MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Boîte Postale 6009 - 45018 ORLÉANS CEDEX - Tél. (38) 63.80.01

ÉTUDE THERMIQUE ET ÉCONOMIQUE DES PROJETS DE POMPE A CHALEUR SUR NAPPE

PROGRAMMES DE CALCUL AUTOMATIQUE

par

J.-C. MARTIN* et S. FAURE**

* Ingénieur au B.R.G.M.

** Ingénieur stagiaire de l'E.N.S.I.M.E de VALENCIENNES

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL AQUITAINE

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

Rapport du B.R.G.M.

83 SGN 291 AQI

Pessac, mars 1983

I N T R O D U C T I O N

A la demande de la mission Hydro Energie (H E N), le Service Régional Aquitaine (SGR/AQI) a réalisé, sur fonds propres du B.R.G.M., cette note qui expose une méthode de calcul des caractéristiques thermiques et économiques d'un projet pompe à chaleur.

Une série de sept programmes écrits en FORTRAN Micro soft, a été réalisée.

Les versions actuelles fonctionnent sur micro ordinateur MICRAL en conversationnel.

R E S U M E

Les deux premiers chapitres sont consacrés aux rappels des définitions et des notions générales de thermique du bâtiment.

Le chapitre trois décrit la méthode de calcul du taux de couverture et du bilan énergétique d'un projet géothermie avec trois versions :

Version 1 : Pompe à chaleur en relève de chaudière sur nappe (eau à 10 - 12°C)

Version 2 : Pompe à chaleur + échangeur en relève de chaudière (eau à 30 - 50°C)

Version 3 : Echangeur en relève de chaudière (eau à plus de 50°C)

Le chapitre quatre aborde les principes économiques liés aux projets de chauffage, avec le calcul des paramètres qui permettent de porter un jugement sur la rentabilité de ceux-ci :

- temps de retour,
- taux interne de rentabilité, etc.

Un exemple d'application est traité dans sa totalité et figure en annexe 3.

S O M M A I R E

Introduction

Résumé

Sommaire

1 - DEFINITION DES BESOINS CALORIFIQUES UTILES 1

1.1 - Déperditions globales utiles

1.2 - Apports gratuits

1.3 - Expression de la puissance utile de chauffage

1.4 - Calcul des consommations calorifiques utiles

1.4.1 - Méthode des DJU

1.4.2 - Méthode des diagrammes des températures extérieures

1.5 - Calcul des consommations de combustible

2 - DIFFUSION DE LA CHALEUR DANS LES LOCAUX 9

3 - METHODOLOGIE DU CALCUL THERMIQUE DES POMPES A CHALEUR 12

3.1 - Principe de fonctionnement des pompes à chaleur eau/eau

3.2 - Schémas de principes retenus

4 - ECONOMIE DU PROJET 19

4.1 - Résultats thermiques intéressants la partie économique du projet

4.2 - Constitution du coût du chauffage

4.3 - Résultats apportés par le calcul économique

A N N E X E S

-=-=-=-=-=-

A1 - Annexe météorologie

A2 - Tableau synoptique de mise en oeuvre des programmes

A3 - Exemple d'application

A4 - Bibliographie et liste des constructeurs (non limitative).

1 - DEFINITION DES BESOINS CALORIFIQUES UTILES

Les besoins calorifiques utiles d'une installation sont fonction des conditions climatiques extérieures et des conditions intérieures requises.

Besoins calorifiques utiles = Déperditions globales utiles - Apports gratuits

On entend par besoins utiles et déperditions utiles, les résultats thermiques obtenus sans tenir compte des rendements de combustion en chaufferie et des rendements de distribution dans les réseaux de chaleur.

1.1 - Déperditions globales utiles

Les déperditions globales utiles d'un bâtiment sont la somme des :

- déperditions par les parois,
- déperditions par renouvellement d'air.

. Coefficient de déperditions volumiques G

Le coefficient de déperdition volumique permet d'apprécier la qualité thermique d'un bâtiment.

Par définition, on a :

$$P = G\,V\,(ti - te)$$

avec :

P : les déperditions globales utiles (Watt)
G : le coefficient de déperdition volumique (Watt/m^3. °C)
V : le volume habitable du bâtiment (m^3)
ti : la température intérieure (°C)
te : la température extérieure (°C)

La valeur du coefficient G peut varier de 0,80 (très bonne isolation) à 2 Watt/m^3. °C (mauvaise isolation - bâtiment ancien).

1.2 - Apports gratuits

Les apports gratuits correspondent aux amenées de chaleur non maîtrisées concourant au chauffage et allégeant de ce fait, les besoins calorifiques d'un local.

Ce sont entre autres les :

- apports solaires (directs et diffus)
- dégagements calorifiques dus à l'éclairage
- dégagements calorifiques de divers appareils
- dégagements calorifiques du personnel, des animaux.

. Température extérieure de non-chauffage, t_{nc}

Ces apports gratuits conduisent d'une part, à une température extérieure t_{nc}, dite de non-chauffage, au-dessus de laquelle le chauffage n'est plus sollicité avec $t_{nc} < t_i$ (t_i étant la température intérieure des locaux chauffés), et d'autre part à des besoins calorifiques moyens inférieurs aux déperditions calorifiques globales utiles.

Un certain nombre de facteurs agissent sur la valeur des apports gratuits et plus particulièrement sur ceux résultant des effets des rayonnements solaires directs et diffus.

Ce sont notamment :

- l'orientation des façades,
- l'importance des vitrages et leur nature,
- la couleur des façades,
- l'isolation thermique des murs extérieurs,
- la température extérieure.

1.3 - Expression de la puissance utile de chauffage

On a vu que les apports gratuits dépendent pour une bonne part de l'ensoleillement. Pour cette raison, on supposera que les apports gratuits sont nuls lorsqu'il fait très froid et maximum lorsqu'il fait chaud.

. Température extérieure de base hiver t_b

Par définition, c'est en France la température minimale quotidienne constatée au moins 5 fois au cours de l'année.

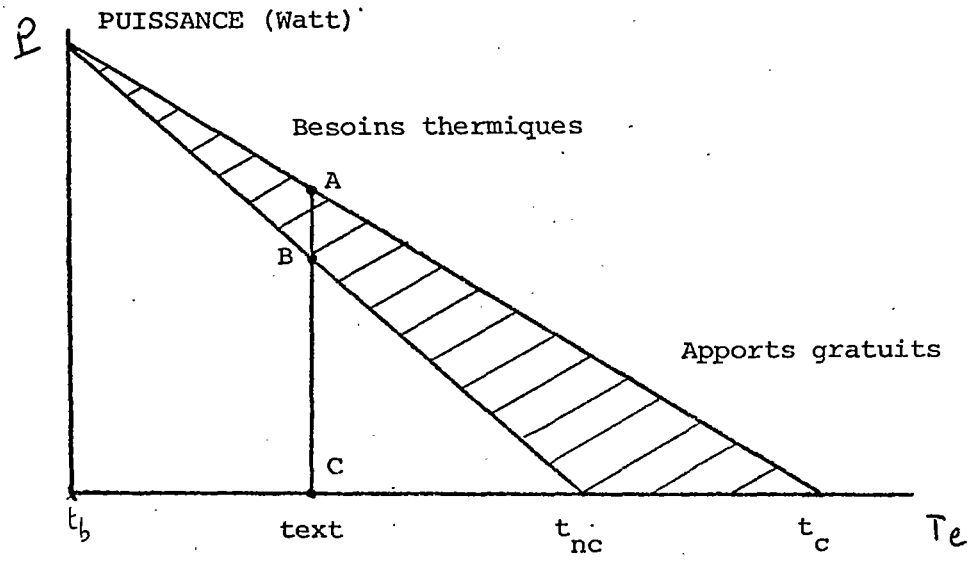
C'est cette température qui sert d'élément de base au calcul des déperditions hiver.

Pour toute la France, les températures de base sont données par le D.T.U. (Document Technique Unifié) édité par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (C.S.T.B.).

La carte de France située en annexe météorologie illustre les températures extérieures de base hiver. Il convient de corriger cependant les températures lues sur la carte en fonction de l'altitude du lieu.

Avec les informations données plus haut, on peut établir le diagramme des puissances utiles de chauffage d'un bâtiment en fonction de la température extérieure.

DIAGRAMME DES PUISSANCES UTILES



avec t_b : Température de base
t_{nc} : Température de non-chauffage
t_c : Température de consigne (ou température intérieure du bâtiment)
text : Température extérieure quelconque

Pour une certaine température extérieure Text, on a :

- déperditions globales = A C
- apports gratuits = A B
- Besoins calorifiques = A C - A B = B C

On constate que les apports gratuits sont nuls pour une température

extérieure égale à la température de base t_b on a alors :

Besoins calorifiques = Déperditions globales

ce qui nous permet de connaître la puissance maximale de chauffage :

$$P_{max} = G\,V\,(t_c - t_b)$$

Les besoins thermiques du bâtiment à chauffer sont nuls pour une température extérieure égale à la température de non-chauffage t_{nc}.

On supposera dans notre modèle thermique (ce n'est pas tout à fait exact) que la loi des besoins calorifiques utiles d'un bâtiment est linéaire selon l'expression suivante :

$$P = G\,V\,(Text - t_{nc})$$

avec $P = P_{max}$ pour $text = t_b$

$P = 0$ pour $text = t_{nc}$

1.4 - Calcul des consommations calorifiques utiles

Comme pour les puissances utiles, les consommations utiles correspondent aux dissipations propres des bâtiments et ne tiennent pas compte des rendements de combustion en chaufferie et des rendements de distribution dans les réseaux de chaleur.

1.4.1 - Méthode des degrés jours

Les degrés jours correspondent à l'intégration sur une saison de chauffage des écarts entre une température de base t et la température extérieure.

Pour chaque site géographique on aura ainsi pour chaque température de base t, la valeur :

D_{jt} saison de chauffage 232 jours (10 octobre - 20 mai)

avec $D_{jt} = \Sigma_{ni}\ (t - t_i)$ $\Sigma_{ni} = 232$

Par définition les degrés jours base 18° sont les degrés jours unifiés.

Le choix de la température de base 18°C a été normalisé par les techniciens qui ont considérés un léger écart moyen annuel (2 à 3°C) entre l'intérieur et l'extérieur, pour tenir compte des apports gratuits internes et externes au cours de la période hivernale.

La consommation énergétique pour une température moyenne extérieure t est :

$$C_t = P_t \times n_t \times 24$$

avec :

$$P_t = G\ V\ (18 - t)$$

où :

C_t : consommation énergétique correspondant à la température extérieure t.

P_t : puissance thermique correspondant à la température extérieure t.

n_t : fréquence observée de cette même température extérieure (jour)

La somme de toutes les consommations partielles C_t sur la saison de chauffage de 232 jours est :

$$C_{Total} = \Sigma\ C_t$$

$$= \Sigma\ P_t \times n_t \times 24$$

$$= 24 \cdot G\ V\ \Sigma\ n_t\ (18 - t)$$

Consommation = 24 G V DJU

Dans la plupart des cas, on remarque une certaine intermittence en ce qui concerne l'utilisation du chauffage en raison de :

- utilisation discontinue (vacances)
- baisse nocturne ou diurne de la température intérieure
- apports internes et externes plus importants en raison de la forte isolation

ce qui se traduit par une minoration de la consommation.

Dans la pratique, on utilise donc la formule suivante, où h est le

coefficient d'intermittence :

$$c = h \times 24 \times GV \times DJU$$

1.4.2 - Méthode des diagrammes des températures extérieures

Dans la suite de notre schéma, on retiendra la méthode suivante :

- A chaque température extérieure moyenne journalière on associe une fréquence exprimée en jour. En annexe météorologie figure ces courbes de charge. pour l'ensemble de la France.

L'expression de ces déperditions calorifiques est la suivante :

$$E = \sum_{t=t_b}^{t=t_{nc}} P_t \times D_t \times h$$

où P_t est la puissance calorifique correspondant à la température extérieure t,

D_t fréquence observée de la température t,

h coefficient d'intermittence,

nous avons :

$$P_t = G\,V\,(t_{nc} - t)$$

donc :

$$E = G\,V \sum_{t=t_b}^{t=t_{nc}} (t_{nc} - t) \times D_t \times h$$

1.5 - Calcul des consommations de combustible

. Pouvoir calorifique inférieur d'un combustible (PCI)

C'est la quantité de chaleur exprimée en KWh, dégagée par la combustion de ce combustible.

Le tableau A donne les valeurs du pouvoir calorifique inférieur de certains combustibles.

L'énergie PCI nécessaire au chauffage est égale au rapport de la consommation utile calculée par les méthodes des paragraphes précédents sur le rendement de combustion et de distribution.

$$\text{Energie PCI} = \frac{\text{Consommation utile}}{\text{Rendement de combustion et de distribution}}$$

. Rendement de combustion

L'énergie dissipée, lors de la combustion au sein d'une chaudière, n'est pas en totalité transmise à l'eau du réseau de chauffage. Les pertes thermiques contribuant à la baisse de rendement d'une chaudière, sont les suivantes :

- pertes par chaleur sensible dans les fumées,
- pertes par chaleur latente dans les fumées,
- pertes par imbrulés solides,
- pertes par rayonnement, convection et divers.

Le tableau A donne les valeurs du rendement de combustion de certains combustibles, retenues dans notre schéma de travail.

. Equivalence énergétique

Par convention, une tonne d'équivalent pétrole est égale, quelque soit le produit énergétique considéré, à 10 000 thermies de combustible calculé sur la base de son pouvoir calorifique inférieur, ou à 4 000 kWh électrique.

TABLEAU A : POUVOIR CALORIFIQUE ET RENDEMENT DE COMBUSTION

COMBUSTIBLE	POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR	RENDEMENT DE COMBUSTION (%)
Fuel Oil Domestique (FOD)	9 950 kWh/m^3	80
Fuel Lourd n° 2 (FL2)	11 560 kWh/tonne	75
Gaz Naturel (GN)	10 130 kWh/m^3	85
Butane	12 670 kWh/tonne	85
Propane	12 790 kWh/tonne	85
Charbon	7 540 kWh/tonne	75

A ce rendement de combustion on doit ajouter le rendement de distribution dû au réseau d'amenée d'eau chaude.

On supposera ici que les pertes thermiques dans le réseau d'amenée (liaison chaufferie - bâtiments à chauffer) sont nulles.

La puissance réelle de chauffage en chaufferie est égale au rapport de la puissance utile sur le rendement de combustion et de distribution.

La puissance installée d'une chaufferie doit tenir compte d'une certaine surpuissance nécessaire pour les mises en température rapide des bâtiments. On peut avoir un rapport égal à 1,3 ou 1,5 et plus entre la puissance installée et la puissance utile.

2 - DIFFUSION DE LA CHALEUR DANS LES LOCAUX

Types d'émetteurs

La puissance de chauffage nécessaire aux locaux variant en fonction de la température extérieure, il est donc nécessaire de faire varier au niveau de l'émission soit le débit de fluide, soit la température.

C'est généralement cette deuxième solution qui est adoptée, les températures de départ et de retour au niveau de l'émission étant décroissantes en fonction de l'extérieur.

Cependant, ces températures dépendent très fortement du type d'émetteur.

Tout d'abord, les émetteurs à haute température, calculés généralement pour 90°C au départ et 70°C au retour, pour la température extérieure de base. Ce sont essentiellement les radiateurs, les convecteurs et les plinthes chauffantes.

Des systèmes dérivés des convecteurs, comme les ventilo-convecteurs et les éjecto-convecteurs, sont un peu plus favorables, car le brassage d'air réchauffé étant plus important, les températures de fluide nécessaires sont moins élevées.

Les systèmes de chauffage statique les plus intéressants sont sans conteste les chauffages par dalle, que ce soit par émission par le plancher ou par le plafond, ou par les deux simultanément.

En effet, la surface d'échange étant extrêmement importante entre le fluide chauffant et le local, les températures de ce dernier sont assez faibles.

Cette température est également limitée pour des questions de confort.

Ces isntallations sont généralement dimensionnées pour des températures de départ de 55°C et de retour de 45°C, pour la température extérieure de base.

Un autre système très favorable pour les pompes à chaleur est l'utilisation de chauffage par air chaud.

En effet, l'air ne peut pas être soufflé à une température supérieure à 35/40°C et est généralement de l'air neuf à température extérieure.

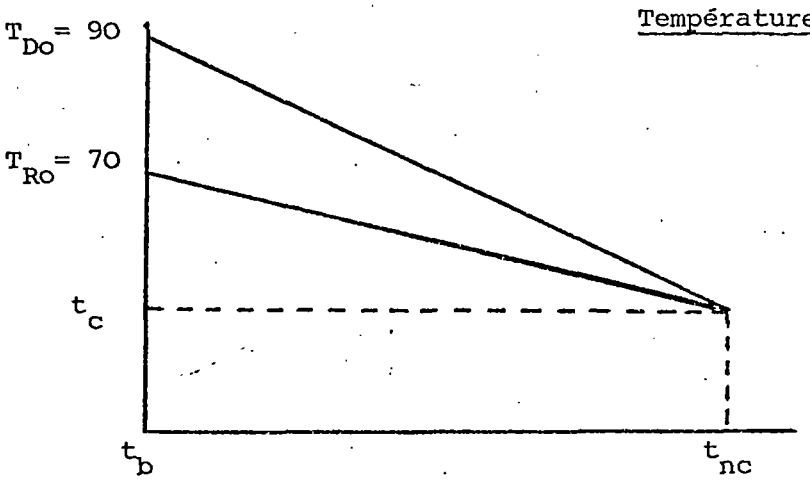
Dans les logements existants, notamment dans les grands ensembles, les systèmes les plus souvent employés sont les radiateurs et les planchers chauffants.

La détermination du type d'émetteur employé est donc de toute première importance quant à la rentabilité d'une opération de pompe à chaleur.

Dans la suite de notre note, on ne développera que le cas particulier des pompes à chaleur eau-eau.

. Loi de température des corps de chauffe

On retiendra dans la suite de notre modèle l'hypothèse d'une variation linéaire de la température de départ et de retour du fluide chauffant en fonction de la température extérieure.



Loi de température des corps de chauffe :

avec t_b = température de base

t_{nc} = température de non-chauffage

t_c = température de consigne

T_{Do} et T_{Ro} = température de départ et de retour du fluide chauffant correspondant à la température de base.

On a donc :

$T_D = a + b\ text$

$T_R = a' + b'\ text$

$P = 1{,}163 \cdot D \cdot \rho \cdot C \cdot (T_D - T_R)$

avec :

P : puissance utile de chauffage (kWatt)

D : débit volumique dans les corps de chauffe (m^3/h)

ρ : masse volumique de l'eau (kg/m^3)

C : chaleur massique de l'eau (Kcal/kg °C)

T_D et T_R : température de départ et de retour (°C)

1,163 : paramètre de conversion des unités (thermie/ en kWatt)

comme :

ρ : 1 000 kg/m^3

et C : 1 Kcal/kg °C

on pourra écrire :

$P = 1{,}163 \times D \times (T_D - T_R)$

avec :

P en kWatt

D en m^3/h

T_D et T_R en °C

on a :

$P_{MAx} = 1{,}163 \quad D \quad (TDo - TRo)$

et : $P = 1{,}163 \cdot D\ (a + b\ text - a' - b'\ text)$

$P = 1{,}163\ D\ (a - a') + 1{,}163\ D\ (b - b')\ text$

$P = \alpha + \beta\ text$

avec :

$\alpha = 1{,}163\ D\ (a - a')$

$\beta = 1{,}163\ D\ (b - b')$

3 - METHODOLOGIE DU CALCUL THERMIQUE DES POMPES A CHALEUR

3.1 - Principe de fonctionnement des pompes à chaleur eau/eau

On rappellera ici brièvement quelques définitions en laissant le soin au lecteur de se reporter aux ouvrages traitant dans le détail le fonctionnement et la technologie des pompes à chaleur.

La pompe à chaleur échange de la chaleur avec une source froide à la température absolue T_f et avec une source chaude à la température T_c.

Elle prend une quantité de chaleur Q_f à la source froide et transfert cette énergie à la source chaude, moyennant un travail W, où elle restitue la quantité de chaleur Q_c.

Selon le premier principe de thermodynamique :

$$Q_f + W = Q_c$$

Selon le second principe :

$$\frac{Q_c}{T_c} = \frac{Q_f}{T_f} = \frac{Q_c - Q_f}{T_c - T_f} = \frac{W}{T_c - T_f}$$

Soit :

$$\frac{Q_c}{W} = \frac{T_c}{T_c - T_f} = COP$$

$$\frac{Q_f}{W} = \frac{T_f}{T_c - T_f} = A$$

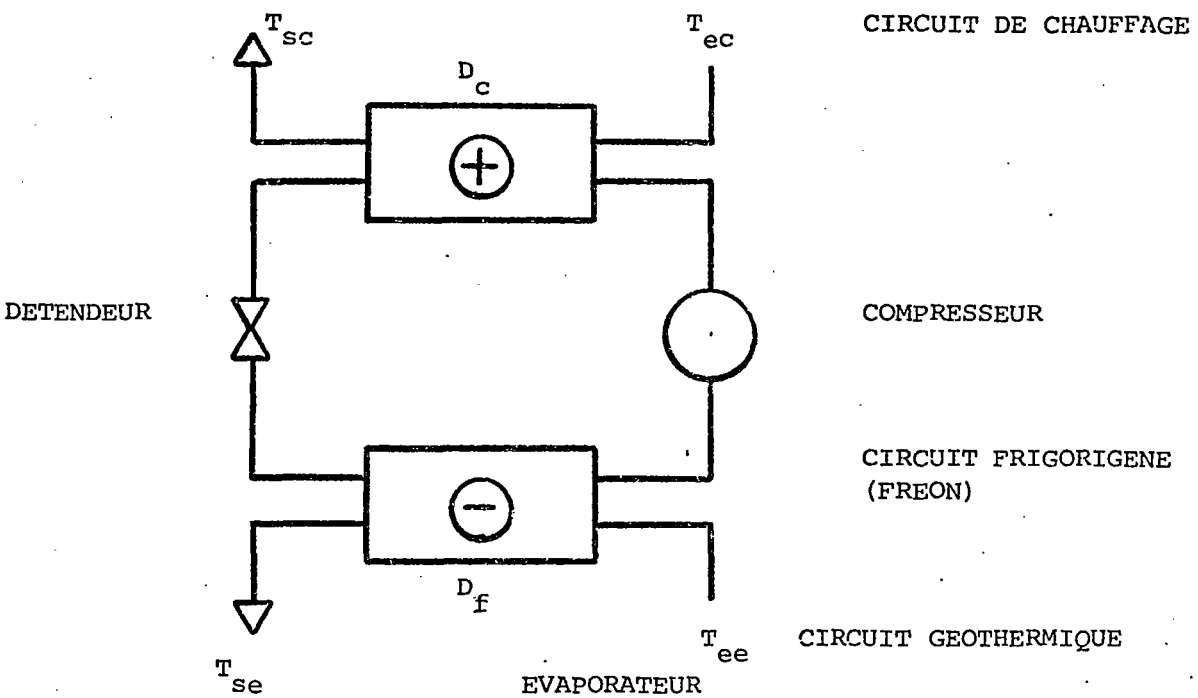
COP = Coefficient de performance

A = Coefficient d'amplification

Cette opération de transfert de chaleur se fait par l'intermédiaire d'un fluide frigorigène qui circule dans un circuit comprenant les éléments suivants :

- un évaporateur,
- un compresseur,
- un condenseur,
- un détendeur.

SCHEMA D'UNE POMPE A CHALEUR EAU/EAU



avec au circuit condenseur :

D_c : débit d'eau du circuit chauffage

T_{ec} : Température d'entrée au condenseur (retour du circuit chauffage)

T_{sc} : Température de sortie du condenseur.

au circuit évaporateur :

D_f : Débit du forage

T_{ee} : Température d'entrée à l'évaporateur

T_{se} : Température de sortie à l'évaporateur

La température de sortie du condenseur est limitée par la température de condensation du fréon dans le condenseur, on aura :

54°C pour le R 22

76°C pour le R 12

Il existe des machines frigorifiques permettant d'obtenir de l'eau à 110°C.

- Calcul approché des coefficients de performance

Le calcul théorique du coefficient de performance d'une pompe à chaleur n'est pas toujours facile, puisqu'il utilise les températures de sortie de l'évaporateur et du condenseur, alors que ne sont connues que les températures d'entrée et les débits, et que la température de sortie du condenseur dépend, pour une part, de la qualtité de chaleur récupérée, et donc du coefficient de performance recherché.

Les valeurs du coefficient de performance ne peuvent être fournies que par le constructeur (ou par des essais à postériori). Mais il peut être utile, dans le cours d'un avant-projet d'en avoir une première idée, qui se précisera ensuite.

La méthode de calcul qui suit peut alors être appliquée et fournira dans chaque cas une valeur approchée qui peut permettre de poursuivre une étude sans attendre les informations des constructeurs (parfois d'ailleurs difficiles à obtenir).

On retiendra la formulation suivante pour le calcul du coefficient de performance :

$$COP = 0{,}7 \times \frac{TSC + 194}{TSC - TSE + 8} \quad (1)$$

On supposera connues les valeurs suivantes :

Q_c : dissipation au condenseur (donc les valeurs D_c, T_{ec} et T_{sc})

D_f et T_{ee}

on prendra à priori une valeur du COP (COP = 4). Cela nous permet d'estimer Q_f et par conséquent la valeur de T_{se}. Celle-ci nous donne une deuxième valeur du COP (formule(1)). Cette méthode itérative permet rapidement de calculer le COP d'une pompe à chaleur.

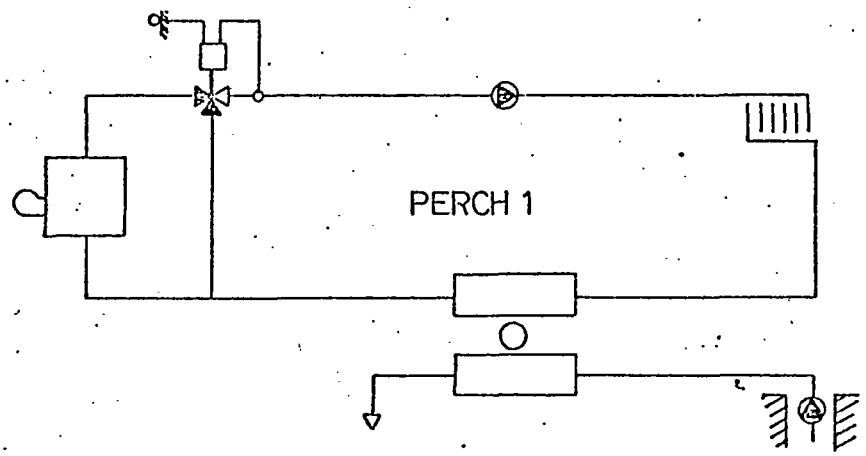
3.2 - Schémas de principe retenus

Sur une opération de pompe à chaleur, il existe trois types d'installation possible, chacune d'entre elles pouvant faire l'objet de différentes variantes.

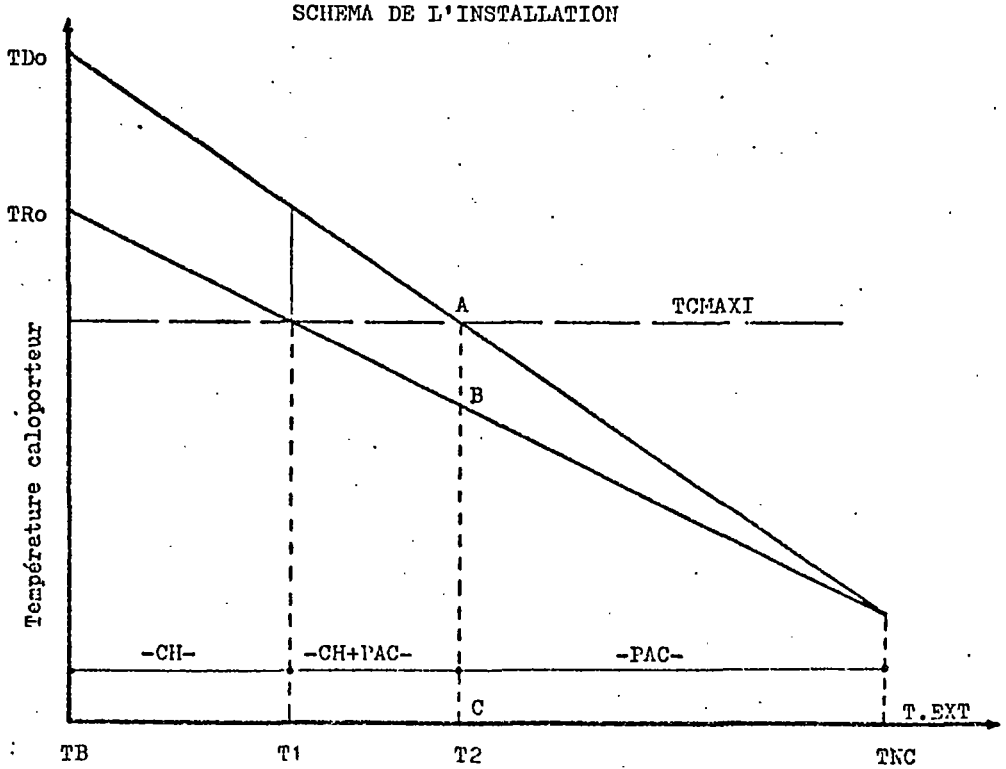
Ces trois possibilités sont fonction essentiellement des niveaux de température respectifs du forage et des corps de chauffe.

SCHEMA 1 - POMPE A CHALEUR EN RELEVE DE CHAUDIERE

On supposera ici que la température de l'eau du forage est inférieure à la température des corps de chauffe pour Text = T_{nc}-



SCHEMA DE L'INSTALLATION



Loi de chauffe (Départs,Retours réseau)

Entre t_2 et t_{nc}, la température de départ des corps de chauffe est inférieure à la température maximale du condenseur, le système peut fonctionner en totalité sur la pompe à chaleur.

Entre t_1 et t_2, un complément de température doit être apporté par la chaudière.

Entre t_b et t_1, la température des retours est supérieure à la température maximale de la pompe à chaleur, par conséquent, celle-ci ne peut pas participer au chauffage des locaux, la chaudière assure alors seule les besoins thermiques.

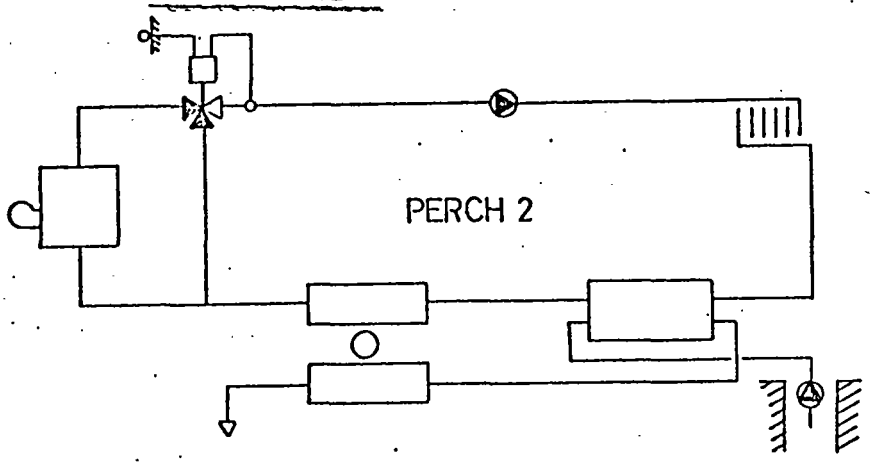
La puissance de la pompe à chaleur est égale à :

P_{pac} (KW) = 1,163 x débit du circuit primaire m^3/h x A B

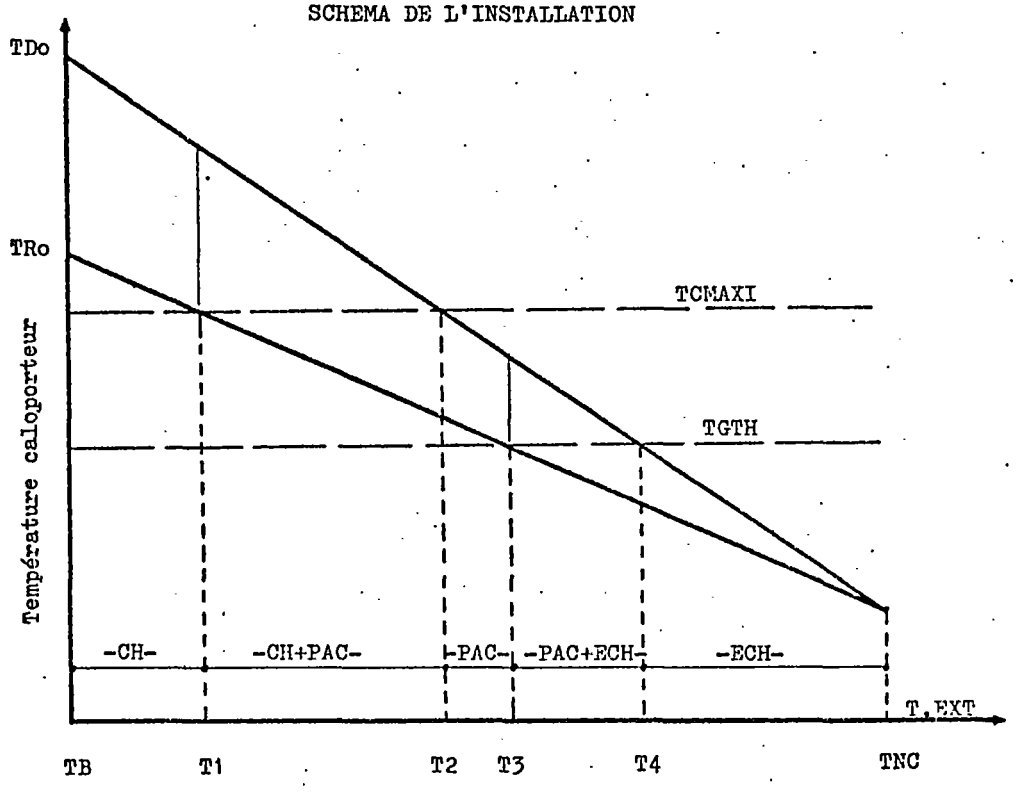
avec A B = T_D (t_1) - T_R (t1), ?

Le calcul des différentes consommations est fait en tenant compte des durées de fonctionnement du système dans chacune des solutions, associées aux différentes puissances.

SCHEMA 2 : POMPE A CHALEUR EN RELEVE DE CHAUDIERE AVEC RECUPERATION AVEC ECHANGEUR



SCHEMA DE L'INSTALLATION



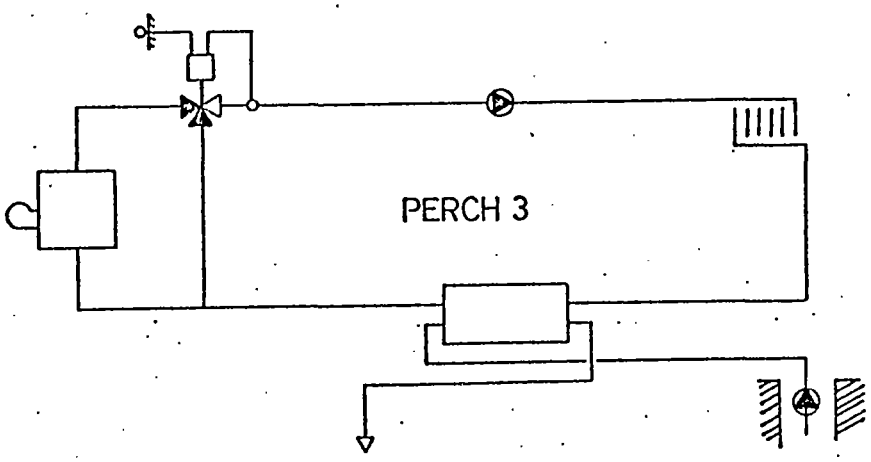
Loi de chauffe (Départs, Retours réseau)

Entre t_4 et t_{nc}, la température des retours est inférieure à la température de l'eau du forage. On a ici une récupération de chaleur par échangeur seul.

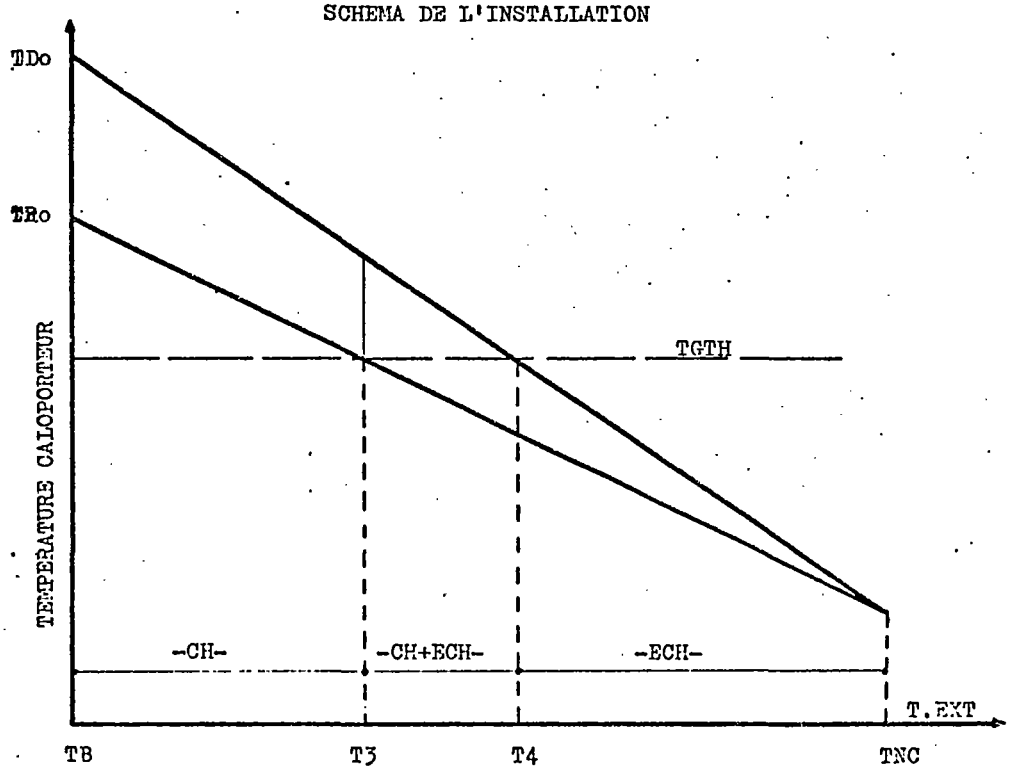
Entre t_3 et t_4, les retours sont inférieurs à la température de l'eau du forage, mais les départs sont ~~inférieurs~~ supérieurs à celle-ci, cela nécessite la mise en fonctionnement de la pompe à chaleur.

Pour t.ext. < t_3, nous sommes revenus au schéma 1.

SCHEMA 3 : CHAUFFAGE PAR RECUPERATION AVEC ECHANGEUR AVEC APPOINT PAR CHAUDIERE



SCHEMA DE L'INSTALLATION



Loi de chauffe (Départs, Retours réseau)

Dans ce cas là, on suppose que le niveau de température du forage est suffisamment élevé pour pouvoir couvrir une part importante des besoins de chauffage sans utilisation d'une pompe à chaleur.

4. ECONOMIE DU PROJET.

Dans ce chapître, on abordera les aspects économiques d'un projet pompe à chaleur.

4.1 - Résultats thermiques intéressants la partie économique du projet

On retiendra les résultats suivants :

- consommation du combustible de référence dans les deux solutions.
- consommation d'énergie électrique (pompe à chaleur et auxiliaires)
- puissance de la pompe à chaleur (s'il y a lieu).
- surface d'échange des échangeurs (s'il y a lieu).
- économie d'énergie primaire (brute et nette).

Ces résultats doivent permettre d'évaluer le montant des investissements à réaliser, ainsi que les frais d'énergie des deux solutions.

4.2 - Constitution du coût du chauffage.

on distingue quatre postes de dépenses dans les frais de chauffage d'une installation.

P_1 : combustible et électricité.

P_2 : main-d'oeuvre, petit entretien, frais courants.

P_3 : gros entretien, amortissement et renouvellement du matériel.

P_4 : remboursement des emprunts (intérêts et capital).

POSTE 1 - Pour le prix de l'énergie on pourra se rapporter à la revue :
ENERGIE PLUS - 7 Rue de l'Yvette - 75016 PARIS

qui publie tous les mois, le prix rendu de l'énergie (maison individuelle et industrie).

Ci-après, une copie des prix pratiqués au 15 décembre 1982.

Prix rendu de l'énergie domestique T.T.C. (maison individuelle) en région parisienne (Versailles) au 15 DÉCEMBRE 1982

	Unité de facturation	Prix rendu en F/Unité	Pouvoir calorifique inférieur approximatif kWh/Unité	Prix rendu c/kWh PCI	Variation de prix depuis le 15/11/1982	Indice Prix (base 100 en Janvier 1973)
• CHARBON	t	1626,00	8 801	18,5	0	461,9
• GAZ NATUREL	kWh/PCS	0,220	0,909	24,2	+ 3,9	447,3
○ FUEL DOMESTIQUE	hl	272,50	995	27,4	+ 2,3	1085,2
○ PROPANE	t	4319,86	12 790	33,8	0	517,3
○ ÉLECTRICITÉ						
Tout électrique (double tarif)	kWhe	0,545		54,5	+ 3,4	355,0
(prix marginal (1) heures creuses)	kWhe	0,293		29,3	+ 4,6	476,4

(1) hors abonnement.

Les prix retenus correspondent aux conditions de livraison/tarifs applicables à une maison individuelle très bien isolée (type label haute isolation) chauffée par chacune des formes d'énergie indiquées :
— Charbon : anthracine 20 du Nord Pas de Calais. Livraison 1 à 2 t, par sacs de 50 kg.
— Gaz naturel : tarif 3 Gb individuel, pour consommation de 25 000 kWh PCS/an.
— Fuel domestique : livraison par camion citerne, comprise entre 2000 et 4999 litres (tarif C1 Zone D).
— Propane : livraison par camion citerne. Livraison unitaire 701 à 1300 kg - Zone B.
— Electricité : Tarif BT tout électrique, double tarif (compteurs heures pleines et heures creuses). Puissance souscrite 12 kVA. Consommation 13 000 kWh/an, dont 5 000 en heures creuses. Le taux des taxes municipales et départementale varient selon les localités (respectivement entre 0 et 8%, et 0 et 4% sur 80% du prix total hors tva); elles sont ici prises égales à leur valeur à Versailles, soit 2 + 8 = 10%. Afin de tenir compte de la possibilité de production d'eau chaude sanitaire en heures creuses, le prix du kWh correspondant a également été indiqué.

Prix rendu de l'énergie à l'industrie (hors TVA*) en région parisienne (Versailles) au 15 DÉCEMBRE 1982

	Unité de facturation	Prix rendu en F/Unité	Pouvoir calorifique inférieur approximatif kWh/Unité	Prix rendu c/kWh PCI	Variation de prix depuis le 15/11/1982	Indice Prix (base 100 en Janvier 1973)
○ CHARBON	t	525,38	7 540	7,0	0	458,4
○ GAZ NATUREL	kWh/PCS	0,105	0,909	11,6	+ 2,7	708,3
○ FUEL DOMESTIQUE (**)	hl	256,70	995	25,8	+ 2,4	930,1
○ FUEL LOURD N° 2 ordinaire	t	1438,34	11 300	12,7	— 2	932,8
0,5 à 1% soufre	t	1605,34	11 560	13,9	— 1,8	1108,4
• BUTANE	t	2758,01	12 670	21,8	+ 0,3	617,0
• PROPANE	t	2758,01	12 790	21,6	+ 0,3	617,0
○ ÉLECTRICITÉ						
MT - prix moyen	kWh	0,396		39,6	+ 3,9	347,4
prix marginal (1) heures creuses été)		0,111		11,1	— 3,5	349,1
HT - prix moyen	kWh	0,275		27,5	+ 4,6	374,7
prix marginal (1) heures creuses été)		0,107		10,7	— 2,7	353,1

(*) sauf pour le fuel domestique, dont la TVA n'est pas déductible.
(1) hors abonnement.
(**) changement de zone depuis le 1er janvier 1982.

Les prix retenus correspondent aux conditions de livraison/tarifs applicables à une usine importante consommant environ 10 000 tep (t équivalent pétrole) par an.

— Charbon : fines lavées flambants gras de Lorraine, calibre 0/6 - 0/7 - 0/10; livraison par train complet.
— Gaz naturel : consommation de 130 10^3 kWh PCS/an — 6000 h/300 jours d'utilisation de la puissance souscrite.
— Fuel domestique : livraison par camion citerne d'au moins 27 000 l (tarif C4. Zone D).
— Fuel lourd n° 2 : livraison par train complet (1200 t) ex. Le Havre.
— Butane/Propane : livraison ex Basse Seine par camion de 20 t., pour utilisateur ayant un stockage supérieur ou égal à 70 m^3 (35 t) et consommant environ 300 t/an.
— Electricité :
• Client MT : Prix moyen annuel (et prix marginal heures creuses d'été) pour un client type alimenté en 15 kV, et consommant 2500.000 kWh/an pour une puissance souscrite de 1000 kW.
• Client HT : Prix moyen (et prix marginal heures creuses d'été) pour un client type alimenté en 60 kV, et consommant 50 000 000 kWh/an pour une puissance souscrite de 10 MW (10 000 kW)

Remarques importantes : les tableaux ci-dessus ne peuvent à eux seuls permettre une comparaison directe des coûts pour l'usager des diverses formes d'énergie : il convient en effet de tenir compte du rendement réel de chaque installation, qui varie notamment selon la forme d'énergie considérée et la technique ou le procédé mis en œuvre.

Cela est encore plus vrai s'agissant de l'électricité d'une part, des combustibles d'autre part, les valeurs d'usage de ces deux types d'énergie étant le plus souvent très différentes, en raison des techniques mises en œuvre.

Pour le charbon et les produits pétroliers, les prix indiqués résultent des barèmes des sociétés de distribution ou des prix maximaux fixés par les Pouvoirs Publics, des rabais peuvent être pratiqués sur ces prix, selon l'état du marché. La thermie étant illégale, nous avons exprimé les prix des combustibles en kWh. On obtiendra les prix correspondant à la thermie en multipliant par 1,16 les prix exprimés en kWh

POSTE P_2-

Il varie selon l'importance de l'installation.On pourra retenir un montant de 500 F. T.T.C/an pour les plus petites installations, à 200.000 F. T.T.C/an pour une chaufferie desservant un ensemble de 1000 logements.

POSTE P_3 -

Ce poste doit permettre au Maître d'ouvrage ou à l'exploitant de chauffage, de se constituer une provision en vue de renouveller le matériel important qui arrive au terme de sa durée de vie.On prendra donc un certain pourcentage des investissements selon leur durée de vie. On pourra compter pour une pompe à chaleur un amortissement sur 10 ans. La provision correspondante sera donc égale à 10 % du prix de revient de celle-ci.

POSTE P_4 -

Le financement des investissements pourra être couvert par des fonds propres, des subventions, des emprunts.

Les charges annuelles de remboursement de ces emprunts seront comptabilitées dans ce poste P_4.

4.3 - Résultats apportés par le calcul économique.

A partir des données précédentes, on pourra établir les résultats suivants :

. Ratio investissement à la T E P déplacée ou économisée.

L'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie retient comme limite pour le montant de l'investissement à la T.E.P déplacée, la valeur de 12.500 F. H.T.

. Temps de retour brut égal au rapport de l'investissement (hors subvention) à l'économie financière dégagée l'année zéro.

. le taux interne de rentabilité du projet, calculé en francs courants.

. Coût du kwh thermique utile dans les deux solutions (avec ou sans pompe à chaleur).

. le plan financier prévisionnel du projet en KF T.T.C.

Les différents critères obtenus permettront de juger de l'intérêt financier d'une opération, et d'étudier la sensibilité des résultats aux différents paramètres suivants :

- durée et taux des emprunts.
- inflation.
- coût de l'énergie électrique, etc....

CHARGES DE REMBOURSEMENT D'UN EMPRUNT

Celui-ci comprend le remboursement du capital emprunté, ainsi que les intérêts du capital restant à rembourser. On peut avoir deux types de remboursement :

- annuités constantes
- annuités progressives.

Le deuxième permet d'alléger les charges de remboursement les premières années où la part des annuités de remboursement est élevé. Par la suite, l'inflation et la dérive des coûts des combustibles tend à diminuer son poids dans le total des frais de chauffage.

On entend par annuité, le paiement à terme échu.

Formulation de la valeur de l'annuité a :

1 - Remboursement constant :

$$a = \frac{i\ Vo}{1-(1+i)^{-n}}$$

Vo : valeur emprunt

i : taux d'intérêt

n : durée (année)

2 - Remboursement progressif :

$$a_1 = Vo\ (1+i)^n\ \frac{q-(1+i)}{q^n-(1+i)^n}$$

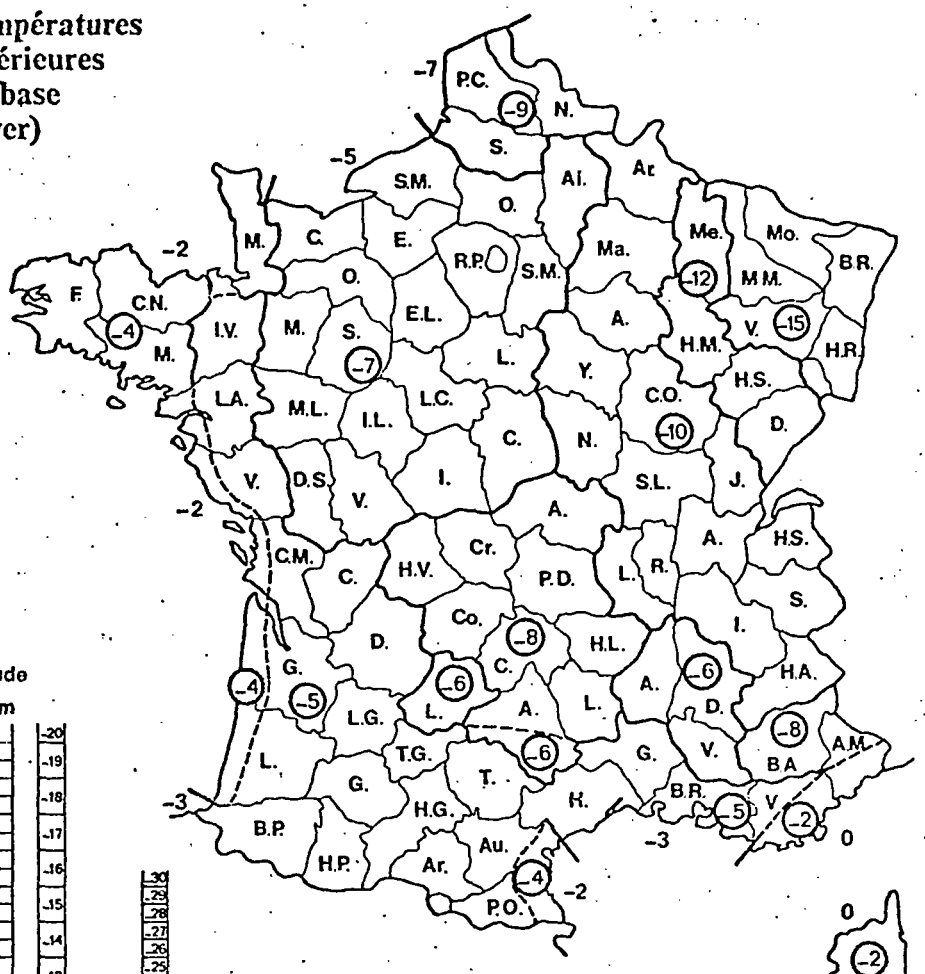
q : raison de la progression géométrique avec

$a_2 = a_1 \times q$

si q = 1 ou a : $a_1 = a_2 = _____ = a$

A 1 - ANNEXE METEOROLOGIQUE

Températures extérieures de base (hiver)



Les températures extérieures de base doivent être prises en conformité avec le D.T.U. 1963-1966.

Elles s'obtiennent en recherchant sur la carte ci-dessus la température de base donnée pour l'altitude zéro et sont valables de 0 à 200 m d'altitude.

Chaque valeur est indiquée pour chaque région à l'intérieur d'un cercle.

Pour les altitudes supérieures à 200 m, se référer au tableau ci-contre qui donne, en fonction de la température de base à l'altitude zéro et de l'altitude du lieu considéré, la température de base qui doit être adoptée.

Exceptions :

Pour les îles de la Manche et de l'Atlantique, adopter uniformément pour température de base 0°.

Pour le littoral, adopter les valeurs portées sur la carte en regard du littoral et non cernées.

Pour l'agglomération parisienne, adopter pour température de base — 5°.

Stations (et repères)	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01-1 - Ambérieu										1	1	2	2	2	3	4	5	7	9	12	10	12	13	14	15	15	16	16	16	14	11	9	8	6	4	3	2	1	1			
02-1 - Eparcy										1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	16	17	18	19	17	13	10	8	6	5	3	2	1	1					
02-2 - Saint-Quentin										1	1	1	1	1	3	3	4	7	8	10	12	15	15	16	17	17	16	16	14	13	11	9	7	5	3	2	2	1	1			
03-1 - Vichy										1	1	1	1	1	2	3	5	7	8	9	10	11	13	14	14	16	16	16	16	16	15	10	7	4	3	3	2	1	1			
04-1 - Allos									1	2	2	3	4	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2									
04-2 - Saint-André les Alpes						1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	9	11	14	16	16	16	16	15	14	13	12	10	9	7	6	5	4	3	2	1	1					
05-1 - Agnières en Dévoluy			1	1	1	1	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	17	17	16	14	12	10	8	6	4	3	2	2	1	1						
05-2 - Embrun											1	1	2	3	5	6	7	9	11	13	15	16	16	16	15	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	2	1					
05-3 - Gap-Ville									1	1	1	1	2	2	3	4	6	8	10	12	14	14	15	15	15	14	14	13	13	12	11	9	7	5	4	3	2	1					
05-4 - Gap-Col Bayard				1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	5	7	8	9	11	13	15	16	18	18	18	17	15	13	10	7	5	3	2	1									
05-5 - Laragne												1	1	2	2	4	5	6	8	10	13	15	16	17	17	16	15	14	13	11	10	8	7	6	5	4	3	2	1			
05-6 - Le Monêtier les Bains							1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	13	17	17	17	17	16	15	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
05-7 - Le Monêtier Sestrières			1	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	17	18	19	18	16	14	12	10	8	7	6	4	3	2	2	1											
05-8 - Orcières					1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	01	11	12	13	14	15	16	16	16	15	14	12	10	8	6	4	3	2	1								
05-9 - Vars						1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	13	15	16	17	18	18	17	15	13	10	8	7	5	3	2	1											
06-1 - Andon - Bas Thorenc											1	1	2	3	4	6	8	10	12	15	18	19	19	19	18	16	14	12	10	8	7	5	3	2								
06-2 - Breil-sur-Roya																			1	2	5	8	12	20	20	19	18	17	17	16	15	14	12	11	9	8	5	3					
06-3 - Grasse																			1	2	3	5	7	9	12	16	20	22	21	20	19	17	15	13	10	8	6	4	2			
06-4 - Isola													1	2	3	4	6	9	12	15	17	19	19	18	17	15	14	12	11	9	8	6	5	4	3	2	1					
06-5 - Nice - Côte d'Azur																					1	2	4	6	10	15	18	20	21	21	21	20	17	15	13	10	8	6	3	1	
06-6 - Puget-Théniers																1	2	3	5	7	10	13	17	16	16	15	14	14	13	12	11	11	10	9	8	7	7	6	4	1		
06-7 - St-Dalmas le Selvage								1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	17	17	15	14	13	12	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1						
06-8 - Saint-Etienne de Thinée-Auron										1	1	2	3	5	7	9	11	14	17	19	19	19	17	16	14	12	10	9	7	6	5	4	2	2	1							
06-9 - Vence																				2	4	7	10	13	16	20	22	21	19	17	15	14	12	10	9	7	6	4	3	1		
07-1 - Tournon												1	1	1	2	2	3	4	6	7	9	11	13	14	15	16		16	16	16	15	14	12	10	8	7	5	4	2	1	1	
08-1 - Rocroi										1	1	2	3	4	5	7	8	10	12	13	14	15	16	16	16	16	15	14	11	9	7	6	4	3	2	1	1					
08-2 - Sedan										1	1	2	2	3	4	6	7	9	10	12	14	15	15	16	16	15	15	14	13	11	9	7	5	4	3	2	1					
09-1 - Aston													1	1	2	2	3	5	6	8	9	11	14	16	19	19	19	17	15	13	12	10	8	7	5	4	3	2	1		
09-2 - Auzat-Pradières											1	1	2	3	3	4	6	8	10	12	16	18	19	18	17	15	14	12	11	9	8	7	6	4	3	2	2	1				
09-3 - Conflans-Salau													1	1	2	3	5	7	9	12	15	19	21	21	19	17	15	14	12	10	8	7	5	4	3	1	1				
09-4 - L'Hospitalet près l'Andorre									1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	12	15	17	18	18	17	16	14	12	11	9	8	6	5	4	3	2	1	1				
09-5 - Mérens-les-Vals										1	1	1	2	2	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	20	18	16	14	12	10	8	7	5	4	3	2	2	1				
09-6 - Saint-Girons														1	1	2	3	4	5	7	9	11	13	16	18	19	19	18	17	15	13	11	9	7	5	4	3	1	1			
09-7 - Santein-Eylie											1	1	1	2	3	3	4	6	8	10	13	15	17	18	18	18	17	15	13	12	10	8	6	5	3	2	1	1	1			

Stations (et repères)	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
10-1 - Romilly										1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	16	16	17	17	17	15	13	11	9	5	4	2	1					
11-1 - Carcassonne															1	1	2	3	3	3	6	7	8	12	13	17	18	18	18	17	16	15	13	11	9	8	7	3	2	1		
12-1 - Millau														1	2	2	3	5	6	7	9	11	13	15	18	19	18	17	15	13	12	10	9	8	6	5	4	3	1			
13-1 - Istres															1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	17	17	17	16	14	13	11	9	7	5	3	2		
13-2 - Port de Bouc																1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	18	19	19	18	16	14	12	10	8	6	4	2	1	
14-1 - Caen														1	2	3	4	5	7	9	10	12	14	16	17	18	19	19	18	17	14	10	8	5	2	1	1					
15-1 - Aurillac									1	1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	11	13	15	16	17	17	16	15	13	12	10	8	7	6	5	3	2	1	1				
15-2 - Chalvignac-l'Aigle														1	2	3	4	5	7	9	11	13	17	18	17	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	1	1
15-3 - Ferrières-Saint-Mary										1	1	1	2	2	3	4	5	7	9	11	14	17	19	20	20	18	16	14	12	11	9	7	5	3	1							
15-4 - Lafeuillade en Vézie												1	2	2	3	4	6	8	10	14	17	18	18	18	17	15	14	13	11	10	8	7	6	4	3	2	1					
15-5 - Lavastrie-Grandval									1	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	17	17	17	15	14	12	11	9	8	6	5	4	3	2	1					
15-6 - Le Claux								1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	10	12	14	17	20	19	17	15	13	12	11	9	7	6	5	4	3	2	1						
15-7 - Marcolès												1	1	2	3	4	6	8	10	13	15	16	17	17	17	16	15	13	12	10	9	7	6	5	4	2	2	1				
15-8 - Marmanhac										1	1	1	2	3	3	5	6	8	10	12	15	18	18	18	17	15	14	13	11	10	8	7	6	4	3	2	1					
15-9 - Massiac								1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	8	10	13	16	17	18	18	17	16	14	12	10	9	7	6	4	3	2						
15-10 - Saint-Flour							1	1	1	2	2	3	3	4	5	7	8	10	12	15	18	18	18	17	16	14	12	10	9	7	6	5	3	2	2	1						
16-1 - Angoulême														1	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	14	17	19	21	22	19	15	11	8	5	4	3	2	1	1		
16-2 - Cognac														1	1	2	2	3	4	5	6	8	9	12	15	17	18	18	17	17	17	15	12	10	9	6	4	2	2			
17-1 - La Rochelle															1	2	2	2	3	5	5	7	10	12	14	16	17	20	21	21	16	16	12	10	8	5	4	2	1			
18-1 - Bourges												1	1	2	2	2	3	5	6	9	11	12	14	14	15	15	16	16	17	17	15	10	8	7	6	4	3	1				
20-1 - Ajaccio-Campo del Oro																				1	2	3	5	7	9	12	14	17	21	24	24	22	18	15	12	10	7	5	3	1		
20-2 - Albertacce-Popaja											1	1	1	2	3	5	6	8	11	14	18	19	19	19	18	17	16	14	12	9	7	5	3	2	1	1						
20-3 - Calvi-Ste-Catherine																				1	2	3	4	6	8	10	13	15	19	20	20	20	19	18	15	13	10	7	5	3	1	
20-4 - Carbini-Marghèse													1	1	2	2	4	5	7	10	15	21	21	20	20	19	17	15	13	11	9	7	5	4	2	1						
20-5 - Pila-Canale																				1	2	3	4	6	9	13	18	22	24	22	20	17	15	13	11	9	7	6	4	3	2	1
20-6 - Sartène-Madonina																			1	2	3	4	6	9	13	18	23	23	21	19	17	15	13	11	9	8	6	5	3	2	1	
20-7 - Solenzara																					1	2	3	4	6	8	11	15	20	25	23	22	20	18	15	13	11	8	5	2		
21-1 - Baigneux-les-Juifs										1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	11	13	14	16	18	18	16	14	13	11	10	8	7	6	5	4	3	2	1				
21-2 - Dijon												1	3	3	3	3	5	6	8	12	13	13	14	14	15	15	15	16	15	14	12	9	8	5	4	2	2	1				
22-1 - Ile de Bréhat																			1	3	4	6	8	11	14	18	23	27	28	26	20	15	11	8	5	3	1				
22-2 - Rostrenen														1	1	2	3	3	4	7	10	12	13	16	22	23	23	22	21	15	11	7	5	4	3	2	1				
25-1 - Besançon										1	2	2	2	3	3	3	6	8	10	10	13	13	13	13	13	13	14	15	14	14	14	10	8	6	4	2	2	1				
25-2 - Charquemont				1	1	1	1	2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	11	14	16	16	16	16	16	15	14	12	11	9	8	6	5	4	3	2	1	1					

Stations (et repères)	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
26-1 - Lus la Croix Haute							1	1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	17	17	16	15	13	12	11	10	9	7	6	5	4	3	1							
26-2 - Montségur/Lauzon													1	1	2	2	3	4	5	6	9	10	12	14	15	16	16	16	15	14	13	12	11	9	8	6	5	4	2	1		
26-3 - Montélimar													1	1	2	3	3	4	4	6	9	13	15	15	16	16	16	15	15	14	14	13	12	8	7	6	3	1				
26-4 - Nyons												1	1	2	2	3	4	5	7	8	9	11	13	15	16	17	17	17	16	14	12	11	9	7	6	4	3	2				
28-1 - Chartres											1	1	2	2	3	5	7	8	9	10	12	14	16	16	16	17	17	17	14	12	10	8	5	3	2	2	1	1				
295-1 - Fouesnant																1	1	2	3	4	6	7	9	11	13	16	18	21	24	24	22	18	13	8	5	3	2	1				
29N-1 - Brest																1	1	2	3	5	7	9	10	12	16	23	24	24	24	24	16	11	7	5	3	2	2	1				
30-1 - Nimes															1	1	1	2	3	3	4	5	8	9	12	16	17	18	18	16	16	15	14	14	12	8	8	6	4	1		
31-1 - Bagnères-de-Luchon													1	1	2	3	4	6	7	8	11	13	15	16	16	17	16	16	16	15	13	11	8	6	5	3	2	1				
31-2 - Toulouse-Blagnac														1	1	2	2	3	4	6	7	9	10	12	14	17	19	20	20	17	15	13	11	9	7	5	4	3	1			
33-1 - Bordeaux															1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	13	16	19	18	18	18	17	15	13	11	9	7	4	2	1			
33-2 - Cazaux															1	1	2	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	19	22	21	18	17	14	11	9	6	5	3	1			
34-1 - Montpellier																1	1	1	3	4	4	4	8	13	15	15	15	18	18	17	17	17	15	14	12	9	5	4	1	1		
36-1 - Chateauroux												1	1	2	2	2	3	4	6	8	9	12	14	15	16	16	16	17	18	16	14	12	9	6	6	4	2	1				
37-1 - Tours												1	1	1	2	2	3	5	6	8	9	10	15	14	14	10	16	16	18	18	14	13	10	7	6	5	3	1				
38-1 - Alpe de Venose								1	1	2	3	4	5	7	8	10	12	13	15	15	16	16	16	15	14	13	11	10	9	8	7	5	4	3	2	2	1				
38-2 - Besse en Oisans						1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	11	14	16	18	19	18	16	15	13	11	10	8	6	5	4	2	1							
38-3 - Grenoble-Fybens										1	1	1	2	3	3	4	5	7	9	11	12	14	14	15	15	15	15	14	13	12	10	9	7	6	5	3	2	2	1	1		
38-4 - La Cote Saint-André								1	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	12	14	14	15	15	15	15	14	14	13	11	10	8	6	4	3	2	1	1		
38-5 - La Tour du Pin						1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	15	15	14	13	11	9	7	6	5	3	2	2	1	1	1		
38-6 - Mont de Lans							1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13	14	16	16	16	16	14	12	11	10	8	7	6	5	3	2	2	1						
38-7 - Pellafol-le-Sautet							1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	12	14	15	16	16	16	15	14	13	11	9	7	6	5	4	3	2	1						
38-8 - St-Hilaire du Touvet						1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	12	13	15	17	18	18	17	16	14	12	9	7	5	3	2	1							
38-9 - Vienne											1	1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	13	14	16	17	17	17	16	14	12	10	9	7	6	5	3	2	1	1			
38-10 - Villard de Lans						1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	14	15	15	16	15	15	14	12	10	9	7	6	5	3	2	1							
39-1 - Saint-Claude-Etables								1	1	1	2	2	3	4	4	5	7	8	10	12	14	15	15	14	14	13	13	12	11	10	9	8	7	6	4	3	2	1	1		
40-1 - Mont-de-Marsan														1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	11	13	16	19	18	17	16	16	15	13	11	9	6	5	3	2	1	1	
42-1 - Saint-Etienne						1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	5	6	7	9	11	13	16	16	14	14	14	14	14	14	13	9	8	7	4	4	2	2	1			
43-1 - Le Puy						1	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	7	10	13	14	15	15	16	16	16	16	15	13	11	9	6	5	3	2	1	1				
44-1 - Escoublac-la Baule														1	1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	12	14	16	18	20	21	21	18	14	10	7	5	3	1			
44-2 - Nantes-Château Bougon														1	1	2	3	4	5	6	7	9	11	12	14	15	17	19	21	23	18	13	10	8	6	4	2	1				

Stations (et repères)	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
45-1 - Orléans											1	1	2	2	2	3	4	7	8	8	10	11	13	14	16	16	17	17	18	16	12	9	8	5	5	3	2	1	1			
46-1 - Gourdon														1	1	2	3	3	4	5	6	11	12	14	14	16	19	17	17	17	16	12	10	8	8	6	5	3	1	1		
47-1 - Agen															1	1	2	3	4	5	7	8	10	13	16	17	17	18	18	17	16	15	12	9	8	8	4	2	2	1		
48-1 - Mont-Aigoual						1	1	1	1	2	2	3	4	6	8	10	13	17	20	20	20	20	15	12	12	11	9	8	6	4	2	2	1	1								
49-1 - Angers													1	1	1	2	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	19	19	20	20	17	11	8	6	4	2	2	1			
50-1 - Cherbourg																	1	1	3	5	7	8	10	12	15	18	24	25	24	22	18	15	11	7	3	2	1				
51-1 - Reims										1	1	2	2	2	3	4	5	6	7	9	10	11	14	15	16	16	17	17	17	15	13	11	7	5	3	2	1				
55-1 - Haudiomont									2	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	15	14	12	7	5	4	2	2	1				
58-1 - Nevers										1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	10	11	13	14	15	16	17	18	18	17	14	10	8	5	4	3	2	1				
59-1 - Dunkerque												1	1	1	1	1	2	4	6	7	9	13	15	17	18	20	20	20	17	13	12	10	8	6	4	3	1	1	1			
59-2 - Lille										1	1	1	1	1	1	3	5	7	8	10	12	14	15	17	18	18	17	17	15	13	10	9	6	4	3	2	1	1	1			
61-1 - Alençon												1	1	2	2	3	4	6	7	9	10	12	14	15	16	17	18	18	18	17	14	10	7	6	3	2	1					
62-1 - Boulogne												1	1	1	1	1	3	3	6	8	10	12	14	16	20	23	21	19	16	13	11	9	8	5	4	3	2	1				
63-1 - Auzat sur Allier-La Combelle									1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	17	18	17	16	14	12	10	9	7	6	4	3	2	2	1		
63-2 - Besse en Chandesse		1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8	10	11	14	17	17	17	15	15	14	14	14	10	7	4	3	1	1									
63-3 - Châteauneuf-les-Bains								1	1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	16	17	16	15	14	12	11	9	7	6	5	4	2	2	1			
63-4 - Clermont-Ferrand Aulnat										1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	1	6	17	16	14	12	9	7	5	4	2	1			

Stations (et repères)	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
63-5 - Egliseneuve d'Entraygues									1	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	17	17	17	17	16	14	12	10	8	6	5	4	3	2	1							
63-6 - Fournols d'Auvergne							1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	17	18	17	15	13	12	10	9	7	6	5	4	3	2	1	1						
63-7 - Le Mont Dore								1	1	1	2	2	3	4	6	7	9	11	14	17	19	19	19	17	15	13	11	10	8	7	5	4	3	2	1	1						
63-8 - Picherande									1	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	17	19	18	16	15	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
63-9 - Puy de Dôme					1	1	1	2	2	3	4	5	7	9	11	14	16	18	18	18	17	15	14	12	10	8	7	6	4	3	2	2	1	1								
63-10 - Saint-Anthème								1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	15	17	18	18	18	16	14	12	10	9	7	6	4	3	2	1								
63-11 - Saint-Nectaire										1	1	2	2	3	4	5	7	9	11	13	15	16	17	17	17	16	15	14	12	10	8	6	5	3	2	1							
63-12 - Viverols								1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	9	11	14	17	18	18	18	17	16	14	12	10	8	6	5	3	2	1								
64-1 - Biarritz																1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	12	15	18	19	21	22	21	18	15	12	8	6	5	3	2	1	1
64-2 - Lac d'Artouste							1	2	2	4	5	7	8	10	12	14	16	19	20	19	17	15	13	11	9	7	6	5	4	3	2	1										
64-3 - Laruns														1	2	2	3	5	6	8	10	12	15	16	17	17	17	16	14	13	11	10	9	7	6	5	4	3	2	1		
64-4 - Pau														1	1	1	3	3	3	4	5	7	10	12	14	17	20	21	19	17	15	14	12	11	9	7	4	1	1	1		
65-1 - Gèdre													1	2	2	4	5	7	9	11	14	17	20	20	20	20	17	14	12	10	8	6	5	3	2	2	1					
65-2 - Lassoula									1	2	2	3	5	6	8	10	12	14	17	20	20	19	17	15	13	11	9	7	6	5	4	3	2	1								
65-3 - Pic du Midi de Bigorre	1	2	2	3	4	5	6	7	9	11	13	16	19	21	19	17	15	13	11	9	8	6	5	4	3	2	1														
65-4 - Tarbes Ossun													1	1	1	2	3	3	5	7	8	10	12	15	17	20	22	20	17	15	13	10	8	7	5	4	3	2	1		
66-1 - Font Romeu								1	1	2	3	4	5	6	8	10	11	13	15	18	19	19	18	15	13	11	10	8	7	5	4	3	2	1								
66-2 - La Llagonne						1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	12	14	17	19	19	19	17	15	13	11	10	8	6	4	2	1	1	1	1								
66-3 - Perpignan																			1	2	2	3	4	6	8	10	13	17	21	22	23	21	18	15	12	10	8	6	4	3	2	1
66-4 - Prats de Mollo														1	1	2	2	3	5	6	8	11	15	18	21	22	21	19	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1	1			
66-5 - Puyvalador					1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	17	18	18		17	15	13	11	9	7	5	3	2	1	1	1						
67-1 - Strasbourg Entzheim									1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	13	14	14	13	13	13	12	11	9	8	7	5	4	4	3	2	1			
69-1 - Lyon											1	1	2	2	2	3	4	6	8	9	10	12	13	14	14	14	15	15	15	15	14	12	10	7	5	4	2	2	1			
71-1 - Chalon-sur-Saône										1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	10	11	12	13	15	16	16	17	16	15	13	10	7	6	4	3	2	1	1		
71-2 - La Guiche											1	1	2	2	3	4	5	7	9	11	12	13	14	14	15	15	15	14	14	13	11	9	7	6	5	4	3	2	1			
71-3 - Macon											1	1	2	2	3	3	4	7	9	10	11	12	14	15	15	15	15	15	14	14	13	10	8	5	4	4	3	2	1			
71-4 - Mont-St-Vincent									1	1	2	2	2	3	4	5	8	9	11	12	13	14	14	14	15	15	14	14	14	11	9	7	6	4	3	2	2	1				
73-1 - Bourg Saint-Maurice							1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	13	15	15	16	15	15	14	13	12	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1	1			
73-2 - Challes-les-Eaux										1	1	1	2	3	3	5	6	9	11	13	14	14	14	14	15	14	14	14	13	12	10	8	6	5	4	3	2	1				
73-3 - Lans-le-Bourg-Mont-Cenis				1	1	2	2	3	4	6	7	8	10	12	13	15	16	17	17	16	15	14	12	10	8	7	5	4	3	2	1	1										
73-4 - Prolognan-la-Vanoise				1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	9	11	13	14	16	16	16	15	14	13	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1	1						
73-5 - Tignes-le-Villaret				1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	9	11	13	15	16	16	16	16	15	14	12	10	9	8	6	5	4	3	2	1								
73-6 - Valloire						1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	13	14	15	16	16	16	16	15	13	10	8	6	4	3	2	1	1								

Stations (et repères)	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
74-1 - Abondance					1	1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	15	16	17	16	16	14	13	12	10	9	8	7	6	4	3	2	1								
74-2 - Annecy											1	1	2	3	4	6	7	8	10	12	13	15	16	16	15	13	12	11	10	9	8	8	7	6	5	4	3	3	2	1		
74-3 - Annemasse									1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	15	16	16	16	15	13	12	11	9	8	7	6	4	3	2	2	1				
74-4 - Les Contamines-Montjoie						1	1	2	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	20	19	17	15	14	12	10	9	7	5	4	3	2	1								
74-5 - Les Gets				1	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	17	17	16	15	13	12	10	9	8	6	5	4	3	2	1								
74-6 - Thonon-les-Bains											1	1	2	3	4	5	6	7	9	11	12	14	16	17	17	16	15	13	12	11	9	8	7	6	4	3	2	1				
74-7 - Usinens									1	1	1	1	2	2	3	4	5	7	9	11	12	13	14	14	15	15	14	14	13	12	11	9	8	6	5	4	3	2	1			
74-8 - Vallorcine				1	1	1	2	2	3	3	4	5	7	8	9	11	13	15	17	17	16	15	14	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
75-1 - Paris-Montsouris												1	1	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	18	16	13	10	8	6	4	3	2	1			
75-2 - Paris-Tour Saint-Jacques														1	2	3	3	4	5	6	8	9	11	12	14	15	16	17	17	17	16	15	13	10	7	4	3	2	1	1		
76-1 - Cap de la Hève														1	1	2	3	5	6	8	9	11	13	15	19	20	21	20	19	16	13	10	7	5	3	2	2	1				
76-2 - Rouen													1	2	3	4	5	6	8	10	11	12	14	16	17	17	18	17	17	15	12	10	7	5	3	2	1					
80-1 - Abbeville										1	1	1	1	1	1	2	4	6	7	8	10	13	14	16	18	20	19	17	16	14	11	10	7	6	3	2	1	1	1			
83-1 - Brignoles																	1	2	3	4	6	8	10	12	15	19	20	19	18	17	16	14	12	10	8	7	5	3	2	1		
83-2 - Collobrières																	1	1	2	3	5	6	8	11	13	16	18	19	19	18	18	16	14	12	9	7	6	4	3	2	1	
83-3 - Draguignan																	1	1	2	3	5	7	10	13	16	17	18	18	18	18	17	15	13	11	9	7	6	4	2	1		
83-4 - Plan d'Aups													1	1	2	3	4	6	8	9	11	13	15	17	20	20	18	16	14	12	10	9	7	6	4	3	2	1				
84-1 - Apt												1	1	1	1	2	2	3	4	6	7	9	12	14	17	18	18	17	15	14	12	11	10	9	7	6	5	4	3	2	1	
84-2 - Avignon-Montfavet												1	1	1	1	1	2	2	3	4	6	8	10	12	14	15	16	16	17	17	16	14	13	11	10	8	6	4	2	1		
84-3 - Cavaillon														1	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13	14	15	15	15	15	15	14	13	11	10	8	6	4	3	2	1	
84-4 - Gordes													1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	11	13	15	17	18	18	16	15	13	12	10	9	7	6	4	3	2	1		
85-1 - Les Sables d'Olonne															1	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	13	15	18	24	27	25	19	14	10	7	5	3	2	1			
86-1 - Poitiers													1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	17	19	20	20	17	14	11	8	6	5	3	2	1	1		
87-1 - Limoges											1	1	1	1	2	3	3	4	6	7	11	13	16	16	17	17	17	16	15	15	15	11	8	6	5	2	1	1	1			
91-1 - Brétigny-sur-Orge												1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	17	18	19	19	15	11	8	6	4	3	2	1			
95-1 - Pontoise Cormeilles											1	1	2	3	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	18	14	10	6	4	3	2	1				

A 2 - TABLEAU SYNOPTIQUE DE MISE EN OEUVRE DES PROGRAMMES

LOGICIELS :

THERM. : Constitution du fichier des données thermiques

METEO : Constitution du fichier des données météorologiques

PERCH 1 - PERH 2 - PERCH 3 : Calcul thermique (3 versions)

ECODATA : Constitution du fichier des données économiques

ECONOME : Calcul économique

L'entrée des données est en version conversationnelle

FICHIERS :

TITRE 1 : Données thermiques du projet

TITRE 2 : Données météorologiques

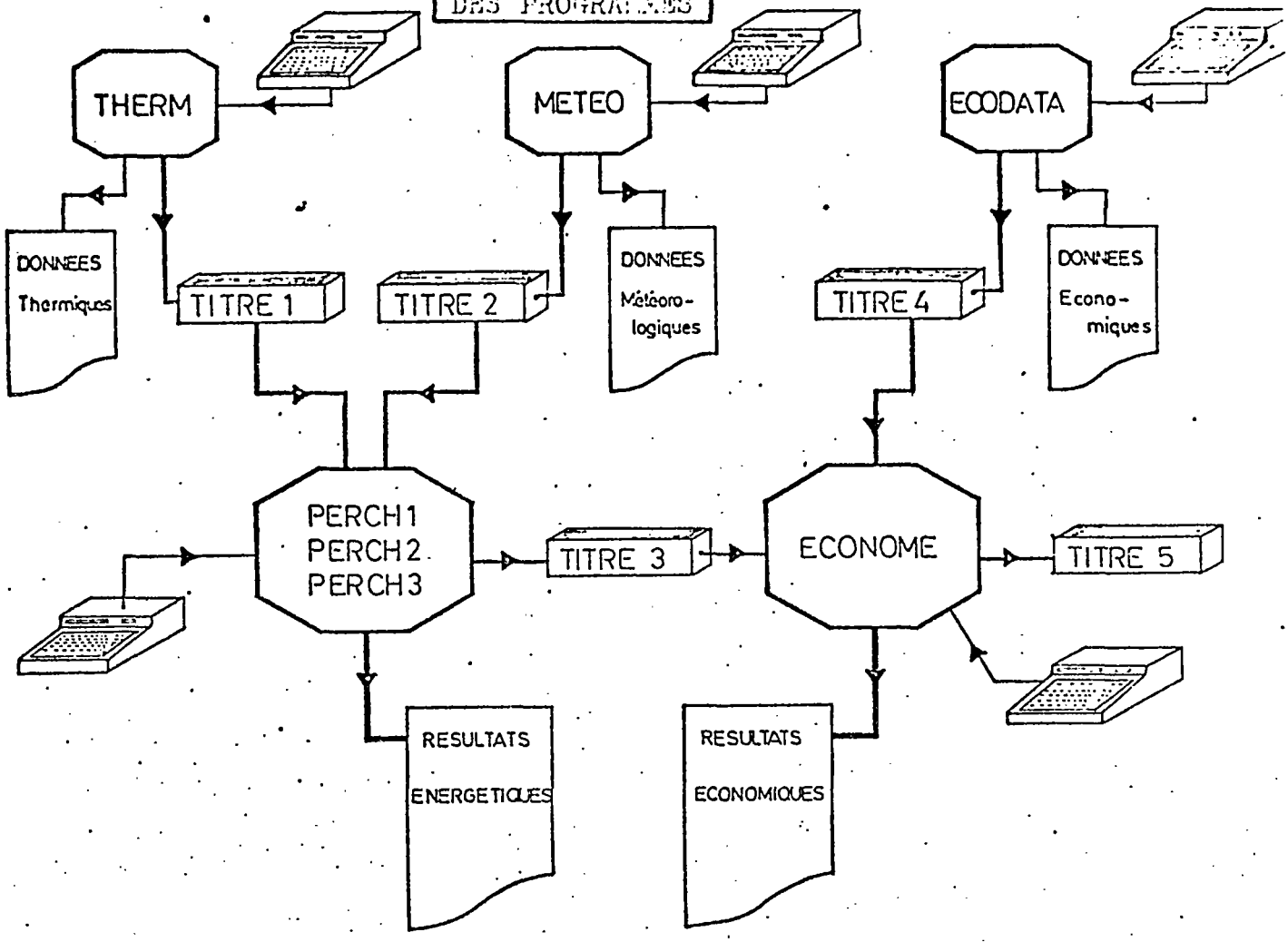
TITRE 3 : Résultats thermiques servant au calcul économique

TITRE 4 : Données économiques du projet

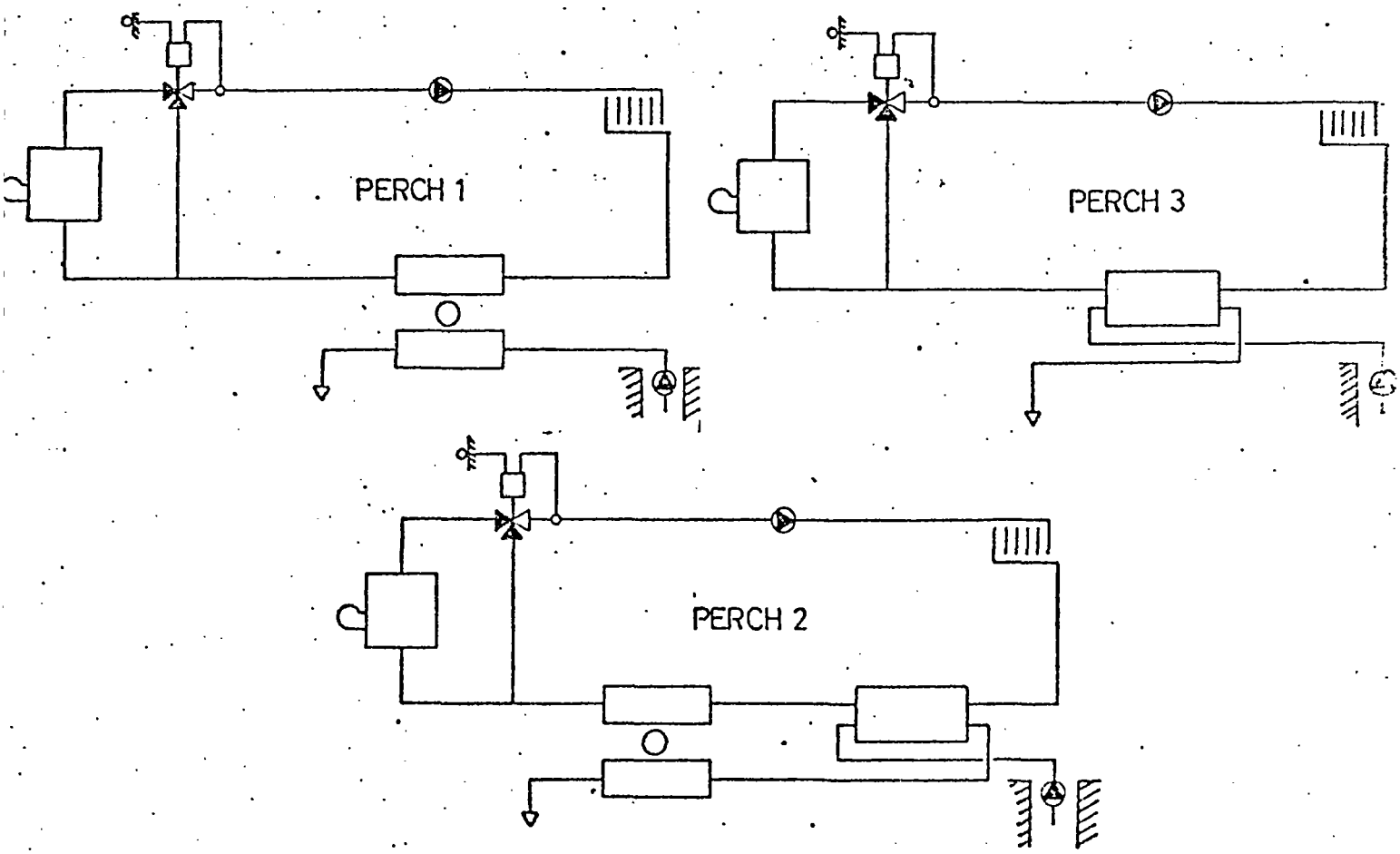
TITRE 5 : Résultats économiques

Le nom des fichiers est fait automatiquement à partir des 5 premiers caractères du titre de l'étude qui jouent le rôle de mot de passe.

TABLEAU SYNOPTIQUE DE MISE EN OEUVRE DES PROGRAMMES



SCHEMA DE PRINCIPE DES INSTALLATIONS



A 3 - EXEMPLE D'APPLICATION (VERSION 2)

DONNEES DU PROJET

ENSEMBLE DE 400 LOGEMENTS

SURFACE : 70 m^2/logements

HAUTEUR MOYENNE : 2,5 m.

COEFFICIENT G : 1,5 W/m^3 °C

Ti : 19°C

T_{base} : -5°C

Puissance utile : $P = GV\Delta\Theta$

$P = 1,5 \times 400 \times 70 \times 2,5 \times (19 + 5)$

$P = 2\ 520$ KW utiles

$T_{n\,c}$: 17°C

TD/TR = 55/40°C par -5°C extérieure.

T_{forage} = 35°C (700 m.)

D_{forage} = 80 m^3/h

METEO : Station de BORDEAUX.

FICHIER DES DONNEES THERMIQUES

EXEMPLE D'APPLICATION DE CHAUFFAGE

29 MARS 1983

TEMPERATURE DE CONSIGNE	:	19.00
TEMPERATURE DE BASE	:	-5.00
TEMPERATURE DE NON CHAUFFAGE	:	17.00
TEMPERATURE DE DEPART PAR -5.0	:	55.00
TEMPERATURE DE RETOUR PAR -5.0	:	40.00
PUISSANCE MAXIMALE (kW)	:	2520.00
FACTEUR DE REDUCTION DE REGIME	:	1.00
COMBUSTIBLE DE REFERENCE	:	FOD
TEMPERATURE LIMITE DE REJET	:	6.00
TEMPERATURE MAXI DU CONDENSEUR	:	50.00

FICHIER DES DONNEES METEOROLOGIQUES

EXEMPLE D'APPLICATION DE CHAUFFAGE

29 MARS 1983

Degre-Jour unifie : 2067.

TEMPERATURE(C)	DUREE(Jour)
-5.	1.
-4.	1.
-3.	2.
-2.	2.
-1.	3.
0.	4.
1.	5.
2.	6.
3.	8.
4.	9.
5.	11.
6.	13.
7.	16.
8.	19.
9.	18.
10.	18.
11.	18.
12.	17.
13.	15.
14.	13.
15.	11.
16.	9.
17.	7.
18.	4.
19.	2.
20.	1.

EXEMPLE D'APPLICATION DE CHAUFFAGE

29 MARS 1983

CARACTERISTIQUES DE PROJET :

Temperature de base	:	-5.00
Temperature de consigne	:	19.00
Temperature de non chauffage	:	17.00
Temperature de depart	:	55.00
Temperature de retour	:	40.00
Puissance maximale de chauffage (Kw)	:	2520.00
Debit du circuit primaire (m3/h)	:	144.48
Coefficient GV (Watt/.oC)	:	105000.00
Facteur d'utilisation	:	1.00
Combustible	:	FOD
Rendement de combustion (%)	:	80.00
Temp. de sortie du condenseur	:	50.00
Temperature du forage	:	35.00
Temperature limite de rejet	:	6.00
Debit du forage (m3/h)	:	80.00
Hauteur manometrique totale (mCE)	:	30.00

DIAGRAMME DES TEMPERATURES :

TEMP EXT. (oC)	DUREE (H)	TEMP DEPART (oC)	TEMP RETOUR (oC)	PUIS. TOTALE UTILE (KW)	ENERGIE TOTALE UTILE (KWh)	PUIS. APPOINT (KW)	ENERGIE APPOINT (KWh)	PUIS. ECH (KW)	ENERGIE ECH (KWh)	PUIS. PAC (KW)	ENERGIE PAC (KWh)	ELEC PAC (KWh)	TEMP REJET (oC)	REGIME
-5.	24.	55.0	40.0	2520.5	60491.	840.2	20164.			1680.3	40327.	8767.	20.9	CH.+PAC
-4.	24.	53.4	39.0	2405.9	57741.	565.2	13565.			1840.7	44177.	9916.	19.7	CH.+PAC
-3.	48.	51.7	38.1	2291.3	109983.	290.2	13931.			2001.1	96052.	22227.	18.5	CH.+PAC
-2.	48.	50.1	37.1	2176.8	104484.	15.3	733.			2161.5	103751.	24716.	17.3	CH.+PAC
-1.	72.	48.5	36.2	2062.2	148478.					2062.2	148478.	33747.	17.9	PAC
0.	96.	46.8	35.2	1947.6	186972.					1947.6	186972.	40201.	18.6	PAC
1.	120.	45.2	34.3	1833.1	219967.					1833.1	219967.	44527.	19.3	PAC
2.	144.	43.5	33.3	1718.5	247463.					1718.5	247463.	46898.	20.0	PAC
3.	192.	41.9	32.4	1603.9	307954.			106.9	20530.	1497.0	287423.	50985.	20.6	PAC+ECH
4.	216.	40.3	31.4	1489.4	321702.			267.3	57741.	1222.0	263960.	43634.	21.2	PAC+ECH
5.	264.	38.6	30.5	1374.8	362945.			427.7	112916.	947.1	250029.	38171.	21.8	PAC+ECH
6.	312.	37.0	29.5	1260.2	393191.			588.1	183489.	672.1	209702.	29229.	22.5	PAC+ECH
7.	384.	35.4	28.5	1145.7	439934.			748.5	287423.	397.2	152510.	19133.	23.2	PAC+ECH
8.	456.	33.7	27.6	1031.1	470179.			908.9	414454.	122.2	55725.	6175.	24.1	PAC+ECH
9.	432.	32.1	26.6	916.5	395940.			916.5	395940.				25.1	ECH
10.	432.	30.5	25.7	802.0	346448.			802.0	346448.				26.4	ECH
11.	432.	28.8	24.7	687.4	296955.			687.4	296955.				27.6	ECH
12.	408.	27.2	23.8	572.8	233715.			572.8	233715.				28.8	ECH
13.	360.	25.5	22.8	458.3	164975.			458.3	164975.				30.1	ECH
14.	312.	23.9	21.9	343.7	107234.			343.7	107234.				31.3	ECH
15.	264.	22.3	20.9	229.1	60491.			229.1	60491.				32.5	ECH
16.	216.	20.6	20.0	114.6	24746.			114.6	24746.				33.8	ECH
17.	168.	19.0	19.0	0.0	0.			0.0	0.				35.0	ECH

BILAN ENERGETIQUE DU PROJET

BESOINS ENERGETIQUES (MWh)

ENERGIE THERMIQUE UTILE TOTALE	:	5061.987
ENERGIE THERMIQUE UTILE APPOINT	:	48.393
ENERGIE THERMIQUE UTILE ECHANGEUR	:	2707.059
ENERGIE THERMIQUE UTILE PAC	:	2306.536
ENERGIE ELECTRIQUE PAC	:	418.326
ENERGIE ELECTRIQUE AUXILIAIRES	:	52.070
ENERGIE ELECTRIQUE TOTALE	:	470.397

CARACTERISTIQUES DE REFERENCE

PUISSANCE THERMIQUE UTILE	:	2520.000 KW
ENERGIE TRADITIONNELLE (PCI)	:	6327.484 MWh
.....EQUIVALENCE	:	544.16 TEP
.....EQUIVALENCE	:	635.93 M3 de FOD

CARACTERISTIQUES PAC

PUISSANCE ELECTRIQUE COMPRESSEUR	:	514.911 KW
PUISSANCE THERMIQUE CONDENSEUR	:	2161.480 KW
COP MOYEN ANNUEL (sans auxil.)	:	5.51
COP MOYEN ANNUEL (avec auxil.)	:	5.23

CARACTERISTIQUES ECHANGEUR

SURFACE DE L'ECHANGEUR	:	95.956	M2
EFFICACITE	:	70.0	%
PUISSANCE DE L'ECHANGEUR	:	1120.202	KW
DIMENSIONNEMENT COTE CHAUD			
Temperature d'entree	:	35.0	oC
Temperature de sortie	:	30.3	oC
Debit	:	80.000	M3
DIMENSIONNEMENT COTE FROID			
Temperature d'entree	:	28.3	oC
Temperature de sortie	:	30.9	oC
Debit	:	144.480	M3

CARACTERISTIQUES GEOTHERMIQUES

PUISSANCE POMPE D'EXHAURE	:	9.600	KW
VOLUME D'EAU POMPE	:	433920.	M3
TEMPERATURE MOYENNE DE REJET	:	25.9	oC
ENERGIE PRELEVEE SUR LA NAPPE	:	4595.268	MWh

AVANTAGES ENERGETIQUES

TAUX DE COUVERTURE	:	99.04	%
TEP DEPLACEES	:	538.96	
TEP ECONOMISEES	:	421.36	
COEFFICIENT DE SUBSTITUTION	:	11.46	th/KWh

FICHIER DES RESULTATS THERMIQUES

EXEMPLE D'APPLICATION DE CHAUFFAGE

29 MARS 1983

ENERGIE UTILE (MWh)	:	5061.987
TEP DEPLACEES	:	538.961
ENERGIE PCI (Ref.)	:	6327.484
ENERGIE PCI (Solution p.a.c.)	:	60.491
ENERGIE ELECTRIQUE (Ref.)	:	0.000
ENERGIE ELECTRIQUE (Sol.p.a.c.)	:	470.397
TEP ECONOMISEES	:	421.362

FICHIER DES DONNEES ECONOMIQUES

EXEMPLE D'APPLICATION DE CHAUFFAGE

29 MARS 1983

MONTANT DES INVESTISSEMENTS	: 7000.0000		
PRIX DU COMBUSTIBLE DE REF.	: .2700		
PRIX DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	: .3500		
POSTE P2 (Sol. de ref.)	: 130.0000		
POSTE P3 (Sol. de ref.)	: 70.0000		
POSTE P2 (Sol. geothermie)	: 170.0000		
POSTE P3 (Sol. geothermie)	: 14.0000		
NOMBRE DE SUBVENTIONS	: 3		
SUBVENTION	:Comite GTH	:	1050.000
SUBVENTION	:PALULOS	:	1400.000
SUBVENTION	:EPR	:	500.000
EMPRUNT - Duree Taux Raison	:15.00**.1400** 1.000		
DERIVE (Fuel Elec Autre)	:.1200**.1000**.1000		
DATE DE MISE EN VALEUR (Zero)	: 1983.		

FICHIER DES RESULTATS ECONOMIQUES

EXEMPLE D'APPLICATION DE CHAUFFAGE

29 MARS 1983

* ANNEE ZERO : 1983

* INVESTISSEMENT : 7000.000 kF TTC

* NOMBRE DE SUBVENTIONS / FONDS PROPRES : 3 MONTANT (kF)

. Comite GTH 1050.000

. PALULOS 1400.000

. EPR 500.000

* EMPRUNT SOUSCRIT (amortissement constant) :
. MONTANT : 4050.000 kF
. DUREE : 15.0 ANS
. TAUX : 14.00 %
. a : .1628

* HYPOTHESES DE DERIVES RETENUES (%) :
. COMBUSTIBLE TRADITIONNEL : 12.00
. ELECTRECITE : 10.00
. AUTRE : 10.00

* COUT MOYEN DU COMBUSTIBLE DE REFERENCE : .27 F TTC/kWh PCI
* COUT MOYEN DE L'ENERGIE ELECTRIQUE : .35 F TTC/kWh

BILAN ECONOMIQUE DU PROJET

* ENERGIE PRIMAIRE ECONOMISEE PAR AN : 421.36 TEP
* RATIO INVESTISSEMENT A LA TEP ECONOMISEE : 14007.48 F HT/TEP
* ENERGIE PRIMAIRE DEPLACEE PAR AN : 538.96 TEP
* RATIO INVESTISSEMENT A LA TEP DEPLACEE : 10951.08 F HT/TEP

* ECONOMIE DEGAGEE L'ANNEE ZERO
SUR LES FRAIS D'EXPLOITATION : 1543.45 kF TTC
* RATIO ECONOMIE SUR INVESTISSEMENT : 22.05 %
* TEMPS DE RETOUR BRUT : 4.54 ANS

* TAUX INTERNE DE RENTABILITE (Francs courants): 36.42 % SUR 20 ANS

* COUT DU kWh UTILE DE CHAUFFAGE (Premiere annee)
. SOLUTION DE REFERENCE : .42 F TTC/kWh
. SOLUTION GEOTHERMIE : .21 F TTC/kWh

PLAN FINANCIER PREVISIONNEL

(en milliers de francs TTC)

EXERCICE		ZERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SOLUTION DE REFERENCE	P1	1708.	1913.	2143.	2400.	2688.	3011.	3372.	3777.	4230.	4738.	5306.
	P2	130.	143.	157.	173.	190.	209.	230.	253.	279.	307.	337.
	P3	70.	77.	85.	93.	102.	113.	124.	136.	150.	165.	182.
	P1/2/3	1908.	2133.	2385.	2666.	2981.	3333.	3726.	4167.	4659.	5209.	5825.
SOLUTION GEOTHERMIE	P1	181.	199.	220.	242.	267.	294.	324.	357.	393.	433.	478.
	P2	170.	187.	206.	226.	249.	274.	301.	331.	364.	401.	441.
	P3	14.	15.	17.	19.	20.	23.	25.	27.	30.	33.	36.
	P1/2/3	365.	402.	442.	487.	536.	590.	650.	715.	788.	867.	955.
	P4		659.	659.	659.	659.	659.	659.	659.	659.	659.	659.
	P1/2/3/4		1061.	1102.	1146.	1196.	1250.	1309.	1375.	1447.	1527.	1614.
ECONOMIES/AN SUR P1/2/3			1732.	1943.	2179.	2445.	2743.	3077.	3451.	3871.	4342.	4870.
ECONOMIES/AN SUR P1/2/3/4			1072.	1283.	1520.	1786.	2083.	2417.	2792.	3212.	3682.	4210.
% D'ECONOMIES/AN SUR P1/2/3/4			50.	54.	57.	60.	63.	65.	67.	69.	71.	72.

EXERCICE		ZERO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SOLUTION DE REFERENCE	P1		5943.	6656.	7455.	8349.	9351.	10473.	11730.	13138.	14714.	16480.
	P2		371.	408.	449.	494.	543.	597.	657.	723.	795.	875.
	P3		200.	220.	242.	266.	292.	322.	354.	389.	428.	471.
	P1/2/3		6513.	7284.	8145.	9109.	10187.	11392.	12741.	14250.	15937.	17825.
SOLUTION GEOTHERMIE	P1		527.	580.	640.	705.	777.	857.	944.	1041.	1148.	1265.
	P2		485.	534.	587.	646.	710.	781.	859.	945.	1040.	1144.
	P3		40.	44.	48.	53.	58.	64.	71.	78.	86.	94.
	P1/2/3		1052.	1158.	1275.	1404.	1546.	1702.	1874.	2064.	2273.	2503.
	P4		659.	659.	659.	659.	659.	0.	0.	0.	0.	0.
	P1/2/3/4		1711.	1817.	1934.	2063.	2205.	1702.	1874.	2064.	2273.	2503.
ECONOMIES/AN SUR P1/2/3			5462.	6126.	6870.	7705.	8641.	9690.	10867.	12186.	13664.	15322.
ECONOMIES/AN SUR P1/2/3/4			4803.	5466.	6211.	7046.	7981.	9690.	10867.	12186.	13664.	15322.
% D'ECONOMIES/AN SUR P1/2/3/4			74.	75.	76.	77.	78.	85.	85.	86.	86.	86.

Commentaires :

Résultats thermiques

De 17 à 9° C : géothermie seule
De 8 à 3° C : géothermie + PAC
De 2 à - 1° C : PAC
De -2 à - 5° C : PAC + CH

On arrive à couvrir avec la PAC et la géothermie 99 % des besoins. Cela s'explique par le fait que nous sommes en présence d'un chauffage basse température (55/40° C) qui s'adapte bien à la géothermie.

Ecónomie annuelle : 421 TEP

Résultats économiques

Investissement : 7 000 KF T.T.C.

Investissement à la TEP déplacée : 14 000 F H.T.
(ce résultat dépasse le chiffre retenu par le comité géothermie : 12 500 F H.T./TEP).

Temps de retour : 4,5 ans

On arrive à 50 % d'économie la première année, cela est dû à notre cas particulier :

- subventions élevées,
- emprunt sur une longue durée à un taux faible.

A 4 - BIBLIOGRAPHIE ET LISTE DES CONSTRUCTEURS (non limitative)

Ouvrages traitant des pompes à chaleur que l'on pourra consulter :

- LA POMPTE A CHALEUR (Mode d'emploi) - Jacques BERNIER
  Tomes 1 et 2 - Pyc Edition.

- LE CHAUFFAGE GEOTHERMIQUE - Jean OLIVET - Eyrolles

- LA POMPTE A CHALEUR (Ses principes simples - ses applications pratiques)
  EDISUD/Energies alternatives.

Documents B.R.G.M.

- Les pompes à chaleur à moteur thermique
  Adaptation à la géothermie par
  A. CLOT - A. DESPLAN - J.C. FOUCHER - F. PIQUEMAL
  80 SGN 605 6TH - Septembre 1980

- Utilisation des pompes à chaleur en eaux de surface ou d' aquifères superficiels
  BETURE/B.R.G.M.
  79 SGN 278 HYD - Juin 1979

- Valorisation du forage d'A.E.P. de la ville d'Hagetmau par son potentiel géothermique
  J.C. MARTIN
  80 SGN 786 AQI - Novembre 1980

- Liste de constructeurs (non limitative)

CARRIER LCF - 53, rue Champ-Lagarde - 78000 VERSAILLES - Tél. 954.21.11
CIAT - - 01350 CULOZ - Tél. (79) 81.11.11
CLIREF - Les Meurières - 69780 MIONS - Tél. (78) 20.95.48
ELECTROTECHNIQUE - 37 bd. de Bellechasse -
- 94100 St-MAUR - Tél. 885.53.97
LEBRUN - 220 rue du Gal-de-Gaulle - 59110 LA MADELEINE - Tél.(20) 55.59.65
NIETO - 84 rue de l'Egalité - 82100 CASTELSARRASIN-Tél.(63) 04.32.47
QUIRI - B.P. 40 - - 67042 STRASBOURG - Tél. (88) 33.03.00
SAMIFI-BABCOCK - 71 rue Paul Eluard - 93000 St-DENIS - Tél. 820.63.60
WESTINGHOUSE - Tour Gan Cedex 13 - 92082 PARIS-La Défense - Tél. 776.44.21
YORK - Le Courcelles 2 rue Curnonsky - 75017 PARIS - Tél. 758.12.72