

16 décembre 2015

Prix des pompes à chaleur air-eau

Analyse des prix des
pompes à chaleur air-eau et de
la qualité de leur installation



energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

Mandante

Rita Kobler, Office fédéral de l'énergie

Auteurs

Dr. Sabine Perch-Nielsen, Ernst Basler + Partner AG

Dr. Michel Müller, Ernst Basler + Partner AG

Joséphine Zumwald, Ernst Basler + Partner AG

Dr. Mu-Jeong Krüger, Ernst Basler + Partner AG

Groupe de suivi

Peter Egli, Groupement professionnel suisse GSP

Steve Hofer, Bill + Künzi AG

Oliver Joss, Stiebel Eltron

Fabrice Rognon, CSD Ingénieurs

Cette étude a été réalisée à la demande de SuisseEnergie. Les auteurs sont seuls responsables des contenus de ce rapport.

Adresse

Ernst Basler + Partner AG, Zollikerstrasse 65, CH-8702 Zollikon

Tél. +41 44 395 11 11, Fax +41 44 395 12 34, info@ebp.ch, www.ebp.ch

Table des matières

Résumé	5
1 Introduction	8
1.1 Situation de base	8
1.2 Objectifs	9
2 Méthode	11
2.1 Définition des installations de référence	11
2.2 Demande de prix.....	12
2.3 Validation des prix proposés	14
3 Installations de référence	15
3.1 Bâtiments de référence	15
3.2 Directives techniques pour la pompe à chaleur	15
3.3 Critères qualité	16
4 Pompes à chaleur proposées	18
4.1 Caractéristiques des pompes à chaleur proposées.....	18
4.2 Comparaison avec la validation	20
4.3 Respect des critères	21
5 Prix des pompes à chaleur	24
5.1 Systèmes complets et appareils de pompes à chaleur seuls	24
5.2 Composants	25
6 Prix et qualité	28
6.1 Différences de qualité	28
6.2 Différences de prix	33
7 Comparaison avec les chaudières à mazout	34
8 Synthèse	37
Annexe A: Littérature	40
Annexe B: Rentabilité	41
Annexe C: Mesures en matière d'acoustique	43
Annexe D: Formulaire de demande de propositions	45

Résumé

Introduction et objectif. L'assainissement plus rapide des enveloppes du bâtiment et l'accroissement du nombre de pompes à chaleur installées dans le parc immobilier sont des objectifs essentiels de la Stratégie énergétique 2050. Les prix du marché des pompes à chaleur ont donc une grande importance si on les compare à ceux des technologies concurrentes ; cependant, une diminution des prix du marché ne doit pas se ressentir sur la qualité des installations et de leur réalisation. Il est capital que les pompes à chaleur soient très efficaces, afin que les objectifs visés en matière de demande en électricité soient eux aussi atteints. La présente étude analyse ainsi les prix des pompes à chaleur pour le compte de SuisseEnergie, conjointement à la qualité des installations et de leur réalisation.

Méthodes: Il a été demandé aux installateurs suisses de proposer, pour un bâtiment de référence, une offre de remplacement de la chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau ainsi que par une nouvelle chaudière à mazout. Il a alors été demandé à la moitié des installateurs de respecter un certain niveau de qualité, tandis qu'il n'a été donné à l'autre moitié aucun critère qualité particulier. Préalablement à cette demande, l'installation de référence a été définie et le formulaire de demande de propositions correspondant a été élaboré. Afin de valider les prix proposés, ces derniers ont été comparés aux montants de factures réelles des années précédentes correspondant à des demandes de subventions des cantons des Grisons et de Lucerne.

	Chaudière à mazout	Pompe à chaleur air-eau
Relevé: haute qualité	19 offres	19 offres
Relevé: qualité libre	18 offres	18 offres
Validation		92 factures

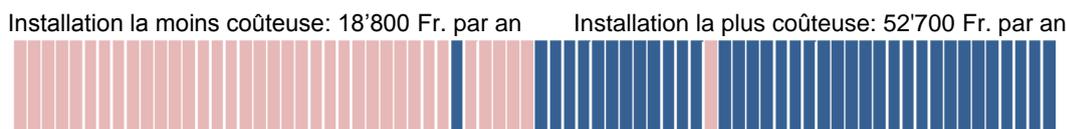
Schéma I: aperçu des bases de données

Installation de référence: La situation de base est celle d'une maison individuelle des années 50 partiellement rénovée et équipée d'une chaudière à mazout. Une pompe à chaleur air-eau (modèle split) d'une puissance de 9 kW au point de fonctionnement A-7/W35 a été demandée pour ce bâtiment.

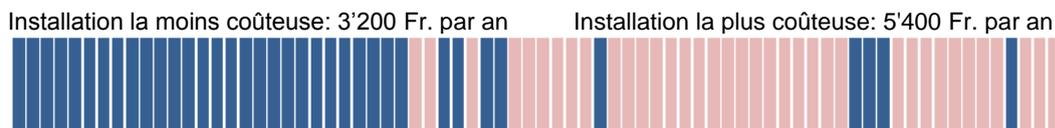
Prix: Le prix médian d'une pompe à chaleur installée s'élève, selon les propositions faites, à environ 36'000 francs (hors TVA). Le prix médian issu de la validation est un peu plus faible mais ne comprend souvent pas tous les travaux externes (tels que démontage et élimination de la cuve). Globalement, les prix proposés correspondent bien au marché. La fourchette de prix des systèmes complets proposés est très large: le prix de l'installation la moins coûteuse s'élève à 26'000 francs et celui de la plus coûteuse à 49'000.

Les tarifs d'installation d'une pompe à chaleur sont, comme on pouvait s'y attendre, nettement plus élevés que ceux d'une nouvelle chaudière à mazout (médiane de près de 22'000 francs hors TVA). Presque toutes les pompes à chaleur proposées sont plus coûteuses que chacune des chaudières à mazout proposées (cf. schéma I, ligne supérieure). Cependant, en prenant en considération le total des coûts annuels (dont coûts énergétiques et d'exploitation), la tendance est totalement inversée et presque toutes les pompes à chaleur proposées sont ainsi meilleur marché que les

Classement par coûts d'investissement



Classement par coûts totaux annuels



■ Remplacement par une pompe à chaleur ■ Remplacement par une chaudière à mazout

Schéma I: Comparaison entre coûts d'investissement et coûts totaux des systèmes complets proposés (n = 37)

Qualité: Le niveau de qualité exigé de la part de la moitié des installateurs a été axé sur le concept du "Pompes à chaleur système-module". Ce niveau correspond à une bonne qualité (mais pas excellente). Les critères de ce niveau de qualité n'ont eu aucun impact sur la qualité des installations proposées. Parmi les 19 offres transmises devant respecter un certain niveau de qualité, 8 ont satisfait à ces exigences; pour les offres n'ayant aucun niveau de qualité particulier à respecter, ce résultat a été de 7 sur 18. Il semble donc que de nombreux installateurs proposent dans un premier temps leur modèle standard privilégié, sans tenir compte des souhaits du client. Dans le cas des demandes devant respecter un certain niveau de qualité, il a été demandé aux installateurs d'adapter leur offre, afin que celle-ci corresponde aux critères qualité, et ce à plusieurs reprises. Le client final doit donc contrôler la qualité et insister fermement sur ses critères pour se voir proposer un niveau de qualité correspondant à ses attentes.

Prix de la qualité: Les prix des systèmes complets devant respecter un certain niveau de qualité sont légèrement plus faibles que ceux n'ayant aucun niveau de qualité particulier à respecter (cf. schéma II). Une explication possible serait que des critères concrets et détaillés entraînent des prix plus bas. De tels critères indiquent à l'installateur que l'installation souhaitée a été précisément déterminée et qu'aucun «supplément provisionnel» n'est nécessaire. L'installateur peut également supposer que des critères aussi clairs cachent un acheteur expérimenté et connaisseur, ce qui peut exercer une pression supplémentaire sur les prix.

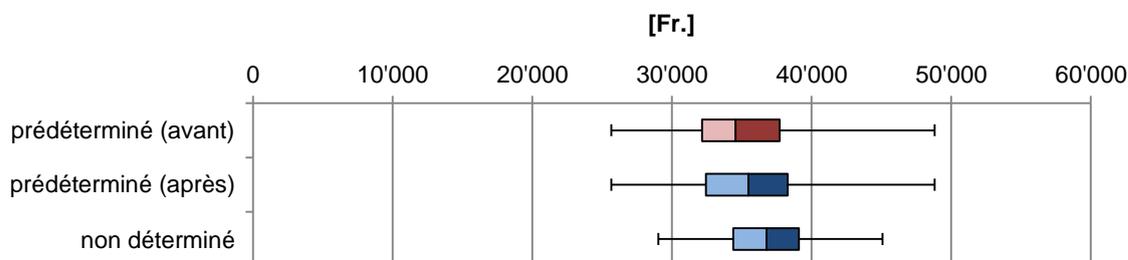


Schéma II: comparaison entre les prix des systèmes complets de pompe à chaleur sans niveau de qualité particulier (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19) (hors TVA)

Freins à une meilleure qualité: Les recherches dans le cadre de cette demande de propositions ont

Rapport «Prix des pompes à chaleur air-eau»

démontré que les fabricants et fournisseurs de pompes à chaleur donnent des informations différentes et souvent incomplètes en matière d'efficacité énergétique et acoustique. Le manque de transparence et de comparabilité des valeurs nominales complique le choix de la pompe à chaleur la plus adaptée. De plus, les réponses aux demandes de précisions ont en partie dévoilé des lacunes de la part des installateurs. La majorité de ces incertitudes reposent sur le dimensionnement de l'accumulateur de chaleur et sur l'acoustique.

1 Introduction

1.1 Situation de base

La chaleur de l'environnement joue un rôle majeur dans les perspectives énergétiques de (OFEN) (OFEN, 2012). En 2010, moins de 10% des surfaces habitables suisses étaient équipées de pompes à chaleur (cf. schéma 1). D'ici 2050, cette proportion aura nettement augmenté: de 35 à 50% selon le scénario.

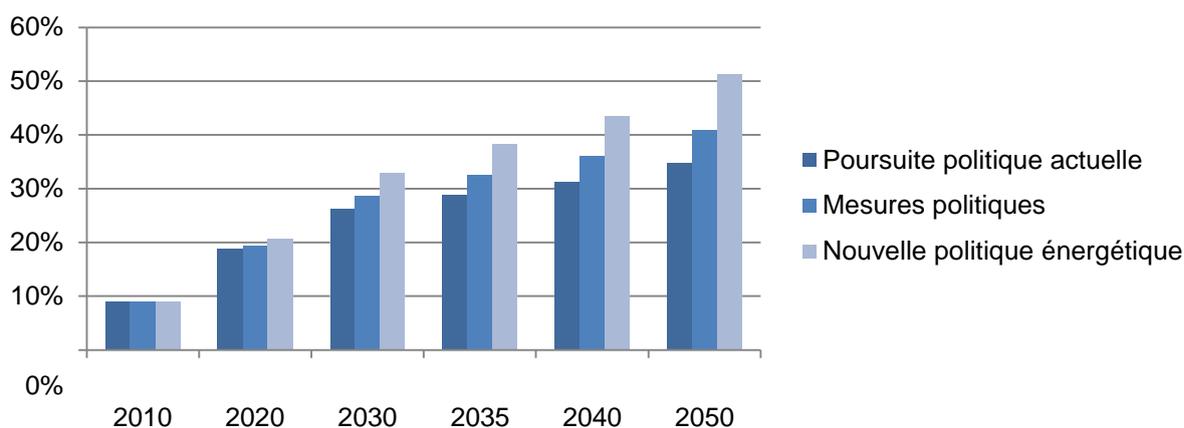


Schéma 1: importance de la chaleur de l'environnement dans les scénarios de perspectives énergétiques: proportion de pompes à chaleur utilisées pour chauffer les surfaces habitables en Suisse (OFEN, 2012).

Afin que la chaleur de l'environnement puisse jouer son rôle majeur dans la politique énergétique de la Suisse, les pompes à chaleur doivent être plus largement utilisées. Les pompes à chaleur se sont développées de façon très dynamique durant les 20 dernières années et leur nombre a été multiplié par plus de 5 (cf. schéma 2).

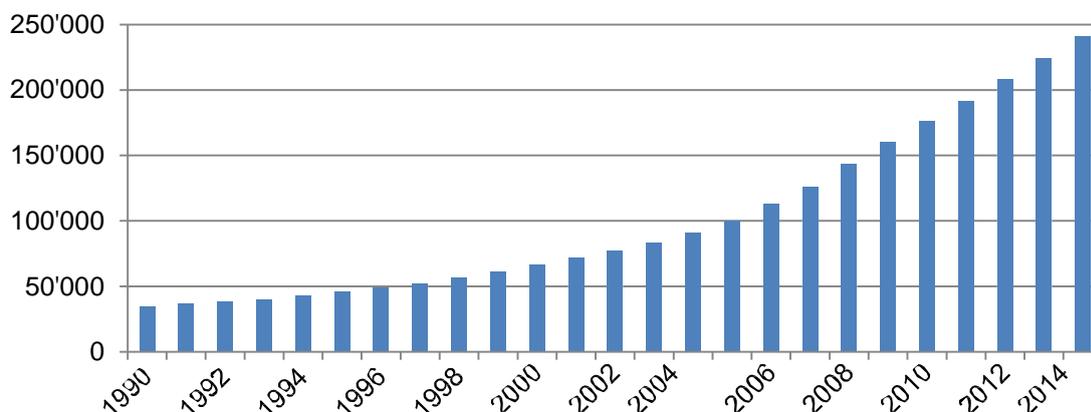


Schéma 2: évolution du nombre de pompes à chaleur à moteur électrique (OFEN, 2015)

Parmi les nouvelles constructions, la pompe à chaleur est passée du statut de produit de niche au statut de système de chauffage dominant dans les 20 dernières années. Près de 65% des maisons individuelles construites entre 2006 et 2013

sont chauffées par des pompes à chaleur (schéma 3). Les immeubles construits au même moment sont chauffés à 46% par des pompes à chaleur.

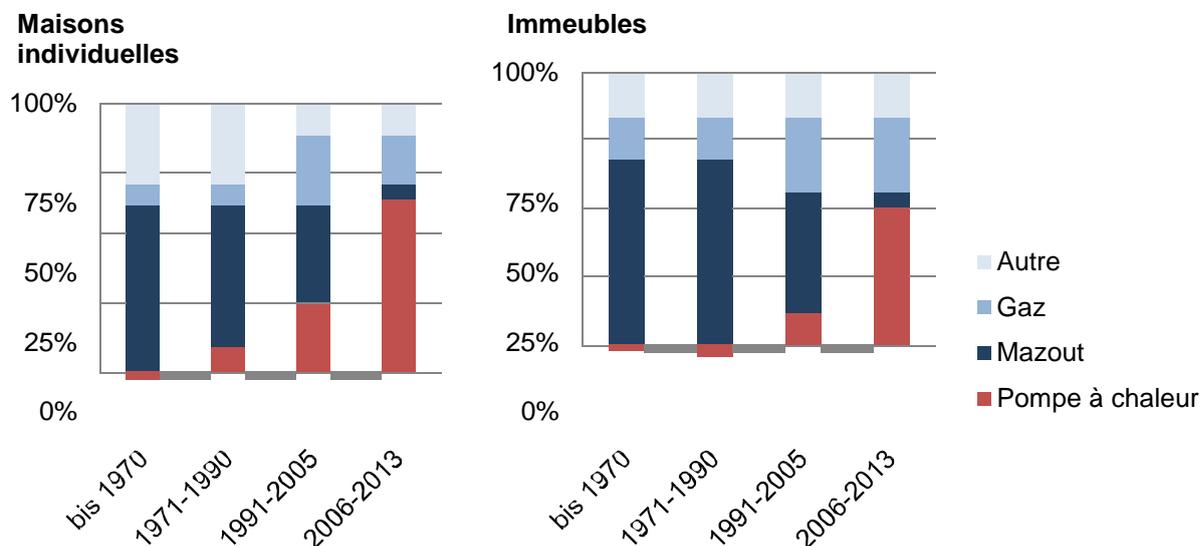


Schéma 3: proportion de ressources énergétiques utilisées pour chauffer les maisons individuelles et les immeubles (selon l'année de construction; OFS, 2014)

Sur l'ensemble du parc immobilier, le résultat est cependant tout autre. Près de trois quarts des maisons individuelles et immeubles en Suisse ont été construits avant 1991, et ces bâtiments sont moins de 5% à être chauffés par des pompes à chaleur ; cela prouve donc que les pompes à chaleur sont principalement installées dans les nouvelles constructions. Il y aurait pourtant dans ce parc immobilier des immeubles d'habitation dont la réalisation (système de distribution de chaleur, besoins énergétiques) se prêterait tout à fait à un système de chauffage par pompe à chaleur.

L'assainissement plus rapide des enveloppes du bâtiment et l'accroissement du nombre de pompes à chaleur installées dans le parc immobilier sont au cœur de la vision de la Stratégie énergétique 2050. Les prix du marché des pompes à chaleur ont donc une grande importance si on les compare à ceux des technologies concurrentes ; cependant, une diminution des prix du marché ne doit pas se ressentir sur la qualité des installations et de leur réalisation. Il est capital que les pompes à chaleur soient très efficaces, afin que les objectifs visés en matière de demande en électricité soient eux aussi atteints. La présente étude analyse ainsi les prix des pompes à chaleur pour le compte de SuisseEnergie, conjointement à la qualité des installations et de leur réalisation.

1.2 Objectifs

Les objectifs de cette étude sont les suivants:

- Obtenir les prix pour un cas de référence, à savoir le remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau dans une maison individuelle. Outre le prix total moyen de l'installation, la composition des prix et leur variabilité sont également données.

- Connaître également les interactions entre le prix et la qualité des installations et de leur réalisation. Les demandes de prix, d'une part, comportent des critères qualité à respecter et, d'autre part, n'en comportent aucun. Cette base permet de révéler le niveau de qualité général du marché de même que l'influence que les critères qualité ont sur les prix des pompes à chaleur proposées. Les critères qualité sont axés sur le nouveau concept du "Pompes à chaleur système-module" (cf. encadré ci-dessous).
- Indiquer également les prix et le contexte qualité dans le cas d'un remplacement de la chaudière à mazout par une nouvelle chaudière à mazout (autre alternative).

Pour terminer, cette étude permet également de témoigner de la possibilité d'élaborer une saisie des prix, du rapport coûts/bénéfices avec lequel les informations sur les prix et la qualité peuvent être déterminées, et quel impact ces informations peuvent avoir.

Le "Pompes à chaleur système-module", la nouvelle norme suisse

Le "Pompes à chaleur système-module (PAC système-module) est une nouvelle norme suisse relative à la planification et la fabrication de pompes à chaleur. Cette norme repose sur le certificat de qualité international destiné aux pompes à chaleur, mais se concentre toutefois sur celles utilisées comme système complet.

Le PAC système-module bénéficie d'un grand soutien dans la branche. Il a été développé par des fabricants et fournisseurs de pompes à chaleur et associations professionnelles (suissetec, Groupement professionnel suisse (GSP), ImmoClimat Suisse (ICS) et de la Société suisse des ingénieurs en technique du bâtiment (SICC)). L'objectif est d'optimiser la coordination des composants systèmes et de standardiser les processus d'installation, de mise en service et d'assurance qualité, afin que l'efficacité énergétique des pompes à chaleur puisse être garantie.

2 Méthode

2.1 Définition des installations de référence

Cette demande de prix s'applique à une maison individuelle prédéfinie servant de bâtiment de référence. Les pompes à chaleur sont déjà un standard dans les nouvelles constructions, c'est pourquoi nous nous sommes concentrés sur le parc immobilier existant, où la plupart des mesures d'intervention restent encore nécessaires si l'on souhaite atteindre les objectifs de la Stratégie énergétique en matière d'installation de pompes à chaleur. Le bâtiment de référence choisi est une maison individuelle, car c'est là que les installations standardisées sont les plus fréquentes. Les bâtiments et leurs affectations peuvent varier du tout au tout; en choisissant un bâtiment de référence, aucune proposition ne peut être valable d'une manière générale pour toutes les maisons individuelles.

Dans ce bâtiment de référence, la chaudière existante (chaudière à mazout) doit être remplacée soit par une pompe à chaleur, soit par une nouvelle chaudière à mazout. La pompe à chaleur choisie est une pompe à chaleur air-eau. Avec cette technologie, la demande de propositions est plus facile à réaliser qu'avec les technologies classiques, car les conditions d'autorisation en matière de juridiction et de construction ne varient que peu de l'une à l'autre.

Il a été demandé aux installateurs de proposer une offre pour une pompe à chaleur air-eau ainsi que pour une nouvelle chaudière à mazout. Afin de centrer effectivement l'étude sur la qualité des installations et de leur réalisation (cf. objectifs fixés au point 1), deux demandes de propositions différentes ont été établies:

- avec niveau de qualité prédéterminé: pour la pompe à chaleur comme pour la chaudière à mazout, le niveau de qualité souhaité a été prédéterminé et explicitement exigé. Ces exigences qualité sont axées, dans la mesure du possible, sur les critères du PAC système-module. Cela permet de connaître les prix des installations de qualité ainsi que leur variabilité et leur composition.
- sans niveau de qualité déterminé: pour la pompe à chaleur comme pour la chaudière à mazout, aucun critère quant à la qualité de l'installation et de sa réalisation n'a été déterminé. L'installateur décide lui-même quel niveau de qualité il souhaite proposer pour son installation et pour la réalisation de celle-ci. Cette demande permet de connaître les prix des installations typiques du marché ainsi que leur variabilité et leur composition.

Les caractéristiques du bâtiment de référence, des installations de référence et des composantes du prix demandé ont été définies en collaboration avec des experts. Les installations de référence sont décrites au point 3.

Seuls les coûts d'investissement du client final ont été pris en compte. L'impact des coûts d'investissement, des coûts énergétiques et des coûts d'exploitation sur la rentabilité est pris en compte, à l'aide d'un exemple de facture correspondant aux installations de référence dont l'étude fait l'objet (cf. Annexe B).

2.2 Demande de prix

Formulaires de demande de propositions

Les prix ont été calculés à l'aide de deux formulaires de demande de propositions: un formulaire de demande comportant des critères qualité à respecter, et un autre n'en comportant pas (cf. Annexe D). La structure était la même pour les deux formulaires: les prix ont d'abord été demandés pour le remplacement de la chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau, puis pour le remplacement par une nouvelle chaudière à mazout.

Il a été demandé aux installateurs d'indiquer les prix des pompes à chaleur séparément pour les différents composants et les différentes interventions: nouvelle pompe à chaleur, nouvel accumulateur de chaleur, nouveau chauffe-eau, autres équipements (dont conduites et pompes de circulation), prestations (montage, coordination) et autres prestations complémentaires séparées (isolation des conduites, mise en service, démontage et évacuation de la cuve à mazout en acier, maçonnerie et travaux d'électricité). La demande de propositions de prix pour la nouvelle chaudière à mazout a été divisée selon le même modèle.

À la fin du formulaire ne comportant aucun critère qualité particulier, il a également été demandé à l'installateur dans quelle mesure il considérerait comme applicables à sa région les différentes caractéristiques qualité mentionnées.

Déroulement de la demande de propositions

Toutes les entreprises membres de GSP ont été contactées par téléphone. Le déroulement et le but de cette demande ont été brièvement expliqués à la personne contactée. Il n'a pas été mentionné qu'il existait deux formulaires de demande différents et qu'au-delà du prix, la qualité des modèles proposés occupait aussi une place extrêmement importante. Lorsque la personne indiquait vouloir participer, le formulaire lui était envoyé par e-mail au format PDF. Chaque personne a ainsi reçu un seul et unique formulaire de demande de propositions, soit comportant des critères qualité à respecter, soit n'en comportant aucun. Les deux types de formulaire ont été attribués en alternance.

Au cours de la conversation téléphonique préalable, une date limite de remise du formulaire a été convenue. Une fois ce délai passé, les installateurs ont été relancés si nécessaire, d'abord par e-mail, puis par téléphone.

À réception, il a été vérifié que les formulaires remplis étaient complets. Dans le cas des formulaires de demande pour lesquels un certain niveau de qualité avait été déterminé, il a également été contrôlé que le modèle de pompe à chaleur indiqué satisfaisait aux critères. Si tel n'était pas le cas, l'installateur était recontacté et il lui était demandé de compléter les informations, ou de choisir une autre pompe à chaleur et d'indiquer son prix. Une fois le formulaire correctement complété, les installateurs ont été dédommés d'un montant de 300 francs.

La demande de propositions a été réalisée en septembre et octobre 2015. L'objectif était d'obtenir 40 formulaires complets, avec une répartition des tailles d'entreprise et des deux formulaires la plus régulière possible. Sur un total de 122 entreprises issues de la liste de membres GSP,

114 ont été interrogées, parmi lesquelles 37 ont finalement participé à l'étude (schéma 4). Seize petites entreprises, 19 moyennes et 2 grandes ont participé. 19 ont reçu un formulaire de demandes de propositions comportant des critères qualité à respecter, et 18 ont reçu un formulaire n'en comportant aucun.

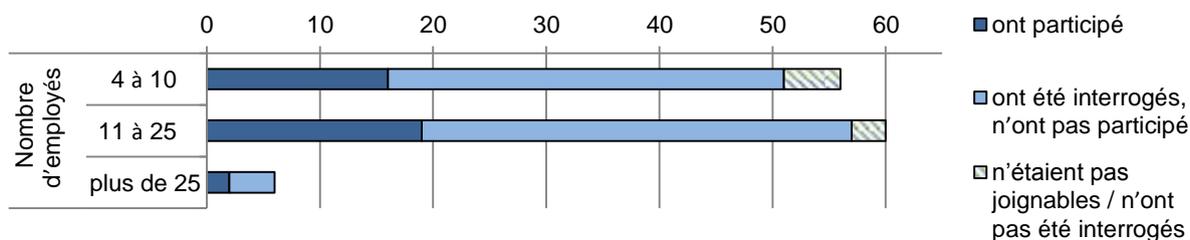


Schéma 4: aperçu des retours pour les deux formulaires selon la taille de l'entreprise (en nombre d'employés)

Difficultés

Dans le cadre de la demande de propositions, nous avons rencontré les difficultés suivantes:

1. **Disponibilité:** les installateurs étant en déplacement pendant une grande partie de la journée, il a été difficile de les joindre. Il a ainsi fallu appeler certaines entreprises plusieurs fois avant de pouvoir s'adresser à une personne compétente et l'interroger quant à son intérêt pour l'étude.
2. **Volonté de participer:** certains installateurs n'ont pas voulu accepter avant de pouvoir lire le formulaire de demande de propositions. Un e-mail contenant le formulaire leur a été envoyé et ce n'est qu'ensuite qu'ils ont pu annoncer s'ils étaient intéressés ou non. Cela a entraîné un certain retard dans la réalisation de l'enquête. Certains installateurs, après avoir lu le formulaire, n'ont pas accepté de participer. De nombreux retours ont également mentionné que la période choisie pour cette demande (début de la saison de chauffage) n'était pas optimale.
3. **Retours:** bien que le délai de réalisation alloué à chaque installateur ait été adapté individuellement et convenu avec chacun d'entre eux, tous les formulaires de demande de propositions n'ont pas été retournés à la bonne date. Alors qu'un rappel par e-mail a suffi dans certains cas, la plupart des entreprises ont dû être relancées par téléphone. À ce stade et par manque de temps, plusieurs refus tardifs nous sont parvenus.
4. **Informations relatives aux pompes à chaleur:** il a été contrôlé que les critères quant aux composants choisis aient été respectés. Cela a donc nécessité d'effectuer des recherches diverses et variées sur les pompes à chaleur, les chauffe-eau et les accumulateurs de chaleur, ce qui s'est parfois révélé compliqué, voire impossible. Les fiches techniques disponibles sur Internet permettaient souvent de n'obtenir des informations que sur quelques points de fonctionnement, mais rarement sur le niveau de qualité prédéterminé dans le formulaire de demande de propositions. Ce moyen n'a également pas toujours permis de trouver les informations relatives aux niveaux de puissance acoustique: parfois, seul le niveau de pression acoustique était indiqué et dans les autres cas, aucune valeur acoustique n'était donnée. Si la plupart d'entre elles ont été mises à disposition par le fabricant sur demande, toutes les valeurs demandées n'ont toutefois pas toujours été fournies.

5. **Respect des critères:** Les composants choisis par les installateurs ne correspondaient malheureusement pas souvent aux critères donnés. Cela a surtout été le cas pour les formulaires comportant des critères qualité à respecter. Nous avons également reçu des propositions répondant à un formulaire ne comportant aucun niveau de qualité particulier qui ne correspondaient pas à nos critères (p. ex. pompe à chaleur extérieure au lieu de l'installation split attendue). Certains formulaires étaient également incomplets, ou trop peu spécifiques. Cela a donc parfois nécessité, après la réception de ces formulaires, de contacter encore trois à quatre fois les installateurs avant de pouvoir utiliser les informations données. Plus de détails concernant les difficultés rencontrées en matière de respect des critères au point 4.3, à partir de la page 21.

2.3 Validation des prix proposés

Les installateurs ont été informés que les résultats de ces demandes de prix seraient utilisés dans le cadre d'une étude tarifaire. Étant donné que cela pouvait entraîner des réponses stratégiques de la part des installateurs, la fiabilité des données a été contrôlée par validation à l'aide d'une source d'informations indépendante.

Les données ont ainsi été comparées avec des factures établies dans le cadre d'une demande de subventions cantonales. Il a tout d'abord été recherché dans quels cantons les pompes à chaleur air-eau avaient fait l'objet de subventions ces dernières années. L'octroi de subventions pour les pompes à chaleur est un thème central des programmes de promotion cantonaux; cependant, dans la plupart des cantons, l'accent est mis sur les pompes à chaleur sol-eau ou eau-eau. Les pompes à chaleur air-eau ne sont que rarement subventionnées.

Sur la base des programmes de promotion actuels, les cantons de Berne, des Grisons, de Lucerne et de Thurgovie ont été identifiés comme susceptibles d'accepter une éventuelle demande. Dans les cantons de Berne et de Thurgovie, les pompes à chaleur air-eau ne sont subventionnées que lorsqu'elles remplacent un chauffage électrique. Étant donné que cette étude concerne le remplacement d'une chaudière à mazout, ces cantons n'ont pas été pris en compte.

Pour les cantons de Lucerne et des Grisons, les factures correspondant aux demandes de subvention dans le cadre du remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau ont été examinées sur place dans les archives des services cantonaux de l'énergie. Dans la mesure du possible, les informations suivantes ont été tirées des factures:

- prix du système complet de remplacement d'une chaudière à mazout par la nouvelle pompe à chaleur air-eau
- prix de la nouvelle pompe à chaleur air-eau
- puissance de la pompe à chaleur
- coefficient de performance de la pompe à chaleur (Coefficient of Performance, COP)

Toutes les informations ont directement été tirées des factures envoyées dans le cadre de demandes de subvention. Une des difficultés a été de délimiter les différents postes de coûts. Par exemple, il a été impossible de savoir précisément ce que la désignation «générateur de chaleur» sous-entendait (la pompe à chaleur seule ou

également les conduites). Un total de 92 prix pour des systèmes complets et de 50 prix pour des appareils de pompes à chaleur seuls a ainsi finalement pu être obtenu.

3 Installations de référence

3.1 Bâtiments de référence

La situation de base a été décrite dans les deux formulaires de demande de propositions par les informations suivantes:

- maison individuelle non mitoyenne;
- située à 600 m au-dessus du niveau de la mer;
- année de construction 1950 ;
- surface de référence énergétique 180 m², rénovation énergétique de l'enveloppe du bâtiment en 2008;
- chaudière à mazout existante datant de 1985, puissance du générateur de chaleur 17,5 kW;
- cuve à mazout en acier à la cave (4'000 litres);
- chauffage central, répartition de chaleur par radiateurs;
- production d'eau chaude sanitaire par la chaudière, chauffe-eau existant d'une contenance de 300 litres;
- aucun problème de place pour l'installation et la mise en place des nouveaux équipements de chauffage.

La description de la situation de base représentait une maison individuelle la plus typique possible. Le chauffage existant choisi était un chauffage au mazout, car il s'agit de la ressource énergétique la plus répandue pour le chauffage (cf. schéma 3). L'année de construction et la surface de référence énergétique ont été déterminées en exploitant les données de la Statistique des bâtiments et des logements. Pour terminer, la situation de base a été discutée puis définitivement fixée en collaboration avec le groupe d'accompagnement.

L'installation de référence pour la pompe à chaleur est décrite de façon détaillée ci-dessous. L'installation de référence pour la nouvelle chaudière à mazout est décrite dans le formulaire de demande de propositions (cf. Annexe D).

3.2 Critères techniques pour la pompe à chaleur

Les critères techniques suivants pour la pompe à chaleur ont été mentionnés dans les deux formulaires de demande de propositions (avec et sans niveau de qualité prédéterminé):

- pompe à chaleur air-eau ;
- modèle split ;
- puissance 9 kW à A-7/W35.

Afin de permettre aux installateurs de se représenter le plus clairement possible l'installation, d'autres critères tels que la distance entre les unités intérieures et extérieures de la pompe à chaleur ont également été donnés (pour plus de détail, cf. Annexe D).

Les critères techniques concernant la pompe à chaleur ont été déterminés à l'aide d'informations statistiques et confirmés par les conclusions tirées de la validation. En 2014, les pompes à chaleur air-eau représentaient la majorité des pompes à chaleur vendues en Suisse (cf. schéma 5) et sont devenues de plus en plus fréquentes dans les cas d'assainissement. De plus, les conditions d'autorisation en matière de juridiction et de construction entre les cantons sont très similaires, ce qui facilite la demande de propositions. Une installation split a été choisie, car il s'agit du type d'installation le plus répandu parmi les pompes à chaleur validées par le canton de Lucerne (45%) et le canton des Grisons (68%).

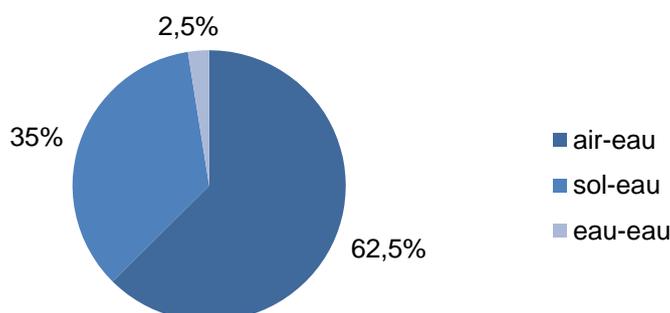


Schéma 5: pompes à chaleur vendues en 2014 selon leur ressource thermique (statistiques GSP 2015)

Afin de déterminer la puissance de la nouvelle pompe à chaleur air-eau, nous nous sommes également appuyés sur les informations statistiques du GSP. Le schéma 6 montre que la plupart des pompes à chaleur installées en Suisse en 2014 présentent une puissance de 5 à 13 kW.

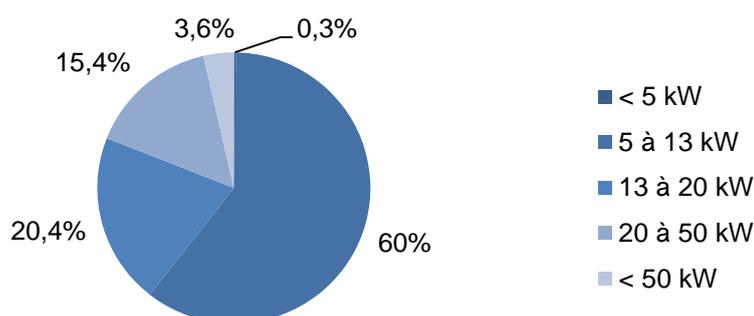


Schéma 6: pompes à chaleur vendues en 2014 selon leur catégorie de puissance (statistiques GSP 2015)

3.3 Critères qualité

Le Tableau 1 présente les critères qui ont été donnés dans le formulaire devant respecter un certain niveau de qualité. Outre certaines exigences en matière de qualité de la pompe à chaleur, il a également été donné des critères quant à la contenance de l'accumulateur de chaleur et du chauffe-eau, à l'efficacité de la pompe de circulation ainsi qu'à la qualité de certaines des prestations. Ces caractéristiques qualité sont fortement axées

sur le PAC système-module (cf. point 1.2). Certains des critères tels que la contenance du chauffe-eau ont été déterminés en collaboration avec le groupe d'accompagnement.

Pompe à chaleur	Certificat de qualité: EHPA COP: min. 3,1 à A2/W35, 1,8 à A7/W55 et 2,6 à A7/W55 Niveau de puissance acoustique: max. 60 dB(A)
Accumulateur de chaleur	Contenu: 300 litres
Chauffe-eau	Contenu: 400 litres Dimensions: Température du chauffe-eau de 50°C atteignable sans réchauffage électrique
Autres équipements	EI pompe de circulation: 0,23 ou mieux
Prestations	Températures d'entrée: maximum 50°C Système de chauffage: remplissage, purge et équilibrage hydraulique conformes à la directive SICC BT-102-01 Attestation de respect des exigences de protection contre le bruit: conformément aux directives du Cercle Bruit Documentation détaillée concernant l'installation: pour le client
Prestations complémentaires	Isolation des conduites: conforme aux directives légales

Tableau 1: critères qualité de l'installation de référence

4 Pompes à chaleur proposées

La plupart des résultats ont été représentés sous forme de diagrammes en boîte (cf. schéma 7). La boîte centrale correspond à la partie contenant les 50% moyens des données. La barre verticale de la boîte correspond à la médiane, qui sépare les données en deux fois 50% des réponses. Les «moustaches» à gauche et à droite de la boîte correspondent aux 25% inférieurs et supérieurs des données.

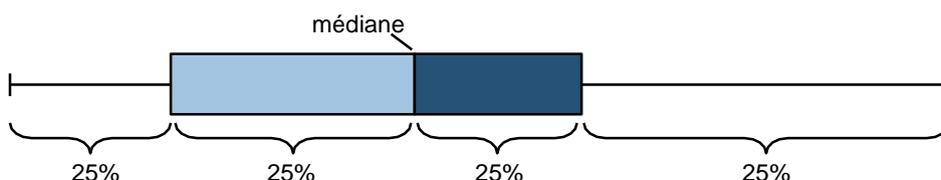


Schéma 7: signification des éléments d'un diagramme en boîte

4.1 Caractéristiques des pompes à chaleur proposées

Valeurs COP

Les médianes des valeurs COP aux points de fonctionnement A-7/W35, A2/W35 et A7/W35 s'élèvent respectivement à 2,9, 3,4 et 4,5 (cf. schéma 8). Pour les points de fonctionnement avec température de l'eau plus élevée A-7/W55 et A7/W55, elles sont respectivement de 2,2 et 3,2.

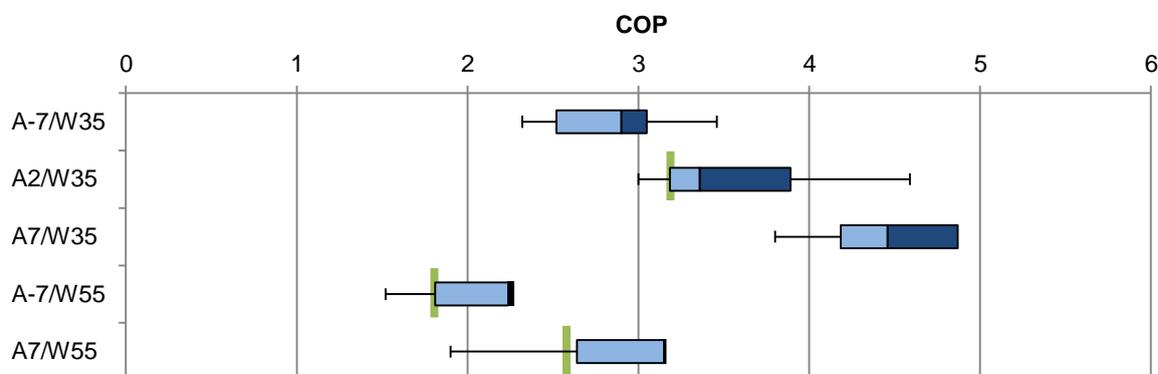


Schéma 8: aperçu des valeurs COP des pompes à chaleur issues de la demande de propositions; les barres vertes correspondent aux critères donnés dans la demande de propositions (n = 30 à 37, selon disponibilité)

Les installateurs ont indiqué dans le formulaire de demande de propositions le modèle de pompe à chaleur choisi. Les recherches sur les valeurs COP ont montré qu'il était complexe, voire parfois impossible, d'identifier la valeur à chaque point de fonctionnement. Il a donc été difficile pour les installateurs de comparer rapidement et clairement les modèles proposés et donc de sélectionner une pompe à chaleur appropriée.

L'exploitation des données a de plus montré, comme on pouvait s'y attendre, que l'efficacité d'un modèle dépend du point de fonctionnement (cf. Tableau 2). Plus particulièrement, une même pompe à chaleur sera plus ou moins adaptée

selon si la température de l'eau est basse ou élevée. Par exemple, le modèle n°2 n'est pas très efficace à basse température, mais fait partie des meilleurs à température élevée.

	Quantité	A-7/W35	A2/W35	A7/W35	A-7/W55	A7/W55
Modèle PAC 1	9	3,1	3,9	4,9	2,2	3,2
Modèle PAC 2	5	2,5	3,0	3,8	2,3	3,5
Modèle PAC 3	4	2,5	3,2	4,3	1,8	2,6
Modèle PAC 4	2	2,6	3,2	4,5	1,5	2,5
Modèle PAC 5	2	3,0	3,4	3,9	2,2	2,8
Modèle PAC 6	2	2,9	3,8	5,1	NC	NC

Tableau 2: comparaison des valeurs COP des 6 modèles les plus cités (les deux plus efficaces étant mis en gras)

Acoustique

La médiane du niveau de puissance acoustique s'élève à 56 dB(A) (schéma 9). Les médianes des puissances proposées aux différents points de fonctionnement A-7, A2 et A7/W35 s'élèvent respectivement à 10,4, 9,4 et 11,9 kW (cf. schéma 10).

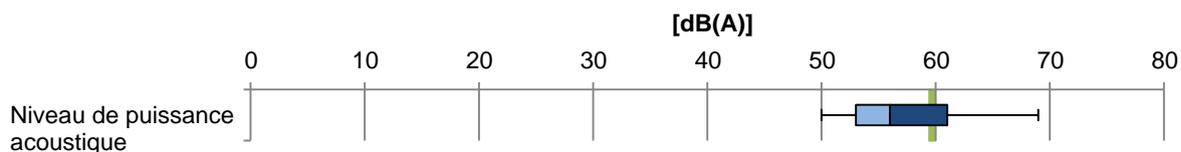


Schéma 9: aperçu du niveau de puissance acoustique des pompes à chaleur issues de la demande de propositions; la barre verte correspond au maximum donné dans la demande de propositions avec niveau de qualité prédéterminé (n = 37)

Autres caractéristiques

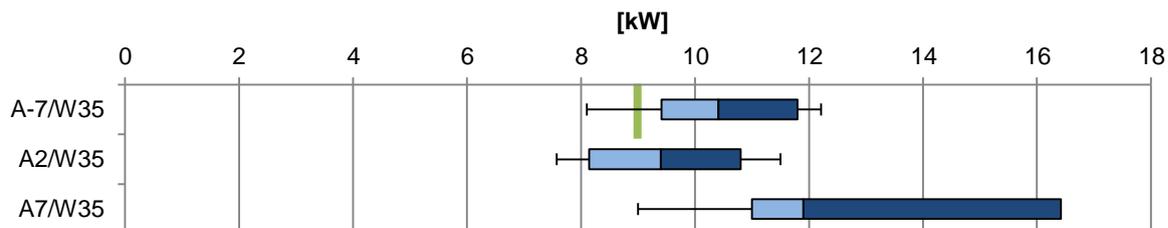


Schéma 10: aperçu de la puissance des pompes à chaleur issues de la demande de propositions; les barres vertes correspondent à la puissance donnée (n = 34 à 37)

Les valeurs médianes du volume de l'accumulateur de chaleur et du chauffe-eau sont de 300 et 395 litres (schéma 11). Comme on pouvait s'y attendre, la fourchette de résultats est très réduite pour les chauffe-eau, étant donné que les deux types de formulaires précisaient leur contenance. La médiane des surfaces de l'échangeur de chaleur pour le chauffe-eau est de 4,7 m² (schéma 12). Quatre des 37 chauffe-eau au total ne sont pas équipés de thermoplongeur électrique.

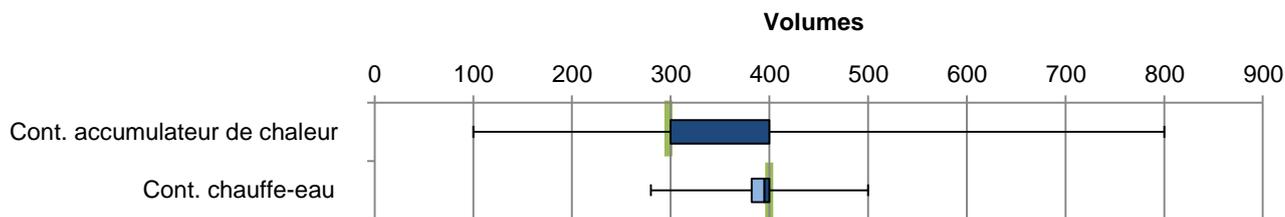


Schéma 11: aperçu des contenances de l'accumulateur de chaleur et du chauffe-eau issues de la demande de propositions; les barres vertes correspondent aux critères donnés (en haut: uniquement lorsque les critères qualité ont été donnés, en bas: les deux) (n = 37)

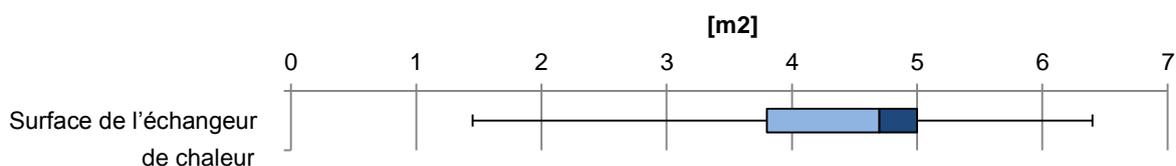


Schéma 12: aperçu des surfaces des échangeurs de chaleur issues de la demande de propositions (n = 37)

Un modèle de pompe à chaleur en particulier a surtout été cité: en effet, neuf des 37 installateurs l'ont proposé. Un autre modèle a été proposé par cinq d'entre eux, et un autre par trois. Le top 3 des modèles a ainsi été recommandé par près de la moitié des participants. Au total, 13 fabricants de pompes à chaleur différents ont été proposés.

L'accumulateur de chaleur et le chauffe-eau étaient souvent produits par le même fabricant que celui de la pompe à chaleur. Certains modèles ont également été mentionnés plusieurs fois, bien qu'aucun numéro 1 ne puisse se dégager aussi clairement que pour les pompes à chaleur. Dans le cas de modèles de pompes à chaleur identiques, le même modèle d'accumulateur de chaleur a souvent été proposé, mais avec jusqu'à 500 litres de différence en termes de volumes (p. ex. une contenance de 200 litres contre 700, ou de 300 litres contre 800).

4.2 Comparaison avec la validation

La médiane de l'efficacité énergétique des pompes à chaleur proposées est légèrement inférieure à celle issue de la validation (cf. schéma 13). De plus, la fourchette de résultats est plus petite que celle de la validation. Cela n'est pas étonnant, car l'efficacité énergétique souhaitée était indiquée dans une partie des demandes de propositions, et celles-ci regroupent donc beaucoup moins d'installations.

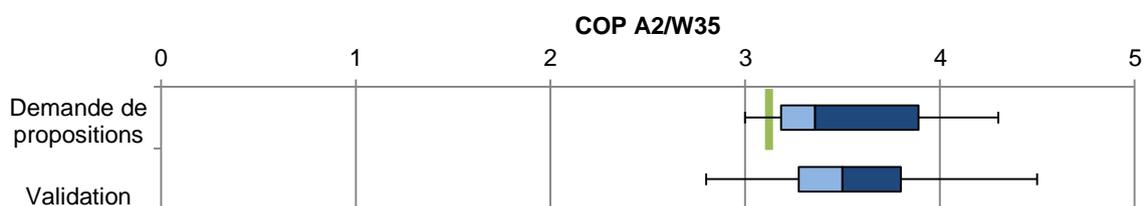


Schéma 13: comparatif des valeurs COP à A2/W35 pour les pompes à chaleur de la demande de propositions (n = 35) et de la validation (n = 91); la barre verte correspond aux critères de la demande de propositions avec niveau de qualité prédéterminé

Les différentes puissances des pompes à chaleur sont plus faibles pour les demandes de propositions que pour la validation (cf. schéma 14). Dans ce cas, la fourchette de résultats est bien plus large pour la validation que pour les demandes de propositions, mais il faut tenir compte du fait qu'une installation de référence avait été indiquée dans les demandes de propositions, tandis que la validation a analysé toutes les maisons individuelles disponibles. C'est donc pour cette raison que l'on peut partir du principe que les propositions faites correspondent au marché.

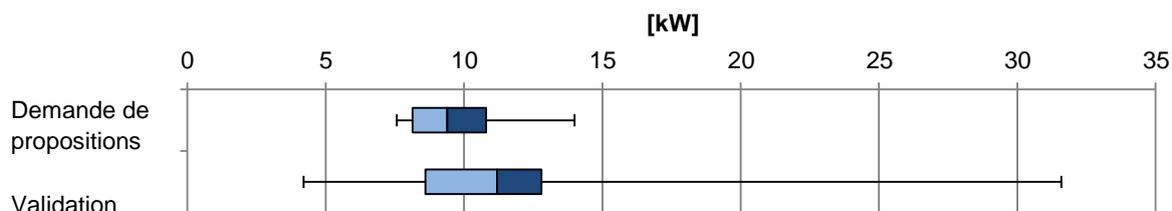


Schéma 14: comparatif des puissances des pompes à chaleur issues des demandes de propositions (n = 34) et de la validation (n = 93) à A2/W35

4.3 Respect des critères

Valeurs COP

Pour les demandes de propositions devant respecter un certain niveau de qualité, les critères de valeurs COP n'ont pas toujours été respectés dès le premier remplissage du formulaire. Dans certains cas, une pompe à chaleur a été indiquée alors que, bien qu'elle atteignait une bonne valeur à un certain point de fonctionnement, ce n'était pas le cas aux trois points de fonctionnement mentionnés dans les critères. Il se peut que certains installateurs aient mal lu, ou qu'ils n'aient recherché la valeur COP que pour un point de fonctionnement.

Cela peut également être lié au fait que les critères n'ont pas été donnés pour les points de fonctionnement qui apparaissent le plus fréquemment sur les fiches techniques. Il n'a donc pas été évident de vérifier que les valeurs COP de la pompe à chaleur indiquée correspondaient aux critères donnés. Dans ce domaine, on constate d'importantes différences entre les fabricants: certains publient sur leur site Internet les courbes de puissance de leurs modèles de pompe à chaleur à différents points de fonctionnement, tandis que d'autres ne donnent aucune information quant aux points de fonctionnement, même lorsque cela leur est demandé. Nous avons été jusqu'à envoyer une demande à deux sièges sociaux en Nouvelle-Zélande et en Suède pour compléter les valeurs COP manquantes; ces demandes sont toutes deux restées sans réponse.

Acoustique

Lorsqu'un certain niveau de qualité devait être respecté, un niveau de puissance acoustique maximum de 60 dB(A) avait été donné. Ce critère n'a pas souvent été respecté dès le premier remplissage du formulaire. Les raisons peuvent être les suivantes:

- **Confusion entre niveau de puissance acoustique et niveau de pression acoustique:** dans certains cas, les installateurs ont été surpris que la pompe à chaleur qu'ils avaient proposée ne satisfasse pas les critères donnés, car ils avaient vérifié la valeur du niveau de pression acoustique. En réponse à notre demande d'informations

relatives au niveau de puissance acoustique, un des installateurs nous a par exemple envoyé, pour servir de base, une fiche technique présentant les informations relatives au niveau de puissance acoustique.

- **Faible importance:** le dépassement des seuils exigés nous a également été expliqué par le fait que ces quelques décibels n'ont en règle générale pas vraiment d'impact et que les données de tests de laboratoire ne concordaient pas avec les valeurs réelles.
- **Informations fabricant manquantes:** dans certains cas, des fiches techniques étaient disponibles en ligne et dans d'autres, aucune information concernant le niveau de puissance acoustique n'était donnée, même en en faisant la demande au fabricant. Dans ce cas-là, le niveau de puissance acoustique des installateurs n'était pas connu.
- **Régulation selon la puissance:** une autre explication a été celle selon laquelle les pompes à chaleur sont régulées selon la puissance et qu'une plus faible puissance entraîne un plus faible niveau de bruit.

La majorité des installateurs qui avaient mentionné une pompe à chaleur trop bruyante ont, à notre demande, proposé un autre modèle plus adapté. L'un des installateurs a toutefois recommandé une «housse insonorisante» en supplément, pour 250 francs. Un deuxième installateur a tout d'abord voulu proposer un «capot insonorisant» en supplément, pour 5'300 francs, mais il a ensuite trouvé un modèle plus silencieux qu'il a alors pu indiquer. Un autre installateur a proposé, en alternative, une pompe à chaleur extérieure, car cette situation était plus adéquate pour répondre aux problèmes d'acoustique.

D'autres imprécisions en matière d'acoustique concernent le mode silencieux et le point de fonctionnement, étant donné que selon le choix, différentes valeurs peuvent être obtenues. Il existe une mesure standard du niveau de puissance acoustique dans le cadre de la norme EN 12102; néanmoins, il n'a pas toujours été mentionné s'il s'agissait de cette valeur standard ou non.

Certificat de qualité EHPA

Un autre des critères qualité était que la pompe à chaleur devait avoir obtenu le certificat de qualité EHPA. Trois modèles répondant à une demande de propositions devant respecter un certain niveau de qualité ne satisfaisaient pas à cette exigence. Au total, ces trois modèles ont été cités cinq fois. Il n'a toutefois pas été exigé qu'une modification soit faite, étant donné que ces trois modèles n'ont tout simplement pas encore été contrôlés, mais qu'un modèle très similaire (le même modèle en différentes dimensions par exemple) l'a déjà été et qu'il a, lui, obtenu le certificat de qualité. Selon le GSP, il est donc très vraisemblable que les trois modèles non contrôlés obtiennent également le certificat de qualité EHPA. De plus, deux de ces modèles ne possédant pas le certificat de qualité présentaient de très bonnes valeurs COP, voire même meilleures que ceux ayant obtenu le certificat. Il s'agissait de surcroît de la deuxième pompe à chaleur proposée par un des installateurs; s'il lui avait été demandé de proposer un troisième modèle, il aurait certainement abandonné l'étude.

Bilan

On constate des conflits d'objectifs parmi certaines des caractéristiques qualité. Par exemple, le premier modèle choisi par l'un des installateurs était trop bruyant, mais le deuxième n'avait pas obtenu le certificat de qualité. Lorsque les valeurs ne dépassaient que de peu les seuils indiqués, il n'a pas été demandé aux installateurs de proposer une troisième ou quatrième offre afin de ne pas abuser de leur patience. Toutes les offres n'ont donc pas rempli tous les critères qualité même après avoir été ajustées.

Nous avons également eu l'impression, dans certains cas, que le formulaire de demande de propositions comportant des critères qualité à respecter n'a pas toujours été lu attentivement. Il est par exemple arrivé qu'un installateur propose tout d'abord une pompe à chaleur extérieure au lieu du modèle split demandé. Les propositions de nombreux installateurs ne respectaient également pas la puissance exigée de 9 kW à A-7/W35. Suite à notre demande, il nous a parfois été expliqué que le point de fonctionnement A+7/W35 était bien plus courant, et qu'il était possible que la référence ait été mal lue.

Dans d'autres cas, les installateurs ont été quelque peu dépassés par les critères, notamment en matière d'acoustique, où le niveau de puissance acoustique a été confondu avec le niveau de pression acoustique.

5 Prix des pompes à chaleur

5.1 Systèmes complets et appareils de pompes à chaleur seuls

Le prix médian d'une pompe à chaleur intégralement installée s'élève, selon la demande de propositions, à environ 36'000 francs (hors TVA). Le prix de l'installation la moins coûteuse s'élève à 26'000 francs et celui de la plus coûteuse à 49'000 francs.

Le prix médian issu de la validation, qui s'élève à 31'000 francs, est environ 4'000 francs moins cher que celui issu des demandes de propositions (cf. schéma 15). De plus, la fourchette des prix proposés est beaucoup plus large. Ces deux effets sont tout à fait compréhensibles. Les prix issus de la validation sont plus bas, car dans la plupart des cas, seules les factures des chauffagistes étaient disponibles, et les prestations complémentaires des électriciens ou le démontage de la cuve à mazout en acier n'étaient pas inclus. Ces prestations complémentaires ont en revanche été prises en compte dans les demandes de propositions. En ce sens, ces prix ne peuvent donc pas directement être comparés. La fourchette des prix issus des demandes de propositions est donc plus réduite puisque, pour ces formulaires, des critères précis avaient été établis concernant la situation de base et la puissance de la pompe à chaleur.

D'une manière générale, la fourchette des prix issus de la validation englobe celle des prix issus de demandes de propositions. C'est donc pour cette raison que l'on peut partir du principe que les propositions correspondent au marché et que les prix proposés peuvent être interprétés comme représentant les prix du marché.

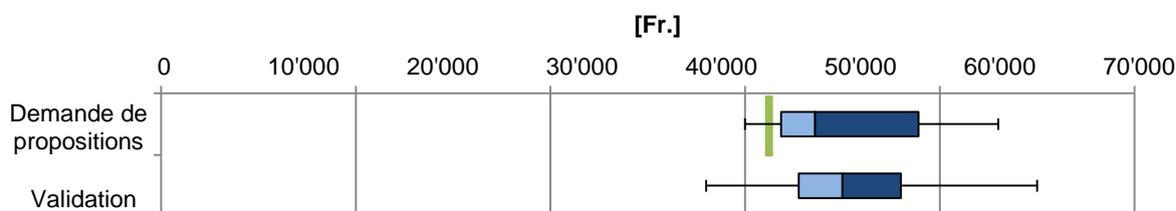


Schéma 15: comparatif des prix des systèmes de pompes à chaleur issus des demandes de propositions (n = 37) et de la validation (n = 93)

Le prix médian des pompes à chaleur (appareils seuls) s'élève à près de 15'000 francs dans le cadre de la demande de propositions. L'appareil le moins coûteux a été proposé à 11'000 francs et le plus coûteux à 26'000. Cette différence peut en partie s'expliquer par le fait que certains appareils contiennent un chauffe-eau ou un accumulateur de chaleur tandis que la majorité n'en possède pas. Le comparatif des prix issus de la validation ne présente que de faibles différences (cf. schéma 16).

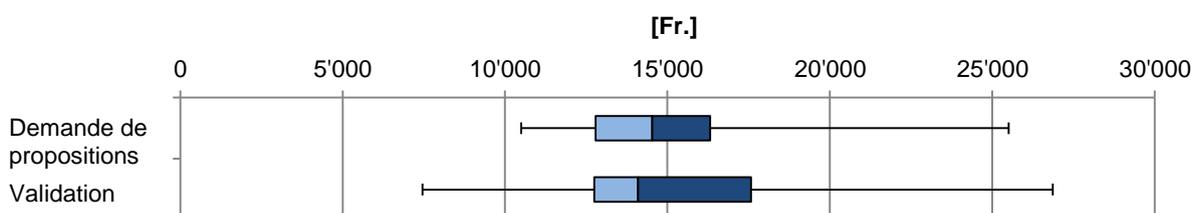


Schéma 16: comparatif des prix des pompes à chaleur issus des demandes de propositions (n = 37) et de la validation (n = 50)

Les mêmes modèles de pompe à chaleur ont parfois été proposés à des prix très différents. L'écart entre les prix minimum et maximum du modèle le plus cité par les installateurs est de 4'000 francs. Pour l'un des autres modèles, on constate une différence de 11'000 francs entre l'offre la moins coûteuse et la plus coûteuse. Le Tableau 3 propose un aperçu des prix minimum et maximum des modèles de pompes à chaleur figurant plus d'une fois parmi les offres proposées.

Quantité	Prix minimum [Fr.]	Prix maximum [Fr.]	Différence [Fr.]	Différence [%]
9	12'790	16'840	4'050	32%
5	14'374	20'400	6'026	42%
4	12'000	13'500	1'500	13%
2	11'980	23'130	11'150	93%
2	19'600	21'200	1'600	8%
2	11'000	12'170	1'170	11%

Tableau 3: prix minimum et maximum des modèles proposés plus d'une fois

Lorsque les installateurs ont dû proposer un autre modèle de pompe à chaleur car les critères qualité n'avaient pas été respectés, le prix n'a parfois pas pour autant été ajusté en conséquence. Cela viendrait du fait qu'une forte concurrence règnerait parmi les fabricants et que les prix peuvent facilement être négociés à la baisse. Pour les accumulateurs de chaleur aussi, les différences de prix pour un même modèle sont importantes. Un des modèles a vu son prix doubler d'un installateur à un autre, représentant une augmentation d'environ 1'000 francs. Pour les chauffe-eau, on note également que le prix d'un des modèles augmente de plus de 1'000 francs d'un installateur à un autre.

5.2 Composants

Les proportions de chaque composant ne sont disponibles que pour les demandes de propositions. La pompe à chaleur représente la part la plus importante du prix du système, à savoir en moyenne 42%, suivie par les prestations, avec 17% (cf. schéma 17). Les prix du chauffe-eau, des autres équipements, du démontage et de l'évacuation de la cuve à mazout, ainsi que des travaux d'électricité, représentent tous une part similaire, avec 7 à 8%. Les plus faibles parts du prix du système complet reviennent aux travaux de maçonnerie, à l'isolation des conduites, à l'accumulateur de chaleur et à la mise en service, avec 2 à 4%.

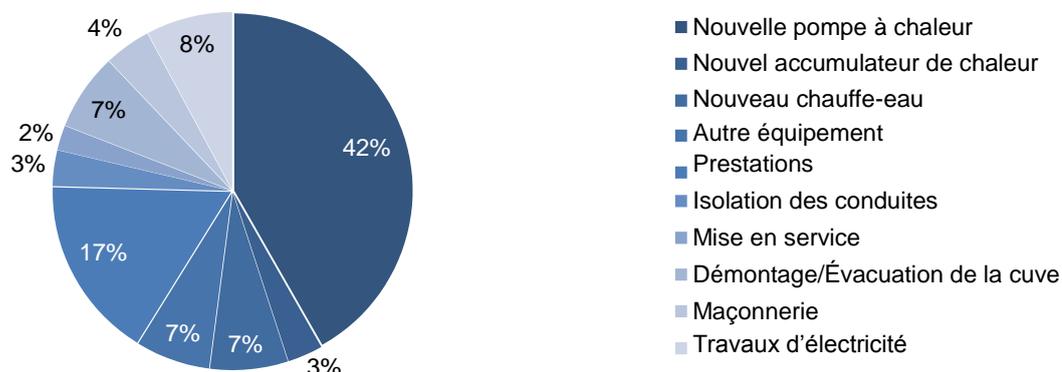


Schéma 17: proportion de différents composants du prix des systèmes complets (demandes de propositions, n = 37)

Le schéma 18 indique les prix de chacun des composants. Les prix minimum des accumulateurs de chaleur et des chauffe-eau sont de zéro, car ils sont dans certains cas directement intégrés à la pompe à chaleur. Le prix minimum de la mise en service est également de zéro, car il a été inclus dans un prix d'ensemble.

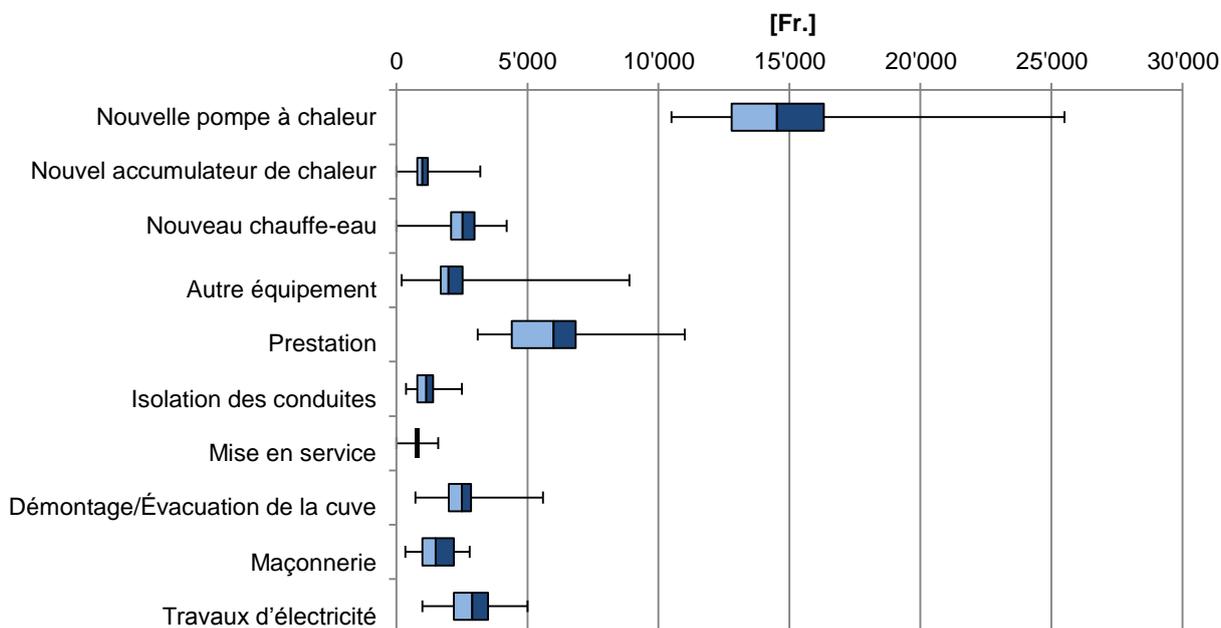


Schéma 18: répartition des prix de chacun des composants et prestations (demandes de propositions, n = 37)

Les fourchettes de prix des composants isolés sont très différentes et dans chaque cas plus larges que la fourchette de prix des systèmes complets (cf. schéma 19). Cela signifie qu'aucun fournisseur ne propose chacun des composants au prix toujours le plus bas ou le plus élevé, mais qu'ils proposent tous une combinaison de composants coûtant séparément un prix plus ou moins bas ou élevé. Ceci laisse supposer que les installateurs calculent tout simplement différemment.

Les prix les plus bas et les plus élevés se situent en majorité à environ +/-100% de la médiane. On remarque surtout les très larges fourchettes de prix des accumulateurs de chaleur et des autres équipements, pour lesquelles les prix maximum peuvent dépasser la médiane de 300%. Pour les accumulateurs de chaleur, cela peut entre autres provenir du fait que différentes dimensions ont été proposées (de 100 à 800 litres, cf. schéma 11).

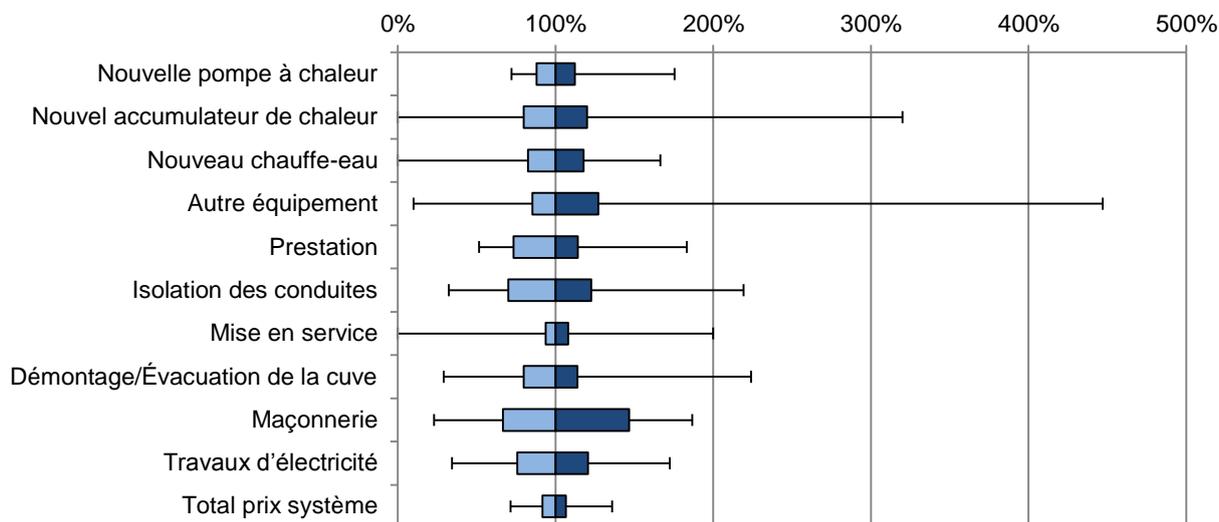


Schéma 19: répartition relative des prix de chacun des composants et prestations (n = 37)

Une des raisons pouvant expliquer la largeur des fourchettes de prix pour les autres équipements est celle des différences d'attribution des éléments à la catégorie de la pompe à chaleur (appareil seul) et à celle des autres équipements. La mise en comparaison des deux éléments montre en effet que les pompes à chaleur les plus coûteuses sont plutôt combinées à peu d'autres éléments ou à d'autres éléments peu coûteux (cf. schéma 20).

Prix autres équipements [Fr.]

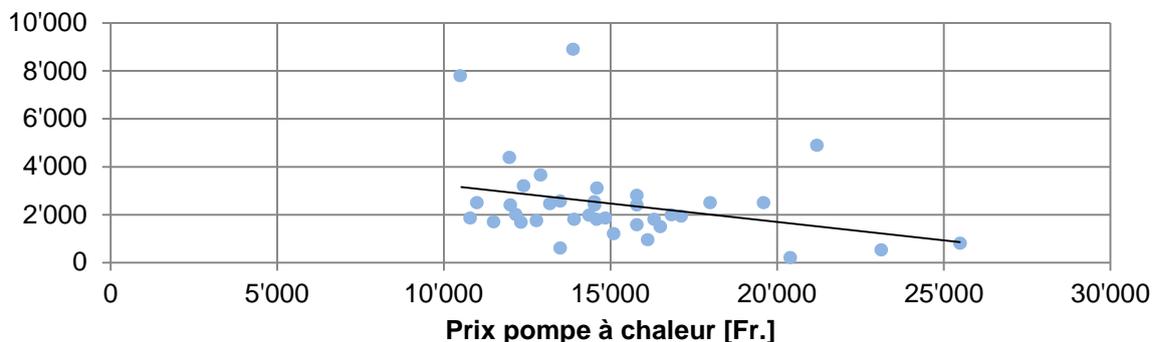


Schéma 20: contexte des prix d'un appareil de pompe à chaleur seul et des autres équipements (n = 37)

6 Prix et qualité

6.1 Différences de qualité

Les critères qualité donnés n'ont presque eu aucun impact sur la qualité des pompes à chaleur proposées. S'agissant des propositions devant respecter un certain niveau de qualité, seules 8 offres sur 19 ont satisfait à ces critères. Parmi les 18 offres n'ayant aucun niveau de qualité particulier à respecter, 7 offres les ont tout de même respectés. Il semble donc que de nombreux installateurs proposent dans un premier temps leur modèle standard privilégié, sans tenir compte des demandes client.

Il a été demandé aux installateurs dont la proposition ne respectait pas les critères qualité d'adapter leur offre. Dans les schémas suivants, la boîte rouge correspond à la première proposition des installateurs devant satisfaire aux critères qualité prédéterminés. La boîte bleue qui la suit correspond à la proposition faite une fois les corrections nécessaires apportées.

COP

On constate grâce à la médiane que les pompes à chaleur devant respecter un certain niveau de qualité (après demande de correction) présentent une plus grande efficacité énergétique que celles n'en ayant aucun (valeurs COP de près de 3,6 contre 3,35 au point de fonctionnement A2/W35). Pour les pompes à chaleur devant respecter un certain niveau de qualité, les résultats s'étendent jusqu'à 4,3. La valeur minimale exigée pour les critères qualité à respecter était de 3,1. Le schéma 21 montre clairement que les premières valeurs indiquées par les installateurs à qui il avait été demandé de satisfaire à un certain niveau de qualité pour leur pompe à chaleur ne respectaient pas toutes les valeurs minimales, et que l'efficacité énergétique a nettement augmenté suite à notre demande de modifications.

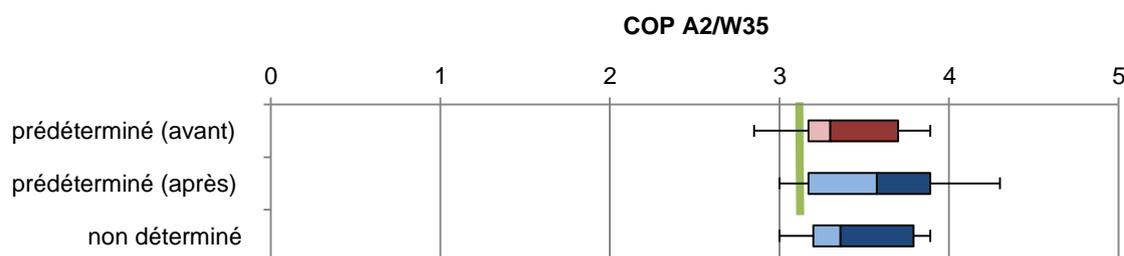


Schéma 21: comparatif des valeurs COP à A2/W35 pour les pompes à chaleur sans niveau de qualité déterminé (n = 17) et avec niveau de qualité prédéterminé (après: n = 28; avant: n = 17)

Les schémas 22 et 23 présentent les mêmes résultats que le schéma 24 pour les points de fonctionnement A-7/W55 et A7/W55 (exigences minimales COP resp. de 1,8 et 2,6). Comme plus haut, l'efficacité énergétique des propositions devant respecter un certain niveau de qualité est, avant modifications, moins bonne que celle des propositions ne comportant aucun critère qualité particulier; toutefois, après modifications, elle est bien meilleure.

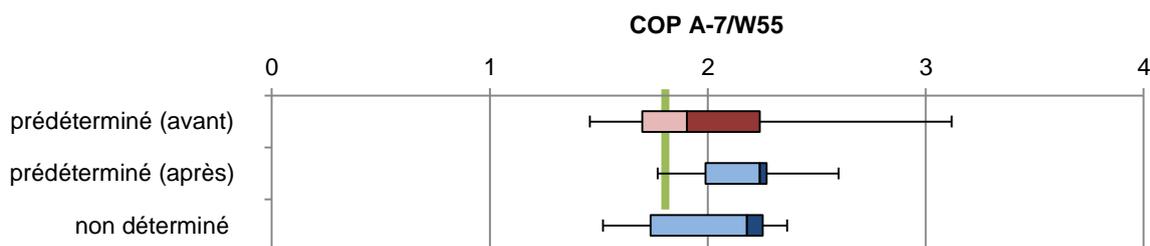


Schéma 22: comparatif des valeurs COP à A-7/W55 pour les pompes à chaleur sans niveau de qualité déterminé (n = 16) et avec niveau de qualité prédéterminé (après: n =15; avant: n = 16)

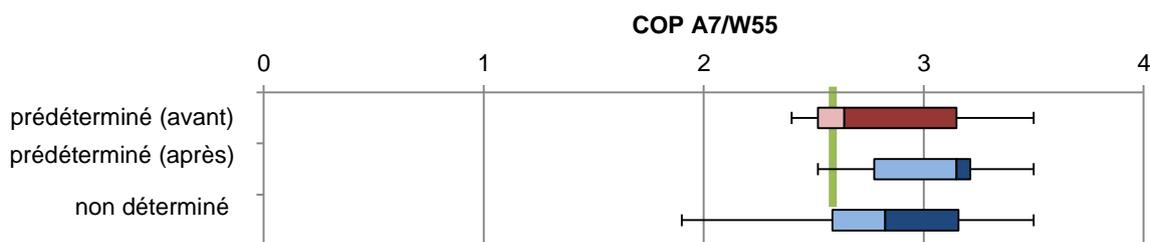


Schéma 23: comparatif des valeurs COP à A7/W55 pour les pompes à chaleur sans niveau de qualité déterminé (n = 16) et avec niveau de qualité prédéterminé (après: n = 16; avant: n = 15)

Acoustique

Le schéma 24 représente le niveau de puissance acoustique des pompes à chaleur. Pour certaines pompes à chaleur, deux valeurs différentes étaient disponibles: une pour le mode «silencieux» et une pour le mode de fonctionnement normal. Pour ces pompes à chaleur, chacune des deux valeurs a été rapportée au diagramme à boîte correspondant. Pour les pompes à chaleur qui ne possédaient qu'une seule valeur, celle-ci a été utilisée dans les deux diagrammes. Lorsque le niveau de qualité avait été prédéterminé, la médiane du niveau de puissance acoustique avec et sans mode silencieux est de 55 dB(A), tandis qu'il est de 56 ou 62 dB(A) lorsqu'aucun niveau de qualité n'avait été déterminé.

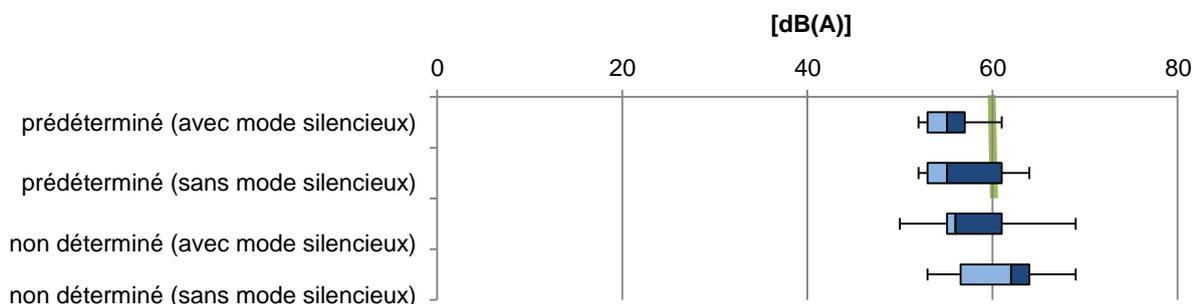


Schéma 24: comparatif des niveaux de puissance acoustique des pompes à chaleur sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Le schéma 25 représente à nouveau le niveau de puissance acoustique (en mode silencieux si disponible), mais cette fois en le comparant au niveau de puissance acoustique des propositions devant respecter un certain niveau de qualité avant modifications. Le niveau de puissance acoustique trop élevé a été la raison principale pour laquelle

les modèles ne satisfaisant pas aux critères donnés ont dû être changés. La pompe à chaleur recommandée la plus bruyante avait un niveau de puissance acoustique de 71,5 dB(A).

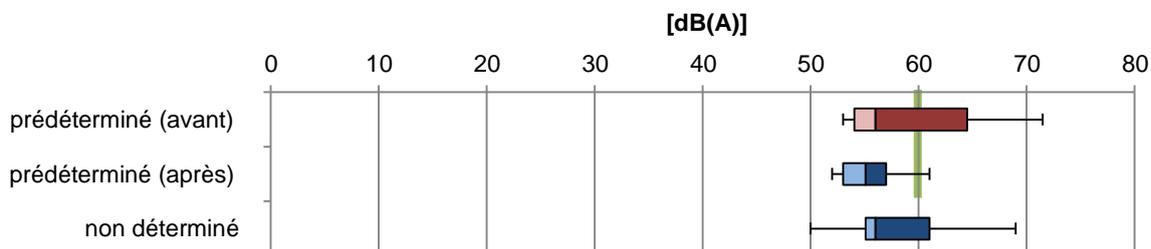


Schéma 25: comparatif des niveaux de puissance acoustique des pompes à chaleur sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Autres

On constate également des différences importantes en matière de puissances proposées. Lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé, la médiane de 9,5 kW est plus basse que lorsque des critères qualité ont été donnés (10,8 kW, cf. schéma 26). Lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé, la fourchette de puissances est bien plus large et atteint presque les 15 kW. Certains installateurs ont également expliqué avoir confondu le point de fonctionnement (A+7 au lieu de A-7) car A7/W35 serait plus courant.

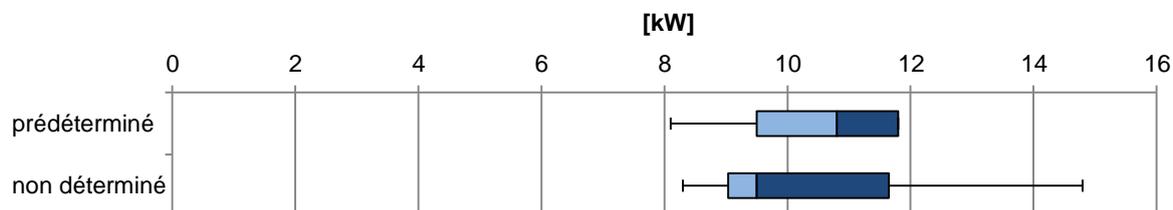


Schéma 26: comparatif des puissances des pompes à chaleur au point de fonctionnement A-7/W35, sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Le schéma 27 compare la surface de l'échangeur de chaleur du chauffe-eau avec et sans critères qualité à respecter. Dans les deux cas, la médiane est de 4,7 m²; mais lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé, l'écart entre les valeurs minimum et maximum est plus grand. Un échangeur de chaleur trop petit nécessite une eau chaude à très forte température et diminue ainsi l'efficacité du système.

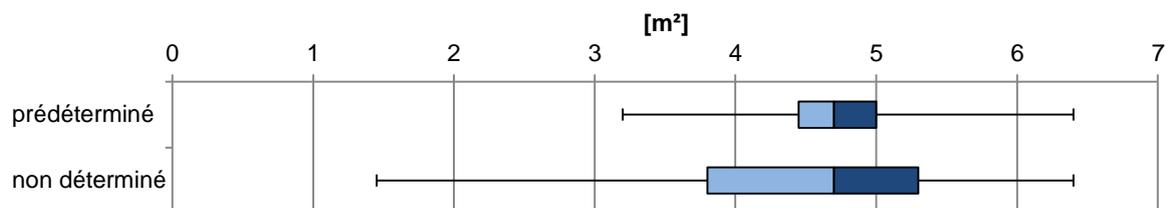


Schéma 27: comparatif des surfaces de l'échangeur de chaleur du chauffe-eau, sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Le critère qualité donné en matière de contenance de l'accumulateur de chaleur était de 300 litres (cf. ligne supérieure sur le schéma 28). Lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'avait été déterminé, aucune information n'a été donnée à ce sujet. La médiane ne dépasse le niveau de qualité prédéterminé que de 50 litres. Le volume proposé atteint cependant les 100 à 800 litres. Les installateurs appliquent visiblement des règles très différentes en matière de dimensionnement des accumulateurs de chaleur.

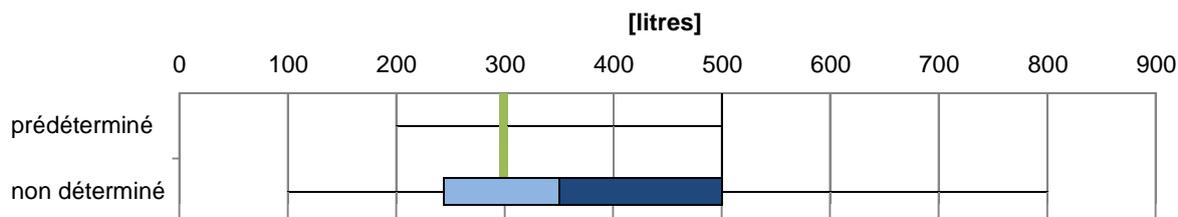


Schéma 28: comparatif des contenances de l'accumulateur de chaleur, sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Le critère qualité donné en matière de contenance du chauffe-eau était de 400 litres. La médiane et la fourchette de résultats sont ici très semblables, qu'un certain niveau de qualité ait été prédéterminé ou non (cf. schéma 29). Dans l'ensemble, les volumes varient moins qu'avec les accumulateurs de chaleur.

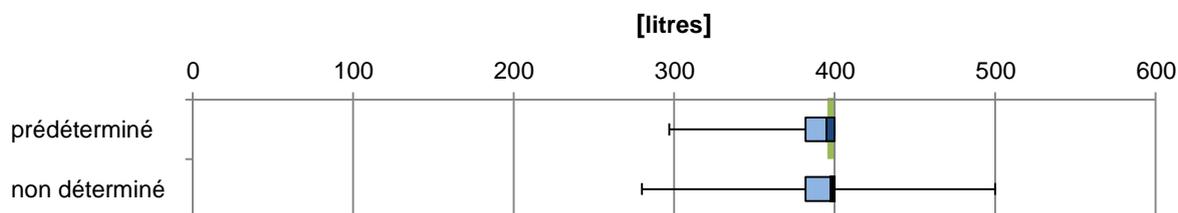


Schéma 29: comparatif des contenances du chauffe-eau, sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Enquête qualité

Dans le formulaire de demande de propositions ne comportant aucun critère qualité particulier, il a été demandé aux installateurs d'évaluer la qualité générale des installations dans leur région. Le schéma 30 résume ces évaluations. L'extrémité des boîtes bleues représente la médiane des réponses, tandis que la ligne regroupe 50% de tous les résultats. Le résultat le plus évident est celui de l'évaluation de l'efficacité des pompes de circulation. Les installateurs estiment que 100% des pompes de circulation possèdent un EEI de 0,23 ou moins. L'accessibilité de la température de l'eau chaude de 50°C ainsi que le respect des directives SICC en matière de système de chauffage ont également été évalués à 100%. Les médianes de tous les points suivants se situent entre 90 et 98%, exception faite de celle concernant l'obtention de l'Attestation de respect des exigences de protection contre le bruit de Cercle Bruit, qui a été estimée à 50%.

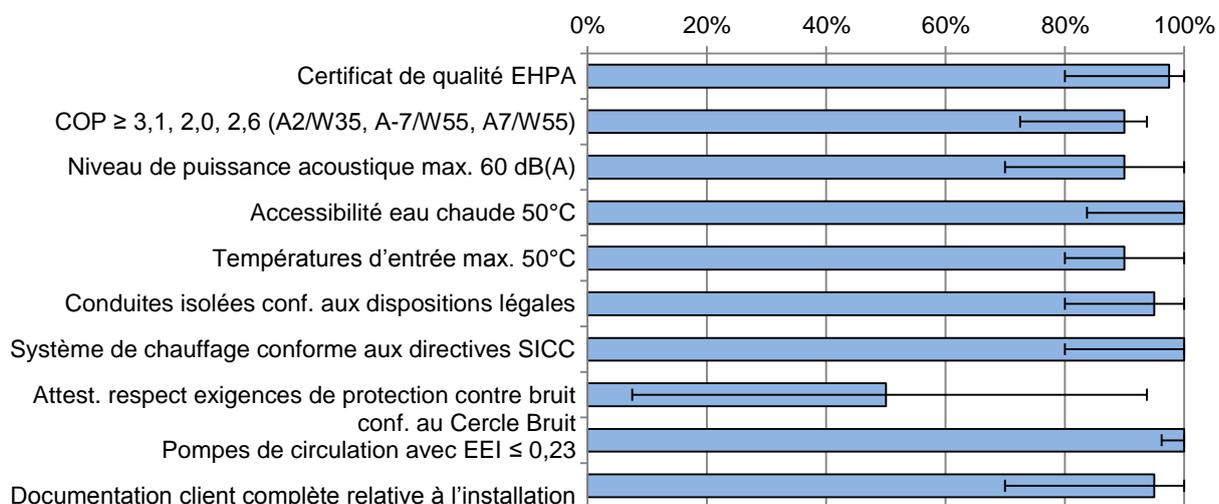


Schéma 30: évaluations des installateurs quant à la qualité des installations dans leur région (n = 18)

Sur de nombreux points, l'évaluation des installateurs ne correspond pas à la qualité qui se dégage des demandes de propositions. Ainsi, les installateurs supposent que 90% des pompes à chaleur installées présentent un niveau de puissance acoustique de max. 60 dB(A). Cependant, dans les demandes de propositions, nettement moins de pompes à chaleur ont présenté un faible niveau de puissance acoustique. Il en va de même pour les critères d'efficacité énergétique de la PAC système-module. Les installateurs croient que les valeurs COP proposées respectent à plus de 90% les critères exigés pour le "Pompes à chaleur système-module". Ils ont pourtant eux-mêmes proposé de nombreuses pompes à chaleur qui ne satisfaisaient pas ces critères. Même chose pour le certificat de qualité. Sur les autres points, les estimations correspondent aux offres faites dans le cadre des demandes de propositions. Certaines données, telles que l'efficacité des pompes de circulation, l'isolation des conduites ou la mise à disposition d'une documentation client complète, n'ont pas pu être contrôlées. En résumé, on constate que les installateurs surestiment clairement la qualité proposée dans leur région.

6.2 Différences de prix

Lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé, la médiane des prix des systèmes complets est d'environ 1'300 francs plus élevée que lorsqu'un certain niveau de qualité devait être respecté (cf. schéma 31). La boîte rouge présente les premières informations données par les installateurs devant respecter les critères qualité et comment elles ont ensuite en partie dû être adaptées en raison du non-respect de ces exigences. Une adaptation s'est avérée nécessaire pour 11 des 19 propositions et le prix a changé pour 6 de ces 11 adaptations. La médiane des prix des offres devant respecter un certain niveau de qualité a ainsi augmenté de 900 francs.

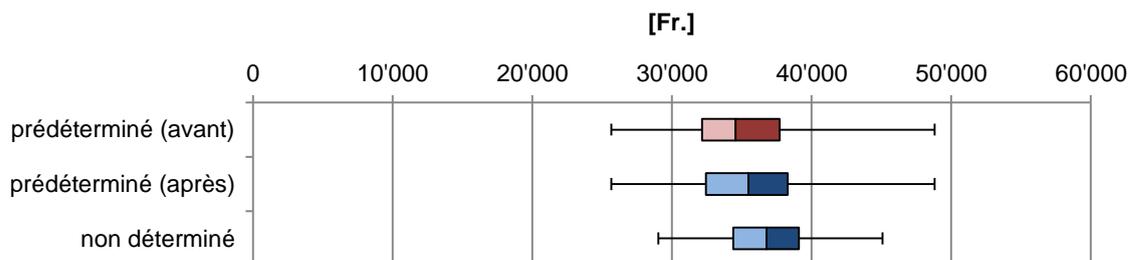


Schéma 31: comparaison entre les prix des systèmes complets de pompe à chaleur sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé, la médiane des prix des appareils de pompe à chaleur seuls, qui s'élève à 15'800 francs, est d'environ 1'400 francs plus élevée que lorsqu'un certain niveau de qualité devait être respecté (cf. schéma 32). Cela correspond plus ou moins à la différence des deux niveaux de qualité pour les prix des systèmes complets et montre que les pompes à chaleur plus coûteuses sont en partie responsables des prix des systèmes complets plus élevés lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'était à respecter. Ici aussi, le prix a été légèrement revu à la hausse suite aux modifications apportées afin de respecter le niveau de qualité demandé, correspondant concrètement à une augmentation de près de 500 francs.

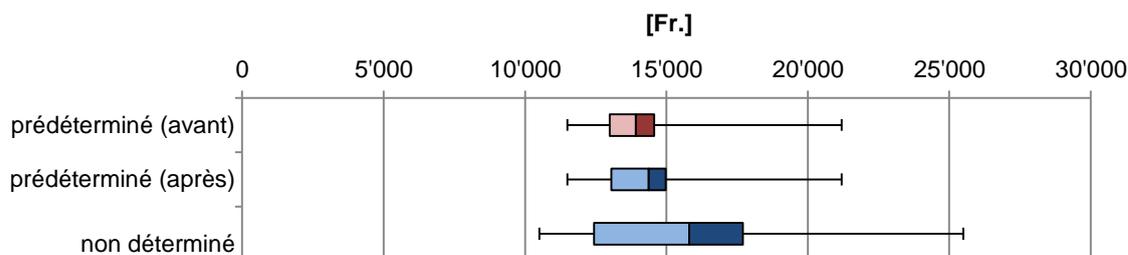


Schéma 32: comparatif des prix des appareils de pompes à chaleur seuls, sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

Le schéma 33 montre les différences de prix entre les deux niveaux de qualité pour les composants seuls. Les pompes à chaleur proposées lorsqu'un certain niveau de qualité était à respecter sont, comme on peut le voir plus haut, plus coûteuses que lorsqu'aucun niveau ne l'était. Les autres équipements sont au contraire en moyenne bien plus coûteux lorsqu'un certain niveau de qualité devait être respecté. Une des raisons à cela peut être les critères d'efficacité énergétique pour la pompe de circulation. L'isolation des conduites ainsi que le démontage et l'évacuation de la cuve à mazout coûtent ainsi plus cher lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé. Pour les autres composants, la différence est faible. Ce schéma récapitulatif confirme que les prix des appareils de pompe à chaleur seuls constituent la majeure différence entre les prix des systèmes complets.

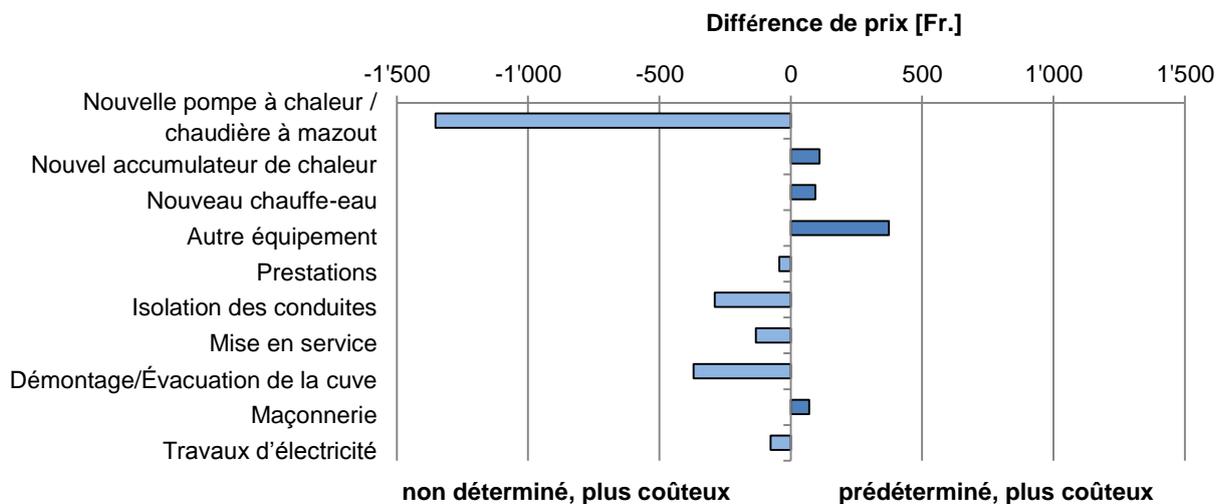


Schéma 33: différences entre les prix moyens des composants seuls sans et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 37)

7 Comparaison avec les chaudières à mazout

Les tarifs correspondant à l'installation d'une pompe à chaleur sont, comme on pouvait s'y attendre, nettement plus élevés que ceux d'une nouvelle chaudière à mazout (médiane de près de 36'000 francs en comparaison avec près de 22'000 francs, cf. schéma 34). Les écarts entre le modèle le moins coûteux et celui le plus coûteux sont toutefois importants pour les deux options: de 26'000 à 49'000 francs pour les pompes à chaleur et de 17'000 à 34'000 francs pour les chaudières à mazout.

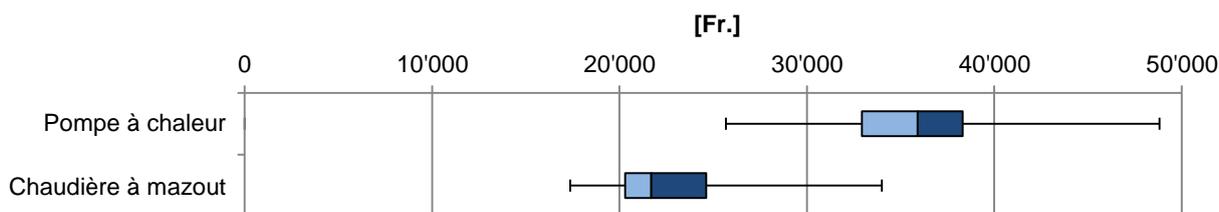


Schéma 34: comparatif des prix des systèmes complets de pompes à chaleur et des chaudières à mazout (n = 37)

Le schéma 35 montre que les critères qualité ont également un impact sur les prix des chaudières à mazout. Comme pour les pompes à chaleur, les prix sont plus élevés lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'a été déterminé. La différence entre les deux médianes est d'environ 1'200 francs.

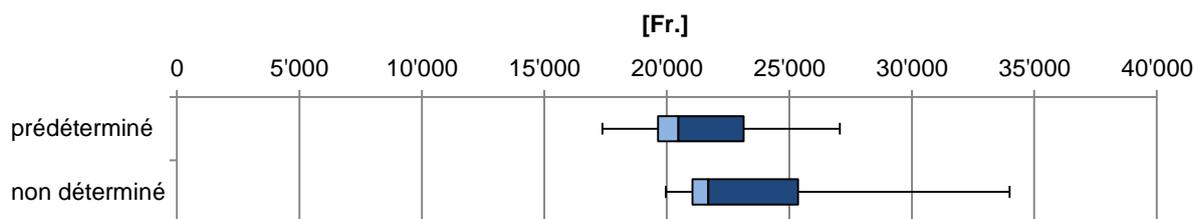
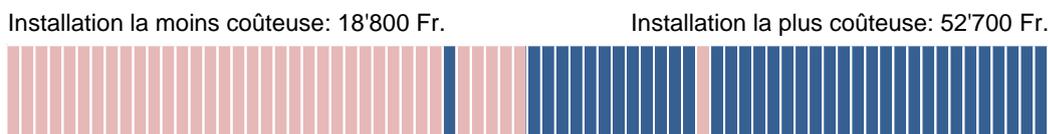


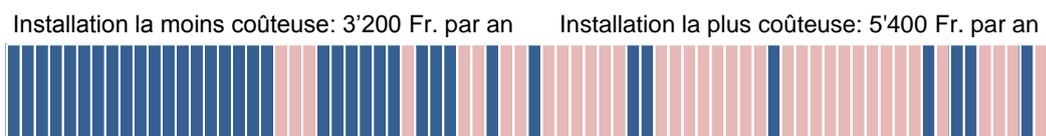
Schéma 35: comparatif des prix des systèmes complets de chaudières à mazout, sans niveau de qualité déterminé (n = 18) et avec niveau de qualité prédéterminé (n = 19)

La présente étude s’est concentrée sur le coût d’investissement des installations. Cependant, cet aspect ne suffit pas pour pouvoir évaluer la rentabilité des pompes à chaleur. Par conséquent, les coûts totaux annuels des deux systèmes par exemple ont également été calculés (cf. détails dans l’Annexe B). Les coûts totaux comprennent les frais de capitaux imputables aux investissements, les coûts énergétiques et les coûts de chauffage supplémentaires (p. ex. dépenses d’entretien et de réparation). Pour les investissements, nous avons utilisé les prix des systèmes complets issus des demandes de propositions et nous avons supposé un taux d’intérêt de 3% sur une durée de 20 ans. Dans cet exemple, le remplacement par une pompe à chaleur air-eau est rentable. Si l’on prend en compte la fourchette totale des offres, seules peu de chaudières à mazout sont plus rentables qu’une pompe à chaleur (cf. schéma 36).

Classement par coûts d’investissement



Classement par coûts totaux annuels



■ Remplacement par une pompe à chaleur ■ Remplacement par une chaudière à mazout

Schéma 36: comparatif de la rentabilité du remplacement par une pompe à chaleur air-eau ou par une chaudière à mazout

Une analyse de sensibilité montre que les résultats dépendent fortement des hypothèses retenues. Les hypothèses suivantes entraînent environ chacune, pour des coûts d’investissement moyens, des coûts totaux similaires pour les deux technologies:

- réduction de la durée à 14 ans; ou
- augmentation du taux d’intérêt à 6%; ou
- augmentation du prix de l’électricité à 20 c./kWh.

Les installateurs ont également répondu à une enquête qualité sur les chaudières à mazout de leur région dans le formulaire de demande de propositions ne comportant aucun critère qualité particulier (cf. schéma 37). Là encore,

l'extrémité des boîtes bleues représente la médiane des réponses, tandis que la ligne regroupe 50% de tous les résultats. La qualité estimée des installations mises en place est très élevée pour la plupart des caractéristiques. L'estimation la moins bonne est celle de la limitation des températures d'entrée à max. 50°C, ainsi que l'adaptation de la chaudière à condensation à la température d'entrée (correspondance à 80%).

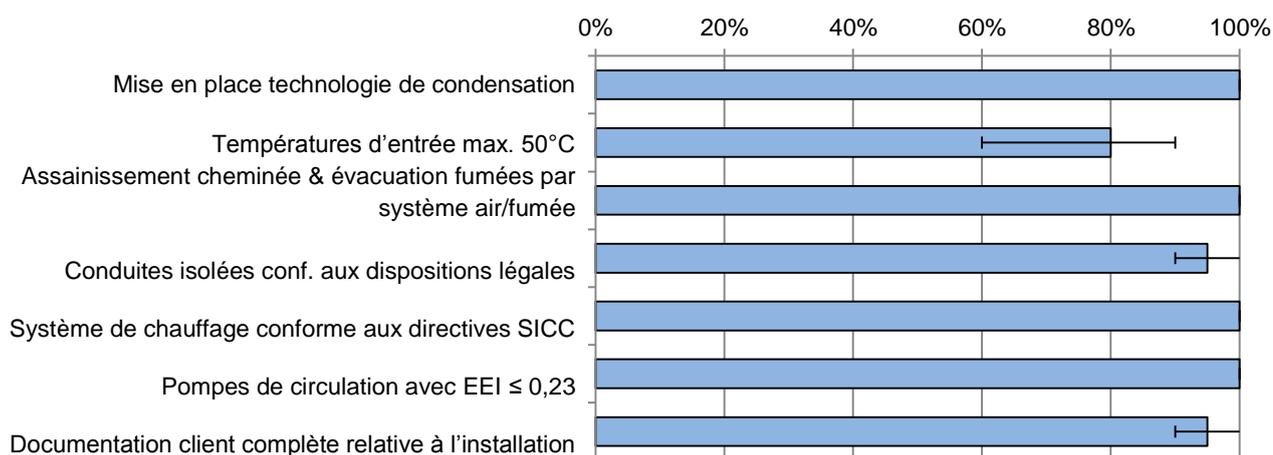


Schéma 37: évaluations des installateurs quant à la qualité des installations dans leur région

8 Synthèse

La demande de propositions permet de prendre connaissance d'informations en matière de prix et de qualité qui sont directement apportées par les installateurs suisses. La validation basée sur les données issues de factures indique clairement que les prix et les niveaux de qualités proposés peuvent être interprétés comme les prix du marché.

Qualité

Le niveau de qualité exigé de la part de la moitié des installateurs a été axé sur les PAC système-module. Ce niveau correspond à une bonne qualité (mais pas excellente). Les critères de ce niveau de qualité n'ont eu aucun impact sur la qualité des installations proposées. Parmi les 19 offres transmises devant respecter un certain niveau de qualité, 8 ont satisfait à ces exigences. De nombreux installateurs proposent dans un premier temps leur modèle standard privilégié, sans tenir compte des demandes client. Il a été en partie demandé aux 11 installateurs d'adapter leur offre à plusieurs reprises afin que celle-ci corresponde aux critères qualité. Le niveau de qualité tout d'abord proposé en réponse à la demande de propositions comportant des critères qualité à respecter correspond plus ou moins au niveau de qualité des pompes à chaleur proposé lorsqu'aucun critère qualité particulier n'avait été déterminé. Parmi ces offres-là (18 au total), 7 ont satisfait au standard établi par les autres propositions.

➔ *Les critères qualité n'entraînent pas systématiquement une qualité plus élevée que lorsque les demandes ne comportaient aucun critère. Le client final doit contrôler la qualité et insister fermement sur ses critères pour se voir proposer un niveau de qualité correspondant à ses attentes.*

Prix de la qualité

Les offres corrigées en collaboration avec les installateurs indiquent un niveau de qualité qui suffit à satisfaire les exigences. Il est finalement légèrement meilleur que le niveau de qualité des installations proposées lorsqu'aucun niveau de qualité n'avait été déterminé. Les demandes de propositions montrent qu'un tel niveau de qualité n'entraîne pas des prix plus élevés. Au contraire, les critères qualité ont conduit à des prix plus faibles que les propositions ne comportant aucun critère qualité. Ce résultat ne semble à première vue pas intuitif, mais une explication possible serait que des critères détaillés concrets entraînent une baisse des prix : de tels critères indiquent à l'installateur que l'installation souhaitée a été précisément déterminée et qu'aucun «supplément provisionnel» n'est nécessaire. L'installateur peut également supposer que des critères aussi clairs cachent un acheteur expérimenté et connaisseur, ce qui peut exercer une pression supplémentaire sur les prix.

➔ *Les critères qualité appliqués au PAC système-module n'entraînent pas d'augmentation des prix. Au contraire, donner des critères détaillés concrets aux installateurs leur a permis de proposer des prix plus avantageux.*

Il faut tenir compte, pour interpréter les résultats, de la taille de l'échantillon. Comme la demande de propositions était relativement complexe et que le temps investi était dédommagé aux installateurs, 37 retours au total ont pu être rassemblés. Les arguments principaux des conclusions tirées plus haut apparaissent cependant comme solides.

Compétitivité dans le domaine des pompes à chaleur

Il a été demandé à chaque installateur de proposer une pompe à chaleur ainsi qu'une nouvelle chaudière à mazout. La médiane du coût d'investissement d'une pompe à chaleur air-eau est, sans surprise, nettement plus élevée que pour le remplacement pur et simple de la chaudière à mazout. En prenant en considération le total des coûts (dont coûts énergétiques et d'exploitation, cf. Annexe B), au vu des prix actuels de l'énergie, les pompes à chaleur air-eau sont plus rentables que les chaudières à mazout. Le gros obstacle reste l'important coût d'investissement, qui a plus de poids aux yeux du client final que les économies réalisées avec le temps.

➔ *Les pompes à chaleur affichent un coût d'investissement nettement plus élevé. Pour le cas de référence, selon le point 3 et les prix actuels de l'énergie, les pompes à chaleur air-eau sont pourtant nettement plus rentables en comparaison avec le remplacement par une chaudière à mazout.*

Freins à une bonne qualité du marché

Les recherches dans le cadre de cette demande de propositions ont démontré que les fabricants et fournisseurs de pompes à chaleur donnent des informations différentes et souvent incomplètes en matière d'efficacité énergétique et acoustique. Par exemple, en matière d'acoustique, on peut trouver dans les fiches techniques des informations sur les niveaux de puissance acoustique et/ou de pression acoustique. Dans certains cas, ces informations concernent le mode de fonctionnement normal; dans d'autres, le mode «silencieux». Pour les valeurs COP, un nombre variable de différentes valeurs a été indiqué. Certaines valeurs n'ont pas pu être obtenues, même en posant la question au fabricant/fournisseur. Une plus grande transparence et une unité parmi les valeurs nominales clés des modèles de pompes à chaleur rendraient l'évaluation de la qualité d'une pompe à chaleur plus rapide pour l'installateur et le client final.

➔ *Le manque de transparence et de comparabilité des valeurs nominales rend plus difficile le choix de la pompe à chaleur la plus adaptée.*

Parmi les 19 offres transmises devant respecter un certain niveau de qualité, 11 n'ont pas satisfait à ces exigences. Ces faits ainsi que les réponses aux demandes de précisions ont en partie dévoilé des lacunes de la part des installateurs. La majorité des incertitudes reposent sur l'acoustique. Cela a également été confirmé par l'enquête sur la qualité globale (cf. point 6.1 page 28). En Annexe C (approfondissement du thème de l'acoustique) sont présentées des idées permettant de surmonter les obstacles en matière d'acoustique.

➔ *De nombreux installateurs présentent des lacunes en matière d'acoustique et de niveau de bruit.*

Pour une même situation de base, des accumulateurs de chaleur d'une contenance de 100 à 800 litres ont été proposés lorsqu'aucun niveau de qualité particulier n'avait été déterminé. Il a été impossible de calculer précisément les dimensions de l'accumulateur, étant donné que le nombre de radiateurs ainsi que leur volume n'avaient pas été indiqués. Cependant, la très large fourchette de résultats révèle que les installateurs appliquent des règles très différentes en matière de dimensionnement des accumulateurs de chaleur.

→ *De nombreux installateurs présentent des lacunes en matière de dimensionnement de l'accumulateur de chaleur.*

Possibilités et mise en place de demandes de propositions de prix

Réaliser une demande régulière de propositions de prix peut être un bon moyen de contribuer à plus de transparence et de donner un point d'ancrage aux clients/acheteurs de pompes à chaleur. Pour ce faire, deux possibilités: mener des enquêtes auprès des installateurs et rassembler des factures réelles (cf. Tableau 4).

	Avantages	Inconvénients
Enquête auprès des installateurs	<ul style="list-style-type: none"> Prix donnés comparables Avantages complémentaires (p. ex. comparatif qualité) 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement important avant d'obtenir un échantillon correct et des niveaux de qualité comparables (nouvelles demandes nécessaires) Réponses stratégiques probables Falsification probable (pas de facture réelle, pas de négociation du tarif, de ristourne, etc.)
Regroupement de factures réelles	<ul style="list-style-type: none"> Données réelles, aucune réponse stratégique possible Large échantillon en principe possible 	<ul style="list-style-type: none"> Factures réelles trop différentes impossibles à comparer Investissement important avant de regrouper des factures réelles

Tableau 4: comparatif des méthodes de demandes de propositions

La méthode doit être choisie en fonction du ou des objectif(s). S'il s'agit par exemple d'identifier de potentielles baisses de prix, une étude comparative sera bien adaptée. Les prix proposés dans le cadre de cette étude pourraient alors être comparés avec les prix allemands, français ou autrichiens (demande de propositions de prix aux installateurs à l'étranger).

Annexe A: Littérature

- OFEN (2012): Perspectives énergétiques 2050 pour la Suisse: demande d'énergie et offre d'électricité en Suisse 2000-2050.
- OFEN (2015): Statistique globale suisse de l'énergie 2014, Tableau 35
- OFS (2014): Statistique des bâtiments et des logements (StatBL). Jour de référence de l'enquête: 31.12.2013
- GSP (2015): Statistique des pompes à chaleur du Groupement professionnel suisse: statistique 2014

Annexe B: Rentabilité

La présente étude s'est concentrée sur le coût d'investissement des installations. Cependant, cet aspect ne suffit pas à évaluer la rentabilité des pompes à chaleur. Par conséquent, les coûts totaux annuels du remplacement par une pompe à chaleur air-eau et par une nouvelle chaudière à mazout ont par exemple été calculés pour la situation de base de cette étude (remplacement d'une chaudière à mazout dans une maison individuelle).

Les coûts totaux comprennent les frais de capitaux imputables aux investissements, les coûts énergétiques et les coûts de chauffage supplémentaires (p. ex. dépenses d'entretien et de réparation). Pour les investissements, nous avons calculé les prix des systèmes complets issus des demandes de propositions, et nous avons supposé un taux d'intérêt de 3% sur une durée de 20 ans en annuités (Tableau B-1).

	Prix système (TTC) [Fr.]	Frais de capitaux annuels [Fr. par an]
Remplacement par pompe à chaleur	38'772	2'606
Remplacement par chaudière à mazout	23'436	1'575

Tableau B-1: frais de capitaux dans les cas de «remplacement par pompe à chaleur» et de «remplacement par chaudière à mazout»

Les coûts d'exploitation sont répartis entre coûts énergétiques et coûts de chauffage restants. Ceux-ci ont été déterminés grâce aux hypothèses suivantes:

Hypothèse	Hypothèse	Description / Source
Prix électricité	16,2 c./kWh	Valeur moyenne des tarifs de l'électricité pour la catégorie H7 des années 2013 à 2015 (relevé de tarifs de l'EiCom)
Prix mazout	101 Fr./100 litres	Valeur moyenne des prix de détail du mazout pour la catégorie H7 des années 2012 à 2014 (statistique globale suisse de l'énergie, Office fédéral de l'énergie)
Coefficient énergétique	105 kWh par m ² et par an	Évalué à l'aide du système de check-bâtiment-chauffage de SuisseEnergie pour la situation de base de l'étude
Besoin en chaleur des pièces	18'900 kWh par an	Calculé à partir de coefficient énergétique de la chaleur de l'environnement et à partir de la surface de référence énergétique pour la maison individuelle considérée (180 m ²)
Besoin en chaleur de l'eau chaude sanitaire	3'650 kWh par an	Hypothèse pour un foyer de 4 personnes dont la consommation s'élève à 40 litres par personne et par jour
Coefficient de performance annuel de la pompe à chaleur	2,75	Source : «Pompes à chaleur – Question souvent posées» ; office fédéral de l'énergie OFEN, février 2010
Coûts de chauffage restants	Pompe à chaleur: 200 Fr./an Chaudière à mazout : 750 Fr./an	Comparaison des prix du chauffage du WWF Suisse et de l'agence pour les énergies renouvelables avec contrôle de plausibilité grâce au système de check-bâtiment-chauffage de SuisseEnergie

Tableau B-2: hypothèses retenues pour le calcul des coûts d'exploitation

La facture exemple comportant les hypothèses décrites montre que le remplacement par une pompe à chaleur air-eau est rentable dans le cas considéré. Les frais de capitaux élevés sont compensés par les faibles coûts d'exploitation (cf. Tableau B-3). Les résultats de chacune des 37 installations proposées se trouvent dans le rapport, au point 7.

	Remplacement par pompe à chaleur	Remplacement par chaudière à mazout
Frais de capitaux	2'606	1'575
Coûts énergétiques	1'149	2'135
Coûts de chauffage restants	200	750
Total	3'955	4'460

Tableau B-3: comparatif de la rentabilité du remplacement par une pompe à chaleur air-eau ou par une chaudière à mazout

Une analyse de sensibilité montre que les résultats dépendent fortement des hypothèses retenues. Les hypothèses suivantes entraînent environ chacune des coûts totaux similaires pour les deux technologies:

- réduction de la durée à 14 ans; ou
- augmentation du taux d'intérêt à 6%; ou
- augmentation du prix de l'électricité à 20 c./kWh.

Annexe C: Mesures en matière d'acoustique

Les expériences tirées des demandes de propositions et de l'enquête d'évaluation de la qualité globale des installations (cf. p. 37) indiquent que le savoir-faire nécessaire en matière de bruit manque à de nombreux installateurs. Dans le cadre de cette étude, des mesures d'amélioration de la protection acoustique ont donc été identifiées: il s'agit de simples idées et non d'un récapitulatif complet de mesures à mettre en place.

Transparence

M1: Accord libre entre fabricants et fournisseurs permettant de déclarer des informations homogènes en matière d'acoustique et de mentionner le chiffre à indiquer sur l'Attestation de respect des exigences de protection contre le bruit (comme pour le certificat de salaire et la déclaration fiscale). Les recherches dans le cadre de la demande de propositions ont démontré que les fabricants et fournisseurs de pompes à chaleur donnent des informations différentes en matière d'acoustique dans leurs fiches produits. Ainsi trouve-t-on des données relatives au niveau de puissance acoustique, au niveau de pression acoustique, au mode de fonctionnement normal et parfois même au mode «silencieux». Cela complique donc la comparaison rapide et pertinente des pompes à chaleur par les installateurs et ne leur permet donc pas toujours de mentionner les bonnes valeurs sur l'Attestation de respect des exigences de protection contre le bruit.

M2: Publication d'une liste des modèles de pompes à chaleur les plus répandus et de leurs caractéristiques essentielles (telles que leur niveau de puissance acoustique ou leurs diverses valeurs COP). Ainsi un installateur aura-t-il un aperçu des modèles suisses et pourra-t-il chercher directement et facilement les modèles particulièrement peu bruyants. Cela serait également utile dans le domaine de l'efficacité énergétique, car là aussi, les informations données sont souvent différentes et incomplètes. Autre alternative à la liste récapitulative: une liste des 10 appareils les moins bruyants à distribuer aux installateurs.

Explication et conseil

M3: Présentation plus simple et plus compréhensible de l'Attestation de respect des exigences de protection contre le bruit. La présentation peut encore être améliorée. Une conception visuelle et des éléments graphiques (p. ex. situations d'installation de la pompe à chaleur) rendraient la présentation plus simple et plus compréhensible. Comme pour la déclaration fiscale, un petit guide illustré clair aiderait à compléter les documents. Autre alternative pour l'attestation: développer un outil en ligne qui guide pas à pas les utilisateurs et utilisatrices.

M4: Mise à disposition d'une affiche destinée aux installateurs et regroupant les informations les plus importantes en matière d'acoustique. Les installateurs sont difficilement joignables. Ainsi leur participation aux formations continues, par exemple, est-elle de manière générale plutôt faible. Un moyen d'atteindre plus facilement les installateurs serait une affiche simple, graphique et attrayante transmettant les informations essentielles en matière de pompes à chaleur et d'acoustique, et qui pourrait être placardée pendant plusieurs mois dans les entreprises d'installation.

M6: Préparation de conseils destinés aux propriétaires en matière d'acquisition de pompes à chaleur (notamment en matière d'acoustique et d'efficacité énergétique). Comme la demande de propositions a pu le montrer, il peut être nécessaire d'insister plusieurs fois avant de se voir proposer une pompe à chaleur moins bruyante. Des conseils d'achat pourraient aider les propriétaires à ce sujet. Il faut cependant veiller, avec cette mesure, à ce que des conseils insistants en matière de possibles problèmes acoustiques ne suggèrent pas plus qu'un problème *éventuel* aux propriétaires.

Ces mesures visent toutes à éviter les émissions et nuisances sonores. On pourrait également imaginer des mesures qui modifieraient le type de bruit ou la perception subjective du bruit. La recherche appliquée pourrait donc se poser la question de savoir si une modification du type de bruit plutôt que de son niveau pourrait conduire à une meilleure acceptation. L'organisation des installations extérieures aussi pourrait faire l'objet d'une étude psychologique. De la même manière que le bruit d'un avion dérangera plus que le chant d'un oiseau, le bruit d'un appareil considéré comme respectueux de l'environnement pourrait être perçu comme moins gênant.

Annexe D: Formulaire de demande de propositions

Formulaire avec niveau de qualité prédéterminé

Situation de base

Nous vous remercions de bien vouloir formuler, via les quatre pages suivantes, une offre de remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau ainsi que par une nouvelle chaudière à mazout. Merci de proposer vos prix de détail pour le bâtiment fictif suivant:

- maison individuelle non mitoyenne;
- située à 600 m au-dessus du niveau de la mer;
- année de construction 1950;
- surface de référence énergétique 180 m², rénovation énergétique de l'enveloppe du bâtiment en 2008;
- chaudière à mazout existante datant de 1985, performances du générateur de chaleur 17,5 kW;
- cuve à mazout en acier à la cave (4'000 litres);
- chauffage central, répartition de chaleur par radiateurs;
- production d'eau chaude sanitaire par la chaudière, chauffe-eau existant d'une contenance de 300 litres;
- aucun problème de place pour l'installation et la mise en place des nouveaux équipements de chauffage.

Remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau

Veuillez indiquer ci-dessous le prix de détail hors TVA en francs pour les postes renseignés.

Nouvelle pompe à chaleur air-eau

**Prix de
détail (hors
TVA)**

- Puissance du générateur de chaleur 9 kW à A-7/W35, durée de délestage de 2 heures prise en compte
- Modèle split: les unités intérieures et extérieures peuvent être reliées entre elles par le biais d'un carottage par un puits (distance: 8 mètres)
- La pompe à chaleur a obtenu le certificat de qualité EHPA
- Valeurs COP: minimum 3,1 à A2/W35, 1,8 à A7/W55 et 2,6 à A7/W55
- Niveau de puissance acoustique LWA: 60 dB (A) maximum

Fabricant: Modèle: Fr.

Nouvel accumulateur de chaleur

- Nouvel accumulateur de chaleur, contenance 300 litres

Fabricant: Modèle: Fr.

Nouveau chauffe-eau

- Production d'eau chaude sanitaire au moyen de la pompe à chaleur: nouveau chauffe-eau d'une contenance de 400 litres
- L'échangeur de chaleur doit être dimensionné de sorte que l'eau chaude puisse atteindre une température de 50 °C grâce à la pompe à chaleur (sans réchauffage électrique)

Fabricant: Modèle: Fr.

Équipé d'un thermoplongeur électrique: oui non

Autres équipements: Conduites, pompes de circulation, tout accessoire nécessaire

- Conduites chauffage: conduite max. 12 mètres, entrée et sortie avec conduite de remplissage chauffe-eau (Ø 28 mm / 1")
- Conduites eau chaude sanitaire: conduite max. 6 mètres, raccordement eau froide et eau chaude (Ø 22 mm / ¾")
- Les pompes de circulation sont remplacées par des pompes présentant un EEI de 0,23 ou plus.

Total autres équipements: Fr.

Prestations: montage, mise en service, coordinationPrix de
détail (hors
TVA)

- Montage pompe à chaleur, unités intérieure et extérieure dont conduite split, démontage ancienne chaudière
- Montage accumulateur de chaleur incluant déchargement chaudière et chargement chauffe-eau
- Montage chauffe-eau incluant raccordement eau froide et eau chaude
- Les températures d'entrée s'élèvent à maximum 50 °C
- Le système de chauffage est rempli, purgé et soumis à un équilibrage hydraulique, conformément à la directive SICC BT-102-01
- Une attestation de respect des exigences de protection contre le bruit selon les directives du Cercle Bruit a été établie
- Une documentation détaillée de l'installation a été transmise au client (protocole de mise en service, mode d'emploi de l'intégralité des composants, schéma de principe, schéma électrique, etc.)
- Coordination: conduite des travaux, coordination de l'entrepreneur, programme

Total prestations:

..... Fr.

Prestations complémentaires, veuillez indiquer les prix des prestations suivantes, même si celles-ci sont réalisées par d'autres entreprises.

Isolation des conduites: conforme aux directives légales

..... Fr.

Mise en service: une seule fois, par le fournisseur de la pompe à chaleur

..... Fr.

Démontage et évacuation de la cuve à mazout en acier: la cuve à mazout en acier est démontée sur place et évacuée de manière adéquate

..... Fr.

Maçonnerie: réaliser un carottage Ø 130 mm, établir l'ouverture du réservoir, boucher la cheminée

..... Fr.

Travaux d'électricité: adaptation tableau électrique, raccordement électrique pompe à chaleur

- Tableau électrique renouvelé en 2008, espace disponible pour compteur de réserve, boîte de raccordement électrique 40 ampères.

..... Fr.

Total: prix du système pour le client (en francs suisses, hors TVA)

..... Fr.

Remarques:

.....

.....

.....

Remplacement d'une chaudière à mazout par une nouvelle chaudière à mazout

Veillez indiquer ci-dessous le prix de détail pour les postes renseignés.

Nouvelle chaudière à mazout

Prix de
détail (hors
TVA)

- Appareil équipé de la technologie de condensation, adapté aux températures d'entrée de max. 50 °C
- Puissance du générateur de chaleur 9 kW

Fabricant: Modèle: Fr.

Nouveau chauffe-eau

- Production d'eau chaude sanitaire au moyen d'une chaudière à mazout: nouveau chauffe-eau contenant 300 litres

Fabricant: Modèle: Fr.

Équipé d'un thermoplongeur électrique: oui non

Autres équipements: conduites, pompes de circulation, tout accessoire nécessaire

- Assainissement de la cheminée, hauteur 8 mètres: installation cheminée avec système air/fumée
- Remplacement des conduites de mazout existantes, 6 mètres, incluant les accessoires (filtres, électrovanne, etc.)
- Condensat: raccordement au siphon de sol existant (3 mètres, PE, Ø 56 mm)
- Conduites chauffage: conduite max. 8 mètres, entrée et sortie avec conduite de remplissage chauffe-eau (Ø 28 mm / 1")
- Conduites eau chaude sanitaire: conduite max. 6 mètres, raccordement eau froide et eau chaude (Ø 22 mm / 3/4")
- Les pompes de circulation sont remplacées par des pompes présentant un EEI de 0,23 ou plus

Total autres équipements: Fr.

Prestations effectuées: montage, mise en service, coordination	Prix de détail (hors TVA)
<ul style="list-style-type: none"> - Montage nouvelle chaudière à mazout: installation de la nouvelle chaudière à condensation, démontage de l'ancienne chaudière - Assainissement de la cheminée, évacuation des fumées par système air/fumée - Remplacement des conduites de mazout existantes, 6 mètres, incluant les accessoires (filtres, électrovanne, etc.) - Montage chauffe-eau incluant raccordement eau froide et eau chaude - Condensat: raccordement au siphon de sol existant - Les températures d'entrée s'élèvent à maximum 50 °C - Le système de chauffage est rempli, purgé et soumis à un équilibrage hydraulique, conformément à la directive SICC BT-102-01 - Une documentation détaillée de l'installation a été transmise au client (protocole de mise en service, mode d'emploi de l'intégralité des composants, schéma de principe, schéma électrique, etc.) - Coordination: conduite des travaux, coordination de l'entrepreneur, programme 	
Total prestations:	..... Fr.
Prestations complémentaires , veuillez indiquer les prix des prestations suivantes, même si celles-ci sont réalisées par d'autres entreprises.	
Isolation des conduites: conforme aux directives légales	..... Fr.
Mise en service: une seule fois, par le fournisseur de la chaudière	..... Fr.
Maçonnerie: divers travaux au niveau de la cheminée	..... Fr.
Travaux d'électricité: adaptation tableau électrique, raccordement électrique chaudière à mazout	..... Fr.
Total: prix du système pour le client (en francs suisses, hors TVA)	..... Fr.

Remarques:

.....

.....

.....

.....

.....

Formulaire sans niveau de qualité particulier

Situation de base

Nous vous remercions de bien vouloir formuler, via les quatre pages suivantes, une offre de remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau et/ou par une nouvelle chaudière à mazout. Merci de proposer vos prix de détail pour le bâtiment fictif suivant:

- maison individuelle non mitoyenne;
- située à 600 m au-dessus du niveau de la mer;
- année de construction 1950
- surface de référence énergétique 180 m², rénovation énergétique de l'enveloppe du bâtiment en 2008;
- chaudière à mazout existante datant de 1985, puissance du générateur de chaleur 17,5 kW;
- cuve à mazout en acier à la cave (4'000 litres);
- chauffage central, répartition de chaleur par radiateurs;
- production d'eau chaude sanitaire par la chaudière, chauffe-eau existant d'une contenance de 300 litres;
- aucun problème de place pour l'installation et la mise en place des nouveaux équipements de chauffage.

Remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur air-eau

Veillez indiquer ci-dessous le prix de détail hors TVA en francs pour les postes renseignés.

Nouvelle pompe à chaleur air-eau	Prix de détail (hors TVA)
<ul style="list-style-type: none"> - Puissance du générateur de chaleur 9 kW à A-7/W35, temps de repos de 2 heures pris en compte - Modèle split: les unités intérieures et extérieures peuvent être reliées entre elles par le biais d'un carottage par un puits (distance: 8 mètres) <p>Fabricant: Modèle:</p>	<p>..... Fr.</p>
<p>Nouvel accumulateur de chaleur</p> <p>Fabricant: Modèle:</p> <p>Contenance de l'accumulateur de chaleur en litres:</p>	<p>..... Fr.</p>
<p>Nouveau chauffe-eau</p> <ul style="list-style-type: none"> - Production d'eau chaude sanitaire au moyen de la pompe à chaleur <p>Fabricant: Modèle:</p> <p>Contenance du chauffe-eau en litres:</p> <p>Équipé d'un thermoplongeur électrique: <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non</p>	<p>..... Fr.</p>
<p>Autres équipements: conduites, pompes de circulation, tout accessoire nécessaire</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Conduites chauffage: conduite max. 12 mètres, entrée et sortie avec conduite de remplissage chauffe-eau (Ø 28 mm / 1") - Conduites eau chaude sanitaire: conduite max. 6 mètres, raccordement eau froide et eau chaude (Ø 22 mm / 3/4") <p>Total autres équipements:</p>	<p>..... Fr.</p>

Prestations: montage, mise en service, coordination	Prix de détail (hors TVA)
<ul style="list-style-type: none">- Montage pompe à chaleur, unités intérieure et extérieure dont conduite split, démontage ancienne chaudière- Montage accumulateur de chaleur incluant déchargement chaudière et chargement chauffe-eau- Montage chauffe-eau incluant raccordement eau froide et eau chaude- Coordination: conduite des travaux, coordination de l'entrepreneur, programme	
Total prestations:	..... Fr.
Prestations complémentaires , veuillez indiquer les prix des prestations suivantes, même si celles-ci sont réalisées par d'autres entreprises.	
Isolation des conduites	..... Fr.
Mise en service: une seule fois, par le fournisseur de la pompe à chaleur	..... Fr.
Démontage et évacuation de la cuve à mazout en acier: la cuve à mazout en acier est démontée sur place et évacuée de manière adéquate	..... Fr.
Maçonnerie: réaliser un carottage Ø 130 mm, établir l'ouverture du réservoir, boucher la cheminée	..... Fr.
Travaux d'électricité: adaptation tableau électrique, raccordement électrique pompe à chaleur	
<ul style="list-style-type: none">- Tableau électrique renouvelé en 2008, espace disponible pour compteur de réserve, boîte de raccordement électrique 40 ampères.	..... Fr.
Total: prix du système pour le client (en francs suisses, hors TVA)	..... Fr.

Hors TVA

Remarques:
.....
.....
.....
.....

Remplacement d'une chaudière à mazout par une nouvelle chaudière à mazout

Veillez indiquer ci-dessous le prix de détail pour les postes renseignés.

Nouvelle chaudière à mazout	Prix de détail (hors TVA)
- Puissance du générateur de chaleur 9 kW Fabricant: Modèle: .....	..... Fr.
Nouveau chauffe-eau	
- Production d'eau chaude sanitaire au moyen d'une chaudière à mazout: Fabricant: Modèle: Contenance du chauffe-eau en litres: Équipé d'un thermoplongeur électrique: <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	..... Fr.
Autres équipements: conduites, pompes de circulation, tout accessoire nécessaire	
- Assainissement de la cheminée, hauteur 8 mètres - Remplacement des conduites de mazout existantes, 6 mètres, incluant les accessoires (filtres, électrovanne, etc.) - Condensat: raccordement au siphon de sol existant (3 mètres, PE, Ø 56 mm) - Conduites chauffage: conduite max. 8 mètres, entrée et sortie avec conduite de remplissage chauffe-eau (Ø 28 mm / 1") - Conduites eau chaude sanitaire: conduite max. 6 mètres, raccordement eau froide et eau chaude (Ø 22 mm / 3/4")	..... Fr.
Total autres équipements:	..... Fr.

Prestations: montage, mise en service, coordination	Prix de détail (hors TVA)
<ul style="list-style-type: none">- Montage nouvelle chaudière à mazout: installation de la nouvelle chaudière, démontage de l'ancienne chaudière- Assainissement de la cheminée- Remplacement des conduites de mazout existantes, 6 mètres, incluant les accessoires (filtres, électrovanne, etc.)- Montage chauffe-eau incluant raccordement eau froide et eau chaude	
Total prestations:	..... Fr.
Prestations complémentaires , veuillez indiquer les prix des prestations suivantes, même si celles-ci sont réalisées par d'autres entreprises.	
Isolation des conduites	..... Fr.
Mise en service: une seule fois, par le fournisseur de la chaudière	..... Fr.
Maçonnerie: divers travaux au niveau de la cheminée	..... Fr.
Travaux d'électricité: adaptation tableau électrique, raccordement électrique chaudière à mazout	..... Fr.
Total: prix du système pour le client (en francs suisses, hors TVA)	..... Fr.

Remarques:

.....

.....

.....

.....

Votre estimation: les énoncés suivants correspondent-ils à votre région?

Outre les prix de détail, il nous intéresse de savoir comment les pompes à chaleur air-eau et les chaudières à mazout sont installées dans le cas d'un assainissement. Veuillez indiquer, selon vous, dans quelle proportion du marché les énoncés suivants s'appliquent à votre région.

Dans le cas du remplacement d'une chaudière à mazout par une pompe à chaleur split air-eau

	Correspond à:
- Les pompes à chaleur ont obtenu le certificat de qualité EHPA %
Les valeurs COP des pompes à chaleur atteignent ou dépassent les valeurs suivantes: 3,1 à A2/W35, 2,0 à A7/W55 et 2,6 à A7/W55 %
Le niveau de puissance acoustique LWA s'élève à 60 dB (A) maximum %
Pour la production d'eau chaude sanitaire: l'échangeur de chaleur est dimensionné de sorte que l'eau chaude puisse atteindre une température de 50°C grâce à la pompe à chaleur (sans réchauffage électrique) %
Les températures d'entrée s'élèvent à maximum 50°C %
Les conduites sont isolées en conformité avec les directives légales %
Le système de chauffage est rempli, purgé et soumis à un équilibrage hydraulique, conformément à la directive SICC BT-102-01 %
Une attestation de respect des exigences de protection contre le bruit selon les directives du Cercle Bruit a été établie %
Les pompes de circulation sont remplacées par des pompes présentant un EEI de 0,23 ou plus %
Une documentation complète de l'installation a été transmise au client %

Dans le cas du remplacement d'une chaudière à mazout par une nouvelle chaudière à mazout

	Correspond à:
- La technologie de condensation est mise en place %
Les températures d'entrée s'élèvent à maximum 50°C %
La chaudière à condensation est adaptée aux températures d'entrée de max. 50°C %
La cheminée est assainie et l'évacuation des fumées se fait par système air/fumée %
Les conduites sont isolées en conformité avec les directives légales %

Le système de chauffage est rempli, purgé et soumis à un équilibrage hydraulique, conformément à la directive SICC BT-102-01 %

Les pompes de circulation sont remplacées par des pompes présentant un EEI de 0,23 ou plus %

Une documentation complète de l'installation a été transmise au client %
