Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 72 (1981)

Heft: 18

Artikel: Evaluation des possibilités de raccordement d'installations de chauffage biénergie du point de vue de la capacité du réseau électrique : rapport de la Commission de l'UCS des tarifs d'énergie électrique

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905154

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Evaluation des possibilités de raccordement d'installations de chauffage biénergie du point de vue de la capacité du réseau électrique

Rapport de la Commission de l'UCS des tarifs d'énergie électrique

1. Introduction

La commission UCS des tarifs d'énergie électrique a publié en novembre 1980 un rapport relatif à la fourniture d'énergie électrique aux installations de chauffage biénergie [1]. En ce qui concerne le remplacement du pétrole par l'électricité, on y trouve les recommandations suivantes:

a) Acceptation du raccordement de chauffages électriques de petite et moyenne puissance, avec possibilité de relève par un autre agent énergétique. Une contribution aux frais de construction égale ou inférieure à celle due pour les chauffages traditionnels pourra être perçue par le distributeur. Cela vaut notamment pour les chauffages avec pompe à chaleur.
Les installations biénergie avec relève doivent être pourvues d'un dispositif de commutation empêchant qu'elles puissent fonctionner avec l'autre agent énergétique – généralement le mazout – durant les périodes sans blocage, en dessus de la température limite fixée par le distributeur.

b) Acceptation du raccordement de chauffages électriques avec appoint par un autre agent énergétique – dits chauffages biénergie avec appoint – aux mêmes conditions que celles valables pour les chauffages électriques traditionnels. Le dispositif de commande de chauffages biénergie avec appoint doit être conçu de telle manière que les besoins de chaleur de base soient entièrement couverts par l'énergie électrique.

c) Fourniture d'énergie électrique aux systèmes de chauffage mentionnés sous a) et b) ci-avant, aux mêmes conditions tarifaires que celles qui sont appliquées aux chauffages électriques traditionnels.
Pour acquérir des données expérimentales et en vue d'une éventuelle facturation séparée, on prévoira un comptage particulier, prenant en compte les périodes tarifaires normales. Une mesure de la puissance n'est pas nécessaire.

d) Encouragement du développement des grandes installations de chauffage biénergie avec relève, sans obligation de fourniture d'énergie électrique ni de consommation.

Ces recommandations visent à combiner optimalement, sur les plans techniques et économiques, l'utilisation de l'énergie électrique avec d'autres énergies par une même installation de chauffage, et à permettre une exploitation plus rationnelle de l'infrastructure électrique.

Le présent rapport complémentaire, qui est consacré aux considérations spécifiquement énergétiques, a été annoncé dans le document mentionné précédemment [1]. Il traite notamment du potentiel de substitution du chauffage biénergie, de l'intégration de ce type de chauffage compte tenu de la courbe de charge des réseaux, et de ses possibilités de développement.

2. Evaluation du potentiel de développement

2.1 Critères fondamentaux

Pour que l'approvisionnement en énergie électrique soit à tout moment sûr et suffisant, une certaine infrastructure de production, de transport et de distribution est nécessaire. Le raccordement de chauffages biénergie est judicieux dans la mesure où cette infrastructure permet de produire et de distribuer plus d'énergie électrique qu'il n'en faut pour les usages courants et le chauffage électrique traditionnel et, ainsi, de mieux utiliser les équipements existants.

Il y a toutefois lieu de remarquer que pour certaines entreprises les critères d'appréciation peuvent diverger fortement, selon que les capacités de production et de distribution pendant les périodes de faible charge sont déjà utilisées à d'autres fins, notamment pendant la nuit et en fin de semaine. Pour l'évaluation du potentiel de substitution du chauffage biénergie, et compte tenu des situations particulières qui viennent d'être évoquées, on peut retenir d'une manière générale ce qui suit.

La plus grande flexibilité est offerte par les *chauffages biénergie avec relève* pour lesquels il n'existe d'*obligation ni de fourniture ni de consommation.* Il s'agit généralement d'installations de grande puissance, directement alimentées par un réseau à haute tension local ou régional. Comme il n'y a pas d'obligation de fourniture, on peut également utiliser les excédents de production qui ne sont disponibles que dans certaines circonstances: par exemple en cas d'hydraulicité favorable, de très bonne disponibilité des centrales nucléaires. Comme ces excédents de production ne sont pas absolument garantis, il est difficile d'évaluer avec suffisamment de précision le potentiel de substitution.

En ce qui concerne *les chauffages biénergie avec relève* pour lesquels la *fourniture et la consommation d'énergie sont réglementées,* le potentiel de substitution peut être estimé aisément, cela à condition de considérer ces chauffages comme complémentaires aux chauffages électriques traditionnels. Dans le rapport de l'UCS «Fondements de la tarification et de la fourniture d'énergie aux ménages tout-électrique» [2], on a mentionné les mesures permettant d'égaliser au mieux la charge du réseau même pendant toutes les 24 heures du «jour le plus froid».

Pour favoriser le développement du chauffage biénergie dans le secteur domestique, il faudrait autoriser le raccordement de nombreuses installations de petite et moyenne puissance. Il s'agirait là principalement de systèmes biénergie alternatifs pour lesquels la fourniture et la consommation d'énergie seraient réglementées.

Par mesure de simplification, les considérations qui vont suivre ont été limitées aux chauffages biénergie avec relève, ce qui ne signifie toutefois pas que les *chauffages biénergie avec appoint* soient indésirables. Il convient d'examiner de cas en cas si pendant le jour le plus froid la capacité de réseau disponible à des fins de substitution doit être réservée en priorité aux chauffages électriques ordinaires, ou si pendant toute la période de chauffage on veut en laisser une part pour les chauffages biénergie avec appoint. Quelle que soit la décision qu'on prendra, il faut être conscient du fait que l'attribution de capacités de réseau aux chauffages biénergie avec appoint réduit les possibilités d'exploitation des systèmes biénergie avec relève, et notamment ceux avec pompe à chaleur, qui sont particulièrement bienvenus puisqu'ils permettent une

exploitation plus judicieuse des réseaux (d'autant plus que les fournitures d'énergie électrique sont suspendues pendant les jours les plus froids).

Compte tenu de ces constatations générales, on va examiner maintenant comment il est possible d'évaluer le potentiel de substitution des systèmes de chauffage biénergie. On ne considérera pour cela que les capacités disponibles sur le plan des réseaux, et donc pas la situation du côté de la production.

2.2 *Quantification du potentiel de substitution*

2.2.1 Hypothèses et conditions préalables

Les capacités de distribution disponibles pour l'approvisionnement des chauffages biénergie ne peuvent être évaluées qu'approximativement. Pour les considérations qui vont suivre, on est parti du fait que la puissance thermique nécessaire des chauffages électriques traditionnels diminue à mesure que les températures extérieures moyennes augmentent. Si l'on admet que pendant le jour le plus froid (par exemple -11 °C) les capacités du réseau sont entièrement requises pour couvrir les besoins courants et ceux des chauffages électriques traditionnels, il ne resterait théoriquement plus de disponibilités pour les chauffages biénergie avec appoint. A mesure que la température extérieure augmente, des capacités de réseau deviendraient alors progressivement disponibles pour ces installations.

Les capacités de réseau ainsi utilisables ne pourront jouer un rôle appréciable que si la température extérieure limite, en dessous de laquelle les chauffages biénergie ne fonctionnent plus à l'électricité, est notablement supérieure à la température pour laquelle les chauffages électriques traditionnels sont calculés. Par ailleurs, si la température limite n'est pas choisie trop basse, les chauffages biénergie à pompe à chaleur pourront se développer plus facilement, tel que cela est souhaitable. Par contre, si la température limite est trop élevée, la rentabilité des chauffages biénergie avec relève serait compromise étant donné leur temps de fonctionnement trop réduit, et l'effet de substitution le serait également. L'expérience a montré que la température limite devrait se situer entre -3 et $+3$ °C pour le Plateau suisse.

Afin de favoriser la substitution, la température limite pour les premières installations devrait se situer vers le bas des valeurs indiquées. Une fois les capacités du réseau ou possibilités de raccordement épuisées, on pourra passer à des températures limites plus élevées. Pour simplifier les calculs, le potentiel de substitution sera évalué sur la base des trois niveaux de températures limites suivants:

Niveau	Température limite
1	-3 °C
2	0 °C
3	$+3$ °C

2.2.2 Evaluation du potentiel de substitution théoriquement utilisable

Le potentiel de substitution théoriquement utilisable par les chauffages biénergie, eu égard aux réseaux de transport et de distribution, ont été évalués comme on l'a fait dans le 6ème «Rapport des Dix» [3] pour le chauffage électrique traditionnel. Les chauffages biénergie avec relève ne sont judicieux que dans la mesure où des capacités de réseau restent disponibles après satisfaction des besoins d'électricité courants et de ceux du chauffage électrique ordinaire, et à condition que leur raccordement n'exige pas d'investissements exagérés. Les disponibilités ainsi existantes peuvent être déterminés à l'aide des éléments suivants:

a) Dans la figure 1, la courbe $Q(t)$ représente les besoins journaliers d'énergie du chauffage électrique traditionnel. Le potentiel théorique de substitution qui doit être réservé au chauffage électrique traditionnel est donné par la formule suivante:

$$E_j = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

dans laquelle

E_j = besoins d'énergie pendant toute la période de chauffage

E_1 = part des besoins à une température extérieure de -11 à -3 °C

E_2 = part des besoins à une température extérieure de -3 à 0 °C

E_3 = part des besoins à une température extérieure de 0 à $+3$ °C

E_4 = part des besoins à une température extérieure supérieure à $+3$ °C

b) Selon l'annexe 9, paragraphe 2.1.2 du 6e Rapport des Dix, la courbe de charge suisse (entreprises d'électricité livrant à des tiers) du jour le plus froid, qui ne tient pas compte du chauffage électrique, indique une durée d'utilisation de la puissance maximale (P_{max}) d'environ 18,5 heures (pointe de midi).

Dans la limite des capacités de réseau, on pourrait ainsi encore distribuer pendant le jour le plus froid une quantité d'énergie équivalent à $Q_{mo} = P_{max} \cdot 5{,}5$ h/jour pour le chauffage électrique ordinaire. Par période de chauffage, on obtiendrait ainsi une valeur E_j équivalant à $P_{max} \cdot 5{,}5$ h/jours $\cdot$ 110 jours, soit $P_{max} \cdot 600$ h. Ce calcul est basé sur une donnée empirique, selon laquelle la consommation annuelle d'énergie du chauffage électrique ordinaire représente en Suisse environ 110 fois la consommation de ce chauffage pendant le jour le plus froid.

c) Selon le 6e Rapport des Dix, la puissance annuelle maximale (P_{max}) atteindrait 9460 MW pendant l'année hydraulique 1989/90. Cela représente un potentiel théorique de: 9460 MW 600 h = 5600 GWh. Toutefois, on a admis que le potentiel utilisable n'atteindrait que 60 % de cette valeur, soit 3400 GWh. Cette quantité d'énergie correspond à la surface représentée dans la figure 1 en dessous de la ligne $Q(t)$.

On a admis par ailleurs que celle-ci serait absorbée en 1990 par les 230000 chauffages électriques traditionnels qu'il y aura alors. Ce chiffre a été obtenu compte tenu des 86000 chauffages indiqués à fin 1980 dans la Statistique UCS des appareils électroménagers [4], d'un accroissement moyen de 15000 unités par an, et d'une consommation annuelle moyenne de 15000 kWh par chauffage.

d) Comme pendant le jour le plus froid, la quantité d'énergie Q_{mo} peut être distribuée pour le chauffage électrique traditionnel, en plus de la consommation relative aux besoins généraux, les disponibilités ne seront plus totalement utilisées durant les jours moins froids. Aussi a-t-on admis, que des chauffages biénergie avec relève peuvent être raccordés dans la mesure des disponibilités. Conformément aux hypothèses exposées sous

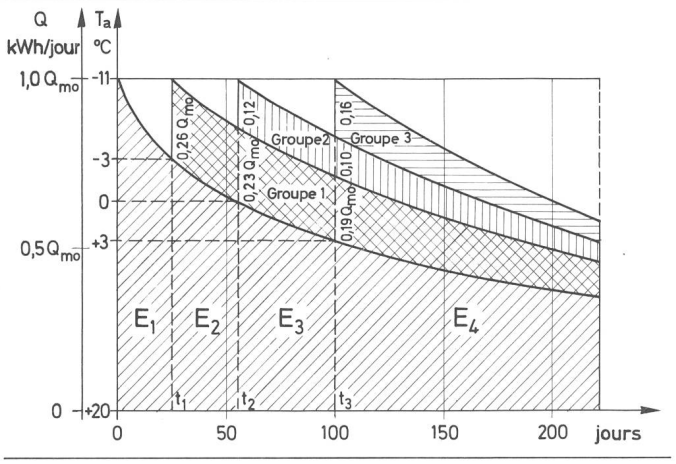

Fig. 1 **Courbe des besoins journaliers d'énergie de chauffage (Q)**

- Potentiel de substitution pour les chauffages électriques ordinaires: $E_j = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$
- Potentiel de substitution du groupe 1 (température limite: -3 °C): $0{,}29 \cdot E_j$
- Potentiel de substitution du groupe 2 (température limite: 0 °C): $0{,}12 \cdot E_j$
- Potentiel de substitution du groupe 3 (température limite: $+3$ °C): $0{,}13 \cdot E_j$

*Capacités disponibles *)* Tableau I

Température extérieure -3 °C	
Groupe 1 ($T_{Bi} = -3$ °C)	$Q_{z11} = Q_{z1} = \underline{0{,}26\ Q_{mo}}$
Température extérieure ± 0 °C	
Groupe 1 ($T_{Bi} = -3$ °C)	$Q_{z12} = Q_{z11} \dfrac{20 - T_{Bi2}}{20 - T_{Bi1}} = \underline{0{,}23\ Q_{mo}}$
Groupe 2 ($T_{Bi} = 0$ °C)	$Q_{z22} = Q_{z2} - Q_{z12} = \underline{0{,}12\ Q_{mo}}$
Température extérieure $+3$ °C	
Groupe 1 ($T_{Bi} = -3$ °C)	$Q_{z13} = Q_{z11} \dfrac{20 - T_{Bi3}}{20 - T_{Bi1}} = \underline{0{,}19\ Q_{mo}}$
Groupe 2 ($T_{Bi} = 0$ °C)	$Q_{z23} = Q_{z22} \dfrac{20 - T_{Bi3}}{20 - T_{Bi2}} = \underline{0{,}10\ Q_{mo}}$
Groupe 3 ($T_{Bi} = +3$ °C)	$Q_{z33} = Q_{z3} - Q_{z13} - Q_{z23} = \underline{0{,}16\ Q_{mo}}$

*) Voir aussi fig. 1

2.2.1 ci-avant, on peut, entre -3 et $+3$ °C, raccorder des chauffages biénergie avec relève selon les trois niveaux suivants avec des températures limites de

$T_{Bi1} = -3$ °C, $T_{Bi2} = 0$ °C, $T_{Bi3} = +3$ °C

Chaque fois que la température limite respective est atteinte ou dépassée, les chauffages ordinaires et biénergie peuvent absorber ensemble les disponibilités restantes, si bien que la capacité du réseau est toujours exploitée entièrement, comme à -11 °C.

Compte tenu de la courbe des besoins journaliers d'énergie du chauffage, on obtient pour les chauffages traditionnels et pour ces températures limites, les valeurs d'utilisation $Q' = Q_t/Q_{mo}$ suivantes, pour la puissance thermique maximale nécessaire:

t	Q'
-11 °C	$1{,}00 \cdot Q_{mo}$
-3 °C	$0{,}74 \cdot Q_{mo}$
0 °C	$0{,}65 \cdot Q_{mo}$
$+3$ °C	$0{,}55 \cdot Q_{mo}$

e) Compte tenu des trois températures limites admises, soit

T_{Bi1}, T_{Bi2} et T_{Bi3}

on obtient pour la possibilité d'utilisation les valeurs de temps respectives suivantes indiquées dans la figure 1:

t_1, t_2 et t_3

Les capacités disponibles Q_z pour les chauffages biénergie avec relève par rapport à Q_{mo} peuvent ainsi être déterminées comme suit:

$$Q_{z1} = Q_{mo} - Q(t1) = 0{,}26 \cdot Q_{mo}$$
$$Q_{z2} = Q_{mo} - Q(t2) = 0{,}35 \cdot Q_{mo}$$
$$Q_{z3} = Q_{mo} - Q(t3) = 0{,}45 \cdot Q_{mo}$$

Les capacités disponibles peuvent être attribuées aux différents groupes de chauffage biénergie avec relève comme indiquées sur le tableau I (compte tenu d'une température de chauffage de 20 °C).

f) D'après les considérations qui précèdent, on constate que pour chaque chauffage électrique traditionnel il est possible de raccorder un nombre déterminé de chauffages biénergie avec relève. Voir tableau II.

La part des besoins annuels d'énergie de chauffages pouvant être remplacées par l'électricité grâce aux chauffages biénergie avec relève dépend de la température limite choisie pour le passage du combustible à l'électricité. Les rapports obtenus par déduction planimétrique à partir de la figure 1 sont indiqués au tableau III, les besoins annuels totaux d'énergie des chauffages électriques ordinaires étant donnés par la formule

$$E_j = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

Les quotas d'énergie respectifs en % sont déterminés comme suit:

$$e_j = 100\ \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4}{E_j} = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 = 100\,\%$$

Le tableau IV présente le potentiel de substitution utilisable pour des chauffages biénergie avec relève. Les données sont basées sur le potentiel «biénergie», qui selon la figure 1 représente 54 % du potentiel de substitution (en GWh) utilisé par les chauffages ordinaires.

Compte tenu de l'hypothèse qu'en 1990 230000 logements seront équipés d'un chauffage électrique ordinaire, on peut déterminer, à partir des coefficients indiqués aux tableaux II et III le nombre et la consommation d'énergie des logements pouvant être équipés d'un chauffage biénergie avec relève. Ces données figurent dans le tableau IV. La répartition des besoins d'énergie de chauffage sur l'été et l'hiver repose sur des estimations.

Nombre de chauffages biénergie raccordables par chauffage électrique traditionnel Tableau II

Température limite T_{Bi} °C	Besoins journaliers d'énergie des chauffages traditionnels $Q' = \frac{Q(t)}{Q_{mo}}$	Potentiel utilisable par les chauffages biénergie $1 - Q'$	Nombre maximal de chauffages biénergie raccordables par chauffage traditionnel selon la température limite respective, soit			
			Total $\frac{1 - Q'}{Q'}$	T_{Bi1}	T_{Bi2} plus 0,54–0,35	T_{Bi3} plus 0,82–0,54
− 11 ($T_{min.}$)	1,0	0,00				
− 3 (T_{Bi1})	0,74	0,26	0,35	0,35		
0 (T_{Bi2})	0,65	0,35	0,54	0,35	0,19	
+ 3 (T_{Bi3})	0,55	0,45	0,82	0,35	0,19	0,28

Parts de l'électricité et du combustible contribuant à la couverture des besoins annuels d'énergie de chauffage des deux systèmes considérés Tableau III

Température limite °C	Système de chauffage	Electricité Quota d'énergie	%	Combustible Quota d'énergie	%
− 11	ordinaire	e_j	100	–	–
− 3	biénergie avec relève	$e_j - e_1$	83	e_1	17
0	biénergie avec relève	$e_3 + e_4$	67	$e_1 + e_2$	33
+ 3	biénergie avec relève	e_4	44	$e_j - e_4$	56

Développement possible des chauffages biénergie avec relève selon les températures limites considérées (T_{Bi}) Tableau IV

		Groupe 1 $T_{Bi} = -3$ °C	Groupe 2 $T_{Bi} = 0$ °C	Groupe 3 $T_{Bi} = +3$° C
Nombre de chauffages biénergie avec relève, d'installations de chauffage électrique à resistance, respectivement de logements avec chauffage électrique				
– par groupe		35 % de 230 000 log. = 81 000	19 % de 230 000 log. = 44 000	28 % de 230 000 log. = 65 000
– cumulé	Unités	81 000	125 000	190 000
Besoins moyens d'énergie de chauffage par installation	MWh	15	15	15
Besoins annuels totaux				
– par groupe	GWh	1215	660	975
– cumulés	GWh	1215	1875	2850
Part de l'électricité dans les besoins d'énergie de chauffage				
– semestre d'hiver	%	65	49	26
– semestre d'été *)	%	18	18	18
– année	%	83	67	44
Consommation d'électricité pendant le semestre d'hiver				
– par groupe	GWh	790	324	254
– cumulée	GWh	790	1114	1368
Consommation d'électricité pendant le semestre d'été				
– par groupe	GWh	218	119	175
– cumulée	GWh	218	337	512
Consommation annuelle d'électricité				
– par groupe	GWh	1008	443	429
– cumulée	GWh	1008	1451	1880

*) Selon tableau 10 du 6e Rapport des Dix. log. = logement

3. Intégration des chauffages biénergie avec relève compte tenu de la charge du réseau

Au paragraphe 2, on a évalué, à partir de la courbe des besoins d'énergie de chauffage des installations ordinaires, le potentiel théorique de substitution qui peut être utilisé par des chauffages biénergie avec relève. Il faut tendre à utiliser la plus grande part possible de ce potentiel par une exploitation appropriée des chauffages biénergie, compte tenu des capacités de réseau disponibles. Le potentiel réellement utilisable dépend des caractéristiques de la courbe de charge propre à chaque entreprise d'électricité, ainsi que des moyens techniques de commande devant être mis en œuvre et pouvant être supportés financièrement dans chaque cas particulier.

On montrera ci-après à l'aide d'un cas type pris dans la pratique, qu'il est possible d'utiliser dans une grande mesure le potentiel de substitution théorique. Ainsi qu'on peut s'en apercevoir d'après les figures 2 à 5, il ne devrait pas se poser des problèmes techniques de commande autres que ceux relatifs aux chauffages ordinaires, lesquels sont connus et solubles. L'étude du cas type repose sur les hypothèses, conditions et considérations suivantes:

a) La courbe de charge des besoins courants, y compris une certaine part de besoins industriels (moyenne), est représentée de manière idéalisée sous forme de ligne en escalier (figure 2). Pour simplifier, on a admis que la courbe de charge des besoins courants est indépendante de la température journalière moyenne.

b) Pendant le jour le plus froid, les capacités non requises pour la couverture des besoins courants sont quasiment utilisées entièrement par les chauffages électriques ordinaires de types différents, et cela, selon la figure 2, comme suit:

– par des chauffages directs ou mixtes (pour ces derniers, part de consommation directe)

– par des chauffages à accumulation avec 8 heures de recharge nocturnes et 3 diurnes, et, le jour le plus froid, 8 heures nocturnes et 7 diurnes, les chauffages étant équipés par moitié d'une commande directe et par moitié d'une commande rétrograde.

Possibilité des temps de fonctionnement concédés Tableau V

Température limite T_{Bi}	Periodes de fonctionnement	
	Nuit	Jour
– 3 °C	24.00–06.00	06.00–08.00 12.00–22.00
0 °C	22.00–06.00	06.00–08.00 12.00–22.00
+ 3 °C	22.00–06.00	06.00–11.00 12.00–22.00

c) A mesure que la température extérieure augmente, la puissance thermique nécessaire diminue, et avec elle la consommation d'énergie des chauffages directs et les temps de recharge des chauffages à accumulation. Cette diminution apparaît dans les figures 3 à 5. Les capacités ainsi libérées peuvent être utilisées par des chauffages biénergie.

d) On a admis que la température limite (T_{Bi}) pour les nouveaux chauffages biénergie avec relève est fixée à une valeur située entre – 3 et + 3 °C. Dans la mesure du possible, on accordera pour l'électricité des temps d'utilisation suffisamment longs, puisqu'on voudrait éviter que l'exploitant d'un chauffage biénergie avec relève soit obligé à trop investir pour le stockage de l'énergie, étant donné qu'il accepte de supporter un coût élevé pour une installation basée sur deux énergies. Pour le cas type considéré, on pourrait par exemple concevoir les temps d'utilisation pour l'électricité selon le tableau V.

e) L'utilisation des disponibilités par des chauffages biénergie, telle qu'elle est décrite ci-avant, apparaît également dans les figures 3 à 5. La figure 5 montre la situation qui se présente à une température extérieure de + 3 °C. A partir de cette température, tous les chauffages biénergie raccordés au

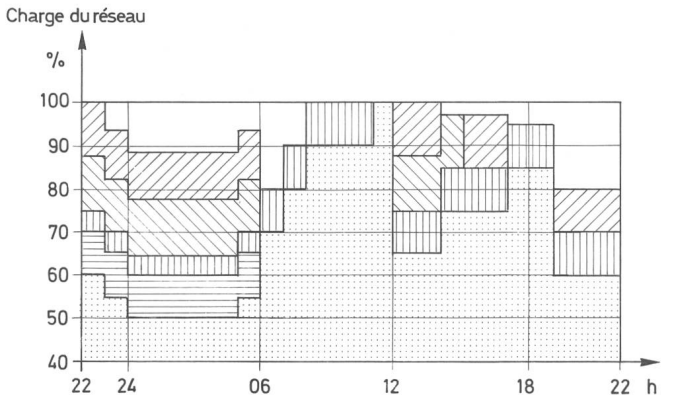

Fig. 2 Charge du réseau à une température extérieure moyenne de –11 °C

Usages courants (sans le chauffage des locaux)

Eau chaude utilitaire

Chauffage des locaux:

Chauffage direct (y compris les parts de chauffage direct)

Chauffage à accumulation avec 8 + 3 heures de recharge

Chauffage à accumulation avec 8 + 7 heures de recharge

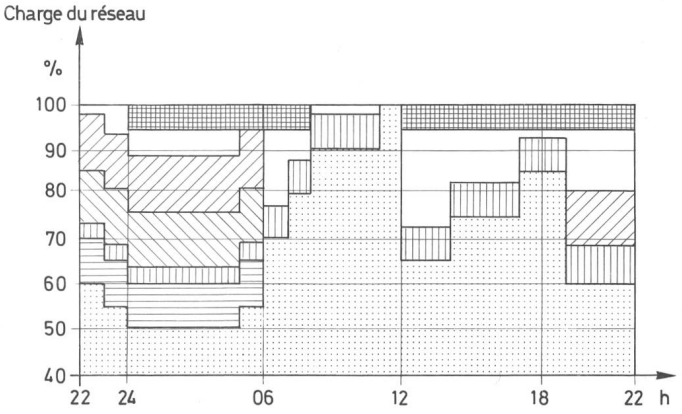

Fig. 3 Charge du réseau à une température extérieure moyenne de –3 °C

Utilisation des disponibilités par des chauffages biénergie alternatifs:

Température limite – 3 °C

Déblocage pendant 6 heures nocturne et 12 diurnes

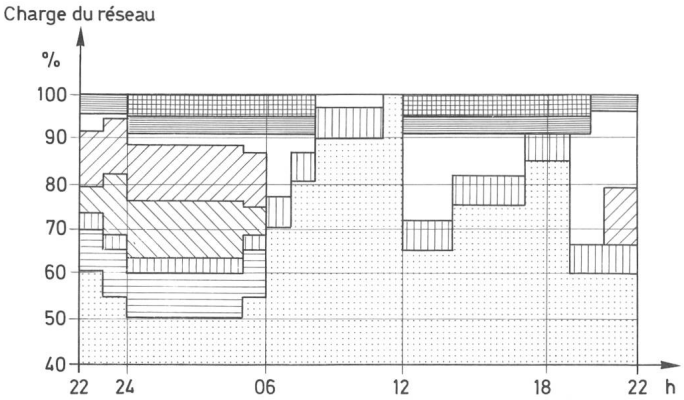

Fig. 4 **Charge du réseau à une température extérieure moyenne de 0 °C**

Usages courants (sans le chauffage des locaux)

Eau chaude utilitaire

Chauffage des locaux:

Chauffage direct (y compris les parts de chauffage direct)

Chauffage à accumulation avec 8 + 3 heures de recharge

Chauffage à accumulation avec 8 + 7 heures de recharge

Utilisation des disponibilités par des chauffages biénergie alternatifs:

Température limite − 3 °C

Température limite 0 °C

Déblocage pendant 8 heures nocturnes et 12 diurnes

réseau seront approvisionnés. L'énergie ainsi livrée représente 84 % de l'énergie absorbée par les chauffages ordinaires; voir figures 2 et 5.

f) Si l'on tenait également compte du fait que la consommation d'électricité pour les usages courants diminue à mesure que la température extérieure augmente, on constaterait qu'il y a encore d'importantes possibilités de raccordement en ce qui concerne les chauffages biénergie avec relève, au-dessus des températures limites précitées. Selon les puissances en jeu,

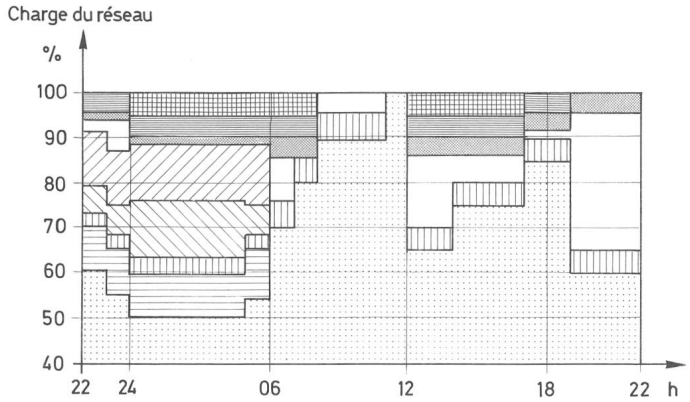

Fig. 5 **Charge du réseau à une température extérieure moyenne de +3 °C**

Utilisation des disponibilités par des chauffages biénergie alternatifs:

Température limite − 3 °C

Température limite 0 °C

Température limite + 3 °C

Déblocage pendant 23 heures (chauffage direct)

on pourrait même utiliser alors des équipements de chauffage direct.

Ces réflexions ne peuvent évidemment pas tenir compte de toutes les situations possibles. Elles montrent néanmoins qu'une bonne partie du potentiel de substitution existant peut être utilisée grâce à une intégration judicieuse de chauffages biénergie en fonction des capacités de réseau disponibles à chaque niveau de température. Chaque entreprise d'électricité doit planifier l'utilisation de ses capacités de réseau compte tenu de sa situation propre, en tendant vers une utilisation maximale et en veillant à ce que les frais pour la télécommande centralisée demeurent dans des proportions raisonnables. Dans cette planification, il s'agit de tenir correctement compte des chauffages ordinaires existants (directs, à accumulation, mixtes, etc.). S'il y a déjà proportionnellement beaucoup de chauffages à accumulation bénéficiant de longues périodes de recharge diurnes aux températures extérieures basses, il faut être particulièrement attentif.

4. Utilisation du potentiel de substitution par des chauffages biénergie avec relève

4.1 La situation vue sous l'angle de l'abonné

Les dépenses d'investissement de l'abonné pour un chauffage biénergie sont supérieures à celles pour un chauffage traditionnel. Les frais supplémentaires doivent donc pouvoir être compensée par une économie sur les dépenses d'énergie. L'importance de cette économie dépend de la part des besoins d'énergie pouvant être couverte par l'électricité et aussi des prix respectifs de l'électricité et des combustibles utilisés, notamment du mazout. Ainsi, le rapport entre les dépenses supplémentaires entraînées par une installation biénergie et les économies obtenues sur les frais de mazout s'améliore au fur et à mesure que la température limite T_{Bi} est choisie plus basse, d'une part, et que, d'autre part, le prix du mazout est plus élevé. Compte tenu des conditions de charge du réseau, et si l'on veut conserver au système de chauffage biénergie sa compétitivité, la température limite devrait se situer entre − 3 °C et + 3 °C pour le Plateau suisse. Selon la conception du réseau, l'aspect de la courbe de charge et la situation géographique, certaines entreprises d'électricité peuvent être amenées à choisir des températures limites situées en dehors de ces valeurs.

Etant donné le développement technique qui est en cours dans le domaine des installations de chauffage biénergie avec relève et la modification continue du rapport entre le prix de l'électricité et du mazout, il est difficile de se prononcer de manière sûre et définitive sur la compétitivité des différents systèmes, cela d'autant plus que la documentation fournie par les fabricants ne permet guère des comparaisons. Celle-ci est certes abondante, mais elle se rapporte toujours à des cas d'utilisation déterminés.

En ce qui concerne les systèmes biénergie avec relève, on peut constater d'une manière générale qu'ils commencent à devenir compétitifs lorsque la température limite est fixée vers − 3 °C et que le prix du mazout dépasse 70 centimes par kilo. Dans la plupart des cas, les chauffages à résistance sont actuellement encore plus économiques que les systèmes biénergie avec chauffage électrique à résistance ou avec pompe à chaleur. A mesure que le mazout devient plus cher par rapport à l'électricité et que les systèmes biénergie se perfectionnent, les systèmes avec pompe à chaleur devraient devenir plus économiques.

Possibilités de développement des chauffages biénergie avec relève (électricité/mazout) selon l'évolution du prix du mazout Tableau VI

Evolution du prix mazout	Groupes avec exploitation rentable			Potential économiquement utilisable GWh	Degré d'utilisation du potentiel %
	Groupe	Température limite °C	Nombre de chauffages cumulé		
Rapport de prix en 1980	1	− 3	81 000	1008	60
Renchérissement modéré	2	0	+ 44 000	+ 443	+ 20
	1+2 cum.		= 125 000	= 1451	= 80
Renchérissement important	3	+ 3	+ 65 000	+ 429	+ 20
	1+2+3 cum.		= 190 000	= 1880	= 100

Possibilités de substitution jusqu'en 1990 grâce aux chauffages biénergie avec relève de petite et moyenne puissance électrique, selon les différentes températures limites (T_{Bi}) Tableau VII

	Groupe 1 T_{Bi} = − 3 °C	Groupe 2 T_{Bi} = 0 °C	Groupe 3 T_{Bi} = + 3 °C	Total
Rendement admis pour les chauffages traditionnels à mazout (hypothèse) en %	70	70	70	
Rendement et coefficient de performance moyen admis pour les				
– chauffages à résistance	0,95	0,95	0,95	
– chauffages avec pompe à chaleur électrique	2,3	2,5	2,7	
1. Equipement: uniquement avec résistance				
Quantité de mazout remplaçable en 1990, en 1000 t	118	52	50	220
en % de 8 millions de t *)	1,5	0,7	0,6	2,8
2. Equipement: 50 % à résistance et 50 % à pompe à chaleur				
Quantité de mazout remplaçable en 1990, en 1000 t	201	94	96	391
en % de 8 millions de t *)	2,5	1,2	1,2	4,9
3. Equipement: 30 % à résistance et 70 % à pompe à chaleur				
Quantité de mazout remplaçable en 1990, en 1000 t	235	111	115	461
en % de 8 millions de t *)	2,9	1,4	1,5	5,8

*) Consommation approximative actuelle de mazout par an en Suisse

4.2 La situation vue sous l'angle de l'énergie

Compte tenu de ce qui précède et des données figurant au tableau IV, on peut évaluer les possibilités de développement des installations de chauffage biénergie avec relève, ainsi que le potentiel de substitution que ces installations rendent exploitable; voir tableau VI.

Le degré d'utilisation du potentiel de 1880 GWh dépendra largement de la rentabilité des chauffages biénergie avec relève, c'est-à-dire principalement de l'évolution future des prix de l'énergie.

Si le prix du mazout n'augmente plus très sensiblement, le nombre de chauffages biénergie avec température limite de − 3 °C pourrait atteindre quelque 80000 dans le courant des années 80. Si le prix du mazout continue d'augmenter sensiblement plus fort que celui de l'électricité, le nombre de chauffages biénergie, avec des températures limites supérieures, pourrait atteindre 190000.

Le tableau VII montre que le développement des chauffages biénergie avec relève – et notamment ceux avec pompe à chaleur – permet de remplacer d'importantes quantités de mazout par de l'électricité. Compte tenu de la consommation actuelle de mazout en Suisse, soit environ 8 millions de tonnes par an, on peut estimer, à partir de la situation actuelle, que la substitution pourrait atteindre 2 à 6 % des besoins présente de mazout, cela selon l'évolution du rapport entre les prix de l'électricité et du mazout, le développement technique des pompes à chaleur et la réduction du prix de celles-ci. Une telle substitution se situe dans le cadre des possibilités prises en considération dans le 6e «Rapport des Dix» [3] pour 1990 en ce qui concerne la capacité des réseaux.

Literatur

[1] Fourniture d'énergie électrique aux installations bivalentes de chauffage des locaux. Recommandations de l'UCS, Bulletin ASE/UCS 71(1980)22.

[2] Fondements de la tarification et de la fourniture d'énergie aux ménages tout-électrique. Recommandations de l'UCS, Bulletin ASE/UCS 71(1980)22.

[3] Perspectives d'approvisionnement de la Suisse en électricité 1979–1990. 6e Rapport des Dix, UCS, juin 1979.

[4] Statistique UCS des appareils électroménagers. Bulletin ASE/UCS 72(1981)12, page 645.