

POWER BOX

L'énergie en 10 leçons

Principes

Comprendre ce qu'est l'énergie

Technique, économie, politique

1

Le marché de l'électricité

Branché sur le réseau européen

Production, utilisation, environnement

2

L'énergie solaire

Le soleil se lève

Architecture, chaleur, électricité

3

L'habitat

Faire bon ménage avec l'énergie

Appareils, achat, mobilité

4

L'éclairage

Que la lumière soit

Ampoules économiques, confort, lumière naturelle

5

Les machines de bureau

Good bye stand-by

Ordinateurs, photocopieurs, télécopieurs

6

Les installations du bâtiment

Construire en étant attentif aux coûts

Chauffage, ventilation, climatisation

7

La chaleur

Exploiter l'énergie dans sa totalité

Pompes à chaleur, utilisation des rejets thermiques, centrales chaleur-force

8

L'industrie

Pour une production respectueuse de l'environnement

Efficacité, qualité, marchés

9

L'hôtellerie

Electricité trois étoiles

Cuisine, lavage, gestion de l'énergie

10



RAVEL

Office fédéral des questions conjoncturelles

vdf Editions EPFZ

Avant-propos

*Chers enseignants,
chers élèves*

Les recherches les plus récentes le prouvent: l'efficacité énergétique constitue un critère de base en matière de qualité et stimule la concurrence. Les politiciens et les économistes les plus renommés reconnaissent toujours davantage à quel point il est important, pour l'économie et l'environnement, d'utiliser rationnellement l'énergie. Le gaspillage d'énergie a des limites, car ses conséquences à long terme sont inacceptables, tant pour la santé que pour le climat et le traitement des déchets. En revanche, une attitude prudente et prévoyante nous évitera beaucoup de frais et de dégâts.

Si nous voulons que cette démarche aille de soi, il faut d'abord la rendre évidente aux écoliers. C'est la raison d'être de ce manuel intitulé «Power Box – l'énergie en 10 leçons», élaboré dans le cadre du programme d'impulsions RAVEL (utilisation rationnelle de l'électricité) et qui, croyons-nous, correspond à un réel besoin. Des spécialistes du domaine de l'énergie ont créé ce document didactique en collaboration avec des enseignants, puis l'ont testé dans toute une série de classes.

A l'heure actuelle, les questions énergétiques figurent dans le plan d'études – ou du moins devraient être abordées lors des cours. Le Power Box sera là d'une aide indéniable. L'an dernier, les étudiants de l'Ecole d'économie et d'administration d'Oltén ont mené un sondage qui a confirmé l'intérêt des écoliers suisses quant aux questions énergétiques. De solides connaissances dans ce domaine constituent une base importante pour les générations futures, surtout lorsqu'il s'agira de prendre des décisions d'ordre économique ou écologique.

Ce nouveau manuel résume les connaissances les plus récentes en matière d'utilisation rationnelle de l'électricité. Il est destiné avant tout aux enseignants: son contenu, sa conception générale et sa forme répondent aux impératifs didactiques. Ce classeur devrait faciliter grandement la préparation des cours.

Le Power Box est accessible à tous ceux qui ne sont pas des spécialistes. Il s'adresse particulièrement aux écoles de commerce, aux écoles professionnelles, aux HEC, aux collèges et à l'enseignement supérieur en général. A cet effet, toutes les données généralement peu accessibles ont été vulgarisées. Enfin, il n'y est pas seulement question d'environnementalisme, mais aussi et surtout d'économie.

Juin 1995

Prof Beat Hotz-Hart

Vice-directeur

Office fédéral des questions conjoncturelles

RAVEL: c'est qui, c'est quoi?

Maurice Ravel est un compositeur français du début du 20^e siècle, auteur entre autres d'un fameux «Boléro» rempli d'énergie et d'entrain. Dans cet ouvrage, lorsque nous parlons de RAVEL, ce n'est pas du musicien qu'il s'agit, mais d'un programme d'impulsions fédéral – quoique le choix du nom ne soit pas un hasard.

La promotion de l'utilisation rationnelle de l'électricité et le déclenchement d'impulsions économiques constituent les buts principaux de RAVEL. Ce programme, dépendant de l'Office fédéral des questions conjoncturelles, met l'accent sur la recherche, la formation et le perfectionnement, ainsi que sur la publication de documents se rapportant directement à l'utilisation rationnelle de l'électricité – ou «économies de courant».

Plus de 200 spécialistes provenant des milieux économiques et des hautes écoles travaillent pour RAVEL. Quelque 8000 personnes ont déjà suivi plus de 300 cours. Les documents didactiques, les résumés des cours et les rapports de recherche ont été remis à 80 000 destinataires. Les cours sont organisés en synergie avec des associations professionnelles d'architectes, des installateurs du bâtiment, de l'industrie, des services industriels, de l'environnement, de l'OFIAMT et de l'enseignement.

Voici comment RAVEL aide les enseignants

Toute la documentation des programmes d'impulsions RAVEL (utilisation rationnelle de l'électricité), PACER (énergies renouvelables) et PI Bat (rénovation du bâtiment) sont disponibles sur CD-ROM.

Commandes: Centrale fédérale du matériel et des imprimés, 3000 Berne.

Pour l'enseignement, la documentation des programmes d'impulsions peut être commandée à un prix préférentiel. Informations et commandes à l'OFQC, Belpstrasse 53, 3003 Berne, tél. 031 322 21 39.

Les enseignants à plein temps peuvent suivre gratuitement les cours de formation continue des programmes d'impulsions.

Informations et inscriptions auprès de l'administration des cours des programmes d'impulsions:

P. Müller, Hammerstrasse 62c, 8032 Zurich, tél. 01 388 65 65.

Il est également possible d'obtenir la participation de spécialistes en énergie à des cours dans les écoles.

Veillez vous renseigner auprès de la direction du projet «RAVEL dans la formation de base», Max Kugler, Lächenstrasse 28, 8247 Flurlingen, tél. 052 659 44 70, ou auprès des Services électriques de la ville de Zurich, elexpo, Beatenplatz 2, 8001 Zurich, tél. 01 319 49 60.

Renseignements complémentaires:

Centrale de conseil INFOENERGIE, case postale 31, 5200 Brugg 1,
tél. 056 441 60 80, fax 056 441 20 15,

Siège: Kindergartenstrasse 1, 5200 Windisch.

INFOENERGIE Beratungszentrale, c/o Eidg. Forschungsanstalt, 8356 Tänikon,
tél. 052-368 34 85, fax 052-368 34 89.



Mode d'emploi du classeur

Impressum

Editeur

Office fédéral des questions conjoncturelles (OFQC)
Belpstrasse 53, 3003 Berne
Tél. 031 322 21 39, fax 031 371 82 89

Commandes

© 1995 Editions EPFZ
Tél. 01 632 42 42, fax 01 252 34 03
(Photocopie autorisée pour l'enseignement)

ISBN 3-7281-2250-5 (allemand)
ISBN 3-7281-2251-3 (français)
ISBN 3-7281-2252-1 (italien)

Centrale fédérale des imprimés et du matériel,
3000 Berne
Fax 031 992 00 23
Numéro de commande: 724.303 d, f, i

Disponible en librairie

Groupe responsable du projet

Chef de projet: Max Kugler
ONION Conseil en entreprise, Flurlingen

Aspects RAVEL:
Jürg Nipkow, ARENA, Zurich

Aspects didactiques:
Antonion Adamo, Martin Hoch, Roland Reichenbach,
Hans Ruetz, Erich Renner

Auteurs:

Stefan Gasser, Amstein+Walthert AG, Zurich;
dès mi-1996: eTEAM, Zurich

Eric Bush, Amstein+Walthert AG, Zurich;
dès 1996: Bush-Energie, Felsberg

Margrit de Lainsecq et Othmar Humm, Oerlikon
Journalisten AG, Zurich

Graphisme, composition

creadrom Theo Klingele, Lucerne

Adaptation française
Jacques Dépraz et Markus Schellenberg

Sponsors

Cet ouvrage a été réalisé avec le soutien
financier et professionnel de:
EWZ elexpo, Zurich
INFEL, Zurich
ABB, Baden

Le classeur présente 10 sujets principaux. Chaque sujet comporte un double feuillet de présentation générale et 5 ou 6 pages à reproduire sous la forme de transparents (illustrations, diagrammes, tableaux). On peut copier les doubles feuillets pour les distribuer aux élèves.

Les sujets sont classés en fonction du degré de difficulté qu'ils présentent pour les profanes:

Les problèmes énergétiques en général: principes, marché de l'électricité

Plutôt simples techniquement: énergie solaire, habitat, éclairage, machines de bureau

Plutôt ardu techniquement: installations du bâtiment, chaleur, industrie, hôtellerie.

Chaque double feuillet renferme assez de matière pour une leçon. On peut aussi en extraire quelques éléments, ou même en tirer de quoi organiser des projets, des ateliers ou une semaine de l'énergie et de l'environnement.

La page titre de chaque double feuillet présente une introduction, une vue d'ensemble et des informations de fond. Les données principales sont formulées sous la forme de mots-clés repris sur un transparent. Les questions aident à la sensibilisation et facilitent l'entrée en matière de chaque leçon.

Les pages intérieures des doubles feuillets comportent les sujets essentiels, répartis en quatre blocs de texte. On en retrouve un résumé et les illustrations sur les transparents.

La dernière page propose des devoirs destinés aux élèves: calcul de coûts énergétiques, données pour un débat, incitation à l'action. On y trouve également des indications bibliographiques et des adresses, en vue d'approfondir le sujet.

Tous les transparents, fournis ici en originaux A4 destinés à la reproduction, figurent en dimensions réduites dans les doubles feuillets. Les transparents destinés aux débats et aux calculs ne comportent pas de réponses; celles-ci figurent en revanche dans les pages intérieures.

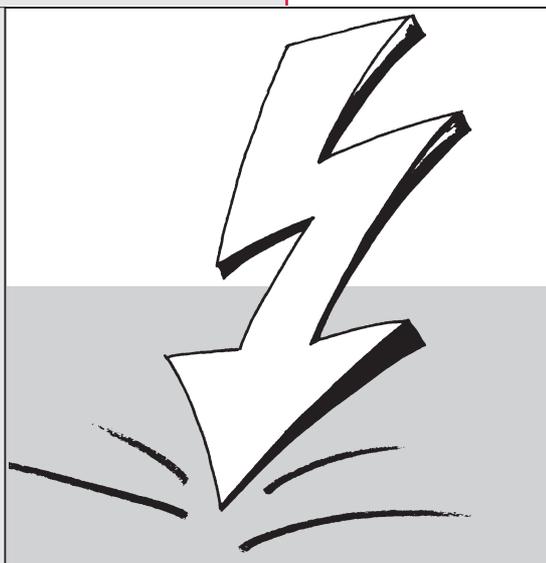

e l e x p o





Comprendre ce qu'est l'énergie

Transparent 1



Quels objectifs s'est fixé Energie 2000?

Pourquoi l'essence est-elle plus chère que le mazout?

Quelle quantité d'électricité consomme en 10 heures une ampoule de 100 watts?

Pourquoi les pylônes à haute tension sont-ils si hauts?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans la leçon «Le marché de l'électricité».

- ▶ La politique actuelle de l'énergie est basée sur les deux votations de septembre 1990.
- ▶ Aujourd'hui, le mazout est trois fois meilleur marché que l'eau minérale.
- ▶ Un aspirateur d'une capacité de 2 kilowatts réclame, pour une demi-heure de fonctionnement, 1 kilowatt-heure d'électricité.
- ▶ Ce qui est le plus dangereux, ce n'est pas l'intensité du courant (ampérage) mais sa tension (voltage).

Il est difficile de saisir ce que l'on ne peut ni voir, ni toucher, ni sentir. C'est le cas de l'énergie. Le mot «énergie» vient du grec «*enérghia*» qui signifie «force invisible et agissante». Par contre, on peut très bien voir ou sentir les supports de l'énergie, les substances qui la produisent: le pétrole, le gaz naturel, l'uranium, le mouvement de l'eau. Ce sont les produits de base que l'on transforme dans des usines pour en tirer l'énergie finale (essence mazout, électricité). Puis, il s'agit de transformer cette énergie finale en énergie utile: dans l'ampoule, l'électricité devient lumière; dans la chaudière, le mazout devient chaleur; dans le moteur à explosion, l'essence devient force motrice.

Il y a un long chemin du support énergétique ou de l'énergie primaire à l'énergie utile. Ce chemin coûte de l'argent, du travail et de l'énergie: 40% de l'énergie primaire est finalement transformée en énergie utile; le reste se perd dans les processus de transformation, surtout sous la forme de chaleur dégagée.

Quand on parle **d'énergie**, il y a deux éléments très importants à relever.

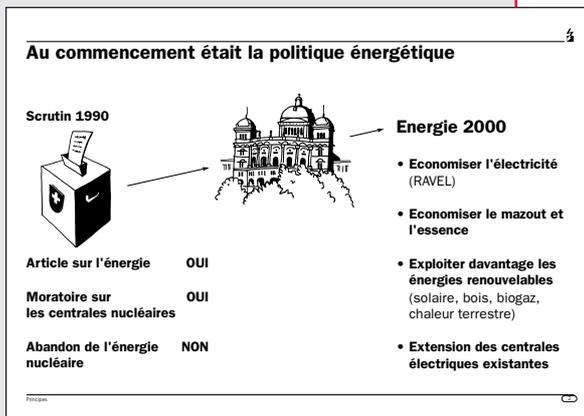
Premièrement: le 40% seulement de l'énergie primaire est récupéré pour devenir de l'énergie utile – par exemple pour l'éclairage ou le chauffage. Le reste se perd en chaleur dégagée.

Deuxièmement: L'électricité est la forme d'énergie la plus concentrée et la plus chère. Donc économiser l'électricité, c'est aussi économiser de l'argent.

La forme la plus concentrée d'énergie est l'électricité qui, au contraire de la chaleur basse, peut être transformée en force motrice, en chaleur ou en lumière, en fonction des besoins et sans grosses pertes. L'électricité est aussi la forme d'énergie la plus chère: bien qu'elle ne constitue que le 1/5 de l'énergie consommée en Suisse, elle représente à elle seule 40% des dépenses énergétiques, soit 7 milliards de francs par année. Mais il devrait être possible de freiner l'augmentation de la consommation d'électricité (et aussi de mazout) ces prochaines années. En revanche, les besoins énergétiques pour les déplacements privés (essence, diesel) ne devraient cesser de croître.

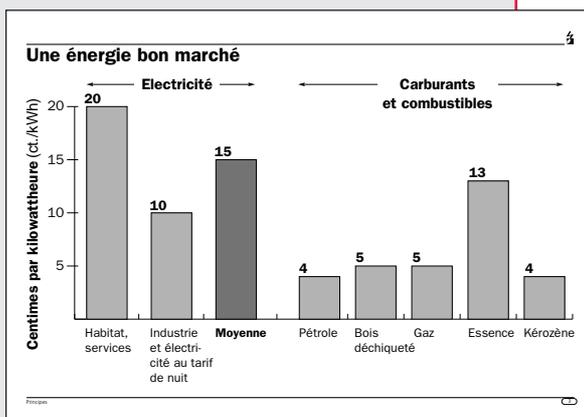
L'utilisation efficace de l'électricité et de la chaleur, ainsi que l'introduction systématique de sources d'énergie renouvelable, permettent d'économiser de l'argent et de préserver davantage l'environnement, et cela sans renoncer au confort que nous connaissons.

Au commencement était la politique énergétique



Pour faire écho au scrutin de 1990, le Conseil fédéral a présenté Energie 2000. La mise en oeuvre de ce programme d'action donne une sérieuse impulsion aux énergies renouvelables et à l'utilisation rationnelle de l'électricité.

- ▶ Au cours de ces 100 dernières années, la consommation globale d'énergie a décuplé. Aujourd'hui encore, la plus grosse part des besoins mondiaux en chaleur et en électricité est couverte par le charbon, le gaz et le pétrole, produits dont la combustion dégage annuellement 22 000 millions de tonnes de dioxyde carbonique. Ces émissions de CO₂ contribuent à l'effet de serre. La protection climatique constitue donc l'un des principaux objectifs de la nouvelle politique énergétique.
- ▶ Les problèmes climatiques concernent tous les pays, y compris la Suisse. Mais nos possibilités d'action sont limitées du fait que les grandes centrales exploitant l'énergie fossile se situent hors de nos frontières. La politique énergétique suisse se concentre donc sur la promotion des énergies renouvelables et sur l'utilisation rationnelle de l'électricité.
- ▶ En 1990, les citoyens ont approuvé l'article sur l'énergie et l'arrêt de la construction de centrales nucléaires, tout en refusant de renoncer à l'exploitation de l'énergie nucléaire. A la suite de ce scrutin, le Conseil fédéral a présenté le projet Energie 2000. Ce programme d'action poursuit les objectifs suivants: réduire les besoins en mazout et en essence, stabiliser la consommation d'électricité. La capacité des usines hydrauliques existantes doit augmenter de 5%, et celle des centrales nucléaires de 10%. Jusqu'à l'an 2000, 3% de chaleur et 0,5% d'électricité supplémentaires doivent être produites par les énergies renouvelables.



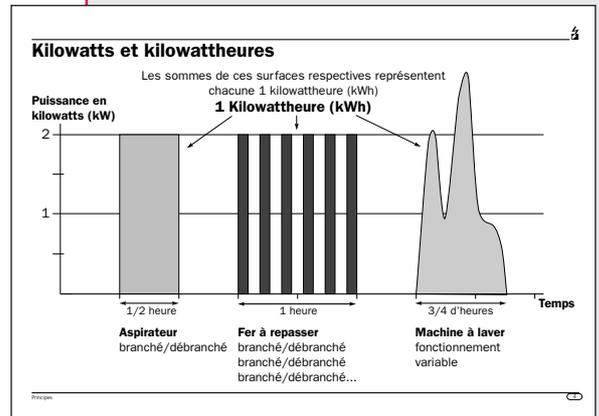
A l'exception des carburants qui sont sévèrement imposés, les énergies fossiles (pétrole, gaz et charbon), ainsi que le bois, sont à peu près trois fois moins chères que l'électricité.

Une énergie bon marché

- ▶ Le prix de l'électricité est fixé par les centrales qui la produisent. Il varie selon les régions. Les prix que nous mentionnons ici représentent une moyenne. Les gros clients industriels peuvent acheter le courant électrique à un tarif moitié moins élevé que les ménages. De plus, il existe des différences entre le tarif de nuit et le tarif de jour.
- ▶ A l'exception des carburants qui sont sévèrement imposés, les énergies fossiles sont à peu près trois fois moins chères que l'électricité. En capacité énergétique, 1 litre de mazout ou d'essence correspond à 1 mètre cube de gaz ou à 10 kWh (kilowattheures) d'électricité.
- ▶ Le prix de l'énergie a augmenté moins vite que le coût de la vie dans son ensemble. En termes réels, le mazout est actuellement 40% moins cher et l'électricité 15% moins chère qu'il y a 20 ans. Ces prix avantageux retardent le passage à des sources d'énergies renouvelables plus compatibles avec l'environnement. Ils estompent l'attrait des économies réalisables en utilisant plus rationnellement l'électricité. Si nous devons payer aussi les charges que notre consommation d'énergie fait subir à l'environnement, le mazout ne serait plus trois fois moins cher que l'eau minérale...
- ▶ Les prix ne reflètent qu'incomplètement les coûts réels de l'énergie, car les coûts dits «externes» (coûts relatifs à la dégradation de l'environnement et aux risques résultant de l'utilisation) ne sont pas pris en compte. Autrement on constaterait mieux les avantages de l'énergie solaire, du chauffage au bois, des pompes à chaleur, etc., et surtout des dispositions prises pour économiser l'énergie.

James Watt, le kilowatt et les kilowattheures

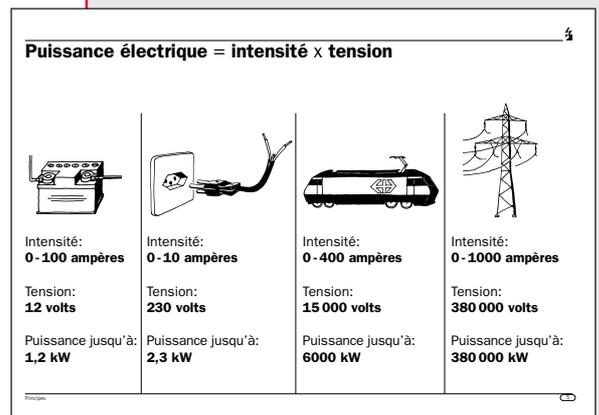
- ▶ C'est en l'honneur de James Watt, qui inventa la machine motrice moderne, que nous calculons aujourd'hui la puissance énergétique en watts et la consommation d'énergie en wattsecondes. Dans cette leçon et dans les suivantes, nous utiliserons surtout les grandes unités: le kilowatt (kW) et le kilowattheure (kWh). Il sera également question de kilojoules (1 kWh = 3600 kJ) et de kilocalories (1 kWh = 860 kcal).
- ▶ La formule de base de la technique énergétique est la suivante: **consommation d'énergie = puissance x temps**. Par exemple, si l'on utilise pendant une demi-heure un aspirateur d'une puissance de 2 kW, on aura consommé 1 kWh d'énergie.
- ▶ Venons-en maintenant au fer à repasser. Pour simplifier, prenons un fer à repasser qui aurait, lui aussi, une puissance de 2 kW. Dans ce cas, il faudra travailler pendant une heure pour consommer 1 kWh d'électricité. Et pourquoi? Parce que cet appareil s'enclenche et se déclenche alternativement en fonction de la température qu'il atteint (thermo-régulation).
- ▶ Avec la machine à laver, les calculs se compliquent. En effet, sa puissance varie entre 0 et 3 kW, selon qu'elle prélave, chauffe l'eau ou essore. Elle met 45 minutes pour consommer son premier kilowattheure.



Entre les axes temps et puissance, nous avons représenté, sous la forme de surfaces, les consommations respectives (en kWh) d'un aspirateur, d'un fer à repasser et d'une machine à laver.

Puissance électrique = intensité x tension

- ▶ La puissance électrique se compose de l'intensité (que l'on mesure en ampères) et de la tension (que l'on mesure en volts). Ces notions abstraites deviennent plus compréhensibles si l'on prend l'exemple d'une chute d'eau. La hauteur de la chute représente la tension électrique, et la quantité d'eau représente l'intensité. La cascade la plus haute du monde, le Salto Angel, est un petit torrent qui, du haut d'une falaise, va s'écraser 1000 mètres plus bas dans la jungle vénézuélienne. Cette cascade a pourtant une puissance égale à celle des chutes du Rhin qui ont un volume d'eau 50 fois supérieur, mais une hauteur 50 fois moindre. Les chutes d'eau qui pourraient donner le plus d'électricité sont celles du Niagara, puisqu'elles laissent s'écouler un énorme volume d'eau depuis une hauteur élevée.
- ▶ En termes mathématiques: puissance électrique (watt ou voltampère) = tension (volt) x intensité (ampère). Dans une ampoule à incandescence de 100 watts branchée sur un courant de 230 volts, ne circule à peine que 0,5 ampère d'électricité. Le rapport est un peu plus compliqué pour d'autres applications, dans les moteurs par exemple.
- ▶ Ce qui est le plus dangereux pour le corps humain, ce n'est pas l'intensité du courant mais sa tension. Toutefois, il est indispensable d'avoir des hautes tensions pour transporter l'électricité sur de longues distances, et pour éviter aussi de devoir installer de trop nombreuses lignes. Les lignes à haute tension doivent répondre à des exigences de sécurité très strictes: Elles doivent se situer loin au-dessus du sol, et les câbles doivent être distants de plusieurs mètres.



Ce qui est le plus dangereux pour le corps humain, ce n'est pas l'intensité du courant, mais sa tension. D'où les panneaux de mise en garde qui figurent sur les pylônes à haute tension et les lignes de chemin de fer.

Devoirs

Coût de l'énergie: Combien coûte l'utilisation de ces appareils?

A partir des intensités indiquées et de la durée annuelle de branchement, calculez la puissance, ainsi que la consommation et les coûts annuels d'électricité de ces appareils. La tension est de 230 volts, et le prix du courant s'élève à 20 centimes par kilowattheure.

Transparent 6

Que coûte l'utilisation de ces appareils?			
Appareil	Intensité moyenne	Durée annuelle du branchement	
Rasoir électrique	0,04 ampère	50 heures	
Réfrigérateur	0,4 ampères	4500 heures	
Télévision	0,5 ampères	1000 heures	
Lampe de salon	1,3 ampère	1000 heures	
Four	6,5 ampères	300 heures	
Chauffe-eau	15 ampères	750 heures	
	Puissance	Consommation	Coûts annuels en électricité
	9,2 watts	0,46 kWh	0.09 francs
Rasoir électrique	92 watts	414 kWh	82.80 francs
Réfrigérateur	115 watts	115 kWh	23.00 francs
Télévision	299 watts	299 kWh	59.80 francs
Lampe de salon	1495 watts	448,5 kWh	89.70 francs
Four	3450 watts	2587,5 kWh	517.50 francs
Chauffe-eau	watts	kWh	francs

Puissance =

intensité x tension

Consommation d'électricité =

puissance x durée du branchement

Coût de l'électricité =

consommation x prix du courant

Quels appareils correspondent à quel type d'utilisation?

Transparent 7

Quels appareils correspondent à quel type d'utilisation?			
	Branché/ débranché	Fonctionnement alterné	Puissance variable
Cuisinière ancienne	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Congélateur bahut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Photocopieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ordinateur personnel	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Notebook	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Chaîne stéréo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rasoir électrique	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chauffage central	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automobile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Les appareils les plus récents fonctionnent souvent sur le principe de la puissance variable. Avantage: ils consomment moins d'énergie. Inconvénient: la consommation n'est pas calculable, elle n'est que mesurable.

Débat:

- ? Que se passe-t-il en matière de politique énergétique?
- Pourquoi, dans la politique énergétique suisse, le CO₂ joue-t-il un rôle moindre que pour les pays européens en général?
- Pourquoi le prix du pétrole varie-t-il plus facilement que celui de l'électricité?
- Pourquoi, au fil des ans, l'énergie a-t-elle moins renchéri que d'autres produits de consommation courante?

Bibliographie

Statistique globale Suisse de l'énergie 1995
Ed. OFEN, 1996, 51p.

Les hommes et l'énergie
Ed. INFEL - OFEL, 23p.

Energie et environnement
Ed. INFEL, 35p.

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

RAVEL: manuel de l'industrie – Notions et données d'économie énergétique
No de commande: 724.370 f

Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur
No de commande: 724.270.7 f

Electricité et chaleur, données fondamentales
No de commande 724.357 f

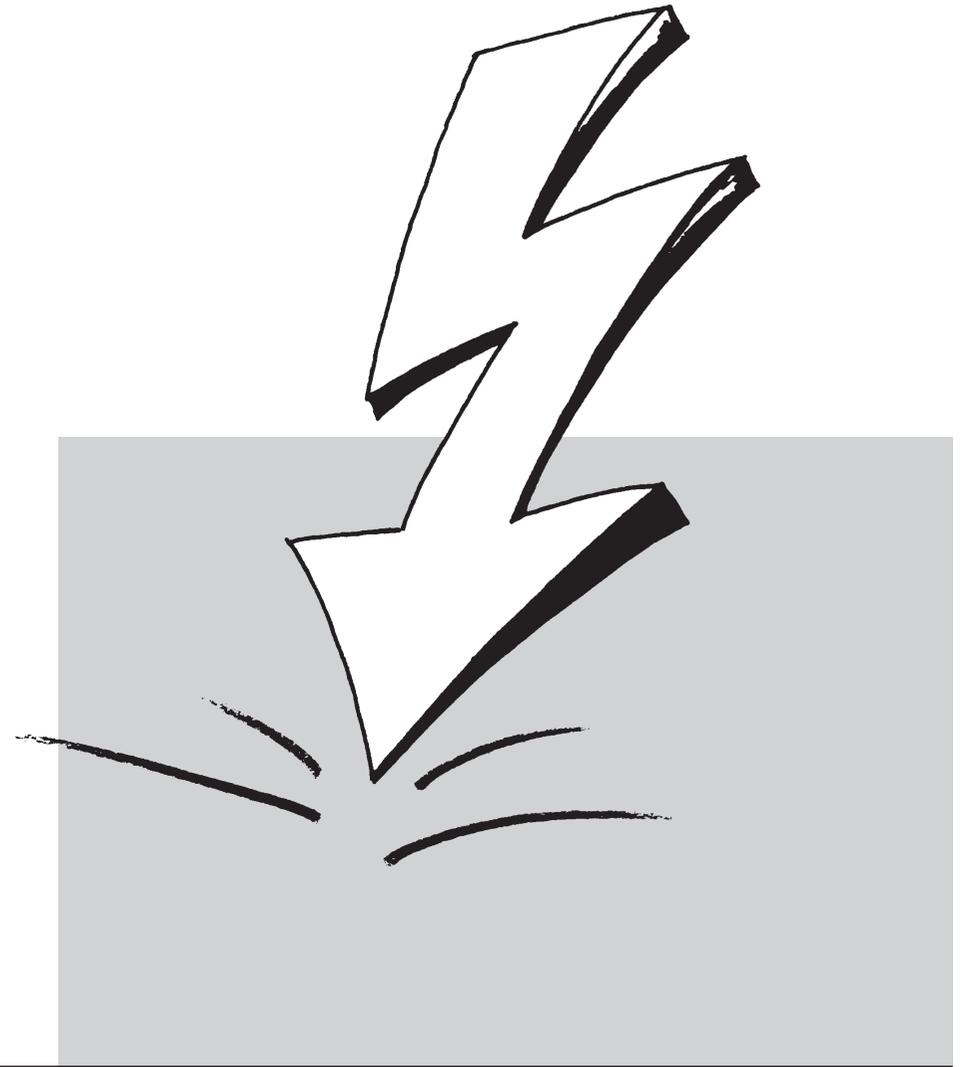
L'énergie, son importance pour l'économie
No de commande: 274.316 f

Principes

Comprendre ce qu'est «l'énergie»

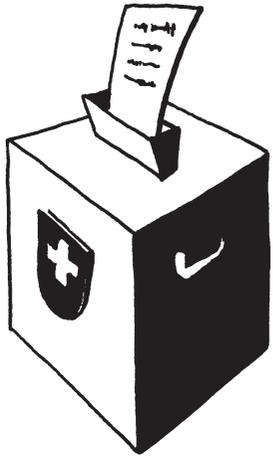
**Diverses conditions-cadres
permettent d'utiliser plus
rationnellement l'énergie:**

- **la technique**
- **l'économie**
- **la politique**



Au commencement était la politique énergétique

Scrutin 1990



Energie 2000

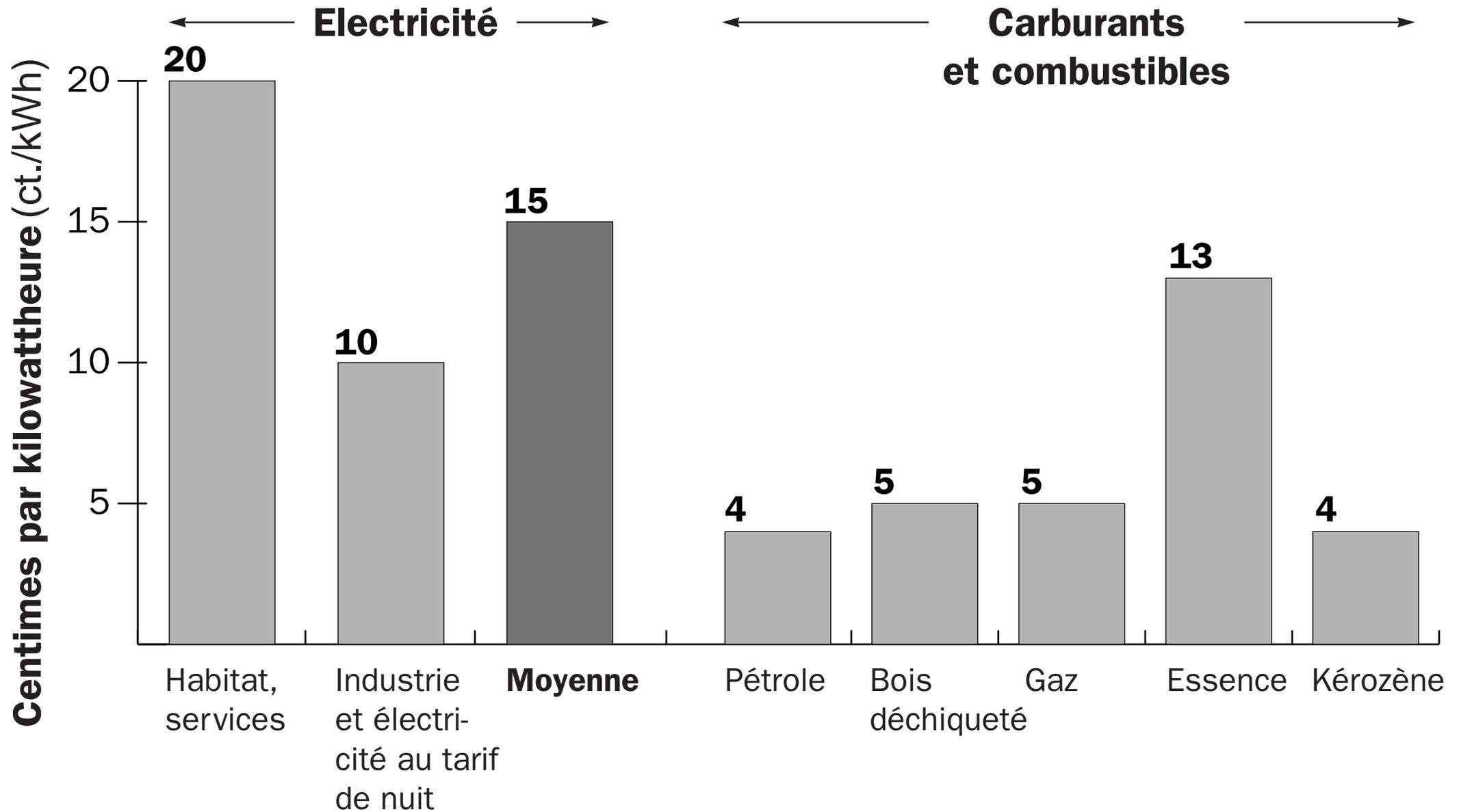
- **Economiser l'électricité** (RAVEL)
- **Economiser le mazout et l'essence**
- **Exploiter davantage les énergies renouvelables** (solaire, bois, biogaz, chaleur terrestre)
- **Extension des centrales électriques existantes**

Article sur l'énergie **OUI**

Moratoire sur les centrales nucléaires **OUI**

Abandon de l'énergie nucléaire **NON**

Une énergie bon marché

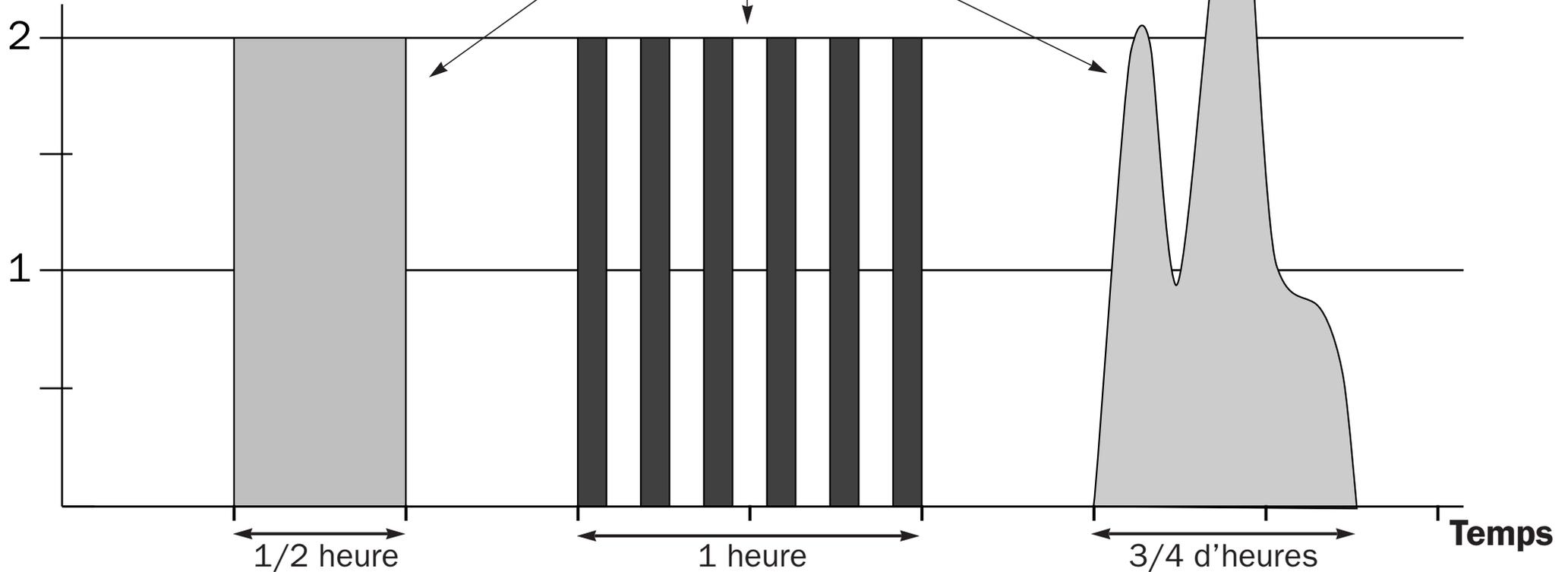


Kilowatts et kilowattheures

Les sommes de ces surfaces respectives représentent chacune 1 kilowattheure (kWh)

Puissance en kilowatts (kW)

1 Kilowattheure (kWh)

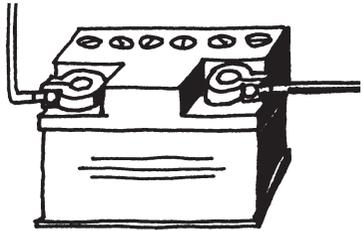


Aspirateur
branché/débranché

Fer à repasser
branché/débranché
branché/débranché
branché/débranché...

Machine à laver
fonctionnement
variable

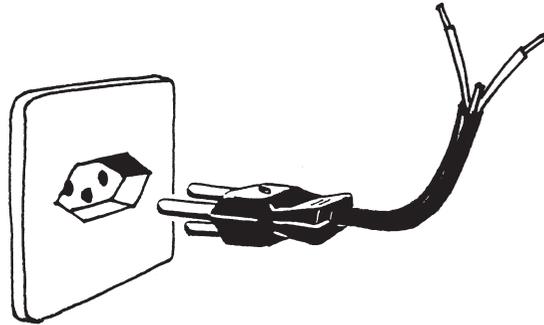
Puissance électrique = intensité x tension



Intensité:
0 - 100 ampères

Tension:
12 volts

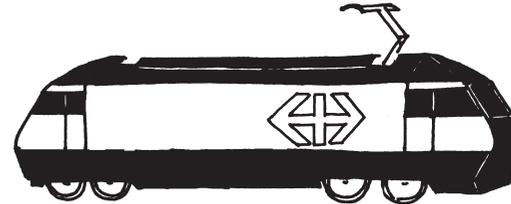
Puissance jusqu'à:
1,2 kW



Intensité:
0 - 10 ampères

Tension:
230 volts

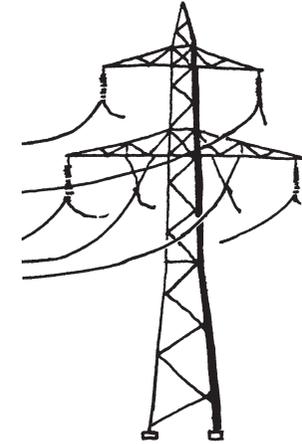
Puissance jusqu'à:
2,3 kW



Intensité:
0 - 400 ampères

Tension:
15 000 volts

Puissance jusqu'à:
6000 kW



Intensité:
0 - 1000 ampères

Tension:
380 000 volts

Puissance jusqu'à:
380 000 kW

Que coûte l'utilisation de ces appareils?

Appareil	Intensité moyenne	Durée annuelle du branchement
Rasoir électrique	0,04 ampère	50 heures
Réfrigérateur	0,4 ampères	4500 heures
Télévision	0,5 ampères	1000 heures
Lampe de salon	1,3 ampère	1000 heures
Four	6,5 ampères	300 heures
Chauffe-eau	15 ampères	750 heures

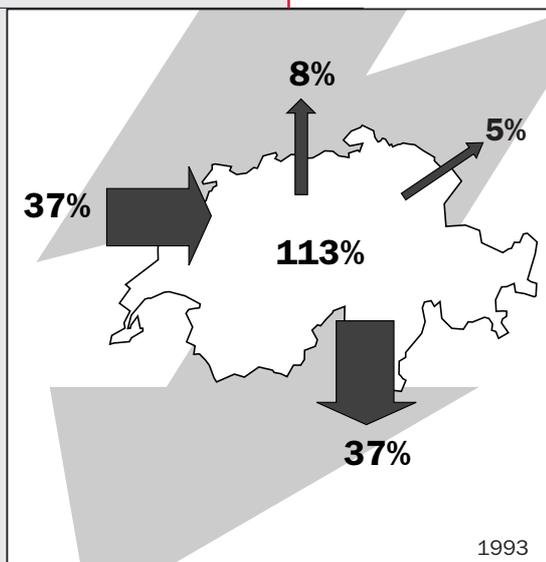
	Puissance	Consommation annuelle	Coûts annuels en électricité
Rasoir électrique	<u> watts</u>	<u> kWh</u>	<u> francs</u>
Réfrigérateur	<u> watts</u>	<u> kWh</u>	<u> francs</u>
Télévision	<u> watts</u>	<u> kWh</u>	<u> francs</u>
Lampe de salon	<u> watts</u>	<u> kWh</u>	<u> francs</u>
Four	<u> watts</u>	<u> kWh</u>	<u> francs</u>
Chauffe-eau	<u> watts</u>	<u> kWh</u>	<u> francs</u>

Quels appareils correspondent à quel type d'utilisation?

	Branché/ débranché	Fonctionnement alterné	Puissance variable
Cuisinière ancienne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Congélateur bahut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Photocopieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ordinateur personnel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Notebook	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chaîne stéréo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rasoir électrique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chauffage central	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Automobile	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Branché sur le réseau européen

Transparent 1



Quels sont les facteurs qui influencent la consommation d'électricité d'un pays?

Quelle importance revêtent les barrages pour le marché de l'électricité suisse?

Comment se fait-il que les émissions de CO₂ dues à l'exploitation des matières fossiles, concernent aussi la Suisse?

Comment peut-on réduire les nuisances environnementales dues à la production d'électricité?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans la leçon «Principes».

- ▶ La Suisse dépense annuellement 7 milliards de francs pour l'électricité.
- ▶ Deux tiers de l'électricité produite dans le monde proviennent de la combustion des matières fossiles.
- ▶ Un Norvégien consomme six fois plus d'électricité qu'un Italien.
- ▶ La production et la distribution d'électricité constituent une menace pour l'environnement.

L'électricité fait si naturellement partie de notre vie quotidienne qu'il faut une coupure de courant pour que nous réalisons son existence: sans électricité, nous voilà paralysés. L'électricité est encore plus importante pour l'économie que pour les ménages. Certaines grandes entreprises disposent d'énormes générateurs de secours afin de prévenir toute panne.

L'électricité est une forme d'énergie concentrée et chère. Bien qu'elle ne représente que 1/5 de l'énergie totale consommée en Suisse, on lui consacre 40% des dépenses énergétiques, soit 7 milliards de francs par an. Quelque 1200 centrales électriques fournissent le courant; 75% d'entre elles appartiennent à l'Etat. Elles gèrent notamment les innombrables centrales hydrauliques et les cinq centrales nucléaires suisses; leur activité est également commerciale, puisqu'elles achètent aussi de l'électricité à d'autres centrales pour la revendre à leurs clients.

Au sujet du **marché de l'électricité**, il est important de savoir que:

La Suisse n'est pas une île: elle exporte et importe de l'électricité. Par conséquent, en matière de variation des prix et de menaces pour l'environnement, il faut tenir compte non seulement de la production d'électricité nationale mais aussi étrangère.

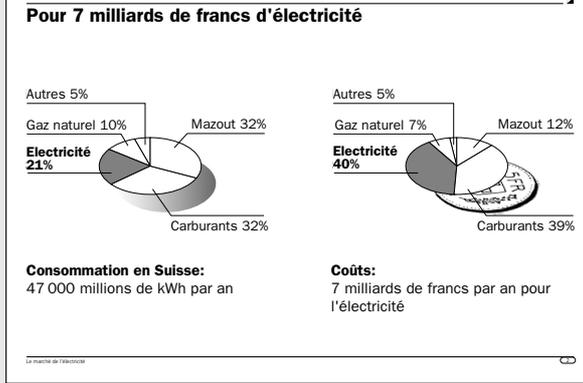
Notre principal fournisseur d'électricité est la France, notre plus gros acheteur l'Italie. La Suisse vend davantage d'électricité qu'elle n'en achète. En 1993, l'excédent d'exportation était de 13%; ce chiffre ne varie que très peu au fil des ans. Cet étonnant commerce international est possible parce que l'électricité, contrairement à l'énergie thermique, est aisément transportable sur de longues distances: une ligne à haute tension de 380 000 volts accuse une perte de 1% seulement sur 100 kilomètres. Si l'on voulait utiliser des tensions plus basses, il faudrait multiplier les lignes (puisque tension x intensité = puissance). On réduit progressivement la tension en faisant passer l'électricité dans des sous-stations et des systèmes de distribution locaux; une fois arrivée à la prise, l'électricité a une tension de 230 volts.

La consommation nationale d'électricité est de 47 000 millions de kWh qui se répartissent comme suit: industrie (35%), ménages (30%), services (25%), transports (8%) et agriculture (2%).

Transparent 2

Pour 7 milliards de francs d'électricité

- ▶ La Suisse dépense chaque année 7 milliards de francs pour l'électricité, soit 2% du produit national brut ou 1000 francs par habitant.
- ▶ En 1995, 1 kWh d'électricité coûte en moyenne 15 centimes, 1 kWh de carburant 13 centimes, 1 kWh de gaz naturel 5 centimes et 1 kWh de mazout 4 centimes. Les carburants (essence, diesel) sont plus chers que le mazout car les impôts représentent les 3/4 de leur prix de vente.
- ▶ L'électricité n'est pas vendue partout au même prix: les tarifs oscillent entre 10 et 25 centimes au kWh. Ils varient également en fonction de l'heure et de la saison. De nuit et en été, il y a une offre excédentaire; l'électricité est donc meilleur marché. Par contre, de jour et en hiver, la demande est forte et l'électricité plus chère. Les gros consommateurs de l'industrie et des transports bénéficient de tarifs réduits.



L'électricité est plus chère que la chaleur: 40 % des dépenses énergétiques suisses se rapportent à l'électricité, alors que sa part de la consommation totale n'est que de 21 %.

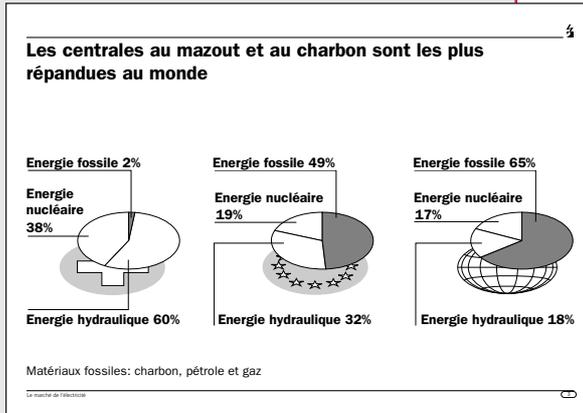
Prix comparatifs de l'électricité

	Ménages (ct./kWh)	Industrie (ct./kWh)
Suisse	20	10
Allemagne	24	16
France	25	10
Japon	26	23
Etats-Unis	15	9

Transparent 3

Les centrales au mazout et au charbon sont les plus répandues au monde

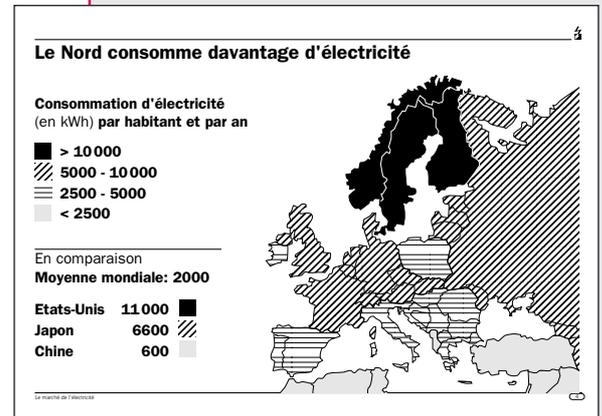
- ▶ Le 60% de l'électricité produite dans notre pays provient des centrales hydrauliques. Alors que les centrales au fil de l'eau ont une production relativement constante, les barrages peuvent fournir de l'électricité à volonté, par exemple pour répondre de manière ciblée à la demande supplémentaire qui apparaît à midi ou en hiver.
- ▶ Beznau I et II, Mühleberg, Gösgen et Leibstadt font partie du deuxième grand groupe de centrales électriques. Ces cinq centrales nucléaires produisent ensemble 38% de l'électricité suisse. Il y a 429 centrales nucléaires dans le monde, dont 6 seulement dans l'hémisphère sud.
- ▶ La Suisse ne tire que 2% de son électricité de la transformation des matières fossiles, contre 50% pour l'Europe et 65% pour le monde. Ce type de centrale exploite le charbon, plus rarement le pétrole ou le gaz naturel. Dans une centrale hydraulique, 90% de l'énergie fournie par l'eau est transformée en électricité; dans les centrales nucléaires et dans la transformation de matières fossiles, le taux de récupération n'est que de 30%. Les installations de couplage chaleur-force décentralisées, approvisionnées en matières fossiles elles aussi, présentent un rapport plus favorable puisqu'elles récupèrent ce «déchets» qu'est la chaleur dégagée.
- ▶ L'avenir appartient, à long terme, à des centrales exploitant le soleil, le vent, la biomasse et les marées. Elles présentent l'avantage de ne pas être une menace pour l'environnement. L'électricité provenant de sources renouvelables est, il faut le dire, de deux à dix fois plus chère que celle obtenue avec des moyens conventionnels. Une exception: les centrales éoliennes situées sur les côtes sont déjà rentables.



La Suisse ne tire que 2 % de son électricité de la transformation des matières fossiles, contre 50 % pour l'Europe et 65 % pour le monde. **Matières fossiles: charbon, pétrole et gaz**

Le Nord consomme davantage d'électricité

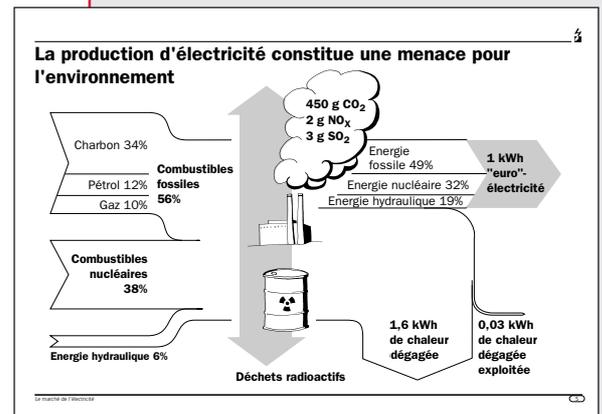
- ▶ Les pays industrialisés consomment, par personne, beaucoup plus d'électricité que ce qui est disponible pour les habitants des pays en voie de développement. La consommation par habitant ne dépend pas seulement du niveau de vie, mais aussi de l'efficacité dont on fait preuve dans l'exploitation de l'électricité, de la part de l'industrie lourde et du climat.
- ▶ En Suisse, la consommation d'électricité a doublé entre 1960 et 1990. Depuis, la récession, ainsi que la mise en service d'appareils et d'installations plus efficaces, ont permis un léger recul de la consommation.
- ▶ De toute l'Europe, les Scandinaves sont les plus gros consommateurs d'électricité. Dans ces pays proches du cercle polaire, les hivers sont très longs et l'on utilise beaucoup le chauffage électrique. En Italie, par contre, le rapport entre la consommation d'électricité par habitant et le produit national brut est beaucoup plus bas; cela provient du fait que ce pays connaît des hivers doux et des jours longs.
- ▶ Les Européens consomment six fois plus de courant que les habitants des pays peu industrialisés ou en voie de développement. Aux Etats-Unis, la consommation par habitant est le double de celle de l'Europe. Là-bas, le prix avantageux de l'électricité et la notion de confort ont généré l'apparition d'installations de climatisation surdimensionnées et d'une pléthore d'appareils ménagers. Actuellement, les Etats-Unis ont enfin entrepris de repenser leur relation à l'électricité. Leur slogan: plus de mégawatts, moins de mégawatts!



Le chauffage électrique et de longs hivers très sombres: voilà surtout pourquoi les pays nordiques consomment beaucoup d'électricité.

La production d'électricité constitue une menace pour l'environnement

- ▶ En Europe, la production de 1 kWh d'électricité génère, en moyenne, l'émission de 450 g de CO₂, 2 g de NO_x et 3 g de SO₂, de 1,6 kWh de chaleur perdue et de 0,01 g de déchets hautement radioactifs. Ce kilowattheure permet, par exemple, de cuire 750 g de pain, de regarder la télévision pendant 11 heures, de fabriquer 10 feuilles A4 blanches, de traire 10 vaches à la machine ou de prendre une douche.
- ▶ La charge du CO₂ et des gaz traceurs pour l'atmosphère concerne aussi la Suisse, même si notre pays n'héberge pas de grosse centrale de transformation des matières fossiles. En effet, la Suisse fait partie intégrante du réseau européen: en cas de production insuffisante, les distributeurs s'approvisionnent auprès du marché électrique international. Comme les centrales suisses travaillent à plein régime pendant le plus gros de l'année, chaque kWh économisé sur notre territoire peut être exporté et remplacer ainsi un kWh produit à partir d'énergies fossiles.
- ▶ La chaleur dégagée des centrales nucléaires ou fossiles est peu utilisée en Europe, alors qu'il serait techniquement possible de l'exploiter pour le chauffage à distance. Cela permettrait de réduire considérablement les charges qui pèsent sur l'environnement. Il est difficile de chiffrer les nuisances qu'engendre la production d'électricité; elles n'ont donc pas de répercussion sur le prix du kilowatt. Un impôt sur le CO₂ pourrait susciter une utilisation efficace de l'électricité.



La production de 1 kWh d'«euroélectricité» cause en moyenne l'émission de 450 g de CO₂, de 2 g de NO_x, de 3 g de SO_x, de 1,6 kWh de chaleur dégagée et de 0,01 g de déchets hautement radioactifs.

Devoirs

Production d'électricité: D'où vient l'électricité?

Faites la liste des «champions» d'Europe

- Quel est le pays qui produit la plus forte proportion d'électricité grâce:
 - aux centrales hydroélectriques?
 - aux centrales nucléaires?
 - aux centrales de transformation des produits fossiles?
- Quel est celui qui exporte le plus d'électricité?

Transparent 6

	Energie hydraul.	Energie nucléaire	Energie fossile	Energie totale	(+) Export. (-) Import.	Nombre de KKW
Allemagne	19 700	151 400	368 200	539 300	+100	23
Autriche	36 100	0	14 000	50 100	+2 300	0
Belgique	900	40 400	25 900	67 200	+3 700	7
Danemark	400	0	23 100	23 500	-7 000	0
Espagne	25 800	51 900	67 000	144 700	+400	9
Finlande	27 500	18 300	9 200	55 000	0	4
France	56 500	297 700	45 300	399 500	+45 800	57
Gr.-Bretagne	7 000	58 600	231 700	297 300	12 000	35
Grèce	2 000	0	30 100	32 100	-700	0
Irlande	700	0	12 500	13 200	0	0
Italie	37 200	0	167 800	205 000	-34 700	0
Luxembourg	800	0	500	1 300	-3 900	0
Pays-Bas	0	3 300	64 700	68 000	-10 200	2
Portugal	9 100	0	18 000	27 100	0	0
Suède	72 100	65 900	5 900	143 900	0	12
Suisse	29 800	22 800	1 200	53 800	+2 500	5
Europe occidentale	443 900	710 300	1 085 600	2 239 800	1 200	152

Discutez de la production d'électricité de divers pays.

Norvège

C'est la Norvège qui présente la plus grande consommation d'électricité par habitant. Elle couvre la totalité de ses besoins grâce à des centrales hydroélectriques et parvient même à exporter 13% de son électricité.

- Serait-il sensé (et possible!) de remplacer, en Norvège, les chauffages électriques par des chauffages au gaz, et d'exporter l'électricité ainsi économisée au Danemark qui, lui, produit presque toute son électricité grâce au charbon?

France et Italie

Chaque année, la France produit 46 000 millions de kWh de plus que nécessaire, ce qui correspond au besoin annuel de la Suisse. Il y a 57 centrales nucléaires sur son territoire. L'Italie produit 35 000 millions de kWh de moins que ce dont elle a besoin; elle comble ce déficit en important de l'électricité française, dont la moitié transite par la Suisse.

- Pourquoi les grosses centrales nucléaires dont l'Italie aurait besoin ne se trouvent-elles pas sur son territoire?
- Quelle forme de production alternative l'Italie pourrait-elle développer?

Suisse

La Suisse produit un excédent d'électricité. Cet excédent a encore augmenté au cours de ces dernières années alors que la demande stagnait. De plus, la Suisse fait le commerce de l'électricité, notamment avec la France et l'Italie. En conséquence, de nombreuses lignes traversent notre pays.

- Le commerce de l'électricité est-il utile à notre intégration européenne?
- Les lignes à haute tension enlaidissent-elles nos paysages?

Résultats:

Energie hydraulique	1	Norvège	100%
	2	Autriche	72%
	3	Luxembourg	62%
	4	Suisse	55%
	5	Suède	50%
	5	Finland	50%

Energie nucléaire	1	France	75%
	2	Belgique	60%
	3	Suède	46%
	4	Suisse	42%
	5	Espagne	36%

Electricité de centrales à combustion de fossiles	1	Danemark	98%
	2	Holande	95%
	2	Irlande	95%
	4	Grèce	94%
	5	Italie	82%

Export	1	Norvège	14%
	2	France	13%
	3	Belgique	6%
	4	Suisse	5%
	5	Autriche	5%

Part de la production (%) =

$$\frac{\text{Production d'énergie hydraulique}}{\text{Production totale}} \times 100$$

Bibliographie

Statistique Suisse de l'électricité - 1995
Ed. OFEN, 1996, 51p.

Nos centrales électriques
Ed. INFEL - OFEL, 35p.

France:

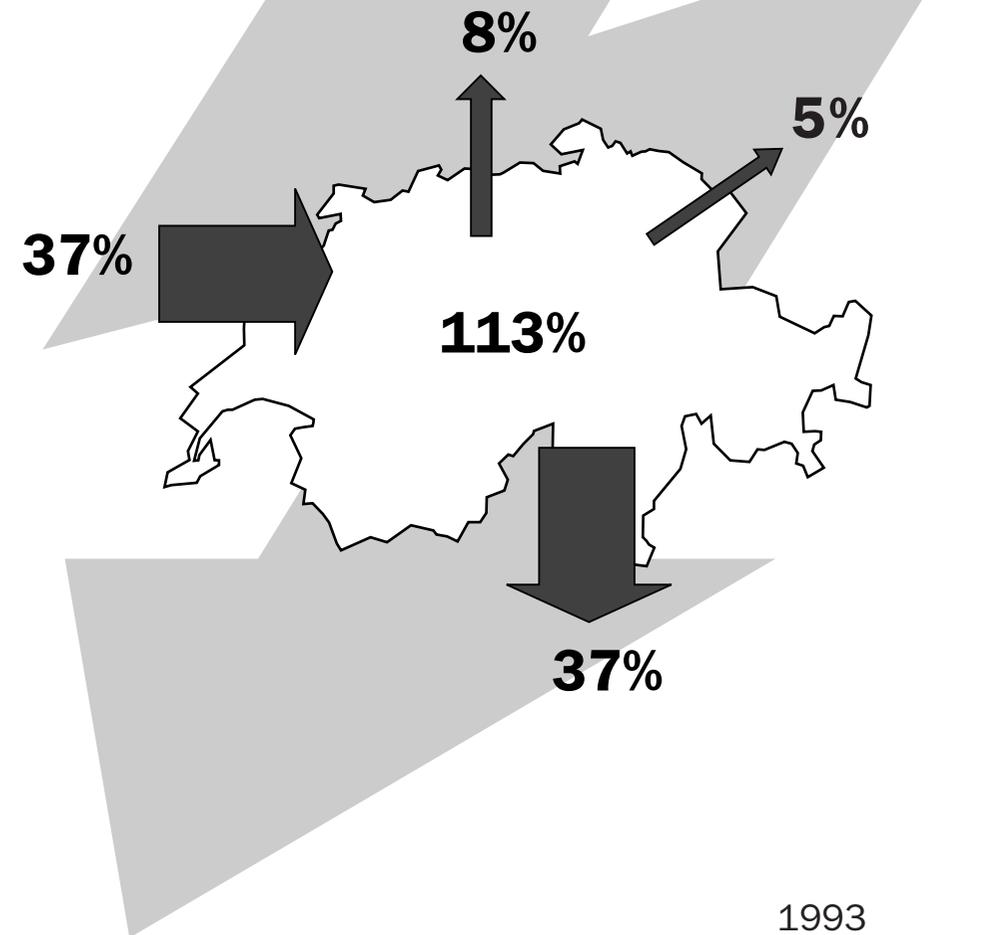
Ademe Agence de l'environnement et de la maîtrise d'énergie - Paris

Le marché de l'électricité

Branché sur le réseau européen

L'utilisation de l'électricité est très importante pour

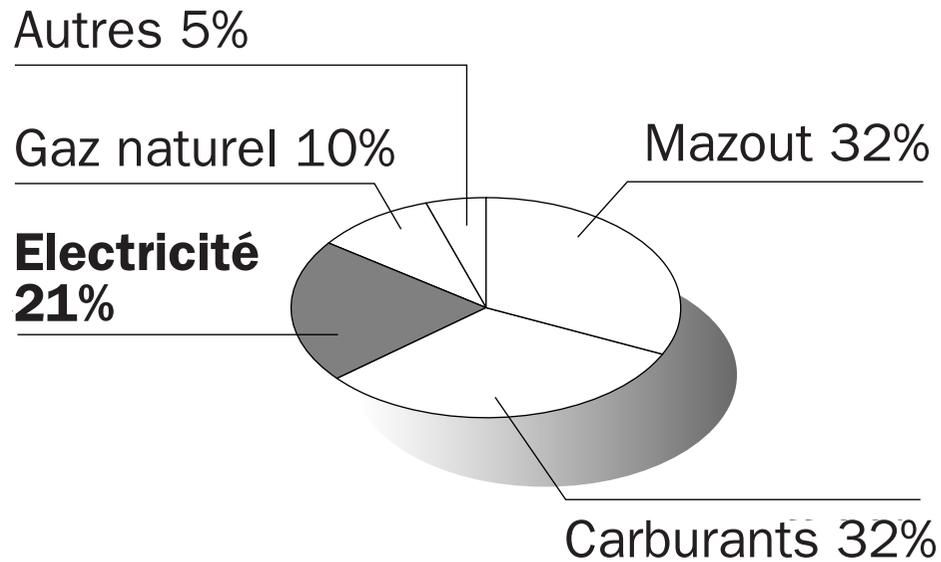
- la société
- l'économie
- l'environnement



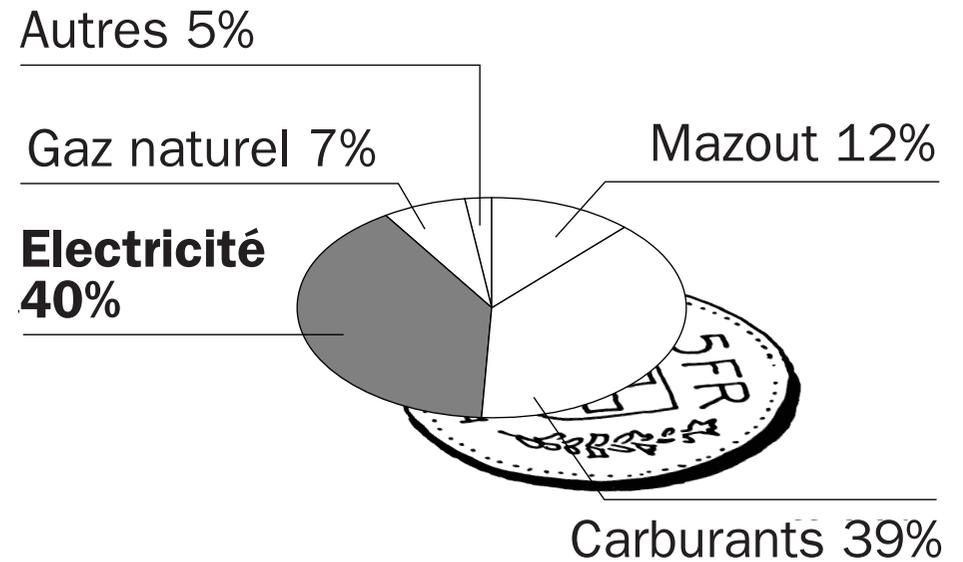
1993



Pour 7 milliards de francs d'électricité



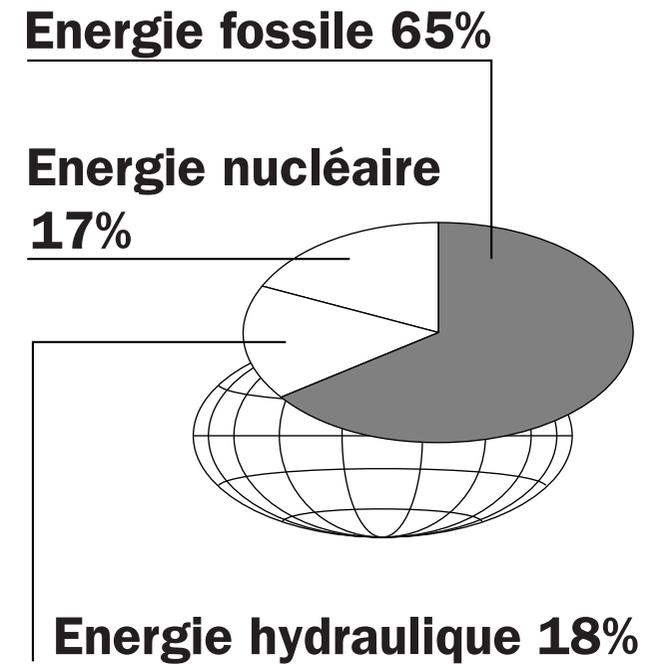
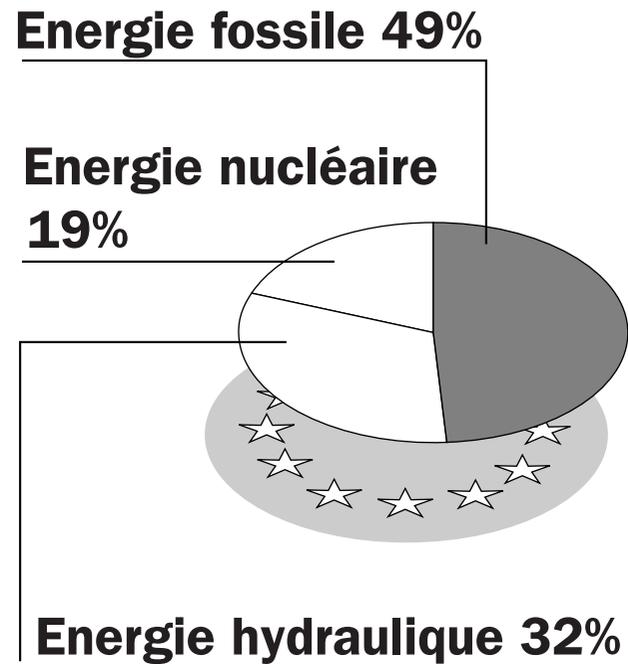
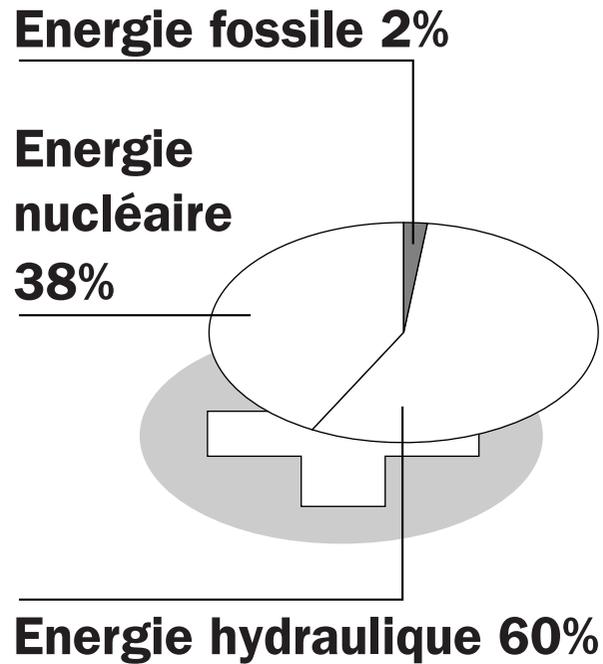
Consommation en Suisse:
47 000 millions de kWh par an



Coûts:
7 milliards de francs par an pour l'électricité



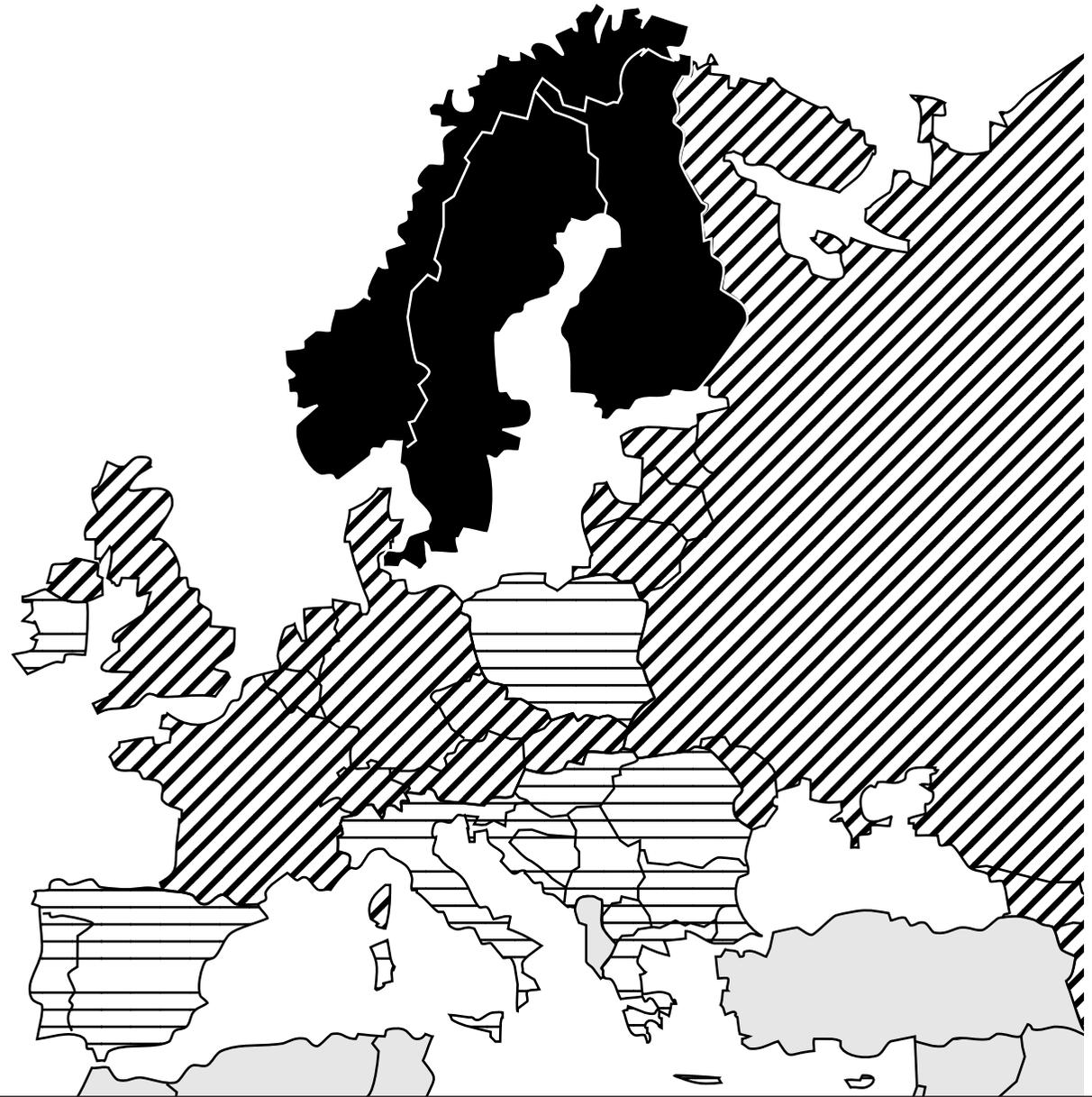
Les centrales au mazout et au charbon sont les plus répandues au monde



Matériaux fossiles: charbon, pétrole et gaz

Le Nord consomme davantage d'électricité

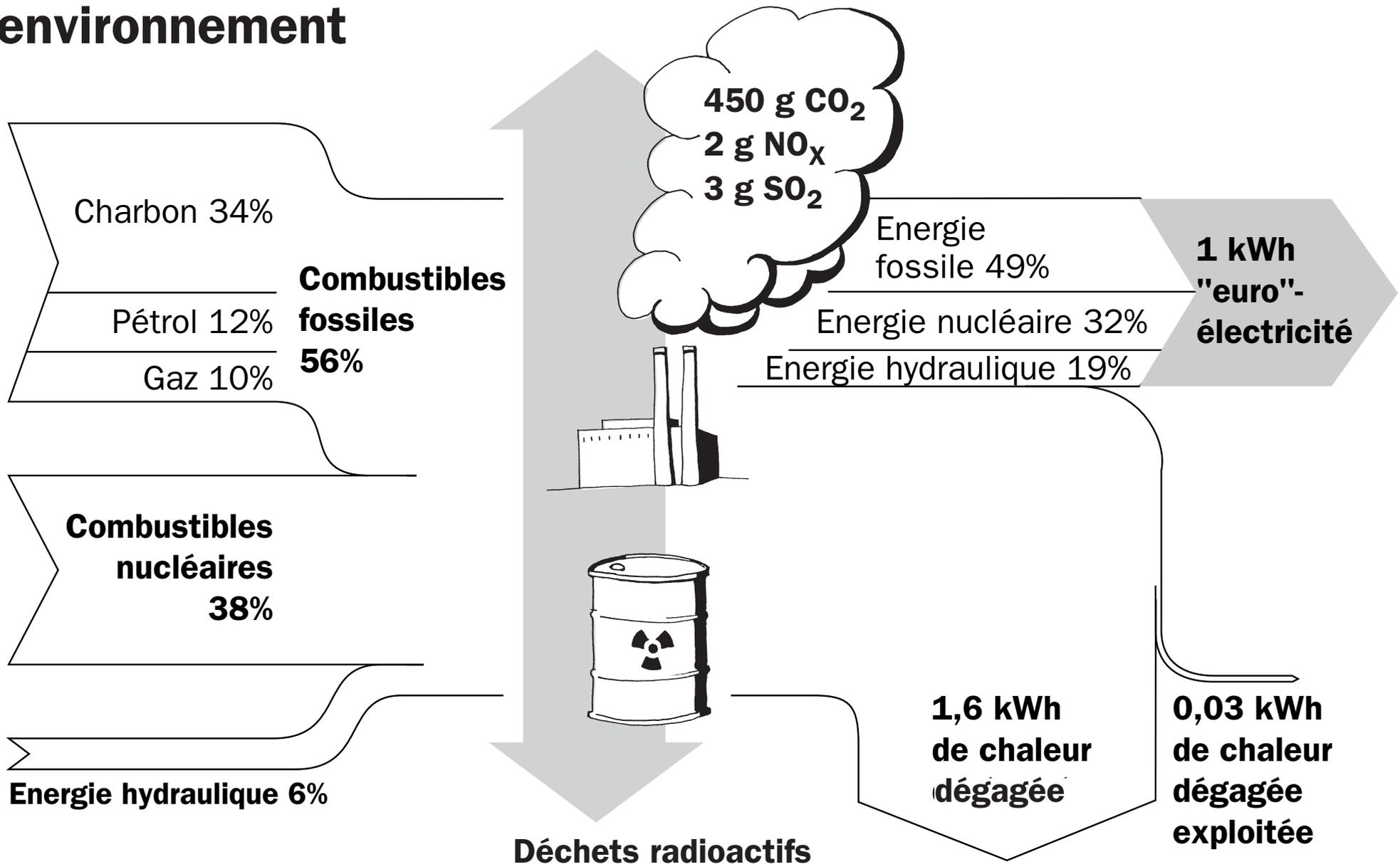
Consommation d'électricité
(en kWh) par habitant et par an



En comparaison
Moyenne mondiale: 2000

Etats-Unis	11 000	■
Japon	6600	▨
Chine	600	■

La production d'électricité constitue une menace pour l'environnement



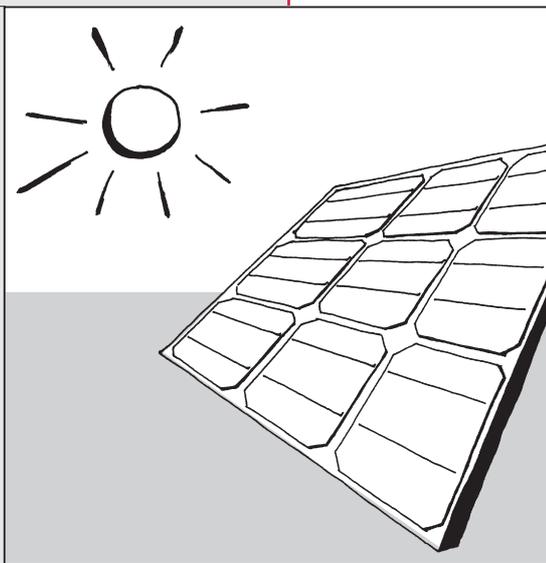


Production d'électricité en Europe occidentale, 1990 (en millions de kWh/a)

	Energie hydraul.	Energie nucléaire	Energie fossile	Energie totale	(+) Export. (-) Import.	Nombre de KKW
Allemagne	19 700	151 400	368 200	539 300	+100	23
Autriche	36 100	0	14 000	50 100	+2 300	0
Belgique	900	40 400	25 900	67 200	+3 700	7
Danemark	400	0	23 100	23 500	-7 000	0
Espagne	25 800	51 900	67 000	144 700	+400	9
Finlande	27 500	18 300	9 200	55 000	0	4
France	56 500	297 700	45 300	399 500	+45 800	57
Gr.-Bretagne	7 000	58 600	231 700	297 300	12 000	35
Grèce	2 000	0	30 100	32 100	-700	0
Irlande	700	0	12 500	13 200	0	0
Italie	37 200	0	167 800	205 000	-34 700	0
Luxembourg	800	0	500	1 300	-3 900	0
Pays-Bas	0	3 300	64 700	68 000	-10 200	2
Portugal	9 100	0	18 000	27 100	0	0
Suède	72 100	65 900	5 900	143 900	0	12
Suisse	29 800	22 800	1 200	53 800	+2 500	5
Europe occidentale	443 900	710 300	1 085 600	2 239 800	1 200	152

Le soleil se lève

Transparent 1



Comment une maison sans chauffage passe-t-elle l'hiver?

Quelle est la forme d'exploitation la plus économique de l'énergie solaire?

Quel est l'ensoleillement du plateau suisse?

Où se trouve la plus grande surface de capteurs solaires de Suisse?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans les leçons «Chaleur» et «Habitat».

- ▶ On peut utiliser partout l'énergie solaire
- ▶ Une maison à énergie zéro ne nécessite ni cheminée ni radiateurs.
- ▶ Les capteurs solaires sont concurrentiels pour chauffer l'eau.
- ▶ Les cellules solaires qui produisent de l'électricité peuvent s'intégrer dans les façades et les toits.

L'énorme boule de feu autour de laquelle tourne notre planète présente, à sa surface, une température de 5800 degrés Celsius. Mais quand ses rayons atteignent la Terre, ils ont bien perdu de leur puissance après avoir accompli un voyage de 150 millions de kilomètres. Par ensoleillement total, l'intensité de la lumière solaire est de 1000 watts au mètre carré.

Le soleil envoie vers la Terre 25 000 fois plus d'énergie que l'humanité n'en consomme sous la forme d'électricité, de carburant et de mazout. En Suisse, où la population est très dense, ce rapport est encore de 200 pour 1. Si nous pouvions transformer en électricité et en chaleur l'énergie solaire qui atteint la surface du lac de Neuchâtel, nous couvririons entièrement les besoins énergétiques du pays.

Mais c'est encore un scénario de science-fiction. Bien que les techniques soient assez avancées dans ce domaine, les installations solaires ne couvrent actuellement que 0,005% de nos besoins en électricité et 0,02% de nos besoins en chaleur.

Les problèmes:

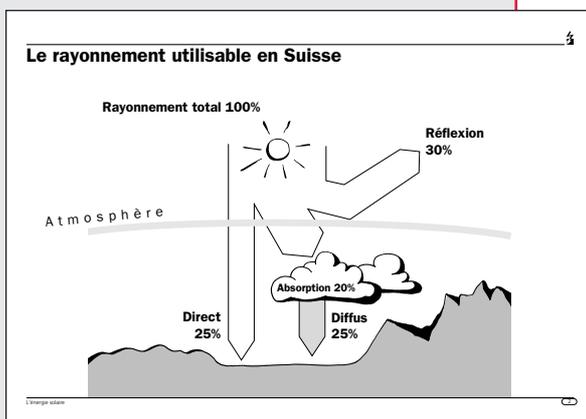
- La production solaire d'électricité est (encore) particulièrement chère.
- L'énergie solaire n'est pas une force concentrée, c'est pourquoi les installations destinées à son exploitation prennent beaucoup de place.

Actuellement, l'utilisation du pétrole, du gaz naturel, du charbon et de l'uranium semble autrement plus simple et meilleur marché. Mais l'exploitation de ces énergies pose de graves problèmes environnementaux. Les centrales nucléaires génèrent des déchets radioactifs. En brûlant les matériaux fossiles, on dégage du dioxyde de carbone. Ces émanations réchauffent l'atmosphère terrestre et menacent de modifier le climat. De plus, les réserves ne sont pas inépuisables. Si l'on continue à exploiter les ressources au rythme actuel, les réserves de pétrole connues seront taries dans 50 ans, et celles de charbon dans 200 ans.

Il faut donc développer l'utilisation des sources d'énergie non dommageables pour l'environnement et qui ont l'avantage d'être inépuisables: le soleil, le vent et la biomasse. Les principaux obstacles à vaincre sont les suivants: **1.** Produire en série les installations solaires, de sorte à rendre l'énergie solaire meilleur marché. **2.** Trouver suffisamment de place pour ces installations; par exemple sur les toits des maisons et sur les protections phoniques placées le long des autoroutes.

Le rayonnement exploitable en Suisse

- ▶ La moitié seulement des rayons solaires parviennent jusqu'à la Terre. En effet, 30% sont réfléchis et 20% sont absorbés par l'atmosphère. Le reste parvient jusqu'au sol sous la forme de rayonnement direct ou diffus. Au Sud, le rayonnement direct est plus important, tandis que le ciel nordique est plus souvent couvert, procurant un rayonnement diffus.



L'énergie solaire qui atteint la Terre se présente sous la forme de rayonnement direct et diffus.

D'autre part, une partie de ce rayonnement est soit réfléchi soit absorbé par l'atmosphère.

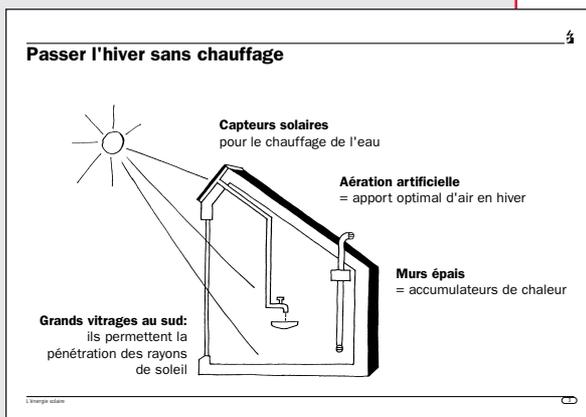
L'ensoleillement

Groenland	700 kWh/m ²	par an
Plateau suisse	100 kWh/m ²	par an
Tessin et Alpes	1400 kWh/m ²	par an
Sahara	2200 kWh/m ²	par an

- ▶ Même si le rayonnement solaire est trois fois plus faible au Groenland qu'au Sahara, le capteur solaire placé sur le toit d'une maison inuit est aussi utile qu'un fourneau solaire sur lequel la famille de Bédouins peut faire cuire ses aliments. Partout, on peut exploiter l'énergie solaire.
- ▶ Les différences saisonnières sont plus importantes que les différences géographiques: sur le plateau suisse, les trois quarts de l'ensoleillement annuel sont enregistrés durant l'été. Le stockage saisonnier est techniquement réalisable, mais il reste compliqué et donc cher.

Passer l'hiver sans chauffage

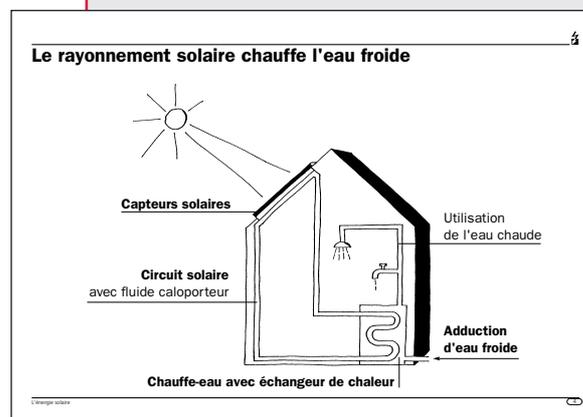
- ▶ En Grèce, on peut aisément passer l'hiver sans chauffage. Mais il existe, chez nous aussi, des maisons sans cheminée et sans radiateurs. Ces bâtiments tirent leur énergie directement du soleil. On les appelle «maisons à énergie zéro». Il s'agit de maisons à énergie zéro chauffage qui exploitent le solaire passif. Elles n'utilisent ni mazout ni bois, mais font parfois appel à l'électricité du réseau.
- ▶ Une maison solaire passive bien conçue offre à ses habitants tout le confort requis. Sur sa face sud, de grandes verrières permettent au soleil de pénétrer généreusement pendant l'hiver. Les vitres laissent passer les rayons solaires tout en retenant leur chaleur à l'intérieur.
- ▶ Les maisons solaires passives sont soigneusement isolées, de sorte que la chaleur solaire emmagasinée ne s'enfuit pas trop rapidement par les murs, le sol et le toit. Les murs intérieurs et extérieurs, très épais, servent d'accumulateurs: le soleil les réchauffe, et quand la température baisse, ils restituent cette chaleur aux pièces qu'ils entourent. Les pièces d'une maison solaire passive ne perdent qu'un degré Celsius pendant une semaine d'hiver froide et peu ensoleillée!
- ▶ Si l'on ouvre les fenêtres en hiver, on échange de l'air chaud et vicié contre de l'air froid et pur. Dans une maison solaire passive, l'ouverture des fenêtres provoquerait une trop grande déperdition de chaleur. Pour assurer un apport d'air frais, on installe donc un système d'aération avec récupération de chaleur. Certes, ce système d'aération consomme à peu près autant d'électricité qu'un réfrigérateur, mais c'est extrêmement modeste en comparaison des économies de chauffage réalisées.



Dans une maison à énergie zéro, les grands vitrages de la face sud laissent passer les rayons solaires dont la chaleur est alors stockée par les murs intérieurs et extérieurs, prévus particulièrement épais dans ce but précis.

Le rayonnement solaire chauffe l'eau froide

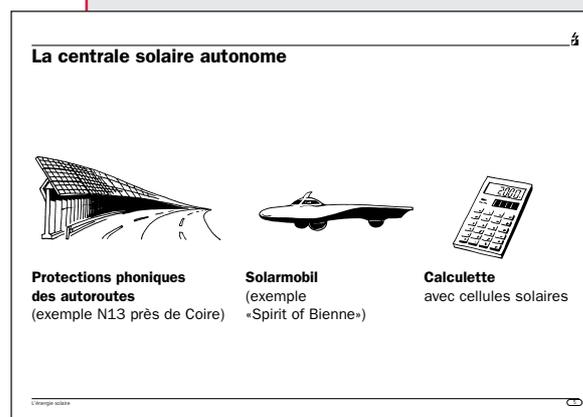
- ▶ Un soir peut-être, en prenant le tuyau d'arrosage noir pour aller désaltérer vos fleurs, avez-vous été surpris de constater qu'il avait suffi d'une journée au soleil pour que le contenu du tuyau soit chaud. C'est d'après ce principe très simple que fonctionne un capteur solaire: les rayons solaires chauffent l'eau.
- ▶ Les capteurs solaires qui donnent le plus d'énergie sont ceux qui sont orientés plein sud et qui présentent un angle d'ouverture de 30° à 60° C. Du capteur, l'eau tiède passe par une conduite qui l'amène dans le chauffe-eau. Un échangeur de chaleur transfère l'énergie du cycle hydraulique du capteur à l'eau qui sortira plus tard de la pomme de douche ou du robinet à une température de 50° à 60° C.
- ▶ Un capteur standard occupe quelque 5 m². En hiver, cette surface ne suffit pas à couvrir les besoins en eau chaude d'une famille. Toutefois, le chauffe-eau est équipé d'un système de régulation: quand la température de l'eau chauffée par le soleil est inférieure à 50° ou 60° C, elle est automatiquement réchauffée électriquement.
- ▶ Le chauffage de l'eau est la forme la plus économique d'exploitation de l'énergie solaire. L'eau chauffée grâce à un capteur solaire coûte à peine plus cher que celle chauffée avec la méthode électrique.



Le chauffage de l'eau est la forme la plus économique d'utilisation de l'énergie solaire.

La centrale solaire autonome

- ▶ En 1839, Antoine César Becquerel découvrit l'effet photovoltaïque: en rencontrant un matériau semi-conducteur (en particulier du silicium), la lumière provoque une tension électrique entre les faces inférieure et supérieure de ce matériau. C'est grâce à ce principe que les cellules solaires transforment la lumière du soleil en électricité.
- ▶ Le courant continu produit par la lumière solaire est transformé en courant alternatif monophasé dans un onduleur, de façon à pouvoir être injecté dans le réseau public. Si l'on possède une centrale solaire sur son toit, le réseau sert avant tout d'accumulateur: si l'installation produit plus d'électricité que nécessaire, on la vend à la compagnie d'électricité. Et si, en cas de mauvais temps, l'installation ne tourne qu'au ralenti, on ira puiser de l'électricité dans le réseau.
- ▶ Au contraire du chauffage solaire de l'eau, la production solaire d'électricité reste très chère. Un kilowattheure d'électricité solaire coûte de 1 à 2 francs, contre 20 centimes pour l'électricité du réseau. Économiquement parlant, l'électricité solaire n'a de raison d'être que dans des endroits isolés que le réseau n'atteint pas.
- ▶ C'est sur le Mont-Soleil, dans le Jura, que l'on trouve la plus grande installation photovoltaïque du monde. Elle produit annuellement 700 000 kilowattheures d'électricité, de quoi alimenter 200 ménages moyens.
- ▶ Le symbole le plus connu de l'avenir du solaire est la Solarmobil. Les cellules solaires de ce véhicule ultraléger permettent aux meilleurs véhicules d'atteindre des vitesses de 100 km/h dans le désert australien.



Sur les protections phoniques des autoroutes, les façades des banques ou les toits des maisons, on peut parfois repérer des surfaces bleues qui scintillent au soleil: ce sont des installations photovoltaïques.

Devoirs

Installations photovoltaïques: *Quelle surface leur faut-il?*

Une installation photovoltaïque doit couvrir les besoins en électricité d'une villa familiale. Quelles dimensions doit-elle avoir?

Besoins annuels en électricité	3000 kWh
Apport maximal du soleil	1 kW/m ²
Durée annuelle d'ensoleillement	1000 heures
Rendement de l'installation photovoltaïque	10%

En admettant que l'on veuille couvrir tous les besoins en chauffage et en eau chaude de notre pays au moyen de l'énergie solaire, quelle surface faudrait-il?

Consommation d'énergie pour Chauffage et eau chaude	100000 millions de kWh
Rayonnement par m ² et par année	1000 kWh
Rendement des capteurs solaires	50%

Cela correspond à 1/6 de la surface construite de la Suisse.

Débat:



- Les résultats obtenus correspondent-ils à un scénario réaliste?
- Quels problèmes rencontrerait-on si l'on voulait vraiment réaliser un tel projet?

Chauffage de l'eau:

Quel est le système le plus approprié?

Comparez les avantages et les inconvénients des deux systèmes: dans quels cas les capteurs solaires se justifient-ils?

	Mazout	Solaire
Fiabilité du système	bonne	bonne
Possibilité de tarissement de la source d'énergie	oui	non
Prix de l'installation	bas	élevé
Coût énergétique	oui	non
Surface nécessaire	réservoir	collecteurs
Nuisances pour l'environnement	CO ₂	non
Couverture des pointes de charge par jours d'hiver très froids	bonne	mauvaise

L'énergie solaire

$$\frac{3000 \text{ kWh}}{1 \text{ kW/m}^2 \cdot 1000 \text{ h} \cdot 0,1} = 30 \text{ m}^2$$

$$\frac{100 \text{ 000 mio. kWh}}{1000 \text{ kWh/m}^2 \cdot 0,5} = 200 \text{ km}^2$$

Bibliographie

Niedrigenergiehäuser
O. Humm, ökobuch-Verlag,
Staufen 1991
ISBN 3-922 964-51-6

Photovoltaik und Architektur
O. Humm, P. Toggweiler
Birkhäuser, Basel 1993
ISBN 3-7643-2891-6

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

Architecture solaire – Un choix qui s'impose
No de commande 724.202.1 f

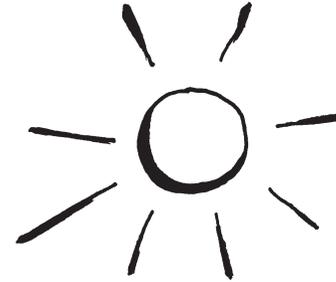
Photovoltaïque et architecture
No de commande 724.203 f

Production d'eau chaude solaire, dimensionnement, montage
No de commande 724.213 f

Les installations solaires thermiques, (vidéo VHS PAL)
No de commande 724.214 f

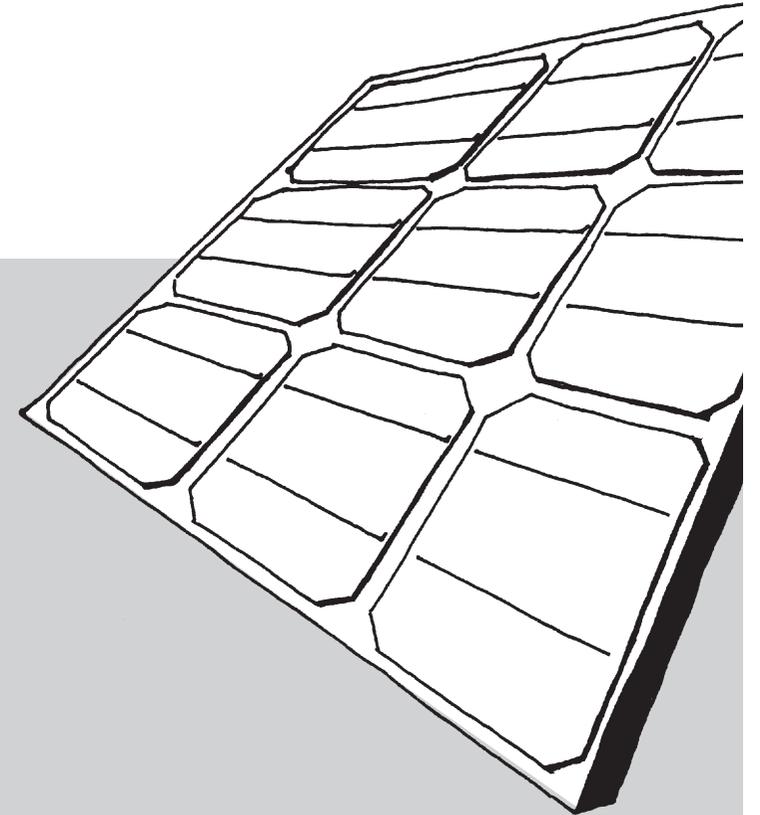
L'énergie solaire

Le soleil se lève



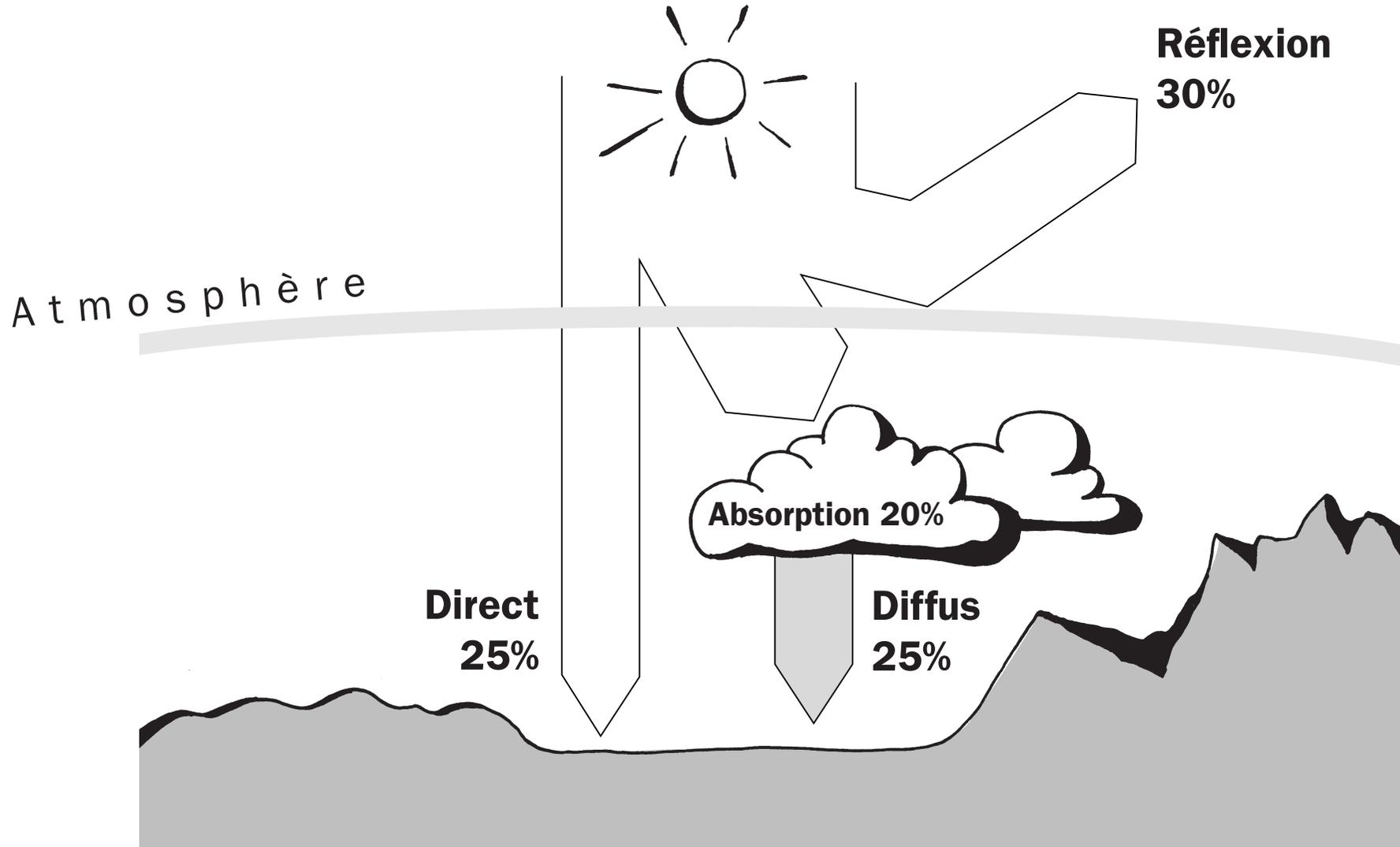
Exploiter l'énergie solaire pour:

- le chauffage des locaux
- le chauffage de l'eau
- la production d'électricité

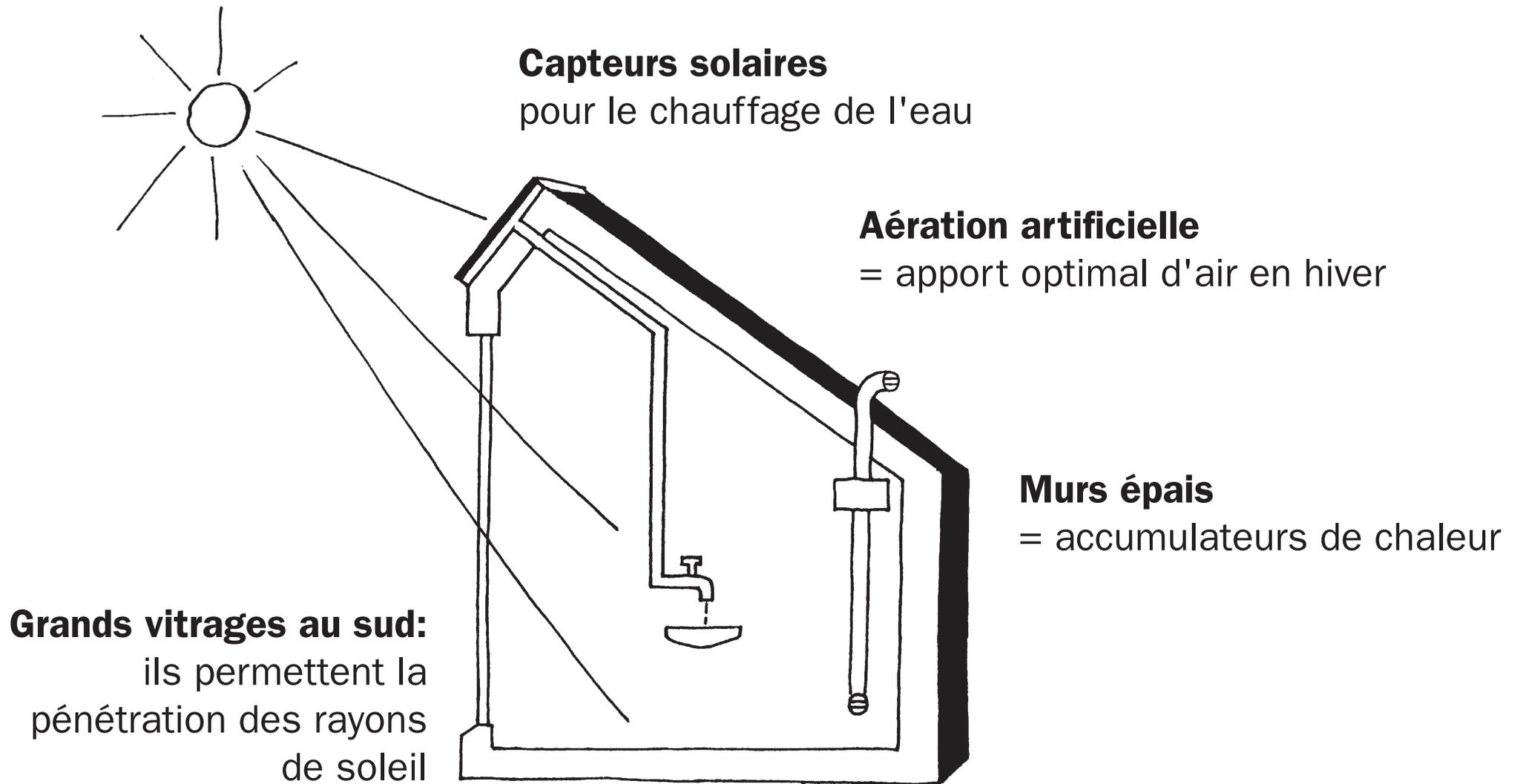


Le rayonnement utilisable en Suisse

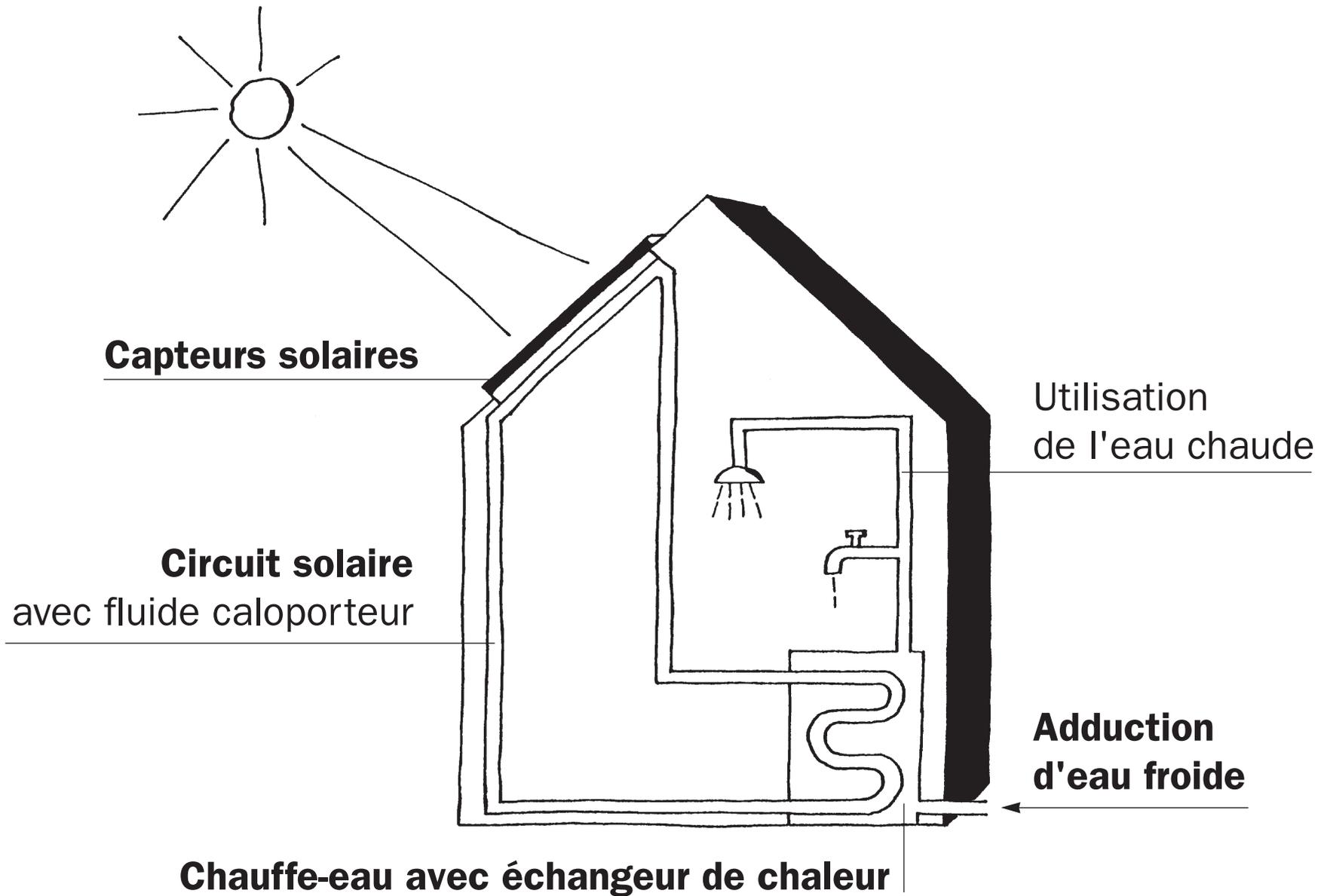
Rayonnement total 100%



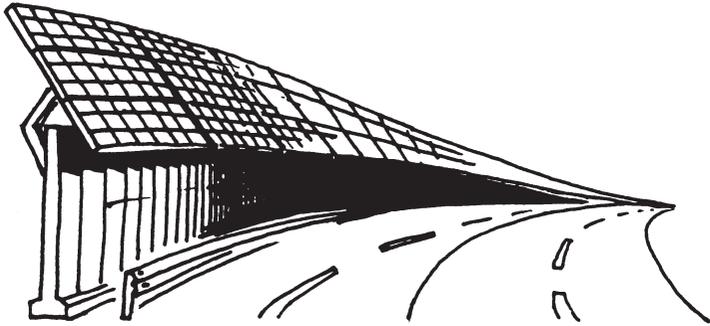
Passer l'hiver sans chauffage



Le rayonnement solaire chauffe l'eau froide



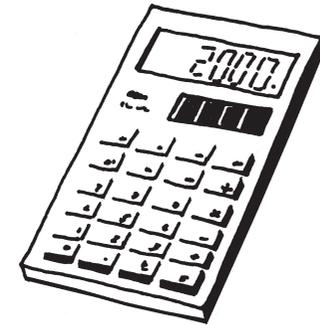
La centrale solaire autonome



**Protections phoniques
des autoroutes**
(exemple N13 près de Coire)



Solarmobil
(exemple
«Spirit of Bienne»)



Calculatrice
avec cellules solaires

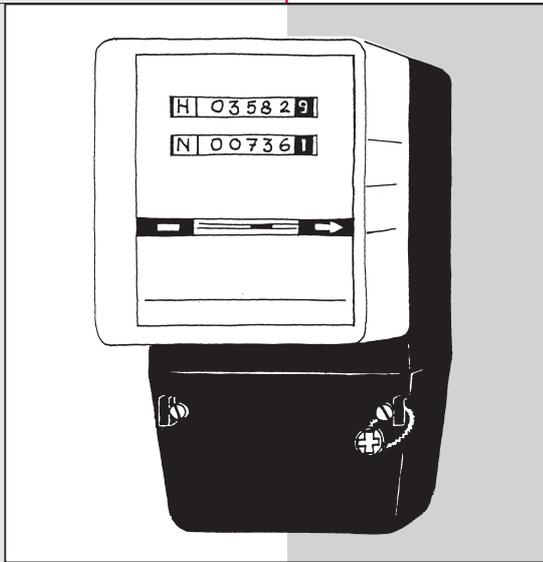
Chauffage de l'eau:

Quel est le système le plus approprié?

	Mazout	Solaire
Fiabilité du système	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Possibilité de tarissement de la source d'énergie	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Prix de l'installation	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coût énergétique	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Surface nécessaire	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nuisances pour l'environnement	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Couverture des pointes de charge par jours d'hiver très froids	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Faire bon ménage avec l'énergie

Transparent 1



Quelle quantité d'électricité les ménages suisses utilisent-ils par année?

Pourquoi a-t-on tout avantage à comparer les consommations d'électricité quand on achète un appareil ménager?

Quelles sont les dispositions qui permettent d'économiser un maximum de kilowatts?

Comment peut-on économiser de l'électricité en se chauffant au mazout?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans les leçons «Hôtellerie», «Chaleur» et «Energie solaire».

- ▶ Une famille moyenne consacre annuellement un mois de salaire aux dépenses énergétiques.
- ▶ Les machines à laver fonctionnelles permettent d'économiser de l'eau, de l'électricité... et de l'argent.
- ▶ Dans un ménage, c'est le chauffe-eau électrique qui est l'appareil le plus gourmand en électricité.
- ▶ Il y a de grandes économies à réaliser simplement en fixant à 55°C la température du chauffe-eau.

La Suisse recense quelque 3 millions de ménages qui, en tout, consomment 14 milliards de kilowattheures d'électricité, ce qui correspond au 30% des besoins énergétiques du pays. Ces milliards de kWh servent surtout à faire fonctionner les appareils ménagers, y compris le chauffe-eau qui est, de loin, le plus gourmand en électricité, même s'il fonctionne généralement de nuit, au tarif le plus bas.

Si la consommation est impressionnante, il en va de même pour les économies possibles. En repensant certains points, les ménages peuvent réduire d'un tiers leur consommation d'électricité. Tout commence avec l'achat: au cours de ces dernières années, les fabricants sont parvenus à réduire massivement la consommation d'électricité des appareils ménagers; il vaut donc la peine de comparer les modèles et les marques. Car les appareils peu efficaces consomment bien souvent deux fois plus d'énergie que d'autres, et pour un prix d'achat sensiblement pareil.

En matière de **consommation d'électricité des ménages**, relevons deux faits particulièrement importants.

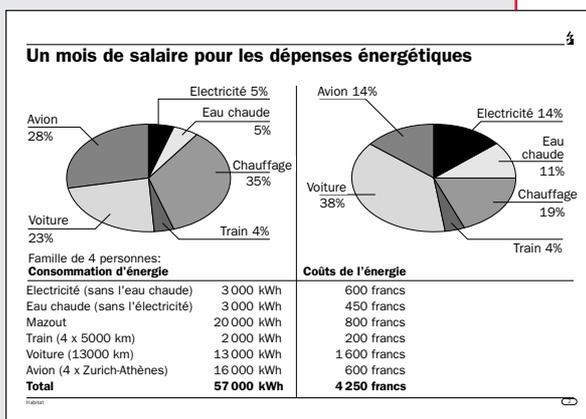
Premièrement: Lors de l'achat d'un appareil ménager, on a tout avantage à prendre en compte sa consommation d'électricité.

Deuxièmement: Economiser de l'électricité, c'est économiser de l'argent, sans renoncer à son confort pour autant.

Le bon réglage du chauffe-eau électrique permet d'économiser beaucoup de kilowattheures. Quand on parle de bon réglage, il s'agit le plus souvent d'un ajustement vers le bas: 55°C suffisent.

Si l'on se comporte rationnellement dans le domaine énergétique, le compteur électrique se met à tourner plus lentement. Résultat: on économise de l'argent. Parmi les petits trucs tout simples mais payants: utilisez des poêles et des casseroles au fond parfaitement plat, éteignez les lampes dont vous n'avez pas besoin. Autre chose: on ignore généralement qu'un réfrigérateur placé à proximité immédiate d'une cuisinière consomme 20% d'électricité en plus, et qu'une lessive à 90°C réclame deux fois plus d'électricité qu'à 60°C.

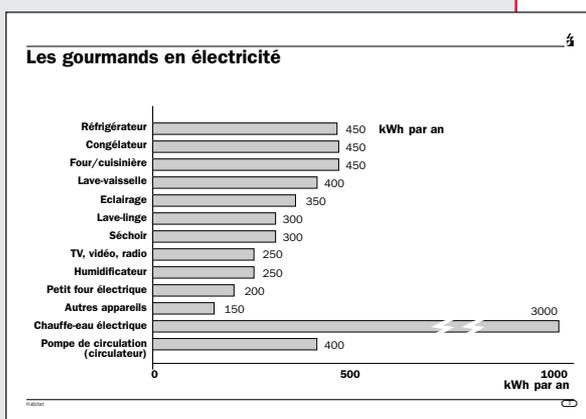
Un mois de salaire pour les dépenses énergétiques



Ce sont le chauffage de la maison et les voyages en avion qui coûtent le plus en énergie.

- ▶ Les ménages suisses consomment le tiers de l'électricité nécessaire au pays. Cela représente 14 milliards de kilowattheures qui sont facturés 2,8 milliards de francs. Une famille moyenne débourse quelque 1000 francs par année en électricité. Si l'on ajoute le mazout et l'essence, cette même famille consacre annuellement l'équivalent d'un salaire aux dépenses énergétiques.
- ▶ L'électricité est une énergie très concentrée, c'est pourquoi elle coûte de trois à cinq fois plus que la chaleur. L'électricité est plus chère pendant la journée (20 ct le kilowattheure), c'est pourquoi les chauffe-eau fonctionnent généralement pendant la nuit, quand le tarif est au plus bas. Le mazout coûte 30 ct le litre, soit 4 ct par kilowattheure de chaleur produite.
- ▶ Pour faire 100 km, une auto consomme en moyenne 10 l d'essence (l'équivalent de 100 kilowattheures). Pour le même trajet, les CFF ne consomment que 10 kilowattheures par passager.
- ▶ L'avion réclame jusqu'à 15 fois plus d'énergie que le train. Comme les compagnies aériennes ne paient pas de taxes douanières sur le carburant, la consommation de kérosène, pourtant énorme, ne se répercute guère sur le prix des billets. Il est facile de se renseigner sur la différence de prix entre un billet d'avion et un billet de chemin de fer, mais il est tout aussi instructif de découvrir la différence de consommation d'énergie. Certaines agences de voyage la mentionnent dans leurs catalogues.

Les dévoreurs d'énergie

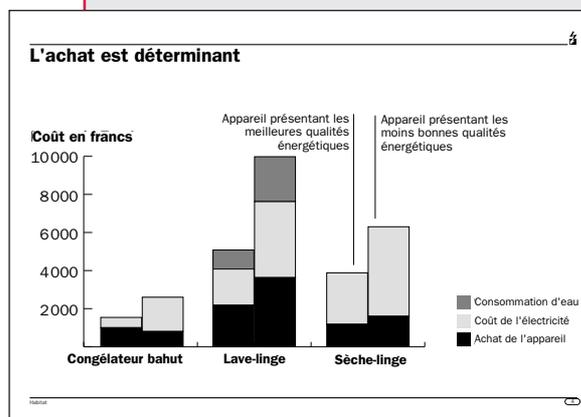


Après le chauffe-eau électrique, ce sont la cuisinière et le four, ainsi que les appareils de réfrigération, qui consomment le plus d'électricité.

- ▶ En Suisse, on consomme annuellement 14 milliards de kilowattheures - soit 6% des besoins énergétiques - simplement pour chauffer l'eau. Dans la majorité des ménages, on n'a pas le chauffage électrique mais on dispose d'un chauffe-eau électrique, et c'est cet appareil qui, de loin, est le plus gourmand en électricité.
- ▶ Les réfrigérateurs, les congélateurs, la cuisinière, le four, le lave-vaisselle, le lave-linge et le séchoir manifestent une voracité certaine. En achetant des appareils plus économes et en se comportant rationnellement (remplir le tambour du lave-linge, poser un couvercle sur les marmites, éviter de placer le réfrigérateur à côté de la cuisinière, etc.), on parvient à diviser par deux la consommation d'électricité des principaux appareils ménagers.
- ▶ Comparées avec le lave-linge ou le réfrigérateur, les ampoules sont de bien petites consommatrices d'électricité. Echanger une ampoule traditionnelle contre une lampe économique, ce n'est qu'une goutte d'eau dans la mer, mais les petits ruisseaux font les grandes rivières! et si tous les ménages suisses procédaient à cet échange, on économiserait annuellement 400 millions de kilowattheures, soit 60 millions de francs.
- ▶ La télévision et la vidéo consomment de l'électricité même en position «stand-by» (position d'attente). Un poste de télévision consomme 70 watts quand il fonctionne... et 10 watts en stand by. La conclusion s'impose: une fois l'émission terminée, pressez sur l'interrupteur, et «good bye stand-by» !

L'achat est déterminant

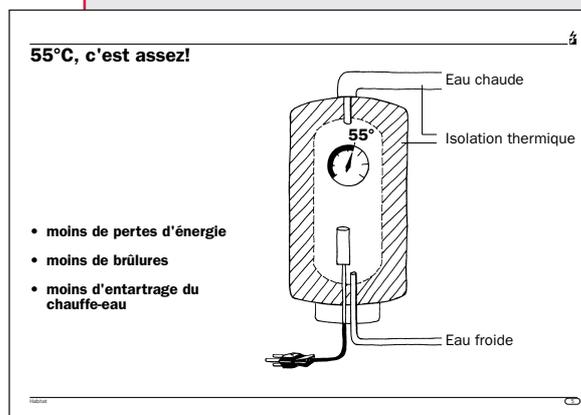
- ▶ Chaque année, les Suisses achètent ou remplacent un quart de million de réfrigérateurs, 90 000 congélateurs, 120 000 lave-linge, 110 000 lave-vaisselle et 75 000 fours à micro-ondes. Le plus souvent, c'est le prix d'achat de l'appareil qui décide les consommateurs.
- ▶ La consommation d'énergie varie considérablement selon les appareils; il vaut donc la peine de procéder par comparaison. En effet, en douze ans, un lave-linge peut coûter jusqu'à trois fois son prix d'achat en eau et en électricité.
- ▶ Pour les réfrigérateurs et les lave-vaisselle aussi, la consommation d'électricité peut passer d'un facteur 1 à 2. Pour la cuisson, en revanche, le besoin en énergie dépend moins de l'appareil que de la ménagère. Si elle est avisée, elle éteindra la plaque avant que la marmite à vapeur ne siffle, et n'utilisera que des casseroles au fond bien plat, en veillant à les couvrir d'un couvercle.
- ▶ Comment dénicher les appareils les plus efficaces énergétiquement? On peut se renseigner gratuitement auprès des services industriels sur les caractéristiques et les prix de tous les appareils ménagers. Par ailleurs, les valeurs énergétiques doivent figurer sur les étiquettes et les prospectus.



Outre le prix de l'appareil, il faut prendre en compte la consommation d'énergie et d'eau lors de l'achat d'un appareil ménager.

55 °C, c'est assez!

- ▶ Le chauffe-eau fonctionne généralement de nuit, alors que l'électricité est bon marché. La production électrique d'eau chaude a un rendement de 70%; le reste du courant est gaspillé par des pertes de maintien en température de l'appareil et des conduites. On peut réduire ces pertes en veillant à une armature efficace, à un bon dimensionnement, ainsi qu'à une bonne isolation thermique du chauffe-eau et des conduites d'eau chaude.
- ▶ Réduire la température du chauffe-eau, voilà une mesure qui peut s'avérer très payante: en effet, 55 °C suffisent. Abaisser la température de 10 °C, c'est réduire de 1/5 les pertes énergétiques. De plus, moins la température de l'eau est élevée, moins le chauffe-eau s'entartre. Sa durée de vie sera donc prolongée. Le besoin en eau chaude est, en moyenne, de 30 à 80 l par personne et par jour.
- ▶ Alors qu'un tiers des ménages suisses sont équipés d'un chauffe-eau électrique, 6% seulement se chauffent à l'électricité. Le chauffage électrique est un véritable ogre: même dans une villa familiale bien isolée, il dévore 20 000 kilowattheures par an. Comme l'électricité est plus rare (et donc plus chère) en hiver, il ne faut opter pour le chauffage électrique que s'il n'existe pas d'alternative.
- ▶ Les pompes à chaleur, en revanche, ont un bel avenir devant elles. Une pompe à chaleur peut fournir 100% d'énergie chauffante à l'aide d'un tiers d'électricité et de deux tiers de chaleur environnementale.
- ▶ Les chauffages au mazout et au gaz ont, eux aussi, besoin d'électricité pour faire fonctionner le circulateur qui envoie l'eau chaude dans les radiateurs. Trop souvent, le circulateur est surdimensionné: il propulse le double du volume nécessaire, et il consomme alors... huit fois trop d'électricité!



Baisser de 10 °C la température du chauffe-eau, c'est faire reculer les pertes énergétiques de 1/5.

Devoirs

Comparaison des coûts: *Quel lave-linge choisir?*

Vous cherchez à acquérir un lave-linge qui soit le plus rentable possible, pour une famille de 6 personnes, c'est-à-dire 1000 lessives par année. L'électricité coûte 20 ct par kilowattheure, et l'eau 3 francs par mètre cube.

Transparent 6

Comparaison des coûts: Quel lave-linge choisir?		
	Modèle A	Modèle B
Prix d'achat	4675.- fr.	4441.- fr.
Consommation d'électricité par lessive	1,08 kWh	1,98 kWh
Consommation d'électricité sur 12 ans	12 960 kWh	23 760 kWh
Coût de l'électricité sur 12 ans	2592.- fr.	4752.- fr.
Consommation d'eau par lessive	91,2 l	154,8 l
Consommation d'eau sur 12 ans	1094 m ³	1858 m ³
Coût de l'eau sur 12 ans	3 283.- fr.	5573.- fr.
Coût total sur 12 ans	10 550.- fr.	14 766.- fr.

Prix de l'électricité: 20 ct./kWh
Prix de l'eau: 3.-fr./m³
Famille de 6 personnes, soit 1000 lessives par an

Coût global =

Prix d'achat + coût de l'électricité +
coût de l'eau

Débat: Quelle mesure d'économie d'énergie peut-on envisager?
Qui prendra cette mesure?



- Abaisser la température du chauffe-eau à 55°C
- Coiffer les casseroles d'un couvercle avant la cuisson
- Utiliser des marmites et des poêles à fond bien plat
- Abaisser la température de lavage et ne pas prélever
- Ne jamais mettre le lave-linge sur 95°C
- Débrancher manuellement la chaîne stéréo et ne jamais laisser les appareils sur stand-by
- Utiliser des lampes économiques
- Déclencher le chauffe-eau lors du départ en vacances
- Remplacer le vieux réfrigérateur par un nouveau plus respectueux de l'environnement
- Ne pas utiliser d'éclairage halogène indirect

Consommation personnelle d'énergie:

Combien d'énergie consommez-vous et combien la payez-vous?

Données:

- 100 km en train = 10 kWh par personne (1 kWh = 10 ct.)
- Pour le même trajet, une voiture consomme 10 l d'essence, soit 100 kWh (l'essence coûte 12 ct. au kWh)
- Un avion consomme 13 litres de kérosène par personne aux 100 km (le kérosène coûte 4 ct. par kWh)

Bibliographie

Information zur Gerätedatenbank und
Beratung

Infel, Lagerstrasse 1, 8021 Zürich
Tel. 01 - 291 01 02

Les publications PACER et RAVEL sont
à commander auprès de l'EDMZ,
3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

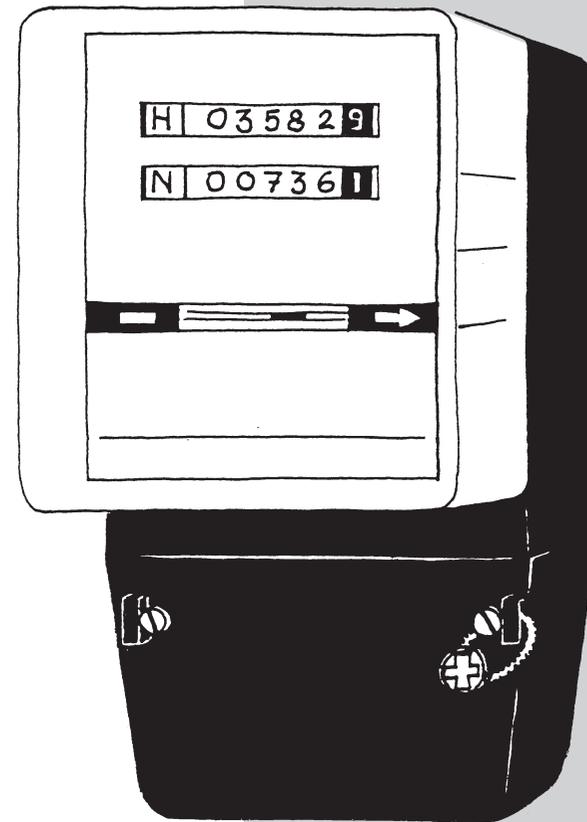
Habitat et économie d'énergie
No de commande 724.386 f

Cuisine et électricité
No de commande 724.322 f

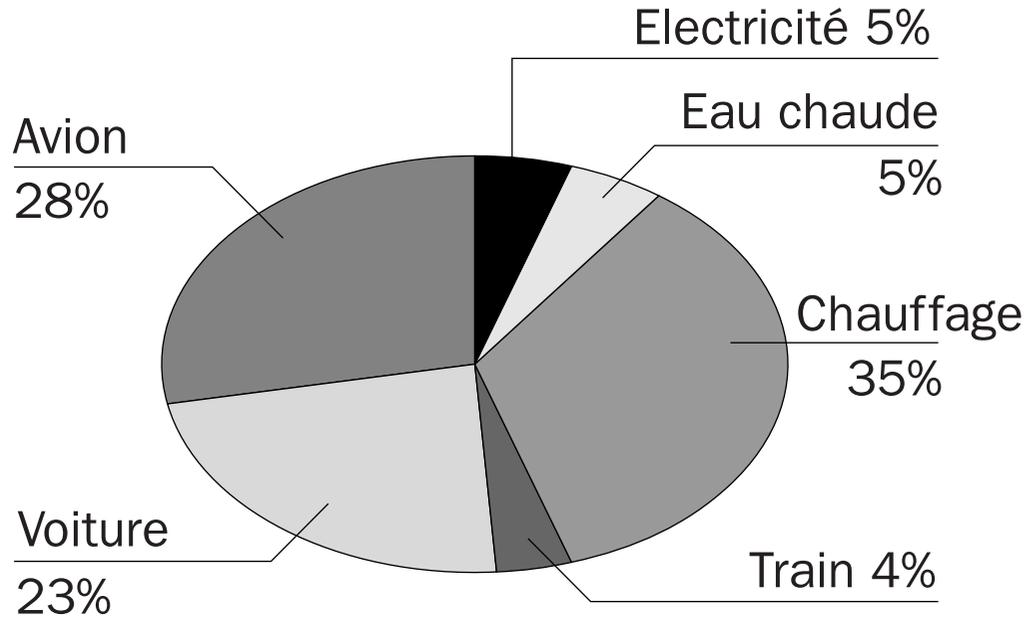
Habitat

Faire bon ménage avec l'énergie

- **Choisir intelligemment les appareils**
- **Se comporter logiquement en matière d'énergie**
- **Prendre des dispositions au niveau de l'exploitation pour voir le compteur ralentir**

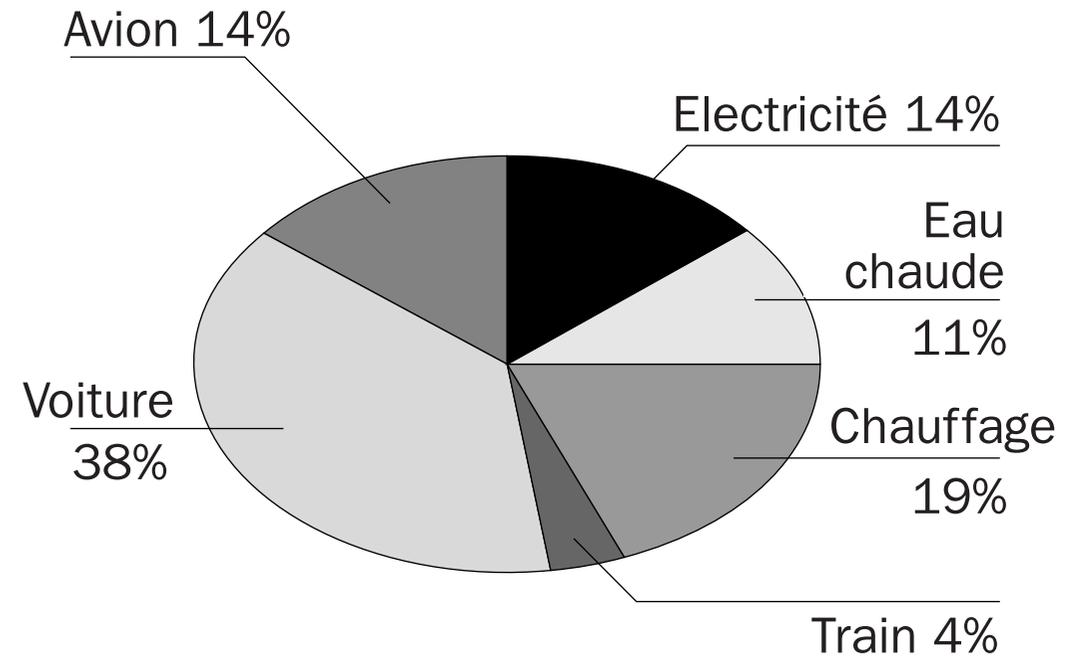


Un mois de salaire pour les dépenses énergétiques



Famille de 4 personnes:
Consommation d'énergie

Electricité (sans l'eau chaude)	3 000 kWh
Eau chaude (sans l'électricité)	3 000 kWh
Mazout	20 000 kWh
Train (4 x 5000 km)	2 000 kWh
Voiture (13000 km)	13 000 kWh
Avion (4 x Zurich-Athènes)	16 000 kWh
Total	57 000 kWh

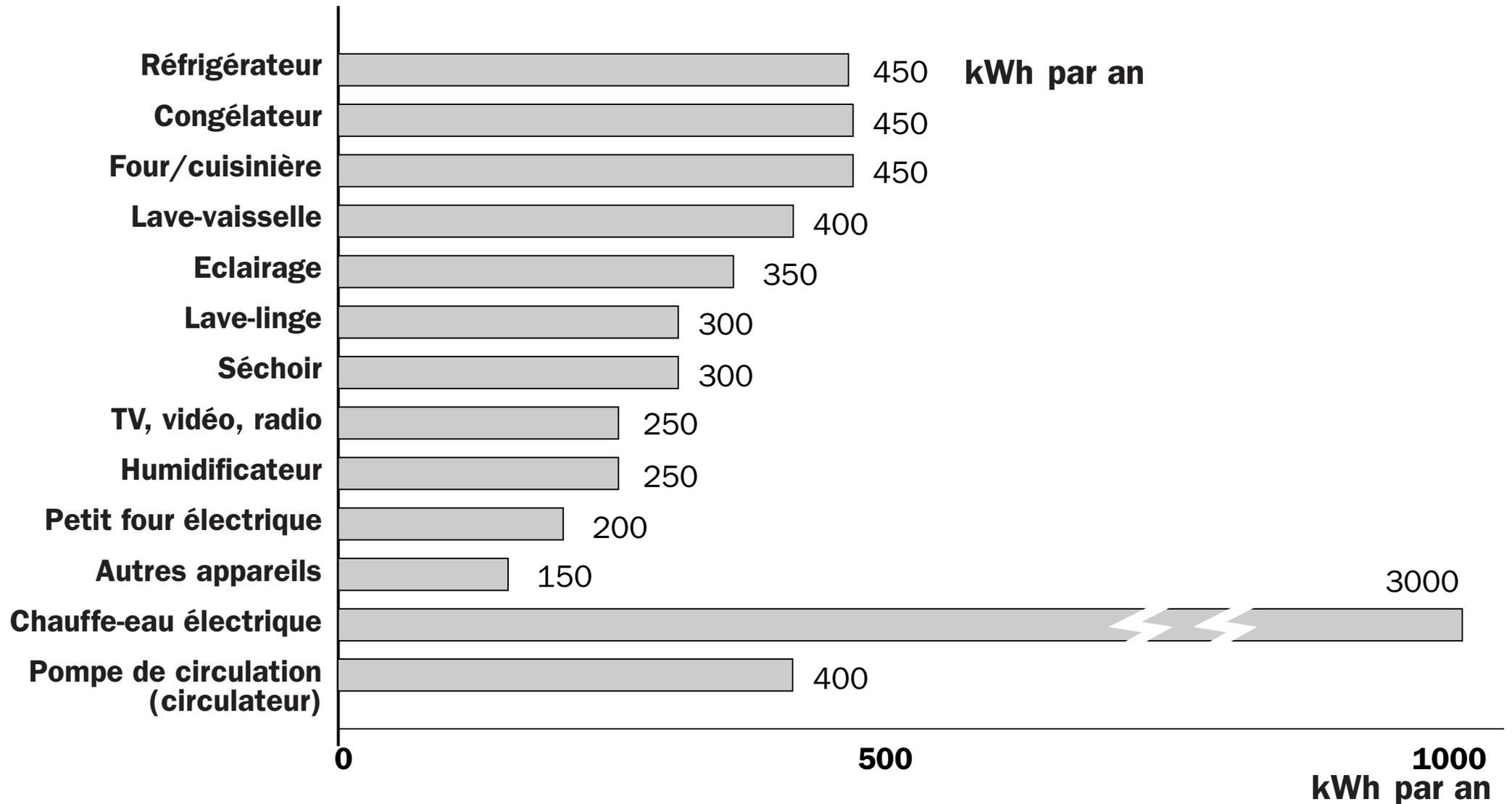


Coûts de l'énergie

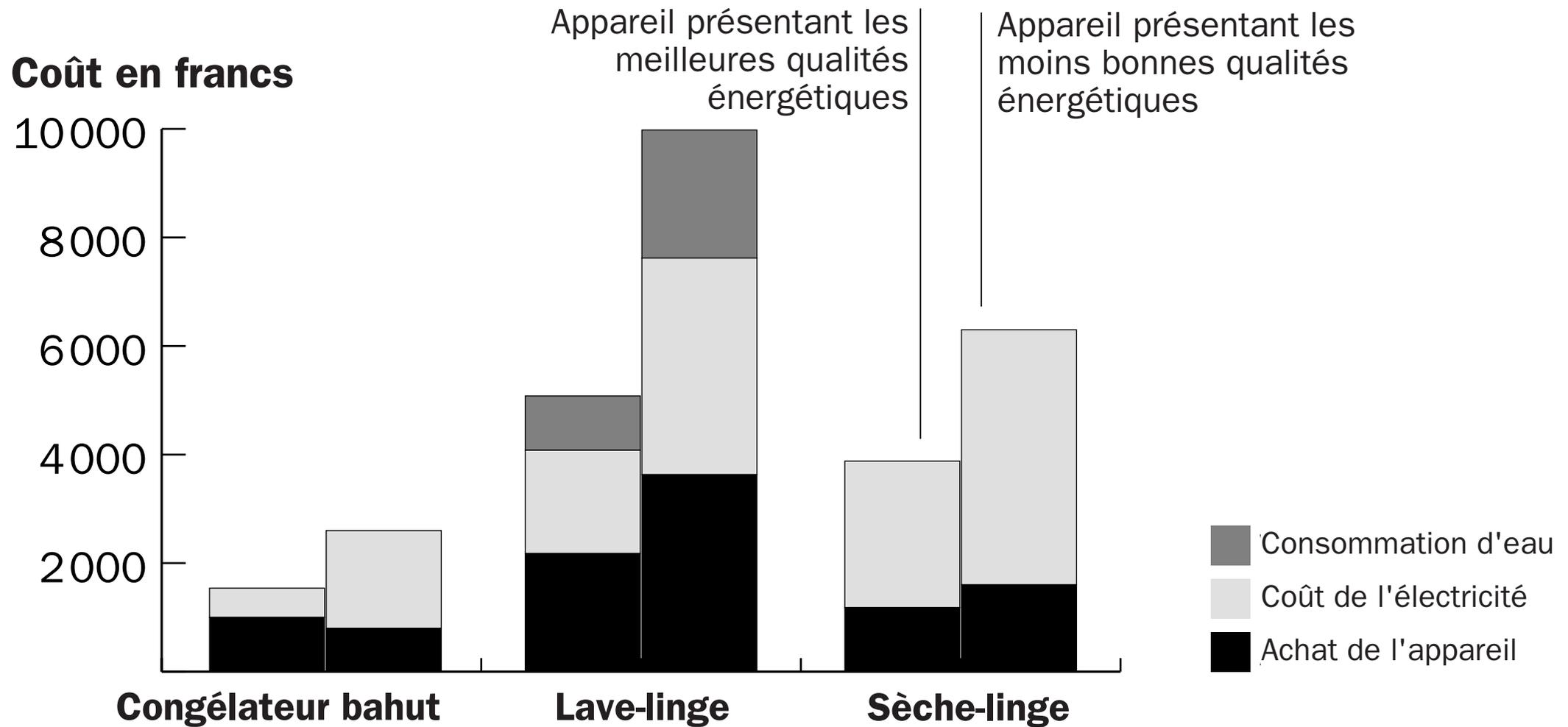
600 francs
450 francs
800 francs
200 francs
1 600 francs
600 francs
4 250 francs



Les gourmands en électricité

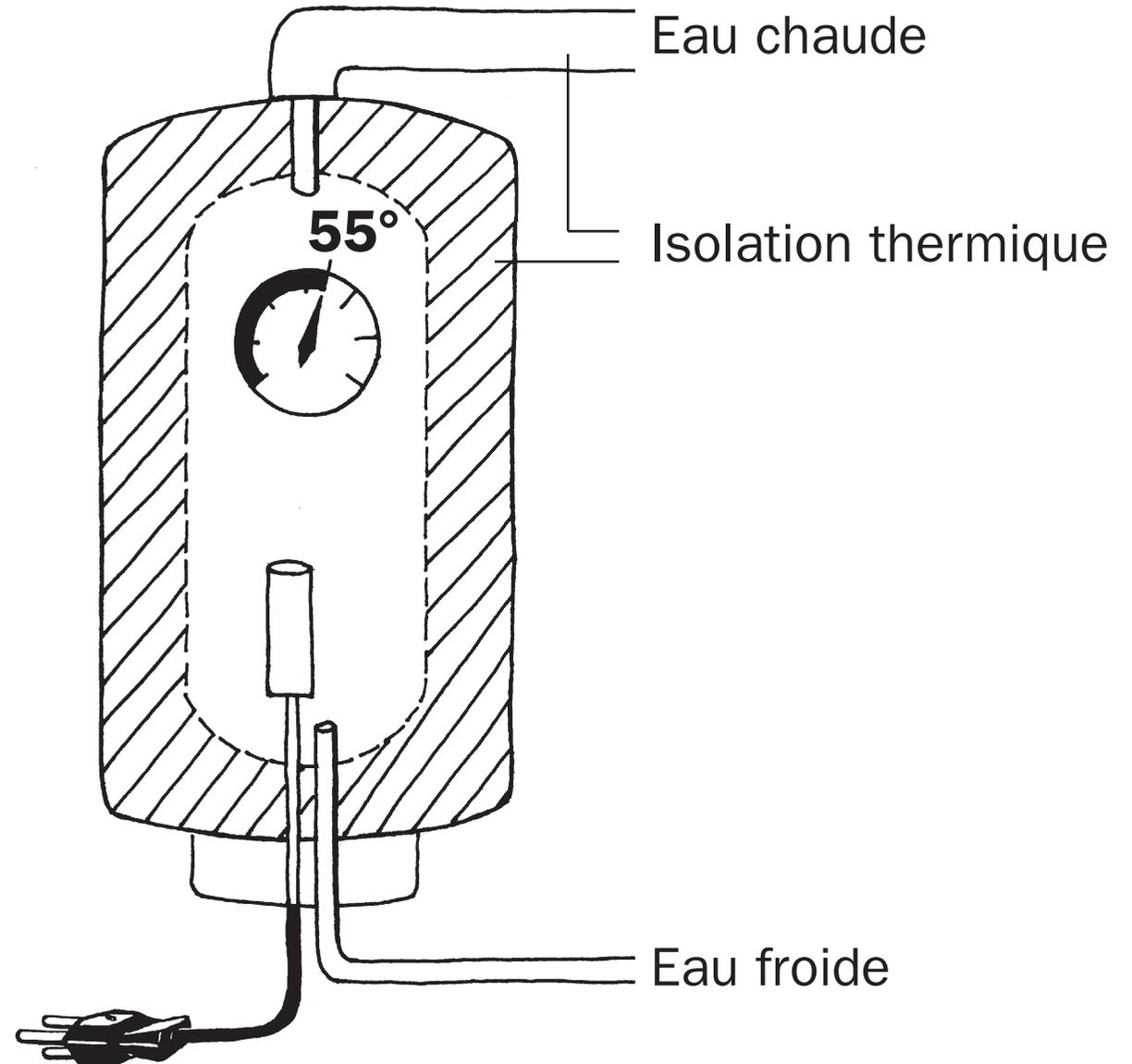


L'achat est déterminant



55°C, c'est assez!

- moins de pertes d'énergie
- moins de brûlures
- moins d'entartrage du chauffe-eau



Comparaison des coûts:

Quel lave-linge choisir?

	Modèle A	Modèle B
Prix d'achat	4675.– fr.	4441.– fr.
Consommation d'électricité par lessive	1,08 kWh	1,98 kWh
Consommation d'électricité sur 12 ans	_____ kWh	_____ kWh
Coût de l'électricité sur 12 ans	_____ fr.	_____ fr.
Consommation d'eau par lessive	91,2 l	154,8 l
Consommation d'eau sur 12 ans	_____ m ³	_____ m ³
Coût de l'eau sur 12 ans	_____ fr.	_____ fr.
Coût total sur 12 ans	_____ fr.	_____ fr.

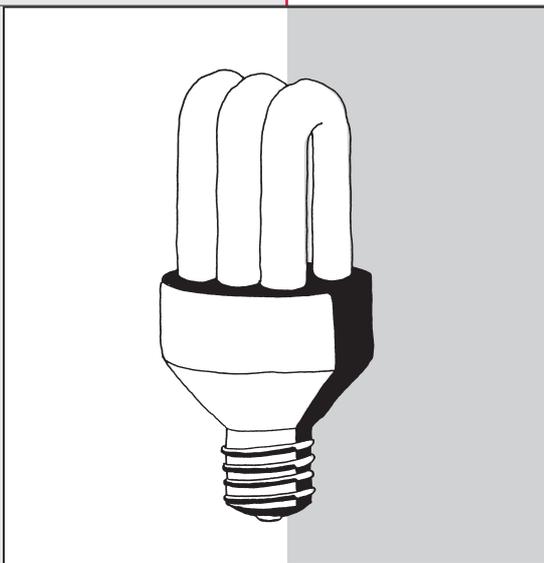
Prix de l'électricité: 20 ct./kWh

Prix de l'eau: 3.-fr./m³

Famille de 6 personnes, soit 1000 lessives par an

Que la lumière soit

Transparent 1



Quelle est la part de la consommation totale d'électricité consacrée à l'éclairage?

Quelles sont les technologies d'éclairage les plus répandues?

En matière d'éclairage, quelles sont les dispositions qui permettent d'économiser de l'électricité?

Dans quelle mesure la lumière naturelle et la consommation d'électricité sont-elles interdépendantes?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans les leçons «Installations du bâtiment» et «Energie solaire».

- ▶ Un kilowattheure sur sept est consacré à l'éclairage.
- ▶ Les lampes à incandescence consomment cinq fois plus d'électricité que les ampoules économes.
- ▶ La lumière naturelle augmente le confort et diminue la facture d'électricité.
- ▶ Les nouvelles techniques d'éclairage sont encore trop rarement appliquées.

Quatre-vingt pour-cent de nos impressions sensorielles proviennent de nos yeux. On ne saurait dire à quel point la lumière est importante pour notre santé, notre bien-être, nos travaux de tous genres et notre sécurité. C'est pourquoi un bon éclairage s'avère absolument indispensable, même du point de vue écologique. Mais si l'on veut simultanément économiser du courant et bénéficier d'un éclairage optimal, il faut de meilleures lampes et luminaires, un réglage correspondant aux besoins, ainsi qu'une architecture soucieuse des questions de luminosité.

En Suisse, l'éclairage consomme 14% «seulement» de l'électricité produite. Par rapport à l'importance que revêt l'éclairage, cela peut paraître minime. Toujours est-il que ce petit 1/7 représente 7 milliards de kWh, soit l'équivalent de la consommation d'électricité du canton de Zurich.

En ce qui concerne les termes utilisés, quand nous parlons de «lampe», il s'agit de l'appareil producteur de lumière (l'«ampoule»); quant au «luminaire», c'est la structure générale y compris l'abat-jour, autrement dit l'«emballage» de la lampe.

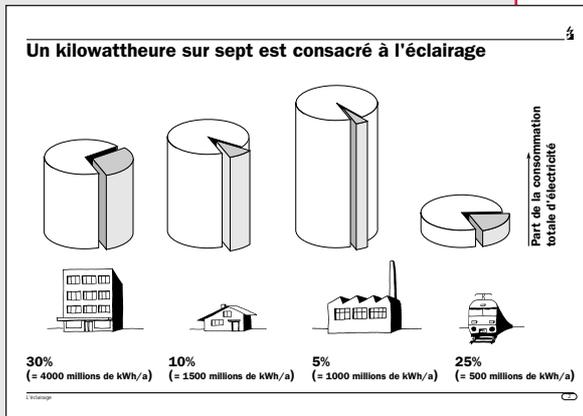
Moins d'électricité et plus de confort, en trois points:

- Les **techniques d'éclairage** se sont considérablement améliorées durant ces dernières années: les ampoules et les luminaires sont plus performantes, tout comme les dispositifs de réglage. Mais il faut introduire beaucoup plus largement ces nouvelles techniques, notamment dans les écoles, les hôpitaux, les bureaux, les ateliers, les installations sportives et les restaurants.
- On est en train de redécouvrir les qualités de la **lumière naturelle**: les architectes les plus réputés l'ont exploitée avec succès, définissant du même coup des normes universellement reconnues.
- **L'amélioration de l'éclairage**, outre qu'elle procure le confort visuel, présente bien souvent des avantages économiques.

Exemple: Pfistes meubles a remplacé les lampes dans ses 28 filiales. Grâce aux ampoules économes, la consommation d'électricité a baissé de 75%, ce qui représente une économie de 1,1 mio de Frs par an. Après 2¹/₂ ans, l'investissement de départ a ainsi été amorti. Comme les nouvelles lampes produisent moins de chaleur tout en maintenant la qualité de l'éclairage, des économies d'énergie supplémentaires ont été réalisées sur la climatisation.

Transparent 2

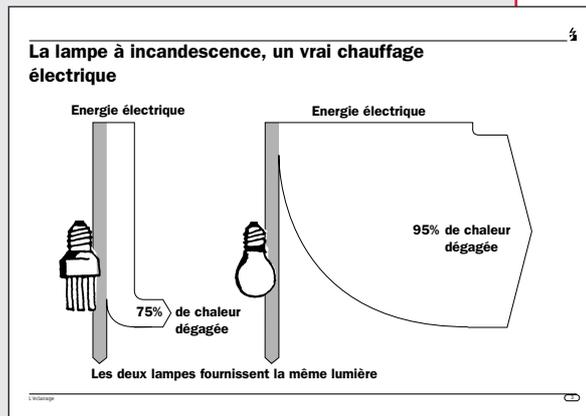
Un kilowattheure sur sept est consacré à l'éclairage



Part de la consommation d'électricité consacrée à l'éclairage dans les entreprises de service (bureaux, magasins, etc.), les ménages, l'industrie et le trafic.

- ▶ En Suisse, l'éclairage représente 14% de la consommation totale d'électricité. La moitié de cette consommation, soit 7%, est effectuée par les entreprises de services, les bureaux, les magasins, les écoles, les hôpitaux.
- ▶ Dans un bâtiment administratif, un kilowattheure sur trois est consacré à l'éclairage. Toutefois, la part de consommation de l'éclairage varie en fonction du genre de bâtiment et de son emplacement.
- ▶ Dans un bâtiment administratif des années 1970 – un type de bâtiment très répandu en Suisse –, on peut économiser jusqu'à 40% d'électricité en repensant l'éclairage.
- ▶ Dans le domaine du trafic, 1/5 de la consommation d'électricité sert à l'éclairage public. Dans les ménages, l'éclairage représente 10% de la consommation d'électricité, dans l'industrie, 5%.

Transparent 3



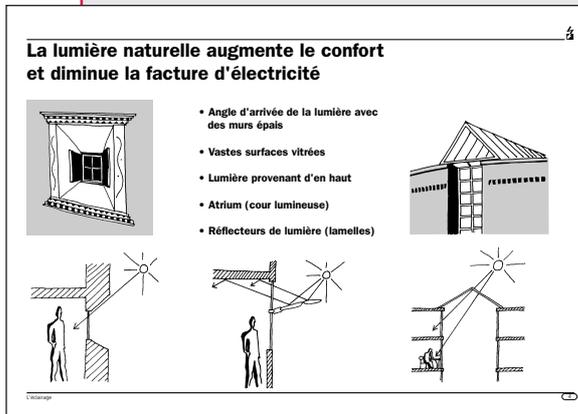
Comparaison du rendement lumineux et du dégagement de chaleur. A gauche, une ampoule économique; à droite, une ampoule à incandescence. Les valeurs sont exprimées en %.

La lampe à incandescence, un véritable chauffage électrique

- ▶ Pour obtenir de la lumière artificielle, on exploite deux principes: le filament incandescent (une sorte de soleil, si l'on veut bien) et la décharge gazeuse (proche parente de l'éclair pendant un orage).
- ▶ Deux sortes d'ampoules très répandues fonctionnent sur le principe du filament incandescent: la lampe à incandescence et la lampe halogène. Ces lampes ne transforment que 5% de l'électricité en lumière; les 95% restants partent en chaleur.
- ▶ La lampe halogène n'est, en réalité, qu'une version compacte de la lampe à incandescence. Contrairement à ce que l'on croit généralement, elle ne permet pas des économies d'énergie.
- ▶ Le principe de la décharge gazeuse nécessite l'utilisation d'un gaz que parcourra l'électricité. Par rapport au filament incandescent, la décharge gazeuse produit cinq fois plus de lumière: un quart de l'électricité est transformé en lumière, et il n'y a «que» 75% qui part en chaleur.
- ▶ La lampe à fluorescence, abusivement appelée «néon» (car le tube contient de l'argon ou du krypton, en aucun cas du néon), est l'exemple typique de la lampe à décharge gazeuse. Une ampoule économique n'est rien d'autre qu'un tube à fluorescence replié plusieurs fois sur lui-même.
- ▶ Avec un rendement lumineux de 35%, la lampe à vapeur de sodium à haute pression (qui est, elle aussi, une lampe à décharge) figure parmi les... tubes du hit-parade de l'économie d'énergie. Bon nombre de rues bénéficient de cet éclairage orangé.
- ▶ On s'imagine parfois, à tort, qu'il ne sert à rien d'éteindre et de rallumer les lampes à fluorescence ou les lampes économiques; en effet, on entend dire que l'électricité nécessaire à leur mise en service correspondrait à une demi-heure de fonctionnement. En réalité, quelques minutes de débranchement permettent déjà d'économiser de l'électricité, sans nuire pour autant à la durée de vie de la lampe.

La lumière naturelle augmente le confort et diminue la facture d'électricité

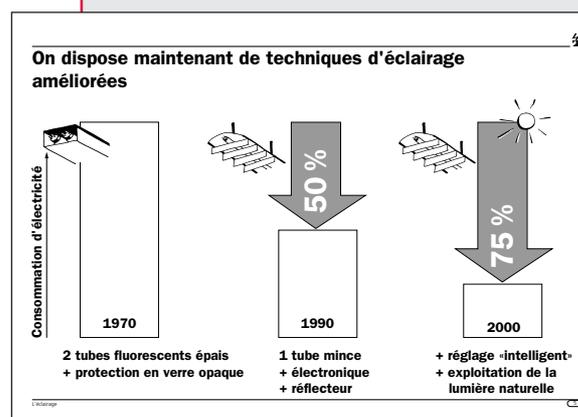
- ▶ L'architecture – soit la forme et la conception – d'un bâtiment exerce une influence énorme sur la consommation d'électricité destinée au chauffage et à l'éclairage. Pour le chauffage, les dimensions et la qualité de l'enveloppe sont déterminantes; quant à la consommation d'électricité, elle dépend avant tout de l'éclairage artificiel.
- ▶ Une forme architecturale bien conçue, de vastes surfaces vitrées judicieusement placées, une bonne orientation par rapport au soleil, sont autant d'éléments qui permettent une meilleure exploitation de la lumière naturelle, réduisant d'autant la facture d'électricité. Des plafonds, des parois et des sols clairs «mangent» moins de lumière.
- ▶ Un bâtiment prévu pour bien exploiter la lumière naturelle consomme jusqu'à quatre fois moins d'électricité pour l'éclairage qu'un immeuble bâti sans ce souci-là.
- ▶ Les nouvelles technologies fraient de nouveaux chemins à la lumière. Par exemple, des foyers lumineux captent la lumière venant d'en haut pour l'envoyer dans les coins sombres à l'aide de miroirs; des réflecteurs projettent la lumière à l'arrière des pièces.
- ▶ Une protection solaire intelligemment conçue empêche les rayons lumineux de parvenir jusqu'à la place de travail; par contre, elle exploitera au maximum la lumière naturelle.



Exploitation de la lumière naturelle sur les modes traditionnel, moderne et futuriste.

On dispose maintenant de techniques d'éclairage performantes

- ▶ Un bond technologique impressionnant nous a fait passer de la lampe à incandescence à la lampe fluorescente. Il en découle une importante économie d'électricité: on peut diviser par 5 la facture relative à l'éclairage. Mais comme la part de l'éclairage a augmenté, la consommation correspondante n'a pas encore vraiment diminué.
- ▶ Autre performance technologique: on a réussi à améliorer la bonne vieille lampe à fluorescence. En conséquence, la consommation d'énergie reste inchangée pour un meilleur éclairage. Les couleurs ressortent mieux, l'espérance de vie des ampoules se voit prolongée, les lampes papillotent moins. Il n'y a pas que la consommation d'électricité qui diminue, mais aussi la chaleur dégagée. Donc la climatisation coûte moins cher. Comment est-on parvenu à ce progrès? Une conception améliorée a conduit à la fabrication de tubes plus minces et plus performants, à un cintrage de réflexion plus rationnel et à l'appareillage électronique plutôt qu'au bobinage qui, on le sait, entraînait de grosses pertes.
- ▶ En cette fin de millénaire, la technologie a accompli des pas de géant. On a enfin compris que l'éclairage devait s'adapter aux besoins réels. Cette démarche passe par un réglage qui, d'une part, tient compte de la lumière naturelle, et qui, d'autre part, dépend de l'existence d'un utilisateur. Cela se traduit pas l'utilisation de senseurs (capteurs de lumière et de présence). La programmation horaire de l'éclairage dans les bâtiments scolaires permet des économies extraordinaires.



Economies d'électricité grâce au progrès en deux étapes.

Devoirs

Eclairage: *Qualité et consommation d'électricité*

Comment peut-on évaluer la consommation d'électricité et la qualité de l'éclairage d'une classe d'école?

Pour le calcul, tenez compte des données suivantes et discutez de leurs caractéristiques.

Occupation des locaux: 45 heures par semaine dont 30 heures de lumière artificielle, 40 semaines par année. Durée totale d'utilisation: 1200 heures par année.

Surface de la salle de classe: 100 m² (ou autre surface selon les cas).

Nombre de salles de classe: 20 (à modifier selon les cas).

Prix de l'électricité: 20 centimes par kilowattheure.

Nombre de lampes: à compter.

Capacité des lampes: Tubes de 60 cm: 20 W
Tubes de 120 cm: 40 W
Tubes de 150 cm: 65 W

Transparent 6

Consommation de courant: où est la logique?

	Consommation spécifique d'électricité par an et m ²	Coût annuel pour:	
		1 salle	20 salles
bon	12 kWh	240 francs	4800 francs
médiocre	18 kWh	360 francs	7200 francs
mauvais	24 kWh	480 francs	9600 francs
notre école		notre salle	toutes les salles
	_____ kWh	_____ francs	_____ francs

- L'éclairage de la salle est-il programmé en fonction de l'occupation des locaux?
- L'éclairage est-il géré en fonction de la présence ou de l'absence de lumière naturelle?
- Qui éteint les lumières quand les cours sont terminés?

Débat: Quelle est la lampe qui convient le mieux?

Transparent 7

Quelle est la lampe qui convient le mieux?

Capacité de tension pour le même éclairage	15 watts	75 watts
Durée de vie	10 000 heures	1000 heures
Coût énergétique (pour 10 000 h, 20 ct/kWh)	30 francs	150 francs
Prix de l'ampoule	28 francs	10 francs
Coût total pour un fonctionnement de 10 000 h	58 francs	160 francs
Capacité de régulation	chère	facile
Facilités de mise en service	bonnes	très bonnes
Restitution des couleurs	bonne	très bonne
Élimination (év. recyclage)	dechets spéciaux	ordures ménagères

- En fonction des critères connus, quel est le type de lampe qui convient le mieux à l'éclairage d'une cuisine, d'une chambre à coucher, d'un salon, d'une salle de bain, d'un corridor, d'un porche, d'une cage d'escaliers?

$$\text{Consommation d'électricité (kWh)} = \frac{\text{nombre de lampes} \cdot \text{puissance (W)} \cdot \text{heures}}{1000}$$

$$\text{Coût de l'électricité (en francs)} = \text{consommation (kWh)} \cdot \text{prix de l'électricité (en fr/kWh)}$$

$$\text{Consommation spécifique d'électricité (kWh/m}^2\text{)} = \frac{\text{consommation d'électricité (kWh)}}{\text{superficie de la salle de classe (m}^2\text{)}}$$

Bibliographie

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

Eclairage – Eléments d'éclairagisme
No de commande: 724.329.1 f

Eclairage des bureaux
No de commande: 724.329.2 f

Eclairage dans l'industrie
No de commande: 724.329.3 f

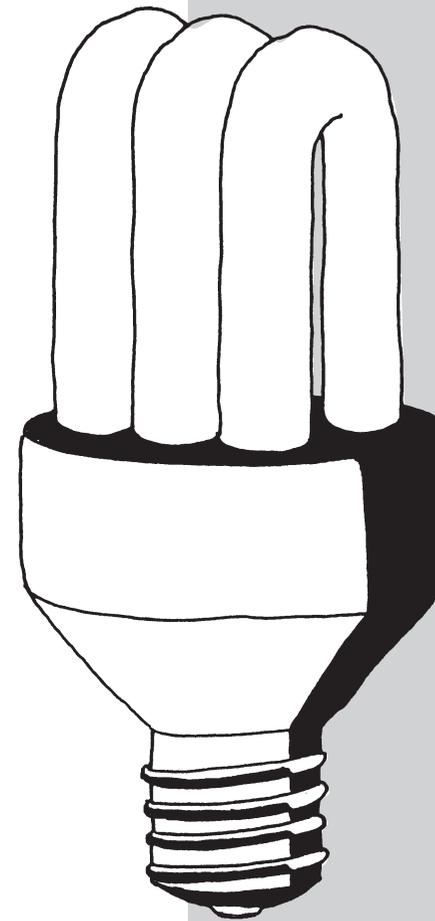
Eclairage des surfaces de vente
No de commande: 724.329.4 f

L'éclairage

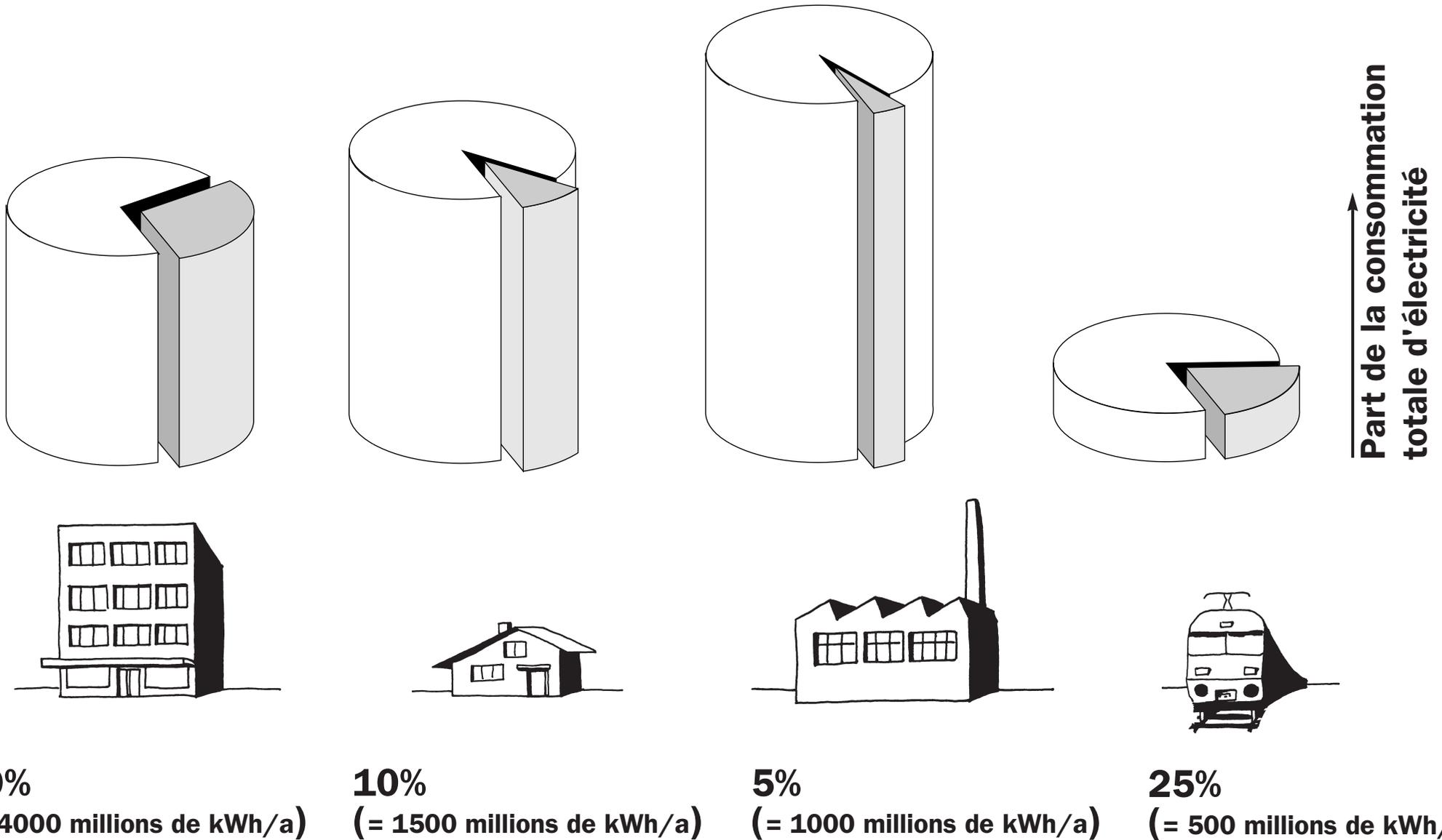
Que la lumière soit

Mieux exploiter l'électricité grâce à:

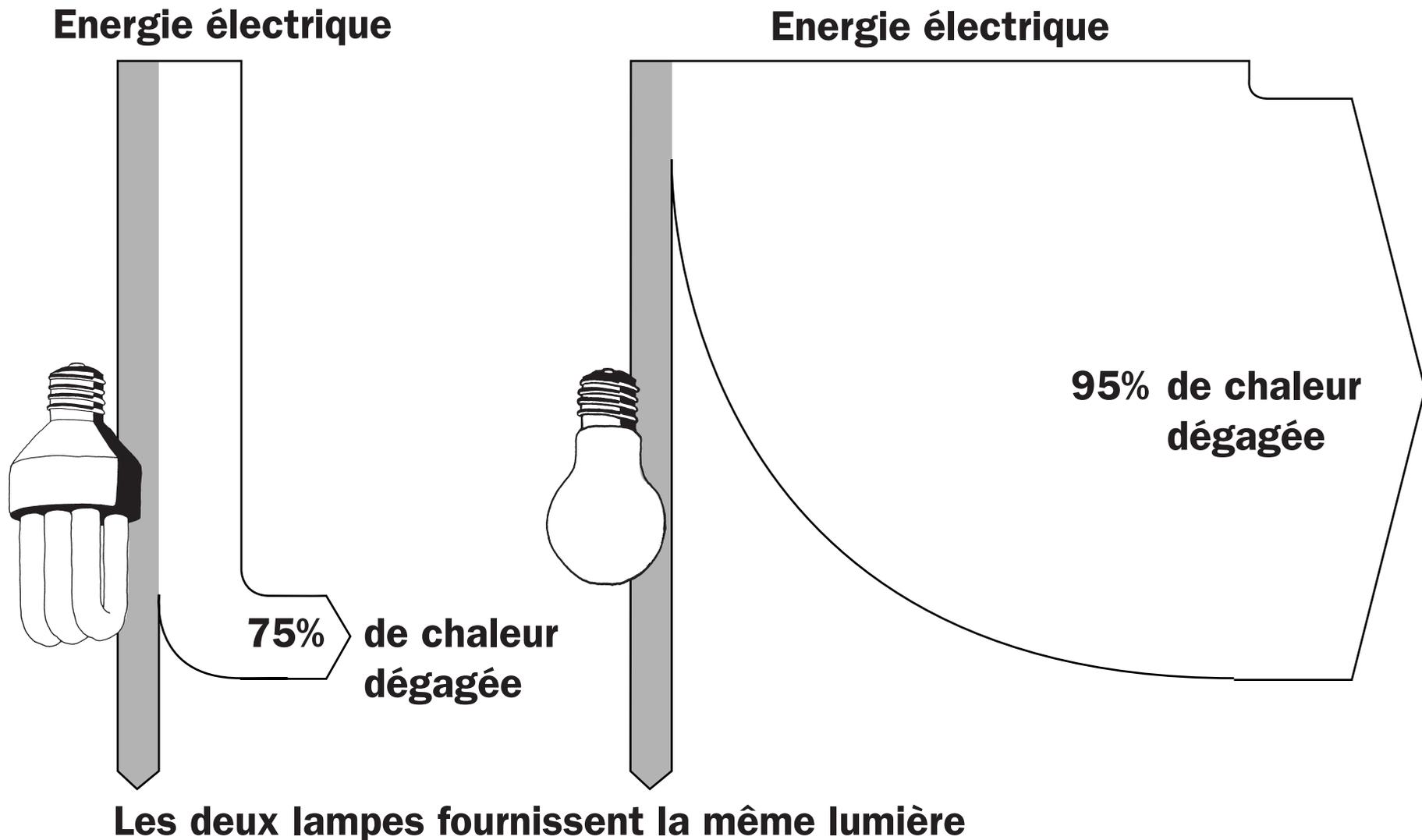
- de meilleures lampes et de meilleurs luminaires
- un réglage de l'éclairage conçu intelligemment
- une architecture qui laisse pénétrer la lumière naturelle



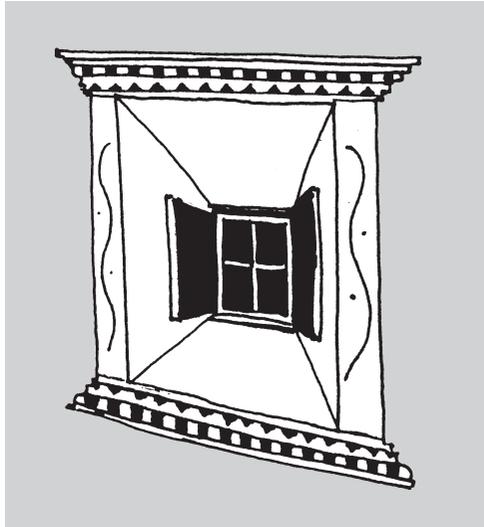
Un kilowattheure sur sept est consacré à l'éclairage



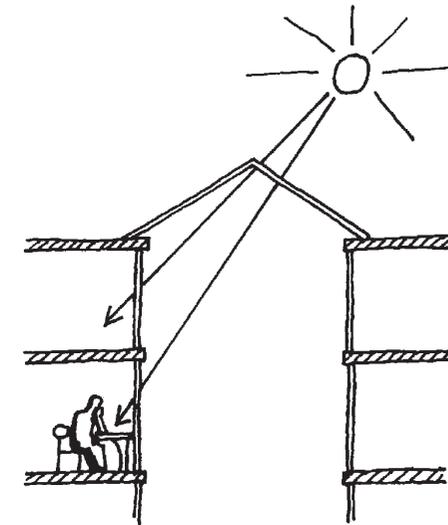
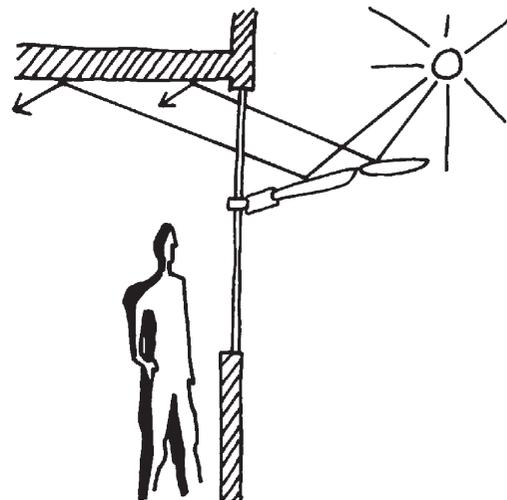
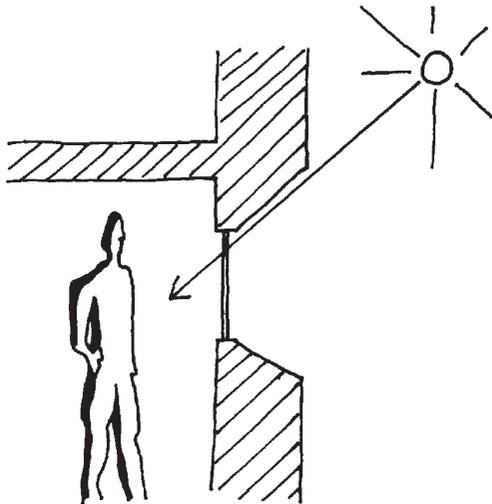
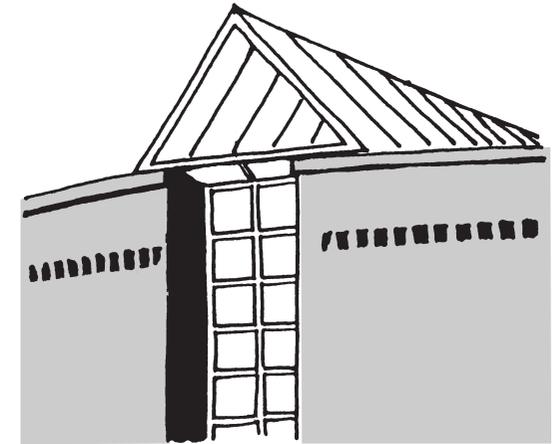
La lampe à incandescence, un vrai chauffage électrique



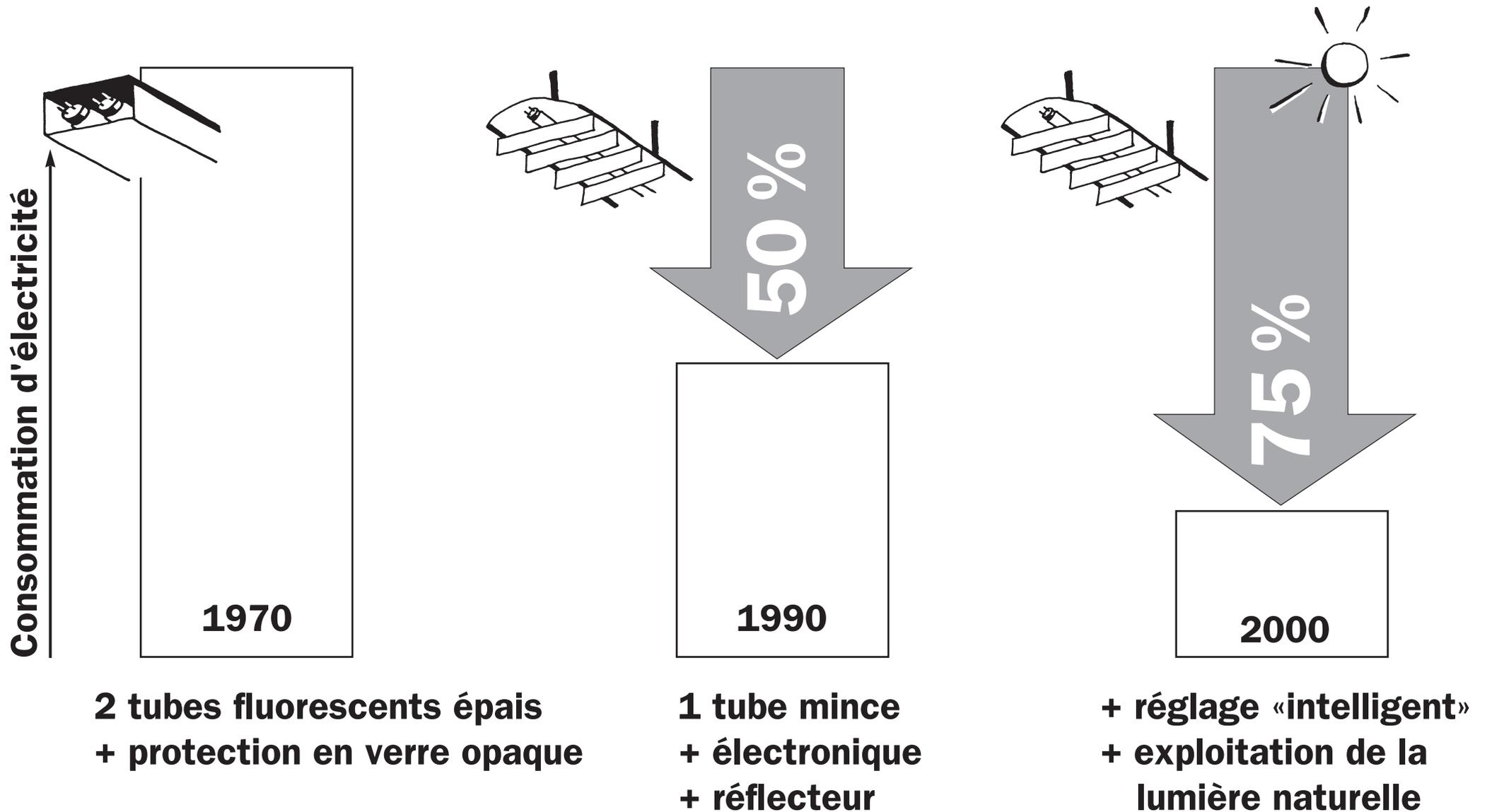
La lumière naturelle augmente le confort et diminue la facture d'électricité



- Angle d'arrivée de la lumière avec des murs épais
- Vastes surfaces vitrées
- Lumière provenant d'en haut
- Atrium (cour lumineuse)
- Réflecteurs de lumière (lamelles)



On dispose maintenant de techniques d'éclairage améliorées





Consommation de courant: où est la logique?

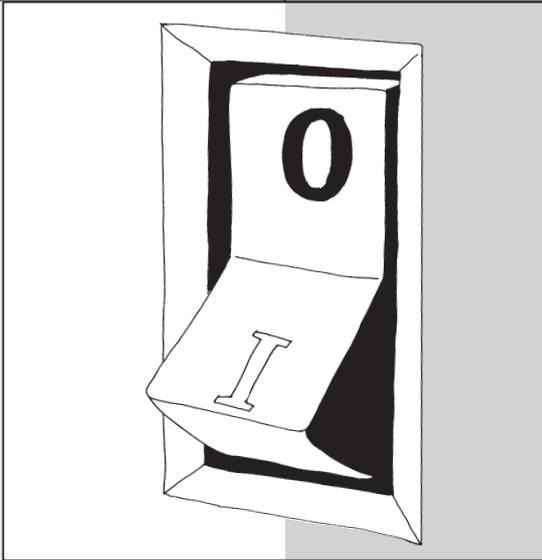
	Consommation spécifique d'électricité par an et m²	Coût annuel pour:	
		1 salle	20 salles
bon	12 kWh	240 francs	4800 francs
médiocre	18 kWh	360 francs	7200 francs
mauvais	24 kWh	480 francs	9600 francs
notre école		notre salle	toutes les salles
	_____ kWh	_____ francs	_____ francs

Quelle est la lampe qui convient le mieux?

Capacité de tension pour le même éclairage		15 watts		75 watts
Durée de vie		10 000 heures		1000 heures
Coût énergétique (pour 10 000 h, 20 ct/kWh)		francs		francs
Prix de l'ampoule		28 francs		10 francs
Coût total pour un fonctionnement de 10 000 h		francs		francs
Capacité de régulation				
Facilités de mise en service				
Restitution des couleurs				
Elimination (év. recyclage)				

Good bye Stand-by

Transparent 1



Combien d'électricité les machines de bureau consomment-elles?

Quelles machines sont particulièrement concernées?

Peut-on, dans le domaine de la bureautique, exercer une influence sur la consommation d'électricité?

Comment? Qui?

Quels résultats peut-on espérer?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans la leçon «Principes».

- ▶ Les photocopieuses et les ordinateurs personnels consomment les 4/5 de l'électricité réclamée par l'ensemble des machines de bureau.
- ▶ La plus grande part du courant (soit les 2/3) est consommée en position d'attente (stand-by).
- ▶ En déclenchant les appareils avant une pause, on ne les abîme pas mais on économise de l'électricité.
- ▶ Acheter des machines de bureau en tenant compte de leur consommation, c'est simple: les bons appareils portent le label Energie 2000.

Les appareils de bureau ne consomment «que» 3% de l'électricité. Certes, c'est une part relativement modeste; toutefois, gardons-nous bien d'en tirer des conclusions hâtives. Car il s'agit tout de même de 1,5 milliard de kWh, soit l'équivalent de 60% de la production annuelle de la centrale nucléaire de Beznau I ou de celle de Mühleberg. De plus, les machines de bureau ne sont que le premier maillon de toute une chaîne: Dans bon nombre de bureaux, il faut une installation de climatisation pour compenser la chaleur que dégagent les ordinateurs personnels et les photocopieuses, ce qui implique des dépenses considérables en électricité. Dans bien des cas, ces frais énergétiques «secondaires» sont plus élevés que ceux qu'engendrent les machines du bureau elles-mêmes! Cet effet négatif se voit souvent renforcé par une démarche surprenante: fâcheusement, on a tendance à dimensionner les installations de climatisation en fonction de données théoriques très élevées, et non sur la base de la consommation réelle des machines de bureau. D'où des investissements inutiles et une perte énorme d'énergie grise dans de gigantesques circuits de refroidissement.

Voici deux considérations primordiales en ce qui concerne **la consommation d'électricité des machines de bureau**:

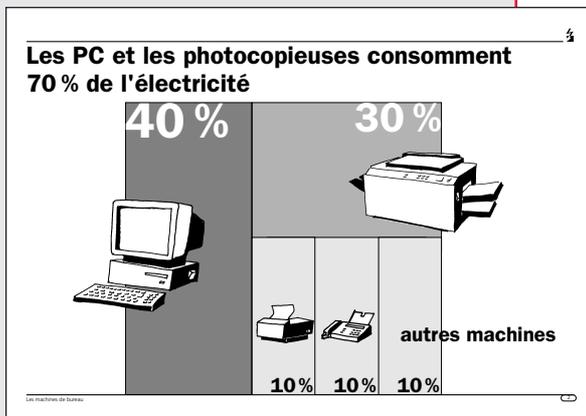
Premièrement: Les photocopieuses et les ordinateurs personnels consomment 70% de l'électricité que réclament les machines de bureau dans leur ensemble.

Deuxièmement: Ce n'est pas pendant leur utilisation que les machines de bureau consomment le plus d'électricité... mais durant leurs phases d'attente (stand-by).

L'écran, le PC (ordinateur personnel) ou la photocopieuse en position d'attente (stand-by) «grillent» beaucoup d'électricité. Il vaut donc la peine de les déclencher lors d'une pause ou d'une séance (bouton 0-I).

Les photocopieuses et les imprimantes laser fonctionnent selon le même principe technique: un rayonnement calorifique fond les particules de toner pour les fixer sur une feuille. Sans cette forme de «brûlage», l'impression ne serait pas stable. Or, en position d'attente, le courant électrique continue à maintenir les cylindres à la température requise pour ce travail. Dans les PC (ordinateurs personnels), ce sont les parties mécaniques qui consomment le plus d'électricité. Précisons que la consommation d'électricité peut varier considérablement selon le type et la marque de l'appareil, mais aussi selon sa génération. Au vu du très vaste choix dans ce domaine, nous recommandons d'opter pour des appareils portant le label Energie 2000.

Transparent 2

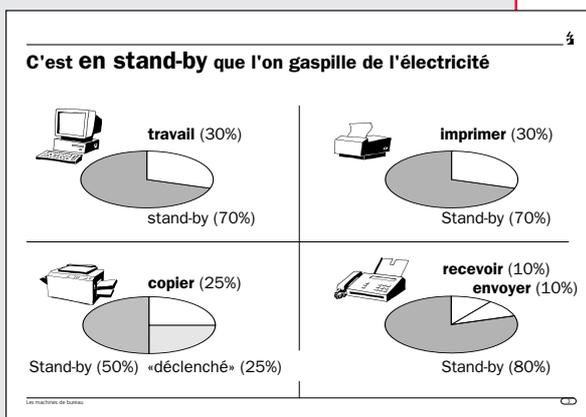


Parts de consommation d'électricité des diverses machines de bureau.

Les ordinateurs personnels (PC) et les photocopieuses consomment 70% de l'électricité

- ▶ La consommation d'électricité des machines de bureau représente 3% de la consommation globale suisse, soit 1,5 milliard de kWh – l'équivalent de la consommation de 300 000 ménages.
- ▶ La part de la consommation des machines par rapport à un bureau dans son ensemble se situe entre 20% et 40%. Les 60% à 80% restants sont le fait de l'éclairage, des installations du bâtiment et d'autres appareils.
- ▶ Les machines de bureau les plus gourmandes en électricité sont l'ordinateur personnel, la photocopieuse, l'imprimante laser et le fax. Comparées à ces appareils, les autres machines ne consomment pratiquement rien.
- ▶ A l'heure actuelle, le nombre et la capacité des appareils ne font qu'augmenter, mais leur consommation a tendance à baisser. A la fin des années 1980, un PC réclamait 160 W; aujourd'hui, un ordinateur cent fois plus puissant consomme la moitié.
- ▶ La fabrication d'une feuille A4 blanche nécessite quatre fois plus d'énergie qu'une même feuille en papier recyclé.

Transparent 3



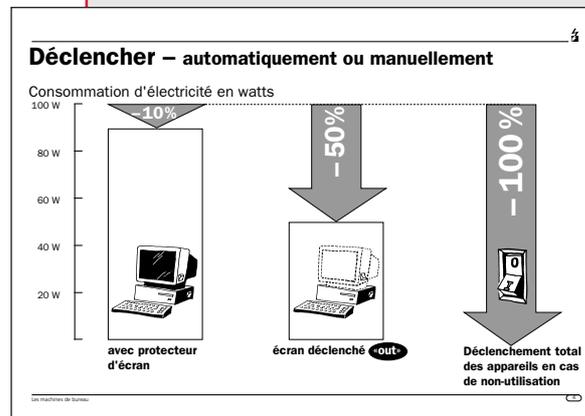
Les modes de fonctionnement (travail, stand-by, hors-circuit) et leurs parts respectives de consommation d'électricité.

Une énorme consommation de courant en position d'attente (stand-by)

- ▶ La plupart des machines de bureau comportent quatre états de fonctionnement: travail, stand-by (position d'attente), repos (mode sleep) et hors-circuit.
- ▶ Les périodes d'attente (stand-by) sont généralement plus longues que les périodes de travail effectif. En conséquence, la consommation d'électricité suit la même tendance. C'est particulièrement frappant en ce qui concerne le fax: seulement 20% du courant utilisé sert à l'envoi ou à la réception d'informations.
- ▶ Les grosses photocopieuses, même en position hors-circuit, sont de véritables ogres: leur réseau de câbles réclame un flux ininterrompu de courant. Une photocopieuse que l'on utilise pour tirer 500 feuilles par jour consomme, en gros, la moitié du courant en stand-by, un quart en position hors-circuit (position durant laquelle les cylindres doivent conserver leur température, même pendant les week-ends!) et le dernier quart pour effectuer les photocopies: De nouvelles photocopieuses, réellement déclenchées en position «out», viennent d'apparaître sur le marché.
- ▶ Les notebooks fonctionnent, en principe, sur batteries et non sur le réseau. A cet égard, il faut savoir bien gérer l'énergie si l'on veut véritablement économiser de l'électricité. En cas de non-utilisation, il est indispensable de commuter sur stand-by: à ce moment-là, le disque dur reste en attente, le processeur travaille plus lentement et l'écran est hors-circuit. Sur ce mode de fonctionnement, un notebook consomme dix fois moins d'électricité qu'un PC offrant des prestations équivalentes. Dans un proche avenir, les ordinateurs domestiques bénéficieront, eux aussi, de cette technologie économique.

Déclencher – automatiquement ou manuellement

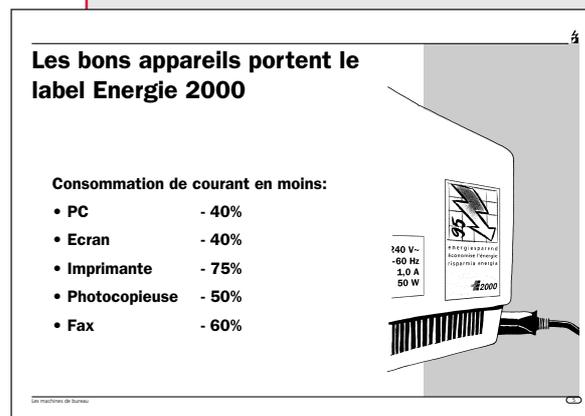
- ▶ Déclencher les machines de bureau, voilà une méthode simple et peu coûteuse pour économiser beaucoup d'électricité! Si l'on répugne à devoir manipuler systématiquement l'interrupteur – par exemple parce qu'il faudrait le faire très souvent lors de certains travaux –, on peut très bien automatiser cette fonction: en cas de non-utilisation, le PC commute sur OFF, si on l'utilise, il commute sur ON.
- ▶ Une récente étude de l'EPF met à mal une idée toute faite: l'enclenchement et le déclenchement répétés n'abrègent absolument pas la durée de vie des machines de bureau. De plus, la consommation d'électricité nécessaire au démarrage n'est guère plus importante que celle qu'un appareil réclame pour son fonctionnement.
- ▶ Les protecteurs d'écran sont prévus pour remettre l'écran sur «noir» après quelques minutes de non-utilisation. On ménage ainsi l'écran, mais le tube reste chaud; l'économie d'électricité est de l'ordre de 10%. Malheureusement, les protecteurs d'écran dissuadent ainsi l'utilisateur de déclencher son écran quand il n'en a plus besoin.
- ▶ Selon le programme, l'enclenchement et le déclenchement peuvent prendre du temps. Pour éviter cet inconvénient, il faut déclencher l'écran (automatiquement ou manuellement). Les appareils de commutation s'avèrent efficaces dans le domaine du déclenchement automatique: ils se présentent sous la forme d'un élément qui fait partie intégrante de la rallonge 230 V reliant le PC à l'écran. Ce dispositif permet de diviser par deux la consommation d'électricité pendant les périodes de non-utilisation.



Economies d'électricité réalisables grâce à trois méthodes applicables sur les ordinateurs personnels.

Les bons appareils portent le label Energie 2000

- ▶ Les machines de bureau économes en courant portent le label d'Energie 2000 – un autocollant de la taille d'un timbre-poste. Chaque année, les exigences pour l'obtention de cette marque de qualité sont systématiquement revues à la hausse et repensées en fonction des nouvelles technologies. Les appareils portant le label ne sont pas forcément plus chers.
- ▶ Si la clientèle manifeste sa préoccupation d'économiser l'énergie, les fabricants accordent une attention accrue à ce critère d'achat. A son tour, l'amélioration de l'offre influe sur l'attitude des clients et des utilisateurs.
- ▶ L'administration zurichoise, par exemple, n'acquiert plus que des machines de bureau pourvues du label Energie 2000. Aux Etats-Unis, l'administration publique n'achète que des appareils portant le label Energy Star. Les indications relatives à la puissance figurent la plupart du temps à l'arrière de la machine (plaquette ou autocollant).



Diminution de la consommation de diverses machines de bureau.

Indications de consommation de courant (imprimantes et photocopieuses de gamme moyenne)

Appareil	Appareil moyen	Appareil avec courant label Energie 2000	Consommation en moins
PC	50 W	30 W	- 40%
Ecran	50 W	30 W	- 40%
Imprimante*	60 W	15 W	- 75%
Photocopieuse**	160 W	80 W	- 50%
Fax	25 W	10 W	- 60%

* 10 pages par minute **30 pages par minute

Devoirs

Coûts énergétiques: Y a-t-il de grosses différences?



- Comparez la consommation d'électricité d'un PC traditionnel, d'un PC portant le label Energie 2000 et d'un notebook.
- En termes financiers, quelles seraient les répercussions de ces différences sur la succursale d'une banque genevoise possédant 1600 ordinateurs?

Pour le calcul veuillez vous baser sur les chiffres ci-dessous on définissez-en vous-même:

Durée d'utilisation	5 ans
Durée de branchement	2000 heures par année
Durée du travail réel	500 heures par année
Prix de l'électricité	20 ct/kWh
Nombre d'ordinateurs	1600

Transparent 6

Comparaison de la consommation d'électricité de trois types de PC

Etat de fonctionnement	PC normal	PC avec label «Energie 2000»	Notebook
Puissance en stand-by	100 watts	60 watts	5 watts
Puissance en travail	100 watts	60 watts	20 watts
Coût par PC	200.- fr.	120.- fr.	17.50 fr.
Pour toute l'entreprise	320 000.- fr.	192 000.- fr.	2800.- fr.

$$\frac{\text{Puissance en stand-by} \cdot 1500 \cdot 5 \cdot 0,2}{1000}$$

$$+ \frac{\text{Puissance pendant le travail} \cdot 500 \cdot 5 \cdot 0,2}{1000}$$

= coût en francs sur 5 ans



- A l'école ou à la maison, les machines de bureau portent-elles le label Energie 2000?
- Si non, ces machines remplissent-elles les conditions pour obtenir ce label (économies d'électricité)?
- Combien d'électricité consomment-elles?

Débat: Quelle est l'imprimante indiquée?

Transparent 7

Critères pour l'évaluation de deux types d'imprimantes

	Imprimante laser	Imprimante à jet d'encre
Qualité d'impression	très bonne	bonne, att. aux bavures
Possibilité d'utiliser du papier recyclé	oui	dépend de la qualité du papier et de l'encre
Possibilité d'imprimer en couleurs	très cher	bon marché
Rapidité	très élevée	plutôt basse
Consommation d'électricité (valeurs types)	300 kWh par an	30 kWh par an
Coûts énergétiques (valeurs types)	60.- francs par an	6.- francs par an
Prix d'achat	1000.- à 3000.- Frs.	300.- à 1000.- Frs.

Bibliographie

Liste des appareils dotés du label «Energie 2000», diffusion au travers les associations des consommateurs / -trices

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

2^{me} journée d'information RAVEL: d'avantage de bureaux, moins d'électricité
No de commande: 724.300.2 f

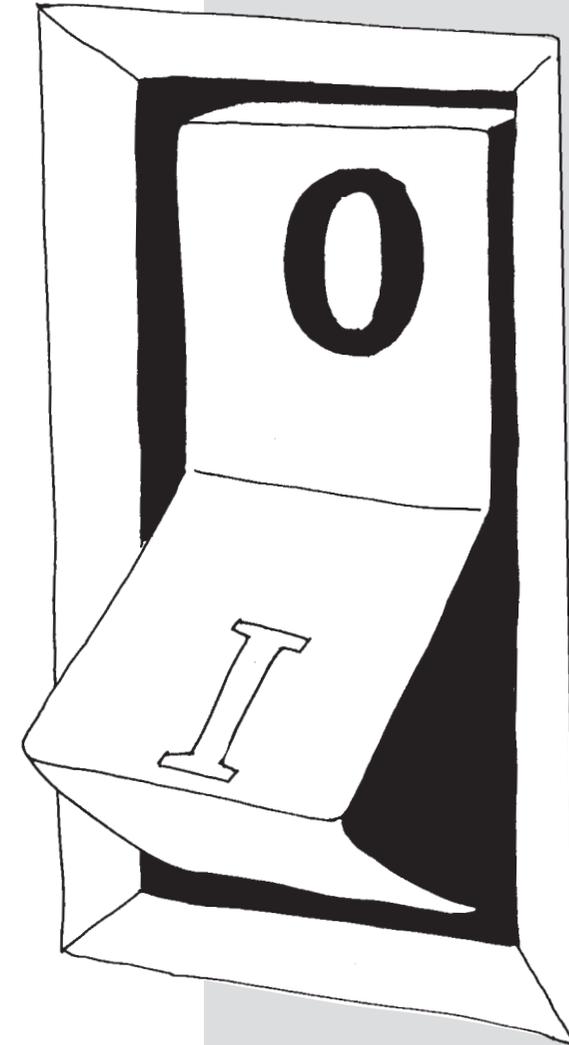
Lumière, étude de cas
No de commande: 724.397.22.51 f

Machines de bureau et consommation de courant

«*Good bye stand-by*»!

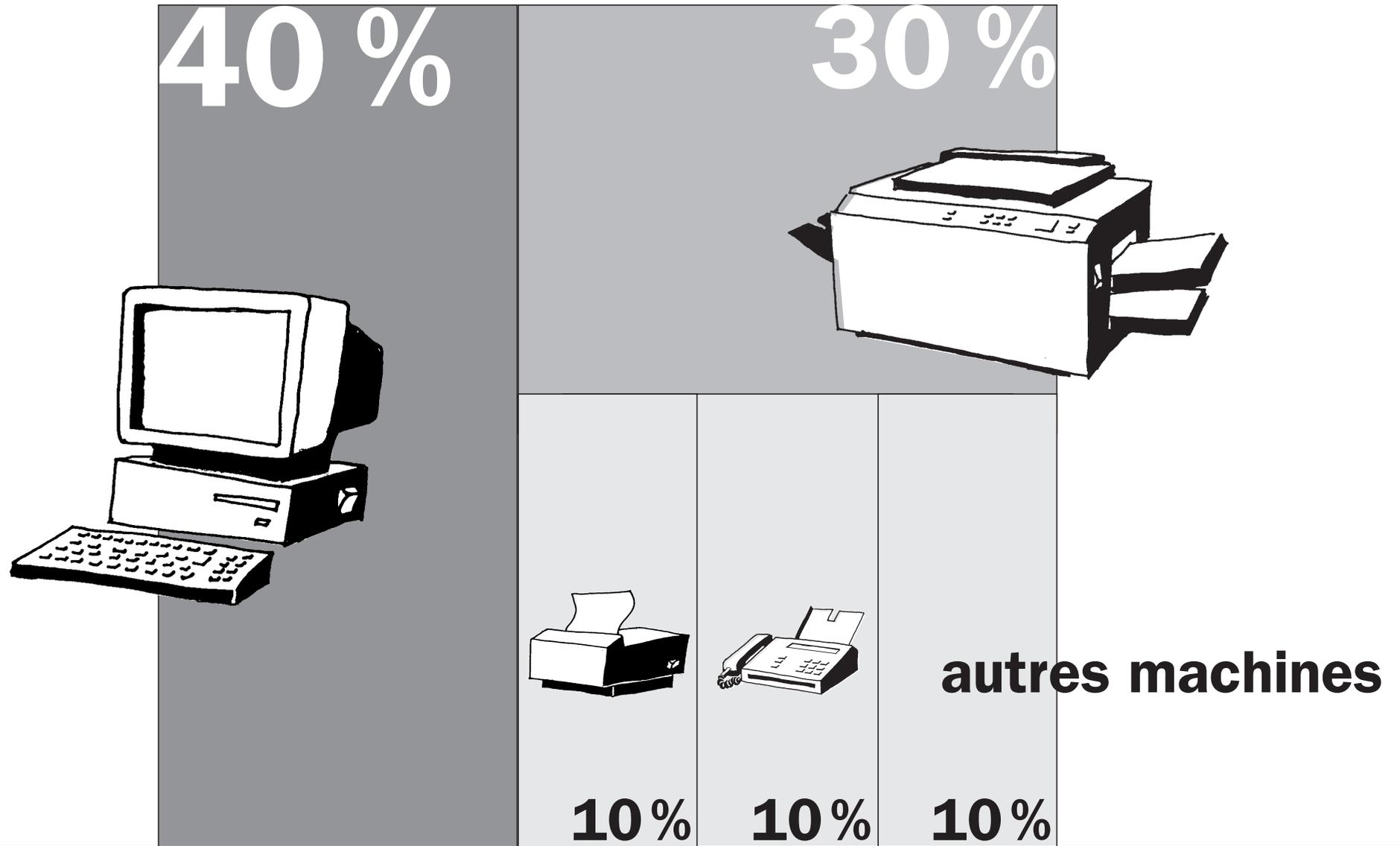
Utiliser plus rationnellement l'électricité

- en déclenchant les appareils automatiquement ou manuellement
- en achetant des appareils énergétiquement efficaces





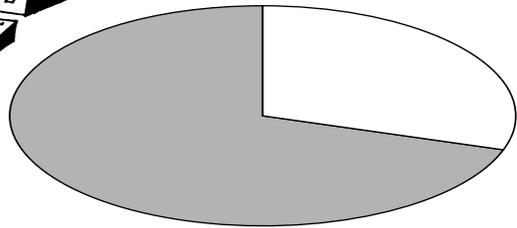
Les PC et les photocopieuses consomment 70 % de l'électricité



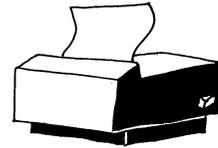
C'est en stand-by que l'on gaspille de l'électricité



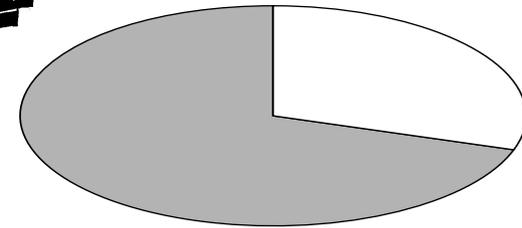
travail (30%)



stand-by (70%)



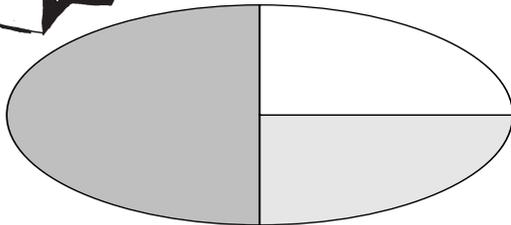
imprimer (30%)



Stand-by (70%)



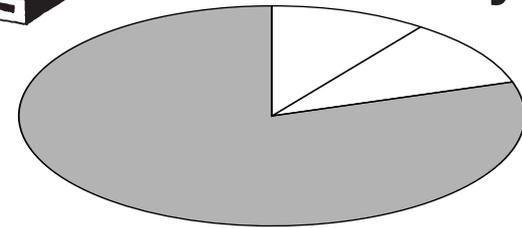
copier (25%)



Stand-by (50%) «déclenché» (25%)



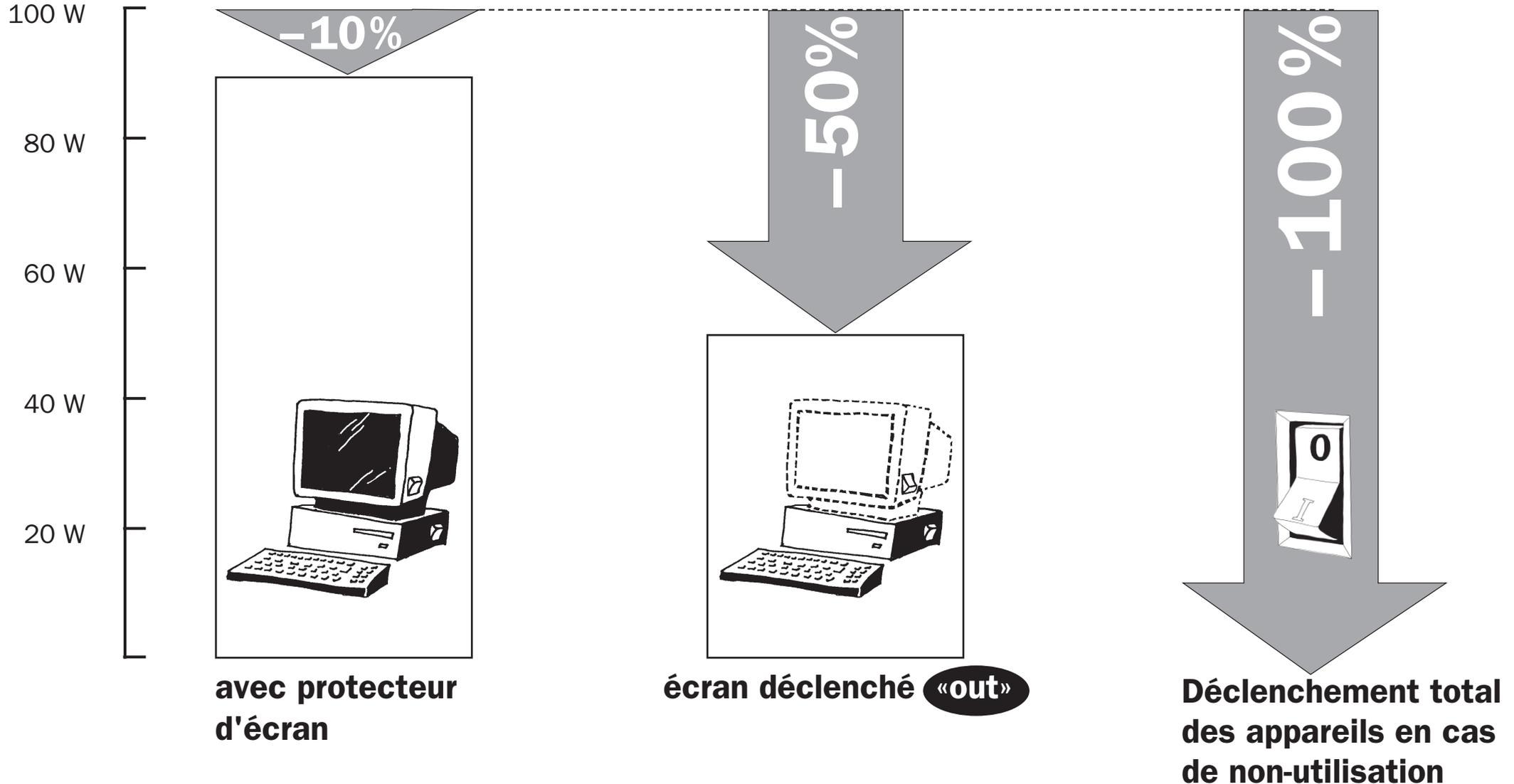
**recevoir (10%)
envoyer (10%)**



Stand-by (80%)

Déclencher – automatiquement ou manuellement

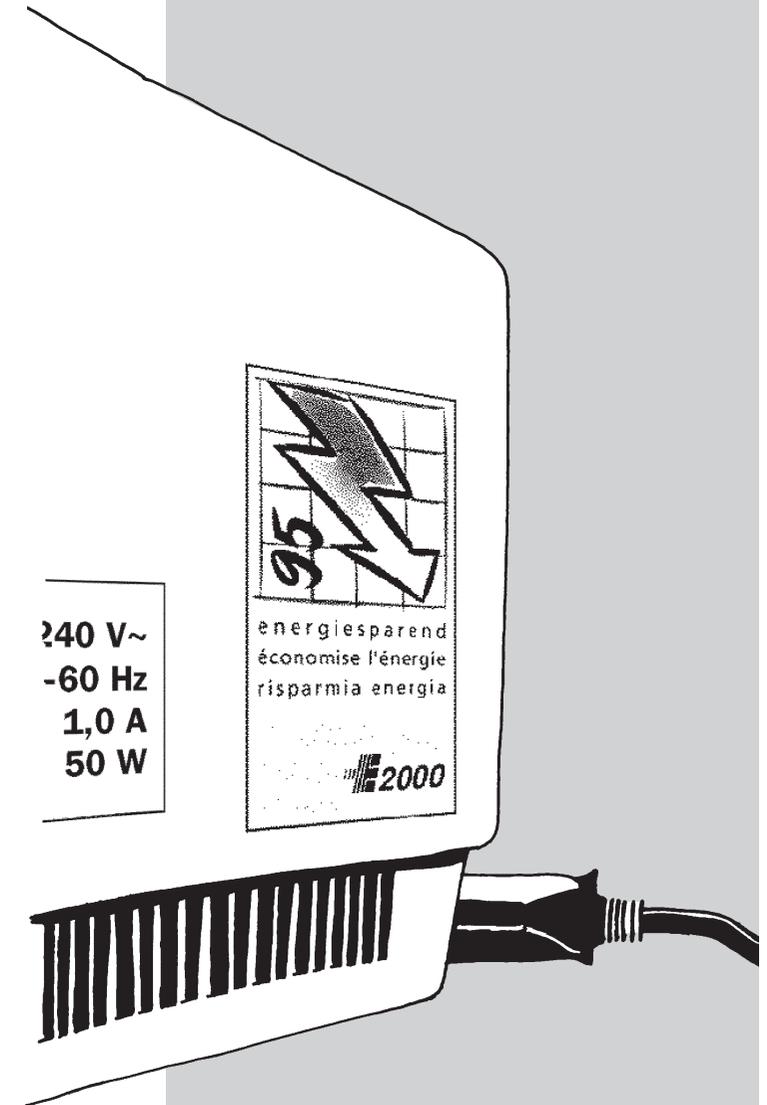
Consommation d'électricité en watts



Les bons appareils portent le label Energie 2000

Consommation de courant en moins:

- **PC** - **40%**
- **Ecran** - **40%**
- **Imprimante** - **75%**
- **Photocopieuse** - **50%**
- **Fax** - **60%**



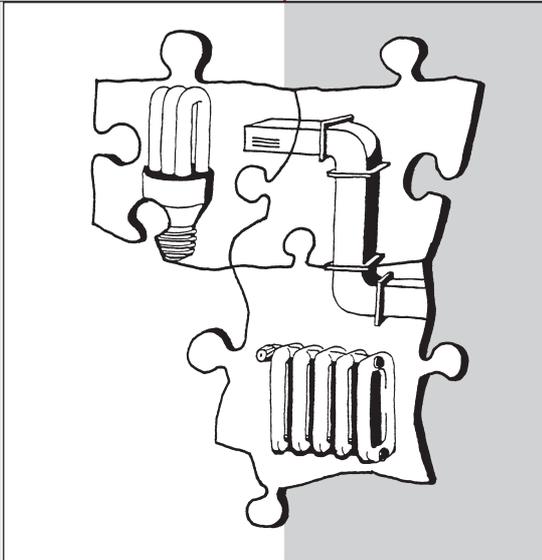


Critères pour l'évaluation de deux types d'imprimantes

	Imprimante laser	Imprimante à jet d'encre
Qualité d'impression	_____	_____
Possibilité d'utiliser du papier recyclé	_____	_____
Possibilité d'imprimer en couleurs	_____	_____
Rapidité	_____	_____
Consommation d'électricité (valeurs types)	300 kWh par an	30 kWh par an
Coûts énergétiques (valeurs types)	60.– francs par an	6.– francs par an
Prix d'achat	_____	_____

Construire en étant attentif aux coûts

Transparent 1



- ▶ Dans un bâtiment bancaire, les trois quarts des coûts énergétiques sont consacrés aux installations du bâtiment.
- ▶ Une architecture bien pensée réduit la consommation d'énergie et rend la climatisation superflue.
- ▶ Les installations surdimensionnées coûtent des millions de francs.
- ▶ Les possibilités de comparaison favorisent une conception plus efficace des installations du bâtiment.

Quels sont les équipements qui composent les installations du bâtiment?

Quelles sont les conduites nécessaires?

Pourquoi les installations du bâtiment sont-elles souvent surdimensionnées?

Quel genre d'informations les indices énergétiques peuvent-ils fournir?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans les leçons «Habitat» et «Chaleur».

Le quart de l'électricité consommée en Suisse est consacrée aux installations du bâtiment, c'est-à-dire aux équipements qui alimentent les immeubles en lumière, en air frais, en chaleur et en eau. Outre les conduites servant à l'éclairage, à la ventilation, à la climatisation, au chauffage et à l'eau sanitaire, les bâtiments comportent aussi des lignes téléphoniques et parfois des câbles informatiques.

Les installations du bâtiment sont enfouies dans les sous-sols. Pour nous, qui n'avons pas à nous préoccuper de leur maintenance, c'est un domaine auquel nous ne pensons jamais: nous avons une confiance aveugle dans la fiabilité de tout cet appareillage. Peut-on imaginer une panne générale des installations du bâtiment d'un grand magasin, suite à une rupture de courant? Plus de lumière. Plus de ventilation. Les escalators et les ascenseurs restent bloqués. Les portes automatiques ne fonctionnent plus...

Dans le domaine des **installations du bâtiment**, il y a deux points essentiels à relever:

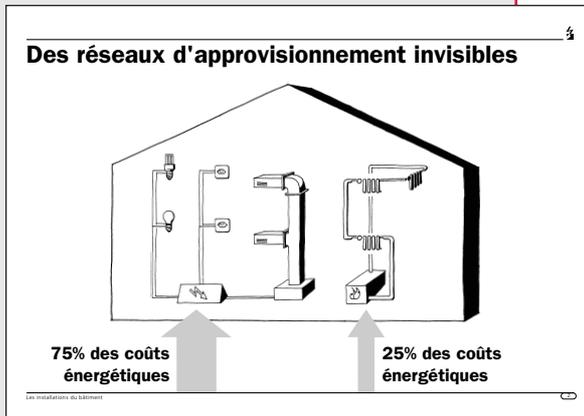
Premièrement: Un immeuble sans technique du bâtiment, c'est comme une maison sans toit ou sans fenêtres.

Deuxièmement: On peut économiser beaucoup d'énergie – et donc d'argent – en adaptant les installations du bâtiment aux besoins réels.

Heureusement, tous les grands magasins sont équipés de générateurs de secours – une petite centrale alimentée par un moteur diesel ou par des batteries – permettant de faire temporairement face à la panne. Mais les générateurs de secours réclament énormément d'électricité; ils ne sont utiles que là où une coupure de courant peut avoir de très graves conséquences.

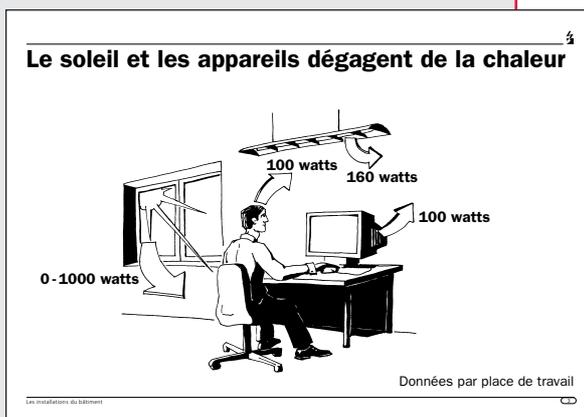
Les installations du bâtiment sont indispensables. Malheureusement, elles sont trop souvent surdimensionnées, soit parce que les concepteurs n'ont pas les connaissances requises, soit encore qu'ils ne se soucient pas d'économies d'énergie, soit enfin que le maître d'œuvre, les concepteurs et les installateurs ne soient pas sur la même longueur d'onde. En réalité, il vaut la peine de concevoir les installations du bâtiment avec soin: si elles sont correctement dimensionnées, ces installations coûtent moins cher, sans compter qu'elles nécessitent moins de place et d'énergie.

Des réseaux d'approvisionnement invisibles



Dans un bâtiment administratif, l'éclairage, les machines de bureau, l'aération et le chauffage représentent chacun 1/4 de la consommation électrique.

- ▶ Si un bâtiment administratif était construit tout en verre, on pourrait voir des dizaines et des dizaines de tuyaux et de câbles sillonner les planchers, les plafonds et les cloisons. Tout bâtiment administratif comporte de très nombreux réseaux: câbles électriques, canaux de ventilation, conduites d'eau chaude, d'eau froide et d'égouts, fils téléphoniques, câblage informatique, conduites de commande pour l'éclairage et la climatisation, etc. Sans toute cette «vie intérieure», un bâtiment ne servirait à rien et on ne pourrait pas y travailler.
- ▶ Dans un bâtiment bancaire, 25% seulement des coûts énergétiques sont dus au chauffage; le solde de l'électricité est destiné à l'éclairage (1/3), aux machines de bureau (1/3) et à la climatisation (1/3).
- ▶ Les installations de ventilation, d'informatique et de télécommunication fonctionnent généralement vingt-quatre heures sur vingt-quatre. Dans beaucoup de bâtiments administratifs, elles consomment plus de la moitié du courant utilisé hors des heures de travail, quand personne ne téléphone ni n'utilise les photocopieuses et les ordinateurs.
- ▶ Dans un bureau, la consommation d'électricité d'une seule place de travail correspond à celle d'un ménage. Et là, des économies substantielles sont possibles. Le concepteur pourrait réduire la circulation des canalisations d'eau chaude et des conduites d'aération; le transport du volume d'air ou d'eau demanderait alors moins d'électricité pour son entraînement. Les employés pourraient se donner la peine de déclencher leurs appareils avant de faire la pause, diminuant ainsi de moitié la consommation d'électricité des machines de bureau.



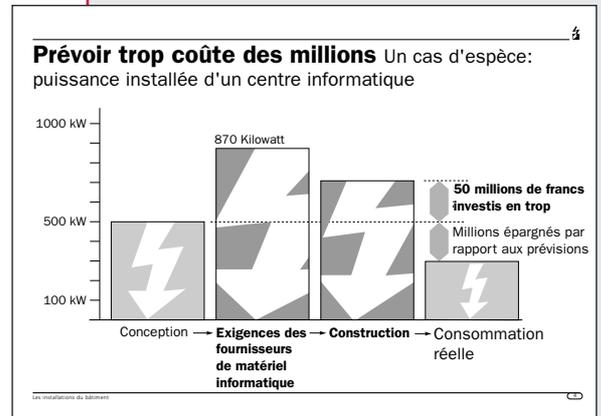
Sources de chaleur dans un bureau: l'être humain, les machines de bureau et les lampes dégagent de la chaleur; si, en outre, il fait beau, la température du bureau peut être plus qu'agréable.

Le soleil dégage de la chaleur, les machines de bureau aussi

- ▶ On ne peut pas détruire l'énergie, on ne peut que la transformer. Les installations du bâtiment et les machines de bureau fonctionnent à l'électricité, qui est l'énergie la plus concentrée, pour la restituer ensuite sous la forme de chaleur dégagée.
- ▶ L'être humain, lui aussi, dégage de la chaleur – presque autant qu'un ordinateur. Il y a aussi le soleil qui réchauffe la pièce où l'on se tient, pour autant que ses rayons traversent la vitre. En hiver, cet effet thermique est le bienvenu; en été, par contre, on cherche plutôt à le compenser en ouvrant les fenêtres ou en branchant la climatisation.
- ▶ Dans les années 1970 et 1980, les architectes ont édifié de superbes bâtiments administratifs tout en métal et en verre, en oubliant de prévoir des protections solaires efficaces pour les vastes surfaces vitrées. Inutile de dire que, dans ces conditions, on ne peut pas passer l'été sans climatisation. A tel point que le coût énergétique de la climatisation dépasse bien souvent celui du chauffage.
- ▶ Un bâtiment administratif intelligemment conçu se passe aisément de climatisation. La lumière naturelle y pénètre facilement malgré une bonne protection solaire. L'installation d'un système de climatisation se justifie encore dans certains cas où les fenêtres ne peuvent être ouvertes, comme aux abords de rues bruyantes.

Prévoir trop coûte des millions

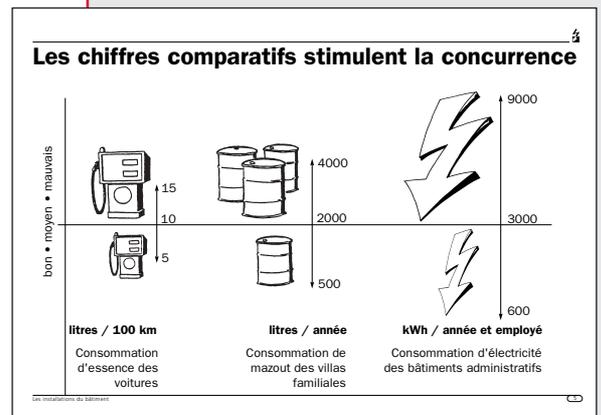
- ▶ Une grande banque suisse, bâtissant à Londres une succursale qui abriterait 500 employés, avait prévu une puissance de 500 kW pour sa centrale informatique. Les fournisseurs de matériel informatique insistèrent pour porter cette puissance à 870 kW au moins. Une fois les installations mises en service, on s'aperçut que 300 kW auraient largement suffi. Le surdimensionnement des installations du bâtiment a coûté plusieurs dizaines de millions de francs à la banque.
- ▶ La plupart des installations du bâtiment sont surdimensionnées: bien rares sont celles qui se limitent réellement aux besoins. Bien souvent, le concepteur responsable des installations du bâtiment ne veut pas prendre de risques. En définitive, c'est le maître d'œuvre qui fait les frais de cette mégalomanie. Le concepteur ne perd rien à commettre ce genre d'erreur puisque les honoraires des architectes et des ingénieurs se calculent généralement en pourcentage du coût total du bâtiment...
- ▶ Bien informé, ou avec l'aide d'experts indépendants, le maître d'œuvre peut éviter le surdimensionnement des installations du bâtiment. La grande banque suisse dont il est question plus haut a tiré la leçon de ses erreurs: la succursale suivante a été équipée de façon nettement plus économique! A cet égard, il faut relever que les nouveaux ordinateurs consomment beaucoup moins d'électricité que leurs prédécesseurs. La climatisation s'avère donc inutile.



Lors de la construction d'un centre bancaire à Londres, le surdimensionnement des installations du bâtiment a coûté plusieurs dizaines de millions de francs.

Les chiffres comparatifs stimulent la concurrence

- ▶ Si vous voulez acheter une auto qui nuise le moins possible à l'environnement, vous tenez compte de sa consommation d'essence. Aujourd'hui, une bonne voiture ne consomme que 5 litres au 100 km. Pour couvrir cette même distance, une voiture électrique n'a besoin que de 5 kWh, ce qui, compte tenu des pertes, correspond à un litre d'essence. Comme la modestie de la consommation d'essence est devenue une raison de préférer un modèle à un autre, les constructeurs automobiles se sont employés à répondre aux vœux du consommateur.
- ▶ Dans le domaine des installations du bâtiment, on peut aussi procéder à des comparaisons en matière d'efficacité énergétique et de compatibilité avec l'environnement. L'un des indicateurs les plus importants est la consommation d'énergie. Pour une grosse villa familiale récente, cette consommation varie entre 500 et 4000 litres de mazout par année.
- ▶ En ce qui concerne les bâtiments administratifs, l'un des indices les plus parlants est la consommation d'électricité par place de travail. Cette donnée n'est que rarement utilisée – et c'est bien dommage car elle inciterait certainement les entreprises de service à prendre des mesures d'économie d'énergie. La consommation d'électricité par place de travail varie, en fonction des employés et des années, entre 1000 kWh pour les bureaux énergétiquement efficaces et 8000 kWh pour les grandes banques.
- ▶ Une grosse consommation d'électricité n'est pas forcément synonyme de surdimensionnement des installations du bâtiment. On sait que les ordinateurs consomment énormément d'électricité, même dans les entreprises soucieuses d'économies. Des enquêtes ont démontré que l'on peut encore économiser 30% d'énergie sur les installations du bâtiment.



On a pris l'habitude de comparer les indices énergétiques des automobiles ou des villas familiales. Par contre, il n'en va pas de même pour les indices relatifs aux bâtiments administratifs, raison pour laquelle les valeurs divergent énormément de cas en cas.

Devoirs

Consommation d'électricité: *Quelles différences?*



- Quelle est la consommation d'électricité par place de travail?
- Combien de kilowattheures utilise-t-on, par année, pour tout le bâtiment scolaire (au total, et par élève)?

Transparent 6

Les différences sont-elles importantes?					
Place de travail de l'élève	Consommation d'électricité de l'entreprise en kWh/an	Coûts de l'électricité pour l'entreprise en fr./an	Nombre d'employés de l'entreprise	kWh par personne	Rang
(Nom de l'entreprise)					
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
Bâtiment scolaire:					
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Allez chercher les informations nécessaires auprès du concierge et du comptable.
 Comparez les chiffres que vous avez récoltés.



- Existe-t-il des différences importantes entre les données que vous avez recueillies?
- A quoi sont-elles dues?
- Quelles conclusions tirer de la comparaison entre la consommation pour l'école dans son ensemble et la consommation par élève?

Installations de climatisation: *Où se cachent-elles?*



- Dans votre bâtiment scolaire, y a-t-il des installations d'aération ou de climatisation (dans les salles de classe, l'aula, la cantine, la bibliothèque, etc.)?

Où arrivent les bouches d'aération?

	Air vicié	Air frais
Plafond:	_____	_____
Parois:	_____	_____
Sol:	_____	_____
Fenêtres:	_____	_____

Pour savoir si l'installation aspire l'air vicié ou pulse l'air frais, placez la main devant la bouche d'aération; si vous ne sentez rien, laissez voler une plume très légère.

Où se cache l'installation de climatisation?

Étage: _____

Numéro du local: _____

Couleur de l'installation d'aération: _____

L'air subit-il un refroidissement? _____

Le concierge est la personne la plus compétente pour vous renseigner.

Bibliographie

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

2^{me} journée d'information RAVEL: d'avantage de bureaux, moins d'électricité
 No de commande: 724.300.2 f

Gestion technique des bâtiments
 No de commande: 724.363 f

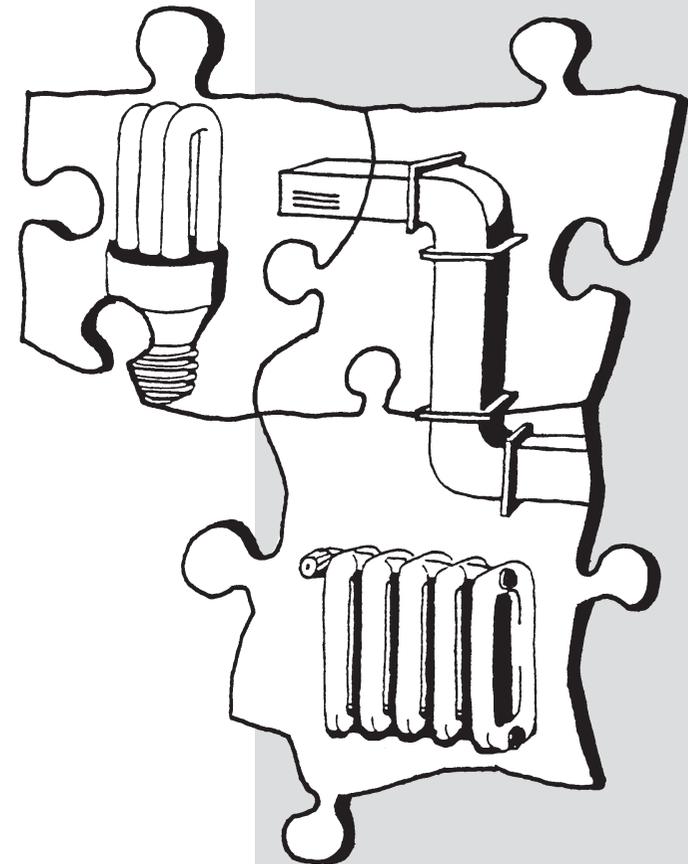
Installations de ventilation énergétiquement performantes
 No de commande: 724.307 f

Analyse de la consommation d'énergie
 No de commande: 724.318 f

Construire en étant attentif aux coûts

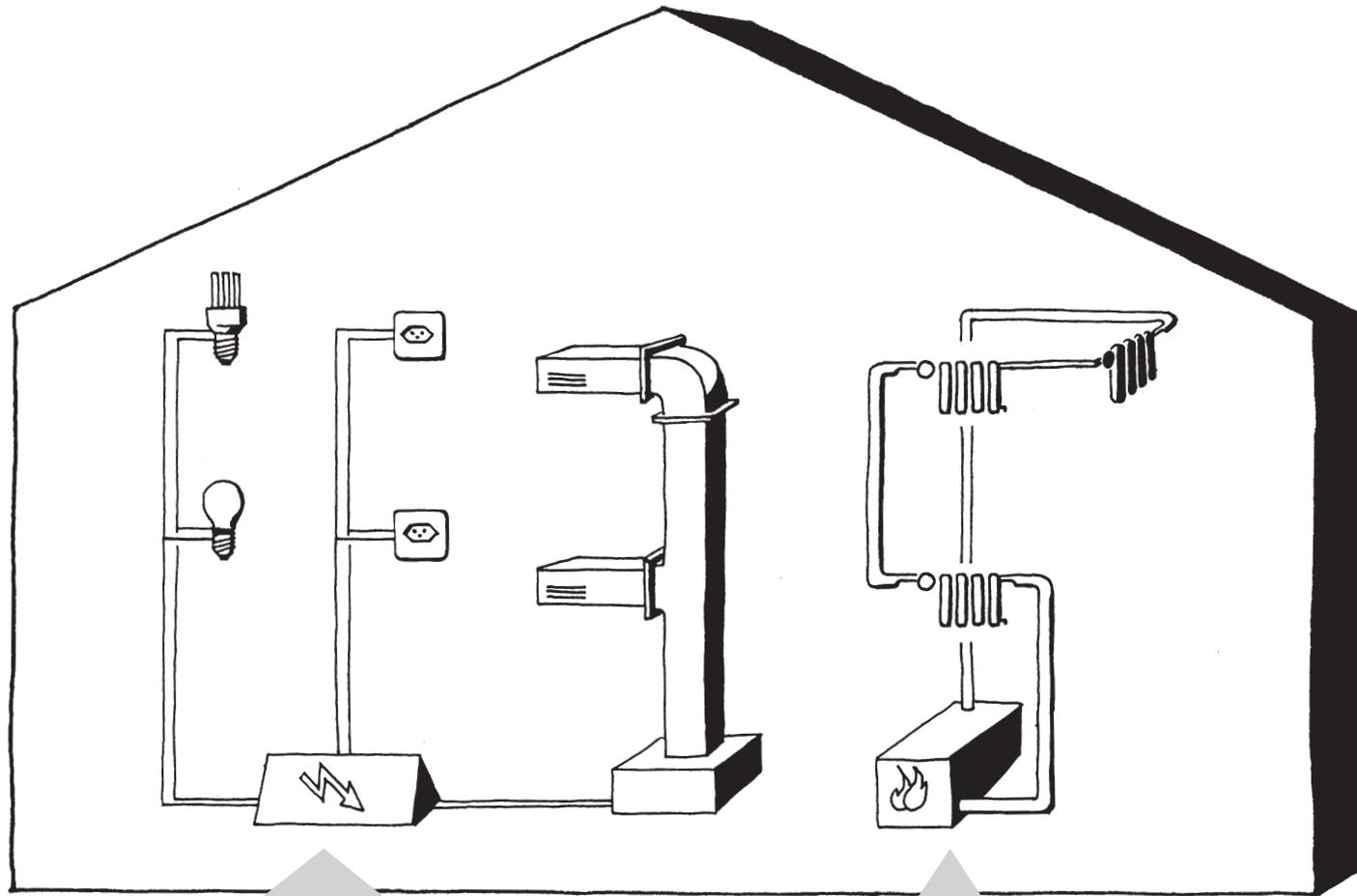
Des installations du bâtiment bien conçues

- **coûtent moins**
- **sont de meilleure qualité**
- **prennent moins de place**
- **diminuent la facture d'électricité**





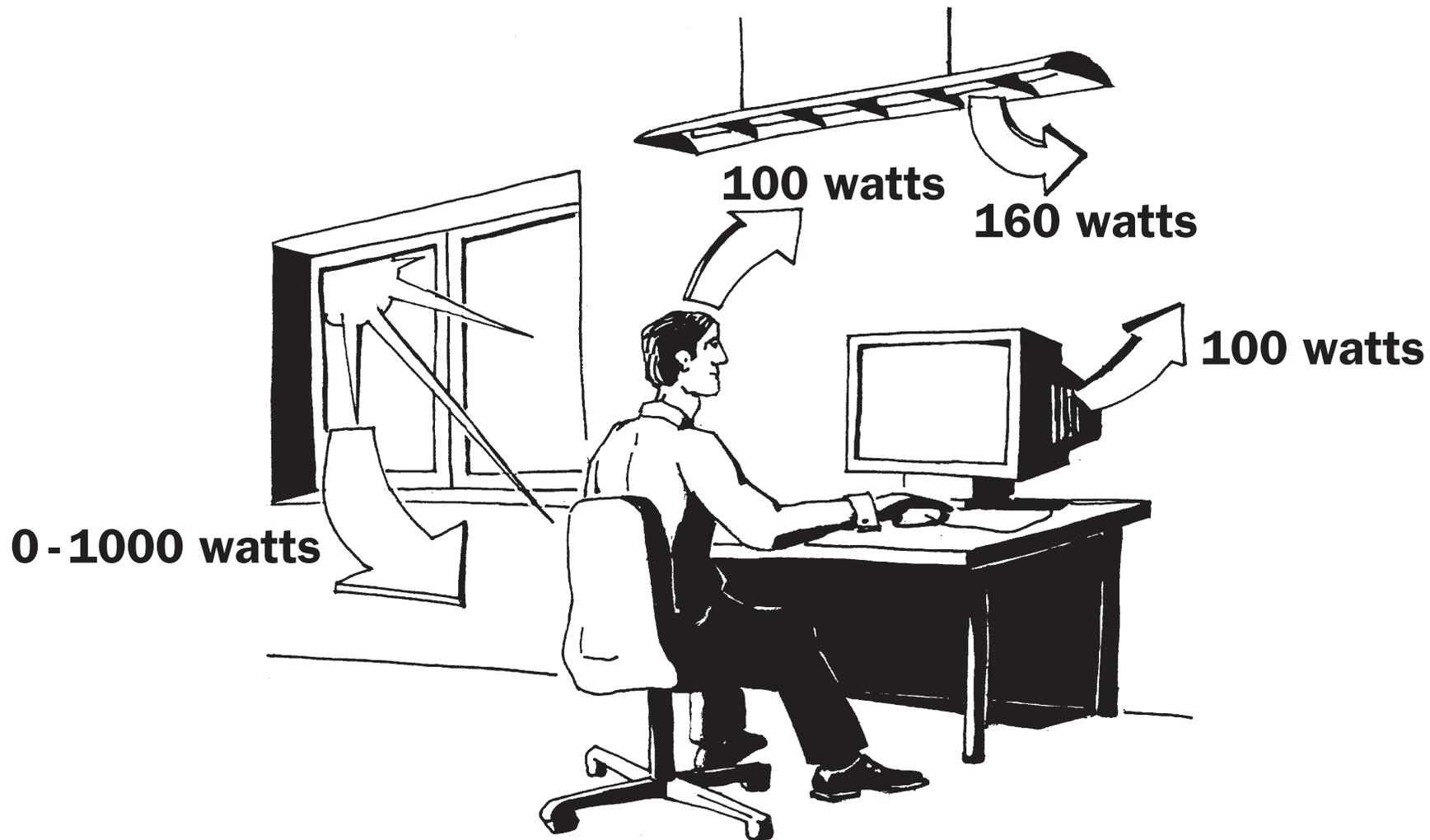
Des réseaux d'approvisionnement invisibles



**75% des coûts
énergétiques**

**25% des coûts
énergétiques**

Le soleil et les appareils dégagent de la chaleur

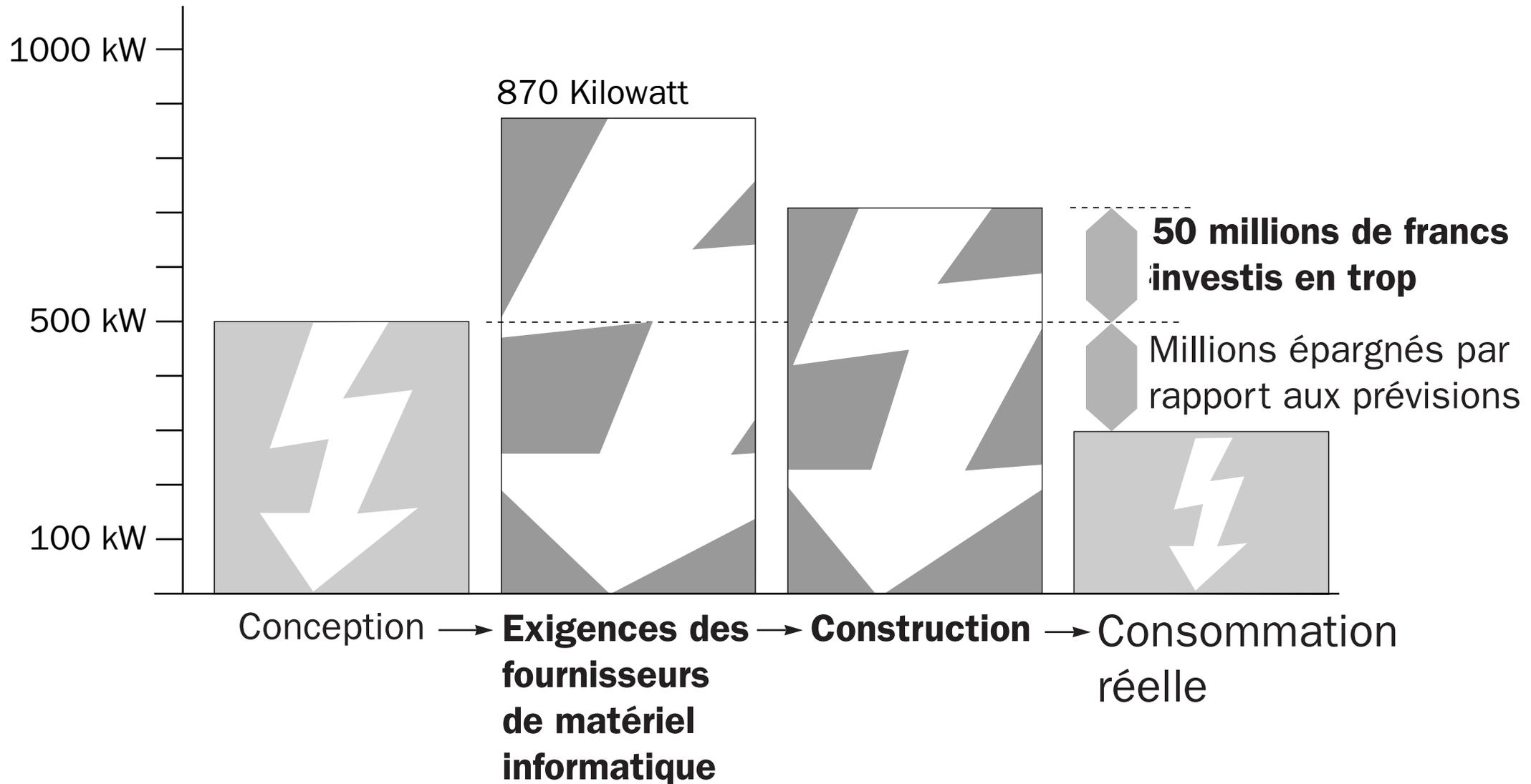


Données par place de travail



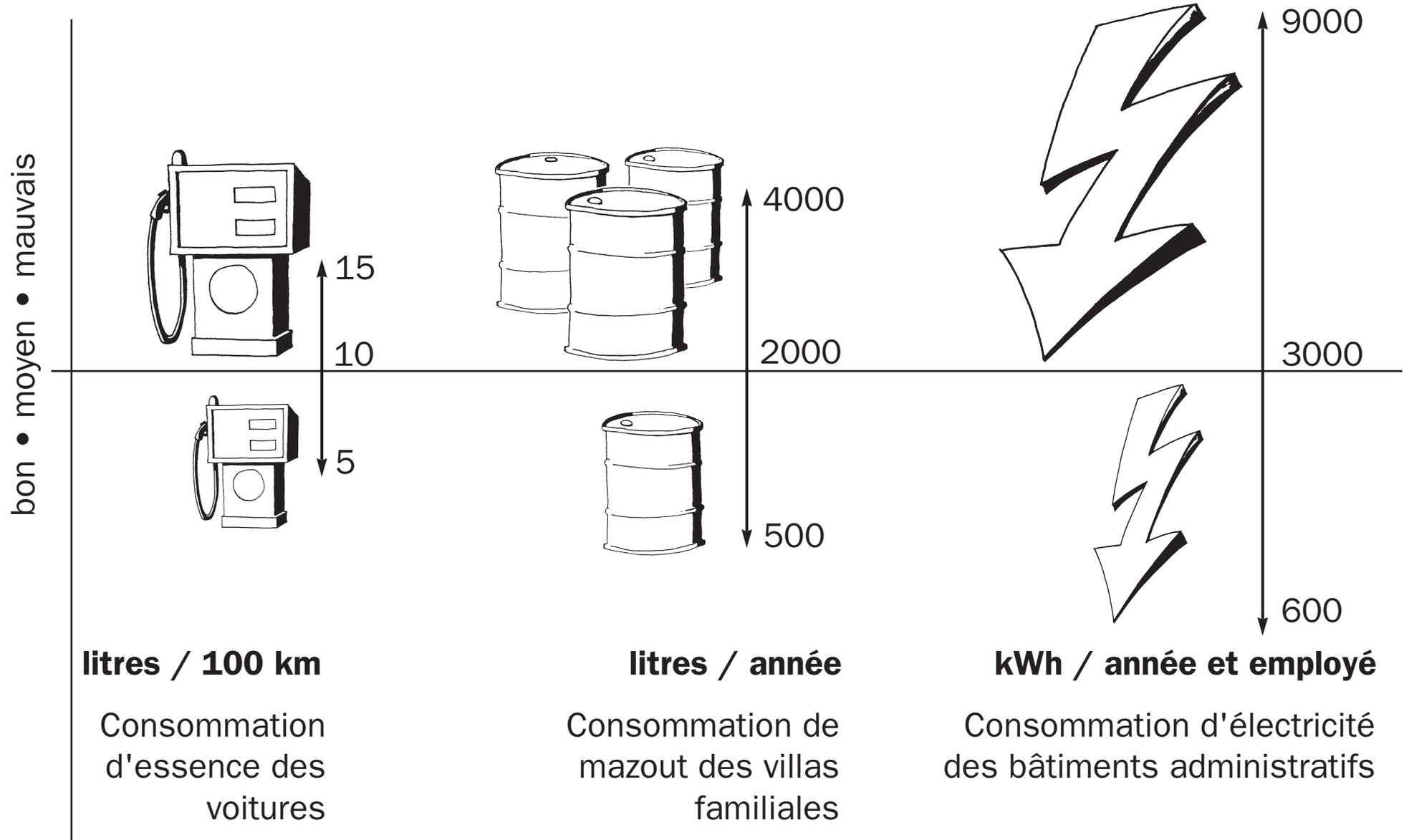
Prévoir trop coûte des millions

Un cas d'espèce: puissance installée d'un centre informatique





Les chiffres comparatifs stimulent la concurrence



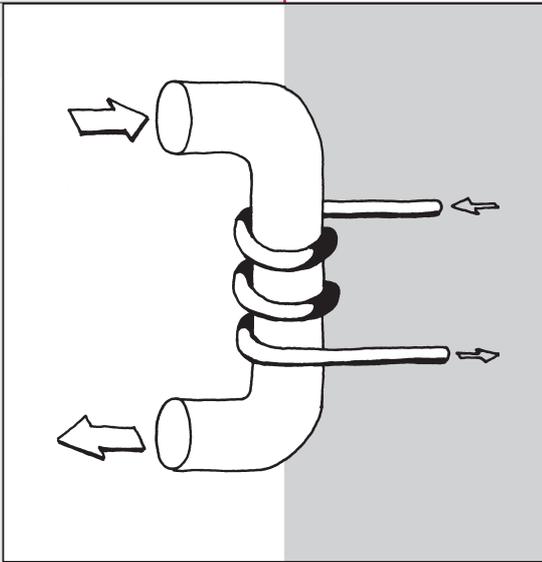


Les différences sont-elles importantes?

Place de travail de l'élève	Consommation d'électricité de l'entreprise en kWh/an	Coûts de l'électricité		kWh par personne	Rang
		pour l'entre- prise en fr./an	Nombre d'employés de l'entreprise		
(Nom de l'entreprise)					
Bâtiment scolaire:					

Exploiter l'énergie dans sa totalité

Transparent 1



Pourquoi, en règle générale, ne produit-on pas de chaleur directement à partir de l'électricité?

Ce principe est-il aussi valable pour les chauffages exploitant les pompes à chaleur?

Comment ventiler un bâtiment sans évacuer la chaleur en même temps que l'air vicié?

Pourquoi les installations de couplage chaleur-force sont-elles particulièrement efficaces?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans les leçons «Industrie», «Hôtellerie» et «Habitat».

- ▶ Du point de vue écologique, les chauffages électriques directs sont contestables.
- ▶ Avec 1/3 d'électricité et 2/3 de chaleur tirée gratuitement de la biomasse, une pompe à chaleur produit 100 % d'énergie de chauffage.
- ▶ Les échangeurs de chaleur ramènent à l'intérieur l'énergie perdue.
- ▶ Les installations de couplage chaleur-force décentralisées fournissent non seulement de l'électricité, mais aussi de la chaleur utile.

Notre mode d'utilisation de l'énergie – comme la technique énergétique prise dans son ensemble – fait une distinction très nette entre l'électricité et la chaleur. Ces deux véhicules énergétiques possèdent, comme le disent les physiciens, des valeurs distinctes. Ces différences de valeur sont fondées sur les usages physiques-techniques que l'on fait de l'électricité et de la chaleur; elles influent également sur les prix: l'énergie électrique est trois fois plus chère que l'énergie thermique. Or ce facteur 3 possède une analogie physique. Il faut de deux à trois unités de pétrole, de charbon, de bois ou d'uranium pour obtenir une unité d'électricité. A l'inverse, un moteur électrique a un rendement plus élevé (90%) qu'un moteur à combustion (moteur diesel ou à essence: 30%). Du point de vue de la physique, l'électricité et le travail mécanique sont presque synonymes. La valeur de l'énergie thermique s'énonce en température.

Relevons deux points essentiels au sujet de **l'électricité** et de **la chaleur**:

L'électricité est la forme d'énergie qui présente la valeur la plus élevée.

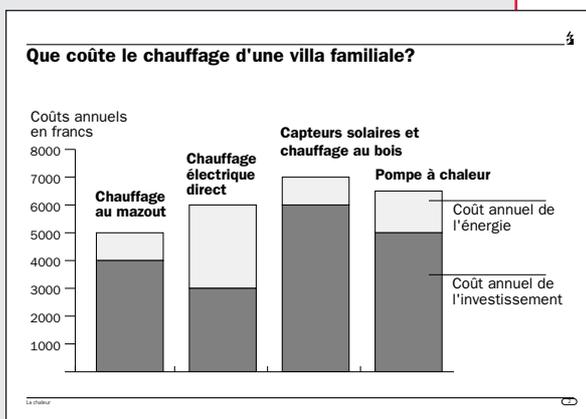
Pour mettre à profit cette valeur élevée, l'électricité ne devrait être exploitée que pour des applications particulières.

L'électricité est donc prédestinée à des fins motrices et cybernétiques, mais aussi à fournir de l'éclairage et à assurer des processus complexes (PC, etc.). L'électricité, oui... mais à sa juste place! Cette affirmation est, finalement, un postulat d'assurance de qualité.

En Suisse, on consacre 15% de l'électricité au chauffage des locaux et de l'eau. Huit pour-cent des ménages se chauffent à l'électricité, 1/3 possèdent un chauffe-eau électrique, et les petits radiateurs électriques mobiles ne sont pas rares. La transformation de l'électricité en chaleur ne revêt que peu de sens, car ce processus implique une perte de valeur. En revanche, les amplificateurs électrothermiques constituent un domaine d'application intéressant. Ce sont des appareils électriques qui exploitent les températures basses. Exemple: une pompe à chaleur produit de l'eau chaude à partir d'air froid. Bien sûr, la pompe à chaleur a besoin d'électricité pour fonctionner. On utilise également des amplificateurs électrothermiques pour exploiter la chaleur dégagée. Le principe reste toujours le même: à partir d'un minimum d'électricité, obtenir et exploiter un maximum de chaleur.

Transparent 2

Que coûte le chauffage d'une villa familiale?



En matière de chauffage des villas familiales, il faut mettre en évidence un certain nombre de critères de choix. On tient compte d'arguments écologiques, bien sûr, mais aussi du prix d'achat, du coût de l'énergie, de la place disponible ou prévue dans la maison (installation dans l'atelier de bricolage plutôt que de réaliser une chaufferie par exemple) et de la disponibilité du support énergétique (par exemple gaz naturel ou bois).

- ▶ **Mazout et gaz:** Le chauffage au mazout ou au gaz constitue la variante la plus économique. L'investissement et les coûts énergétiques sont modiques. Inconvénient: l'émissions de substances polluantes.
- ▶ **Electricité:** Ce type de chauffage permet un investissement très réduit, puisqu'il ne nécessite ni cheminée, ni machinerie ni conduites d'eau chaude. Par contre, les coûts énergétiques qu'il entraîne sont considérables; en outre, il est écologiquement contestable, car l'Europe exploite surtout les énergies fossiles pour la production d'électricité.
- ▶ **Capteurs solaires et chauffage au bois:** Prix élevé mais bon rapport à l'environnement, telles sont les caractéristiques principales du chauffage au bois et du chauffage solaire de l'eau. Les émissions de CO₂ dues à la combustion existeraient de toute manière si l'on laissait le bois pourrir dans la forêt. Quant à l'énergie solaire, elle est idéale pour le chauffage de l'eau.
- ▶ **Pompe à chaleur:** Produire trois unités de chaleur grâce à une unité d'électricité, voilà une version intéressante du chauffage électrique direct. Le chauffage exploitant les pompes à chaleur ne nécessite pas de cheminée.

Montants annuels nécessaires pour couvrir l'investissement et les frais énergétiques de quatre différents systèmes de chauffage des locaux et de l'eau (exemple pour une villa familiale).

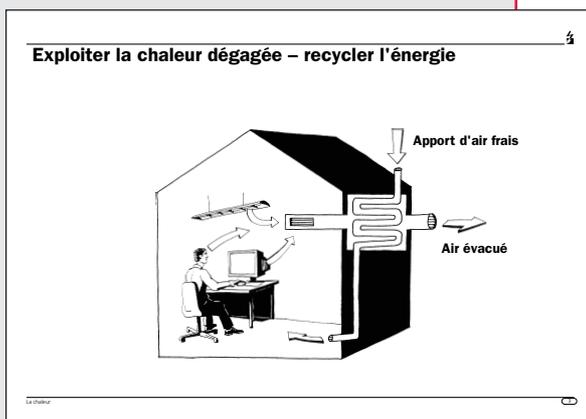
Données:

Besoins thermiques 20000 kWh

Taux d'intérêts réel 2,5%

Transparent 3

Exploiter la chaleur dégagée – recycler l'énergie



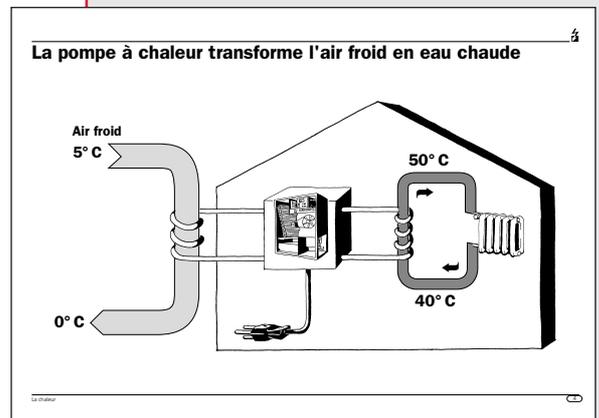
- ▶ L'être humain et les appareils électriques sont des sources de chaleur gratuites. La plus grande part de cette chaleur dégagée n'est pas utilisée. Dans bien des cas, il vaut la peine de réintégrer cette énergie dans la maison ou dans le processus. C'est ce qu'on appelle l'utilisation des rejets thermiques ou la récupération de chaleur.
- ▶ Un exemple de récupération de chaleur: l'aération mécanique des locaux. L'air vicié de la cuisine et des WC est aspiré, mais avant d'être rejeté à l'extérieur, il passe par un échangeur de chaleur. L'air frais, venant de l'extérieur, se charge d'un peu de chaleur en traversant l'échangeur pour être envoyé ensuite dans le salon et dans les chambres. Dans ce processus, on ne mélange pas l'air frais à l'air vicié: l'air sortant chauffe uniquement le conduit métallique qu'il emprunte; ce même conduit réchauffe l'air entrant qui l'entoure. On parvient ainsi à récupérer les 3/4 de la chaleur de l'air sortant.

- ▶ En Europe, les quantités de chaleur dégagée dues à l'usage de l'électricité sont telles, qu'elles pourraient couvrir entièrement les besoins thermiques. Seulement, la chaleur dégagée est généralement éloignée des endroits où elle serait utile, et il faudrait tirer des kilomètres de conduites pour créer un chauffage à distance, ce qui coûterait souvent trop cher.

Principe de la récupération de chaleur réalisée grâce à un échangeur de chaleur: l'air sort, la chaleur reste.

La pompe à chaleur transforme l'air froid en eau chaude

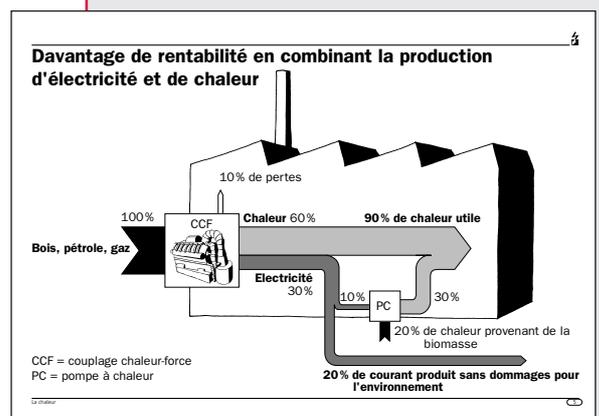
- ▶ La pompe à chaleur parvient à amener une chaleur «froide» à un niveau plus élevé et donc exploitable. Elle fonctionne en général grâce à un moteur électrique; il lui faut donc de l'électricité. Le plus épatant, c'est que sa production de chaleur est trois fois plus élevée que l'apport d'électricité qu'elle réclame.
- ▶ La pompe à chaleur prélève de la chaleur dans l'environnement (air, eau, sol). En effet, tous ces éléments se refroidissent, mais très peu car il s'agit, en principe, de volumes énormes. Dans le circuit de la pompe à chaleur, la température s'élève suffisamment (par exemple de 0°C à 50°C) pour servir au chauffage de l'eau ou des locaux.
- ▶ Comment de l'air à 0°C peut-il encore contenir de la chaleur? La physique dit que c'est à -273°C ou à 0° Kelvin que se situe la température la plus basse, et non à 0°C. Donc, jusqu'à ce zéro absolu, il existe encore de la chaleur, même si son exploitation s'avère très limitée.
- ▶ En Europe, 50% de l'électricité provient des énergies fossiles, qui présentent un rendement de 30% à 40%. Cette énergie parvient au consommateur avec un minimum de déperdition par le simple truchement de réseaux électriques. Dans la pompe à chaleur, l'électricité redevient chaleur. Mais, comparée au chauffage électrique direct, la pompe à chaleur présente un bien meilleur rendement.



Principe de la pompe à chaleur: "gonfler" la chaleur au moyen de l'électricité.

Davantage de rentabilité en combinant la production d'électricité et de chaleur

- ▶ Les moteurs à combustion ou les turbines qui entraînent des générateurs produisent autant de chaleur que d'électricité. Quand on exploite la chaleur dégagée des machines – et, dans une moindre mesure, des générateurs –, on parle de couplage chaleur-force (CCF).
- ▶ Dans une installation de couplage chaleur-force, l'apport énergétique assuré par le gaz, les ordures, le bois ou le pétrole, est transformé en chaleur (60%) et en électricité (30%); les pertes sont de 10%. Cette forme d'exploitation de l'énergie primaire a donc un meilleur rendement que les autres techniques de transformation énergétique.
- ▶ Les installations CCF ont leur raison d'être là où l'on a besoin simultanément d'électricité et de chaleur, c'est-à-dire dans les hôpitaux, l'industrie, certaines formes d'artisanat, les écoles et les bâtiments administratifs. Ces installations coûtent relativement cher. Pour obtenir une bonne rentabilité, il faut les faire tourner au moins 4000 heures par année.
- ▶ L'exploitation de la chaleur dégagée par les grosses centrales électriques (par exemple les centrales nucléaires) exige la construction de réseaux extrêmement chers et donc non rentables. On privilégie donc les CCF décentralisés à puissance réduite où la chaleur est utilisée sur place. Pour beaucoup de spécialistes, le couplage chaleur-force constitue le troisième pilier de notre approvisionnement en électricité, après les centrales hydrauliques et les centrales nucléaires.



Flux énergétique d'une combinaison entre une installation de couplage chaleur-force et une pompe à chaleur. (Une chaudière conventionnelle transforme 90% de l'apport énergétique en chaleur).

Devoirs

Débat: *Quel est le système de chauffage le plus adéquat?*



Pour une villa familiale, des villas mitoyennes, une maison de vacances, un atelier, un bâtiment administratif, une école.

Transparent 6

Comparaison entre deux systèmes de chauffage

	Bois	Pompe à chaleur
Prix d'achat de l'installation	50% plus cher que le chauffage à mazout	25% plus cher que le chauffage à mazout
Coûts énergétiques	2 fois plus cher que le mazout	2 fois plus cher que le maz.
Rapport à l'environnement	très bien	les centrales à combustion génèrent du CO ₂
Coûts d'exploitation	élevés	bas
Durée de vie	plus élevée que la moyenne	la moyenne des systèmes
Domaines d'application	où il y a du bois	partout
Système de distribution de la chaleur	tous les systèmes	chauffage au sol et radiateurs à basses températures

La chaleur

Calcul: *Quel est le coût énergétique annuel d'une villa familiale?*

Transparent 7

Que coûte annuellement le chauffage d'une villa familiale?

Consommation annuelle d'énergie		Coûts énergétiques		
Bonne isolation thermique	5 000 kWh	Chauffage électrique	15 ct./kWh	
Isolation thermique médiocre	20 000 kWh	Chauffage au mazout	4 ct./kWh	
Mauvaise isolation thermique	40 000 kWh	Chauffage au bois	8 ct./kWh	
		Pompe à chaleur	7 ct./kWh	
		(1/3 de courant et 2/3 de chaleur «environnementale» gratuite)		
isolation thermique		Mazout	Bois	Pompe à chaleur
bon		200 fr.	400 fr.	350 fr.
médiocre		800 fr.	1600 fr.	1400 fr.
moyen		1600 fr.	3200 fr.	2800 fr.
				Chauffage électrique direct
				750 fr.
				3000 fr.
				6000 fr.

La chaleur

Le chauffage électrique fonctionne généralement de nuit (tarif réduit). La pompe à chaleur, elle, fonctionne plutôt de jour (sources de température plus élevées, mais tarif normal).

Les coûts énergétiques varient jusqu'à un facteur 30.

Questions:



Quel support énergétique – mazout, gaz, bois, charbon, chauffage à distance, électricité (pompe à chaleur ou chauffage électrique direct) choisissez-vous dans tel ou tel cas?

- Pourquoi?
- Lequel est le moins gourmand en énergie ? (Prenez en compte l'énergie nécessaire à la production d'eau chaude).

Bibliographie

Production combinée chaleur-force
Ed. Schweizerischer Fachverband für
WärmeKraftkopplung (WKK), 12 p.

Le chauffage à pompe à chaleur
Ed. OFEN, 16p.

Les publications PACER et RAVEL sont
à commander auprès de l'EDMZ, 3003
Berne, FAX: 031 992 00 23

Électricité et chaleur – couplage chaleur-
force, pompes à chaleur, récupération de
chaleur

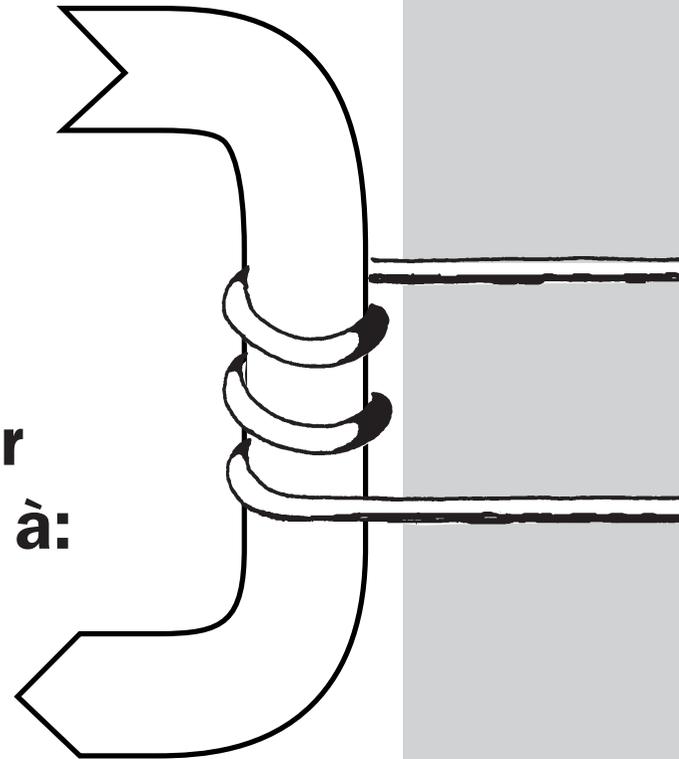
No de commande: 724.354 f

La chaleur

Exploiter l'énergie dans sa totalité

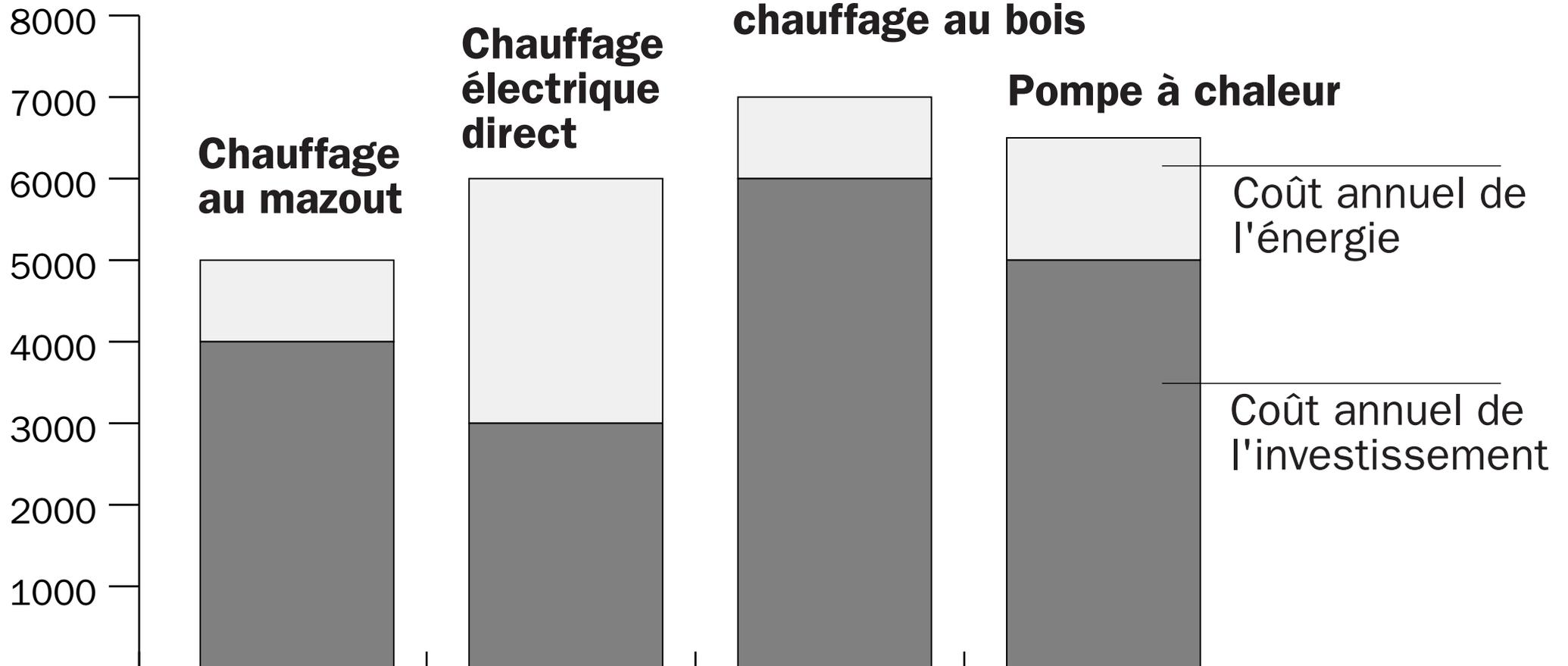
A partir de peu d'électricité, obtenir beaucoup de chaleur, et cela grâce à:

- **la récupération de chaleur**
- **la pompe à chaleur**
- **le couplage chaleur-force**

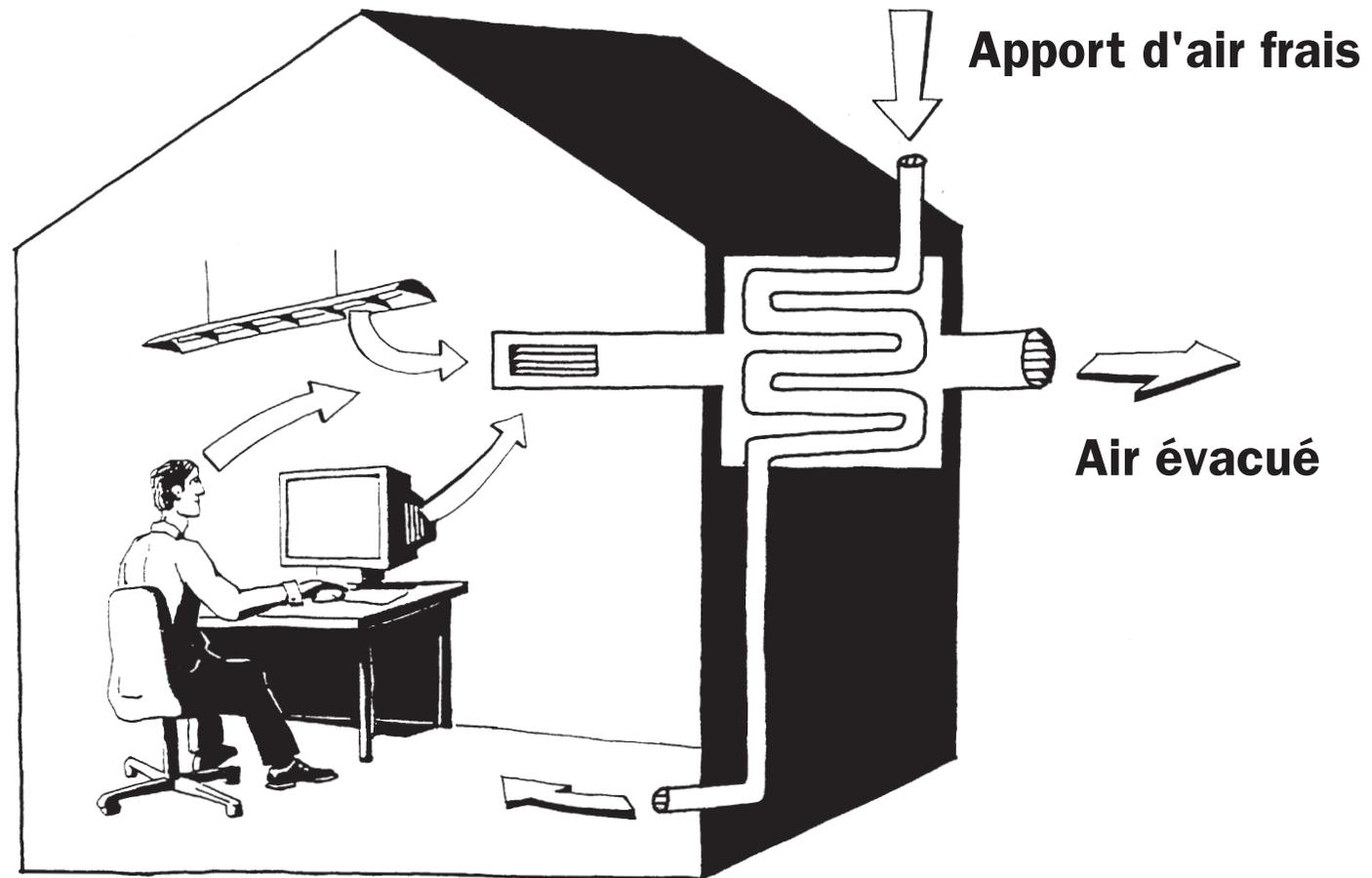


Que coûte le chauffage d'une villa familiale?

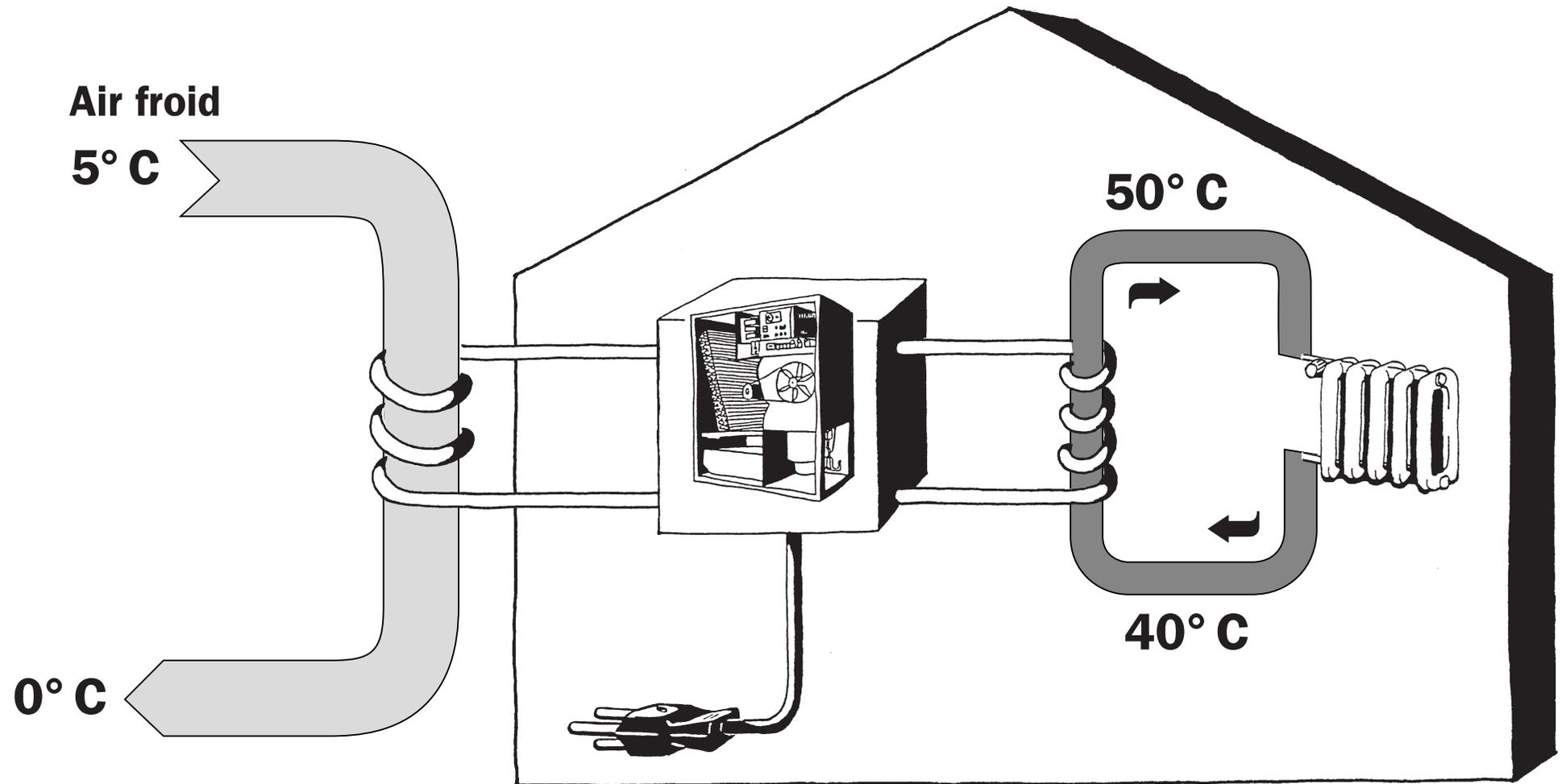
Coûts annuels
en francs



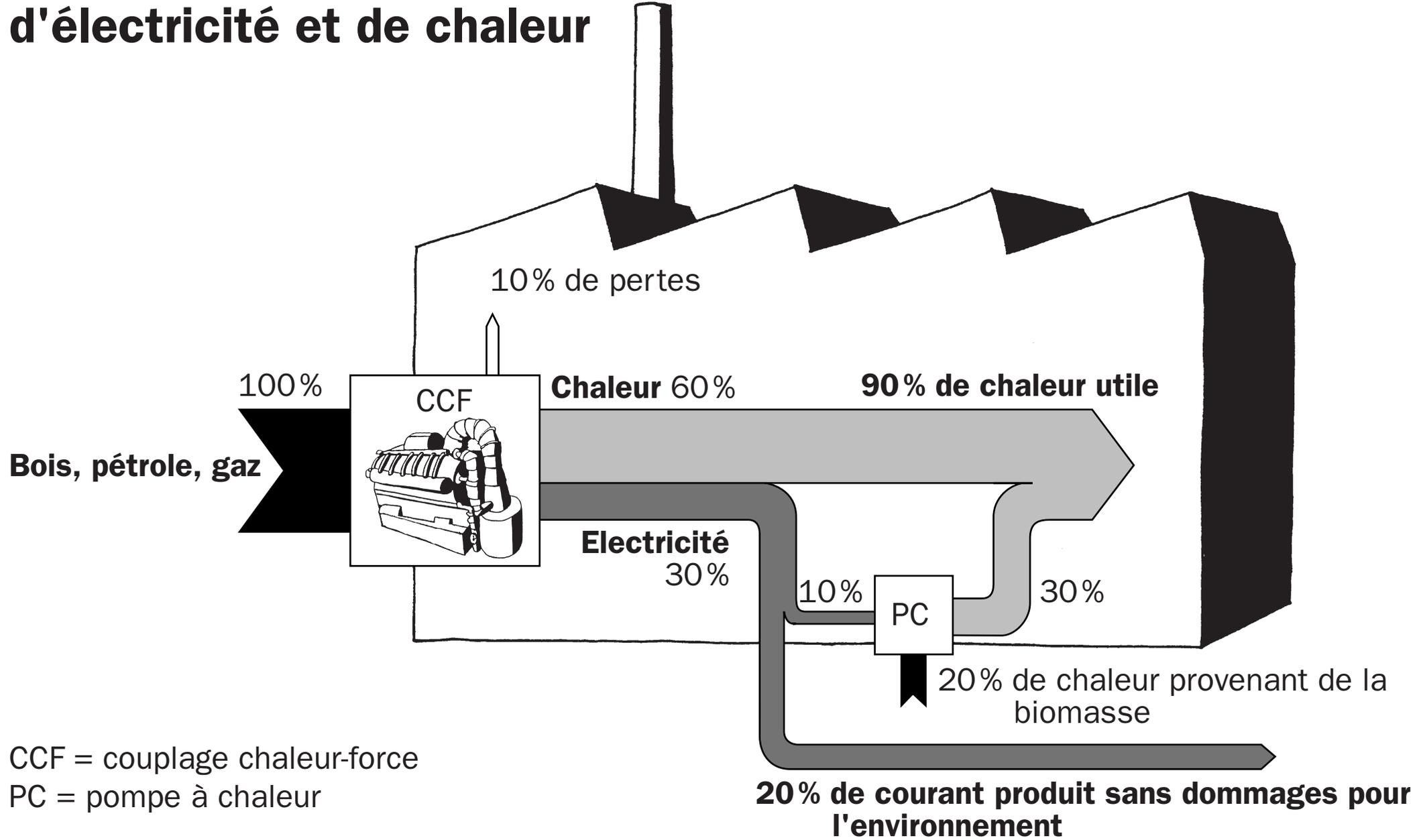
Exploiter la chaleur dégagée – recycler l'énergie



La pompe à chaleur transforme l'air froid en eau chaude



Davantage de rentabilité en combinant la production d'électricité et de chaleur



CCF = couplage chaleur-force
 PC = pompe à chaleur

Comparaison entre deux systèmes de chauffage

	Bois	Pompe à chaleur
Prix d'achat de l'installation	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coûts énergétiques	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Rapport à l'environnement	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Coûts d'exploitation	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Durée de vie	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Domaines d'application	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Systeme de distribution de la chaleur	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Que coûte annuellement le chauffage d'une villa familiale?

Consommation annuelle d'énergie

Bonne isolation thermique	5 000 kWh
Isolation thermique médiocre	20 000 kWh
Mauvaise isolation thermique	40 000 kWh

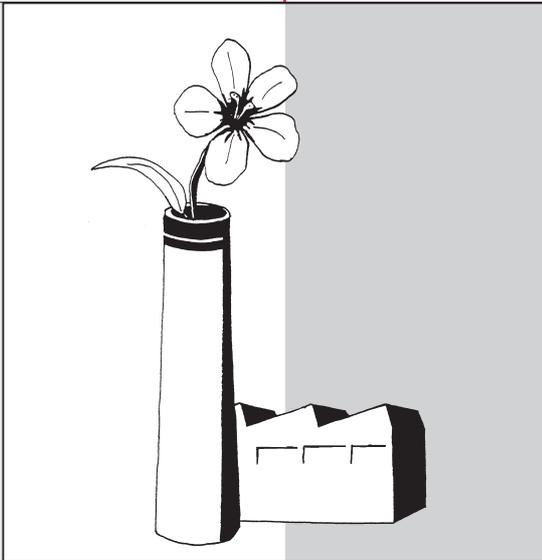
Coûts énergétiques

Chauffage électrique	15 ct./kWh
Chauffage au mazout	4 ct./kWh
Chauffage au bois	8 ct./kWh
Pompe à chaleur (1/3 de courant et 2/3 de chaleur «environnementale» gratuite)	7 ct/kWh

Isolation thermique	Mazout	Bois	Pompe à chaleur	Chauffage électrique direct
bon	_____ fr.	_____ fr.	_____ fr.	_____ fr.
médiocre	_____ fr.	_____ fr.	_____ fr.	_____ fr.
moyen	_____ fr.	_____ fr.	_____ fr.	_____ fr.

Pour une production respectueuse de l'environnement

Transparent 1



- ▶ L'industrie est le premier consommateur d'électricité.
- ▶ Des milliers de moteurs électriques fonctionnent dans les unités de production.
- ▶ A l'heure actuelle, il faut moins d'énergie pour produire davantage de biens.
- ▶ Une production respectueuse de l'environnement ouvre de nouvelles perspectives commerciales.

Qui consomme le plus d'électricité par franc investi?

Quelle est la puissance du moteur électrique d'une locomotive?

Quel rapport existe-t-il entre la production, le chiffre d'affaires et la consommation d'énergie?

Quel impact les indices énergétiques peuvent-ils exercer sur l'industrie?

On trouvera des informations complémentaires sur ce sujet dans les leçons «Installations du bâtiment» et «Chaleur».

Dans notre pays, 1,2 millions de personnes travaillent dans le secteur industriel et dans les arts et métiers. Chacun de ces emplois correspond à une consommation annuelle de 12000 kilowattheures, l'équivalent de la consommation d'un ménage.

Pour 100 francs de chiffre d'affaires, une entreprise industrielle débourse en moyenne 1 franc pour l'électricité. Ce pourcentage du chiffre d'affaires se traduit, pour les plus grosses entreprises, en millions de francs. C'est pourquoi la consommation d'électricité constitue, pour toute entreprise de production, un facteur de coût non négligeable: à consommation moindre, gains supplémentaires et avantages sur la concurrence. Les salaires, il est vrai, coûtent plus cher que l'électricité, raison pour laquelle l'industrie, jusqu'à maintenant, s'est davantage efforcée de réduire son personnel que d'économiser l'électricité.

Formulons deux considérations importantes en matière de **consommation d'électricité par l'industrie**:

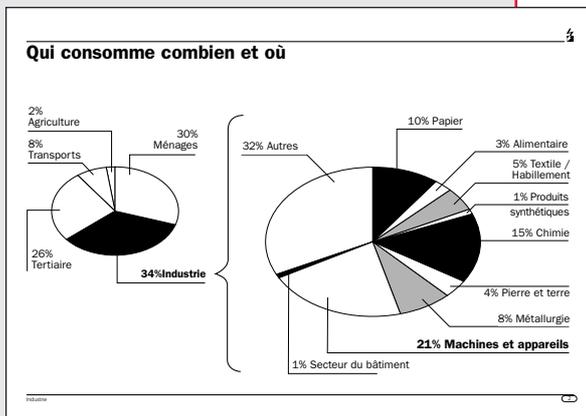
Premièrement: En optimisant la consommation d'électricité, on augmente les gains.

Deuxièmement: Une production respectueuse de l'énergie et de l'environnement ouvre de nouvelles perspectives commerciales.

Utiliser efficacement l'énergie, c'est augmenter les gains. Depuis que certains milieux politiques ont réclamé l'introduction d'une taxe environnementale sur la consommation énergétique, les patrons les plus prévoyants se sont efforcés d'exploiter le potentiel d'économie énergétique de leur entreprise. L'affirmation «nous produisons en accord avec la nature» n'est crédible que si l'on utilise intelligemment les matériaux et l'énergie.

La confrontation aux problèmes écologiques permet parfois de faire d'une pierre deux coups, comme le démontre l'exemple d'un fabricant de casseroles: en s'efforçant d'économiser les matériaux et l'énergie, on s'est mis à produire des casseroles moins épaisses. Résultat: ce n'est plus seulement au stade de la production, mais également une fois posées sur la cuisinière, que les casseroles permettent des économies d'électricité, car elles sont particulièrement bien isolées. De quoi réaliser une superbe campagne de publicité!

Transparent 2



La plus grosse part du courant est consommée par l'industrie mécanique.

Qui consomme combien et où

- ▶ Avec 34 % de la consommation totale d'électricité en Suisse, l'industrie précède le secteur tertiaire et les ménages. La production de papier, en particulier, réclame énormément d'énergie; en revanche, on est surpris de constater que les secteurs du bâtiment et l'industrie alimentaire consomment peu d'électricité.

Consommation d'énergie par franc de chiffre d'affaires

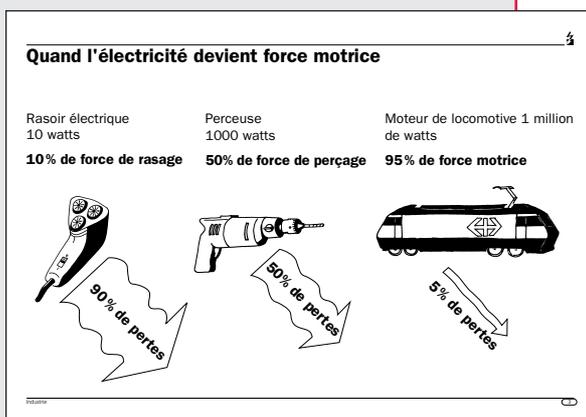
Aluminium	15 kWh
Fer et acier	11 kWh
Papier	6 kWh
Chimie	5 kWh

- ▶ Il existe des conventions qui lient les centrales électriques à leurs plus gros clients; l'industrie peut ainsi acquérir l'électricité à moindre coût. Des pans entiers de l'industrie suisse ne sont concurrentiels que grâce à ces tarifs préférentiels: si les fabricants d'aluminium devaient payer l'électricité 10 centimes le kilowattheure, les coûts énergétiques seraient plus élevés que le chiffre d'affaires!

Energie nécessaire pour produire un kilo

Aluminium	70 kWh
Nylon	40 kWh
Papier blanc décoloré	22 kWh
PVC et polyéthylène	17 kWh
Papier recyclé	5 kWh
Verre neuf	3 kWh
Verre recyclé à 50%	2 kWh

Transparent 3



Un moteur de locomotive transforme en force 95% de l'apport électrique.

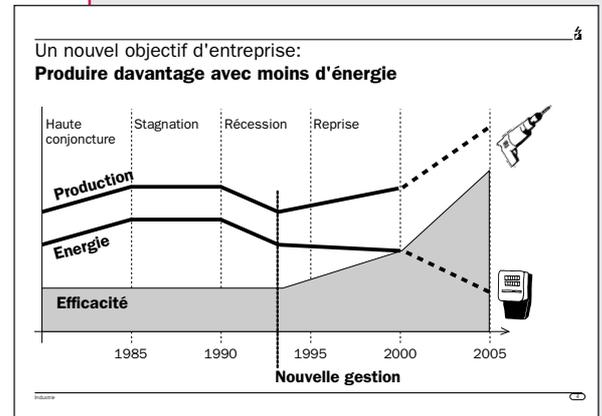
L'électricité devient force motrice

Des centaines de rouages commencent à tourner, des morceaux de tôle monstrueux se soulèvent, des lampes de toutes les couleurs éclairent une main d'acier fantomatique qui frappe hystériquement les touches d'un vieux clavier... Ce n'est que quand les moteurs se mettent en mouvement qu'une réalisation de Tinguely se transforme réellement en oeuvre d'art. Les machines de production sont moins impressionnantes mais elles comportent, elles aussi, des dizaines de moteurs électriques, gros ou petits.

- ▶ Dans une entreprise moyenne, 60 % de l'électricité consommée est destinée à la force motrice. Cette proportion monte à 87 % dans l'industrie papetière, et même à 97 % dans la briqueterie.
- ▶ Le petit moteur d'un rasoir électrique a une puissance de 10 watts, tandis qu'une locomotive est équipée de moteurs représentant au total 1 million de watts. Plus la puissance est élevée, plus le moteur est efficace: un rasoir électrique ne transforme en force que 10 % de l'apport électrique, contre 95 % pour le moteur de la locomotive.
- ▶ Trop souvent, par méconnaissance, on utilise des moteurs surdimensionnés pour les installations d'aération et pour les pompes de circulation. Les utilisateurs sont rarement conscients de l'argent que leur font perdre ces petits monstres. Un moteur correctement dimensionné est une source certaine d'économies.

Produire davantage avec moins d'énergie

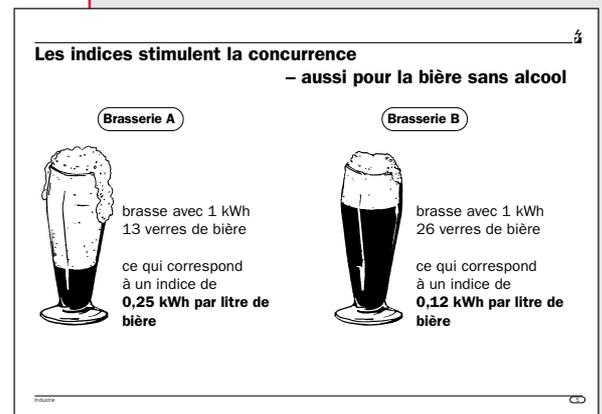
- ▶ En principe, il faut plus d'énergie pour produire davantage, du moins l'industrie l'a-t-elle cru pendant longtemps. Tant la recherche scientifique que les analyses de marché confirment le parallèle qui existe entre la production, le chiffre d'affaires et la consommation d'énergie.
- ▶ Mais quelques entreprises ont démontré récemment qu'il est possible d'augmenter le chiffre d'affaires sans que la consommation d'énergie suive la même courbe. Leur devise: «Produire davantage avec moins d'énergie».
- ▶ C'est dans des unités de production modernes que cette devise peut se concrétiser le mieux, à condition d'accorder des compétences très larges aux responsables de projets et de départements. Car c'est eux qui savent précisément où déceler les potentiels énergétiques et quelles dispositions d'optimisation prendre pour obtenir les résultats souhaités.
- ▶ Dans une entreprise de métallurgie employant 1600 personnes, on a commencé par recenser précisément tous les besoins énergétiques. Sur cette base, la direction et les responsables de départements se sont fixés des objectifs de production et d'économies d'énergie. Les responsables de département, directement intéressés aux bénéfices, avaient les mains libres pour exploiter tous les moyens à leur disposition. Ils ont remplacé des installations obsolètes et peu efficaces par de nouvelles, et ont incité leurs collaborateurs à déclencher les machines avant les arrêts de travail. Aujourd'hui, cette entreprise consomme un tiers d'électricité en moins.



Une meilleure gestion de l'énergie et des machines efficaces permettront, à l'avenir, de produire davantage de biens en consommant moins d'énergie.

Les indices stimulent la concurrence – même dans le domaine de la bière sans alcool

- ▶ Si vous achetez une voiture, vous vous renseignez sur sa consommation d'essence. Vous pensez à votre porte-monnaie, et vous préférez, avec raison, que votre nouveau véhicule se contente de 5 litres plutôt que de 12 litres aux 100 kilomètres. Les petits ruisseaux font les grandes rivières: dans l'industrie, la consommation d'énergie est aussi un facteur de coût non négligeable.
- ▶ Mais l'industrie n'a pas encore le réflexe de l'automobiliste, car elle ne tient que (trop) rarement compte des indices énergétiques. C'est bien dommage, car les indices stimulent la concurrence. Si une boulangerie industrielle qui consomme 30 centimes d'électricité pour fabriquer un kilo de pain apprend que la concurrence peut le faire avec une consommation de 10 centimes, elle mettra tout en oeuvre pour faire baisser sa consommation d'électricité et, par-là même, augmenter ses gains.
- ▶ Pour déterminer quels sont les facteurs qui influent sur la consommation d'énergie, on a étudié à fond le cas de plusieurs brasseries. Au terme de cette étude, on s'est aperçu que la brasserie la plus efficace se contentait d'un kilowattheure pour produire 8 litres de bière, tandis que la moins performante ne parvenait, avec cette même énergie, à n'en produire que 4 litres. En recherchant les raisons de cette différence, on a constaté que ce n'était pas la taille de la brasserie qui était en cause, mais l'équipement des machines et le processus de production.



Avec un kilowattheure, une brasserie bien équipée produit 8 litres de bière et 4 litres de mousse; une brasserie peu performante produit, elle, la moitié moins de bière et... quatre fois plus de mousse (cela signifie que dans le premier cas les installations s'arrêtent quatre fois plus longtemps).

Devoirs

Jouez au détective: Où se cachent les moteurs électriques dans votre appartement?

Transparent 6

Où se cachent les moteurs électriques dans votre appartement?

Réfrigérateur	Compresseur
Cuisinière	Hotte aspirante
Four	Ventilateur pour le four à air chaud
Lave-vaisselle	Pompe à eau
Chaîne stéréo	Moteurs d'entraînement pour les CD, cassettes, disques
Humidificateur	Tambour de nettoyage
Lampe de chevet	-
Ordinateur	Ventilateur, Disque dur
Enregistreur vidéo	Moteur d'entraînement
Téléphone	-
Chasse d'eau	Pompe (pour les Closomat)

Besoins en électricité:

Où la consommation par personne est-elle la plus élevée?

Transparent 7

Quel est le secteur industriel qui enregistre la plus forte consommation d'énergie par employé?

Secteur industriel	Consommation annuelle d'électricité	Nombre d'employés	Consommation d'électricité par employé	Rang
Papier	1557 mio. kWh	16 100	96 708 kWh	1
Alimentaire	391 mio. kWh	67 200	5 818 kWh	7
Textile/habillement	719 mio. kWh	51 000	14 098 kWh	4
Produits synthétiques	106 mio. kWh	20 800	5 096 kWh	8
Chimie	2173 mio. kWh	72 800	29 849 kWh	2
Pierre et terre	616 mio. kWh	29 500	20 881 kWh	3
Métallurgie	1143 mio. kWh	95 000	12 032 kWh	5
Machines et appareils	3179 mio. kWh	269 400	11 800 kWh	6

Dans votre entreprise, quelle est la consommation d'électricité par personne?

Débat:



- Qui produit en ménageant l'environnement?
- Quelles industries ou quels secteurs industriels ont une image écologique?
- Comment l'ont-ils acquise?
- Dans quels cas l'affirmation «Nous produisons dans le respect de l'environnement» est-elle crédible, dans quels cas ne l'est-elle pas?

Bibliographie

Statistique globale Suisse de l'énergie 1995
Ed. OFEN, 1996, 51p.

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

2^{me} journée d'information RAVEL: un défi aux dirigeants de l'industrie
No de commande: 724.300.3 f

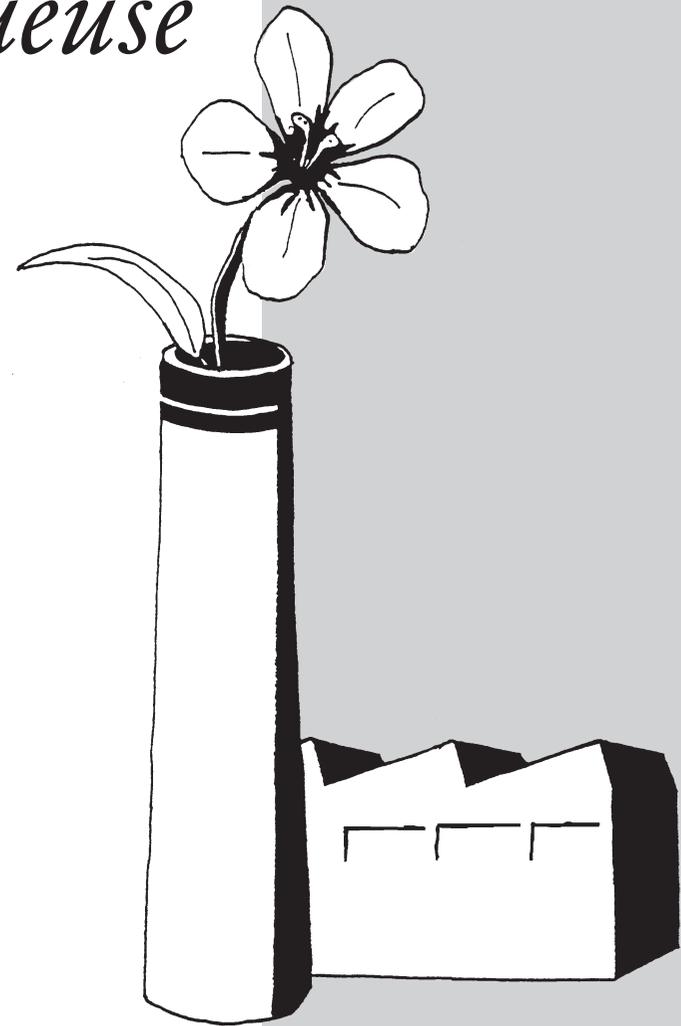
2^{me} journée d'information RAVEL: l'efficacité énergétique remplit nos carnets de commande
No de commande: 724.300.5 f

Industrie

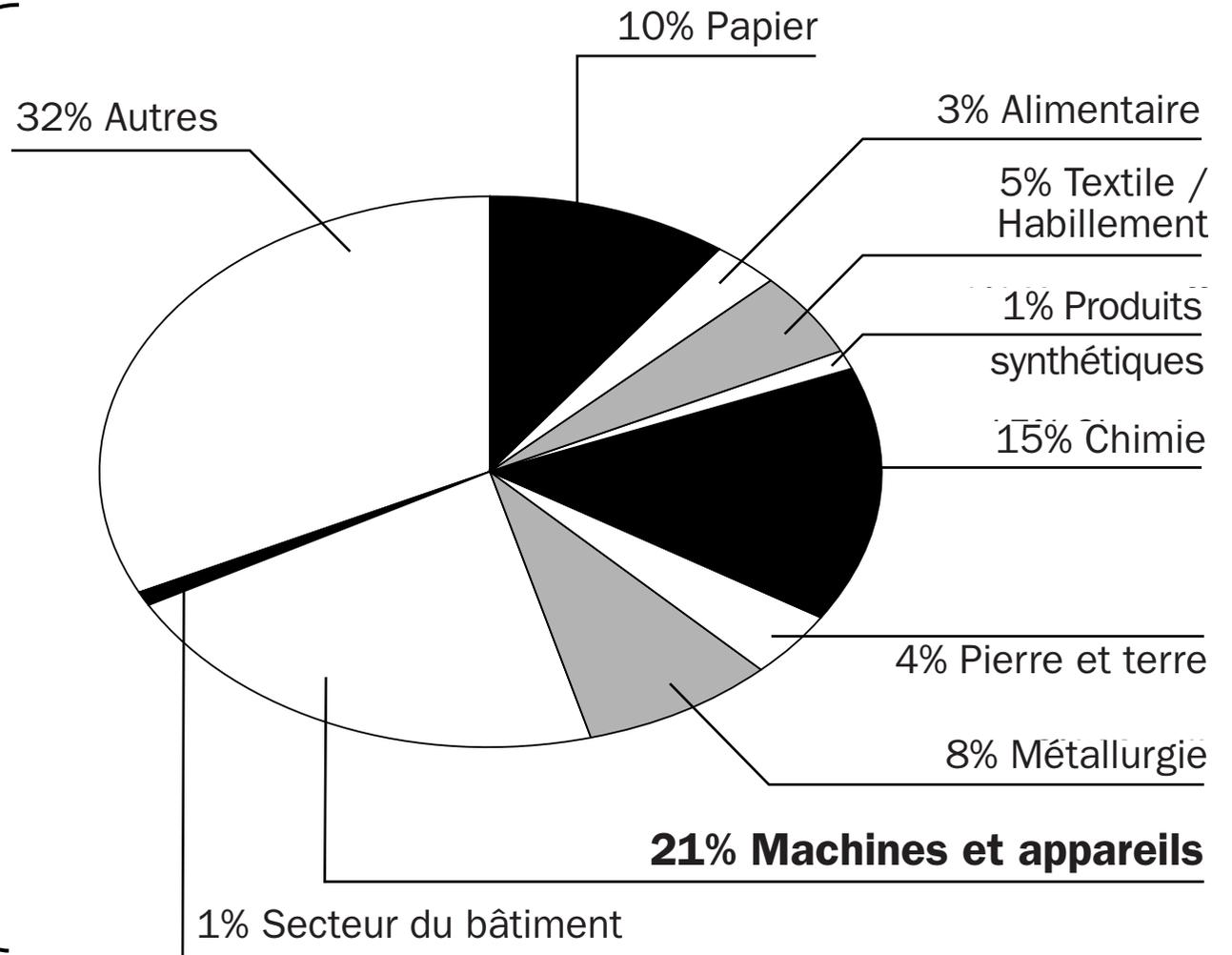
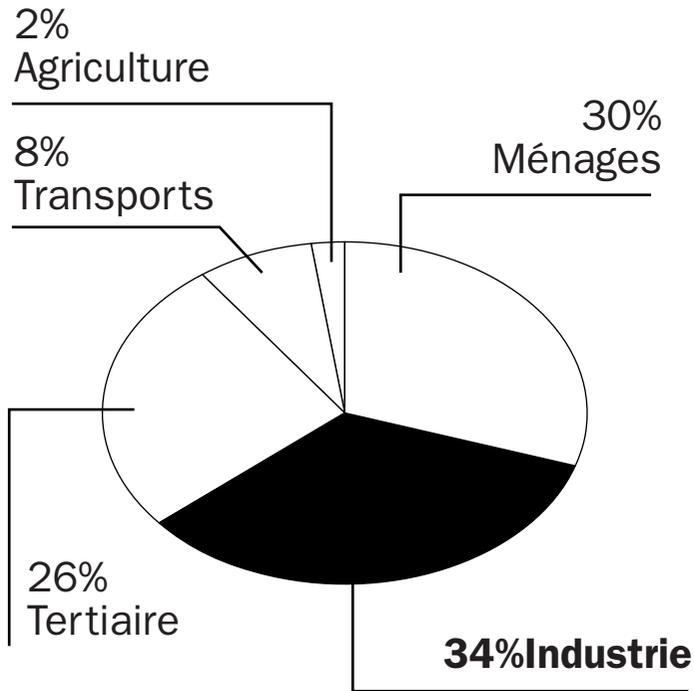
Pour une production respectueuse de l'environnement

La production écologique:

- **améliore l'efficacité**
- **augmente la qualité**
- **ouvre de nouvelles perspectives commerciales**
- **assure des emplois**



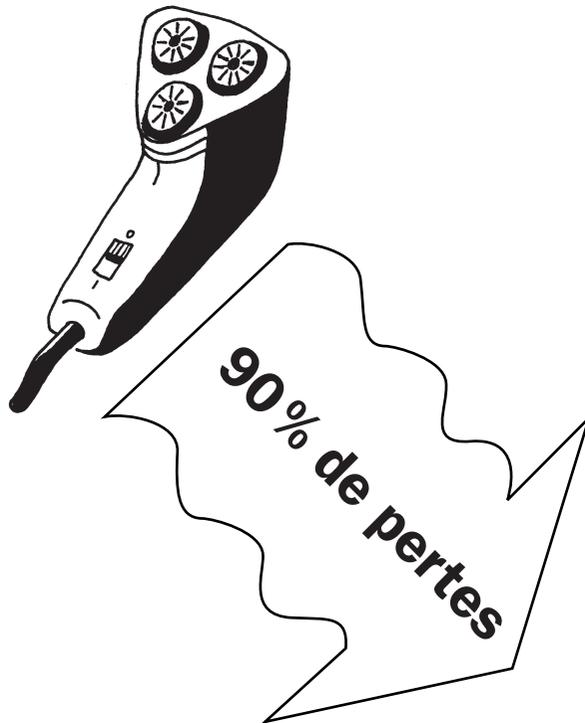
Qui consomme combien et où



Quand l'électricité devient force motrice

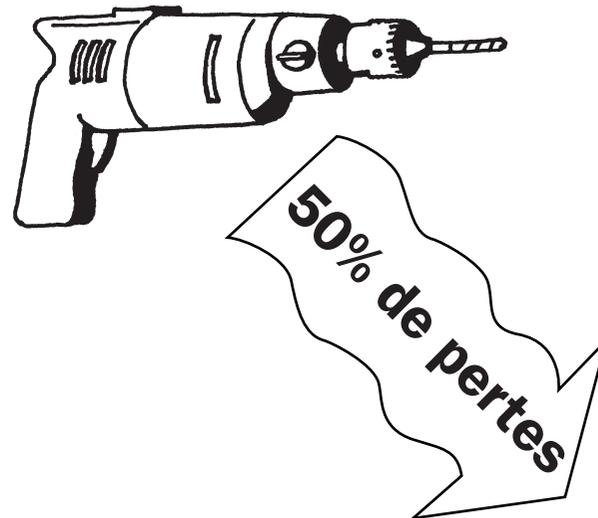
Rasoir électrique
10 watts

10% de force de rasage



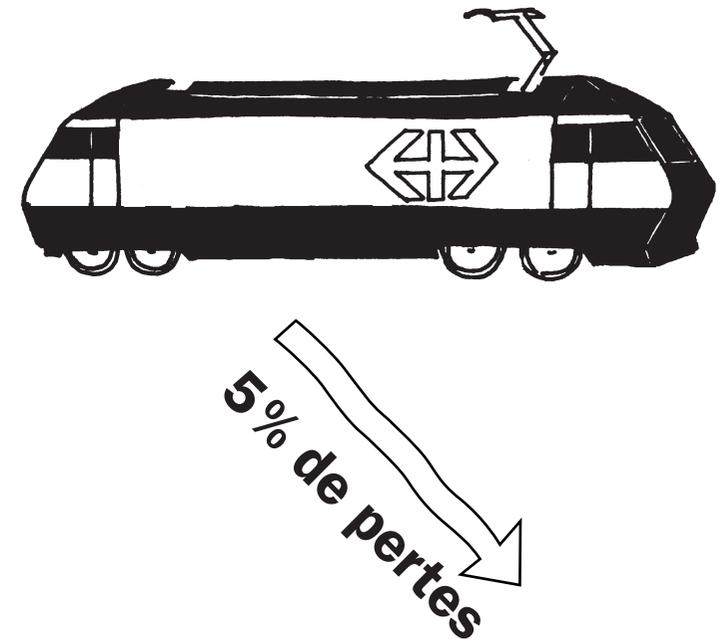
Perceuse
1000 watts

50% de force de perçage

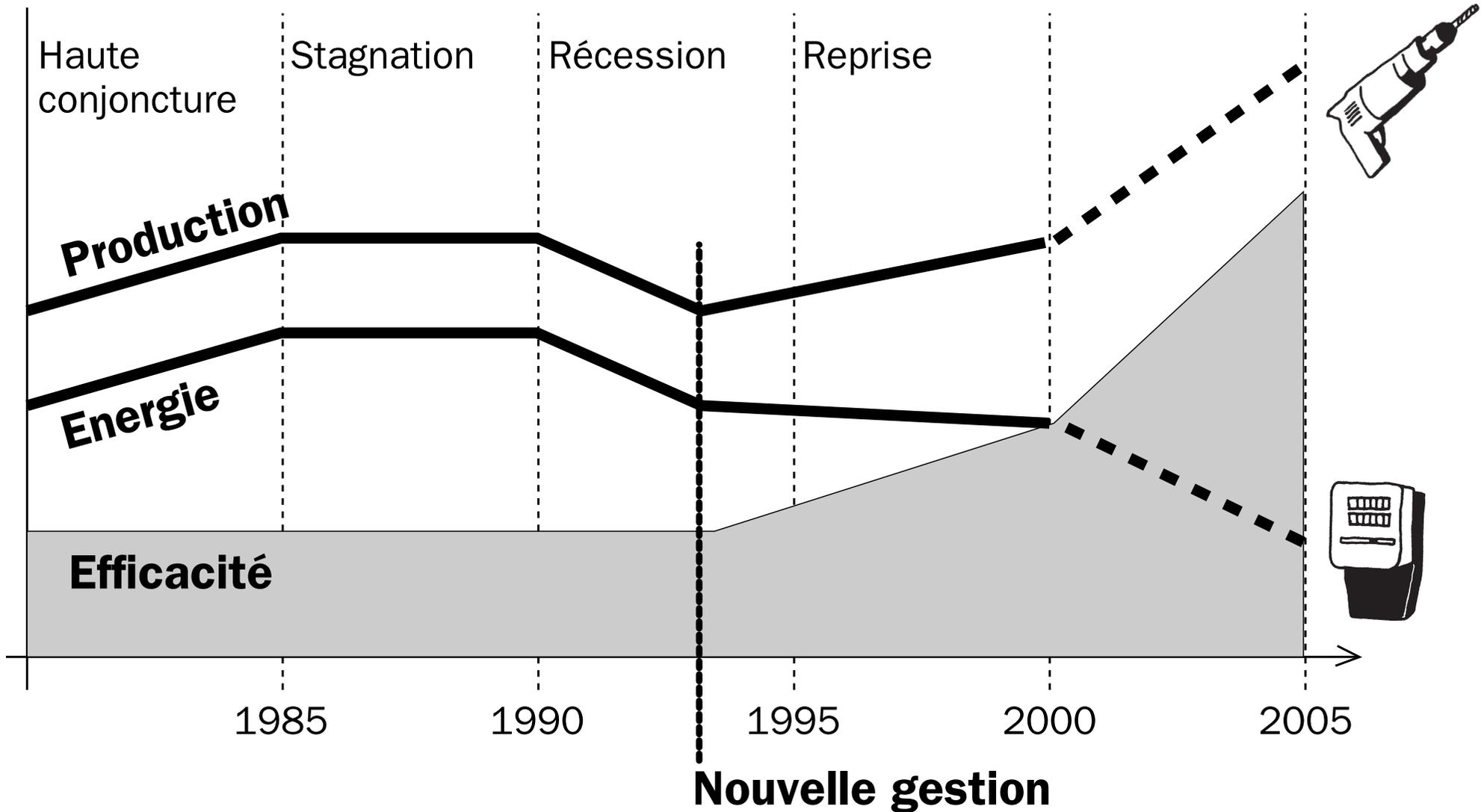


Moteur de locomotive 1 million
de watts

95% de force motrice



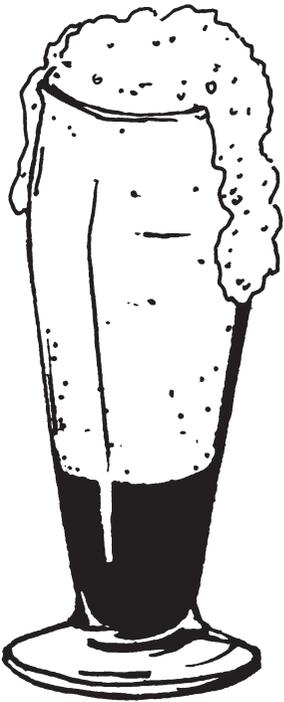
Un nouvel objectif d'entreprise: **Produire davantage avec moins d'énergie**



Les indices stimulent la concurrence

– aussi pour la bière sans alcool

Brasserie A



brasse avec 1 kWh
13 verres de bière

ce qui correspond
à un indice de
**0,25 kWh par litre de
bière**

Brasserie B



brasse avec 1 kWh
26 verres de bière

ce qui correspond
à un indice de
**0,12 kWh par litre de
bière**

Où se cachent les moteurs électriques dans votre appartement?

Réfrigérateur

Cuisinière

Four

Lave-vaisselle

Chaîne stéréo

Humidificateur

Lampe de chevet

Ordinateur

Enregistreur vidéo

Téléphone

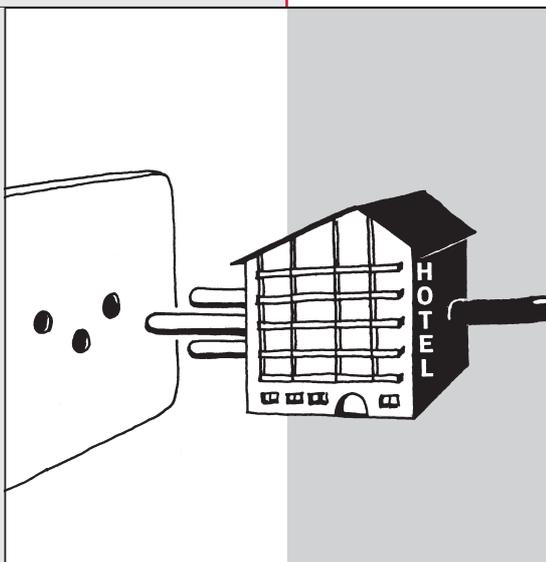
Chasse d'eau

Quel est le secteur industriel qui enregistre la plus forte consommation d'énergie par employé?

Secteur industriel	Consommation annuelle d'électricité	Nombre d'employés	Consommation d'électricité par employé	Rang
Papier	1557 mio. kWh	16 100	kWh	
Alimentaire	391 mio. kWh	67 200	kWh	
Textile/habillement	719 mio. kWh	51 000	kWh	
Produits synthétiques	106 mio. kWh	20 800	kWh	
Chimie	2173 mio. kWh	72 800	kWh	
Pierre et terre	616 mio. kWh	29 500	kWh	
Métallurgie	1143 mio. kWh	95 000	kWh	
Machines et appareils	3179 mio. kWh	269 400	kWh	

Electricité trois étoiles

Transparent 1



- ▶ Plus un hôtel a d'étoiles, plus il consomme d'électricité.
- ▶ Dans un restaurant, la préparation d'un repas réclame quatre fois plus d'énergie qu'un repas fait maison.
- ▶ Quand le lave-vaisselle fonctionne après la cuisinière, la facture d'électricité diminue.
- ▶ Le minibar est un maxiconsommateur d'électricité.

Combien un hôtel suisse moyen dépense-t-il annuellement en électricité?

Pourquoi la consommation d'électricité augmente-t-elle en fonction du nombre d'étoiles?

Les lampes économes présentent-elles des avantages pour les hôtels?

A quoi servent les systèmes de gestion des charges?

On trouvera des informations supplémentaires sur ce sujet dans les leçons «Habitat» et «Chaleur».

Chaque année, quelque 15 millions de Suisses et 20 millions d'étrangers passent une nuit dans un hôtel ou dans un centre de cure helvétique. L'occupation moyenne est de 35%; on enregistre la moitié des nuitées durant les mois de février, mars, juillet et août.

Il y a davantage d'étrangers qui passent leurs vacances en Suisse, que de Suisses qui passent leurs vacances à l'étranger. Ce «solde positif» influe sur la consommation énergétique. Un hôtel suisse moyen compte 44 lits et consomme annuellement 150 000 kilowattheures d'électricité (soit une facture de 25 000 francs) et 30 000 litres de mazout (soit 10 000 francs).

Le secteur hôtelier consacre en moyenne 3% de son chiffre d'affaires aux coûts énergétiques. Or une meilleure gestion permettrait d'économiser le tiers de cette somme et de réduire ainsi la part de l'énergie à 2% du chiffre d'affaires. Pour un hôtel moyen, cela représenterait une économie de 12 000 francs par an.

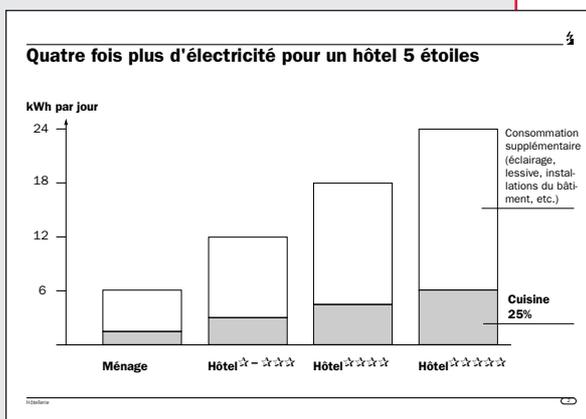
En ce qui concerne la **consommation énergétique** de l'hôtellerie, relevons un point essentiel:

Il est tout à fait possible d'épuiser les potentiels d'économie d'électricité sans pour autant demander aux hôtes de renoncer à leur confort. A cet égard, la récupération de chaleur et un bon système de gestion des charges s'avèrent rentables.

Il existe d'énormes différences entre une petite pension des Préalpes et un grand hôtel de Genève. Par la taille et la classe bien sûr, mais aussi par la consommation d'électricité: alors que le petit établissement consomme 1000 kilowattheures par année et par lit, le second en consomme... dix fois plus.

Le client est roi, et l'hôtelier se doit d'y veiller. Mais dans l'hôtellerie, chaque membre du personnel peut contribuer à faire diminuer la facture d'électricité sans que le service en pâtisse pour autant: le cuisinier peut débrancher les plaques durant l'après-midi; les femmes de chambre peuvent éteindre les stand-by et les lampes. Quant au personnel technique, il doit veiller à ce que les installations d'aération et de chauffage correspondent réellement aux besoins. Le client peut très bien réutiliser une deuxième fois son essuie-mains. Bref, en matière d'énergie aussi, le directeur de l'hôtel doit assumer son rôle de gestionnaire.

Transparent 2



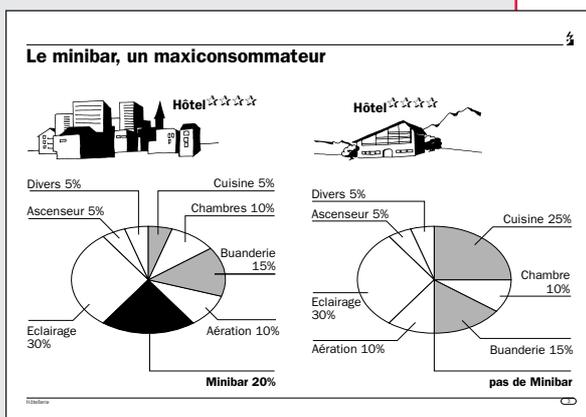
En termes de consommation d'électricité, une nuitée dans un hôtel de grand standing coûte quatre fois une nuit à la maison.

Quatre fois plus d'électricité dans un hôtel 5 étoiles

Oublier les tracas quotidiens, aller à la découverte, dîner à la carte et se vautrer dans le luxe d'un palace... qui n'a jamais rêvé de débrancher pendant un week-end pour mener la vie de pacha dans un grand établissement alpin ou citadin? Ce genre de plaisir ne coûte pas seulement de l'argent: lors d'un séjour en hôtel, nous consommons beaucoup plus d'électricité qu'en restant chez soi.

- ▶ A la maison, nous consommons quelque 6 kilowattheures par jour. L'hôtel d'un établissement 2 étoiles en consomme le double; celui d'un hôtel de luxe, le quadruple. D'autre part, on consomme 4 fois moins d'électricité en préparant son repas chez soi qu'en mangeant à l'extérieur.
- ▶ Ces écarts surprenants sont dus pour une bonne part au fait que l'occupation moyenne des établissements publics n'est que de 35%, alors que, comme les scouts, ils doivent être «toujours prêts». En effet, même le client qui n'a pas réservé doit pouvoir s'attendre à trouver une chambre propre, récemment aérée et correctement chauffée. Il voudra pouvoir se faire servir rapidement un plat à la carte.
- ▶ Plus un hôtel a d'étoiles, plus il consomme d'électricité – et c'est particulièrement vrai pour les établissements de grande classe. Télévision, minibar, climatisation, éclairage sophistiqué, vastes salons, sont autant de paramètres contribuant à l'augmentation de la facture d'électricité.

Transparent 3



Les plus gros consommateurs d'électricité sont la cuisinière, le lave-linge et le minibar.

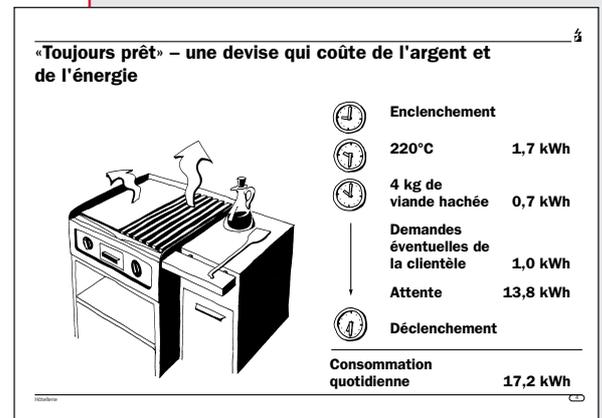
Le minibar est un maxiconsommateur

Dans un hôtel, quelles sont les parts de consommation d'électricité de la buanderie, de l'ascenseur ou de l'éclairage d'une chambre? Tout dépend s'il s'agit d'un hôtel de station à la haute saison ou d'un hôtel sis en ville. Outre la cuisine, les plus gros consommateurs de courant sont les suivants:

- ▶ La buanderie travaille souvent à plein régime. Chaque matin, il faut prévoir des serviettes de bain pour toutes les chambres. Il vaut donc la peine de demander aux clients qui restent plusieurs jours s'ils désirent que l'on change leur serviettes. Quant la direction de l'hôtel achète un nouveau lave-linge, elle devrait s'inquiéter de sa consommation d'électricité et d'eau: en effet, même s'ils sont parfois plus cher à l'achat, les appareils efficaces énergétiquement sont beaucoup plus vite amortis.
- ▶ C'est communément admis: une chambre d'hôtel digne de ce nom doit avoir un minibar. Pour éviter tout bruit intempestif, cet appareil bénéficie d'une technique spéciale (pas de moteur) qui, toutefois, lui fait consommer de trois à cinq fois plus d'électricité qu'un réfrigérateur conventionnel. Dans un hôtel sis en ville, les minibars consomment 20% de l'électricité! On trouve maintenant des nouveaux modèles, comparables aux réfrigérateurs de ménage, qui remplissent le même rôle dans un silence remarquable, et qui consomment de trois à cinq fois moins d'énergie.
- ▶ Les lampes économes dispensent une lumière d'intensité égale, tandis que les lampes à incandescence – famille à laquelle appartiennent les lampes halogènes – servent de préférence à éclairer des endroits ciblés (niches, meubles, etc.). Même si les grands hôtels sont friands de ces effets de lumière, ils ne devraient pas se priver d'installer des lampes économes dans les lieux de travail et dans les corridors.

«Toujours prêt» – une devise qui coûte de l'argent et de l'énergie

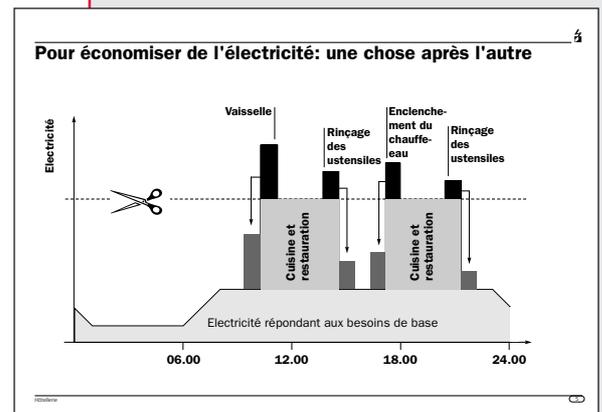
- ▶ Le client est roi. Cela n'est pas sans conséquence pour le gril électrique du cuistot. Le chef enclenche le gril à 9 heures du matin pour y faire revenir un kilo de viande hachée. L'engin reste branché pour satisfaire un éventuel client qui voudrait un steak ou une brochette de crevettes. Quand on aura débranché le gril, en fin de soirée, 1/10 à peine de la chaleur aura servi à faire des grillades; le reste aura été dilapidé en pure perte.
- ▶ Le bilan énergétique d'une cuisine s'améliore considérablement quand on éteint les grils et les plaques durant les heures creuses de l'après-midi. Il existe actuellement une alternative: les cuisinières qui se déclenchent automatiquement quand leurs plaques ne supportent plus rien et qui se remettent en service au moment où on les sollicite à nouveau. Autre possibilité: les cuisinières à gaz, qui possèdent là un avantage sur les cuisinières électriques.
- ▶ Une cuisine de restaurant dégage une quantité de chaleur impressionnante qui, généralement, est renvoyée à l'extérieur. On perd ainsi une précieuse énergie thermique que l'on pourrait exploiter pour chauffer le restaurant. L'investissement nécessaire à l'acquisition d'une installation de récupération de chaleur est l'un des meilleurs et des plus rentables qui existent dans le domaine de l'hôtellerie et de la restauration.
- ▶ Voici l'apport énergétique nécessaire à la préparation d'un repas: à la maison: de 0,5 à 1 kWh; dans une cantine: 2 kWh; dans un bistrot de quartier: 3 kWh; dans un restaurant haut de gamme: 5 kWh.



Pour que le client ne doive pas attendre, le gril reste enclenché toute la journée...

Pour économiser l'électricité: une chose après l'autre

- ▶ La consommation d'électricité des ménages se calcule en kilowatt-heures. L'industrie – tout comme les arts et métiers – est soumise à un tarif calculé selon la puissance réclamée par kilowatt, c'est-à-dire en fonction des pointes de consommation.
- ▶ Quand les pointes de puissance sont élevées (autrement dit, quand plusieurs appareils fonctionnent simultanément, ce qui se passe à midi ou le soir), il est possible que l'on doive payer, en plus, à peu près le quart du montant correspondant à la puissance réellement utilisée.
- ▶ Les cuisinières, lave-vaisselle et chauffe-eau réclament beaucoup d'électricité pour un temps de chauffage relativement bref; une fois parvenus à la température désirée, ils deviennent beaucoup moins gourmands. Dans l'hôtellerie et la restauration, les pointes de puissance sont fréquentes et chères. Pour pallier ce défaut, de nouveaux systèmes de gestion des charges ont prévu des commandes informatiques permettant de faire se succéder les différentes utilisations.
- ▶ Les systèmes de gestion des charges permettent à l'hôtelier de réduire ses frais. Elles s'avèrent rentables, même sans forcément réduire la consommation d'électricité. Car la mise en place d'un système de gestion des charges implique forcément l'analyse de tous les appareils qui consomment de l'électricité.



Les systèmes de gestion des charges sont prévus pour niveler les pointes vers le bas, et donc pour diminuer les factures d'électricité.

Devoirs

Vaut-il la peine d'acheter une cuisinière à reconnaissance de poids?

Transparent 6

Le système de reconnaissance de poids	
Puissance de chauffage	4000 watts
Temps de cuisson	2000 h par an
Pertes dues à l'attente (plaques normales)	1600 watts
Temps d'attente	1250 h par an
Prix de l'électricité	20 ct./kWh
Coût énergétique des anciennes plaques	2000 fr. par an
Investissement dans le système de reconnaissance de poids	800 fr. par plaque
Coût énergétique avec le système de reconnaissance de poids (pas d'attente)	1600 fr.
Durée de l'amortissement	2 ans

Débat: Parmi ces économies d'énergie, lesquelles sont réalistes?



- Lampes économes dans les corridors
- Déclenchement automatique de l'éclairage (capteurs de présence)
- Lampes économes à la salle à manger
- Minibar muni de la technique compresseur
- Ne pas utiliser le gril hors des heures de repas
- Ne changer les essuie-main qu'une fois par semaine
- Ne chauffer les chambres qu'à 19°C
- Réduire l'aération, interdire de fumer dans les chambres
- Bloquer les ascenseurs (les escaliers, c'est bon pour le coeur!)
- Télévision sans télécommande (pas d'usage du stand by)
- Pas de prises pour les appareils privés dans les chambres

Débat: cuisinière électrique ou à gaz?

Transparent 7

Cuisinière électrique ou à gaz?		
	Cuisinière électrique (vitrocéram.)	cuisinière à gaz
Prix d'achat	_____	_____
Prix du courant	20 ct./kWh	10 ct./kWh
Degré d'efficacité	75 %	60 %
Nuisance écologique	_____	_____
Rapidité de l'apport thermique	_____	_____
Frais de nettoyage	_____	_____

Coût énergétique des vieilles plaques =

(puissance thermique nécessaire à la cuisson x temps de cuisson + pertes dues à l'attente x temps d'attente) x prix de l'électricité

Coût énergétique d'une cuisinière à reconnaissance de poids =

puissance thermique nécessaire à la cuisson x temps de cuisson x prix de l'électricité

Durée de l'amortissement =

investissement pour le système de reconnaissance de poids

(coût énergétique des vieilles plaques – coût énergétique du système à reconnaissance de cuisson)

Bibliographie

Ökoberatung

des Schweizer Hotelier Vereins:
Telefon «Hotel-Line» 155 96 97

Strom rationell nutzen

RAVEL-Handbuch
ISBN 3-7281-1830-3

Les publications PACER et RAVEL sont à commander auprès de l'EDMZ, 3003 Berne, FAX: 031 992 00 23

Cuisinière et électricité

No de commande: 724.322 f

Consommation d'électricité dans les cuisines industrielles

No de commande: 724.397.13 f

La cuisine, étude de cas

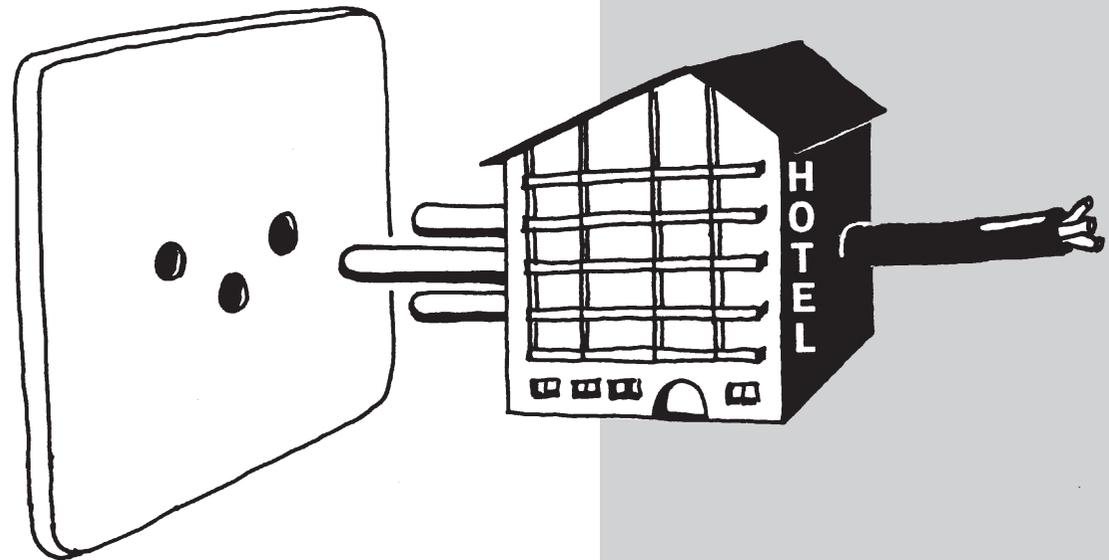
No de commande: 724.397.13.52 f

Hôtellerie

Electricité 3 étoiles

Le directeur d'un hôtel économise du courant en:

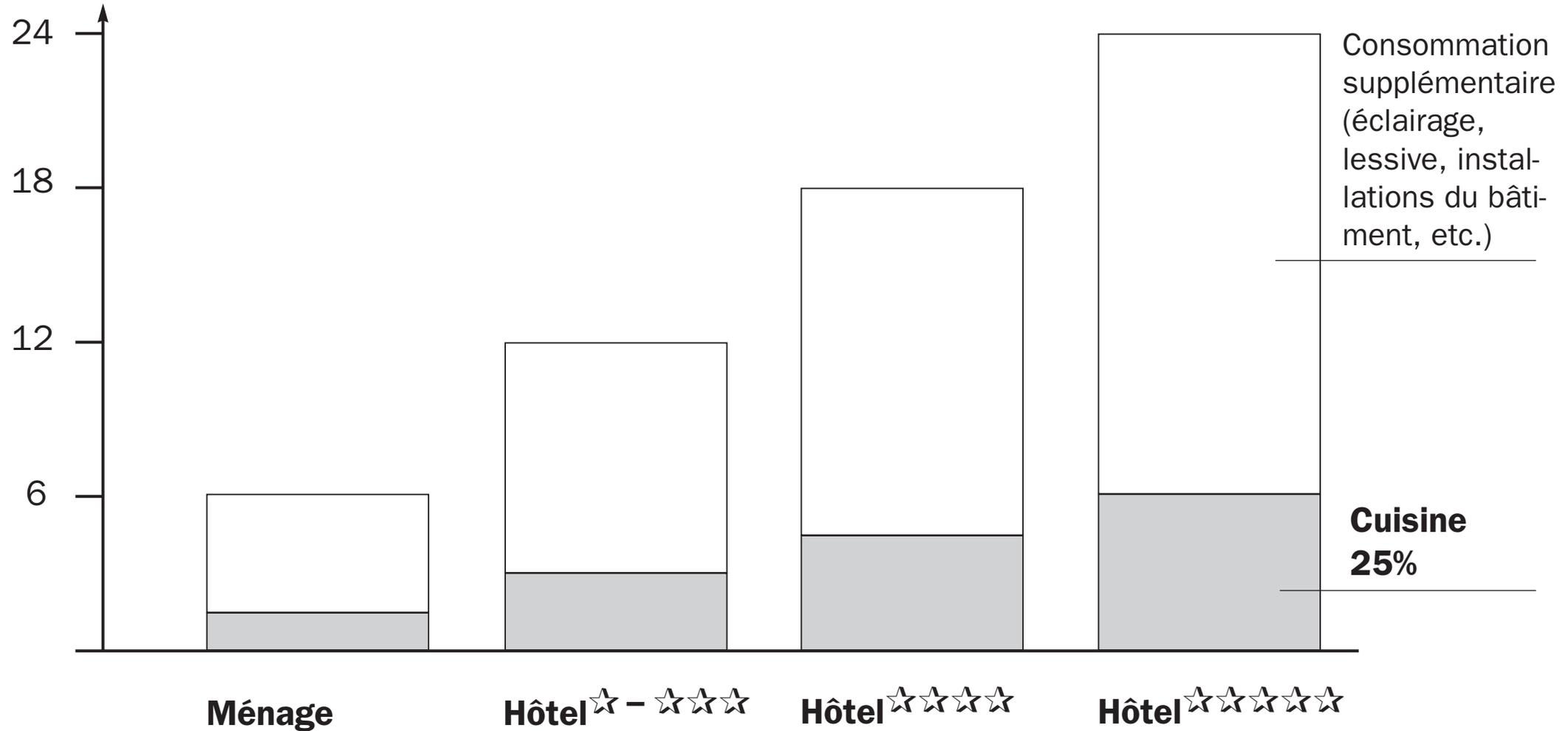
- informant ses hôtes
- optimisant la cuisine
- contrôlant la technique
- motivant le personnel



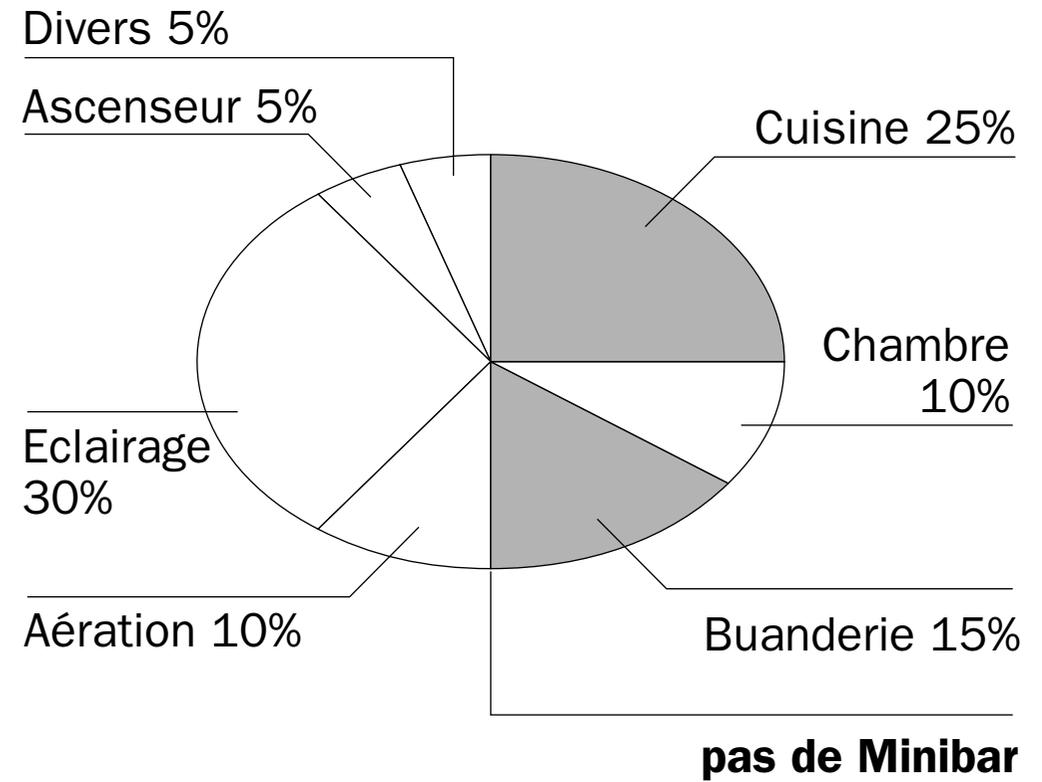
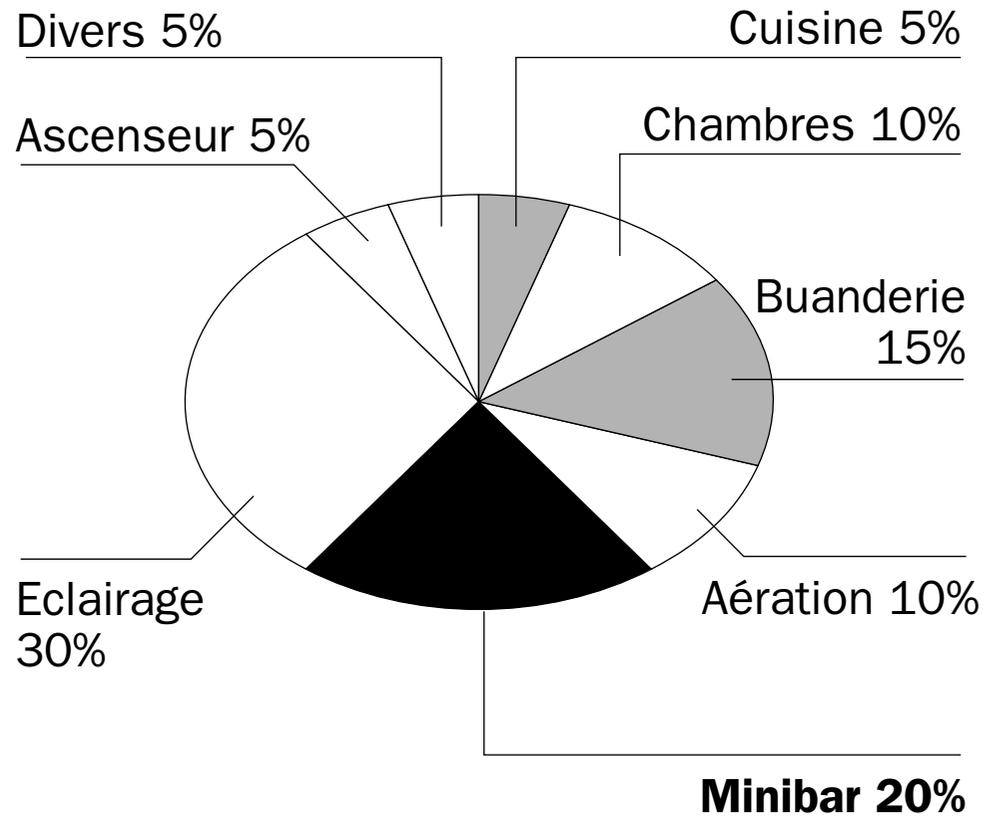
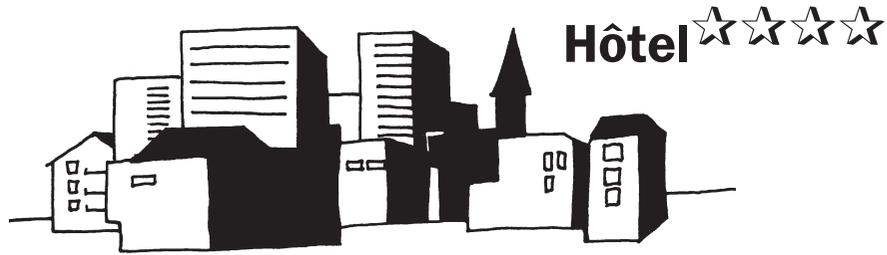


Quatre fois plus d'électricité pour un hôtel 5 étoiles

kWh par jour



Le minibar, un maxiconsommateur



«Toujours prêt» – une devise qui coûte de l'argent et de l'énergie

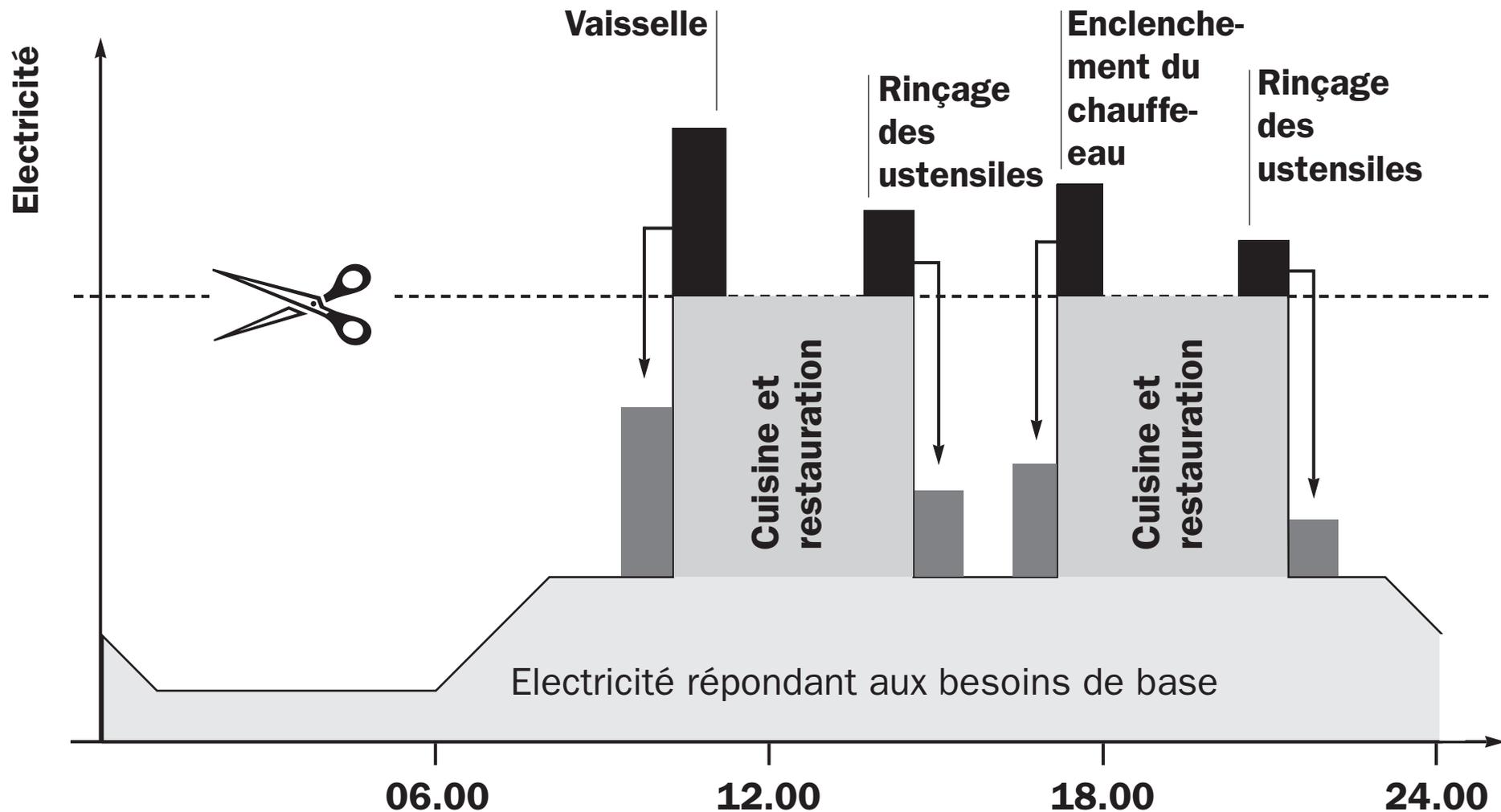


	Enclenchement	
	220°C	1,7 kWh
	4 kg de viande hachée	0,7 kWh
	Demandes éventuelles de la clientèle	1,0 kWh
	Attente	13,8 kWh
	Déclenchement	

Consommation quotidienne **17,2 kWh**



Pour économiser de l'électricité: une chose après l'autre





Le système de reconnaissance de poids

Puissance de chauffage	4000 watts
Temps de cuisson	2000 h par an
Pertes dues à l'attente (plaques normales)	1600 watts
Temps d'attente	1250 h par an
Prix de l'électricité	20 ct./kWh
Coût énergétique des anciennes plaques	_____ fr. par an
Investissement dans le système de reconnaissance de poids	800 fr. par plaque
Coût énergétique avec le système de reconnaissance de poids (pas d'attente)	_____ fr.
Durée de l'amortissement	_____ ans



Cuisinière électrique ou à gaz?

	Cuisinière électrique (vitrocéram.)	cuisinière à gaz
Prix d'achat	_____	_____
Prix du courant	20 ct./kWh	10 ct./kWh
Degré d'efficacité	75 %	60 %
Nuisance écologique	_____	_____
Rapidité de l'apport thermique	_____	_____
Frais de nettoyage	_____	_____