



Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Swiss Federal Office of Energy

Projet pilote et de démonstration
Chaleur ambiante, froid

Remplacement des chauffages électriques directs par des pompes à chaleur dans 8 villas à Genève

Rapport après mise en service et réception finale

rédigé par
Conti&associés Ingénieurs SA
17, quai de Versoix
1290 Versoix

par ordre de
Office fédéral de l'énergie
Office cantonal de l'énergie du canton de Genève

Février 2001

Rapport final

ETUDE ET REALISATION POUR LE REMPLACEMENT DU CHAUFFAGE ELECTRIQUE

7 VILLAS AU CHEMIN DES PLUVIERS A PLAN-LES-OUATES
ET 1 VILLA AU CHEMIN DE CHAMP MANON A BERNEX

Résumé

Le projet des Pluviers à Plan-les-Ouates (Ge) s'inscrit dans le cadre du programme national SuisseEnergie qui vise à stimuler la production de chaleur à basse température par des pompes à chaleur. Dans ce projet, la production par PAC avec distribution hydraulique **remplace le chauffage électrique direct de 8 villas.**

Des conditions de financement attractives ont convaincu les propriétaires de l'opportunité de changer leur chauffage électrique direct. Une **amélioration de confort** a été rapidement ressentie par les clients.

L'exécution des travaux a été fidèle aux prévisions. Les forages dans les murs et dalles ont été réalisés proprement. Mais ces travaux ont révélé la nécessité pour le client d'avoir un interlocuteur unique pour la coordination et un chauffagiste rigoureux pour la tenue du planning. La réalisation de la **distribution hydraulique a pris 80% du temps et 60% de l'investissement.** Le reste a été alloué à la fourniture et introduction de la PAC dans la villa, son interconnexion et le raccordement électrique.

Les installations seront suivies en 2001 et 2002 pour vérifier la **diminution de la consommation électrique de plus de 60%** par rapport à la situation initiale de 1999.

Le 6 février 2001 - HB

Sommaire

1. PRÉAMBULE	4
2. ÉLÉMENTS DE PLANIFICATION (DIMENSIONNEMENT)	5
2.1 CONSOMMATIONS	5
2.2 COMPARATIF DES VARIANTES SUR LA BASE DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES.....	5
2.3 PUISSANCES	6
3. BUDGET ET SUBVENTIONS.....	8
4. HISTORIQUE DES INSTALLATIONS	9
5. COMPARAISON FACTURES/BUDGET.....	10
6. TRAVAUX ET MISE EN SERVICE	11
6.1 LES ENTREPRISES.....	11
6.1.1 <i>Génie civil et percements</i>	11
6.1.2 <i>Installation sanitaire et distribution hydraulique</i>	11
6.1.3 <i>Fournisseur de PAC</i>	11
6.1.4 <i>L'électricien</i>	11
6.1.5 <i>Pose des compteurs</i>	11
6.2 LES DIFFICULTÉS.....	11
6.2.1 <i>Réduction des coûts de réalisation difficile avec des PAC individuelles dans un lotissement</i>	11
6.2.2 <i>Coordination et choix des percements</i>	12
6.2.3 <i>Conditions de travail délicates dans les habitations</i>	12
6.2.4 <i>Coordination pour l'introduction dans les villas</i>	12
6.2.5 <i>Sous-estimation du travail de rénovation</i>	12
6.2.6 <i>Sous-estimation des délais</i>	12
6.3 ORDRE D'EXÉCUTION ET REMARQUES DIVERSES	13
6.3.1 <i>Dates de mise en service</i>	13
6.3.2 <i>Remarques</i>	13
7. COMMENTAIRES, CRITIQUES, EXPÉRIENCES SUR LES TRAVAUX	14
7.1 LES TRAVAUX SONT MENÉS À BIEN MAIS AVEC DES RETARDS À L'EXÉCUTION	14
7.2 LA RÉALISATION AUGMENTE LE NIVEAU DE CONFORT DES HABITATIONS.....	14
8. VALIDATION POUR D'AUTRES INSTALLATIONS.....	15
8.1 ÉLÉMENTS CLEFS POUR GÉNÉRALISER CETTE EXPÉRIENCE.....	15
8.1.1 <i>Etude</i>	15
8.1.2 <i>Réalisation</i>	15
8.2 JUSTIFICATION DU SUIVI ET MAÎTRISE DES COÛTS D'EXPLOITATION APRÈS MISE EN SERVICE ...	15
8.2.1 <i>Pourquoi un suivi?</i>	15
8.2.2 <i>Suivi par quels moyens?</i>	15
8.2.3 <i>Qui est concerné par le suivi ?</i>	16
8.2.4 <i>Planning du suivi</i>	16
8.2.5 <i>Objectifs déclarés</i>	16
9. CONCLUSIONS AVANT SUIVI	17
9.1 CE QUI A ÉTÉ RÉALISÉ	17
9.2 BUTS FUTURS	17
10. ANNEXES	18

11. RÉFÉRENCES	19
12. REMERCIEMENTS	20

Sommaire des tableaux

Tableau 1: Consommations de chaleur [kWh/an]. Source: Référence 1	5
Tableau 2: Coûts énergétiques annuels des variantes mazout-gaz-électricité-PAC	6
Tableau 3: Modèle et performance des PAC mises en place.....	7
Tableau 4: Ventilation des coûts prévus et réels pour une villa des Pluviers. Source: SIG	10
Tableau 5: Ordre de réalisation des rénovations PAC	13

PHASE 4: Rapport final après mise en service et réception finale

1. PRÉAMBULE

Le projet "Pluviers" a été lancé suite à une demande de l'association des propriétaires (ASPLU) pour rechercher une alternative au chauffage électrique. Cette demande a été adressée à l'Office Cantonal de l'Energie (OCEN).

Les études ont porté sur l'évaluation de plusieurs variantes de remplacement, soit:

- Chauffage au gaz.
- Solaire pour l'eau chaude sanitaire (ECS).
- Chauffage par pompe à chaleur (PAC) air/eau.
- Chauffage par PAC eau/eau.

Le choix s'est fait pour la solution pompe à chaleur air/eau.

Par ce choix, le projet a pu s'inscrire également dans le cadre du programme national SuisseEnergie de l'Office Fédéral de l'Energie (OFEN) qui vise à stimuler la production de chaleur à basse température par des pompes à chaleur.

Ainsi, on produit la même chaleur sans produire d'émission polluante tout en réduisant la consommation d'électricité.

CONTI & ASSOCIES Ingénieurs SA (bureau CONTI) a été mandaté pour participer au projet par l'OCEN, les Services Industriels de Genève (SIG) et l'OFEN.

L'opération Pluviers/Champ Manon a été scindée en 5 phases:

Phase 1	Etude de faisabilité et préparation à la réalisation	Bureau CONTI
Phase 2	Soumissions	SIG
Phase 3	Exécution et mise en service	SIG
Phase 4	Rapport final de synthèse (travaux et mise en service)	Bureau CONTI
Phase 5	Suivi pendant 2 ans	Bureau CONTI

Les trois premières phases sont réalisées.

Le présent rapport (phase 4) porte sur la rénovation PAC des Pluviers et Champ Manon dans son ensemble. Il fait notamment la synthèse des conditions de réalisation et de mise en service de 8 PAC.

Le rapport prépare également le suivi de la production de chaleur pour quantifier les économies à réaliser.

2. ÉLÉMENTS DE PLANIFICATION (DIMENSIONNEMENT)

2.1 CONSOMMATIONS

Les 8 habitations étudiées se situent dans un lotissement de 13 propriétés (Pluviers : 7 villas) datant de 1985 à Plan-les-Ouates (Ge) et dans un lotissement de 16 propriétés (Champ Manon : 1 villa) datant de 1979 à Bernex (Ge).

Elles étaient initialement chauffées par des radiateurs électriques directs (9 à 12 radiateurs) dont le faible investissement entraîne les inconvénients suivants:

- Une facture de chauffage élevée.
- Une mauvaise répartition de la chaleur.
- Un manque de chaleur pour l'eau chaude sanitaire (ECS) lié au bouilleur électrique trop petit.

Les villas sont très bien isolées. L'Indice de Dépense de Chaleur (IDC), calculé par les SIG pour un cas représentatif en **Annexe 1**, est de 118 MJ/(m².an).

Les consommations sont illustrées dans le **Tableau 1**:

Adresses	PLUVIERS 3	PLUVIERS 5	PLUVIERS 7	PLUVIERS 9	PLUVIERS 10	PLUVIERS 14	CHAMP MANON 5
Propriétaires	GALLEY	HEEB	BURKART	MENDES	HUTIN	MOMOT- CHALUT	TONUS
Consommation annuelle d'ECS (estimée)	2'838	4'176	4'176	4'176	3'007	2'171	4'000
Consommation annuelle de chauffage	18'498	9'053	14'054	15'210	11'916	5'983	22'000

Tableau 1: Consommations de chaleur [kWh/an]. Source: Référence 1

Remarques: Les statistiques de consommation de Nyikus sont indisponibles (arrivé récemment).

Les données de Tonus ont été estimées (nouveau propriétaire).

2.2 COMPARATIF DES VARIANTES SUR LA BASE DES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Dans la comparaison du **Tableau 2**, la variante PAC ressort comme le meilleur compromis de fourniture de chauffage, surtout en considérant que certains coûts annexes des autres variantes n'ont pas été pris en compte (introduction du gaz dans la villa, place de la citerne, implantation d'une cheminée).

Adresses	PLUVIERS 3	PLUVIERS 5	PLUVIERS 7	PLUVIERS 9	PLUVIERS 10	PLUVIERS 14
Propriétaires	GALLEY	HEEB	BURKART	MENDES	HUTIN	MOMOT- CHALUT
Mazout 45Fr/100 litres	1'344	833	1'149	1'221	940	514
Gaz 7.7cts/kWh	1'643	1'019	1'404	1'493	1'149	628
Electricité moy. = 22ct/kWh	4'092	2232	3'830	3'553	2'553	849
PAC, COP=3 moy. = 22ct/kWh	1'364	744	1'277	1'183	851	283

Tableau 2: Coûts énergétiques annuels des variantes mazout-gaz-électricité-PAC
Source: Référence 1 (annexes C3 à C15).

2.3 PUISSANCES

Les PAC choisies par l'entreprise générale sont de type air/eau, individuelles, fonctionnant en mode bivalent avec appoint électrique.

Les solutions alternatives suivantes n'ont pas été considérées:

- L'implantation d'une PAC eau/eau est impossible à cause de la nappe phréatique.
- Le raccordement gaz n'est pas disponible à brève échéance.
- L'implantation du solaire thermique est difficile sur des toits à orientations irrégulières. Le chauffe-eau est déjà alimenté par la PAC et le planning de réalisation aurait été trop serré. Le solaire passif dans une véranda, comme dans la villa Hutin, est toujours possible.

En cas de grand froid (température extérieure < 7°C), la bivalence électrique permet de compléter le chauffage par la PAC au moyen d'une résistance électrique de 2 kW.

Notons à ce propos que les mesures faites in situ par l'OFEN depuis 1995 révèlent que l'appoint est plus un secours et un soutien psychologique qu'un renforcement du manque de puissance. Vu le nombre d'heures annuelles où la température extérieure est inférieure à -7°C, l'appoint électrique ne fonctionnera pratiquement jamais.

Les données techniques de leur dimensionnement sont résumées dans le **tableau 2** et développées en **Annexe 1** et **Annexe 2**.

PLUVIERS 3	PLUVIERS 5	PLUVIERS 7	PLUVIERS 9	PLUVIERS 10	PLUVIERS 14	PLUVIERS 17	CHAMP MANON 5
GALLEY	HEEB	BURKART	MENDES	HUTIN	MOMOT- CHALUT	NYIKUS	TONUS
Marque: AEG							Marque: STIEBEL ELTRON
Modèle: "HLWI 11A"							Modèle: "WPL 25 / 30 kWa"
Puissance délivrée: A-7/W50 = 6.8 kW _{thermique}							Puissance délivrée: A-7/W35 = 12.6 kW _{thermique}
COPA (pour le modèle AEG / HWI 10 P) A-7/W35 = 2.9							COPA: A-7/W35 = 2.8

Tableau 3: Modèle et performance des PAC mises en place.

Source: SIG et WPZ-Bulletin n°22 2000/01

3. BUDGET ET SUBVENTIONS

Les SIG, distributeurs d'électricité, ont proposé une offre globale (voir l'éclaté des coûts prévus en annexe 3). Ils suivent les travaux comme entreprise générale et sous-traitent les travaux spécialisés.

L'offre de base est estimée à environ de 44'460 Fr par villa (Voir le tableau récapitulatif des SIG en annexe 3), avec des variations selon l'équipement de chaque villa.

Pour lancer cette réalisation pilote les propriétaires bénéficient d'aides financières.

- L'OFEN subventionne la réalisation à hauteur de 10'000 Fr car le remplacement des chauffages électriques est prioritaire dans la stratégie de promotion des PAC électriques.
- Les SIG offrent le comptage électrique des PAC, estimé à 500 Fr.
- L'OCEN propose un prêt à 0% pour la différence entre le prix des travaux et la subvention de l'OFEN, soit près de 34'000 Fr.- par villa.
- Une réduction du revenu imposable est possible pour les rénovations PAC (voir annexe 4).

4. HISTORIQUE DES INSTALLATIONS

L'ASPLU approche l'OCEN

L'idée du projet aux Pluviers est partie d'une lettre (6 août 1998) de l'ASPLU à l'OCEN demandant une aide pour l'évaluation et la recherche de chauffages alternatifs au chauffage électrique direct.

Constitution d'un groupe d'étude

En réponse l'OCEN crée un groupe d'étude (OFEN, OCEN, SIG et bureau CONTI). L'étude est lancée le 7 mai 1999.

Résultat de l'étude aux mandants (OFEN, OCEN, SIG)

Le bureau CONTI étudie des solutions applicables (phase 1) entre juin et octobre 1999 et les présente sous forme d'un rapport aux mandants le 27 octobre 1999.

Présentation des solutions aux propriétaires

Le bureau CONTI et l'OCEN présentent les variantes aux propriétaires le 10 janvier 2000.

Les SIG établissent un cahier des charges et font une offre générale à chaque propriétaire.

Les négociations ont duré de février à mai 2000 (phase 2).

Signature des contrats

Les offres sont présentées et les contrats sont signés en mai 2000.

Réalisation

Les travaux sont réalisés sous la direction des SIG de juillet à décembre 2000 (phase 3).

Le rapport final de l'ensemble des travaux est terminé fin décembre 2000 (phase 4).

Suivi

Le suivi (phase 5) commence en octobre 2000 par la pose des compteurs. Les bureaux CONTI et RHYNER ENERGIE organisent les opérations de suivi dans le cadre du programme ANIS (ANalyse In Situ menée par HUBACHER et RHYNER ENERGIE).

Le comptage par les propriétaires, sous coordination des bureaux Conti et Rhyner, débutera en janvier 2001 et durera 2 ans.

5. COMPARAISON FACTURES/BUDGET

Le montant des offres varie selon les options demandées (voir **annexe 3**).

Après réalisation, les SIG relèvent que le montant de la fourniture du matériel est conforme aux prévisions.

Par contre, pour le chantier des Pluviers, les travaux de distribution de chaleur ont été sous-estimés pour les raisons suivantes:

- Les premiers percements de trous ont été faits par le chauffagiste (coût de revient élevé, travaux trop long et beaucoup de nuisance). Cette expérience montre qu'il faut en fait réaliser les forages avec des machines spécialisées (finalement réalisée par DMB pour 80 Fr/trou).
- Le temps d'exécution de ces travaux a été sous-estimé.
- Les travaux de finition ont été incomplètement réalisés.

Comme décrit dans le **tableau 3**, les SIG comptent au final 3'652 Fr de surcoûts imprévus, pour un cas représentatif des Pluviers.

Résumé du budget présenté à l'un des cas des Pluviers:

	Budget	Réalité
Offre de base (PAC, distribution chaleur) comme décrite en annexe 3	44'460 Fr	44'460 Fr
Offre chauffe-eau	2'900 Fr	2'900 Fr
Radiateur porte-linge dans WC-douche	2'500 Fr	2'500 Fr
Trappe de mise en place (travail de serrurerie et percement)	1'023 Fr	1'023 Fr
Imprévus: Rhabillage + menuiserie (plinthes) + interrupteur chauffe-eau + génie civil		3'652 Fr
Total:	50'883 Fr	54'535 Fr

Tableau 4: Ventilation des coûts prévus et réels pour une villa des Pluviers. Source: SIG

6. TRAVAUX ET MISE EN SERVICE

6.1 LES ENTREPRISES

6.1.1 GÉNIE CIVIL ET PERCEMENTS

Les travaux de génie civil ont consisté :

- A faire des carottages dans les dalles, murs et en façade.
- A modifier des sauts de loup.

Dans un premier temps le chauffagiste a percé lui-même des trous alors qu'une foreuse à eau était plus indiquée pour faire ce type de travail. Finalement, les SIG ont mandaté le forage des trous à un professionnel (DMB).

6.1.2 INSTALLATION SANITAIRE ET DISTRIBUTION HYDRAULIQUE

En plus des raccordements hydrauliques classiques, il a fallu tenir compte des travaux complets de finition c'est-à-dire:

- Les rhabillages (maçonnerie).
- La pose de nouvelles plinthes (menuiserie).

6.1.3 FOURNISSEUR DE PAC

Quand cela était possible, la PAC a été placée dans un local central en sous-sol avec un accès facile vers l'extérieur.

Aux Pluviers, le local sous le garage convenait bien. L'introduction par un trou scié dans la dalle de béton était convenant dans la plupart des cas.

Ce type de mise en place était satisfaisant. Pour un des cas, chez Gallay, il a fallu improviser la coordination (entre fabricant PAC et entreprise générale) et assurer le passage par un saut de loup.

6.1.4 L'ÉLECTRICIEN

Les travaux électriques ne se sont heurtés à aucune difficulté particulière compte tenu de la configuration modulaire de la PAC et de la fiabilité des produits choisis.

6.1.5 POSE DES COMPTEURS

Les compteurs de chaleur ont été raccordés hydrauliquement par le chauffagiste.

Parmi les 7 compteurs de chaleur posés, 5 ont nécessité l'intervention du fabricant (NeoVac ATA AG).

Les compteurs d'heures de fonctionnement et les compteurs de nombre d'enclenchements des PAC ont été raccordés électriquement par les SIG.

6.2 LES DIFFICULTÉS

6.2.1 RÉDUCTION DES COÛTS DE RÉALISATION DIFFICILE AVEC DES PAC INDIVIDUELLES DANS UN LOTISSEMENT

Bien que faisant partie du même lot, mais du fait de la particularité de chaque villa, les réductions de coûts pour la réalisation de la distribution de chaleur étaient impossibles.

Réaliser plusieurs installations dans un même endroit n'était pas forcément un avantage en terme de rentabilité car chaque installation était comparée par les voisins entre eux. Aux dires du chauffagiste, les propriétaires des premières réalisations voulaient bénéficier du savoir-faire des travaux postérieurs au leur et **ont fait refaire certains travaux**. D'autres ont fait exécuter certains travaux d'une manière différente que prévu dans l'offre.

Pour ce chantier, l'entreprise générale s'engageait sur un montant forfaitaire clé en main. Les imprévus ont été réalisés à ses frais.

6.2.2 COORDINATION ET CHOIX DES PERCEMENTS

La position des percements ne tenait pas toujours compte de la taille des nouveaux radiateurs et demandait parfois des parcours plus longs de tuyauterie (par exemple dans la cuisine chez Burkart).

La planification des percements devait être faite en fonction des radiateurs choisis et de leur emplacement final. Il aurait fallu **percer les trous après avoir défini le type et l'emplacement du radiateur**, et non le contraire.

6.2.3 CONDITIONS DE TRAVAIL DÉLICATES DANS LES HABITATIONS

Chaque client avait ses exigences propres pour le parcours des conduites de distribution hydraulique. Le passage de tuyau dans un local était parfois nécessaire, parfois malvenu.

Les travaux dans une habitation occupée prenaient plus du temps que dans un chantier normal. De plus, la présence des meubles demandait une attention particulière.

6.2.4 COORDINATION POUR L'INTRODUCTION DANS LES VILLAS

Le passage le plus pratique se faisait **si possible sous le garage par une trappe sciée dans le béton**. Sinon la PAC était introduite par le saut de loup (chez Gallay). Dans ce dernier cas, le passage a demandé un agrandissement de l'un des sauts de loup et la découpe de deux tuyaux hydrauliques de la PAC. Mis à part ces derniers détails aucune introduction n'a posé problème dans les 8 villas.

6.2.5 SOUS-ESTIMATION DU TRAVAIL DE RÉNOVATION

Les forages des trous pouvaient être rapides ou longs selon que l'on tombait ou pas sur les armatures du béton.

Pour éviter la sous-estimation du temps de travail et des coûts, certains travaux techniques tels que le forage dans le béton auraient dû être confiés dès le départ à des spécialistes.

Le chauffagiste a gagné du temps pour la pose de la distribution hydraulique en utilisant des tubes à sertissage en aluminium/polyéthylène de type VESCAL (comme dans le chauffage par le sol).

6.2.6 SOUS-ESTIMATION DES DÉLAIS

Aux Pluviers, pour les travaux de génie civil et les percements de trous, le chauffagiste avait prévu 1 jour de carottage par villa. Le temps de travail réel, pour le percement de 10*2 trous, a été finalement de 3 jours par villa.

Le temps de travail pour la distribution hydraulique, estimé initialement à 10 jours, a demandé finalement 15 jours ouvrables par villa. Ce délai de réalisation est entré pour une bonne part dans le cumul des retards de travaux (voir aussi **tableau 4**).

Le raccordement électrique a demandé 4 jours à l'électricien par villa, comme prévu.

Sur les 7 compteurs de chaleur 6 sont opérationnels depuis le 22 décembre 2000, date d'intervention de NéoVac sur 5 d'entre eux. La deuxième semaine de janvier 2001, le compteur de

la villa n°14 des Pluviers ne fonctionne toujours pas. Le comptage était prévu à partir d'octobre 2000.

Les compteurs d'heures de fonctionnement et les compteurs de nombre d'enclenchements des PAC sont tous opérationnels depuis le 22 décembre 2000.

Les compteurs d'heures de fonctionnement et compteurs de nombres d'enclenchements du chauffage électrique d'appoint devraient encore être posés. En attendant la mise en place de ces compteurs au début de 2001 (dépendant de Hubacher Engineering) et sur proposition des SIG, l'alimentation de l'appoint est coupée au niveau du compteur électrique.

6.3 ORDRE D'EXÉCUTION ET REMARQUES DIVERSES

6.3.1 DATES DE MISE EN SERVICE

Villa	Propriétaire	Ordre de réalisation	Date de mise en service	
			Prévu	Réel
Champ Manon N°5	Tonus	1	30 juin 2000	31 juillet 2000
Pluviers N14	Momot-Chalut	2	16 juin 2000	13 septembre 2000
Pluviers N°9	Mendez	3	30 juin 2000	13 septembre 2000
Pluviers N°7	Burkart	4	25 août 2000	13 septembre 2000
Pluviers N°5	Heeb	5	28 juillet 2000	27 septembre 2000
Pluviers N10	Hutin	6	8 septembre 2000	27 septembre 2000
Pluviers N17	Nyikus	7	14 juillet 2000	3 novembre 2000
Pluviers N°3	Gallay	8	18 août 2000	8 décembre 2000

Tableau 5: Ordre de réalisation des rénovations PAC

6.3.2 REMARQUES

Pour les trois dernières rénovations, la distribution hydraulique à l'étage a été faite en creusant la chape. Ce travail n'était possible que si le sol était recouvert de moquette.

Les dernières rénovations ont subi les retards cumulés des chantiers dans les autres propriétés. Le planning des travaux était très sensible à plusieurs faits:

- Une seule entreprise réalisait les travaux longs (percements et pose de la distribution hydraulique).
- Sur le chantier des Pluviers, une seule et même équipe de chauffagistes a travaillé de bout en bout.
- Aux Pluviers, l'équipe de chauffagiste intervenait également en urgence sur d'autres installations extérieures au chantier.

Les retards d'exécution des travaux situés sur le "chemin critique", c'est-à-dire la distribution hydraulique, auraient pu être diminués si plusieurs équipes ou si plusieurs entreprises du même corps de métier étaient intervenues en parallèle sur différents secteurs de ce chantier.

Les propriétaires observent que les joints entre la gaine d'air de la PAC et la fenêtre sont gorgés d'eau par temps humide. La situation aurait pu être améliorée en vérifiant l'étanchéité de ces joints.

Chez Tonus à Bernex, le corps de chauffe unique de la salle à manger a été surdimensionné. Le chauffagiste aurait dû mieux répartir la distribution de chaleur dans cette grande pièce.

7. COMMENTAIRES, CRITIQUES, EXPÉRIENCES SUR LES TRAVAUX

7.1 LES TRAVAUX SONT MENÉS À BIEN MAIS AVEC DES RETARDS À L'EXÉCUTION

Ces installations pilotes ont permis aux SIG d'acquérir un savoir-faire et une notion des coûts réels dans la rénovation des chauffages électriques directs par des PAC.

Les clients sont satisfaits des installations réalisées mais nuancent leur satisfaction sur la manière dont les prestations sont réalisées. Le choix d'un chauffagiste fiable est déterminant pour le respect du planning. Ce n'était pas le cas aux Pluviers. Le chauffagiste de Champ Manon n°5 à Bernex a été imposé par le propriétaire. Les SIG ont accepté cette solution mais ont été très déçus par sa prestation.

La coordination et la surveillance de l'exécution des travaux demandent beaucoup de temps. A l'avenir l'entreprise générale créera un poste de coordinateur issu de la pratique et dont la fonction sera exclusivement dédiée à la surveillance des réalisations de PAC.

Quant à la dérive des délais pour les travaux imprévus, le tracé de la distribution hydraulique et la responsabilité des modifications en cours de chantier seront, pour les chantiers futurs, discutés avec le client avant de réaliser les travaux.

Les problèmes de percement sont la cause des retards d'exécution. Dans ce chantier, les travaux ont mis trop de temps à être terminés. Le retard de deux mois est mal supporté par les propriétaires. Le manque d'organisation pour l'exécution de l'hydraulique est décrié par tous les propriétaires. Mais ils soulignent la qualité finale de l'exécution, à l'exception de quelques détails.

La pose des tuyauteries en chape (et non par accrochage au mur) est appréciée par les clients mais prend du temps pour la réalisation. En effet, cette option demande un surplus de travail de maçonnerie, de menuiserie et de finitions de détails.

7.2 LA RÉALISATION AUGMENTE LE NIVEAU DE CONFORT DES HABITATIONS

Le niveau de confort est supérieur à la situation précédente. La température est plus élevée et la chaleur est mieux répartie. Le fait que le COPA soit proche de 2.6 implique que le coût de chauffage du boiler est divisé d'autant. Pour certain propriétaire (Momot-Chalut, Pluviers 14) grand consommateur sanitaire, cette réduction des coûts du "kWh thermique" permet maintenant de chauffer l'eau chaude sanitaire toute la journée (et non plus seulement la nuit avec obligation de restrictions de consommation).

A l'usage, les propriétaires entendent moins les bruits de la PAC qu'ils imaginaient.

8. VALIDATION POUR D'AUTRES INSTALLATIONS

8.1 ELEMENTS CLEFS POUR GÉNÉRALISER CETTE EXPÉRIENCE

8.1.1 ETUDE

Il faut d'abord quantifier les besoins énergétiques selon:

- La calorimétrie des locaux.
- Les besoins d'eau chaude sanitaire.
- La consommation d'électricité pour les communs, à déduire des besoins de chauffage si l'on remplace du chauffage électrique direct (fait par estimations et mesures en été).

Pour faciliter le traitement saisonnier des statistiques, les SIG devraient dès maintenant organiser un comptage saisonnier de tous les chauffages électriques.

Il faut ensuite déterminer la rentabilité de l'installation future.

8.1.2 RÉALISATION

Il est important de respecter le planning prévisionnel.

Le client supporte directement les nuisances des travaux. Il doit s'organiser pour vivre un temps dans une habitation en chantier. Plus les travaux sont courts moins grandes sont les nuisances.

8.2 JUSTIFICATION DU SUIVI ET MAITRISE DES COÛTS D'EXPLOITATION APRÈS MISE EN SERVICE

8.2.1 POURQUOI UN SUIVI?

Le propriétaire quantifie et connaît l'évolution de sa consommation ainsi que de ses coûts énergétiques. Il peut obtenir la preuve que son investissement est rentable.

La Confédération veut connaître l'impact du programme Energie 2000 par rapport à ce qui était attendu et planifié. Le groupe du projet ANIS suit à ce jour 200 installations de PAC en Suisse.

8.2.2 SUIVI PAR QUELS MOYENS?

Le suivi quantitatif comptabilise les coûts d'exploitation et mesure l'évolution de 3 paramètres clés de fonctionnement:

- Les heures de fonctionnement de la PAC.
- Les heures de fonctionnement de l'appoint électrique.
- La consommation électrique.
- La production thermique.

Ces statistiques sont relevées avec une fréquence hebdomadaire par les propriétaires et données semestriellement pour analyse et interprétation.

La tenue d'un protocole d'exploitation permet un suivi qualitatif. On y note les caractéristiques techniques et les problèmes de l'exploitation (pannes et dérangements).

8.2.3 QUI EST CONCERNÉ PAR LE SUIVI ?

Sur les 8 PAC mises en service dans ce projet pilote, 7 seront suivies pendant 2 ans.

Sur les 7 PAC suivies, 3 sont directement intégrées au groupe du projet ANIS qui suit déjà des PAC en Suisse alémanique. Les 4 autres PAC seront suivies par le bureau CONTI selon le même protocole que celui de l'ANIS dans le cadre d'un contrat de suivi sous mandat de l'OFEN.

8.2.4 PLANNING DU SUIVI

- L'instrumentation de comptage et instructions aux propriétaires sont mises en place fin 2000.
- Les statistiques périodiques et protocoles d'exploitation seront récoltés pendant les années 2001 à 2002.
- Les rapports à 12 et 24 mois seront réalisés en janvier 2002 et janvier 2003.

8.2.5 OBJECTIFS DÉCLARÉS

La consommation électrique doit diminuer de 60-70% par rapport à la situation initiale de 1999.

9. CONCLUSIONS AVANT SUIVI

9.1 CE QUI A ÉTÉ RÉALISÉ

La substitution du chauffage électrique direct par des PAC et par un chauffage à distribution hydraulique a pu être réalisée pour 7 villas parmi les 8 étudiées dans le lotissement des Pluviers à Plan-les-Ouates et dans la villa étudiée à Bernex chemin de Champ Manon n° 5.

9.2 BUTS FUTURS

La meilleure promotion des PAC passe par la satisfaction des clients d'un point de vue :

- Qualitatif par une amélioration du confort.
- Quantitatif par une vérification des prévisions de rentabilité.

Le client doit d'autre part pouvoir compter sur une réalisation rapide et propre des travaux. Il doit aussi avoir un interlocuteur unique et obtenir un plan de financement intéressant avec l'aide de l'OCEN.

10. ANNEXES

Annexe 1 : Dimensionnement du modèle de PAC implanté aux Pluviers.

Annexe 2 : Dimensionnement du modèle de PAC implanté à Champ Manon.

Annexe 3 : Offre type proposée à un habitant des Pluviers.

Annexe 4 : Note de l'OCEN sur la fiscalité et plus-value après remplacement du chauffage électrique.

11. RÉFÉRENCES

Référence 1: *CONTI & ASSOCIES Ingénieurs SA. Etude pour le remplacement du chauffage électrique, Villas des Pluviers à Plan-les-Ouates. Pour OFEN, OCEN et SIG.*

12. REMERCIEMENTS

- OFEN, M. Rognon
- OCEN, M. Van der Maas
- SIG, MM. Sculati et Cosandier
- Installateur chauffage, M. Vionnet
- Les propriétaires des Pluviers à Plan les Ouates et de Champ-Manon à Bernex ayant accepté de tenter l'expérience.

Le 6 février 2001 - HB

7. Puissance thermique (selon recommandation SIA 180/1¹⁾, 380/1²⁾ et 384/2³⁾)

genre de construction ³⁾ 2.12 ☒ de type massif ³⁾ ☐ structures légères ³⁾

surface de référence ¹⁾

SR

= 167 [m²]

somme de la puissance thermique des locaux 7.1³⁾

$\Sigma \dot{Q}_{gl L}$

= 8.11 [kW]

température de l'air extérieur adoptée pour le calcul 2.11³⁾

t_e

= -7 [°C]

puissance thermique globale à installer 7.2³⁾

$\dot{Q}_{gl bat}$

= 8.11 [kW]

(base pour le dimensionnement de la production de chaleur)

Indice énergétique²⁾ E_{Th}

= 118 [MJ/m²a]

8. Données pour le dimensionnement de la pompe à chaleur

☐ sol/eau ☒ air/eau ☐ eau/eau ☐ air/air ☐ autres

installation de PAC avec ☒ stock tampon/technique 140 [l] ☐ accumulateur de chaleur [l]

durée maximale d'interruption possible par 24 heures 4 [h]

puissance thermique de la pompe à chaleur 10 [kW]¹⁾ 6.8 [kW]²⁾

auxiliaires : ventilateur(s) [kW] circulateur(s) 0.15 [kW]

aux conditions normalisées air/eau A7W35, sol/eau B0W35, eau/eau W10W35

²⁾ à la température de l'air extérieur adoptée pour le calcul (selon point 7: t_e) -7/W50

source de chaleur

distribution de chaleur par

☒ air extérieur

☐ air de récupération

☐ air

☐ eau rivière ou lac

☐ nappe phréatique

☐ sol

☐ sonde(s) géothermique(s) : nombre

☒ radiateurs

longueur totale [m]

☐ autres

puissance par mètre de sonde à B0W35 [W/m]

☐ terrain : surface de captage [m²]

☐ autres

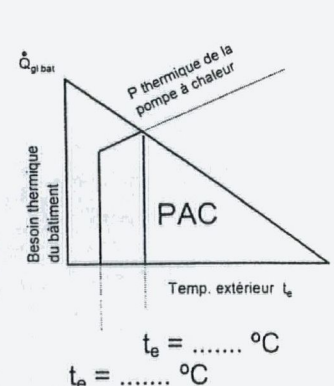
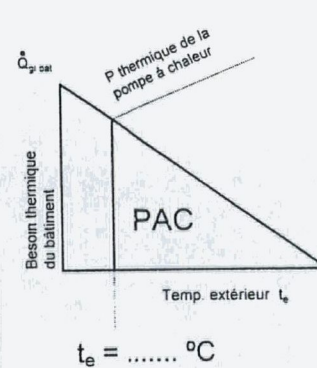
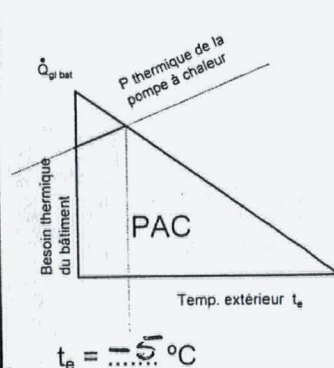
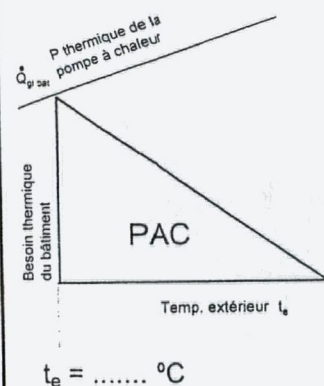
Modes de fonctionnement de la PAC

☐ monovalent

☒ Bivalent avec appoint

☐ bivalent alternatif

☐ bivalent avec appoint et alternatif



genre d'appoint/chauffage alternatif

☒ électrique

☐ gaz

☐ autres

☐ mazout

☐ bois

ANNEXE 2

CALCUL DES DEPERDITIONS

Objet : Villa de M. Tonus - Bernex

Altitude : m 452
 Température extérieure : °C 6
 Nombre de pièces chauffées : pces 13
 Volume des pièces chauffées : m³ 653.55
 Total des surfaces chauffées : m² 267

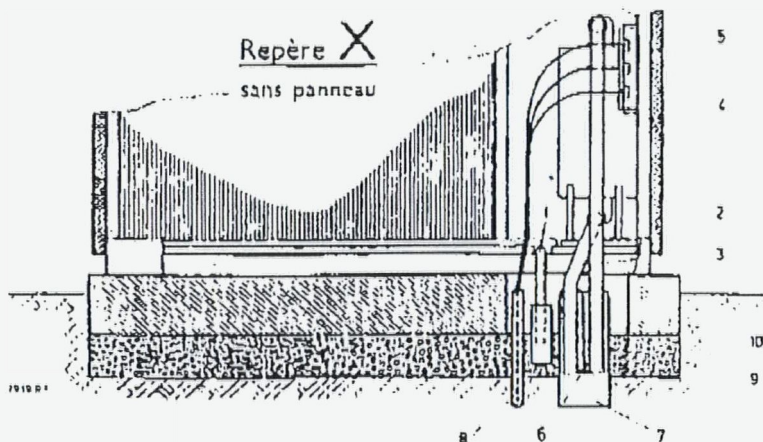
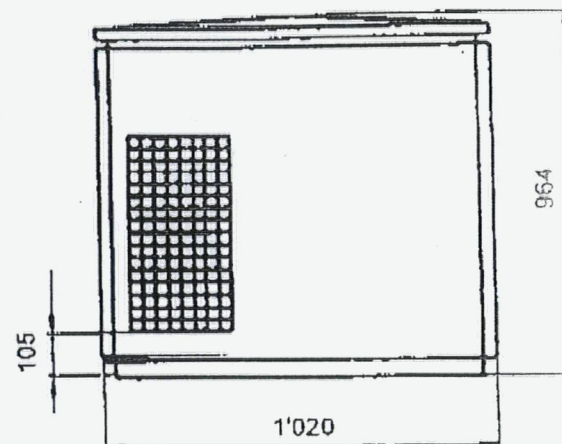
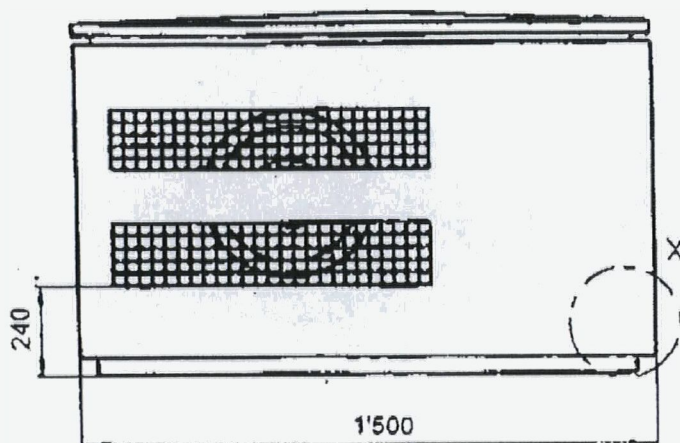
Sous-sol								
01	Jeux	20 °C	- 6 °C	79.80 m ³	23.94	1'037 + 199 =	1'237	
02	Gym	20 °C	- 6 °C	74.45 m ³	22.34	1'161 + 186 =	1'347	
03	Bain	22 °C	- 6 °C	10.92 m ³	3.28	122 + 29 =	152	
04	Hall	18 °C	- 6 °C	39.70 m ³	11.91	191 + 91 =	282	
05	WC	18 °C	- 6 °C	3.75 m ³	1.13	18 + 9 =	27	
06	Atelier	20 °C	- 6 °C	73.00 m ³	21.90	1'613 + 182 =	1'796	
07	Bureau	20 °C	- 6 °C	18.22 m ³	5.47	308 + 45 =	353	
Rez-de-chaussée								
1	Séjour/cuisine	20 °C	- 6 °C	199.00 m ³	59.70	4'657 + 497 =	5'155	
Etage								
101	Chambre	20 °C	- 6 °C	53.12 m ³	15.94	1'174 + 133 =	1'307	
102	Bain	22 °C	- 6 °C	12.37 m ³	3.71	242 + 33 =	276	
103	Chambre	20 °C	- 6 °C	33.50 m ³	10.05	653 + 84 =	737	
104	Chambre	20 °C	- 6 °C	36.97 m ³	11.09	673 + 92 =	765	
105	Hall	18 °C	- 6 °C	18.75 m ³	5.63	203 + 43 =	246	

Total 653.55 m³ 12'053 + 1'624 = 13'676

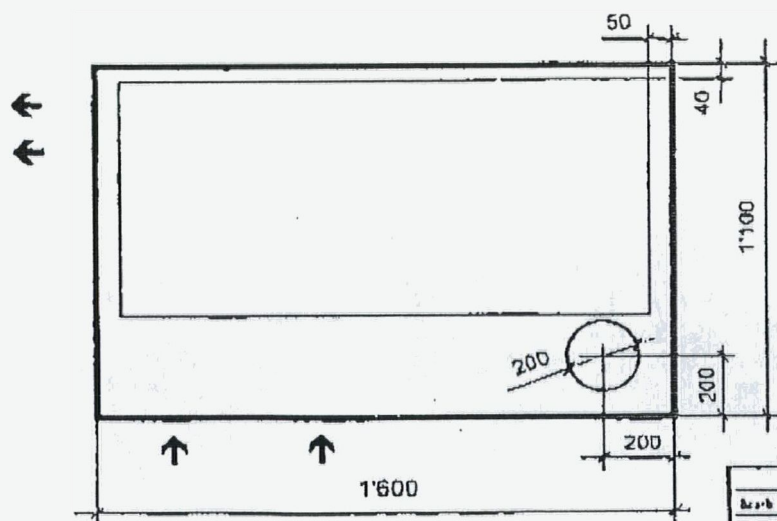
4.7 Déperditions therm. par transmission dans le bâtiment : W 12'053

5.9 Déperditions therm. par infiltration dans le bâtiment : W 1'624

7.2 Puissance thermique globale à installer : W 13'676



- 1 Tuyau d'évacuation des condensats
- 2 Flexible départ chauffage
- 3 Flexible retour chauffage
- 4 Câbles électriques
- 5 Passage de câbles
- 6 Isolation pour conduites départ et retour chauffage
- 7 Tube de protection pour conduites chauffage
- 8 Tube de protection pour câbles électriques
- 9 Remplissage en galets
- 10 Socle béton



Socle (le Somo de 200 doit dépasser de 20 mm la surface du socle)

SCHEMA POUR :

- ARCHITECTE
- ELECTRICIEN
- CHAUFFAGISTE

Dim. en mm

Marb	Leg	Éléve	Anlage
Gep.			Planungs-Nr.
STIEBEL ELTRON			WPL 25 / 30 KWa
VNT			Dimensions et raccordement + plan de socle

Offre N°: 3.1142,00

Concerne: Villa de M. Tonus - Bernex

STIEBEL ELTRON**Pompe à chaleur air-eau**

03794 1 Pompe à chaleur air/eau WPL 25 KWa 16'000.-- Fr 16'000.--

Pompe à chaleur pour captage de chaleur sur l'air extérieur, version extérieure avec évaporateur intégré. Haute flexibilité pour un encombrement minimum grâce à une construction compacte. La carrosserie est galvanisée à chaud et thermolaquée en blanc (RAL 9001).

Rendement hautement efficace sur l'ensemble de l'année par adaptation de la puissance (3 étages) en fonction de la demande de chauffe. Tous les dispositifs de sécurité nécessaires comme une combinaison de contrôleur haute et basse pression, une protection anti-gel sont intégrés. De plus un système de démarrage réduit par résistances (25 Amp.) est de série. L'aggregat comprend aussi deux échangeurs (évaporateur et condenseur), deux compresseurs avec préchauffage de l'huile. La PAC est pilotée via un câble BUS.

Lorsque la PAC est à l'arrêt, une température de retour d'eau jusqu'à 75°C est admise.

Le groupe est rempli de fluide frigorigène R290 (sans CFC ni HFC).

Caractéristiques techniques :

Température de la source de chaleur	Température de départ	Puissance absorbée par la PAC	Puissance de chauffe
7°C	+ 35°C	2.2 kW	9.0 kW
2°C	+ 35°C	3.5 kW	11.7 kW
- 7°C	+ 35°C	4.6 kW	12.6 kW
- 15°C	+ 50°C	4.2 kW	7.5 kW

* ventilateur et dégivrage inclus selon EN 255

Plage d'utilisation source froide	- 18° / + 40°C
Plage d'utilisation eau chaude	+ 15° / + 65°C
Débit d'air de l'évaporateur	3'100 m3/h
Débit chauffage	1.2 m3/h
Perte de charge condenseur	40 hPa
Raccordement hydraulique	R 1 1/4" ext.
Raccordement électrique	3/PE-400V, 50Hz
Branchement électrique	min. 4 x 4.0 mm2
Coupe-circuit	3 x 20 AT
Courant nominal	6.4 A
Puissance abs. PNT (y c. ventilateur)	3.5 - (0.34) kW
Courant max. de service I _{max}	9.1 A
Intensité à rotor bloqué LRA	54 / 79 A
Intensité de démarrage	25 A
Résistance de démarrage	3 x 7 Ohm
Type de protection EN 60529	IP 14 B
Démarrage max./heure	3
Quantité de fluide frigorigène	R290 / 2.4 kg
Dimensions app. de base	H x L x P 940 x 720 x 1'440 mm
Dimensions monté	H x L x P 995 x 1'060 x 1'540 mm
Poids emballage compris	360 kg

70691 2 Amortisseur de vibrations G 1 1/4"

Tuyau flexible isolé, avec raccords, simplifiant le raccordement de la PAC au système de chauffage ou au tampon, et remplissant la fonction d'amortisseur. Long. 10 m, DN 32.

Installation d'une pompe à chaleur air-eau - Villas les Pluviers - M.Hutin

		sans chauffe-eau	chauffe-eau 300 litres	options chauffage
1. <u>PAC et distribution de la chaleur</u>				
Chauffagiste - M.Vionnet				
Fourniture mise en place de la PAC y compris distribution de la chaleur	Fr.	30'950		
Fourniture mise en place de la PAC y compris distribution de la chaleur et chauffe-eau 300 litres	Fr.		33'850	
Plus-value :				
chauffe-eau 500 litres	Fr.			
Porte serviettes sdb au 1er	Fr.			1500
Porte serviettes WC douche au 1er	Fr.			1000
Fermeture par plaques métalliques	Fr.	1'505	1505	
Support pour la PAC	Fr.	400	400	
Isolation des plaques métalliques	Fr.	150	150	
2. <u>Travaux de génie civil et maçonnerie</u>				
Zschokke - M.Valli				
Nouveau saut-de-loup	Fr.	1'450	1'450	
Raccordement au saut-de-loup de l'abri	Fr.	4'300	4'300	
Mise en place du chantier	Fr.	200	200	
Trappe garage	Fr.	1'505	1'505	
3. <u>Installation électrique</u>				
SIG - M.Sculati				
Alimentation de la PAC	Fr.	3'000	3'000	
Alimentation des circulateurs				
Comptage PAC				
Sonde en façade				
4. <u>Divers et imprévus</u>				
Mise en place pavés	Fr.	1'000	1'000	
SOUS-TOTAL INSTALLATION PAC	Fr.	44'460	47'360	
Participation OFEN	Fr.	10'000	10'000	
Participation OCEN (compteur de chaleur)	Fr.			
Participation SIG (comptage PAC)	Fr.	500	500	
TOTAL INSTALLATION PAC	Fr.	33'960	36'860	

Différence version de base

Fr.

2'900

Fiscalité et plus-value après remplacement du chauffage électrique

Lors du remplacement du chauffage électrique direct soit par une pompe à chaleur, soit par un chauffage à gaz, les mesures fiscales en faveur de l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie sont valables.

En première approximation, la plus-value correspond à la différence entre le chauffage électrique installé et le nouveau système de chauffage, avec ou sans distribution d'eau chaude et quelle que soit le mode de production.

A titre indicatif, le système de distribution d'eau chaude ainsi que la pompe à chaleur aux Pluviers coûtait ~ Fr. 42'000.-/installation, les coûts du système de chauffage électrique sont ~ Fr. 10'000.-, la plus-value est donc ~ Fr. 32'000.-.

Le nouveau mode de chauffage implique un changement de confort et une réduction importante des charges.

La mesure fiscale en faveur de l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1995. L'incitation fiscale porte sur les « investissements destinés à économiser l'énergie et à protéger l'environnement », valable tant pour l'impôt fédéral direct que pour l'impôt cantonal et communal.

Mesures fiscales (l'ordonnance fédérale du 24.8.92) :

1. Les investissements destinés à économiser l'énergie et à ménager l'environnement seront totalement assimilés à des frais d'entretien. Ils seront déductibles du revenu pour la part effectivement supportée par le contribuable à raison de 50% durant les 5 premières années après l'acquisition du bien immobilier, puis dans leur totalité.
2. Ces investissements ne donneront pas lieu à des plus-values.
3. Ils seront déduits du revenu du contribuable durant l'année qui suit la date de la facturation.
4. Pour les immeubles occupés par leur propriétaire, la déduction ne sera plus limitée à concurrence maximale de la valeur locative.

Les travaux qui sont considérés comme mesures en faveur de l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie concernent des améliorations de l'enveloppe du bâtiment, des améliorations des installations techniques telles le renouvellement du générateur de chaleur et enfin des analyses visant des améliorations énergétiques font partie des mesures en faveur de l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie.



642.116.1: Ordonnance sur les mesures en faveur de l'utilisation rationnelle de l'énergie et du recours aux énergies renouvelables- du 24 août 1992

Le Département fédéral des finances, vu l'article 102, 1^{er} alinéa, de la loi fédérale du 14 décembre 1990 sur l'impôt fédéral direct (LIFD); vu l'ordonnance du 24 août 1992 sur la déduction des frais relatifs aux immeubles privés dans le cadre de l'impôt fédéral direct, arrête:

Art. 1 Mesures

Sont en particulier considérés comme mesures en faveur de l'utilisation rationnelle de l'énergie et du recours aux énergies renouvelables:

a. les mesures tendant à réduire les déperditions énergétiques de l'enveloppe du bâtiment, par exemple:

1. isolation thermique des sols, murs, toits et plafonds jouxtant l'extérieur, des locaux non chauffés ou le terrain,
2. remplacement des fenêtres par des modèles améliorés sur le plan énergétique,
3. pose de colmatages,
4. installation de sas non chauffés,
5. renouvellement de jalousies ou de volets à rouleau;

b. les mesures en faveur de l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les installations du bâtiment, par exemple:

1. renouvellement du générateur de chaleur, à l'exception de son renouvellement par des chauffages électriques fixes à résistances,
2. remplacement des chauffe-eau (à l'exception du remplacement des chauffe-eau à circulation par des chauffe-eau centraux),
3. raccordement à un réseau de chauffage à distance,
4. pose de pompes à chaleur, d'installations à couplage chaleur-force et d'équipements alimentés aux énergies renouvelables,
5. pose et renouvellement d'installations servant avant tout à l'utilisation rationnelle de l'énergie, notamment:

- dispositifs de réglage, vannes thermostatiques de radiateurs, pompes de recirculation, ventilateurs,
- isolation thermique des conduites, de la robinetterie ou de la chaudière,
- dispositifs de mesure servant à l'enregistrement de la consommation et l'optimisation du fonctionnement,

- appareils liés au décompte individuel des frais de chauffage et d'eau chaude,

6. assainissement de cheminée lié au renouvellement d'un générateur de chaleur,
7. mesures de récupération de la chaleur, par exemple dans des installations de ventilation et de climatisation;

c. les analyses énergétiques et les plans-directeurs de l'énergie;

d. le renouvellement d'appareils ménagers gros consommateurs d'énergie, tels que cuisinières, fours, réfrigérateurs, congélateurs, lave-vaisselle, lave-linge, équipements d'éclairage, etc., qui font partie de la valeur de l'immeuble.

Art. 2 Entrée en vigueur

La présente ordonnance entre en vigueur le 1^{er} janvier 1995.

RO 1992 1795

RS 642.11

RS 642.116

Energies renouvelables à encourager: énergie solaire, géothermie, chaleur ambiante captée avec ou sans pompe à chaleur, énergie éolienne et biomasse (y compris le bois ou le biogaz). L'utilisation des forces hydrauliques n'entre pas dans la catégorie des énergies renouvelables à encourager au sens de la LIFD.