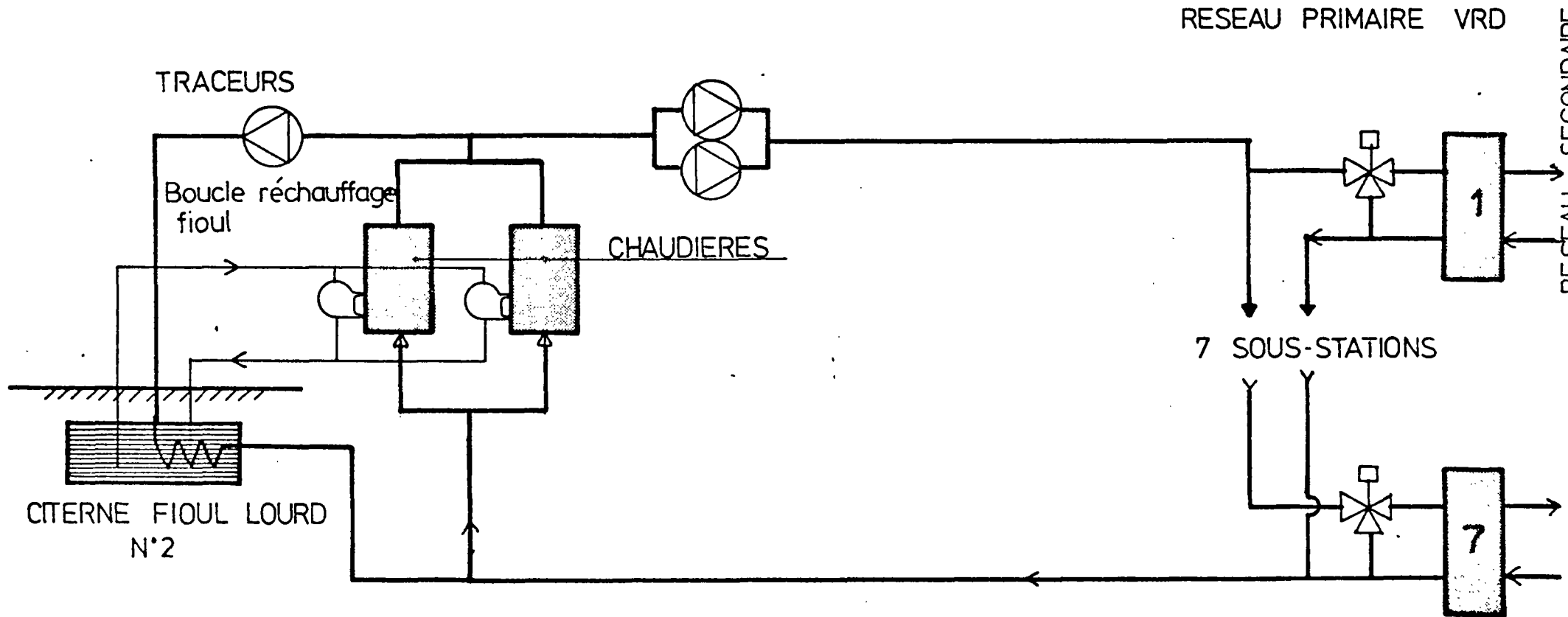
- . Réseau primaire : Température de départ constante réglée par un aquastat ; le décalage du point de consigne est effectué par l'exploitant, en fonction de la température extérieure.
- . Sous-stations : Chaque vanne de régulation, sur le primaire des bouteilles de mélange, est pilotée par un coffret de régulation, avec sonde de température départ circuit panneaux et sonde extérieure.
- . Courbes de réglage panneaux (réseaux secondaires des sous-stations):

Les courbes de réglage relevées sur les coffrets de régulation sont les suivantes :

TABLEAU 4 Points de consigne de la régulation	Température extérieure	Température départ panneaux
Toutes sous-stations	- 5°C	50°C
	15°C	25°C

La validité de ces courbes a été contrôlée par des mesures de température effectuées en présence de l'exploitant.

SCHEMA DE PRINCIPE INSTALLATION EXISTANTE



- MATERIEL EXISTANT :
- 2 chaudières LENHORM de 2000 th/h avec brûleurs MONARCH à émulsion,
 - 2 pompes primaires SALMSON 114.3 de 48,5 m³/h sous 12 m CE à 1425 t/mn, moteurs 2,2 kW.
 - 2 pompes secondaires :
 - . SALMSON à 1425 t/mn
 - . Sous-stations A.B.G : 114-2 de 50 m³/h sous 7,15 m CE, moteurs 2 ch
 - . Sous-stations C.D.E.F : 811 de 32,5 m³/h sous 6 m CE, moteurs 1,5 ch

Nota : Il a été observé des températures de réglage différentes pour certaines sous-stations identiques : ainsi pour 15°C extérieur, la température de départ panneaux est de 25°C pour le bâtiment A et de 20°C pour le bâtiment B.

Ces réglages différents sont probablement nécessités par un déséquilibre des panneaux.

Toutefois, la validité des résultats n'est pas affectée pour les bilans énergétiques évalués ci-après, car c'est le cas le plus défavorable qui a été envisagé dans le tableau ci-avant.

3.01.3 - Les besoins théoriques de chauffage

- Besoins totaux

Ces besoins sont évalués, pertes comprises, à 2.570 thermies/heure (soit 2.980 kW) en annexe 1 du contrat de chauffage, pour les conditions suivantes :

- . Température extérieure : - 5°C
- . Température contractuelle de chauffage : 19°C
- . Ecart de températures : 24°C

- Répartition par bâtiment (voir tableau 5 ci-après)

En première approximation, ces besoins vont être répartis pour chaque bâtiment au prorata des surfaces habitables chauffées, compte tenu du fait que les caractéristiques des parois sont identiques pour tous les bâtiments, comme confirmé par le Maître d'Ouvrage.

- Besoins par m² habitable

Le tableau 5 ci-après, fait ressortir des besoins totaux de 2.980 kW pour une surface totale chauffée de 30.477 m², ce qui correspond à une puissance de

98 Watts/m²

- Détermination des écarts de température maximaux (entre les températures de départ et retour des circuits de chauffage) :

Connaissant les besoins B (kW) et les débits en circulation D (m³/h), ces écarts de température seront déterminés par la formule :

$$D (T^{\circ}) = \frac{B(kW) \times 0,86}{D(m^3/h)}$$

Les résultats figurent dans le tableau 5 ci-dessous.

TABLEAU 5

Besoins de chaleur et températures des réseaux pour les conditions climatiques de base (T. ext = -5°)

Bâtiment	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
Rappel surface habitable chauffée m ²	5.139	5.139	3.765	3.765	3.765	3.765	5.139	30.477
Volume chauffée m ³	12.848	12.848	9.413	9.413	9.413	9.413	12.848	76.192
Besoins de chaleur (pertes comprises) kW	502	502	368	368	368	368	502	2.978
G Watts/m ³ , °C	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
	Sous-stations							Réseau primaire
Débits des pompes m ³ /h	50	50	32,5	32,5	32,5	32,5	50	48,5
Ecart de T° entre départ et retour circuit chauffage (valeur approchée) °C	8,5	8,5	10	10	10	10	8,5	53
T° départ relevée pour T° ext = -5° °C	50	50	50	50	50	50	50	105
T° retour déduite pour T° ext = -5° °C	41,5	41,5	40	40	40	40	41,5	52

3.01.4 - Tracé du diagramme d'évolution des besoins et des températures des panneaux en fonction de la température extérieure (figure n° 8 ci-après).

- Répartition des besoins de chaleur pour différentes valeurs de températures extérieures

En première approximation, on peut estimer que les chaleurs gratuites par gains solaires et gains internes sont constantes.

Les besoins s'expriment alors par une relation du type :

$$B = f (K \times S \times DT), \text{ dont la courbe représentative est une droite.}$$

- Droites de température départ et retour des panneaux (figure n° 9 ci-après)

Ces droites sont tracées à partir des points suivants :

TABLEAU 6	Température panneaux	Température extérieure
Départ panneaux	50°C 25°C	-5°C 15°C
Retour panneaux (valeur la plus basse)	40°C 14°C	-5°C 16°C (TNC)

Nota : Le choix de 16°C comme température de non chauffage (TNC) se justifie :

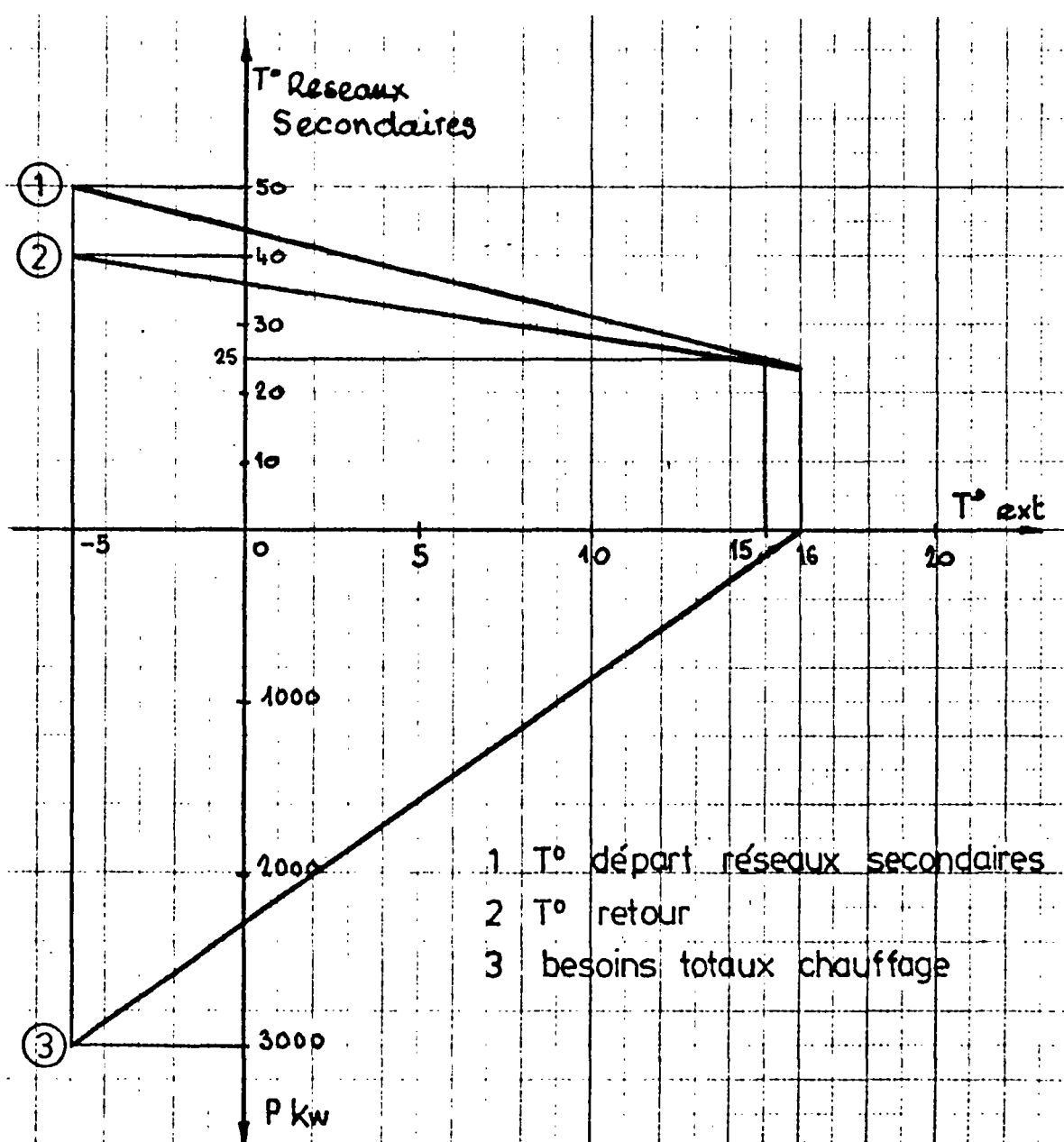
- . pour un écart prévisible de 2°C avec la température contractuelle de 18°C, compte tenu du type de la construction.
- . par examen de la durée annuelle de chauffage (voir le tableau des consommations ci-après) qui fait ressortir une température de non chauffage de l'ordre de 16°C.

DIAGRAMME SITUATION EXISTANTE

T° de non chauffage : 16°

T° réseau primaire 105/52° constante

EVOLUTION DE LA T° PANNEAUX ET DES BESOINS SELON
LA TEMPERATURE EXTERIEURE



3.01.5 - Les Consommations

3.01.51 - Type de contrat d'exploitation

Contrat de type :

P1 : Fourniture de combustible chauffage

P2 : Prestations et électricité chauffage

P3 : Garantie totale matériel en chaufferie

pour une durée globale et forfaitaire de 183 jours de chauffage, avec réajustement pour les journées supplémentaires nécessitant le fonctionnement de l'installation, mais sans incidence des conditions climatiques.

3.01.52 - Energie consommée

- Combustible

Les relevés de consommation de fioul lourd n° 2 ont été communiqués par l'exploitant :

TABLEAU 7 Saison de chauffe	Début	Fin	Durée jours	Combustible FL n° 2 tonnes
79/80	25/10	16/05	202	572
80/81	11/10	15/05	215	646
81/82	20/10	12/05	204	565
82/83	08/10	26/05	230	650
MOYENNE			212	610

soit encore :

$$610 \times 11,258 = 6.867 \text{ M Wh/an sur P.C.I.}$$

$$= 592 \text{ T.E.P.}$$

$$(1 \text{ TEP} = 11.600 \text{ kWh/P.C.I.})$$

- Electricité chaufferie et réseau primaire (non compris :
réchauffage citerne fioul lourd n° 2)

. Pompe primaire

$$\frac{2,2 \text{ kW} \times 24 \text{ H} \times 217 \text{ jours}}{1.000} = 11 \text{ M Wh/an}$$

. Brûleurs (temps de fonctionnement probable :
1.500 heures/an)

$$\frac{4 \text{ kW} \times 1.500}{1.000} = 6 \text{ M Wh/an}$$

. Total consommations électriques

$$= \boxed{17 \text{ M Wh/an}}$$

soit # 4 T.E.P.

(1 T.E.P = 4.000 kWh E.D.F.)

3.01.53 - Evaluation des rendements de chauffage

. Besoins théoriques pertes comprises pour une saison de
chauffe de 212 jours

B = 5.456 M Wh/an, pertes réseau comprises (d'après
le tableau n° 9 ci-après)

. Consommations réelles correspondantes (§ 3.01.52 ci-
dessus)

6.867 M Wh/an

. Rendement d'installation

$$R_G = R_{ch} \times R_d \times R_r \times R_{\text{éq}}$$

avec R_G = rendement global

R_{ch} = rendement des chaudières

R_d = rendement de distribution

R_r = rendement de régulation

$R_{\text{éq}}$ = rendement d'équilibrage

Le rendement de distribution étant compris dans les besoins théoriques, il reste :

$$R_G = \frac{5.456 \text{ M Wh/an}}{6.867 \text{ M Wh/an}} = 0,79 \text{ environ}$$

avec

$$R_G = R_{ch} \times R_r \times R_{éq}$$

. Rendement des chaudières

En estimant $R_r = 0,98$ correspondant à la formule
et $R_{éq} = 0,97$ adoptée par le COSTIC :

$$R_{éq} = 1 - 0,035 \text{ DT}/2$$

DT = écart de température ambiante moyenne
dans les logements, soit ici : 2°C

On en déduit :

$R_{ch} = \frac{0,79}{0,98 \times 0,97} = 0,84 \text{ environ}$

3.02 - Nouveau système envisagé pour la production de chaleur

3.02.1 - Source d'énergie disponible

Le rejet de cette eau est prévu dans le réseau d'eau pluviale de la cité Yves Farge qui est largement dimensionné (voir figure n° 2).

Caractéristiques de l'eau du forage :

- . Température : 32°C
- . Débit normal : 100 m³/heure
- . Débit pointe : 120 m³/heure
(3 mois/an)

- . Risque de corrosion : Néant
- . Permanence du débit : constante, permettant l'alimentation directe de l'évaporateur d'une P.A.C. (Pompe A Chaleur), sans interposition de bêche-tampon.

3.02.2 - Valorisation de cette source d'énergie

Cette source d'énergie peut être à priori valorisée :

- * soit par transfert de chaleur vers le réseau primaire chauffage au moyen d'un échangeur à plaques, permettant une température maximale de départ de 30°C, avec une température de 32°C de l'eau géothermale.
- * soit par transfert de chaleur à un niveau de température plus élevé, au moyen d'une P.A.C. (Pompe A Chaleur) eau/eau.
- * avec les chaudières existantes fonctionnant en appoint (ou éventuellement en secours).

Cette valorisation sera optimale dans la mesure où le réseau primaire ne sera plus maintenu à température constante, et comportera l'adjonction d'une vanne de régulation permettant l'obtention d'une loi de programmation de la température de départ du réseau, en fonction de la température extérieure, le débit étant maintenu constant.

Le diagramme d'évolution des températures de départ et retour du circuit primaire de chauffage, en fonction de la température extérieure, apparaît ci-après en figure n° 9.

Le schéma de principe est indiqué ci-après (figure n° 10).

La liste des établissements pouvant éventuellement être raccordés au forage géothermal est indiquée ci-dessous :

- Stade DUHOURQUET
- Crèche
- Foyer Yves Farge
- Foyer Social
- Maison des Jeunes
- Maison de la Culture.

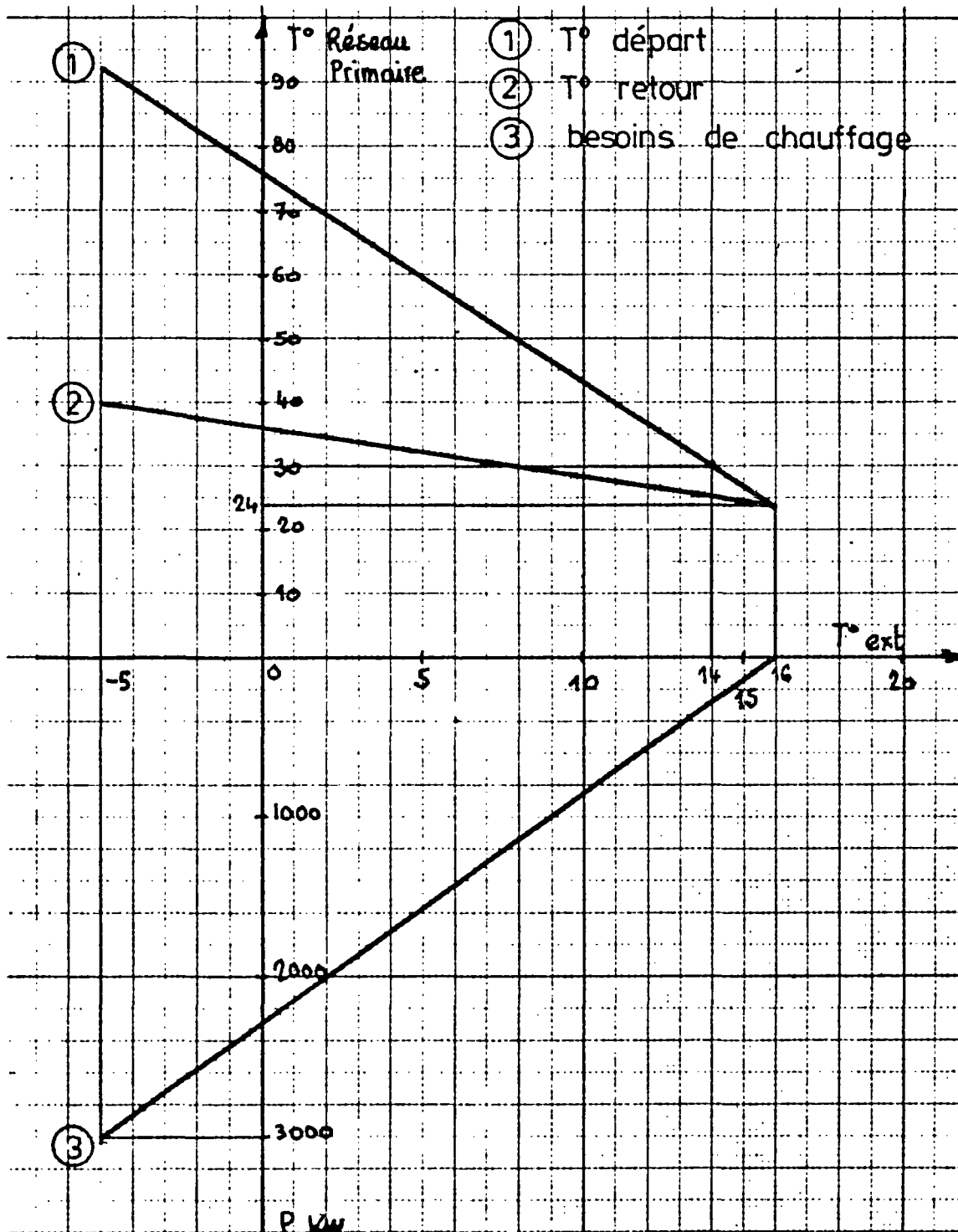
.../

DIAGRAMME DES TEMPERATURES ET PUISSANCE SITUATION APRES MODIFICATION

RESEAU PRIMAIRE CHAUFFAGE

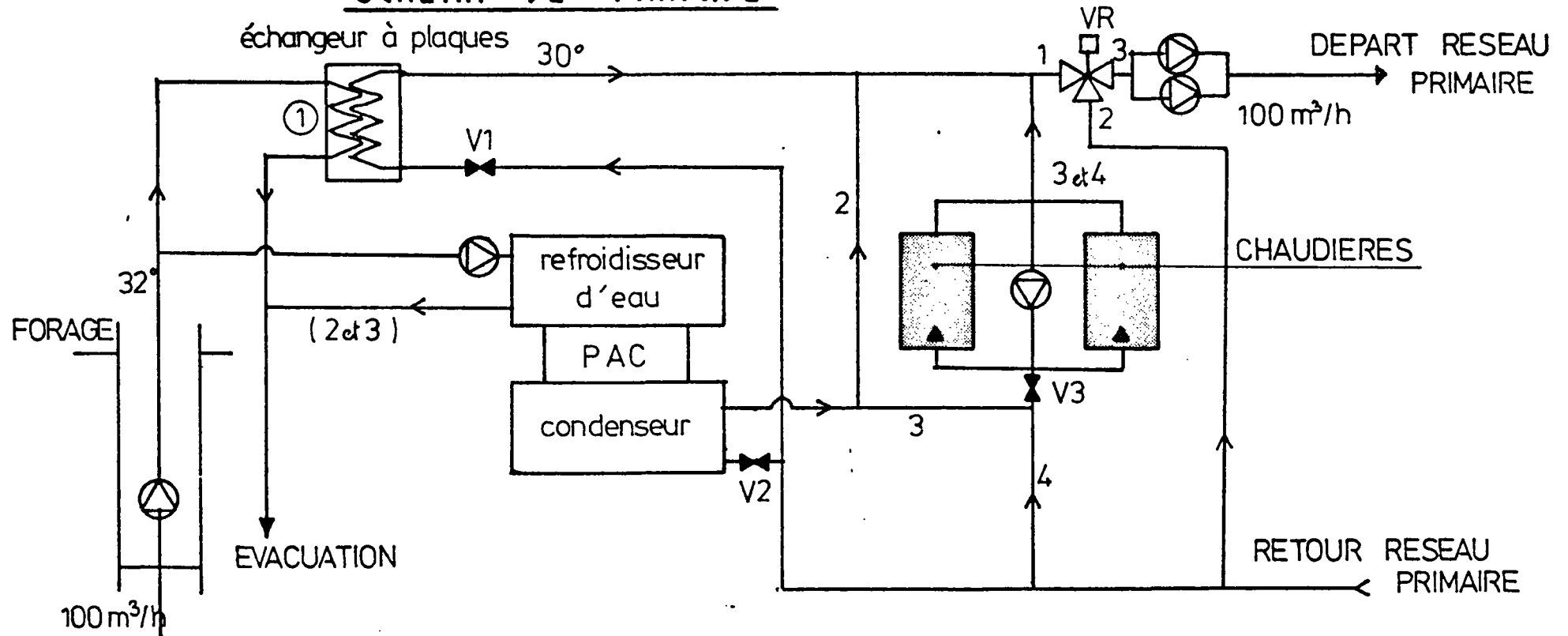
T° non chauffage : 16° c

D = 48,5 m³/h



SCHEMA DE PRINCIPE

SOLUTION GEOTHERMIE



- Stade 1 - L'eau de forage alimente uniquement un échangeur à plaques, permettant une température de départ de 30°C.
- Stade 2 - L'eau de forage alimente uniquement l'évaporat. de la PAC, qui fonctionne seule, et dont le condenseur réchauffe le circuit primaire chauffage.
- Stade 3 - Fonctionnement simultané PAC et chaudières (sauf en tarif E.J.P.).
- Stade 4 - Fonctionnement des chaudières seules et arrêt de puisage sur le forage. (Heures de pointe)

Il a été tracé à partir des points suivants :

TABLEAU 8 DONNEES	Température extérieure	
	16°C	-5°C
Ecart de température (départ-retour) du réseau primaire	0°C (figure n° 9)	53°C (tableau n°5)
Température de retour réseau primaire = Température de retour panneaux	24°C (figure n° 9)	40°C (figure n° 9)
Température de départ réseau primaire	24°C	93°C

3.02.3 - Analyse du fonctionnement

3.02.31 - Régime de l'échangeur à plaques

L'examen du diagramme précité fait apparaître que dans le cas d'utilisation d'un échangeur à plaques, avec une température maximale de 30°C pour le départ du circuit primaire de chauffage, les bâtiments pourront être chauffés pour une température extérieure d'au moins 14°C.

La température de non-chauffage étant de 16°C, la durée annuelle pendant laquelle le chauffage pourrait être assuré uniquement par l'échangeur à plaques, serait de 29 jours pour le climat de BORDEAUX (voir le tableau n° 9 ci-après), correspondant à une température extérieure comprise entre 14 et 16°C.

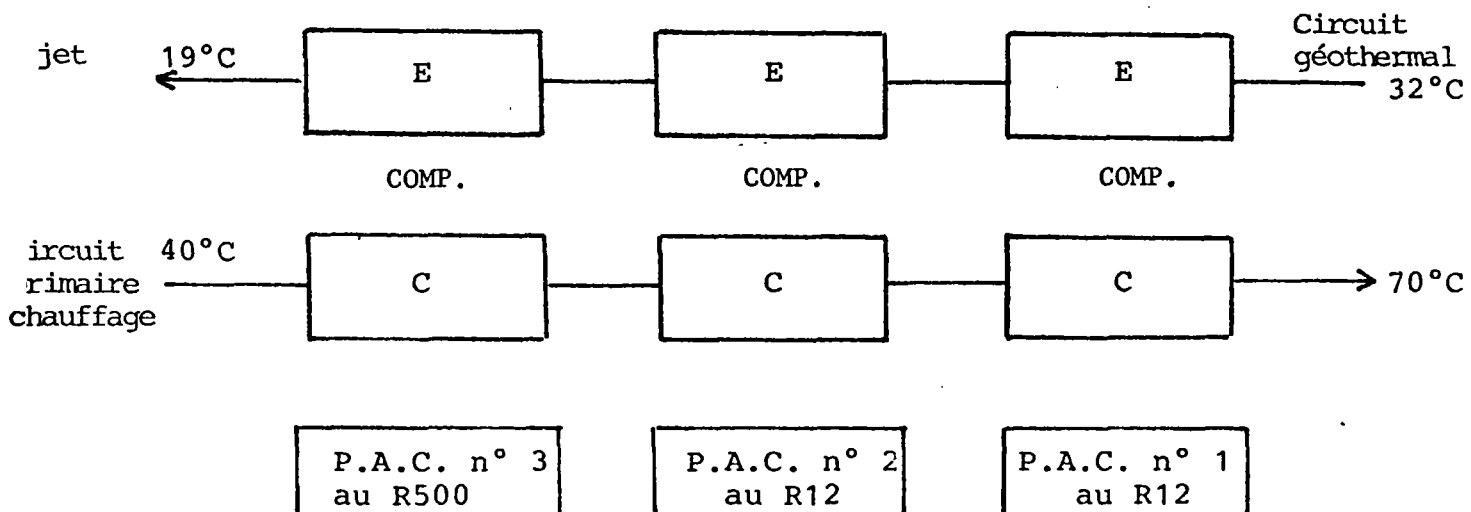
Le régime sera assuré avec la P.A.C. et les chaudières à l'arrêt, les vannes V1 et V3 fermées, la vanne VR en régulation (voir schéma figure n° 10)

3.02.32 - Régime de la P.A.C.

Par souci de simplification, le schéma de la figure n° 10 a été représenté avec une seule P.A.C.

En réalité, il est prévu 3 P.A.C. eau/eau en série, de façon à épuiser au maximum la chaleur contenue dans l'eau géothermale car par construction ces appareils ne permettent qu'un abaissement limité de température (de l'ordre de 6°C) sur l'eau circulant dans l'évaporateur.

L'équilibre sera obtenu en disposant les circuits eau géothermale et eau du circuit primaire chauffage en circulation inversée, comme indiqué dans le schéma ci-dessous :



Nota : E = Evaporateur C = Condenseur
COMP. = compresseur

Les fluides frigorigènes choisis seront du R500 pour la P.A.C. n° 3, et du R12 pour les P.A.C. n° 1 et 2, de façon à obtenir le meilleur rendement énergétique.

Les P.A.C. permettront d'obtenir une température d'eau sortie condenseur de 70°C et seront mises en route pour une température extérieure inférieure à 14°C, alors que l'échangeur à plaques sera isolé.

Elles fonctionneront ensuite en permanence, soit directement sur le réseau primaire chauffage (sur schéma figure n° 1C : V1 et V3 fermées, V2 ouverte, VR ouverte sur voie 2-3), soit en réchauffage du circuit de retour aux chaudières lorsque la température de départ du circuit primaire sera supérieure à 70°C (correspondant à une température extérieure de l'ordre de 0°C dans le diagramme (figure n° 12) : sur schéma figure n° 10 : V1 fermée, V2 et V3 ouvertes, VR en régulation.

Elles seront délestées uniquement aux heures de pointe du tarif Electricité Moyenne-Tension.

3.02.33 - Régime des chaudières

En fonctionnement normal, les chaudières assureront l'appoint de chauffage pour les P.A.C., dès que la température de départ du réseau de chauffage sera supérieure à 70°C, ce qui correspond à une température extérieure de l'ordre de 0°C.

Elles fonctionneront seules en périodes correspondant aux heures de pointe du tarif Electricité Moyenne Tension (sur schéma figure n° 10 arrêt P.A.C., V1 et V2 fermées, V3 ouverte, VR en régulation).

3.02.34 - Fonctionnement de la pompe de forage

Cette pompe sera prévue à débit constant, pour les raisons suivantes :

- Le coût de l'énergie consistera pour le Maître d'Ouvrage en des charges d'exploitation P1 (consommation de Fioul lourd n° 2 et d'électricité) et de maintenance (P2 et P3) et ne sera pas basé sur la quantité d'eau de nappe consommée.
- Le maintien d'une température et d'un débit constant pour alimentation de l'évaporateur de la P.A.C. permettra une réduction de puissance électrique, donc de consommation, beaucoup plus importante que celle résultant d'une variation de débit sur la pompe de forage.

3.03 - Etude des consommations

3.03.1 - Etablissement des bilans de consommation

Ces bilans sont établis, compte tenu des hypothèses précitées, dans les tableaux 9 et 10 ci-après.

Le tableau n° 9 a été établi pour la tarification générale M.T. : heures de pointe d'hiver = 4 H/jour pendant 4 mois par an, de novembre à février, soit au total $4 \times 120 = 480$ H de pointe.

(on déléstera les pac durant ces heures de pointe).

Pendant les mois d'hiver correspondants (novembre à décembre), la température extérieure moyenne sera comprise entre -4° et $+6^{\circ}\text{C}$, selon les données climatiques de BORDEAUX.

Le tableau n° 10 a été établi en fonction du tarif Moyenne Tension E.J.P. (Effacement Jours de Pointe), qui est particulièrement bien adapté aux installations thermiques utilisant des P.A.C., et sera vraisemblablement utilisable à BORDEAUX à partir de l'année 1985.

Dans ce tarif, les jours de pointe sont répartis à raison de 22 jours en hiver (de novembre à mars), à raison de 16 H par jour, soit au total :

$22 \times 16 = 352$ H de pointe qui seront supposées réparties dans la zone où les températures extérieures sont les plus basses (cas le plus défavorable).

Les valeurs relatives aux puissances frigorifiques, puissances condenseur et puissance absorbée de la P.A.C., ont été établies à partir des tableaux de performance de machines réelles, pour lesquelles le C.O.P. (Coefficient de Performance) instantané varie de 4 à 5 avec :

$$\text{C.O.P. instantané} = \frac{Q_c}{W}$$

Q_c = puissance condenseur kW

W = puissance absorbée kW

TABLEAU 9 - BILAN ENERGETIQUE
TARIF GENERAL. MT

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Température extérieure °C	Fréquence jours	Fréquence heures (3) = (2) x 24	Degrés-jours base 16°C DJ = (5) x (2)	Ecart de T° TNC - T _e = 16 - T _e °C	Besoins de chauffage (6) = 2980x(5)/21 kW	Besoins de chauffage (7) = (6) x (3) / 1000 M Wh	T° départ réseau primaire °C	T° retour réseau primaire = T° entrée condenseur °C	Temps fonctionnement P.A.C. heures (10) = (3) - H. pointe	Puissance frigorifique P.A.C. kW	T° rejet eau forage (12) = 32 - (11) x 0,86/100	Puissance condenseur PAC kW
1	0	0	0	21	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1	24	20	20	2.838	68	90	39	20	1.487	19.2	1.987
3	2	48	38	19	2.696	129	86.5	38	44	1.487	19.2	1.987
4	2	48	36	18	2.554	123	83	37.5	44	1.487	19.2	1.987
5	3	72	51	17	2.412	174	80	36.5	68	1.487	19.2	1.987
6	4	96	64	16	2.270	218	77	36	92	1.487	19.2	1.987
7	5	120	75	15	2.129	255	73	35	116	1.487	19.2	1.987
8	6	144	84	14	1.987	286	70	34.5	140	1.487	19.2	1.987
9	8	192	104	13	1.845	354	67	33.5	188	1.355	20.3	1.845
10	9	216	108	12	1.703	368	63	33	212	1.233	21.4	1.703
11	11	264	121	11	1.561	412	60	32	260	1.211	21.6	1.561
12	13	312	130	10	1.419	443	57	31.5	308	1.099	22.5	1.419
13	16	384	144	9	1.277	490	53	30.5	384	992	23.5	1.277
14	19	456	152	8	1.135	518	50	30	456	885	24.4	1.135
15	18	432	126	7	993	429	47	29	432	773	25.3	993
16	18	432	108	6	851	368	43.5	28	432	661	26.3	851
17	18	432	90	5	710	307	40.5	27.5	432	570	27.1	710
18	17	408	68	4	568	232	37	27	408	453	28.1	568
19	15	360	45	3	426	153	34	26.5	360	341	29.1	426
20	13	312	26	2	284	89	30	26	-	-	29.2	-
21	11	264	11	1	142	37	27	25	-	-	30.6	-
22	3	72	1	0,3	43	3	24	24	-	-	31.6	-
TOTAL	212	5.088	1.602			5.456			4.396			

TABLEAU 9 (SUITE)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Energie chauffage P.A.C. MWh (14) = (13) x (10) / 1000	Puissance absorbée PAC kW	Consommation PAC (16) = (15) x (10) / 1000 MWh	T° sortie condenseur °C	Puissance d'appoint chaudières kW	Temps marche chaudières (19) = (10) heures	Puissance chaudière P.A.C. arrêtée kW	Temps de marche (heures de pointe E.D.F.)	Consommation chaudières (RC = 0,84) MWh	Temps de marche échangeur heures	Couverture forage MWh	Fonctionnement
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	500	10	70	851	20	2.838	4	34	-	-	-
87	500	22	70	709	44	2.696	4	50	-	-	-
87	500	22	70	567	44	2.554	4	42	-	-	-
135	500	34	70	425	68	2.412	4	46	-	-	-
183	500	46	70	283	92	2.270	4	42	-	-	-
230	500	58	70	142	116	2.129	4	30	-	-	-
278	500	70	70	-	-	1.987	4	9	-	-	-
347	490	92	67	-	-	1.845	4	9	-	-	-
360	470	100	63	5	-	1.703	4	8	-	-	-
406	350	91	60	5	-	1.561	4	7	-	-	-
434	320	99	57	5	-	1.419	4	7	-	-	-
490	285	109	54	-	-	-	-	-	-	-	-
518	250	114	51	-	-	-	-	-	-	-	-
429	220	95	47	5	-	-	-	-	-	-	-
368	190	82	44	-	-	-	-	-	-	-	-
307	140	60	41	-	-	-	-	-	-	-	-
232	115	47	38	-	-	-	-	-	-	-	-
153	85	31	35	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	312	89	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	264	37	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	3	-
5.084	6.415	1.182			384		44	284	648	129	

Echangeur
seul

PAC seules

Heures de pointe =
chaudières seules
Autres cas = chaudières
+ P.A.C.

TABLEAU 10 - BILAN ENERGETIQUE
TARIF E.J.P

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Température extérieure °C	Fréquence jours	Fréquence heures (3) = (2) x 24	Degrés-jours base 16°C DJ = (5) x (2)	Ecart de T° TNC - Te = 16 - Te °C	Besoins de chauffage (6) = 2980x(5)/21 kW	Besoins de chauffage (7) = (6) x (3) / 1000 M Wh	T° départ réseau primaire °C	T° retour réseau primaire = T° entrée condenseur °C	Temps fonctionnement P.A.C. heures	Puissance frigorifique P.A.C. kW	T° rejet eau forage (12) = 32 - (11) x 0,86 / 100	Puissance condenseur PAC kW
5	0	0	0	21	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	24	20	20	2.838	68	90	39	-	-	-	-
3	2	48	38	19	2.696	129	86 ⁵	38 ⁵	-	-	19 2	-
2	2	48	36	18	2.554	123	83	38	-	-	19 2	-
1	3	72	51	17	2.412	174	80	37	-	-	19 2	-
0	4	96	64	16	2.270	218	77	36 ⁵	-	-	19 2	-
1	5	120	75	15	2.129	255	73	36	56	1.487	19 2	1.987
2	6	144	84	14	1.987	286	70	35	144	1.487	19 2	1.987
3	8	192	104	13	1.845	354	67	34 ⁵	192	1.355	20 3	1.845
4	9	216	108	12	1.703	368	63	33 ⁵	216	1.233	21 4	1.703
5	11	264	121	11	1.561	412	60	33	264	1.211	21 6	1.561
6	13	312	130	10	1.419	443	57	32 ⁵	312	1.099	22 5	1.419
7	16	384	144	9	1.277	490	53	31 ⁵	384	992	23 5	1.277
8	19	456	152	8	1.135	518	50	31	456	885	24 4	1.135
9	18	432	126	7	993	429	47	30	432	773	25 3	993
10	18	432	108	6	851	368	43 ⁵	29	432	661	26 3	851
11	18	432	90	5	710	307	40 ⁵	28 ⁵	432	570	27 1	710
12	17	408	68	4	568	232	37	28	408	453	28 1	568
13	15	360	45	3	426	153	34	27 ⁵	360	341	29 1	426
14	13	312	26	2	284	89	30	27	-	-	29 2	-
15	11	264	11	1	142	37	27	26	-	-	30 6	-
16	3	72	1	0,3	43	3	24	25	-	-	31 6	-
TOTAL	212	5.088	1.602			5.456			4.088			

TABLEAU 10 (SUITE)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Energie chauffage P.A.C. MWh (14) = (13)x(10)/1000	Puissance absorbée PAC kW	Consommation PAC (16) = (15)x(10)/1000 MWh	T° sortie condenseur °C	Puissance d'appoint chaudières kW	Temps marche chaudières (19) = (3) heures	Puissance chaudière P.A.C. arrêtée kW	Temps de marche (heures de pointe E.D.F.)	Consommation chaudières MWh (RC = 0,84) (22) = (18)x(19)/1000x0,84	Temps de marche échangeur heures	Couverture forage MWh	Fonctionnement
111	500	28	70	2.838 2.696 2.554 2.412 2.270 2.129	24 48 48 72 96 64 56	-	-	81 154 146 207 259 162	-	-	Chaudières seules (EJP) Chaud+PAC
278	500	70	70	-	-	-	-	-	-	-	PAC seule
347	490	92	67	-	-	-	-	-	-	-	-
360	470	100	63.5	-	-	-	-	-	-	-	-
406	350	91	60.5	-	-	-	-	-	-	-	-
434	320	99	57.5	-	-	-	-	-	-	-	-
490	285	109	54	-	-	-	-	-	-	-	-
518	250	114	51	-	-	-	-	-	-	-	-
429	220	95	47.5	-	-	-	-	-	-	-	-
368	190	82	44	-	-	-	-	-	-	-	-
307	140	60	41	-	-	-	-	-	-	-	-
232	115	47	38	-	-	-	-	-	-	-	-
153	85	31	35	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	312	89	Echangeur seul
-	-	-	-	-	-	-	-	-	264	37	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	3	-
4.433		1.018			352			1.018	648	129	

3.03.2 - Exploitation des bilans de consommation pour une durée
moyenne de chauffage de 212 jours

TABLEAU 11	Consommation FL n° 2 (existant) FOD (après modification)			Consommation électricité				TOTAL T.E.P.
	M Wh	TEP	Tonnes FL n° 2 Hl FOD	Puissance absorbée kW	Temps Heure	Consommation		
						M Wh	TEP	
1- DISPOSITION EXISTANTE	6.867	592	FL n° 2 610			17	4	596
2-FORAGE + P.A.C. TARIF GENERAL M.T.								
. Pompes recyclage chaudières				1	384	0,5		
. Pompe forage				39	5044	197		
. Pompe réseau primaire				3	5088	15		
. P.A.C.				500	4396	1.182		
. Brûleurs				4	100	0,5		
TOTAL	284	24	FOD 287	547		1.395	349	373
3- FORAGE + P.A.C. TARIF E.J.P.								
. Pompes recyclage chaudières				1	352	0,5		
. Pompe forage				39	4736	185		
. Pompe réseau primaire				3	5088	15		
. Brûleurs				4	100	0,5		
. P.A.C.				500	4088	1.018		
TOTAL	1.018	88	FL n° 2 904	547		1.219	305	393

RAPPEL : 1 TEP = 11.600 kWh/PCI (Fioul) = 4.000 kWh E.D.F

1 tonne FL n° 2 = 11.258 kWh/PCI

1 Hl FOD = 991 kWh/PCI

ans ce bilan énergétique, on ne tiendra pas compte des pompes de circulation des réseaux secondaires qui interviennent de façon identique dans toutes les solutions.

TABLEAU 12 TAUX DE COUVERTURE	Tarif Général M.T.		Tarif E.J.P.	
	MWh	%	MWh	%
Total besoins-----	5.456	100	5.456	100
Echangeur-----	129	2	129	2
P.A.C.-----	5.084	93	4.433	82
Chaudières----- (Energie utile)	243	5	894	16

TABLEAU 13 CONSOMMATION EAU GEOOTHERMALE	Tarif Général M.T.	Tarif E.J.P.
Temps de fonctionnement en heures P.A.C.-----	4.396	4.088
Echangeur----	648	648
Consommation eau géothermale m ³ (base : 100 m ³ /heure)	504.400	473.600

3.03.3 - Coefficient de Performance

En désignant par C.O.P.-I le C.O.P. global de l'installation, soit :

$$\text{C.O.P.-I} = \frac{\text{Energie condenseur P.A.C.}}{\text{Consommation (P.A.C + aux.)}}$$

Y compris les pertes en réseau, on obtient :

TARIF	Energie condenseur M Wh	Consommation			C.O.P.-I
		P.A.C. M Wh	Auxiliaires M Wh	TOTAL M Wh	
GENERAL M.T.	5.084	1.182	213	1.395	3,6
E.J.P.	4.433	1.018	201	1.219	3,6

soit C.O.P.-I = 3,6

3.03.4 - Diagrammes de fonctionnement

Les diagrammes de fonctionnement correspondant aux tarifs Général Moyenne Tension et E.J.P. sont joints ci-après en :

- figure N° 11 et 12 en fonction de la température extérieure
 figures n° 13 et 14 en fonction de la durée de fonctionnement
 (courbe Energie/Temps)

DIAGRAMME PUISSANCE ET TEMPERATURE RESEAU EN FONCTION DE LA T° EXTERIEURE

TARIF MT

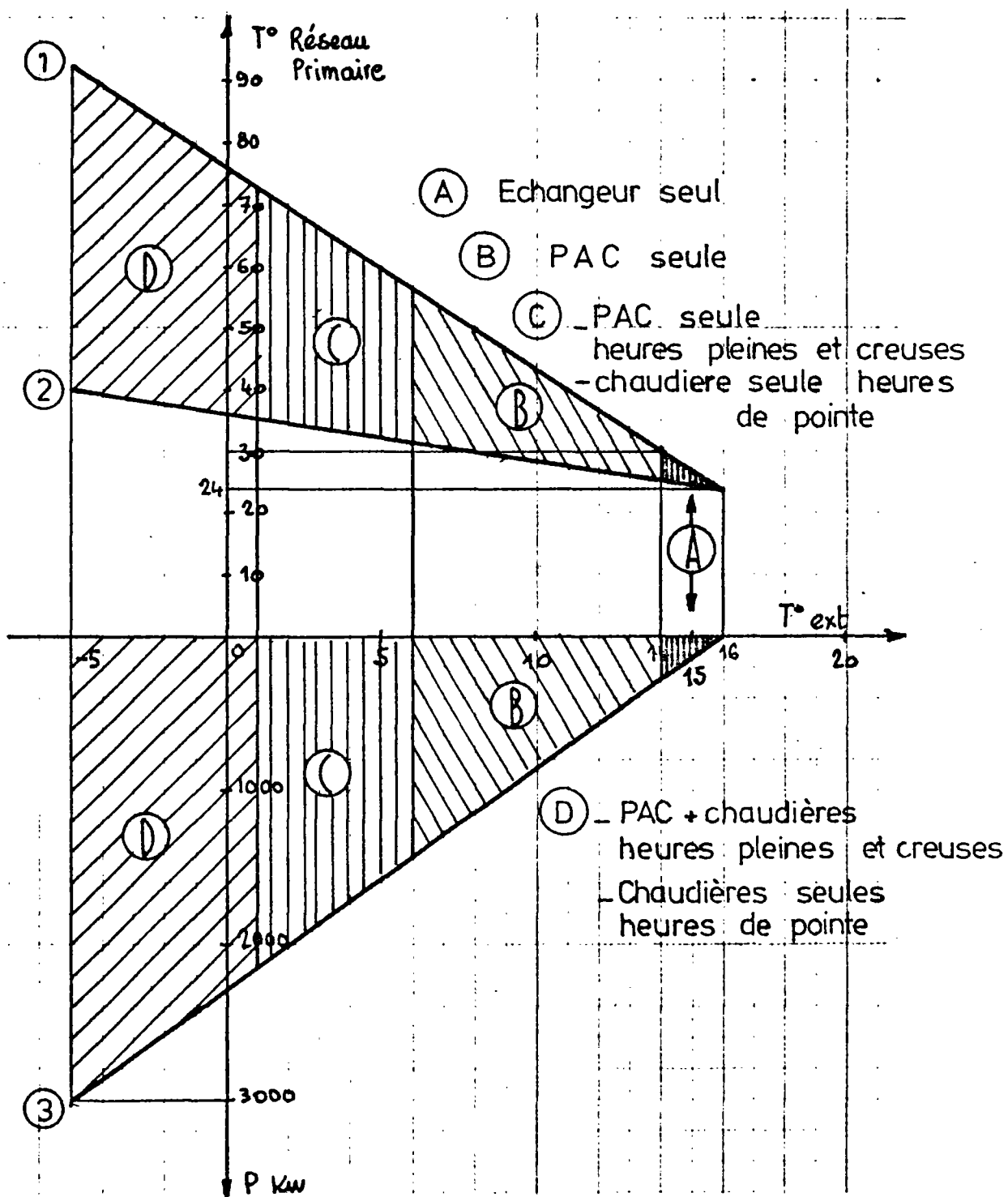
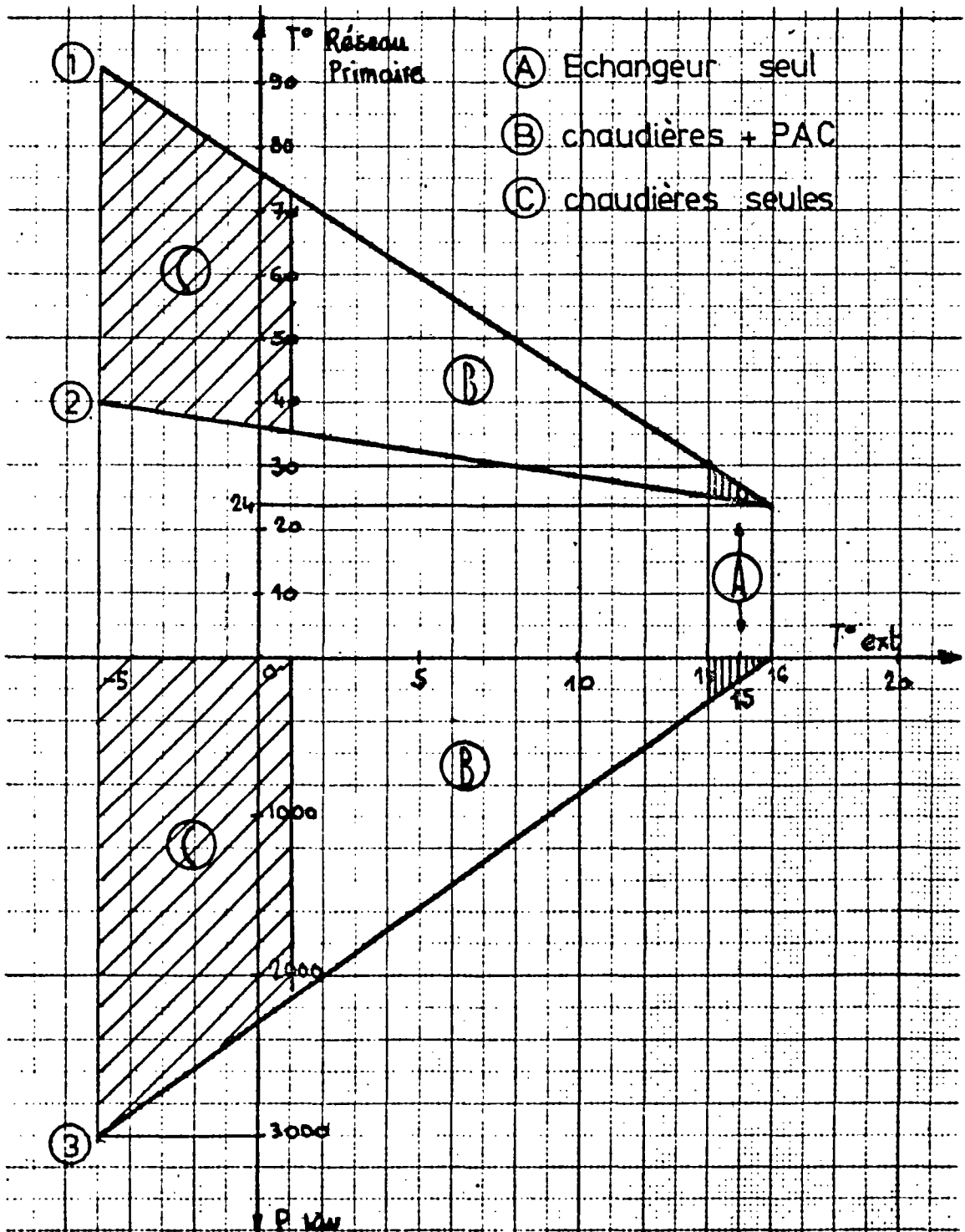


DIAGRAMME PUISSANCE ET TEMPERATURE RESEAU EN FONCTION DE LA T° EXTERIEURE

TARIF EJP



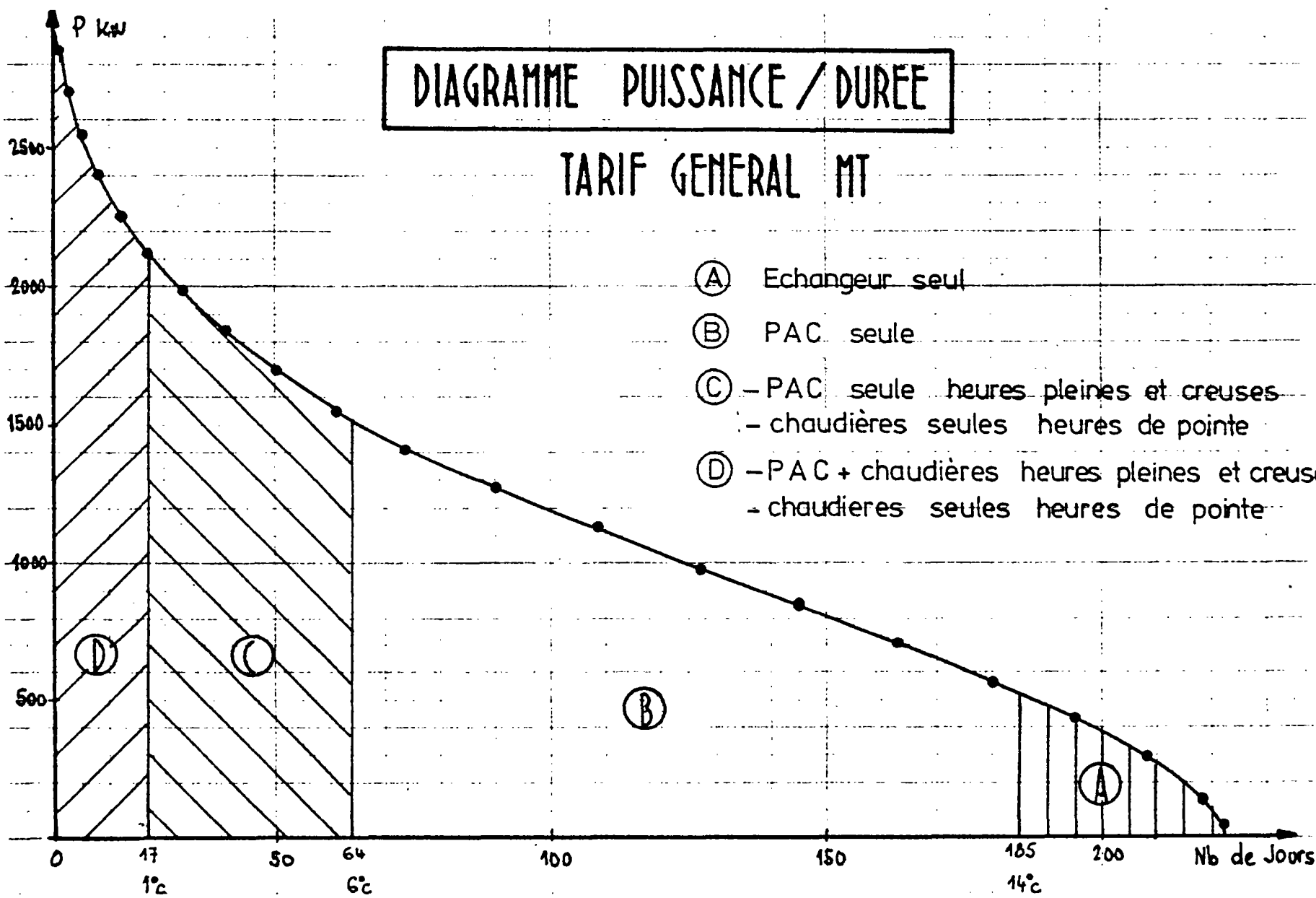


FIGURE N° 13

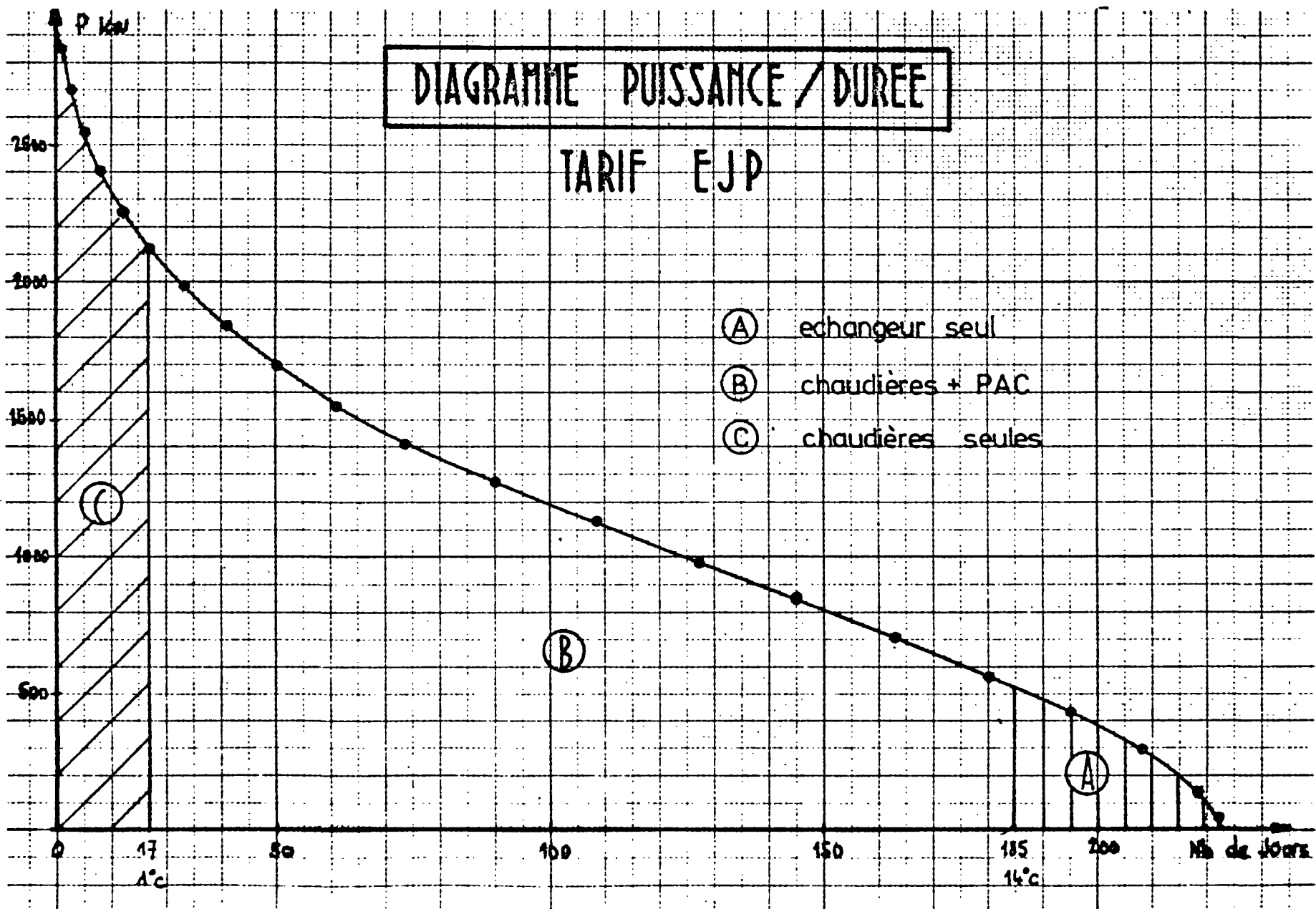


FIGURE N° 14

3.04 - Coûts d'investissement des installations de surface

(valeur décembre 1983)

	Montant K.F H.T
. Echangeurs à plaques-----	50
. 3 P.A.C. eau/eau-----	1.350
. Pompes annexes (y compris modification pompes réseau primaire)-----	50
. Modifications chaufferie-----	50
. Raccordements hydrauliques-----	200
. Tableau électrique et régulation-----	100
. Génie civil local technique insonorisé----	200
. Alimentation eau forage-----	30
	<hr/>
TOTAL-----	2.030
Ingénierie à 7,5%-	152
	<hr/>
TOTAL K.F - HT----	<u><u>2.182</u></u>

Non compris poste de transformateur REGIE D'ELECTRICITE.

4 - ETUDE ECONOMIQUE ET FINANCIERE4.1 - Planning de réalisation (année 1984)

Accord du Comité Géothermie de l'AFME	.....	mars
Dossiers administratifs		
Mise en place des financements	.....	avril-juin
Forage	.....	juillet
Travaux de surface	.....	août-décembre

4.2 - Evolution des prix

On retiendra les hypothèses suivantes :

Inflation annuelle générale à partir de 1984 : + 8 %

Dérive des prix de l'énergie (en francs constants) :

- Electricité..... + 2 %
- Produits pétroliers..... + 4 %

4.3 - Investissement

Montant des investissements - Valeur décembre 1983, y compris les frais de maîtrise d'oeuvre.

Forage : 3 225 KF H.T.

Surface : 2 182 KF H.T.

Montant total

H.T. 5 407 KF (valeur décembre 1983).

Sur la base d'une inflation de 8 % par an et du planning de réalisation précédent, les coûts d'investissement actualisés sont les suivants :

Forage (juillet 1984)	: 3 225 x 1,047 = 3 377 KF H.T.	(4 005 KF T.T.C)
Surface (décembre 1984)	: 2 182 x 1,08 = <u>2 357 KF H.T.</u>	(2 795 KF T.T.C)
	{ Montant total..... 5 734 KF	
	{ H.T. actualisé	

Montant total des dépenses

Investissement actualisé H.T.	.....	5 734 KF
T.V.A. non récupérable (18,6 %)	.....	1 067 KF
Investissement T.T.C.	.....	6 801 KF
Fonds de garantie	.....	<u>218 KF</u>
(SAF Géothermie - 3,2 % sur investissement T.T.C.)		

Montant total TTC actualisé 7 019 KF

4.4 - Dépenses annuelles de fonctionnement

Les dépenses de fonctionnement comprennent trois postes :

- le poste P1 où sont totalisés les frais d'énergie : le fioul lourd de la solution de référence, et d'appoint de la solution géothermie, l'électricité de pompage de chacune des solutions et l'électricité absorbée par les pompes à chaleur dans la solution géothermie.

- Le poste P2 qui correspond aux frais de petit entretien et de conduite des chaufferies.

- Le poste P3 qui correspond au gros entretien et à la provision pour renouvellement du matériel.

4.4.1 - Coût de l'énergie (valeur décembre 1983). Fioul lourd n° 2

Prix de la tonne de fioul lourd n° 2 (0,5 à 1 % de soufre), en région bordelaise :

1 800 F. H.T. /tonne

. Fioul domestique

Prix de l'hectolitre de fioul domestique, en région bordelaise :

219 F H.T. /hectolitre.

. Electricité

- Tarif basse tension (solution de référence)

puissance souscrite : 12 KVA

redevance d'abonnement : 1 080,84 F H.T./an

prix de l'énergie : 45,07 centimes H.T./kWh.

- Tarif moyenne tension (solution géothermie)

Selon les deux solutions proposées, on pourra retenir une des deux tarifications suivantes :

. Tarif général - version de base

Puissance souscrite : 600 KW

Coefficient réducteur de la puissance
(utilisation hors heures de pointe) : 0,52

Prime fixe annuelle (taux de base) : 284,24 F H.T./KW

Coût de la prime fixe :

$600 \times 0,52 \times 284,24 = 88\,683$ F H.T./an

PRIX DE L'ENERGIE (centimes H.T./kWh)

	HIVER		ETE	
Pointe	Heures pleines	Heures creuses	Heures pleines	Heures creuses
83,98	45,70	22,41	18,26	10,94

Nombre d'heures d'utilisation en fonction des périodes tarifaires :

Pointe	:	0
Heures pleines hiver	:	2 448
Heures creuses hiver	:	1 632
Heures pleines été	:	706
Heures creuses été	:	<u>302</u>
TOTAL		5 088 heures.

Coût moyen de l'énergie :

$\frac{2\,448 \times 45,70 + 1\,632 \times 22,41 + 706 \times 18,26 + 302 \times 10,94}{5\,088} = 32,36$ centimes HT/kWh.

• Tarif général - Option "Effacement Jour de Pointe" E.J.P.

Cette tarification n'est pas encore appliquée sur la commune de Bègles, mais elle le sera en 1985, date à laquelle les travaux de surface seront réalisés.

Elle est bien adaptée au système bi-énergie. Moyennant une coupure de 22 jours durant la saison d'hiver le prix de l'énergie électrique est très bon marché.

Puissance soucrite : 600 KW

Coefficient réducteur de la puissance
(utilisation selon le système EJP) : 0,40

Prime fixe annuelle (taux de base)

Coût de la prime fixe : 322,23 F H.T./KW

$600 \times 0,40 \times 322,23 = 77\,335$ F H.T./an

PRIX DE L'ENERGIE (centimes H.T./kWh)

HIVER		ETE	
Pointe mobile	Heures hiver	Heures pleines	Heures creuses
216,77	25,77	16,43	9,59

Nombre d'heures d'utilisation en fonction des périodes tarifaires :

Pointe : 0
 Heures hiver : 3 624 heures
 Heures pleines été : 976 heures
 Heures creuses été : 488 heures
 TOTAL 5 088 heures.

Coût moyen de l'énergie :

$\frac{3\,624 \times 25,77 + 976 \times 16,43 + 488 \times 9,59}{5\,088} = 22,43$ centimes H.T./kWh.

4.4.2 - Choix de la solution en géothermie

Le choix de la solution doit se faire en comparant le coût de l'énergie électrique et du combustible d'appoint consommés dans chacune des deux solutions.

1/ - Solution Tarif général - Version de base

Consommation d'énergie électrique : 1 395 MWh
 Consommation de combustible d'appoint : 28,7 m³ de FOD

Coût total de l'énergie :

$$88\ 683 + 0,32 \times 1\ 395\ 000 + 2,19 \times 28\ 700 = 597\ 936 \text{ F. H.T./an.}$$

2/ - Solution Tarif général - Option "Effacement Jour de Pointe" EJP

Consommation d'énergie électrique : 1 219 MWh
 Consommation de combustible d'appoint : 90,4 tonnes de FL2

Coût total de l'énergie :

$$77\ 335 + 0,22 \times 1\ 219\ 000 + 1\ 800 \times 90,4 = 508\ 235 \text{ F H.T./an.}$$

Comparaison des frais d'énergie :	solution version de base	598 KF H.T.
	solution EJP	<u>508 KF H.T.</u>
		90 KF H.T.

On obtient un gain de 90 KF H.T. par an avec la solution EJP, soit 15 % par rapport au tarif général.

De plus la solution de base nécessite le remplacement des brûleurs pour un changement de combustible de 100 000 F. H.T.

On retiendra donc dans la suite de l'étude la solution tarifaire EJP

4.4.3 - Redevance prélèvement Agence de Bassin

Le prélèvement d'eau dans les nappes captives est soumis à une redevance prélèvement auprès de l'Agence de Bassin.

Taux de redevance : 7 centimes/m³
 Volume prélevé : 473 600 m³ d'eau

Montant annuel de la redevance : $473\ 600 \times 0,07 = 33\ 152 \text{ F} = 33 \text{ KF.}$

On intégrera cette dépense dans le poste de prestation P2.

4.4.4 - Dépenses annuelles de fonctionnement

1/ - Solution de référence

Poste P1

Consommation annuelle de fioul lourd n° 2 : 610 tonnes

$610 \times 1\,800 \times 1,186 = 1\,302\,228 \text{ F. T.T.C.}$

Consommation annuelle d'électricité : 17 MWh
(tarification basse tension)

$(17\,000 \times 0,45 + 1\,080) \times 1,186 = 10\,354 \text{ F. T.T.C.}$

Poste P2

Petit entretien et conduite de la chaufferie : 142 KF T.T.C.

Poste P3

Gros entretien et provision pour renouvellement du matériel : 83 KF T.T.C.

2/ - Solution géothermie (option EJP)

Poste P1

Consommation annuelle de fioul lourd n° 2 : 90,4 tonnes

$90,4 \times 1\,800 \times 1,185 = 192\,986 \text{ F. T.T.C.}$

Consommation annuelle d'électricité : 1 219 MWh
(tarification moyenne tension- Tarif général - Option EJP)

$(1\,219\,000 \times 0,22 + 77\,335) \times 1,186 = 409\,781 \text{ F. T.T.C.}$

Poste P2

Petit entretien et conduite de la chaufferie : 178 KF T.T.C.

Redevance prélèvement Agence de Bassin : 33 KF

Poste P3

Gros entretien et provision pour renouvellement du matériel : 119 KF.

TALBEAU 14

TABLEAU RECAPITULATIF DES DEPENSES DE FONCTIONNEMENT
(KF T.T.C. /an - valeur décembre 1983)

	SOLUTION DE REFERENCE	SOLUTION GEOthermie
P1 FIOUL	1 302	193
P1 ELECTRICITE	10	410
P2 ENTRETIEN	142	178
P2 REDEVANCE AGENCE DE BASSIN	-----	33
P3	83	119
TOTAL	1 537	933

5 - CALCUL DU TAUX INTERNE DE RENTABILITE DE LA SOLUTION RETENUE

Principe de calcul

On recherche le taux d'actualisation qui annule la somme des flux financiers sur l'ensemble de la durée de l'opération.

Les recettes sont constituées par les dépenses de combustibles et les frais de fonctionnement actuels, les charges par les investissements nécessaires pour réaliser l'opération de Géothermie et les dépenses d'exploitation (y compris combustible d'appoint) après réalisation de l'opération Géothermie. Les calculs sont effectués en francs constants, hors financement et hors impôts.

Une étude de sensibilité est effectuée en faisant varier conjointement les recettes, les investissements et les charges pour vérifier la possibilité de réalisation du projet malgré les incertitudes existant encore au niveau d'un avant-projet sommaire.

Nous avons choisi un taux de 10 % qui a de fortes probabilités d'être supérieur au pourcentage d'incertitude sur les chiffres retenus.

DONNEES (voir le détail des calculs en annexe).

- . Année zéro (1984)
Investissement : 7 019 KF T.T.C.
- . Année 1 (1985)
Recettes : 1 770 KF T.T.C.
Dépenses : 1 042 KF T.T.C.
- . Année 20 (2004)
Recettes : 3 454 KF T.T.C.
Dépenses : 1 500 KF T.T.C.

Les dérivées des prix de l'énergie retenues sont celles qui figurent au paragraphe 4.2 -

Résultats On obtient un T.I.R. de 13,46 %, qui est une valeur très encourageante pour ce projet.

Calcul du T.I.R. (TABLEAUX 15 et 16)

Hypothèses de calcul :

Investissements : 7 019 KF T.T.C.

Calcul réalisé en francs constants, hors financement et hors impôts

Dérive des prix de l'énergie :

. produits pétroliers : + 4 %

. Electricité : + 2 %

... Durée d'amortissement : 20 ans.

P1 : coût de l'énergie

P2 : entretien - fonctionnement (+ redevance Agence de Bassin)

P3 : provision pour renouvellement du matériel

Année zéro (1984) : réalisation des travaux de forage et de surface

CALCUL DU T.I.R.

en francs constants (KF T.T.C.)

Numéro de l'exercice		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Année		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Solution de référence	P1 FIOUL	1458	1516	1577	1640	1706	1774	1845	1919	1995	2075	2158	2245	2334	2428	2525	2626	2731	2840	2954	3072	3195	
	P1 Elec.	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16	
	P2	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
	P3	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	P1 P2 P3		1770	1831	1895	1961	2029	2100	2175	2251	2331	2414	2502	2591	2685	2782	2884	2989	3098	3213	3331	3454	
Solution géothermie	P1 FIOUL	216	225	234	243	253	263	273	284	296	307	320	333	346	360	374	389	405	421	438	455	473	
	P1 Elec.	451	460	469	479	488	498	508	518	528	539	550	561	572	583	595	607	619	632	644	657	670	
	P2	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
	P3	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129
	P1 P2 P3		1042	1060	1079	1098	1118	1138	1159	1181	1203	1227	1261	1275	1300	1326	1353	1381	1410	1439	1469	1500	

BEGLES - Decembre 1983

Duree du projet : 20 ans

Montant de l'investissement initial : 7019.0 KF TTC

I I I	I I I	I I I	I I I	I I I	I I I	I Flux nets de tresorerie I					
						I I I	I I I				
		I I I	I I I	I I I			I I I				
		I I I	I I I	I I I	I I I		I I I				
		I I I	I I I	I I I	I I I		I I I				
I	Zero	I	I	I	7019.0	I	-7019.0	I	-7019.0	I	
I	1	I	0.0	I	1770.0	I	1042.0	I	728.0	I	-6291.0
I	2	I	0.0	I	1831.0	I	1060.0	I	771.0	I	-5520.0
I	3	I	0.0	I	1895.0	I	1079.0	I	816.0	I	-4704.0
I	4	I	0.0	I	1961.0	I	1098.0	I	863.0	I	-3841.0
I	5	I	0.0	I	2029.0	I	1118.0	I	911.0	I	-2930.0
I	6	I	0.0	I	2100.0	I	1138.0	I	962.0	I	-1968.0
I	7	I	0.0	I	2175.0	I	1159.0	I	1016.0	I	-952.0
I	8	I	0.0	I	2251.0	I	1181.0	I	1070.0	I	118.0
I	9	I	0.0	I	2331.0	I	1203.0	I	1128.0	I	1246.0
I	10	I	0.0	I	2414.0	I	1227.0	I	1187.0	I	2433.0
I	11	I	0.0	I	2502.0	I	1261.0	I	1241.0	I	3674.0
I	12	I	0.0	I	2591.0	I	1275.0	I	1316.0	I	4990.0
I	13	I	0.0	I	2685.0	I	1300.0	I	1385.0	I	6375.0
I	14	I	0.0	I	2782.0	I	1326.0	I	1456.0	I	7831.0
I	15	I	0.0	I	2884.0	I	1353.0	I	1531.0	I	9362.0
I	16	I	0.0	I	2989.0	I	1381.0	I	1608.0	I	10970.0
I	17	I	0.0	I	3098.0	I	1410.0	I	1688.0	I	12658.0
I	18	I	0.0	I	3213.0	I	1439.0	I	1774.0	I	14432.0
I	19	I	0.0	I	3331.0	I	1469.0	I	1862.0	I	16294.0
I	20	I	0.0	I	3454.0	I	1500.0	I	1954.0	I	18248.0

Critere du taux de rentabilite

T.I.R. = 13.46 %

Temps de retour brut (hors subvention) : 7,5 ans.

Sensibilite du T.I.R.

TABLEAU 17

I Recette I		Investissement			I			
I	-10.0	I	-10.0	I	0.0	I	10.0	I

I Charge I		Investissement			I			
I	-10.0	I	13.46	I	12.03	I	10.82	I
I	0.0	I	11.68	I	10.37	I	9.24	I
I	10.0	I	9.84	I	8.65	I	7.62	I

I Recette I		Investissement			I			
I	0.0	I	-10.0	I	0.0	I	10.0	I

I Charge I		Investissement			I			
I	-10.0	I	16.68	I	15.02	I	13.63	I
I	0.0	I	14.98	I	13.46	I	12.17	I
I	10.0	I	13.26	I	11.87	I	10.66	I

I Recette I		Investissement			I			
I	10.0	I	-10.0	I	0.0	I	10.0	I

I Charge I		Investissement			I			
I	-10.0	I	19.73	I	17.87	I	16.29	I
I	0.0	I	18.09	I	16.37	I	14.88	I
I	10.0	I	16.45	I	14.84	I	13.46	I

La variation de 10 % sur chacun des postes (recette, charge, investissement) indique la sensibilité du T.I.R. du projet.

On a une valeur moyenne de base de 13,46 %, comprise entre le plus fort qui est de 19,73 % et le plus faible 7,62 %. On se rend compte que dans 93 % des cas, ce T.I.R. est supérieur à 9 %. Ces résultats sont très largement sécurisants pour ce projet.

6 - FINANCEMENT DE L'OPERATION

La SAEMCIB ne récupère pas la TVA, par conséquent, on calculera les subventions et prêts sur le montant T.T.C. des travaux de forage et de surface.

6.1. - Subventions

. Le financement du forage

Celui-ci reste soumis à la subvention de l'AFME qui couvre 20 % du besoin de financement du maître d'ouvrage, soit en valeur à la date de réalisation

$$4\ 005 \times 0,20 = 801 \text{ KF}$$

En cas d'échec, une garantie complémentaire d'un montant maximum de 2 804 KF (70 % du coût du sondage) sera accordée.

. Le financement des travaux de surface

Deux possibilités s'offrent pour ce financement, selon que le maître d'ouvrage décide de conventionner ou non le patrimoine immobilier de la cité Yves FARGE. En effet, celui-ci ne bénéficie pas actuellement d'un conventionnement.

1/ - Non conventionnement

C'est le régime de soutien au réseau de chaleur qui s'applique, pour un montant représentant 20 % du montant total des travaux de surface, soit la valeur à la date de réalisation :

$$2\ 795 \times 0,20 = 559 \text{ KF}$$

2/ - Conventionnement

Dans ce cas, les subventions PAULOS qui couvrent 40 % du montant des travaux de surface seraient appliquées, soit en valeur à la date de réalisation.

$$2\ 795 \times 0,40 = 1\ 118 \text{ KF}$$

A ces subventions s'ajoutent :

- une subvention du Conseil Régional d'un montant forfaitaire de 200 KF
- une subvention de la Régie d'Electricité de Gironde, dont le montant s'élève à 1 000 F par Tonne Equivalent Pétrole déplacée par les pompes à chaleur, soit :
 $1 \text{ KF} \times 497 = 497 \text{ KF}.$

A ces subventions vient s'ajouter une participation sous forme de fonds propres du maître d'ouvrage d'un montant de 55 KF.

6.2 - Emprunts

. Le financement du forage

Celui-ci peut être financé par un prêt de la Caisse des Dépôts et Consignation aux conditions suivantes :

- durée d'amortissement : 15 ans
- taux d'intérêt : 10,75 %
- annuité : 0,137

Montant de l'emprunt : 3 204 KF

Charges de remboursement : 439 KF.

. Le financement des travaux de surface

Comme précédemment, il diffère selon conventionnement ou non.

1/ - Non conventionnement

Prêts CAECL aux conditions suivantes :

- durée d'amortissement : 15 ans
- taux d'intérêt : 14,50 %
- annuité constante : $a = 0,167$
- annuité progressive (3,5 % par an) : $a_1 = 0,141$

Montant de l'emprunt :

$$7\ 019 - 801 - 3\ 204 - 559 - 55 - 200 - 497 = 1\ 703\ \text{KF}$$

Charges de remboursement la première année :

- annuité constante : $0,167 \times 1\ 703 = 284\ \text{KF}$
- annuité progressive : $0,141 \times 1\ 703 = 240\ \text{KF}$

2/ - Conventionnement

Prêt complémentaire au PALULOS (prêt MINJOZ) aux conditions suivantes :

- durée d'amortissement : 15 ans
- taux d'intérêt : 11,75 %
- annuité constante : $a = 0,145$
- annuité progressive (3,5 % par an) : $a_1 = 0,121$

Montant de l'emprunt :

$$7\ 019 - 801 - 3\ 204 - 1\ 118 - 55 - 200 - 497 = 1\ 144\ \text{KF}$$

Charges de remboursement

$$\text{annuité constante} : 0,145 \times 1\ 144 = 166\ \text{KF}$$

$$\text{annuité progressive} : 0,121 \times 1\ 144 = 138\ \text{KF}$$

Les charges de remboursement sont groupées dans le poste P4. Il représente les remboursements des deux emprunts (forage et surface) selon les différentes solutions possibles.

Montant du poste P4 (KF) la première année

Annuité	Non conventionnement	Conventionnement
Constante	723	605
Progressive (3,5 % /an)	679	577

TABLEAU RECAPITULATIF DU FINANCEMENT DU PROJET (KF)

	Non conventionnement	Conventionnement
FORAGE	Subvention AFME..... 801 Prêt CDC..... 3 204 (15 ans - 11,75 %)	Subvention AFME..... 801 Prêt CDC..... 3 204 (15 ans - 11,75 %)
SURFACE	Subventions AFME..... 559 Fonds propres..... 55 Subvention EPR..... 200 Subvention Régie d'électricité 497 Prêt CAECL..... 1 703 (15 ans - 14,50 %)	Subvention PALULOS..... 1 118 Fonds propres..... 55 Subvention EPR..... 200 Subvention Régie d'électricité. 497 Prêt MINJOZ..... 1 144 (15 ans - 11,75 %)
	TOTAL 7 019 KF	TOTAL 7 019 KF

7 - ANALYSE DU PLAN DE TRESORERIE PREVISIONNEL

7.1 - Solution de base (non conventionnement)

On a représenté dans le tableau du plan de trésorerie prévisionnel, les charges de chauffage totales des deux solutions : la solution de référence au fioul lourd n° 2, et la solution géothermie bi-énergie (électricité et fioul lourd n° 2)

Ces charges de chauffage comprennent :

- les frais d'énergie (P1)
- les frais d'entretien (P2)
- les provisions pour renouvellement du matériel (P3)
- les remboursements des emprunts (P4)

Les calculs sont faits en francs courants (inflation et dérive des prix de l'énergie).

L'hypothèse de financement est celle qui correspond au non conventionnement de la cité Yves FARGE, avec une annuité de remboursement de l'emprunt à la CAECL progressive (+ 3,5 % par an).

On arrive à mettre en évidence une économie financière de 106 KF dès la première année, soit + 6 % des charges de chauffage de la solution de référence. La deuxième année ce taux passe à + 10 %.

Ces résultats sont très encourageants, car on peut réaliser des emprunts à la C.D.C. et à la C.A.E.C.L. avec d'une part un différé d'amortissement de deux ans, et d'autre part un taux de progression des charges de remboursement supérieur à 3,5 %.

Une telle solution, qui n'est pas analysée ici, permettrait d'obtenir dès la première année, une économie financière de plus de 10 % sur les charges annuelles de chauffage.

PLAN DE TRESORERIE PREVISIONNEL
(KF T.T.C.)

Exprimé en francs courants, avec les hypothèses suivantes :

- inflation générale : + 8 % à partir de 1984
- dérive de l'énergie (en francs constants) :
 - . électricité : + 2 %
 - . produits pétroliers : + 4 %

Financement : (non conventionnement)

Subventions :	A.F.M.E.....	1 360 KF
	E.P.R.....	200 KF
	Régie d'Electricité de la Gironde.....	497 KF
	Fonds propres.....	55 KF
Emprunt :	C.D.C. (10,75 % - 15 ans annuité constante).....	3 204 KF
	C.A.E.C.L. (14,50 % - 15 ans - annuité progressive 3,5 % /an).....	<u>1 703 KF</u>
	TOTAL.....	7 019 KF

P1 : Coût de l'énergie

P2 : Entretien - fonctionnement (+ redevance Agence de Bassin)

P3 : Provision pour renouvellement du matériel

P4 : Remboursement des emprunts

Année zéro (1984) : réalisation des travaux de forage et de surface.

en francs courants (KF TTC)

Numéro de l'exercice		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Année		1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Solution de référence	P1 fioul	1458	1633	1829	2048	2294	2569	2878	3223	3610	4043	4528	5071	5680	6361	7124	7979	8937	10009	11210	12556	14062
	P1 élec.	11	12	13	15	16	18	19	21	24	26	29	32	35	39	43	47	52	57	62	69	75
	P2	153	166	179	193	208	225	243	262	283	306	330	356	384	415	448	484	523	565	610	659	712
	P3	90	97	105	113	122	132	143	154	167	180	194	210	227	245	265	286	309	333	360	389	420
	P1 P2 P3	1712	1908	2126	2369	2640	2944	3283	3660	4084	4555	5091	5669	6326	7060	7880	8796	9821	10964	12242	13673	15269
Solution géothermie	P1 fioul	216	242	271	304	340	381	426	478	535	599	671	752	842	943	1057	1188	1325	1484	1662	1862	2086
	P1 élec.	451	496	546	600	660	726	799	879	967	1063	1170	1287	1416	1557	1713	1884	2073	2280	2506	2759	3035
	P2	228	246	266	287	310	335	362	391	422	456	492	531	573	619	669	722	780	843	910	988	1061
	P3	129	139	150	162	176	190	205	221	239	258	279	301	325	351	379	410	442	478	516	557	602
	P1 P2 P3	/	1123	1233	1353	1486	1632	1792	1969	2163	2376	2612	2871	3156	3470	3818	4199	4620	5085	5596	6161	6783
	P4	/	679	687	696	705	714	724	734	744	755	766	778	789	802	814	827	--	--	--	--	--
	P1 P2 P3 P4	/	1802	1920	2049	2191	2346	2516	2703	2907	3131	3378	3649	3945	4272	4632	5026	4620	5085	5596	6161	6783
Econo. sur P1 P2 P3	/	785	893	1016	1164	1312	1491	1691	1921	2179	2479	2798	3170	3590	4062	4597	5201	5879	6646	7512	8486	
Econo. sur P1 P2 P3 P4	/	106	206	320	449	598	767	957	1177	1424	1713	2020	2381	2788	3248	3770	5201	5879	6646	7512	8486	
% d'écono. sur P1 P2 P3 P4	/	6	10	14	17	20	23	26	29	31	34	36	38	39	41	43	53	54	54	55	56	

7.2 - Simulation des différentes hypothèses

Dans le tableau ci-après, on a analysé les économies sur les charges annuelles de chauffage en fonction des hypothèses suivantes :

- . conventionnement ou non de la cité
- . charges de remboursement progressif ou non.

Les résultats montrent que dans tous les cas, on arrive à mettre en évidence une économie financière dès la première année (+ 3 à + 11 % selon les solutions retenues).

On voit ici l'intérêt de conventionner le projet qui permet d'obtenir les meilleurs résultats.

Ces résultats peuvent être encore améliorés en faisant des emprunts avec un différé d'amortissement de deux ans.

TABLEAU DES CHARGES ANNUELLES DE CHAUFFAGE (KF T.T.C.)

TABLEAU 20

SUR LES CINQ PREMIERES ANNEES D'EXPLOITATION

SIMULATION DES HYPOTHESES DE FINANCEMENT

ANNEE			1	2	3	4	5
			(1985)	(1986)	(1987)	(1988)	(1989)
SOLUTION DE REFERENCE P1 P2 P3			1 908	2 126	2 369	2 640	2 944
SOLUTION GEOTHERMIE P1 P2 P3			1 123	1 233	1 353	1 486	1 632
Poste P4	Non conventionnement	annuité constante	723	723	723	723	723
		annuité progressive	679	687	696	705	714
	conventionnement	annuité constante	605	605	605	605	605
		annuité progressive	577	582	587	592	597
P1 P2 P3 P4	Non conventionnement	annuité constante	1 846	1 956	2 076	2 209	2 355
		annuité progressive	1 802	1 920	2 049	2 191	2 346
	conventionnement	annuité constante	1 728	1 838	1 958	2 091	2 237
		annuité progressive	1 700	1 815	1 940	2 078	2 229
% d'éco- nomie sur les charges annuelles de chauffage	Non conventionnement	annuité constante	3	8	12	16	20
		annuité progressive	6	10	14	17	20
	conventionnement	annuité constante	9	14	17	21	24
		annuité progressive	11	15	18	21	24

8 - ANALYSE DU RISQUE - COURBE SUCCES-ECHEC

La construction de la courbe succès-échec a été effectuée en calculant le taux interne de rentabilité (T.I.R.) du projet pour différentes valeurs des couples débit/température.

Le calcul de ce T.I.R. pour différentes valeurs du couple débit/température nécessite de connaître :

- la consommation d'énergie électrique
- la consommation de fioul d'appoint
- l'évolution des investissements en fonction des débits et température est négligeable.

La synthèse de ces données est faite dans les tableaux ci-après.

Les tableaux 21 et 22 donnent les consommations d'électricité et de fioul. Ces résultats permettent de calculer pour chacun des couples débit-température la valeur du T.I.R. du projet. (Tableau n° 23).

Sur le graphe débit/température de la figure n° 15, on a représenté deux courbes d'isovaleur de ce T.I.R.

Pour un taux de rentabilité supérieur à 10 % on est dans la zone succès. Pour un taux inférieur à 8 %, on est dans la zone échec. Entre ces deux courbes, on a la zone de succès partiel.

COURBE SUCCES-ECHECTABLEAU 21CONSOMMATION TOTALE D'ELECTRICITE EN FONCTION
DU COUPLE DEBIT-TEMPERATURE (MWh)

température °C Débit (m ³ /h)	28	30	32	34
60	592	658	731	804
80	790	878	975	1 073
100	810	1 097	1 219	1 341
120	810	1 097	1 219	1 341

TABLEAU 22CONSOMMATION D'ENERGIE D'APPOINT
(tonnes de FL n° 2)

température °C Débit (m ³ /h)	28	30	32	34
60	334	310	270	241
80	261	229	180	143
100	188	148	90,4	34
120	188	148	90,4	34

TABLEAU 23

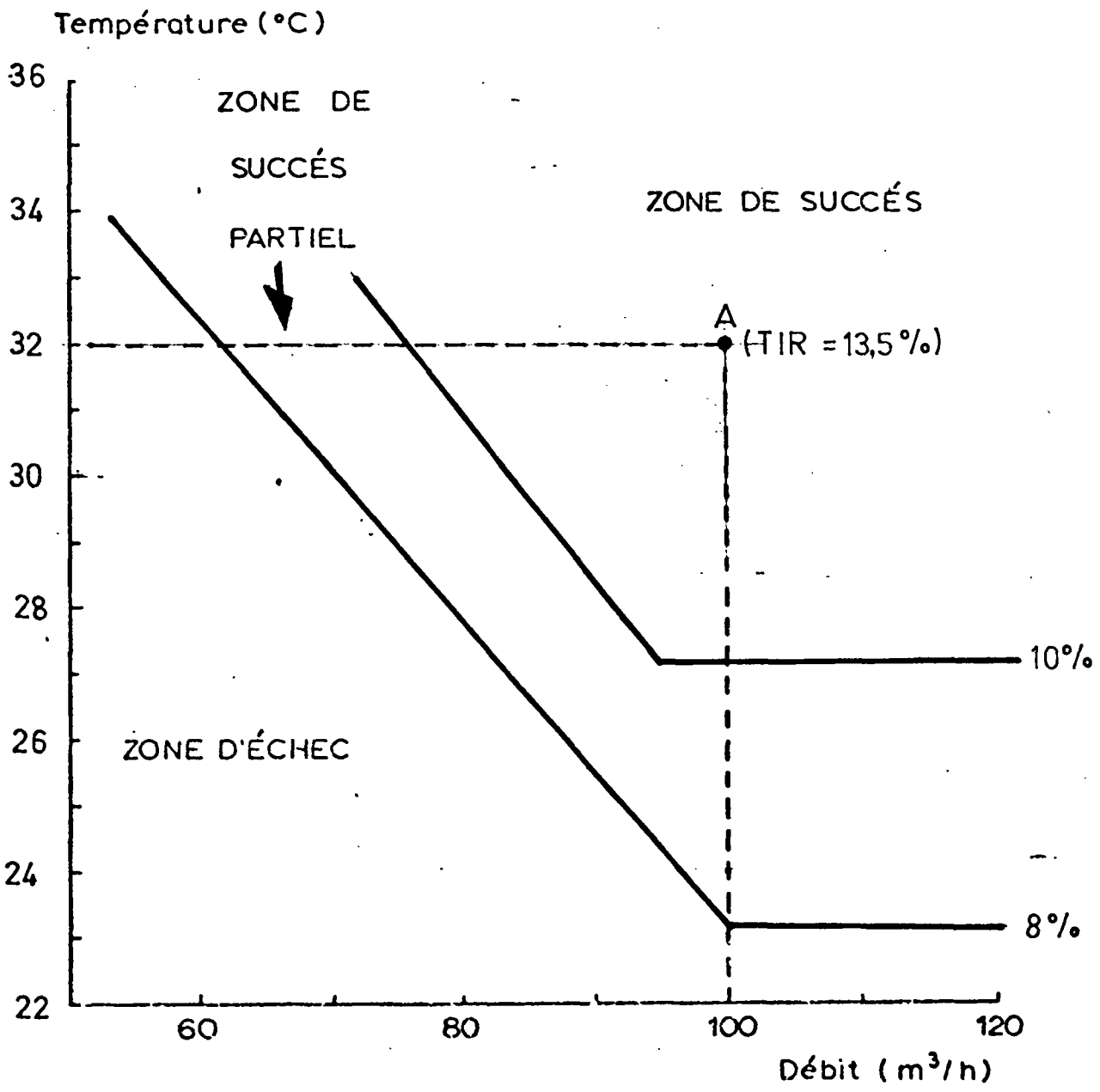
VALEUR EN T.I.R. EN FONCTION DU COUPLE
DEBIT/TEMPERATURE

température C Débit (m ³ /h)	28	30	32	34
60	5,5	6,6	7,8	8,7
80	8,1	9,3	10,8	11,8
100	10,5	11,8	13,5	15,0
120	10,5	11,8	13,5	15,0

Le T.I.R. a été calculé dans les mêmes conditions que celui du paragraphe 5, a savoir en francs constants TTC, hors financement et hors impôts.

COURBE SUCCES-ECHEC

Le point A est le point de référence de l'étude de faisabilité.



A N N E X E 1

VARIANTE : ETUDE DE CONSOMMATION ET D'INVESTISSEMENT
DANS LE CAS D'UN RESEAU PRIMAIRE MODIFIE

Dans la solution de base précédente, le débit du réseau primaire a été supposé maintenu constant à la valeur actuelle de 48,5 m³/heure.

Il a été étudié en variante, une solution avec débit primaire porté à 97 m³/heure (ce qui impliquerait évidemment la réalisation d'un nouveau réseau primaire).

1 - OBJET

La présente annexe a ainsi pour but d'étudier les consommations et les investissements dans le cas d'un débit double de celui existant, pour le réseau primaire de chauffage.

2 - PARAMETRES THERMIQUES

- Pour un débit de $48,5 \times 2 = 97$ m³/heure, l'écart maximal de température entre le retour et le départ du réseau primaire sera de :

$$\frac{53}{2} = 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

compte tenu d'un écart maximal de 53 °C avec le débit initial (voir tableau page 42).

- La température maximale de départ, pour une température extérieure de - 5 °C sera donc de : $40 + 26,5 = 66,5$ °C.

On peut donc :

- tracer le diagramme d'évolution des températures représentées dans la figure n° 16 ci-après,
- établir les nouvelles valeurs des consommations de la PAC et des chaudières, dans le tableau n° 24 ci-joint (avec 2 PAC au R 12, disposées en parallèle).

.../

DIAGRAMME DES TEMPERATURES ET PUISSANCE

CAS DU RESEAU PRIMAIRE MODIFIE
DEBIT : 97 m³/h

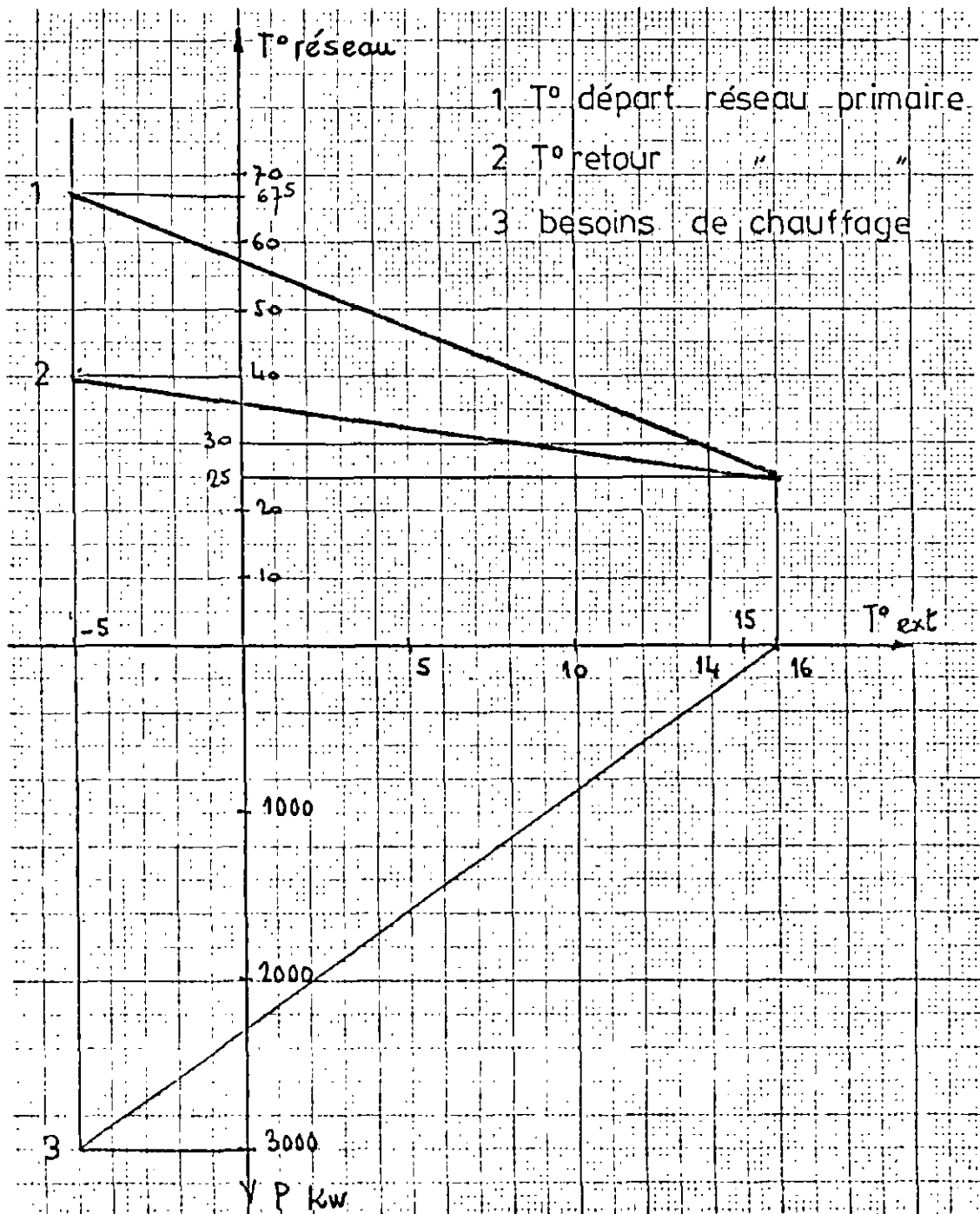


FIGURE N° 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Température extérieure °C	Fréquence jours	Fréquence heures (3) = (2) x 24	Degrés-jours base 16°C DJ = (5) x (2)	Ecart de T° TNC - T _e = 16 - T _e °C	Besoins de chauffage (6) = 2980x(5)/21 kW	Besoins de chauffage (7) = (6) x (3)/1000 M Wh	T° départ réseau primaire °C	T° retour réseau primaire = T° entrée condenseur °C	Temps fonction- nement P.A.C. heures	Puissance frigo- rifique P.A.C. kW	T° rejet eau forage (12) = 32 - (11) x 0,86/100	Puissance condenseur PAC kW
- 5	0	0	0	21	-	-	-	-	-	-	-	-
- 4	1	24	20	20	2.838	68	-	39	-	-	-	-
- 3	2	48	38	19	2.696	129	-	38 5	-	-	-	-
- 2	2	48	36	18	2.554	123	-	38	-	-	-	-
- 1	3	72	51	17	2.412	174	-	37	-	-	-	-
0	4	96	64	16	2.270	218	-	36 5	-	-	-	-
1	5	120	75	15	2.129	255	55	36	56	1394	20	1830
2	6	144	84	14	1.987	286	53	35	144	-	-	1860
3	8	192	104	13	1.845	354	51	34 5	192	-	-	1845
4	9	216	108	12	1.703	368	49	33 5	216	-	-	1703
5	11	264	121	11	1.561	412	47	33	264	-	-	1561
6	13	312	130	10	1.419	443	45	32 5	312	-	-	1419
7	16	384	144	9	1.277	490	43	31 5	384	-	-	1277
8	19	456	152	8	1.135	518	41	31	456	-	-	1135
9	18	432	126	7	993	429	39	30	432	-	-	993
10	18	432	108	6	851	368	37	29	432	-	-	851
11	18	432	90	5	710	307	35	28 5	432	-	-	710
12	17	408	68	4	568	232	33	28	408	-	-	568
13	15	360	45	3	426	153	31	27 5	360	-	-	426
14	13	312	26	2	284	89	29	27	-	-	-	-
15	11	264	11	1	142	37	27	26	-	-	-	-
16	3	72	1	0,3	43	3	25	25	-	-	-	-
TOTAL	212	5.088	1.602			5.456			4.088			

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Energie chauffage P.A.C. MWh (14) = (13) x (10) / 1000	Puissance absorbée PAC kW	Consommation PAC (16) = (15) x (3) / 1000 MWh	T° sortie condenseur °C	Puissance d'appoint chaudières kW	Temps marche chaudières (19) = (10) heures	Puissance chaudière P.A.C. arrêtée kW	Temps de marche (heures de pointe E.D.F.)	Consommation chaudières (Rc = 0,84) MWh	Temps de marche échangeur heures	Couverture forage MWh	Fonctionnement
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Chaudières
-	-	-	-	2.838	24	-	-	81	-	-	seules
-	-	-	-	2.696	48	-	-	154	-	-	(EJP)
-	-	-	-	2.554	48	-	-	146	-	-	
-	-	-	-	2.412	72	-	-	207	-	-	
-	-	-	-	2.270	96	-	-	259	-	-	
102	438	25	52	2.129	64	-	-	20	-	-	Chaud+PAC
				299	56	-	-		-	-	
268	430	62	51,5	127	144	-	-	22	-	-	
354	424	81	51	-	-	-	-	-	-	-	
367	400	86	49	-	-	-	-	-	-	-	
412	305	80	47	-	-	-	-	-	-	-	P.A.C.
443	272	85	45	-	-	-	-	-	-	-	seule
490	248	95	43	-	-	-	-	-	-	-	
518	218	99	41	-	-	-	-	-	-	-	
429	187	81	39	-	-	-	-	-	-	-	
368	161	70	37	-	-	-	-	-	-	-	
307	119	51	35	-	-	-	-	-	-	-	
232	98	40	33	-	-	-	-	-	-	-	
153	72	20	31	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	312	89	Echangeur
-	-	-	-	-	-	-	-	-	264	37	seul
-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	3	
4.443		875			552			889	648	129	

3 - EXPLOITATION DES BILANS DE CONSOMMATION

Tarif EJP

3.1 - Tableau des consommations

OBJET	Consommation FL n° 2			Consommation Electricité				TOTAL T.E.P
	MWh	TEP (1)	Tonnes	P.abs. kW	Temps heures	Consommation		
						MWh	TEP (2)	
Pompes recyclage chaudières -----				1	552	0,5		
Pompe forage ----				39	4736	185		
Pompe réseau primaire -----				6	5088	15		
V.A.C. (2 machines)				440	4088	875		
Trôleurs -----	889	77	79	4	100	0,5		
Total -----	889	77	79			1091	273	352

Notas :

1/ 1.TEP = 11 600 kWh/PCI FL n° 2

2/ 1 TEP = 4 000 kWh EdF

3/ 1 Tonne FL n° 2 = 11 258 kWh/PCS

4/ Temps fonctionnement pompe forage :

4 088 h PAC

648 h Echangeur

4 736 h

.../

3.2 - Tableau des taux de couverture

Taux de couverture	MWh	%
Total des besoins -----	5 456	100
Echangeur -----	129	2
P.A.C. -----	4 443	82
Chaudières (énergie utile) -----	884	16

3.3 - Consommation d'eau géothermale

$$100 \text{ m}^3/\text{h} \times 4\,736 \text{ h} = 4\,736\,000 \text{ m}^3/\text{an}$$

3.4 - C.O.P. global installation

. Energie utile condenseur -----	4 443 MWh
. Consommations d'électricité :	
. PAC -----	875 MWh
. Auxiliaires -----	216 MWh
(y compris pompe de forage)	
. Total -----	<u>1 091 MWh</u>

. C.O.P. global installation (y compris pertes réseau) =

$$\text{C.O.P.} - \text{I} = \frac{4\,443}{1\,091} = 4,1$$

3.5 - I.E.P. consommées par l'échangeur

Fonctionnement de l'échangeur : pompe forage de consommation 39 KW pendant 648 h,

$$\text{Soit : } 39 \times 648/1000 = 25 \text{ MWh}$$

$$\text{Soit environ} = 6 \text{ TEP}$$

$$(1 \text{ TEP} = 4.000 \text{ KWh EdF})$$

.../

3.6 - T.E.P. déplacées par la PAC

FL n° 2 TEP initiales -----	592
FL n° 2 TEP après intervention -----	88
Total TEP déplacées -----	504
TEP déplacées par l'échangeur -----	- 6
TEP déplacées par la PAC -----	498

4 - COUT D'INVESTISSEMENT DES INSTALLATIONS DE SURFACE

(Valeur décembre 1983)

Objet	Montant KF HT
Echangeur à plaques -----	50
2 PAC eau/eau au R 12-----	1 400
Pompes annexes -----	50
Pompes réseau primaire -----	80
Raccordements hydrauliques -----	200
Tableau électrique et régulation -----	100
Génie civil local technique insonorisé -----	200
Alimentation eau forage -----	30
Réseau V.R.D. (longueur du réseau : 500 ml)-----	1 000
Total -----	3 110
Ingénierie à 7,5 % -----	233
Total H.T. -----	3 343

Non compris poste de transformation Régie d'Electricité.

5 - CONCLUSION

Le tableau ci-dessous permet de comparer les deux solutions :

	Solution de base	Variante
Investissement surface (KF HT)	2 182	3 343
Consommation FL n° 2 (tonne)	90,4	79
Consommation électrique (MWh)	1 219	1 091
Coût de l'énergie (KF HT)	431	382

Fioul lourd n° 2 : 1 800 F HT/tonne

Electricité : 0,22 F HT/kWh

Pour un surinvestissement de 1 161 KF HT, on diminue de 49 KF HT les frais d'exploitation, soit un temps de retour marginal de 24 ans, qui ne permet pas de retenir cette solution.

A N N E X E 2

PROPOSITIONS COMMERCIALES POUR LES POMPES A CHALEUR :
DOCUMENTS YORK et CLIREF

TELEX DU 22 NOVEMBRE 1983

ATTN : MR BARBALAT

AFFAIRE : GEOTHERMIE BEGLES

N/REF : 83.1.135

COMME CONVENU, NOUS VOUS COMMUNIQUONS LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET LE PRIX DU MATERIEL QUE NOUS AVONS SELECTIONNE POUR REPONRE AUX DEUX CAS (DEBIT EAU CHAUFFAGE : 48,5 M3/H).

1ERE SOLUTION : UNE SEULE MACHINE AVEC L'HYPOTHESE QUE LE CUIVRE ET L'ACIER SONT COMPATIBLES AVEC LA NATURE DE L'EAU.

SELECTION SUR SOLUTION ELECTRIQUE ET DEBIT CONSTANT AU CONDENSEUR.

MODELE 31 12 GVEC 28S 25N

T.EXT	EVAPORATEUR	P	CONDENSEUR	ECHA	COP	COP			
DEG.C.	D.GEO	TE/TS	PO	ELEC	PC	TE/TS	DIRT	PAC	GLO
M3/H	DEG.C.	KW	KW	KW	DEG.C.	KW			
- 5	100	32/21,3	1.239	448	1.661	40/69,4	0	3,7	3,7
0	100	32/21,4	1.230	417	1.622	36/64,8	0	3,87	3,87
+ 5,5	100	32/20,6	1.318	404	1.698	32/63,1	0	4,2	4,2
+ 8	100	32/21,7	1.199	280	1.459	29,5/55,3	0	5,21	5,21
+ 11	48,5	28/15,5	704	152	856	31,1/46,3	232	4,5	15,7
+ 14	48,5	27/20	384	89	473	30/38,4	282	2,9	4,7

ENCRASSEMENT : EVAP : 0,0001 M2HDEG.C./KCAL
 COND : 0,002 M2HDEG.C./KCAL
 DEBIT MINI EVAP : 42,6 M3/H
 PERTE DE CHARGE : EVAP : 5 M CE POUR 100 M3/H
 : 1,5 M CE POUR 48,5 M3/H
 COND : 0,9 M CE

2EME SOLUTION : GAZ NATUREL - DEBIT CONDENSEUR CONSTANT

MODELE 28 12 GVEC 20S 17N MTG

T.EXT	EVAPORATEUR	PCI	CONDENSEUR	ECHA	RECAP	COP			
DEG.C.	D.GEO	TE/TS	PO	GAZ	PC	TE/TS	DIRT	MACH	
M3/H	DEG.C.	KW	KW	KW	DEG.C.	KW	KW		
- 5	100	32/22,5	1.095	1.020	1.425	40/65,2	0	582	1,96
+ 3	100	32/21,5	1.225	1.018	1.555	33,5/61	0	580	2,09
+ 5	100	32/22,7	1.056	845	1.326	32/55,5	0	485	2,14
+ 7	100	32/23	1.036	700	1.650	30,5/59,7	0	367	2,35
+ 11	48,5	29/19,5	535	400	643	27/42,5	232	204	2,7
+ 14	48,5	27/21,8	293	240	353	30/36,2	282	192	2,27

ENCRASSEMENT DITO 1ERE SOLUTION.
 DEBIT MINI EVAP : 28,3 M3/H
 PERTES DE CHARGE : EVAP : 5 M CE POUR 100 M3/H
 : 1,4 M CE POUR 48,5 M3/H.

P R I X : NETS, HORS TAXES, INSTALLATEUR, UNITAIRES, POUR MATERIEL
 ===== RENDU FRANCO, NON DECHARGE, NON INSTALLE, NON RACCORDE, ET
 AVEC MISE EN SERVICE :

1ERE SOLUTION : GROUPE COMPLET AVEC REGULATION PROGRESSIVE EN
 ----- FONCTION DE LA TEMPERATURE EXTERIEURE, MOTEUR BT, ET
 ARMOIRE DE DEMARRAGE ETOILE-TRIANGLE, SANS ISOLATION PHONIQUE :

960.000 F.F. H.T.

2EME SOLUTION : GROUPE COMPLET AVEC SILENCIEUX, NON RACCORDE, AVEC
 ----- REGULATION PROGRESSIVE EN FONCTION DE LA TEMP.
 EXTERIEURE, SANS ISOLATION PHONIQUE, SANS REGULATION DEBIT EAU
 GEOTHERMALE :

1.680.000 F.F. H.T.

NOS PRIX SONT FERMS DURANT LE DELAI D'OPTION D'UN MOIS ET ONT ETE
 CCALCULES SELON NOS CONDITIONS GENERALES DE VENTE.

GARANTIE : PIECES DE 12 MOIS APRES MISE EN SERVICE ET AU PKUS TARD 18
 ----- MOIS APRES MISE A DISPOSITION USINE.

RESTANT A VOTRE DISPOSITION.

Bordeaux, le 17 Janvier 1984

ARC - INGENIERIE
74, rue Georges Bonnac
33000 BORDEAUX

A l'attention de Monsieur BARBALA

Objet : Pompes à chaleur eau/eau en relève de chaudière.

Messieurs,

Suite à nos différents entretiens et aux études réalisées, nous vous adressons ci-après, notre offre pour la fourniture éventuelle de pompe à chaleur eau/eau CLIREF.

1e solution : 3 pompes à chaleur type PAC 3-236 D, fonctionnant au R 502, les 2 autres au R 12.

Ainsi que nous l'avons défini ces 3 machines, seraient branchées hydrauliquement en série, dans un sens pour les évaporateurs et à contre-sens pour les condenseurs.

Les évaporateurs seraient du type nettoyable.

Prix unitaire au 30/09/83 : 504 400.00 F T.T.C.

2e solution : 2 pompes à chaleur type PAC 3-354 D fonctionnant au R 12.

Le même principe de raccordement hydraulique serait adopté.

Les évaporateurs seraient du type nettoyable.

Prix unitaire au 30/09/83 : 696 350.00 F T.T.C.

Délai de fabrication : 12 à 14 semaines.

Nous vous souhaitons bonne réception de cette offre et, restant à votre entière disposition pour tout renseignement complémentaire que vous pourriez désirer,

Nous vous prions d'agréer, Messieurs, l'expression de nos sentiments distingués.



67, cours saint-louis - 33300 bordeaux / tél. (56) 81-35-38
société à responsabilité limitée au capital de 50.000 f / r. c.



CONDENSER LEAVING WATER TEMPERATURE °C
 SORTIE D'EAU CONDENSEUR °C

PAC		45				50				55				60				65				
		Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	
+ 18	EVAPORATOR LEAVING WATER TEMPERATURE SORTIE D'EAU EVAPORATEUR	3.24 M	71.0	56.3	14.7	4.83	87.9	52.4	15.5	4.38	64.8	48.8	16.0	4.04	61.7	45.1	16.6	3.71				
		3.29 M	87.8	70.4	17.4	5.03	83.7	65.3	18.4	4.54	79.9	60.9	19.0	4.19	76.0	56.2	19.8	3.84	70.9	50.3	20.6	3.43
		3.37 M	107.0	85.6	22.0	4.89	103.0	79.9	23.2	4.44	98.4	74.4	24.0	4.10	93.7	68.8	24.9	3.76				
		3.41 M	131.0	105.0	26.1	5.03	125.0	98.0	27.6	4.54	119.0	91.2	28.5	4.20	114.0	84.4	29.6	3.85	106.0	75.5	30.9	3.44
		3.50 M	153.0	122.0	31.1	4.93	147.0	114.0	32.8	4.47	140.0	106.0	34.0	4.11	133.0	98.2	35.2	3.79				
		3.59 M	185.0	148.0	37.0	5.02	177.0	138.0	39.0	4.54	169.0	129.0	40.3	4.19	161.0	119.0	41.8	3.85	150.0	106.0	43.7	3.44
		3.48 D	142.0	113.0	29.4	4.85	136.0	105.0	31.0	4.39	129.0	97.6	32.0	4.04	123.0	90.2	33.2	3.71				
		3.58 D	175.0	140.0	34.9	5.01	167.0	131.0	36.9	4.55	159.0	121.0	38.1	4.18	152.0	113.0	39.6	3.85	142.0	101.0	41.2	3.44
		3.74 D	217.0	173.0	44.1	4.91	206.0	160.0	46.5	4.44	197.0	149.0	48.1	4.10	187.0	138.0	49.9	3.76				
		3.82 D	263.0	211.0	52.4	5.03	251.0	196.0	55.2	4.55	239.0	182.0	57.1	4.20	228.0	169.0	59.2	3.85	212.0	151.0	61.9	3.44
		3.100 D	308.0	246.0	62.3	4.94	293.0	228.0	65.7	4.47	280.0	213.0	67.9	4.13	266.0	196.0	70.4	3.78				
		3.118 D	371.0	297.0	74.0	5.02	354.0	276.0	78.0	4.54	338.0	257.0	80.7	4.19	321.0	238.0	83.6	3.85	300.0	213.0	87.4	3.44
		3.123 D	397.0	319.0	78.0	5.09	379.0	297.0	82.3	4.60	362.0	277.0	85.2	4.25	343.0	255.0	88.1	3.90	340.0	243.0	97.8	3.48
		3.132 D	419.0	336.0	82.9	5.06	400.0	313.0	87.6	4.58	381.0	291.0	90.8	4.20	363.0	270.0	93.4	3.89				
		3.150 D	453.0	359.0	94.1	4.82	433.0	334.0	99.4	4.36	413.0	311.0	102.0	4.04	394.0	287.0	107.0	3.70				
		3.168 D	512.0	406.0	106.0	4.84	488.0	376.0	112.0	4.36	466.0	351.0	115.0	4.04	445.0	325.0	120.0	3.71				
		3.177 D	542.0	431.0	111.0	4.85	518.0	400.0	118.0	4.39	494.0	373.0	121.0	4.06	472.0	345.0	127.0	3.72				
		3.200 D	600.0	474.0	126.0	4.76	573.0	440.0	133.0	4.30	547.0	410.0	137.0	3.98	521.0	379.0	142.0	3.67				
3.236 D	715.0	565.0	150.0	4.76	683.0	525.0	158.0	4.31	652.0	488.0	164.0	3.98	622.0	452.0	170.0	3.66						
3.295 D	895.0	709.0	186.0	4.79	856.0	659.0	197.0	4.33	817.0	613.0	204.0	4.01	779.0	587.0	212.0	3.68						
3.354 D	1076.0	852.0	224.0	4.80	1028.0	792.0	236.0	4.35	981.0	737.0	244.0	4.01	935.0	682.0	253.0	3.69						

PAC		45				50				55				60				65				
		Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	
+ 20	EVAPORATOR LEAVING WATER TEMPERATURE SORTIE D'EAU EVAPORATEUR	3.24 M	74.7	59.7	15.0	4.99	71.5	55.6	15.9	4.48	68.3	51.8	16.5	4.13	65.3	48.1	17.2	3.80				
		3.29 M	92.3	74.5	17.8	5.18	88.2	69.2	19.0	4.65	84.3	64.6	19.7	4.28	80.4	59.9	20.5	3.92				
		3.37 M	113.0	91.1	22.4	5.06	108.0	84.6	24.0	4.53	104.0	79.0	24.8	4.17	99.0	73.2	25.8	3.83				
		3.41 M	138.0	112.0	26.7	5.19	132.0	104.0	28.5	4.65	126.0	96.4	29.5	4.26	120.0	89.9	30.7	3.93	113.0	80.9	32.0	3.53
		3.50 M	161.0	129.0	31.7	5.08	155.0	121.0	33.8	4.59	148.0	113.0	35.0	4.22	141.0	105.0	36.5	3.87				
		3.59 M	194.0	157.0	37.7	5.17	187.0	147.0	40.2	4.65	178.0	137.0	41.7	4.29	170.0	127.0	43.3	3.92	159.0	114.0	45.2	3.52
		3.48 D	149.0	119.0	30.0	4.97	143.0	111.0	31.9	4.48	137.0	104.0	33.0	4.15	130.0	96.0	34.5	3.79				
		3.58 D	184.0	149.0	35.6	5.17	175.0	138.0	37.4	4.69	168.0	129.0	39.3	4.28	160.0	119.0	40.9	3.92				
		3.74 D	227.0	182.0	45.0	5.04	217.0	169.0	47.8	4.54	207.0	158.0	49.6	4.19	198.0	147.0	51.6	3.84				
		3.82 D	277.0	224.0	53.5	5.18	264.0	208.0	56.8	4.66	253.0	194.0	59.0	4.29	240.0	179.0	61.4	3.92	225.0	161.0	64.0	3.52
		3.100 D	323.0	260.0	63.5	5.10	309.0	242.0	67.0	4.57	296.0	226.0	70.1	4.22	282.0	209.0	73.0	3.87				
		3.118 D	390.0	315.0	75.5	5.18	373.0	293.0	80.3	4.65	356.0	273.0	83.3	4.28	339.0	253.0	86.6	3.92	319.0	229.0	90.5	3.53
		3.123 D	417.0	338.0	79.6	5.25	398.0	314.0	84.7	4.70	380.0	293.0	87.9	4.33	363.0	271.0	91.6	3.96	340.0	245.0	95.1	3.57
		3.132 D	441.0	356.0	85.1	5.19	421.0	331.0	90.5	4.66	403.0	309.0	94.0	4.29	384.0	287.0	97.6	3.94				
		3.150 D	470.0	381.0	95.2	5.00	455.0	354.0	101.0	4.49	435.0	330.0	105.0	4.14	416.0	307.0	109.0	3.80				
		3.168 D	536.0	429.0	107.0	4.98	513.0	399.0	114.0	4.50	490.0	372.0	118.0	4.15	468.0	345.0	123.0	3.79				
		3.177 D	571.0	456.0	115.0	4.98	546.0	425.0	121.0	4.49	522.0	396.0	126.0	4.14	498.0	367.0	131.0	3.79				
		3.200 D	630.0	502.0	128.0	4.90	603.0	466.0	137.0	4.41	577.0	435.0	142.0	4.06	550.0	403.0	147.0	3.73				
3.236 D	751.0	598.0	153.0	4.91	719.0	556.0	163.0	4.41	688.0	519.0	169.0	4.07	656.0	481.0	175.0	3.74						
3.295 D	941.0	750.0	191.0	4.92	901.0	698.0	203.0	4.44	861.0	650.0	211.0	4.08	822.0	603.0	219.0	3.75						
3.354 D	1130.0	902.0	228.0	4.95	1083.0	839.0	244.0	4.44	1035.0	783.0	252.0	4.10	987.0	725.0	262.0	3.76						

CONDENSER LEAVING WATER TEMPERATURE °C
SORTIE D'EAU CONDENSEUR °C

PAC	55				60				65				70				75				
	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	
+ 21	3.24 M	60.5	46.1	14.4	4.20	57.9	42.9	15.0	3.85	54.7	39.1	15.6	3.51	52.1	36.0	16.1	3.23				
	3.29 M	74.6	57.5	17.1	4.36	71.4	53.6	17.8	4.01	67.2	48.7	18.5	3.63	64.0	44.8	19.2	3.33	60.4	40.7	19.7	3.07
	3.37 M	91.9	70.3	21.8	4.26	88.0	65.5	22.5	3.91	83.0	59.6	23.4	3.54	79.2	55.0	24.2	3.27	74.5	49.8	24.7	3.01
	3.41 M	112.0	86.3	25.6	4.37	107.0	80.3	26.8	4.00	100.0	73.1	27.8	3.63	96.1	67.3	28.8	3.33	90.6	61.2	29.4	3.08
	3.50 M	130.0	100.0	30.5	4.29	125.0	93.5	31.8	3.93	118.0	85.0	33.0	3.58	113.0	78.4	35.0	3.24	106.0	71.1	35.0	3.03
	3.59 M	157.0	121.0	36.3	4.34	152.0	114.0	37.9	4.01	142.0	103.0	39.2	3.63	135.0	95.1	40.7	3.33	128.0	86.3	41.7	3.07
	3.48 D	121.0	92.2	28.8	4.20	115.0	85.9	30.0	3.86	109.0	78.1	31.1	3.51	104.0	72.0	32.3	3.23				
	3.58 D	149.0	115.0	34.2	4.36	143.0	107.0	35.7	4.01	134.0	97.5	37.0	3.63	128.0	89.8	38.4	3.34	120.0	81.5	39.3	3.08
	3.74 D	183.0	140.0	43.2	4.26	176.0	131.0	45.1	3.91	165.0	119.0	46.8	3.55	158.0	110.0	48.5	3.26	149.0	99.7	49.6	3.01
	3.82 D	224.0	173.0	51.3	4.37	213.0	160.0	53.8	4.00	202.0	147.0	55.8	3.64	192.0	135.0	57.6	3.34	181.0	122.0	59.0	3.07
	3.100 D	262.0	201.0	60.9	4.30	250.0	187.0	63.7	3.93	236.0	170.0	66.1	3.57	225.0	157.0	68.5	3.28	212.0	142.0	70.1	3.03
	3.118 D	316.0	244.0	72.5	4.36	302.0	227.0	75.6	4.00	285.0	206.0	78.6	3.63	271.0	190.0	81.4	3.33	256.0	173.0	83.4	3.07
	3.123 D	338.0	260.0	78.5	4.41	322.0	243.0	79.8	4.04	304.0	221.0	82.9	3.67	289.0	203.0	85.9	3.37	273.0	185.0	87.8	3.11
	3.132 D	356.0	275.0	81.3	4.38	342.0	257.0	84.8	4.03	322.0	234.0	88.1	3.65	305.0	215.0	90.8	3.36	287.0	194.0	93.5	3.08
	3.150 D	386.0	294.0	92.3	4.19	370.0	274.0	95.9	3.86	348.0	249.0	99.4	3.50	333.0	230.0	103.0	3.23	314.0	208.0	106.0	2.97
	3.168 D	436.0	332.0	104.0	4.19	416.0	308.0	108.0	3.85	394.0	281.0	113.0	3.49	375.0	259.0	116.0	3.22				
	3.177 D	461.0	352.0	109.0	4.22	442.0	328.0	114.0	3.86	417.0	298.0	119.0	3.51	398.0	275.0	123.0	3.23				
	3.200 D	510.0	387.0	123.0	4.14	489.0	361.0	128.0	3.80	462.0	328.0	134.0	3.45	440.0	302.0	138.0	3.18	416.0	274.0	142.0	2.93
	3.236 D	608.0	462.0	146.0	4.15	584.0	430.0	154.0	3.79	550.0	391.0	159.0	3.45	528.0	360.0	166.0	3.17				
	3.295 D	762.0	579.0	183.0	4.18	731.0	540.0	191.0	3.82	689.0	491.0	198.0	3.47	658.0	452.0	206.0	3.19				
	3.354 D	916.0	697.0	219.0	4.18	878.0	649.0	229.0	3.83	828.0	590.0	238.0	3.48	790.0	544.0	246.0	3.21				

PAC	55				60				65				70				75				
	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	
+ 24	3.24 M	65.9	50.9	15.0	4.40	62.5	46.7	15.8	3.94	60.5	43.7	16.8	3.60	56.7	39.9	16.8	3.70				
	3.29 M	81.2	63.5	17.7	4.58	76.9	58.1	18.8	4.09	73.8	54.5	19.3	3.82	69.7	49.7	20.0	3.48	65.3	44.6	20.7	3.16
	3.37 M	100.0	77.6	22.4	4.46	94.9	71.2	23.7	3.99	91.0	66.6	24.4	3.73	86.1	60.8	25.3	3.40				
	3.41 M	122.0	95.3	26.6	4.57	115.0	87.2	28.2	4.09	112.0	81.9	30.0	3.72	104.0	74.6	30.0	3.48	97.9	67.0	30.9	3.16
	3.50 M	142.0	111.0	31.7	4.50	134.0	101.0	33.6	4.03	129.0	95.2	34.5	3.76	122.0	86.8	35.7	3.43	114.0	78.0	36.8	3.12
	3.59 M	171.0	134.0	37.7	4.55	163.0	123.0	39.9	4.09	156.0	115.0	40.9	3.81	146.0	105.0	41.7	3.53	138.0	94.5	43.7	3.16
	3.48 D	132.0	102.0	29.9	4.41	125.0	93.3	31.7	3.94	120.0	87.4	32.6	3.68	113.0	79.7	33.6	3.37				
	3.58 D	162.0	126.0	36.0	4.56	153.0	116.0	37.7	4.08	147.0	109.9	38.7	3.80	139.0	99.4	40.1	3.48	130.0	89.3	41.2	3.17
	3.74 D	200.0	155.0	44.9	4.45	190.0	143.0	47.6	4.00	182.0	133.0	48.9	3.73	171.0	121.0	50.6	3.39				
	3.82 D	244.0	191.0	53.4	4.58	230.0	174.0	56.5	4.08	221.0	163.0	58.1	3.81	209.0	149.0	60.1	3.47	196.0	134.0	62.0	3.16
	3.100 D	285.0	222.0	63.4	4.50	270.0	203.0	67.2	4.02	260.0	191.0	69.0	3.76	244.0	173.0	71.5	3.42	228.0	155.0	73.6	3.11
	3.118 D	344.0	269.0	75.4	4.57	326.0	247.0	79.8	4.09	313.0	231.0	82.0	3.82	294.0	210.0	84.9	3.47	276.0	189.0	87.4	3.16
	3.123 D	367.0	288.0	79.6	4.62	348.0	264.0	84.5	4.12	334.0	248.0	86.6	3.86	314.0	225.0	89.0	3.53	294.0	202.0	92.5	3.19
	3.132 D	387.0	303.0	84.5	4.59	367.0	278.0	89.1	4.12	352.0	261.0	91.7	3.85	333.0	238.0	95.2	3.50	311.0	214.0	97.9	3.18
	3.150 D	420.0	325.0	95.9	4.39	398.0	297.0	101.0	3.94	383.0	279.0	104.0	3.69	361.0	254.0	107.0	3.36	340.0	229.0	111.0	3.06
	3.168 D	474.0	366.0	108.0	4.38	450.0	336.0	114.0	3.93	432.0	315.0	117.0	3.68	408.0	286.0	122.0	3.35				
	3.177 D	501.0	388.0	113.0	3.53	477.0	356.0	121.0	3.95	458.9	334.0	124.0	3.68	432.0	304.0	128.0	3.38				
	3.200 D	556.0	428.0	128.0	4.35	528.0	392.0	136.0	3.88	506.0	367.0	139.0	3.63	480.0	335.0	145.0	3.31	449.0	301.0	148.0	3.03
	3.236 D	663.0	510.0	153.0	4.33	629.0	467.0	162.0	3.88	604.0	438.0	166.0	3.63	571.0	399.0	172.0	3.32				
	3.295 D	830.0	640.0	190.0	4.36	788.0	586.0	202.0	3.90	756.0	549.0	207.0	3.65	715.0	501.0	214.0	3.33				
	3.354 D	997.0	769.0	228.0	4.37	947.0	705.0	242.0	3.91	909.0	661.0	248.0	3.66	859.0	602.0	257.0	3.34				

CONDENSER LEAVING WATER TEMPERATURE °C
SORTIE D'EAU CONDENSEUR °C

PAC		55				60				65				70				75			
		Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP
+27	3.24 M	71.5	56.0	15.5	4.62	67.2	50.5	16.7	4.01	64.8	47.8	17.0	3.81	61.5	43.9	17.8	3.49				
	3.29 M	87.9	69.6	18.3	4.79	82.5	62.6	19.9	4.15	79.4	59.3	20.1	3.94	75.3	54.5	20.8	3.62	70.5	49.1	21.4	3.29
	3.37 M	108.0	85.1	23.1	4.68	101.0	76.6	25.1	4.05	98.1	72.6	25.5	3.85	92.9	66.7	26.2	3.54				
	3.41 M	131.0	104.0	27.6	4.79	124.0	94.1	29.8	4.18	119.0	89.0	30.3	3.94	113.0	81.9	31.3	3.61	105.0	73.7	32.2	3.29
	3.50 M	154.0	121.0	32.7	4.70	145.0	110.0	35.4	4.10	139.0	104.0	35.9	3.88	132.0	95.2	37.2	3.56				
	3.59 M	185.0	147.0	38.9	4.77	175.0	133.0	42.1	4.16	168.0	125.0	42.7	3.94	159.0	115.0	44.1	3.60	149.0	104.0	45.5	3.29
	3.48 D	142.0	111.0	30.9	4.59	134.0	101.0	33.4	4.01	129.0	95.1	33.9	3.80	122.0	87.5	35.1	3.49				
	3.58 D	176.0	139.0	36.8	4.78	165.0	126.0	39.8	4.15	158.0	118.0	40.4	3.93	150.0	108.0	41.7	3.61	141.0	98.3	42.9	3.29
	3.74 D	216.0	170.0	46.4	4.67	203.0	153.0	50.2	4.05	195.0	144.0	50.9	3.84	186.0	133.0	52.6	3.54				
	3.82 D	264.0	209.0	55.1	4.79	247.0	188.0	59.7	4.15	238.0	178.0	60.6	3.94	226.0	164.0	62.6	3.61	211.0	147.0	64.5	3.27
	3.100 D	308.0	243.0	65.5	4.70	289.0	219.0	70.9	4.08	279.0	207.0	72.0	3.88	265.0	191.0	74.4	3.56				
	3.118 D	372.0	294.0	77.9	4.78	349.0	265.0	84.2	4.14	336.0	251.0	85.6	3.93	319.0	231.0	88.4	3.61	298.0	208.0	90.4	3.30
	3.123 D	398.0	316.0	82.2	4.84	373.0	284.0	89.0	4.19	359.0	269.0	89.8	3.99	341.0	248.0	93.4	3.65	319.0	223.0	96.0	3.33
	3.132 D	420.0	333.0	87.3	4.82	394.0	300.0	94.3	4.18	381.0	285.0	96.1	3.96	360.0	261.0	98.8	3.65				
	3.150 D	454.0	356.0	98.6	4.61	427.0	321.0	106.0	4.01	412.0	304.0	108.0	3.80	391.0	278.0	113.0	3.47				
	3.168 D	514.0	402.0	112.0	4.59	482.0	361.0	121.0	3.99	464.0	342.0	122.0	3.79	441.0	315.0	128.0	3.49				
	3.177 D	545.0	427.0	118.0	4.61	512.0	385.0	127.0	4.03	493.0	363.0	130.0	3.80	467.0	334.0	133.0	3.50				
3.200 D	601.0	469.0	132.0	4.54	566.0	422.0	144.0	3.93	546.0	400.0	146.0	3.74	517.0	367.0	150.0	3.44					
3.236 D	717.0	559.0	158.0	4.53	675.0	504.0	171.0	3.95	650.0	477.0	173.0	3.75	617.0	438.0	179.0	3.45					
3.295 D	898.0	702.0	196.0	4.57	845.0	632.0	213.0	3.95	814.0	598.0	216.0	3.76	772.0	549.0	223.0	3.46					
3.354 D	1079.0	844.0	235.0	4.58	1014.0	759.0	255.0	3.97	978.0	719.0	259.0	3.78	929.0	661.0	268.0	3.47					

PAC		55				60				65				70				75			
		Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP	Q1	Q2	P	COP
+30	3.24 M	77.8	61.9	15.9	4.88	73.4	56.6	16.8	4.53	70.2	52.5	17.7	3.96	66.1	47.8	18.3	3.60				
	3.29 M	95.7	76.8	18.9	5.07	90.1	70.2	19.9	4.52	86.2	65.3	20.9	4.12	81.1	59.4	21.7	3.73	76.6	54.4	22.2	3.45
	3.37 M	117.0	94.0	23.7	4.93	111.0	85.9	25.1	4.42	106.0	79.9	26.5	4.02	99.9	72.6	27.3	3.65				
	3.41 M	143.0	115.0	28.4	5.05	135.0	105.1	29.9	4.51	129.0	97.9	31.4	4.12	121.0	89.0	32.5	3.74	115.0	81.6	33.3	3.45
	3.50 M	167.0	134.0	33.7	4.97	157.0	122.0	35.5	4.42	151.0	114.0	37.3	4.06	142.0	104.0	38.6	3.68				
	3.59 M	202.0	162.0	40.0	5.06	191.0	149.0	42.1	4.53	182.0	138.0	44.3	4.12	171.0	125.0	45.9	3.73	162.0	115.0	47.1	3.44
	3.48 D	155.0	123.0	31.8	4.87	146.0	113.0	33.5	4.36	140.0	105.0	35.2	3.98	131.0	95.2	36.5	3.61				
	3.58 D	191.0	154.0	37.8	5.07	180.0	140.0	39.8	4.52	172.0	131.0	41.8	4.12	162.0	119.0	43.3	3.75	152.0	108.0	44.4	3.45
	3.74 D	235.0	188.0	47.7	4.94	222.0	172.0	50.3	4.42	213.0	160.0	52.8	4.03	199.0	145.0	54.9	3.64				
	3.82 D	286.0	230.0	56.8	5.05	269.0	209.0	59.9	4.49	259.0	196.0	63.0	4.12	243.0	178.0	65.1	3.74	230.0	163.0	66.7	3.45
	3.100 D	335.0	268.0	67.8	4.97	316.0	245.0	71.2	4.44	302.0	228.0	74.7	4.06	284.0	207.0	77.3	3.68				
	3.118 D	405.0	325.0	80.1	5.06	380.0	296.0	84.4	4.50	365.0	276.0	88.7	4.12	343.0	251.0	92.2	3.72	325.0	231.0	94.0	3.46
	3.123 D	433.0	349.0	84.6	5.13	408.0	319.0	89.0	4.58	389.0	296.0	93.4	4.17	368.0	269.0	98.9	3.78	346.0	247.0	99.5	3.48
	3.132 D	458.0	368.0	89.9	5.09	430.0	190.0	94.8	4.53	412.0	313.0	99.7	4.14	387.0	284.0	103.0	3.76				
	3.150 D	495.0	393.0	102.0	4.84	466.0	359.0	107.0	4.35	446.0	334.0	112.0	3.96	419.0	303.0	116.0	3.61				
	3.168 D	558.0	443.0	115.0	4.86	526.0	405.0	121.0	4.38	503.0	376.0	127.0	3.96	474.0	342.0	132.0	3.60				
	3.177 D	592.0	471.0	121.0	4.90	558.0	431.0	128.0	4.36	534.0	400.0	134.0	3.98	503.0	364.0	139.0	3.63				
3.200 D	654.0	518.0	136.0	4.81	617.0	474.0	144.0	4.28	591.0	440.0	151.0	3.91	556.0	400.0	156.0	3.55					
3.236 D	780.0	617.0	163.0	4.78	730.0	564.0	172.0	4.28	704.0	524.0	180.0	3.91	663.0	477.0	186.0	3.56					
3.295 D	977.0	774.0	203.0	4.81	922.0	709.0	213.0	4.33	882.0	658.0	224.0	3.93	830.0	598.0	232.0	3.57					
3.354 D	1173.0	930.0	243.0	4.83	1107.0	852.0	255.0	4.34	1059.0	791.0	268.0	3.94	997.0	719.0	278.0	3.58					

A N N E X E 3

LETRE DE LA CAISSE DES DEPOTS ET CONSIGNATIONS

CAISSE DES DEPOTS
ET CONSIGNATIONS

LE DELEGUE REGIONAL

YPR/MD

24 NOV 1983

"Le croix du mail" - Rue Claude Bonnier
33081 BORDEAUX CEDEX Tél. : 96.37.00

Le
23 NOV. 1983

Monsieur le Directeur
de la S A E M C I B
1, rue de la République
33130 BEGLES

O B J E T : Demande d'emprunt pour une opération de géothermie

REFERENCE : Votre lettre du 16 novembre 1983

Monsieur le Directeur,

Comme suite à votre lettre citée en référence, relative à l'affaire visée en objet, j'ai l'honneur de vous confirmer que les opérations de géothermie subventionnées par l'Agence Française pour les économies d'énergie peuvent donner lieu à des prêts de la Caisse des Dépôts ou des Caisses d'Epargne jusqu'à hauteur maximum de 80 % du coût de l'investissement.

Bien entendu, si l'apport en capital autre que l'emprunt - et c'est d'ailleurs le cas pour votre projet - était supérieur à 20 %, le concours susceptible de vous être apporté serait égal à la différence entre le coût total des travaux et les ressources dégagées par cet apport.

Les nouvelles conditions des prêts pour les projets de l'espèce, qui viennent de m'être confirmées par ma Direction Générale, sont les suivantes :

- Travaux de forage :

Prêt à taux privilégié (15 ans à 10,75 %)

- Travaux de surface :

Prêt de la Caisse d'Aide à l'Equipement des Collectivités Locales au taux du marché obligataire (actuellement 14,50 %).

Restant à votre disposition,

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération distinguée. Le Délégué Régional Adjoint


R. BAUJARD