

Procédés et banques de données énergétiques

par B. Saugy et M. Hitz, Lausanne

1. Introduction

Tout bien et tout service peuvent être associés à un contenu énergétique, qu'il ait fallu de l'énergie pour le produire ou qu'il soit possible de l'utiliser comme combustible [1, 2] (fig. 1). Par agent énergétique, il est convenu de dénommer les combustibles et carburants ainsi que des procédés concurrents tels que l'électricité, la chaleur mise à disposition pour le chauffage à distance ou le minerai servant de combustible nucléaire.

Le concept de système énergétique a pris corps avec les chocs pétroliers pour décrire les chaînes énergétiques et ses substituts tels que l'énergie solaire notamment. Sur le plan statistique, les agents énergétiques sont identifiés lors de l'importation, lors de transactions intérieures et à la vente aux usagers (énergie distribuée, autrefois finale) (fig. 2).

Sur le plan technique, nous appelons primaire l'énergie qu'il est possible de tirer des carburants, combustibles fossiles et nucléaires bruts, lors de l'extraction. L'énergie solaire et éolienne est incluse dans les énergies primaires lors du captage. Le pétrole utilisé à des fins de pétrochimie, l'aluminium, le papier ou le bois, même s'ils sont brûlés lors du recyclage, ne sont pas comptés comme énergie primaire. Afin de mieux suivre les évolutions possibles de la demande d'énergie, les statistiques énergétiques ont été étendues à l'utilisateur en tentant d'indiquer la nature des usages ou de la finalité de l'énergie. Cette approche est malaisée et nous proposons ici une méthode d'analyse statistique plus cohérente et convergente, basée sur les *procédés énergétiques*.

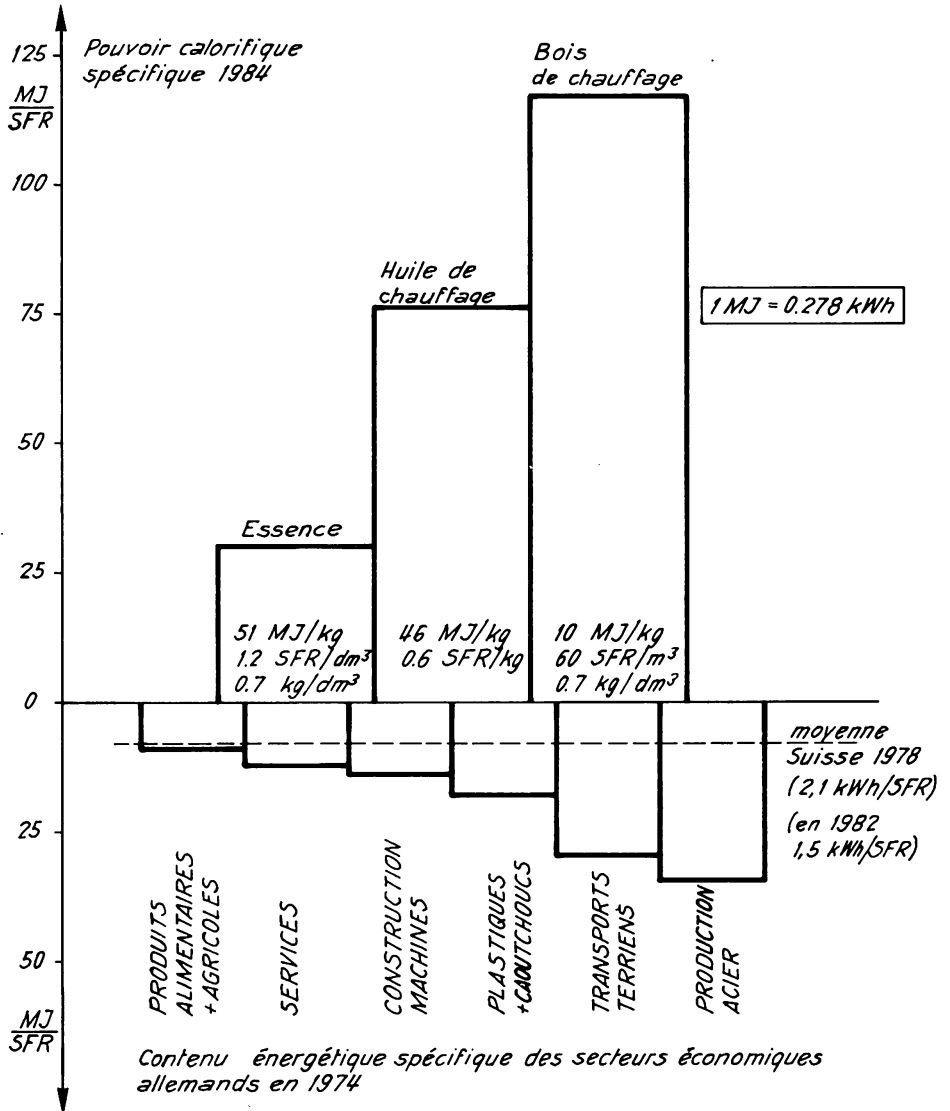
2. Procédés énergétiques et procédés d'utilisation

L'ensemble des chaînes énergétiques allant de l'extraction jusqu'à l'utilisation peut être décrit par une succession de trois types de procédés, à savoir (fig. 3):

- *transformation* (ex. raffinage, centrale thermique, etc.),
- *distribution* (ex. réseau électrique haute, basse et moyenne tension, chauffage à distance),
- *stockage* (ex. stocks stratégiques et citernes à mazout individuelles)

Notons que les procédés de stockage conduisent à corriger les flux annuels pour tenir compte des déphasages. Si la saisie de l'état des stocks stratégiques est très difficile, il est nécessaire de tenir compte de ce phénomène pour juger de l'évolution de

Figure 1:
Illustration du pouvoir calorifique et du contenu énergétique en termes
monétaires
(Grey Energy, The generation of consumption in an input-output approach,
J.-M. Toinet, IPEN, Lausanne, 29 oct. 1978)



la consommation. Les procédés de distribution apparaissent par leurs pertes dans les statistiques. Les procédés de transformation centralisée correspondent le plus souvent à des valeurs ajoutées explicites ; leur prise en compte est simple et réalisée à satisfaction. Le dernier stade des flux énergétiques ayant une contre-partie économique est l'énergie distribuée ou vendue aux utilisateurs.

A ce sujet, il convient de relever que l'obligation des décomptes de chaleur individuels, née de la volonté de réduire la dépendance énergétique, les impacts sur l'environnement et les forêts en particulier, pourrait conduire à une modification importante de la limite à partir de laquelle l'énergie n'a plus de contre-partie économique (fig. 4).

De manière semblable, l'introduction du chauffage à distance ou la constitution de sociétés vendant la chaleur dans l'immeuble augmentera de manière très sensible la part des chaudières considérées dans le secteur des transformations et non plus dans celui de l'utilisation.

Les statistiques énergétiques actuelles disposent de données dans les trois volets suivants (fig. 2):

- *consommation* sur la base des importations, de la production et des variations de stock,
- énergie finale ou *distribuée* comptabilisée après les transformations centralisées,
- analyse exploratoire de l'énergie utile ou mieux des *prestations fournies* [3].

Parmi ces trois volets, le dernier est le moins bien connu.

Une description de ce secteur par *procédés d'utilisation* contribuera largement à y favoriser l'extension de l'analyse statistique. Cette description systématique conforme à celle de la production permettra de simplifier les problèmes de définition de limites signalés ci-dessus.

Par procédé d'utilisation, nous entendons l'ensemble des appareils ou équipements fournissant une prestation semblable ou de même nature. De manière à matérialiser cette approche par procédé, nous analyserons un exemple particulier: le réfrigérateur [4].

3. Frigo-congélateur: un exemple de procédé d'utilisation

Les réfrigérateurs, frigo-congélateurs et congélateurs fournissent deux prestations principales: d'une part ils maintiennent une enceinte à une température désirée, malgré les pertes entre l'enceinte et le local et d'autre part, ils abaissent la température des aliments de la température ambiante à celle souhaitée pour la conservation des produits frais ou congelés. Leur consommation représente 20 à 25 % de la consommation d'électricité des ménages.

La première prestation est une prestation de disponibilité, le maintien en température d'un frigo étant indépendant des produits qu'il contient. L'autre prestation

Low Energy Gases (t)	Hydro- Electric	Nuclear Energy	Electricity	District Heat	Other (tO)	Total	Primary Energy Sources	Secondary Energy Sources	
-	115980	73908	22874	-	19716	138734	138734	-	1
58	115988	-	-	-	-	719988	352140	367848	2
-	-	73908	22874	-	19716	1377	615	762	3
59	-	-	34225	-	-	860099	491489	368610	4
-	-	-	-	-	-	45616	996	44620	5
-	-	-	-	-	-	22758	1944	20794	6
59	115960	73908	-11351	-	19716	791725	488529	303196	7
-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
-	-	-	-	-	-	5894	2704	2190	9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
-	13468	73908	-	-	-	25601	-	12133	11
-	102492	-	5807	-	-	73908	13468	-	12
-	-	-	-	-	-	108239	73908	-	13
-	-	-	-	-	7993	12180	102492	5807	14
-	-	-	-	-	-	254225	7993	4187	15
-	115960	73908	5807	-	7993	480107	454790	25317	16
-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
4371	-	-	-	-	-	5848	-	5848	18
-	-	-	5472	-	-	5472	-	5472	19
-	-	-	13766	-	-	13766	-	13766	20
-	-	-	22173	-	-	22173	-	22173	21
-	-	-	92243	-	-	92243	-	92243	22
-	-	-	439	4815	-	5254	-	5254	23
-	-	-	-	-	-	240350	-	240350	24
4371	-	-	134093	4815	-	385106	-	385106	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
486	-	-	-	-	-	1043	557	486	27
-	-	-	-	-	-	234	-	234	28
-	-	-	-	-	3058	3058	3058	-	29
-	-	-	482	-	-	11661	-	11661	30
-	-	-	198	-	-	198	-	198	31
486	-	-	680	-	3058	16194	3615	12579	32
-	-	-	-	-	-	-	-	-	33
394	-	-	11200	628	-	14231	1989	12222	34
3550	-	-	105055	4187	11723	666319	28135	638184	35
-	-	-	-	-	-	25824	-	25824	36
-	-	-	-	-	-	+10007	-	+10007	37
3550	-	-	105055	4187	11723	650502	28135	622367	38
-	-	-	-	-	-	-	-	-	39
272	-	-	2527	-	-	7806	234	7572	40
67	-	-	1120	-	-	18923	-	17897	41
-	-	-	4046	63	-	1026	1026	(28948)	42
-	-	-	8348	423	-	(8449)	-	(8449)	43
-	-	-	7049	-	-	1200	256	7874	44
-	-	-	1987	540	-	(24562)	-	(22356)	45
-	-	-	3881	-	-	3881	-	3881	46
-	-	-	3373	-	-	(23545)	-	(22842)	47
205	-	-	5036	25	-	39770	1135	38635	48
741	-	-	40258	1051	-	167815	9361	158454	49
-	-	-	-	-	-	108013	-	108013	50
-	-	-	-	-	-	22986	-	22986	51
-	-	-	7204	-	-	7958	-	7958	52
-	-	-	-	-	-	27820	-	27820	53
-	-	-	-	-	-	1758	-	1758	54
-	-	-	7204	-	-	168535	-	168535	55
1289	-	-	1339	929	7649	(58597)	11464	(147133)	56
536	-	-	4820	105	689	29554	2071	27483	57
536	-	-	20621	-	689	23688	2071	21617	58
-	-	-	-	-	-	-	-	-	59
2361	-	-	26780	1034	9027	211839	15606	(196233)	60
260	-	-	480	1105	2432	42984	2784	40200	61
50	-	-	1541	126	264	10031	322	9709	62
138	-	-	28872	871	-	49298	62	49236	63
-	-	-	-	-	-	-	-	-	64
448	-	-	30813	2102	2696	102313	3168	99145	65
-	-	-	-	-	-	-	-	-	66
-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
-	-	-	-	-	-	-	-	-	68
-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
-	-	-	-	-	-	-	-	-	71
-	-	-	-	-	-	-	-	-	72
-	-	-	-	-	-	-	-	-	73
-	-	-	-	-	-	-	-	-	74
-	-	-	-	-	-	-	-	-	75
-	-	-	-	-	-	-	-	-	76
-	-	-	-	-	-	-	-	-	77
-	-	-	-	-	-	-	-	-	78

Figure 3: Règles pour l'établissement du réseau énergétique

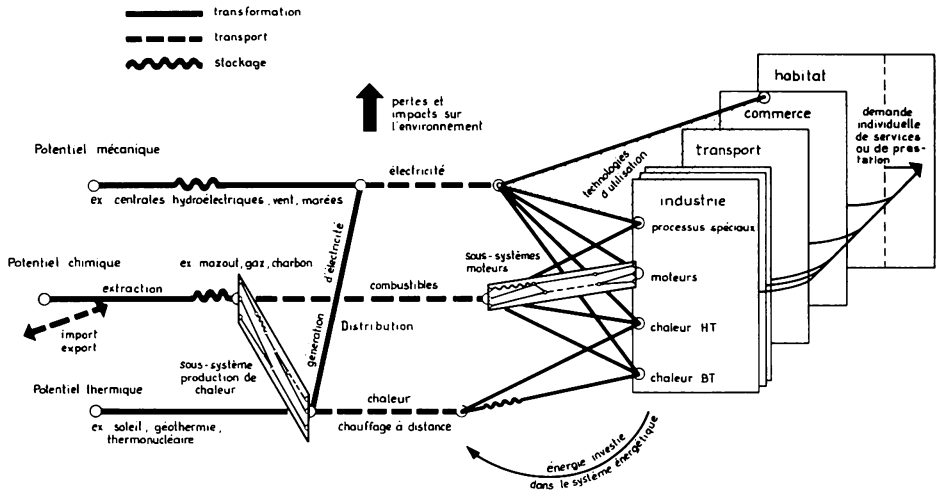
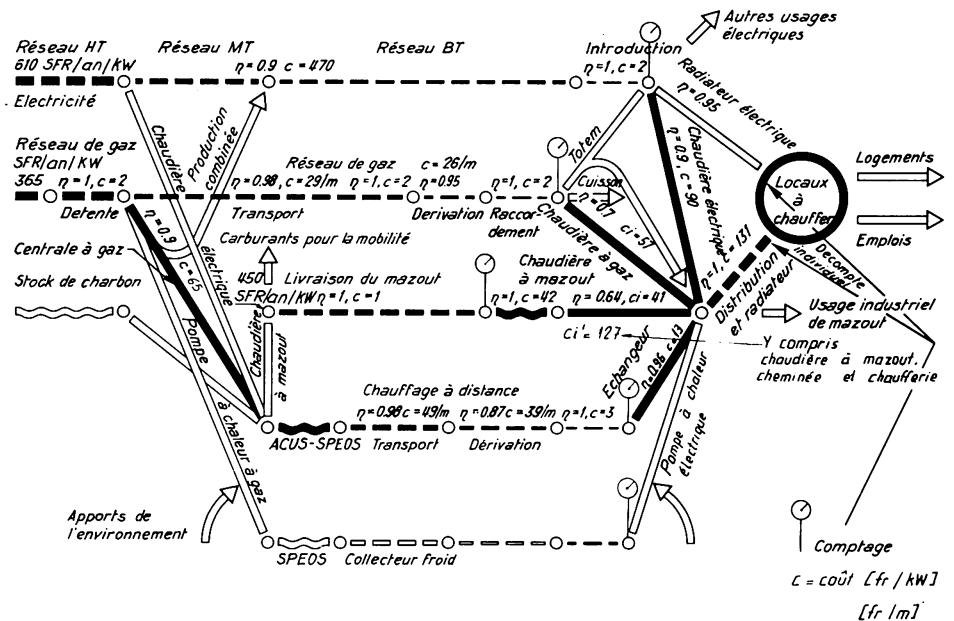
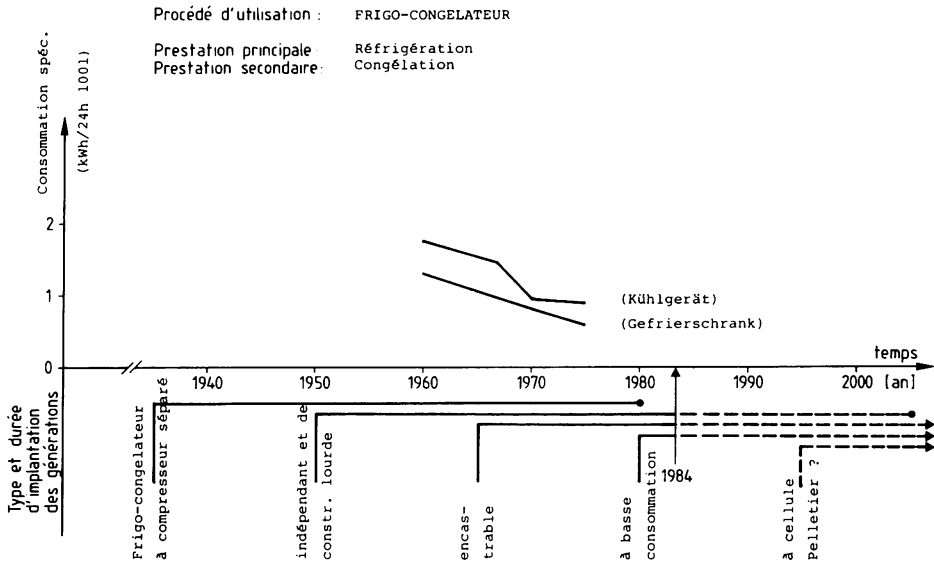


Figure 4: Variantes concurrentes de chauffage



est une prestation de service dont la consommation dépend de la quantité de marchandise réfrigérée ou congelée, de l'écart de température et de la fréquence des cycles de réchauffement (par exemple lorsqu'un produit est sorti du frigo) et de ceux de refroidissement (lorsque ce produit est remis dans le frigo).

Figure 5: Estimation de l'évolution des générations de frigo-congérateurs et de l'évolution de leur consommation d'énergie [4]
(Consommation d'énergie, tiré de: Energiebericht, ZVEI, juin 1981)



Une amélioration de l'isolation réduit la consommation de la prestation de disponibilité. La consommation de la prestation de réfrigération n'est réduite, au niveau du procédé, que par une augmentation des performances de la pompe à chaleur.

Ces deux aspects sont pris en compte dans la définition du niveau des prestations de réfrigération et de congélation. Notons qu'un tel procédé évolue par à-coups dans le temps (que l'on peut identifier) et que la constante de temps de cette évolution est en relation directe avec la durée de vie de l'appareil (fig. 5).

De manière théorique, chaque appareil peut être décrit par une fiche contenant les points suivants:

- prestations fournies,
- consommations observées et puissances installées,
- coûts,
- émissions.

Sur la base de cet ensemble de fiches, il est possible de faire des fiches par catégories, par exemple:

- réfrigérateur,
- frigo-congérateur,
- congélateur.

Ces nouvelles fiches décrivent alors les propriétés moyennes et reflètent l'utilisation moyenne des appareils pris en compte. Enfin, en regroupant ces dernières

Figure 6: Fiche technique du frigo-congérateur [4]

PROCEDE D'UTILISATION	PRESTATIONS	Classe: EQUIPEMENT
FRIGO-CONGELATEUR	Principale: REFRIGERATION C1/C2/C3: 3000 Kg/Pers an, 200 L. DT 14 Deg Secondaire: CONGELATION C1/C2/C3: 25 Kg/Pers an, 20 L. DT 36 Deg	
PERFORMANCES:		
Prestations:		DUREE DE VIE: 15 ans 2.ESTI83
Princ 2.5 P2.PDED83	Niv: C1 100 1.PDEF83 C2 100 1.PDEF83 C3 100 1.PDEF83	
SEC : 2.5 P2.PDED83	NIV: C1 100 1.PDEF83 C2 100 1.PDEF83 C3 100 1.PDEF83	
Puissance moyenne totale: 53	W 2.SDEM80 dont complement: 12	W 3.SDEM80
installée totale: 250	W 2.SDEM80 dont complement: 70	W 3.SDEM80
Economie d'énergie possible par	a) controle de gestion	15 % 3.ESTI83
	b) normes/restauration	30 % 3.ESTI83
% des agents: a)electricite: 99 %	1.PDED83 b)combustibles: 1 %	3.ESTI83
gestion: REGLAGE MANUEL DU THERMOSTAT		
COUTS: a)d'exploit.: 80	SFR/an 2.PDED83 b)d'achat: 600	SFR 2.PVEN82
c)de restauration	ISOLATION,RENDEMENT,PAC,SUBDIV.PRECH ECS 100	SFR 3.ESTI83
IMPACTS: Type d'emission: B I. E I	classe de risque:	
IMPLANTATION: total: 2930000	2.PDED83 b)industrie: 0	3.ESTI83
a)residentiel: 2875000	2.SDEM80	
SOUS-SYSTEME: FRIGO,CONGELATEUR.FRIGO AVEC CASIER DE CONGELATION.FRIGO-CONGEL		

fiches, on peut créer la fiche générale du procédé (fig. 6). A ces fiches «moyennes», il convient d'ajouter l'implantation, soit de calculer le nombre d'appareils en service recensés dans les différents secteurs économiques:

- résidentiel,
- primaire,
- secondaire,
- tertiaire.

De manière générale, la consommation $\bar{P}_j$ du procédé j étudié dépendra de deux paramètres principaux:

- parc d'appareils en fonction,
- niveau et habitudes d'utilisation.

Sur le plan technique, trois grandeurs interviennent, soit:

- nombre d'appareils n
- puissance installée P_i
- nombre moyen d'heures d'utilisation à l'année h

La puissance moyenne annuelle du procédé j est égale à:

$$\bar{P}_j = \sum_{k=1}^n \bar{P}_k / n = \sum_{k=1}^n (P_{i,k} \times h_k / 8765) / n$$

A titre indicatif, cette consommation est de 300 MW, pour une consommation suisse de 22 000 MW [4].

De manière générale, la puissance installée des appareils est bien connue. Des études fines [5] ont montré que la prestation de disponibilité est à l'origine de l'essentiel de la consommation d'un frigo. Celle-ci est uniforme et la durée de fonction-

nement est alors une grandeur simple à mesurer. Le nombre d'appareils peut soit faire l'objet de sondages ponctuels successifs, soit être déduit de l'âge du stock, des appareils produits et mis hors service ou même du chiffre d'affaire des commerçants de la branche.

Notons que pour connaître les évolutions possibles de la demande d'énergie, il importe de connaître le taux d'utilisation de chaque procédé, soit le nombre moyen par ménage, unité de logement ou de production [6, 7].

Lorsque nous aurons une fiche pour chaque procédé avec son implantation, les statistiques énergétiques par agent et par secteur permettront de calibrer et de contrôler les hypothèses faites sur les procédés. En effet, il s'agit en fait de répartir une consommation donnée entre un certain nombre de procédés et les erreurs seront finalement extrêmement limitées.

Notons enfin que l'étude des appareils ménagers [8] a mis en évidence des schémas de répartition des consommations dans le temps très simples et très spécifiques des procédés. Le frigo est un consommateur de type continu aléatoire, contrairement au lave-linge qui fonctionne en priorité les lundi et mardi matins. L'analyse de la courbe de charge d'un bâtiment, quartier ou ville, corrélée avec les courbes typiques des procédés permet de calibrer de manière simple les contributions des procédés utilisant des agents de réseau (fig. 7).

Dans les statistiques actuelles de l'Union des Centrales Suisses, les frigo-congélateurs apparaissent sous les agents électricité et gaz ou sous les «natures» éclairage, force-motrice ou chaleur de production, selon que le frigo est de faible puissance, à compresseur ou à absorption. Ainsi, par exemple, la consommation force-motrice d'un secteur industriel inclut les gros frigos des cantines et des bureaux. L'inhomogénéité de ces répartitions rend alors une analyse technique des évolutions possibles du système énergétique très difficile.

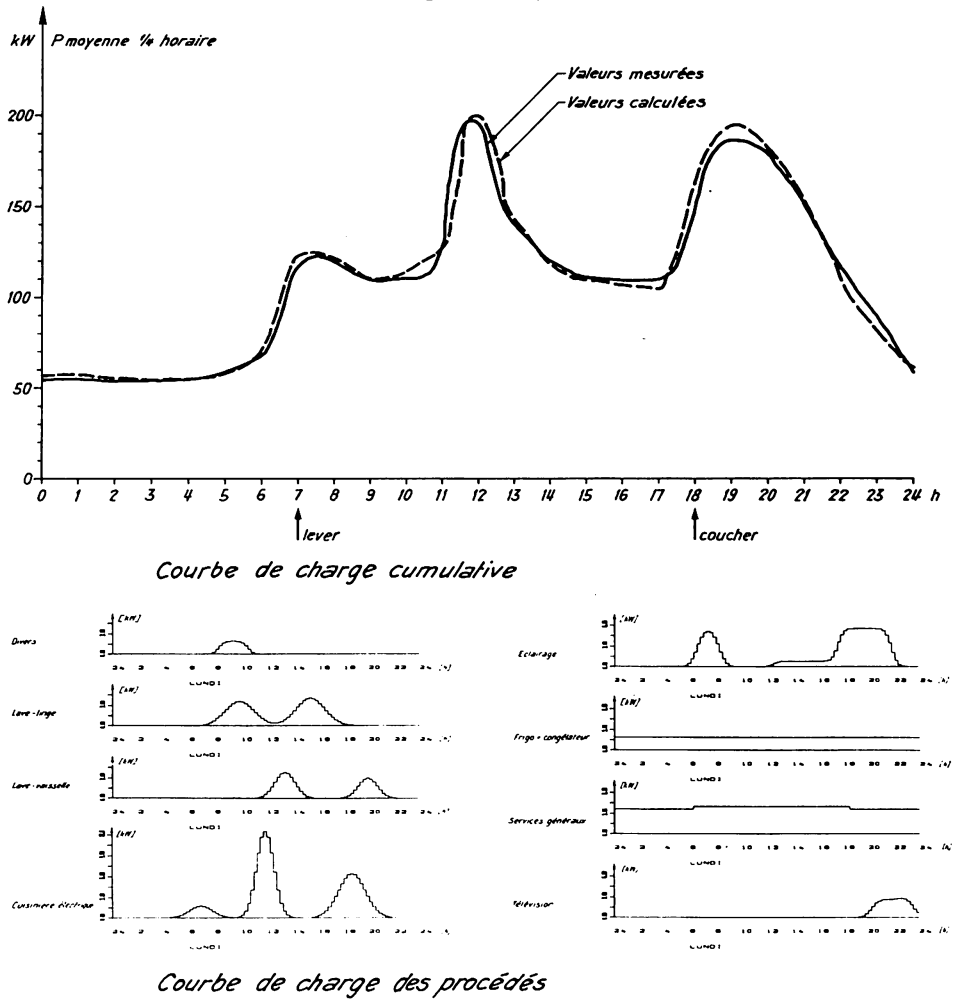
Par contre, comme le montre l'exemple du frigo-congélateur, une ventilation basée sur les procédés d'utilisation et l'agrégation successive des données en une fiche descriptive, nous semble offrir une base tangible, cohérente et efficace pour progresser dans l'établissement d'une statistique énergétique au niveau de l'utilisateur.

4. Les banques de données CARTEN

Le découpage du système énergétique en procédés facilite la constitution d'une banque de données énergétiques. Dans le cadre de la collaboration au «System analysis Group» de l'Agence Internationale de l'Energie, puis au «Projet d'Ecole Energie» de l'EPFL [11], la banque de données CARTEN a été conçue en parallèle avec la banque de données MARKALL [9].

Alors que MARKALL décrivait les flux énergétiques et incluait dans les procédés leur part du marché pour la projeter de manière semi-rigide dans un système à

Figure 7: Utilisation des courbes de charge pour la mesure des consommations des procédés [8]



forte croissance, CARTEN décrit les procédés de manière indépendante pour les introduire dans un modèle de génération de scénarios RETINE [10].

La propriété de RETINE est de décrire sous forme de réseaux les chemins en libre concurrence pour satisfaire à une demande d'énergie extrapolée sur la base de données économiques. Selon l'importance donnée aux objectifs de coûts, de performances ou de pénalisation des émissions dans l'environnement, RETINE génère des scénarios utilisant en proportion variable les diverses chaînes énergétiques avec un minimum de contraintes occultes.

Dans le cadre des prévisions économiques des années 70 à 75, les modèles techniques de production d'énergie à structure énergétique fixe montraient que le nucléaire devait remplacer le pétrole dans les années 80, les surgénérateurs se substituer aux réacteurs thermiques dans les années 90 et la fusion prendre le relais de la fission dès 2020. Ce développement exponentiel de la demande, compatible avec la généralisation en 1975 aux USA de la climatisation des locaux et celle de l'avion pour les liaisons intervilles, exigeait un effort de production industriel pouvant conduire à une rupture des possibilités du capital et des moyens de production. Dans cet esprit, le Wirtschaft Institut Forschung (WIF ETHZ) a conçu une extension de la banque CARTEN aux caractéristiques économiques des moyens de production. CARTEN B contient pour chaque procédé la description des contributions des secteurs économiques à sa réalisation et ses délais techniques, économiques et politiques. Notons que de telles données sont utiles pour l'étude du contenu énergétique des biens et de la formation du capital physique [2].

A l'opposé, les modèles d'offre de type RETINE, explicitant l'utilisation, ont mis en évidence le fait que les lois économiques de pénétration de marché s'appliquaient mal à la demande globale d'énergie exprimée en termes physiques et notamment sous des climats tempérés comme les nôtres.

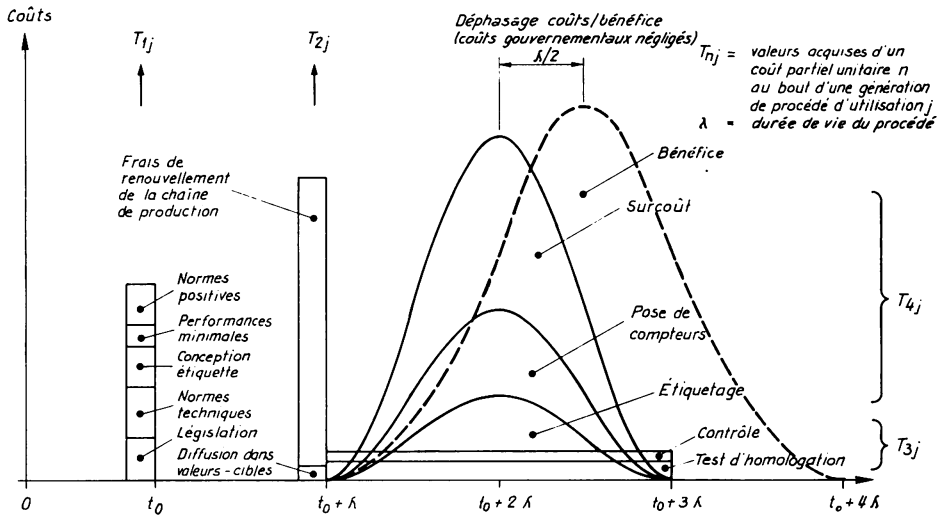
L'étude de scénarios énergétiques visant à satisfaire une demande de prestation a mis en évidence le fait que les efforts requis du secteur de la production pouvaient être avec profit investis dans les procédés d'utilisation et conduire à la substitution d'agents énergétiques, puis à celle des procédés d'utilisation. Un accroissement de la demande de prestation ou du niveau de confort peut ainsi conduire à une évolution différente de la demande d'énergie.

Actuellement, 10 ans après le principal choc pétrolier et alors que les prévisions de consommation globale les plus basses lors du rapport intermédiaire de la GEK n'envisageaient pas de stabilisation avant 1985, la consommation actuelle est proche de celle d'il y a 10 ans, soit à la moitié des valeurs prévisibles en 1975.

Dans ce nouveau contexte, confirmé par la réserve marquée face à l'architecture climatisée et notamment par l'abandon de grands projets (par exemple l'aéroport de Lausanne), la recherche de procédés plus performants redevient possible, les économies n'étant plus masquées par l'accroissement annuel de consommation de 6 à 7% observé au début des années 70.

Cette évolution dramatique, notamment pour l'industrie d'exportation nucléaire, confirme la nécessité de mieux connaître les mécanismes de la demande et les éléments profonds auxquels doit satisfaire l'offre. Par ailleurs, l'évolution défavorable de l'état de santé des forêts et la perception accrue des nuisances urbaines renforcent la nécessité de mieux connaître les émissions des procédés énergétiques et confirment l'intérêt, dit théorique à l'époque, de générer des variantes concédant à l'optimum économique un coût de diversification et un coût de réduction des nuisances.

Figure 8: Histogramme des coûts partiels d'une action gouvernementale sur un procédé d'utilisation et des bénéfices [4]



Dans le cadre d'une étude de la rentabilité des interventions gouvernementales sur la consommation énergétique des appareils et équipements (fig. 8), il a été possible d'étendre et de renouveler la banque de données CARTEN pour les procédés d'utilisation. L'insertion des procédés de production industrielle est en cours, les procédés relatifs à la mobilité des personnes, objets et informations pourront être extraits de CARTEN A réalisé en Infol et introduits sur CARTEN C construite à l'aide d'ORACLE¹.

Actuellement, le développement rapide des microprocesseurs ouvre une voie nouvelle dans la régulation et l'adaptation des appareils aux prestations requises. Cette voie permet simultanément d'offrir de nouveaux services automatisés stimulant la demande d'énergie et des procédés de gestion réduisant de manière drastique la consommation des procédés usuels tels que le chauffage.

Ce fait renforce le sentiment qu'en matière d'énergie nous nous situons dans une période de transition que l'étude historique et économique a de la peine à saisir. Dès lors, pour planifier nos équipements énergétiques qui seront en fonction dans 20 à 30 ans, il importe de mieux connaître l'état actuel de la demande pour déceler les orientations possibles qui découleront des choix politiques à effectuer.

¹ ORACLE, User's and Programmer's guide, RSI, USA, 1981.

5. Statistique des procédés énergétiques

En conséquence, au-delà de la prévision de l'évolution de la demande, la statistique énergétique doit faciliter la gestion énergétique et le choix des mesures à prendre.

Pour ce faire, nous proposons d'étendre la statistique de l'énergie aux procédés d'utilisation. Cette extension peut se faire de manière progressive. Dans un premier temps une étude globale permet de fixer les clés de répartition entre les procédés énergétiques. Par la suite les communes, cantons et la Confédération peuvent procéder à l'analyse détaillée d'un procédé ou d'un groupe de procédés.

L'étude globale ayant donné l'ordre de grandeur des contributions à la consommation globale, il sera possible d'orienter les priorités vers les procédés à fort potentiel d'évolution tels que le chauffage central, la climatisation, l'éclairage ou la réfrigération.

Selon le concept décrit, chaque étude statistique telle que le recensement fédéral des logements ou le contrôle des fumées permettra d'accroître la précision des données et de mieux connaître la structure de la demande.

En recourant à un programme de gestion tel qu'ORACLE, de nouvelles perspectives sont offertes aux utilisateurs, en particulier un confort d'accès bien supérieur.

A tout instant, par l'intermédiaire d'un terminal, l'utilisateur peut sélectionner immédiatement les valeurs ou effectuer les calculs dont il a besoin. De plus, il a la possibilité de connaître ou contrôler les éléments constitutifs de ses résultats; par exemple, les caractéristiques d'un procédé d'utilisation par l'intermédiaire de sa fiche technique.

A titre indicatif, la figure 9 propose une liste des principaux procédés regroupés selon les principales classes de prestations [3], soit:

- mobilité,
- équipement,
- conditionnement des locaux.

Cette structure d'analyse peut être subdivisée partout où cela est possible et intéressant. La figure 9 en fournit un exemple.

Toutefois, pour parvenir à des comparaisons tangibles, il est nécessaire de disposer d'unités pratiques dans lesquelles exprimer les données. Ce problème, actuellement mal résolu, est l'objet du chapitre suivant.

6. Unités de consommation

Le passage d'unités physiques telles que les tonnes de mazout par an à des unités compatibles avec le système international d'unités a souffert du poids mythique de l'énergie comme grandeur fondamentale régissant la matière.

Figure 9: Exemple de liste des procédés d'utilisation avec une structure possible d'analyse

PROCÉDÉS D'UTILISATION Estimation de la consommation [kW]	SUBDIVISION PAR SECTEUR					SUBDIVISION PAR AGENT				
	Logements individuels	Logements collectifs	Emplois primaire	Emplois secondaire	Emplois tertiaire	Combustibles liquides	Combustibles gazeux	Combustibles solides	Électricité	Chaleur
TOTAL	22'510									
CONDITIONNEMENT	11'080									
- Chauffage central	8'960									
- Chauffage cellulaire	1'020									
- Climatisation	1'000									
- Architecture molaire	100									
- Solde	---									
EQUIPEMENT DE PRODUCTION	3'500									
EQUIPEMENT PERSONNEL	1'630									
- Boiler	317									
- Réfrigération	294									
- Lave-linge	55									
- Lave-vaisselle	62									
- Unités de cuisson	280									
- Solde	622									
MOBILITE	6'100									
- Ascenseur	80									
- Avion	1'390									
- Camion	740									
- Camionnette	510									
- chemin de fer	220									
- motocycle	170									
- voiture	2'580									
- Solde	410									

En matière d'activités économiques, ce sont les flux d'énergie annuels analogues à des agents de production qui nous intéressent.

Une *consommation annuelle de mazout* est ainsi une puissance moyenne annuelle exprimée en *W* ou *kW*. Notons qu'il faut environ 1 tonne de mazout par an ou 1 kW de chaleur pour chauffer la place de travail et une autre pour chauffer le logement.

L'unité d'énergie, le *Jet* ses multiples, ne s'utilise judicieusement que pour mesurer un stock, grandeur comme nous l'avons vu non saisie par la statistique.

Notons qu'une chaudière produisant 1 kW, soit consommant 1 tonne de mazout par an ($\eta = 73\%$) a usuellement une puissance installée de 5 kW pour satisfaire à la demande de pointe hivernale. Cette chaudière utilisera en un an un stock de:

$$1 \text{ kW} \times 8765 \text{ h/an} \times 3600 \text{ s/h} = 31,554 \text{ GJ/an}$$

Le GJ/an souvent utilisé devrait, pour éviter l'année qui n'est pas l'unité de temps, se traduire comme suit:

$$\text{consommation annuelle } 1 \text{ GJ/an} = 31,69 \text{ W}$$

Ces unités sont en outre les seules permettant de prendre en compte les énergies renouvelables. Si l'ensoleillement maximum d'un m² est d'environ 1 kW, l'ensoleillement moyen sera de 200 W et il pourra satisfaire, avec les dispositifs de captage et de stockage adéquats, à une consommation de 50 à 100 W/m². Il faudrait ainsi de 10

à 20 m² de capteurs solaires pour chauffer le logement d'une personne.

Ainsi, les *consommations* annuelles ne sont pas des énergies, mais des énergies par an, soit des *puissances* et, pour les distinguer des puissances appelées, des puissances moyennes annuelles, soit la moyenne annuelle des puissances instantanées.

En outre le J, unité très petite (1 MJ = 1 verre de «schnaps»), est très difficile à manipuler. Il faut donc recommander de passer sans délai à la *seule unité légale de consommation*: le *W* et ses multiples.

7. Remarques finales et conclusions

En conclusion, nous tenons à souligner l'intérêt qu'il nous paraît y avoir à analyser le secteur de la demande d'énergie sur la base des procédés d'utilisation en corrélation avec la vente et le stock des appareils correspondants. Cette approche de la demande nous paraît:

- *utile* pour mieux apprécier les évolutions possibles à moyens et long terme de la demande d'énergie,
- *possible* par la multiplicité des recoupements sur les informations disponibles et requises pour affecter les consommations aux divers procédés,
- *judicieuse* par la mise en valeur qu'elle permet des données statistiques acquises par les recensements et les études sectorielles,
- *facile* à implanter par le caractère progressif de la décomposition en procédés qui permet un nombre de subdivisions adapté aux données disponibles et à l'effort consenti,
- *conforme* aux techniques de description et de circulation de l'information mises en évidence par le développement informatique et celui des bases de données en particulier.

Références

1. *Descœudres, F., Kohler, P., Saugy, B.*: Evaluation énergétique de tunnels routiers, étude exploratoire. Rapport LMR/IENER – EPF Lausanne, juin 1982.
2. *Toinet, J. M.*: Energie et économie: la formation du capital physique. Thèse EPFL 1982.
3. *Saugy, B.*: La prestation des procédés énergétiques du bâtiment. Rapport BSI Lausanne, IAS, décembre 1983.
4. *Saugy, B., Hitz, M.*: Etude technique et économique sur la faisabilité d'interventions de la Confédération dans le domaine de la consommation d'énergie d'appareils et d'installations. Rapport OFEN/IENER, janvier 1984.
5. *Saugy, B., Bonnard, D., Vuille, F.*: Consommation d'électricité des ménages. Ingénieurs & Architectes Suisses, Lausanne, 30 octobre 1980.
6. *Carlevaro, F., Spierer, G.*: Nouvelles perspectives d'évolution de la demande d'énergie en Suisse jusqu'en 2000. Rapport OFEN, août 1983.
7. *Giovannini, B., Carlevaro, F., Aebischer, B. et al.*: Influence de mesures de la Confédération sur la demande d'énergie. Rapport CUEPE, janvier 1983.
8. *Saugy, B., Bonnard, D., Schmied, P., Vuille, F.*: Distribution dans le temps de la consommation d'électricité des ménages. Rapport IENER, Lausanne, avril 1982.
9. *Toinet, J. M.*: La Suisse et l'AIE. Publication EPFL N° 180, Lausanne, 1979.
10. *Saugy, B., Bovet, Y., Roulier, A.*: Energy strategies: a technical assessment. Proceedings of the Workshop on Energy Strategies! Conception and Embedding, IIASA, Laxenburg (Austria), May, 1977.
11. *Saugy, B., Bovet, Y., Roulier, A., Dind, Ph., Vuille, F.*: Banque de données CARTEN. Caractéristiques énergétiques des technologies énergétiques. Rapport EPFL-IPEN, Projet d'Ecole Energie, 1979.
12. *Sailors, V. L., Rath-Nasel, S., Saugy, B. et al.*: An initial multi-national study of future energy systems and impacts of some evolving technologies. Prepared by Brookhaven National Laboratory and Kernforschungsanlage, Julich, March 25.
13. *Staub, P.*: Data bank on investments requirements of energy technologies. Thèse EPFL N° 204, 1983.

Résumé

Procédés et banques de données énergétiques

Un système énergétique peut se décrire comme un réseau composé de *procédés énergétiques*. Ces procédés permettent de *transformer, distribuer* et de *stocker* les agents énergétiques. Chacun des procédés peut être décrit selon les aspects suivants:

- performances
- coûts
- impacts sur l'environnement
- économie d'énergie possible
- implantation sur le marché

L'ensemble des caractéristiques des procédés peut être assemblé en une banque de données des procédés énergétiques. Ces données permettent une description plus fine de la situation énergétique qu'avec les statistiques actuelles de consommation par agent et nature d'énergie. De plus, cette description fournit les bases de l'étude de l'influence de substitution entre agents énergétiques et de la substitution des procédés eux-mêmes.

La première banque de données CARTEN développée sur INFOL décrit les principaux procédés capables de représenter les transformations centralisées. La banque CARTEN B est une extension en cours par le WIF (Wirtschaft Institut Forschung) sur les aspects économiques et sur la structure des investissements spécifiques à chaque procédé énergétique.

CARTEN C, en cours de développement, décrit les principaux *procédés d'utilisation* de l'énergie, en recourant à un programme de gestion spécialement conçu pour ce type d'application (ORACLE*). Vu les facilités offertes par ce langage, des efforts sont également consentis pour regrouper dans une seule banque de données l'ensemble des procédés déjà définis. Cette opération va ainsi créer une base de statistique énergétique d'un niveau d'information supérieur et surtout elle va, de par sa structure, offrir un instrument de travail plus flexible et plus étendu que ceux actuellement utilisés par les personnes travaillant dans le domaine de l'énergie. Une brève démonstration pratique suivra l'exposé.

* ORACLE, User's and Programmer's Guide, RSI, USA 1981.