



**HAL**  
open science

## Analyse énergétique

Emmanuel Coste, Didier Oury

► **To cite this version:**

Emmanuel Coste, Didier Oury. Analyse énergétique. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1978. hal-01909954

**HAL Id: hal-01909954**

**<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01909954>**

Submitted on 31 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

École Nationale Supérieure des Mines de Paris

Consultation  
sur place



**analyse  
énergétique**

*Juin 1978* Emmanuel COSTE - Didier OURY

---

# Consultation sur place

## ANALYSE ENERGETIQUE

---

Cette étude a été réalisée d'octobre 1977 à juin 1978 par Messieurs Emmanuel COSTE et Didier OURY, ingénieurs des Mines, dans le cadre de leur troisième année de formation à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris et sous la direction de Monsieur SYROTA, directeur de l'Agence pour les Economies d'Energie.

---

AVANT - PROPOS

=====

Nous tenons à remercier tout particulièrement Monsieur SYROTA de l'aide qu'il a bien voulu nous accorder tout au long de cette étude par ses conseils critiques comme par les contacts qu'il nous a permis d'obtenir.

Nous remercions également Madame HONORE et Monsieur RENARD de l'INSEE ainsi que Monsieur PINSAC du CEREN.

Enfin l'évaluation du contenu énergétique des centrales nucléaires et à héliostat n'a été rendue possible que grâce à l'aide de Messieurs SAUMON et DERRIEN de l'EDF.

Emmanuel COSTE et Didier OURY

Cette étude est fondée essentiellement sur la notion de contenu énergétique.

En premier lieu est développée une analyse de ce que recouvre cette notion et de l'intérêt qu'elle représente.

Est ensuite exposée la méthode de calcul des contenus énergétiques pour chacune des 54 branches industrielles à l'aide d'un tableau d'échange interindustriel en 90 branches. On notera qu'avant tout traitement le T E I a été préalablement modifié pour ce qui concerne la branche énergie. Il nous a semblé judicieux de remplacer l'expression en Francs des ventes en énergie à chacune des branches industrielles par son expression en quantités physiques.

La première application de ces contenus énergétiques consiste en la traduction énergétique des flux macroéconomiques nationaux généralement exprimés en valeur (importation, exportation, consommation des ménages, investissement...); l'évaluation du contenu énergétique de quelques projets particuliers comme une centrale nucléaire et une centrale à héliostats constitue une deuxième application des résultats.

Enfin ces résultats sont utilisés pour établir une prévision de consommation d'énergie en l'an 2000 basée sur la cohérence des taux de développement des différentes branches industrielles et la prise en compte des phénomènes de saturation.



## S O M M A I R E

=====

I - CONTENU ENERGETIQUE	Pages
I.1 - Introduction	7
I.2 - Présentation des options retenues	9
I.3 - Calcul du contenu énergétique	11
3.1 - Eléments statistiques	11
3.2 - Données du calcul	12
3.3 - Calcul	13
3.4 - Etats de sortie	13
3.5 - Améliorations possibles	15
I.4 - Image énergétique des équilibres -emplois-ressources	15
4.1 - Constitution des tableaux	15
4.2 - Exploitation des résultats	16
I.5 - Evaluations complémentaires	19
5.1 - Contenu par unité physique	19
5.2 - Analyse par fonction	20
I.6 - Exemple d'application : contenu d'une centrale électrogène	22
 II - PROSPECTIVE	
II.1 - Introduction	45
II.2 - Consommation industrielle	49
2.1 - Principes retenus	49
2.2 - Prévision de la demande	50
2.3 - Prévision de consommations spécifiques	54
2.4 - Conclusion	57
II.3 - Secteur Bâtiment Travaux Publics	58
II.4 - Secteur domestique	58
4.1 - Chauffage	58
4.2 - Eau chaude sanitaire	59
4.3 - Cuisson	60
4.4 - Electricité spécifique	60
4.5 - Total	62

II.5 - Secteur tertiaire	62
II.6 - Secteur agricole	62
II.7 - Secteur Transport	63
7.1 - Véhicules individuels	63
7.2 - Transport routier de marchandises	63
7.3 à 7.7 - Divers et conclusion	64
II.8 - Synthèse	64
ANNEXE 1 - l'information statistique en énergie	73
ANNEXE 2 - Coefficients d'équivalence	77

## I - LE CONTENU ENERGETIQUE

### 1 - Introduction

Comparée aux différents input du système industriel, l'énergie présente quelques caractères spécifiques qui peuvent rendre nécessaire une analyse spécialisée :

- Au niveau mondial l'épuisement de certaines sources d'énergie est difficilement pris en compte dans des raisonnements économiques marqués par la croissance constante de la production et de la productivité.

- Au niveau national les dépenses en énergie se caractérisent par l'importance de leur contenu en importation.

- Les décisions concernant l'énergie sont particulièrement centralisées (Plan nucléaire) et la durée de leur mise en oeuvre nécessite des prévisions à long terme.

L'étude des contenus énergétiques est un moyen possible de répondre à ce besoin d'analyse spécifique. Le contenu énergétique représente pour un produit l'énergie qu'il a fallu consommer dans l'ensemble du système de production pour en réaliser une unité. L'image donnée par le contenu énergétique des différents flux de l'économie permet de reposer en termes énergétiques la plupart des questions classiques -croissance, analyse de la demande intérieure, équilibre de la balance commerciale...- en repérant aisément les paramètres influant sensiblement sur la consommation d'énergie. En particulier on peut essayer :

- pour le passé d'interpréter une partie de l'évolution des consommations par le volume et la structure de la demande finale en différents produits.

- Pour l'avenir de faire une prévision des consommations grâce à des hypothèses sur l'évolution des demandes finales, hypothèses parfois plus explicites que celles de production des branches.

On peut également ébaucher des plans de crise en distinguant les fonctions qui provoquent le plus de consommations ou des scénarios de restructuration industrielle (prévision de l'effet du déplacement à l'étranger de branches lourdes ou de la spécialisation à l'exportation dans les produits à faible contenu énergétique).

A côté de ces analyses macroéconomiques existe une demande d'évaluations ponctuelles :

- choix d'un procédé -transfert rail-route, isolation ou non d'une maison...- où il faut tenir compte à la fois de la consommation directe (utilisation) et indirecte (contenu énergétique des équipements).

-Rendement total d'une filière énergétique : depuis quelques années des discussions se sont ouvertes sur la notion de rendement net des filières énergétiques. Quelle est l'énergie nécessaire à la construction d'une centrale nucléaire ? Quel est le temps de retour énergétique d'un tel investissement ? Les réponses à ces questions sont très dispersées, certains auteurs estimant même qu'une centrale nucléaire ne rembourse jamais l'énergie qu'il a fallu lui fournir pour sa construction et l'enrichissement du premier coeur.

Quant aux approches de calcul des contenus énergétiques, il en existe de deux types principaux :

- des études techniques. Elles concernent souvent un produit assez facilement définissable et mesurable, de contenu énergétique important, comme par exemple l'acier ou le ciment, et elles consistent à inventorier les technologies existantes, à détailler les différentes nuances du produit, à examiner les opérations et matières qui se situent en amont ainsi que les recyclages existants. De telles études permettent d'analyser de façon causales les différents paramètres qui déterminent le contenu énergétique. Elles ont l'inconvénient d'être très lourdes et peut-être non extrapolables à l'ensemble de l'industrie (on y néglige souvent une partie des effets indirects ; que deviennent ces études pour une branche comme la mécanique ?). Elles ne conduisent donc pas à l'exhaustivité de l'explication de la consommation d'énergie et prive donc de la sécurité qu'apporte le bouclage d'une analyse exhaustive des contenus énergétiques avec l'information de livraison totale d'énergie, assez bien connue.

Parmi les études techniques il faut aussi classer celles qui consistent pour des évaluations ponctuelles à détailler un produit final (machine, voiture...) en différentes matières (acier, aluminium, caoutchouc...) en affectant à chacune de ces matières un contenu énergétique évalué par les producteurs. Cette décomposition en masses est en général possible. On connaît assez bien également l'énergie consommée dans l'usine d'assemblage final. En revanche d'autres informations sont souvent absentes: énergie d'usinage sur des pièces intermédiaires ; taux de pertes en masse dans les différentes opérations.

- des études macroéconomiques qui cherchent à approcher les échanges physiques à partir des flux financiers. Le plus fréquent est l'usage des tableaux d'échanges interindustriels (TEI) dans des analyses de type input-output devenues classiques pour de nombreuses applications (théorie de Léontieff). L'avantage est évidemment de bénéficier de l'exhaustivité et de la cohérence générale apportée par la comptabilité nationale même si certaines estimations nécessaires à l'établissement de ces tableaux peuvent être discutées.

Les difficultés résultent principalement de la variété des produits existants. Quel que soit son niveau de détail une comptabilité nationale doit homogénéiser en un seul produit évalué en francs des produits fins de natures différentes. Or l'énergie contenue n'est pas nécessairement proportionnelle au prix (pour une même branche de la mécanique, on sait bien par exemple que le rapport masse d'acier/prix n'est pas constant).

Il est tentant a priori d'utiliser plutôt les analyses techniques du contenu énergétique pour des applications microéconomiques et l'analyse input-output pour les applications macroéconomiques citées. Cependant cette affectation ne semble pas fatale et les deux approches doivent pouvoir se compléter : analyse technique pour ce qui est directement mesurable (masses) et analyse input-output pour "solder" l'énergie correspondant au reste de la valeur ajoutée et aux interactions industrielles diffuses. D'autre part, la confirmation d'une méthode par l'autre avec explication des écarts existants paraît être une nécessité pour la validation de chacune.

## 2 - Présentation des options retenues

Le choix a été fait ici d'un calcul input-output. On verra cependant qu'une voie reste ouverte à des analyses intermédiaires de type semi-physique.

Sur différents points théoriques et pratiques, différentes options se présentaient.

- Choix d'un niveau de détail.

La sectorialisation retenue est celle des 90 produits de la comptabilité nationale, puisque le tableau d'échange en 600 produits n'est pas constitué. Quant à la décomposition en 35 produits, elle paraît nettement trop synthétique (agrégation de l'extraction de minerai et de la métallurgie, de la chimie minérale et organique, du caoutchouc et des plastiques...). Il reste évident que la décomposition en 90 élaborée pour les besoins généraux de la comptabilité nationale n'est pas entièrement pertinente en matière énergétique (dans un sens, on aurait aimé distinguer le ciment des briques, la métallurgie de l'électrometallurgie, dans l'autre, la décomposition fine des produits de la mécanique est peut-être inutile).

- Traitement de la Formation Brute de Capital Fixe.

Deux possibilités s'offraient :

Considérer la FBCF comme une demande finale, comme les autres ayant un certain contenu énergétique.

Intégrer dans le contenu des produits industriels le contenu des équipements nécessaires à leur fabrication.

La seconde option est techniquement difficile. Il faudrait en effet pouvoir distinguer dans le FBCF d'une année la part de renouvellement et la part d'expansion, puis "amortir" le contenu de l'investissement sur sa durée de vie selon une règle à définir. Il se pose ici d'ailleurs un problème général qui est celui de l'évolution d'une succession de dépenses énergétiques dans le temps. Pour une fabrication longue ou pour tenir compte de l'investissement, il faut définir un taux d'actualisation  $A$  de l'énergie : Une Tep à l'année  $n$  est considérée comme équivalent à  $(1 + A)$  Tep à l'année suivante. Toute une école a prôné l'utilisation du taux d'actualisation zéro pour les ressources épuisables.

D'autre part, la simple possibilité de stockage exclut un taux nettement négatif.

Remarquons enfin que plusieurs scénarios sur l'énergie supposent une revalorisation du pétrole de 10 % par an en francs constants, ce qui comparé au taux d'actualisation 10 % recommandé par le Plan équivaut bien à un taux zéro pour l'énergie.

Ces difficultés sur l'analyse de la FBCF, inhérentes au manque d'information sur le stock de capital (ou sur les mises au rebut) on conduit à retenir la première option. De plus, pour certaines analyses instantanées (plan de rationnement, effet d'un ralentissement conjoncturel...) le contenu énergétique hors investissements est le seul pertinent.

A titre d'ordre de grandeur, notons qu'en 1970, l'industrie a fait 28 milliards de francs d'investissement dans une période de forte croissance. Si l'on considère que au moins la moitié de cet investissement correspond à une croissance de production, si on amortit linéairement l'investissement et si on se réfère aux contenus énergétiques calculés plus loin on peut majorer par 4 % en moyenne ce qu'apporterait la prise en compte des investissements. Ceci confirme des études techniques ponctuelles qui indiquent que le contenu énergétique de l'amortissement des investissements est inférieur d'un ordre de grandeur à celui des matières qui transitent.

## - Séparation de l'industrie

L'étude présente ne concerne que la consommation d'énergie de l'industrie. Le contenu énergétique des produits ne comprend donc pas l'énergie dépensée dans les transports des produits ou de produits intermédiaires, ni l'énergie du tertiaire qui à travers les ventes du tertiaire à l'industrie pourrait être ventilée sur les différents produits industriels.

En effet, pour le tertiaire la double proportionnalité chiffre de vente -quantité physique- quantité d'énergie est beaucoup plus contestable que pour les produits industriels. (Les trois quarts de l'énergie du tertiaire sont consommés en chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson non directement liés au volume des ventes). L'adjonction du tertiaire aurait ajouté une quantité diffuse et quasi aléatoire d'énergie qui aurait perturbé l'analyse des différences entre produits et rendu par ailleurs les résultats non comparables au chiffre traditionnel "consommation énergétique de l'industrie".

Pour les transports l'hétérogénéité et la non pérennité des situations pour un même produit rend là aussi son adjonction contestable.

Notons également que le BTP n'a pas été inclus dans les branches industrielles.

En effet, ces ventes étant pour une très grande part de la FBCF les consommations intermédiaires de l'industrie en produits du BTP sont faibles et peu significatives. En sens inverse le contenu énergétique total des produits industriels consommés par le BTP est nettement plus important que la consommation énergétique propre du secteur. On pourra donc avantageusement, en aval du calcul sur l'industrie, évaluer le contenu énergétique des ventes en BTP.

## - Importations - Exportations

Le traitement par les tableaux d'échange consiste à calculer pour une branche combien elle consomme elle-même d'énergie par franc de production, à affecter du coefficient obtenu les achats des autres branches en produit de cette branche et à itérer (en pratique itérer revient à inverser une matrice). Or l'achat par une branche d'un produit donné qui est représenté par une case du tableau d'échange contient l'achat total qu'il provienne d'une production française ou d'une importation. Le contenu énergétique est donc obtenu "comme si" tout était produit en France ou avec les mêmes consommations spécifiques. C'est d'ailleurs le choix le plus intéressant pour la plupart des questions (par exemple : que consommerait en moins la France si elle importait tel produit au lieu de le fabriquer ?).

Il subsiste une inexactitude pour les branches où les produits importés et élaborés en France sont deux produits fins différents (par exemple le cuivre et l'aluminium confondus dans les métaux non ferreux) ou dans le cas où on importe un produit intermédiaire (cas de la pâte à papier dans la branche papier).

## - Quelques remarques sur la validité de l'évaluation du contenu énergétique.

Cette évaluation est comme toute analyse comptable une image conventionnelle. Son but est de reventiler la consommation totale de l'industrie sur les produits qui en sortent. Certains problèmes rencontrés dans l'évaluation des prix de revient (actualisation, frais généraux du siège des sociétés, produits liés et produits fatals) se retrouvent dans l'analyse énergétique sans en compromettre la validité en tant qu'image.

En revanche ce qui est intéressant aussi dans un contenu énergétique est d'aider à la prévision ou à la décision.

Il faut alors supposer pour que l'analyse soit valable la linéarité des échanges industriels pour pouvoir relier par le contenu énergétique une différence de consommation d'énergie à une différence sur la demande finale. Cette linéarité semble être pour les procédés industriels une bonne approximation pour des calculs variationnels. Bien entendu, pour des changements d'ordre de grandeur sur telle ou telle production ou pour des évolutions à long terme il convient de corriger les coefficients techniques. Il est également clair que les variations des consommations spécifiques en énergie ou en matières qui pourraient résulter d'une sous-utilisation instantanée des équipements ne peuvent se retrouver dans une étude utilisant les contenus énergétiques.

L'utilisation du contenu énergétique pour l'analyse de l'évolution des consommations dans le temps présente un avantage lié aux problèmes des frontières entre branches. En effet une part de l'élaboration d'un produit peut se transférer d'une branche à une autre branche placée en amont (par exemple fabrication de demi-produits dans les usines sidérurgiques, produits en béton achetés par le BTP). On peut craindre alors qu'une analyse par consommation spécifique et activité des branches ne prévoie une variation de consommation d'énergie puisque la même valeur ajoutée sera déplacée entre deux branches qui n'ont pas le même ratio consommation/valeur ajoutée.

L'analyse contenu énergétique en revanche ne prévoit pas dans ce cas de changement de consommation et gomme donc ces incertitudes statistiques.

### 3 - Calcul du contenu énergétique

#### 3<sub>1</sub> Eléments statistiques

- Le calcul est fait pour l'année 1970 pour laquelle on disposait d'informations énergétiques de bonne qualité et qui est proche de l'année de base de l'INSEE 1971 pour laquelle le tableau d'échange a été élaboré dans le détail.

Notons à ce sujet que faire le même calcul sur des années successives pour constituer des séries de contenus énergétiques aurait vraisemblablement peu d'intérêt puisque les coefficients techniques ne sont pas toujours modifiés ; l'analyse des différences d'une année à l'autre risquerait de ne correspondre à aucune réalité.

- La vente d'énergie aux 54 branches industrielles a été constituée de la façon suivante (les difficultés rencontrées pour l'élaboration de ces chiffres sont exposés à l'annexe 1 "l'information statistique en énergie") :

→ Pour le fuel (lourd, léger, domestique) le CEREN avait fait une répartition en nomenclature NAE d'après son enquête EMIE sur 1970 et la question énergie de l'Enquête Annuelle d'Entreprise. Cette répartition a été réutilisée avec une conversion dans les 54 branches de la nouvelle nomenclature (NAPE). Pour certaines branches il a fallu rééclairer la consommation ce qui a été fait approximativement d'après des données physiques sur la production.

→ Pour le naphta, que l'on veut intégrer au contenu énergétique, la vente ne concerne que les branches de chimie lourde (171 et 172)

- Pour l'essence, le gag oil, le GPL et les lubrifiants on avait des informations sur le montant global livré à l'industrie. La ventilation est ensuite assez arbitraire. Dans les cas où l'on ne disposait pas d'autres indications la répartition s'est faite au prorata des valeurs ajoutées. Un travail très semblable a été fait pour établir la ligne des ventes de produits raffinés pour la base 71 de la comptabilité nationale.

- Pour les combustibles minéraux solides (sauf pour la livraison à la sidérurgie qui est facilement connue) et pour le gaz la répartition existante des ventes en 15 branches a été rééclatée au moyen des informations des enquêtes CEREN. Le gaz de hauts-fourneaux utilisé sur place n'a pas été déduit de la consommation de CMS ni compté dans la consommation de gaz.

- Pour l'électricité la répartition en 130 branches industrielles des statistiques EDF a été convertie en NAPE sans difficultés.

- Comme les statistiques sur les combustibles comprennent l'énergie utilisée pour l'autoproduction d'électricité alors que cette électricité est comptée également dans les statistiques fournies par EDF il faut retrancher pour chaque branche la part d'électricité autoproduite au total combustible + électricité. Cette autoproduction est assez bien connue et assez concentrée. La consommation d'électricité étant comptabilisée avec un coefficient fixe (0,22 M Tep par Twh) il faut compter l'autoproduction au même taux (pour qu'un établissement qui autoproduit toute son électricité ait bien comme consommation totale d'énergie sa livraison en combustible) ; avec cette convention la production combinée de chaleur et d'électricité apparaît bien comme réduisant la consommation totale.

### 3<sub>2</sub> Données du calcul

Sont utilisées pour les valeurs de 1970 et en francs 1970 pour les informations économiques :

- Le vecteur  $E^a$  dont les composantes  $E_i^a$  représentent la quantité d'énergie a consommée par la branche industrielle  $i$

$$a \in \left\{ \begin{array}{l} \text{FOL} \quad \text{TPP} \quad \text{CMS} \quad \text{GAZ} \quad \text{ELT} \\ \text{Fuel Lourd} \quad \text{Total Produit} \quad \text{Combustible} \quad \text{gaz} \quad \text{Electricité} \\ \quad \quad \text{Pétrolier} \quad \text{Minéraux} \quad \quad \quad \text{Consommée} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{Solides} \\ \\ \text{ELA} \quad \quad \quad \text{TTT} \\ \text{Electricité Autoproduite} \quad \quad \quad \text{Total} \end{array} \right\}$$

$$i \in \{ 09, 10 \dots \dots \dots 54 \} \quad (54 \text{ valeurs})$$

$E_i^a$  est exprimé en Tep. Il est établi comme indiqué au 3<sub>1</sub>. Les valeurs sont reproduites au tableau I.1

- La matrice C des consommations intermédiaires  $C_{ij}$  où  $C_{ij}$  représente en francs, hors TVA déductible, le montant des achats en produits  $i$  par la branche  $j$ .

$$i \in (09 \dots \dots \dots 54)$$

$$j \in (09 \dots \dots \dots 54)$$

- La production distribuée  $P10i$  du produit  $i$ , c'est-à-dire le montant des ventes du produit  $i$  fabriqué en France hors taxes et marges commerciales.

- On notera  $e^a$  le vecteur dont la composante  $e_i^a$  est le contenu énergétique en énergie  $a$  du produit  $i$ , vecteur que l'on cherche à calculer.



- La matrice inverse  $(1 - C')^{-1}$
- Pour chaque énergie <sup>a</sup> le produit

$$(1 - C')^{-1} \begin{pmatrix} ed09^a & 0 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & ed54^a \end{pmatrix}$$

Ce produit donne pour chaque contenu énergétique sa décomposition sous forme d'une somme :

$$ei^a = (ei^a)^{09} + (ei^a)^{10} + \dots + (ei^a)^{54}$$

ce qui signifie que dans le contenu énergétique i il y a une quantité  $(ei^a)^j$  qui est due à l'énergie livrée à la branche j. On peut également présenter cette décomposition sous forme de pourcentages en indiquant que X % du contenu énergétique du produit i résulte d'énergie consommée par la branche j. On trouvera au tableau I.3 cette décomposition pour l'énergie totale (TTT). (Cette structure est différente pour chaque énergie isolément). On pourra noter en particulier pour chaque branche la proportion du contenu due à la branche elle-même, c'est-à-dire le terme diagonal (élevé pour les produits de base, nettement plus faible pour la mécanique par exemple) l'intérêt de ces détails est de permettre :

- à titre documentaire de comprendre l'origine du contenu énergétique. En particulier le Tableau I.4 indique quelles sont pour chaque contenu énergétique ei les composantes eij significatives, c'est-à-dire quels sont en terme d'énergie les échanges interindustriels notables. On y remarque l'importance de quelques branches (10 sidérurgie, 13 métaux non ferreux, 171, 172 chimie, 50 papier) dont l'énergie se retrouve disséminée dans presque tous les contenus énergétiques. On distingue également les interférences entre branches d'un même secteur (20 à 34 mécanique, électricité, 35 à 403 alimentaire, 43 à 47 textiles et cuirs)

- De permettre des modifications rapides des contenus énergétiques.

Si l'on veut modifier la consommation spécifique branche j pour traduire une évolution technique il faut :

- .repérer sur la décomposition en pourcentages les contenus qui seront modifiés notablement
- .modifier sur la décomposition en valeur le terme  $(ei^a)^j$  correspondant et reporter cette modification dans le total.
- de permettre des analyses semi-physiques. Par exemple si l'on connaît pour un produit la quantité d'acier qui a été nécessaire pour le fabriquer on peut :

- supprimer dans le contenu énergétique la part  $(ei)^{10}$  provenant de l'énergie livrée à la sidérurgie.
- ajouter le terme réel quantité d'acier multipliée par la consommation spécifique à la tonne d'acier.

Ce type d'analyse pour être mené principalement pour affirmer la contribution des branches 10, 13, 171, 172. Il permet d'établir la continuité entre le calcul général de type macroéconomique avec ses imprécisions dues à l'inhomogénéité des branches et les calculs techniques ponctuels. Au parabrapshe 6 on trouvera un exemple d'application.

### 3<sub>5</sub> Amélioration possible

Il est tentant de disposer de valeurs de contenus énergétiques à un niveau plus fin que 54 produits.

Une première approche peut être la suivante :

· Considérer que le contenu énergétique indirect est le même pour les différents produits fins classés dans une même branche (puisqu'on ne dispose pas d'un TES à un niveau plus fin).

Faire pour le contenu direct une différenciation selon les données techniques, en général disponibles, en respectant la cohérence avec le contenu moyen de la branche.

- Eventuellement faire une différenciation sur le contenu (ei)<sup>10</sup> si l'on a une indication sur le rapport (poids acier/prix) des différents produits fins.

## 4 - Image énergétique des équilibres emplois-ressources de la comptabilité nationale

### 4<sub>1</sub> Constitution des tableaux

Le contenu énergétique des demandes finales calculé au paragraphe 3 doit permettre de réécrire les équilibres emplois-ressources et de reposer des questions macroéconomiques en termes énergétiques.

Le calcul a été fait pour les années 1970 à 1973.

Le problème a été de se rapprocher pour chaque terme de demande finale d'une valeur en prix de production :

- consommation des ménages (P.MEN). Elle s'obtient en retranchant de la consommation finale des ménages les marges commerciales et la TVA (on a dû affecter l'ensemble de la TVA non déductible aux ménages sauf cas aberrants).

- Formation Brute de Capital Fixe (P.FBCF). On s'est intéressé au total de la FBCF diminué des marges commerciales.

- Consommation agricole (P.AGR), tertiaire (P.TERT), BTP (P.BTP) : ce sont pour le secteur industriel des demandes finales. Elles sont obtenues en sommant les cases du TES correspondantes diminuées d'une estimation des marges commerciales faite d'après des informations sur 1970.

Le tertiaire comprend divers secteurs (tertiaire, transports, administrations) c'est-à-dire tout sauf : l'agriculture (01 à 02),

l'énergie (041 à 08) l'industrie (09 à 54) et le BTP (55)

- La variation de stocks (P.VASTO) à tous les niveaux (producteurs, utilisateurs, consommateurs)

- l'exportation (P.EXPO) obtenue à partir du chiffre de vente à l'exportation en y retranchant les marges sur exportation.

Les ressources sont :

- La production industrielle moins les consommations intermédiaires industrielles (P.CII)

- Les importations (P. IMPO) : chiffre d'importation auquel on ajoute les droits de douanes (on suppose que le prix taxé est proche du prix de production en France)

On appelle total la valeur, (P.TOTA)

Tertiaire + agriculture + BTP + Ménages + FBCF  
+ Exportations - Importations.

D'après l'équation :

$$e_i^a Q_{10} = E_i^a + \sum_{j \neq i} C_{ji} e_j^a$$

On a  $\sum_i e_i^a Q_{10} - \sum_{i \neq j} C_{ji} e_j^a = \sum_i E_i^a$

$$\sum_i (Q_{10}^i - \sum_{j \neq i} C_{ij}) \cdot e_i^a = \sum_i E_i^a$$

Donc la somme des P.CIII multipliées par les contenus énergétiques doit être égale à la vente totale d'énergie à l'industrie.

D'autre part, d'après l'équilibre emplois-ressources, on doit avoir en francs ou en énergie P.CII = P.TOTA.

Cependant quelques incertitudes affectent ces égalités.

- Le problème des marges sur consommations intermédiaires qui dans le calcul du contenu énergétique n'ont été prises en compte que par un abattement général, négligeant les inhomogénéités mais assurant assez précisément (0,5 %) l'égalité globale.

- Le problème des transferts, en particulier les transferts de produits fatals qui interviennent normalement dans l'équilibre emplois-ressources. La position prise a été de considérer qu'un produit fatal a un contenu énergétique nul, ceci conduit à prendre comme production d'une branche la production distribuée du produit et non la production effective de la branche.

Cependant il aurait fallu alors supprimer dans les consommations intermédiaires la part de vente de produit fatal et l'on ne disposait pas du tableau croisé 54 x 54 de ces transferts. Globalement on obtient un écart d'environ 2 % entre P.CII et P.TOTA.

Les résultats en francs et en énergie de l'année 1970 sont re-produits aux tableaux I.5, I.6.

Les années 1971 à 1973 ont donné lieu au même calcul, en affectant les demandes finales de ces années du contenu énergétique de l'année 1970.

#### 4<sub>2</sub> Exploitation des résultats

On peut extraire des tableaux présentés au paragraphe précédent quelques informations synthétiques :

- La part qu'occupe chacune des demandes finales en énergie contenue :

en %

<u>Année</u>	<u>TERT</u>	<u>AGR</u>	<u>BTP</u>	<u>MEN</u>	<u>FBCF</u>	<u>VASTO</u>	<u>EXPO</u>	<u>IMPO</u>	<u>TOTA</u>
1970	14,9	8,5	20,9	24,5	19,8	9,2	45,2	43,0	100
1971	15,6	9,0	20,9	25,8	20,9	5,0	47,1	44,3	100
1972	15,3	8,9	21,3	26,1	21,0	6,4	50,3	49,3	100
1973	15,2	9,3	20,8	25,4	20,7	8,2	52,6	52,2	100

- Le contenu énergétique moyen de chacune des demandes en Tep/1000 F. Remarquons que puisque le calcul est effectué en supposant le contenu énergétique constant l'évolution traduit seulement la structure de chaque demande évoluant entre produits de contenus différents.

<u>ANNEES</u>	<u>TERT</u>	<u>AGR</u>	<u>BTP</u>	<u>MEN</u>	<u>FBCF</u>	<u>VASTO</u>	<u>EXPO</u>	<u>IMPO</u>	<u>TOTA</u>
1970	0,156	0,352	0,353	0,102	0,170	0,310	0,287	0,303	0,172
1971	0,158	0,354	0,354	0,104	0,170	0,230	0,280	0,296	0,168
1972	0,157	0,336	0,355	0,105	0,167	0,258	0,281	0,291	0,169
1973	0,158	0,343	0,359	0,107	0,164	0,321	0,278	0,287	0,173

Les variations de stock (VASTO) étant irrégulières en proportion et en contenu on présente également le contenu moyen total hors VASTO :

1970	0,165
1971	0,166
1972	0,165
1973	0,166

La structure de la demande finale totale est également visualisée à la figure I.7.

On observe sur cette figure que la plupart des produits de la demande finale ont un contenu compris entre 0,05 et 0,25 Tep par millier de Francs. Ont un contenu nettement plus important (jusqu'à 0,95) les produits de base (produits sidérurgiques, métaux non ferreux, matériaux de construction, chimie minérale et organique). Ces produits ne sont pas tous autoconsommés par l'industrie et apparaissent donc dans la demande finale : pour l'exportation, pour l'agriculture (demande en chimie minérale : les engrais), pour le BTP (demande en matériaux de construction et en produits sidérurgiques). Une partie des écarts de contenu énergétique moyen est expliquée par ces branches mais même la structure de chaque demande à l'intérieur du paquet 0,05 à 0,25 est typée différemment selon les usages.

L'étude des contenus énergétiques moyens appelle d'autres remarques :

Pour les importations et exportations : leurs contenus sensiblement égaux sont trois fois plus élevés que le contenu de la demande des ménages et 1,7 fois plus élevés que la moyenne. Les échanges commerciaux se font donc sur les produits à fort contenu, c'est-à-dire soit des produits intermédiaires, soit des produits finals à fort contenu (automobile).

D'autre part la balance commerciale des produits industriels apparaît équilibrée en énergie : l'énergie contenue dans le total des produits importés ou exportés est sensiblement égale. Dans un détail plus fin on remarque que si la plupart des branches sont équilibrées ou peu significatives en énergie, d'autres sont notamment déséquilibrées : les métaux non ferreux déficitaires pour 1,6 M Tep et l'automobile excédentaire pour 1,25 M Tep (en 1970).

Pour le BTP on peut évaluer un contenu énergétique des ventes de la branche en ajoutant l'énergie consommée directement (4,2 M Tep en comprenant le bitume) à l'énergie indirecte que l'on a calculée (11,8 M Tep) et en divisant le total par la production distribuée de BTP. On obtient :

BTP e55 = 0,143 Tep/1000 F

Remarquons que ce contenu n'est pas très différent du contenu moyen des produits industriels destinés à la FBCF ce qui signifie qu'une même somme investie en bâtiment-Génie Civil ou en machines est énergétiquement sensiblement équivalente.

Pour l'Agriculture la valeur élevée du contenu énergétique est due aux engrais qui représentent 60 % de l'énergie indirecte achetée par le secteur.

Pour les Ménages le contenu de leur demande directe en produits industriels représente 14 M Tep soit environ un quart de la consommation de l'industrie. Si l'on y ajoute la demande des ménages en BTP affectée du contenu calculé ci-dessus on obtient 18,5 M Tep (en 1970) qui se décomposent par usages en :

- : Bâtiment 5,0 M Tep
- Equipement domestique 6,6 M Tep dont: Ameublement 0,5 M Tep
- : Electroménagers 0,4 M Tep
- : Electricité
- : Electronique
- : Matériel de précision 0,4 M Tep
- : Quincaillerie 0,3 M Tep
  
- Equipement automobile 1,6 M Tep  
(sous-estimé pour une question d'affectation de TVA ; vraisemblablement 2 M Tep)
  
- Consommation courante 10,3 M Tep
- : Pharmacie
- : Produits d'entretien 2,0 M Tep
- : savonnerie
- : Agroalimentaire - 3,7 M Tep
- : Habillement, textile 2,8 M Tep
- : Cuirs
- : Papier, édition - 0,6 M Tep
- : Divers - 1,2 M Tep

Commentaires sur les évolutions 1970-1973.

On observe une stabilité assez grande du contenu moyen de chaque demande (sauf pour le VASTO) qui varie au maximum de 5 % en 3 ans.

Les seules évolutions notables sont une augmentation du contenu de la demande des ménages et une diminution du contenu des imports-exports. Le contenu moyen hors VASTO est lui extrêmement stable.

Sur la part de chaque demande dans le total on constate malgré la diminution de leur contenu moyen l'augmentation de l'importance des exports et imports, qui est, en francs, un phénomène connu, ainsi que la suppression du léger excédent commercial en énergie qui existait en 1970.

D'autre part, la valeur obtenue pour P.TOT en énergie en 71,72,73 aurait été la consommation de l'industrie si les consommations spécifiques en énergie et en produits intermédiaires étaient restées constantes dans chaque branche. On peut donc comparer cette "consommation théorique" à la consommation réelle. On observe un décalage croissant :

	:	1970	:	1971	:	1972	:	1973
E Théorique - E Réelle:	:		:		:		:	
	:	0	:	1,3 M Tep	:	2,5 M Tep	:	4,4 M Tep

Cela signifie donc qu'il y a eu une amélioration technique (économie d'énergie) de 1,9 % par an en moyenne entre 1970 et 1973.

#### 5 - Evaluations complémentaires

##### 5<sub>1</sub> Contenu par unité physique

D'après les informations sur la production en quantité physique qui figurent à l'annuaire statistique du STISI on peut tenter de substituer un contenu énergétique par quantité de produit au contenu par francs, pour certaines branches et à l'intérieur de ces branches pour les produits fins les plus significatifs.

09	Minerai de fer	0,005 Tep/T	(T : Tonne)
10	Acier	0,81 Tep/T	
11	Produit de la transformation de l'acier	0,95 Tep/T	
12	Minerais non ferreux	0,02 Tep/T de bauxite	
13	Métaux non ferreux	5,1 Tep/T d'aluminium	
14	Minéraux divers	0,025 Tep/T sel de potasse 0,15 Tep/T de K <sub>2</sub> O	
15	Matériaux de construction	0,13 Tep/T de ciment 0,08 Tep/T de briques ou tuiles	
16	Verre	0,6 Tep/T	
171	Chimie minérale Engrais azote	1,8 Tep/T de N contenu	
172	Chimie organique	3 Tep/T matières plastiques	
21	Mécanique générale	1,1 Tep/T	
22	Machines agricoles	1,4 Tep/T	
23	Machines outils	6 Tep/T	
24	Equipement industriel	3 Tep/T	
25	Matériel de Travaux Publics mines, sidérurgie	1,6 Tep/T	

311	Automobile	1,5 Tep/véhicule individuel
312	matériel ferroviaire	1,2 Tep/Tonne
32	Construction navale	2,4 Tep/Tonne
36	Industrie Laitière	0,06 Tep/T de lait traité
402	Sucre	0,37 Tep/T de sucre
43	Fibres artificielles et synthétiques	4,5 Tep/T
441	Fils et fibres	3,3 Tep/T de filé
442	Bonneterie	7,4 Tep/T
443	Ouvrages en filés	4 Tep/T
46	Chaussures	2,4 Tep/1000 paires
47	Vêtements	5 Tep/T
50	Papier-carton	0,6 Tep/T
52	Pneumatiques	2,2 Tep/T

## <sup>5</sup>2 Analyse par fonction

On cherche à chiffrer la dépense énergétique totale correspondant à une fonction donnée :

### Fonction alimentation

Il faut y intégrer (valeurs 1970)

La consommation agricole directe (non compris la consommation domestique de la population agricole) évaluée à 2,5 M Tep.

Le contenu énergétique des produits industriels achetés (P.AGR) soit 4,8 M Tep.

Le contenu énergétique de la FBCF agricole de l'année :

- Les machines agricoles 0,7 M Tep

- Le reste de la FBCF, évalué au contenu du BTP 0,6 M Tep.

Le contenu en énergie industrielle des produits agroalimentaires consommés en France (achetés directement par les ménages ou transitant par des entreprises de service de restauration) : 5,5 M Tep.

Le contenu de la FBCF du secteur agroalimentaire : 0,8 M Tep

La consommation de transport et de commerce des produits alimentaires (estimation) : 1,5 M Tep.

La consommation des appareils de réfrigération et de cuisson : 4,5 M Tep

On obtient donc un total de 21 M Tep pour la fonction alimentation (compte non tenu de la fabrication et du lavage de vaisselle) soit 14 % de la consommation totale.

Fonction transport routier des personnes

Consommation directe des véhicules	11 M Tep
Lubrifiants	0,2 M Tep
Fabrication des véhicules	2,1 M Tep
Pneumatiques	0,7 M Tep
FBCF du secteur de production de véhicules	0,5 M Tep
Equipement routier (estimation)	2,5 M Tep

Soit au total 17 M Tep ou 11 % de la consommation totale.

Fonction logement

Consommation de chauffage	26 M Tep
Eclairage	1 M Tep
Construction de logements	5 M Tep

Soit au total 32 M Tep ou 21 % de la consommation totale.

6 - Exemple d'application : les filières énergétique Comme il a été indiqué au paragraphe 1 l'évaluation du contenu énergétique d'une centrale nucléaire est l'objet de nombreuses controverses. Nous voulons montrer ici les enseignements qu'apportent l'évaluation en 54 branches des contenus (alors que les calculs sont souvent faits à un niveau plus agrégé) et la méthode d'analyse semi-physique présentée au paragraphe 3-4. A titre de comparaison le cas d'une centrale à héliostats sera également traité.

#### 6<sub>1</sub> Centrale nucléaire

La centrale nucléaire n'étant pas le produit d'une des 54 branches industrielles, le premier problème pour utiliser les résultats de contenus énergétiques est de décomposer le coût d'investissement sur ces branches. Ce travail a été fait par EDF pour un projet de type Paluel 1-2 et en ramenant les dépenses aux prix 1970. On peut alors multiplier ces valeurs par les contenus énergétiques pour obtenir le contenu total. Les données sont ramenées à 1 kW électrique.

Les branches concernées sont

mécanique (équipement industriel)	S 24
construction électrique	S 28
B T P	S 55

Les valeurs sont les suivantes :

	Dépenses kF/kW	Contenu Tep/kF	Contenu Tep
S 24	0,49	0,167	0,082
S 28	0,32	0,213	0,068
S 55	0,21	0,143	0,030
TOTAL	1,02		0,180

On peut comparer cette estimation à la décomposition en poids des différents matériaux constituant la centrale affectée des contenus énergétiques divers de ces différents matériaux

		Poids	tep/t	tep
chaudière et matériel électromécanique	acier	20 kg	0,8	0,016
	métaux spéciaux	23 kg	5,8	0,013
Structure en béton armé	béton	368 kg	0,028	0,011
	fer à béton	22 kg	0,8	0,018
				0,058 tep

La valeur obtenue est évidemment plus faible puisque ne sont pas prises en compte les transformations ou les consommations indirectes.

On applique alors la méthode semi-physique qui consiste à corriger la part des contenus qui correspond aux matériaux de base à partir des données physiques précédentes, en conservant les autres termes, cela est fait en utilisant le tableau I.-3. La correction est faite pour les métaux et le ciment du béton. On peut admettre pour ces matériaux que, approximativement (pertes d'usinage mises à part), tout le tonnage utilisé pour produire la centrale se retrouve effectivement dans le produit fini, ce qui justifie la méthode : supprimer la part du contenu provenant de la branche sidérurgie (10), la remplacer par la valeur physique.

Le résultat est le suivant :

- a)- notre première estimation évaluée à 0,082 tep l'énergie contenue dans le travail de la branche mécanique.

On sait que 51 % de cette énergie revient aux dépenses directes de la sidérurgie soit  $0,082 \times 51 \% = 0,042$  tep.

Or on sait inversement qu'en réalité le poids d'acier entrant dans la construction d'un kW est moins important et ne représente pour 20kg que 0,016 tep. On réduira donc d'autant ( $0,042 - 0,016 = 0,026$ ) notre estimation du contenu énergétique du travail de la branche mécanique. On peut sans doute considérer que cette différence entre le poids d'acier par F moyen de la branche mécanique et celui de la centrale est due au caractère sophistiqué de la centrale et donc au prix élevé par kg d'acier.

- b)- de même on sait que 15 % de la dépense énergétique de la branche mécanique provient des métaux non ferreux soit  $0,082 \times 15 \% = 0,012$  tep. Or le contenu énergétique direct des métaux spéciaux utilisés s'élève à 0,013 tep. L'écart est donc de  $0,012 - 0,013 = 0,001$  tep.

- c)- Des 0,020 tep du BTP il en vient 36 % des matériaux de construction soit  $0,030 \times 36 \% = 0,011$  tep. Or le contenu énergétique du béton utilisé s'élève à 0,011 tep. L'écart est donc nul.

- d)- 7 % de la dépense de la branche BTP provient de la sidérurgie, nous avons donc  $0,030 \times 0,07 = 0,002$  tep du BTP issues de la sidérurgie.

Le contenu énergétique du fer à béton utilisé ici par la branche BTP s'élève à 0,018 tep. L'écart ici est de  $0,001 - 0,018 = 0,016$ .

Après correctif la dépense énergétique s'élève à 0,171 tep. L'écart entre les deux estimations est de l'ordre de 5 % mais sa faiblesse provient de compensations entre la réduction par un facteur 2,8 du poids d'acier par rapport à "un appareillage mécanique moyen" de même coût et un ferrailage en béton armé dix fois plus important que ne permettrait de prévoir la structure des consommations intermédiaires du BTP.

Cette estimation de 0,171 tep/kW peut être comparée à l'évaluation faite par EDF \* de 0,425 tep/kW.

Cette méthode consistait à déterminer grâce à un TEI la part dans le prix de vente du BTP (A) du gros matériel équipement (B) et de la construction électrique (C) qui revenait à l'énergie.

On obtenait les résultats (A) = 5,3 % (B) = 5,6 % (C) 5 % dont la moyenne était 5,3 %.

---

\* Energie consommée et énergie fournie par une centrale nucléaire 24/2/75 études économiques générales.

Ce taux de 5,3 % appliqué au prix du kW (1050 F/kW) donnait un montant de 55 F dépensé en énergie au prix plancher de 1,3 c/th (prix du fol au moment du calcul) l'installation d'un kW nucléaire exigeait donc au plus  $\frac{55}{1,3} \times 425$  kg de fuel soit 0,425 tep.

1,30/th

Nous considérons que la rudesse du calcul permet de considérer ce résultat comme un majorant plutôt qu'une évaluation exacte.

On peut aussi rappeler le résultat de Peter F Chapman dans le numéro de décembre 1975 d'Energy Policy, obtenu lui aussi à partir de tableaux d'échanges interindustriels, qui évalue à 14602 TJ le contenu énergétique d'une centrale de 1000 MW soit 0,349 tep/kW (la méthode n'est pas décrite dans le détail).

Nous considérons de plus que la construction de la première charge nécessite les investissements suivants en énergie :

concentration du minerai	389 th *
conversion	76 *
fabrication	142 *
retraitement	345 *
enrichissement	2250 (5,5 % de la production de la centrale sur 3 ans de fonctionnement à 6200 h/an.)
TOTAL	3200 th.

Ce résultat de 0,320 tep/kW peut être comparé au résultat de Chapman, (21631 TJ pour 1000 MW) soit 0,517 tep/kW et l'EDF soit 0,239 tep/kW.

Il faut donc 0,171 + 0,320 soit 0,491 pour installer un kW qui produit en moyenne 6200 KWh/ ou soit 1,55 tep\* \* la centrale est donc amortie du point de vue énergétique en  $\frac{0,491}{1,55} \times 12 = 4$  mois de fonctionnement normal.

	Estimation EDF	estimation Chapman	estimation présentée
Centrale	0,425 tep/kW	0,349 tep/kW	0,171 tep/kW
1er charge	0,239	0,517	0,32
TOTAL			0,491

\* Source EDF

\* \* On prend comme convention 2,5 th/KWh

La faible valeur du temps de retour énergétique obtenue, bien inférieure au temps de retour financier, montre que le contenu énergétique d'une Centrale ne peut être un obstacle à l'opportunité de celle-ci.

62- Contenu énergétique de la centrale à héliostat.

On peut de la même manière évaluer le contenu énergétique d'une centrale de 50 m<sup>2</sup> et d'un matériel de conversion correspondant à 6kw \* (centrale 2 MW nominaux composée de 334 héliostats et d'un matériel de conversion commun).

BRANCHES	DEPENSES en kF x Tep/ kF = tep		
Mécanique	31	0,67	5,177
Construction électrique	2,1	0,273	0,447
B T P	7,7	0,143	1,101
Chimie	4,9	0,946	4,64
TOTAL			11,365

CONTENU ENERGETIQUE DIRECT DES MATERIAUX UTILISES

	Poids dans le projet actuel	CS Tep/t	TEP
fer de structure de l'héliostat	3,57T	0,8	2,8 tep
béton de fondations	6,27T	0,028	0,17tep
verre	0,67T	0,56	0,336tep
Tour (béton)	11,57T	0,028	0,322tep
fer à béton	0,53T	0,8	0,424tep
chaudronnerie et matériel électro-mécanique	1 T	0,8	0,8 tep
chaudronnerie du stockage calapporteur	0,27T 3,6TT	0,8	0,216tep

---

\* Source EDF : dépense d'énergie nécessaire à la construction des équipements solaires à héliostat novembre 1977

---

Des 1,101 tep du BTP il en vient 36 % des matériaux de construction soit  $1,101 \times 36 \% = 0,396$  tep. Or il est utilisé 17,7 t de béton dont le contenu énergétique s'élève à  $17,7 \times 0,028 = 0,496$  tep. 05 % de la demande d'énergie de la MECANIQUE provient de l'industrie du verre. Or il est utilisé 0,6 t de verre dont le contenu énergétique s'évalue à 0,336 tep. L'écart se calcule donc ainsi :  $1,101 \times 0,5 - 0,336 = 0,330$  tep.

Des 1,101 tep de BTP 7 % est d'origine sidérurgique soit 0,077 tep. Or le BTP utilisé 0,53 t de fer à béton de contenu énergétique 0,424 tep. L'écart s'élève à  $0,077 - 0,424 = 0,347$

51 % de la demande énergétique de la mécanique provient de la sidérurgie soit  $5,177 \times 51 \% = 2,64$  tep. or la mécanique utilise 4,737 t de contenu énergétique 3,789 tep.

La différence est donc de  $2,64 - 3,789 = -1,149$  tep.

Dans la construction électrique il provient 19,4 % de la sidérurgie soit 0,087 tep. Il est utilisé 33 kg de produits sidérurgiques par la branche construction électrique (dans l'alternateur)

Il est utilisé 3,6 t de fluide caloporteur de consommation spécifique 1,2 tep/t. La différence est donc  $4,64 - 3,6 \times 1,2 = 0,32$ .

Après rectificatif la dépense énergétique totale d'un héliostat s'élève à 12,91 tep soit 52,175 MWh qui est très proche de l'évaluation faite par EDF (49,1 MWh).

Si l'on considère que cette centrale fonctionne 1500 heures par an elle produit 9MWh par an soit 2,25 tep/an. Elle est donc amortie du point de vue énergétique au bout d'environ 6 ans.

63- TABLEAU RECAPITULATIF

	A = dépense énergétique	B = production annuelle	A/B
Centrale nucléaire 1 Kw	0,491 tep	1,55 tep	4 mois
Héliostat 50 m <sup>2</sup> 9MWh /an	13 tep	2,16 tep	6 ans

- 001 : PRODUITS DE L'AGRICULTURE
- 002 : SYLVICULTURE ET EXPLOITATION FORESTIERE
- 0041 : HOUILLE, LIGNITE ET AGGLOMERES
- 0042 : COKEFACTION
- 0051 : PETROLE BRUT
- 0052 : GAZ NATUREL
- 0053 : PRODUITS PETROLIERS RAFFINES
- 006 : ELECTRICITE DISTRIBUEE
- 007 : GAZ DISTRIBUE
- 008 : EAU ET CHAUFFAGE URBAIN

---

- 009 : MINERAI DE FER
- 010 : PRODUITS SIDERURGSIQUES
- 011 : PRODUITS DE LA 1ERE TRANSFORMATION DE L'ACIER
- 012 : MINERAIS NON FERREUX
- 013 : METAUX NON FERREUX ET DEMI-PRODUITS
- 014 : MINERAUX DIVERS
- 015 : MATERIAUX DE CONSTRUCTION
- 016 : PRODUITS DE L'INDUSTRIE DU VERRE
- 0171 : PRODUITS DE LA CHIMIE MINERALE
- 0172 : PRODUITS DE LA CHIMIE ORGANIQUE
- 018 : PRODUITS DE LA PARACHIMIE
- 019 : PRODUITS PHARMACEUTIQUES
- 020 : PRODUITS DES FONDERIES
- 021 : PRODUITS DU TRAVAIL DES METAUX
- 022 : MACHINES AGRICOLES
- 023 : MACHINES OUTILS
- 024 : EQUIPEMENT INDUSTRIEL
- 025 : MATERIEL MTPS
- 026 : MATERIEL D'ARMEMENT
- 027 : MACHINES DE BUREAU
- 028 : MATERIEL ELECTRIQUE
- 0291 : MATERIEL ELECTRONIQUE PROFESSIONNEL
- 0292 : MATERIEL ELECTRONIQUE MENAGER
- 030 : EQUIPEMENT MENAGER
- 031 : VEHICULES AUTOMOBILES
- 032 : MATERIEL FERROVIAIRE ROULANT
- 032 : PRODUITS DE LA CONSTRUCTION NAVALE
- 033 : PRODUITS DE LA CONSTRUCTION AERONAUTIQUE
- 034 : INSTRUMENTS ET MATERIEL DE PRECISION
- 035 : VIANDES ET CONSERVES DE VIANDE
- 036 : LAIT ET PRODUITS LAITIERS
- 037 : CONSERVES
- 038 : PAIN ET PATISSERIE
- 039 : PRODUITS DU TRAVAIL DU GRAIN
- 0401 : CORPS GRAS ALIMENTAIRES
- 0402 : SUCRE
- 0403 : AUTRES PRODUITS ALIMENTAIRES
- 0404 : BOISSONS ET ALCOOLS

- S42 : PRODUITS A BASE DE TABAC
- S43 : FILS ET FIBRES ARTIFICIELS ET SYNTHETIQUES
- S441 : FILS ET FILES
- S442 : PRODUITS DE LA BONNETERIE
- S443 : OUVRAGES EN FILES
- S451 : CUIRS ET PEUX
- S452 : ARTICLES EN CUIR
- S46 : CHAUSSURES
- S47 : ARTICLES D'HABILLEMENT
- S48 : PRODUITS DU TRAVAIL DU BOIS
- S49 : MEURLES
- S50 : PAPIER, CARTON
- S51 : PRESSE, IMPRIMERIE, EDITION
- S52 : PNEUMATIQUES
- S53 : PRODUITS DE LA TRANSFORMATION DES MATIERES PLASTIQUES
- S54 : PRODUITS DES INDUSTRIES DIVERSES

---

- S55 : BATIMENT ET GENIE CIVIL
- S56 : PRODUITS DE LA RECUPEPATION
- S57-4 : COMMERCES
- S65 : COMMERCE ET REPARATION AUTOMOBILE
- S66 : REPARATIONS DIVERSES
- S67 : SERVICE DES HOTELS, CAFES, RESTAURANTS
- S68 : TRANSPORTS FERROVIAIRES
- S691 : TRANSPORTS ROUTIERS DE MARCHANDISES
- S692 : AUTRES TRANSPORTS TERRESTRES
- S70 : NAVIGATION INTERIEURE
- S71 : TRANSPORTS MARITIMES
- S72 : TRANSPORTS AERIENS
- S73-4 : SERVICES AUXILIAIRES DE TRANSPORT
- S75 : SERVICES DE TELECOMMUNICATIONS
- S76-9 : SERVICES RENDUS PRINCIPALEMENT AUX ENTREPRISES
- S80 : LOCATION ET CREDIT-BAIL MOBILIER
- S811 : SERVICE DU LOGEMENT
- S812 : CREDIT-BAIL IMMOBILIER
- S82-3 : SERVICES D'ENSEIGNEMENT (MARCHANDS)
- S84 : SERVICES DE SANTE (MARCHANDS)
- S85-7 : AUTRES SERVICES MARCHANDS
- S88 : SERVICES D'ASSURANCES
- S89 : SERVICES DES ORGANISMES FINANCIERS
- S90-1 : SERVICES D'ADMINISTRATION GENERALE
- S92-3 : SERVICE D'ENSEIGNEMENT (NON MARCHAND)
- S94-8 : AUTRES SERVICES NON MARCHANDS
- S90-8 : SERVICES NON MARCHANDS
- S99 : CONSOMMATION INTERMEDIAIRE NON VENTILEE
- 00000 : TOTAL DE LA LIGNE OU DE LA COLONNE

I.O

TEI TABLE DES INTITULES LIGNE ET COLONNE

NAPE	FUEL LOURD	TOTAL PROD. PET.	C.M.S	GAZ	TOTAL COMBUSTIBLE	ELECT. CONSOMMEE	ELECT. AUTO-PROD.	TOTAL -28
09	5	33	63	5	101	115	-	21
10	1 784	2 032	9 863	1 098	12 993	2 132	1 060	14 06
11	112	229	33	90	352	223	8	56
12	-	18	-	-	18	29	-	4
13	267	400	488	116	1 004	2 477	19	3 46
14	54	128	168	8	304	111	32	38
15	2 739	3 520	780	628	4 924	1 022	-	5 95
16	674	822	5	193	1 020	216	-	1 23
171	828	1 580	713	1 060	3 353	3 170	368	6 15
172	1 244	4 006	117	843	4 966	502	140	5 32
18	118	271	174	19	464	148	14	59
19	54	154	3	3	160	54	-	21
20	35	259	255	58	572	221	26	76
21	33	511	31	79	621	371	-	99
22	9	63	9	7	79	48	-	12
23	6	75	-	7	82	55	-	13
24	21	158	21	16	195	201	-	39
25	7	80	13	4	97	49	-	14
26	4	10	1	-	11	32	-	4
27	7	35	19	1	55	32	-	8
28	101	239	14	29	282	201	-	48
291	19	115	-	5	120	71	-	19
292	2	18	-	5	23	8	-	3
30	12	83	2	4	89	50	-	13
311	428	772	158	107	1 037	632	37	1 63
312	5	43	5	-	48	28	-	7
32	10	62	-	1	63	85	-	14
33	28	111	1	9	121	94	-	21
34	3	70	4	5	79	62	-	14
35	23	158	-	2	160	44	2	20
36	549	793	48	5	846	229	5	1 07
37	112	194	26	2	222	76	2	29
38	-	69	3	-	72	4	-	7
39	293	504	12	10	526	170	5	69
401	114	165	5	11	181	53	2	23
402	459	545	224	8	777	100	80	79
403	127	222	21	38	281	94	4	37
41	204	353	69	12	434	80	16	49
42	80	108	-	-	108	17	-	12
43	353	404	89	-	493	207	55	64
441	193	304	218	13	535	344	24	85
442	36	89	7	5	101	51	4	14
443	147	259	72	4	335	324	23	63
451	52	77	8	1	86	24	-	11
452	-	17	4	1	22	12	-	3
46	15	44	6	-	50	24	-	7
47	21	140	16	4	160	28	-	18
48	103	179	92	32	303	177	-	48
49	-	75	-	-	75	20	-	9
50	905	1 004	383	224	1 611	1 051	411	2 25
51	23	169	15	13	197	75	-	27
52	164	208	150	71	429	296	-	72
53	141	316	19	-	335	111	-	44
54	8	56	35	8	99	55	-	15
TOTAL	12 731	22 349	14 463	4 864	41 676	16 105	2 338	55 44

I. 1 LIVRAISON D'ENERGIE AUX BRANCHES  
INDUSTRIELLES

	T-FLD	T-TPP	T-CMS	T-GAZ	T-ELT	T-ELA	T-TTT
9	0,01752	0,06584	0,09298	0,01627	0,17471	0,00497	0,34433
0	0,09934	0,12180	0,51829	0,06156	0,15043	0,05603	0,79605
1	0,07730	0,10934	0,31610	0,05157	0,12799	0,03526	0,56975
2	0,01159	0,11748	0,00596	0,00915	0,15192	0,00234	0,28117
3	0,04101	0,07689	0,07047	0,02039	0,36029	0,00455	0,52348
4	0,05484	0,12771	0,14723	0,01392	0,11195	0,02928	0,37153
5	0,22567	0,29396	0,08172	0,05433	0,09481	0,00306	0,52178
6	0,18250	0,23093	0,01745	0,06000	0,09606	0,00682	0,39762
71	0,12723	0,24436	0,11891	0,15399	0,48392	0,05549	0,94568
72	0,15277	0,47580	0,02216	0,10513	0,08690	0,01982	0,67017
8	0,04894	0,12238	0,03260	0,02989	0,06573	0,00970	0,24090
9	0,04246	0,10839	0,01059	0,02051	0,03831	0,00634	0,17196
0	0,02503	0,06319	0,09108	0,01827	0,07689	0,01001	0,23942
1	0,02549	0,05395	0,10243	0,01803	0,06376	0,01155	0,22661
2	0,02175	0,05081	0,06421	0,01357	0,05279	0,00738	0,17400
3	0,02006	0,05009	0,06560	0,01365	0,06574	0,00752	0,18755
4	0,01979	0,03888	0,06847	0,01226	0,05484	0,00764	0,16681
5	0,01949	0,04385	0,06915	0,01239	0,05088	0,00766	0,16861
6	0,01252	0,02541	0,03256	0,00603	0,03700	0,00378	0,09722
7	0,00630	0,01918	0,00840	0,00231	0,01864	0,00075	0,04779
8	0,03019	0,06695	0,04507	0,01554	0,09105	0,00537	0,21324
91	0,01161	0,03033	0,01200	0,00514	0,03775	0,00150	0,08373
92	0,01823	0,05392	0,01331	0,01200	0,03116	0,00298	0,10741
0	0,01467	0,04181	0,03643	0,00819	0,03529	0,00466	0,11707
11	0,03700	0,06493	0,07637	0,01681	0,06154	0,00946	0,21019
12	0,02895	0,06935	0,09050	0,01535	0,06302	0,01002	0,22819
2	0,02233	0,04615	0,06794	0,01234	0,05776	0,00804	0,17616
3	0,01680	0,04301	0,03599	0,00866	0,05190	0,00413	0,13544
4	0,01559	0,03742	0,03413	0,00868	0,04534	0,00475	0,12082
5	0,00125	0,00626	0,00038	0,00027	0,00202	0,00018	0,00875
6	0,03325	0,04867	0,00377	0,00103	0,01502	0,00097	0,06752
7	0,05398	0,09453	0,03442	0,01062	0,05126	0,00760	0,18322
8	0,01634	0,03441	0,00424	0,00224	0,01144	0,00215	0,05017
9	0,03598	0,05904	0,00385	0,00239	0,02050	0,00182	0,08396
01	0,04647	0,06889	0,00353	0,00567	0,02398	0,00196	0,10011
02	0,15039	0,17945	0,07329	0,00404	0,03736	0,02736	0,26678
03	0,03631	0,05754	0,01022	0,00869	0,02477	0,00427	0,09695
1	0,03465	0,05808	0,01242	0,00503	0,02064	0,00365	0,09252
2	0,01548	0,02045	0,00140	0,00090	0,00644	0,00141	0,02778
3	0,24349	0,40626	0,06108	0,05326	0,16584	0,04315	0,64329
41	0,06360	0,10937	0,03615	0,01275	0,06861	0,01021	0,21667
42	0,03238	0,05891	0,01498	0,00703	0,03482	0,00605	0,10969
43	0,04814	0,08679	0,02493	0,00904	0,06398	0,00772	0,17703
51	0,04908	0,09785	0,00847	0,01065	0,02660	0,00211	0,14145
52	0,03113	0,08068	0,01439	0,01256	0,03337	0,00463	0,13637
6	0,03202	0,07545	0,01019	0,01114	0,02773	0,00383	0,12067
7	0,02466	0,05124	0,01502	0,00556	0,03142	0,00452	0,09873
8	0,01492	0,02794	0,01674	0,00565	0,02607	0,00090	0,07550
9	0,02150	0,05546	0,02617	0,00889	0,03064	0,00415	0,11701
0	0,11606	0,13804	0,05036	0,03184	0,13790	0,05113	0,30701
1	0,02692	0,04579	0,01285	0,00862	0,03734	0,01047	0,09415
2	0,05808	0,11024	0,04684	0,02744	0,07199	0,00709	0,24942
3	0,06547	0,17273	0,01171	0,02752	0,04697	0,00579	0,25314
4	0,01915	0,04465	0,02184	0,00900	0,05309	0,00349	0,12510

TABLEAU I.2 CONTENU ENERGETIQUE EN TEP/1000F

CRITERES EN PAGE :  
 CRITERES EN LIGNE : PRD  
 CRITERES EN COLONNE : BRE

	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S171	S172	S18	S19	S20
S09	78,29	0	0	0	0	0	0	0	11,42	0	0	0	0
S10	0	90,37	0	0	3,52	0	0	0	0	0	0	0	0
S11	0	75,52	14,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S12	0	0	0	70,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S13	0	0	0	5,73	87,37	0	0	0	4,18	11,98	0	0	0
S14	0	0	0	0	0	84,38	0	0	4,10	0	0	0	0
S15	0	4,20	0	0	0	0	90,87	0	6,29	0	0	0	0
S16	0	0	0	0	0	0	0	76,17	0	0	0	0	0
S171	0	0	0	0	0	0	0	0	14,35	0	0	0	0
S172	0	0	0	0	0	0	0	0	92,87	0	0	0	0
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	7,05	90,72	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	26,48	39,37	19,96	0	0
S20	0	29,84	0	0	14,80	0	4,33	0	9,45	53,90	0	15,56	0
S21	0	58,66	0	0	10,41	0	0	0	5,43	0	0	0	38,39
S22	0	43,12	0	0	9,99	0	0	0	5,30	0	0	0	0
S23	0	41,72	0	0	18,86	0	0	0	4,57	5,67	0	0	4,24
S24	0	50,85	0	0	15,15	0	0	0	6,65	0	0	0	0
S25	0	48,87	0	0	13,70	0	0	0	5,12	0	0	0	0
S26	0	40,30	0	0	11,85	0	0	0	5,37	4,05	0	0	5,41
S27	0	4,55	0	0	13,07	0	0	0	4,06	4,30	0	0	0
S28	0	19,37	0	0	34,57	0	0	0	5,35	7,87	0	0	0
S291	0	10,50	0	0	35,21	0	0	0	4,56	13,55	0	0	0
S292	0	10,67	0	0	12,74	0	5,31	0	4,93	7,68	0	0	0
S30	0	36,23	0	0	5,47	0	0	0	4,96	32,82	0	0	0
S311	0	42,10	0	0	7,09	0	0	0	7,17	3,73	0	0	0
S312	0	48,74	0	0	7,44	0	0	0	3,80	5,47	0	0	6,19
S32	0	48,77	0	0	8,10	0	0	0	0	5,01	0	0	3,68
S33	0	30,60	0	0	17,12	0	0	0	8,36	0	0	0	5,67
S34	0	32,15	3,65	0	17,97	0	0	0	4,97	0	0	0	0
S35	0	0	0	0	0	0	3,53	0	4,82	3,57	0	0	0
S36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,05	0	0	0
S37	0	15,39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S38	0	0	0	0	0	0	0	0	3,62	8,85	0	0	0
S39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,39	0	0	0
S401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,21	0	0	0
S402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,22	0	0	0
S403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S41	0	0	0	0	5,70	0	0	0	0	5,14	0	0	0
S42	0	0	0	0	0	0	0	7,70	0	7,93	0	0	0
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S441	0	0	0	0	0	0	0	0	7,17	39,10	0	0	0
S442	0	0	0	0	0	0	0	0	4,59	24,44	0	0	0
S443	0	0	0	0	0	0	0	0	4,23	20,56	0	0	0
S451	0	0	0	0	0	0	0	0	3,52	21,46	0	0	0
S452	0	4,27	0	0	0	0	0	0	0	38,72	0	0	0
S46	0	0	0	0	0	0	0	0	4,30	40,94	0	0	0
S47	0	5,23	0	0	0	0	0	0	4,38	45,11	0	0	0
S48	0	9,01	0	0	0	0	0	0	0	18,02	0	0	0
S49	0	22,62	0	0	0	0	0	0	0	5,38	0	0	0
S50	0	0	0	0	0	0	0	0	5,44	17,20	0	0	0
S51	0	0	0	0	0	0	0	0	4,28	4,39	0	0	0
S52	0	10,08	0	0	0	0	0	0	5,19	7,54	0	0	0
S53	0	0	0	0	0	0	0	0	4,45	30,72	0	0	0
S54	0	6,72	0	0	30,01	0	0	0	6,83	57,27	0	0	0
									4,82	14,70	0	0	0

P: part (%) du contenu du  
 produit xx qui résulte d'énergie )  
 livrée à la branche yy )  
 Remarque: pour plus de clarté les )  
 termes inférieurs à 3,5 % ont été )  
 supprimés )

sxx - - - - -  
 P  
 yy

TABLAU I. 3 DECOMPOSITION DU CONTENU ENERGÉTIQUE

CRITERES EN PAGE :  
 CRITERES EN LIGNE : PRO  
 CRITERES EN COLONNE : BRE

PIECIER : INTERNE

	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S291	S292	S30	S311	S312
S09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S21	15,77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S22	0	17,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S23	0	0	16,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S24	0	0	0	12,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S25	0	0	0	0	11,55	0	0	0	0	0	0	0	0
S26	0	0	0	0	0	15,54	0	0	0	0	0	0	0
S27	0	0	0	0	0	0	44,44	0	0	0	0	0	0
S28	0	0	0	0	0	0	0	17,27	0	0	0	0	0
S291	0	0	0	0	0	0	0	0	23,29	0	0	0	0
S292	0	0	0	0	0	0	0	0	7,17	14,61	0	0	0
S30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,85	0	0
S311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,35	0
S312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,26
S32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S33	3,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S37	4,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S441	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S442	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S443	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S452	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





CRITERES EN PAGE :  
 CRITERES EN LIGNE : PRO  
 CRITERES EN COLONNE :

CRITERES EN PAGE :  
 CRITERES EN LIGNE : PRO  
 CRITERES EN COLONNE :

PART DU CONTENU EXPLIQUEE

NOMBRE DE TERMES RETENUS (3,5%)

S09	89,71
S10	93,90
S11	90,23
S12	95,71
S13	97,21
S14	90,67
S15	95,07
S16	90,53
S171	92,87
S172	97,76
S18	85,81
S19	86,47
S20	92,80
S21	90,14
S22	84,74
S23	83,45
S24	83,45
S25	83,95
S26	76,55
S27	83,87
S28	89,33
S291	86,92
S292	82,99
S30	88,64
S311	87,49
S312	84,12
S32	81,86
S33	85,52
S34	92,84
S35	87,50
S36	92,34
S37	87,44
S38	90,55
S39	96,39
S401	95,15
S402	98,55
S403	88,43
S41	87,83
S42	95,76
S43	98,22
S441	97,11
S442	93,36
S443	92,97
S451	87,32
S452	86,65
S46	83,34
S47	88,59
S48	97,96
S49	76,68
S50	97,35
S51	91,40
S52	91,07
S53	92,10
S54	83,31

S09	2
S10	2
S11	2
S12	3
S13	3
S14	2
S15	2
S16	2
S171	1
S172	2
S18	3
S19	4
S20	5
S21	4
S22	6
S23	4
S24	4
S25	6
S26	5
S27	6
S28	5
S291	6
S292	6
S30	6
S311	6
S312	5
S32	4
S33	5
S34	8
S35	3
S36	2
S37	6
S38	7
S39	6
S401	3
S402	2
S403	4
S41	6
S42	2
S43	4
S441	5
S442	6
S443	5
S451	2
S452	6
S46	5
S47	7
S48	3
S49	7
S50	3
S51	4
S52	5
S53	3
S54	6

TABLEAU I. 3 Bis DECOMPOSITION DU CONTENU EN ELECTRICITE

Les termes inférieurs à 3,8 % ont été supprimés.

FICHIER : INTERNE

TABLEAU : TAUX-DATC

CRITERES EN PAIR : PRO  
CRITERES EN LIGNE : PRO  
CRITERES EN COLUMNE : BRE

%

	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S17*	S18	S19	S20
S00	82,65	0	0	0	0	0	0	0	11,61	0	0	0	0
S10	5,00	72,49	0	0	0	0	0	0	5,50	0	0	0	0
S11	0	50,96	25,75	0	0	0	0	0	7,71	0	0	0	0
S12	0	0	0	90,83	0	0	0	0	3,99	0	0	0	0
S13	0	0	0	5,14	90,83	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	0	0	0	0	0	81,15	0	0	10,75	0	0	0	0
S15	0	0	0	0	0	0	85,08	0	0	0	0	0	0
S16	0	0	0	0	0	0	0	55,10	30,60	0	0	0	0
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	27,47	0	0	0	0
S18	0	0	0	0	0	0	0	0	27,98	65,92	0	0	0
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	47,99	13,60	18,11	0	0
S20	0	0	0	0	0	0	0	0	21,44	22,80	0	17,61	0
S21	0	14,07	0	0	5,15	0	0	0	8,70	0	0	0	34,45
S22	0	31,60	0	0	32,98	0	0	0	9,70	0	0	0	0
S23	0	21,54	0	0	10,73	0	0	0	7,77	0	0	0	4,03
S24	0	18,04	0	0	23,53	0	0	0	9,77	0	0	0	0
S25	0	23,45	0	0	36,49	0	0	0	0,02	0	0	0	0
S26	0	24,55	0	0	32,97	0	0	0	9,16	0	0	0	5,17
S27	0	16,25	0	0	22,49	0	0	0	5,49	0	0	0	0
S28	0	0	0	0	23,97	0	0	0	7,07	0	0	0	0
S29	0	6,89	0	0	57,93	0	0	0	5,51	0	0	0	0
S30	0	0	0	0	55,87	0	0	0	5,63	0	0	0	0
S31	0	5,58	0	0	31,42	0	0	0	8,81	10,66	0	0	0
S32	0	18,22	0	0	12,99	0	0	0	12,25	0	0	0	5,71
S33	0	21,80	0	0	17,31	0	0	0	6,68	0	0	0	0
S34	0	26,75	0	0	19,28	0	0	0	5,73	0	0	0	3,83
S35	0	22,54	0	0	17,68	0	0	0	13,13	0	0	0	0
S36	0	12,11	0	0	31,96	0	0	0	6,68	0	0	0	0
S37	0	12,98	3,83	0	34,26	0	0	0	6,61	0	0	0	0
S38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S39	0	8,34	0	0	7,98	0	0	0	6,66	0	0	0	0
S40	0	0	0	0	0	0	0	0	5,56	3,88	0	0	0
S41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S48	0	3,96	0	0	4,55	0	0	0	5,05	0	0	0	0
S49	0	23,10	4,44	0	8,07	0	0	6,03	7,98	0	0	0	0
S50	0	0	0	0	0	0	0	0	14,22	14,29	0	0	0
S51	0	0	0	0	0	0	0	0	7,46	7,27	0	0	0
S52	0	0	0	0	0	0	0	0	6,86	6,10	0	0	0
S53	0	0	0	0	0	0	0	0	5,02	5,17	0	0	0
S54	0	0	0	0	0	0	0	0	9,47	19,40	0	0	0
S55	0	0	0	0	0	0	0	0	9,05	15,77	0	0	0
S56	0	0	0	0	0	0	0	0	9,83	18,50	0	0	0
S57	0	0	0	0	0	0	0	0	5,60	5,33	0	0	0
S58	0	0	0	0	0	0	0	0	4,77	0	0	0	0
S59	0	0	0	0	0	0	0	0	10,69	6,17	0	0	0
S60	0	0	0	0	0	0	0	0	4,91	0	0	0	0
S61	0	0	0	0	0	0	0	0	6,74	0	0	0	0
S62	0	5,29	0	0	5,50	0	0	0	7,93	10,03	0	0	0
S63	0	0	0	0	4,14	0	0	0	18,95	27,08	0	0	0
S64	0	0	0	0	50,59	0	0	0	5,95	0	0	0	0





TARIFA : TAX-ELTO  
 RICKER : INTER  
 COLLEGE EN LINE : PRP  
 COLLEGE EN COLONIA : BRE

543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554
509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520
521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532
533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544
545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556
557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568
569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580
581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592
593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604
605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616
617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628
629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640
641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652
653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664
665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676
677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688
689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700
701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712
713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724
725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736
737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748
749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760
761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772
773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784
785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796
797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808
809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820
821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832
833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844
845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856
857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868
869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880
881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892
893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904
905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916
917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928
929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940
941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952
953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964
965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976
977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988
989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

CRITERES EN PAGE :  
 CRITERES EN LIGNE : PRJ  
 CRITERES EN COLONNE :

## POURCENTAGE EXPLIQUE

+ S09	+ 94,26
+ S10	+ 96,33
+ S11	+ 93,79
+ S12	+ 94,82
+ S13	+ 95,97
+ S14	+ 91,90
+ S15	+ 85,88
+ S16	+ 92,11
+ S171	+ 97,64
+ S172	+ 93,90
+ S18	+ 92,11
+ S19	+ 88,85
+ S20	+ 90,22
+ S21	+ 88,74
+ S22	+ 82,44
+ S23	+ 84,89
+ S24	+ 83,47
+ S25	+ 84,21
+ S26	+ 78,40
+ S27	+ 81,02
+ S28	+ 87,14
+ S291	+ 80,70
+ S292	+ 84,27
+ S30	+ 84,98
+ S311	+ 79,31
+ S312	+ 81,29
+ S32	+ 82,48
+ S33	+ 84,15
+ S34	+ 89,85
+ S35	+ 80,09
+ S36	+ 93,38
+ S37	+ 87,91
+ S38	+ 90,72
+ S39	+ 91,09
+ S401	+ 92,15
+ S402	+ 97,54
+ S403	+ 89,17
+ S41	+ 82,72
+ S42	+ 94,69
+ S43	+ 97,74
+ S441	+ 96,97
+ S442	+ 93,44
+ S443	+ 96,42
+ S451	+ 85,25
+ S452	+ 86,88
+ S46	+ 85,56
+ S47	+ 87,94
+ S48	+ 91,83
+ S49	+ 83,71
+ S50	+ 97,09
+ S51	+ 94,42
+ S52	+ 86,44
+ S53	+ 89,73
+ S54	+ 80,95

CRITERES EN PAGE :  
 CRITERES EN LIGNE : PRD  
 CRITERES EN COLONNE :

## NOMBRE DE TERMES

+ S09	+ 2
+ S10	+ 4
+ S11	+ 4
+ S12	+ 2
+ S13	+ 2
+ S14	+ 2
+ S15	+ 1
+ S16	+ 3
+ S171	+ 2
+ S172	+ 2
+ S18	+ 5
+ S19	+ 5
+ S20	+ 4
+ S21	+ 4
+ S22	+ 6
+ S23	+ 4
+ S24	+ 4
+ S25	+ 5
+ S26	+ 5
+ S27	+ 4
+ S28	+ 4
+ S291	+ 3
+ S292	+ 7
+ S30	+ 5
+ S311	+ 4
+ S312	+ 5
+ S32	+ 4
+ S33	+ 4
+ S34	+ 6
+ S35	+ 2
+ S36	+ 2
+ S37	+ 6
+ S38	+ 8
+ S39	+ 4
+ S401	+ 2
+ S402	+ 2
+ S403	+ 4
+ S41	+ 5
+ S42	+ 2
+ S43	+ 4
+ S441	+ 5
+ S442	+ 6
+ S443	+ 6
+ S451	+ 3
+ S452	+ 7
+ S46	+ 7
+ S47	+ 7
+ S48	+ 4
+ S49	+ 10
+ S50	+ 2
+ S51	+ 4
+ S52	+ 5
+ S53	+ 4
+ S54	+ 4

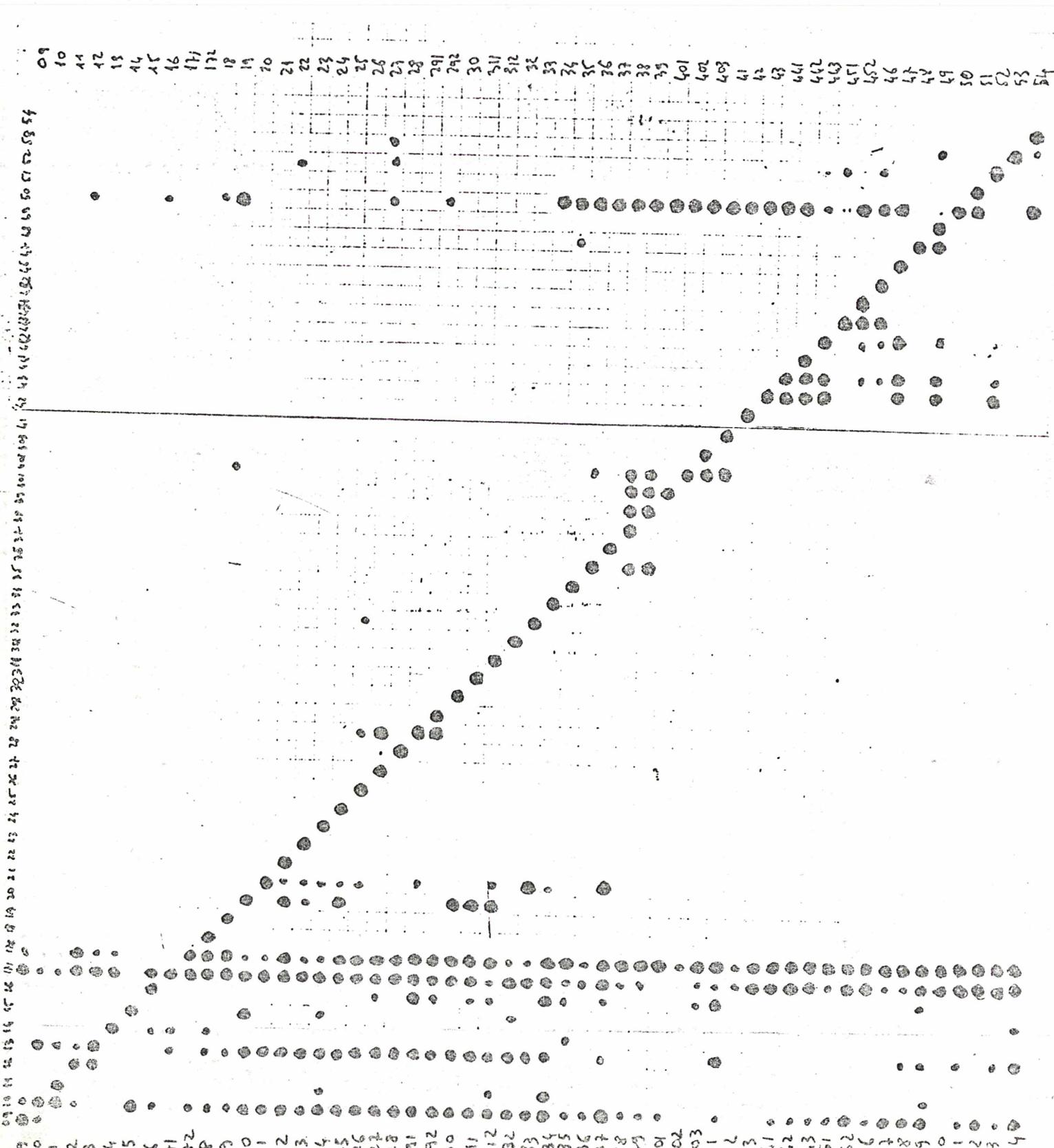
FIGURE I. 4 MISE EN EVIDENCE DES TERMES SIGNIFICATIFS DANS LES CONTENUS ENERGETIQUES.



signifie que dans le contenu énergétique total de x il y a au moins 3,5 % d'énergie consommée dans la branche y.



signifie de la même façon que l'énergie consommée par y détermine une part non négligeable du contenu de x, mais cela pour une des formes d'énergie (gaz, électricité) et non pour l'ensemble.



70111

MF	P-CII	P-TERT	P-AGR	P-BTP	P-MEN	P-FBCF	P-VASTO	P-EXPO	P-INPO	P-TOTA
S09	-243	0	0	0	0	0	36	297	576	-243
S10	4103	336	469	1492	0	0	1516	6263	5842	4235
S11	2966	21	475	1597	0	0	295	1570	953	3004
S12	-796	125	0	0	0	0	7	26	931	-773
S13	-707	113	0	1013	1	0	1140	3768	6962	-927
S14	-23	17	239	14	49	0	-2	322	682	-43
S15	11721	32	22	11006	678	0	384	936	1261	11797
S16	2570	548	130	940	394	0	102	1033	547	2600
S171	3934	101	3055	70	0	0	424	1703	1289	4064
S172	415	374	0	74	0	0	486	5288	5489	734
S18	9542	1602	895	1320	4480	0	545	1975	1408	9408
S19	7710	988	389	0	5235	0	140	1041	105	7688
S20	2088	269	0	1546	0	0	111	421	202	2144
S21	15018	1771	81	1716	1318	10089	862	2301	2236	15902
S22	4124	0	983	0	0	3849	151	771	1067	4687
S23	2362	0	8	21	0	3229	297	1495	2303	2746
S24	16688	454	5	1787	0	13833	872	5380	5384	16947
S25	7068	809	0	507	0	4616	430	2572	1649	7286
S26	2560	1977	0	0	0	0	199	451	67	2560
S27	3973	612	0	0	0	4332	214	1792	2584	4366
S28	10142	1980	21	2017	212	3822	847	2547	1500	9946
S291	6105	1404	0	0	0	4981	895	2417	2525	7172
S292	1819	31	0	0	1788	144	260	343	724	1842
S30	3859	247	0	443	3418	33	219	668	1153	3875
S311	29703	5957	0	0	7107	9850	1674	11261	5306	30543
S312	1677	573	0	0	0	621	68	491	72	1681
S32	4827	1062	0	0	0	1577	1654	889	326	4856
S33	4911	2954	0	0	0	1337	588	2354	2011	5222
S34	3673	473	0	6	1240	2215	238	1495	1806	3862
S35	28341	4300	0	0	26069	0	-58	1379	3081	28609
S36	15681	1291	117	0	12419	0	-989	3153	306	15686
S37	3539	592	0	0	3014	0	341	440	705	3682
S38	8240	1122	0	0	7177	0	0	71	130	8240
S39	9564	192	5877	0	2590	0	-119	1483	420	9603
S401	923	315	247	0	1685	0	-21	346	1642	930
S402	2095	92	35	0	1274	0	-7	1089	386	2097
S403	6335	534	0	0	5997	0	81	432	676	6368
S41	9094	3653	53	0	4394	0	-207	1797	522	9168
S42	6344	0	0	0	6022	0	420	86	164	6364
S43	79	0	0	0	0	0	32	715	642	105
S441	2088	0	0	0	379	0	184	2281	745	2099
S442	4997	52	0	5	4620	0	190	1229	1043	5053
S443	5607	663	130	726	3171	0	123	2824	1984	5653
S451	113	0	0	0	0	0	-76	519	321	122
S452	1247	85	17	0	980	0	72	180	91	1244
S46	3796	119	9	8	3167	0	100	783	378	3808
S47	13622	615	16	39	11860	0	337	1534	777	13624
S48	6311	1243	116	5273	0	0	226	572	1113	6317
S49	5128	302	0	0	3906	1330	159	137	701	5133
S50	1682	2767	3	353	500	0	306	1100	2933	2096
S51	12313	7442	18	86	4673	0	220	854	1091	12202
S52	4321	1946	64	389	924	0	245	1767	969	4365
S53	2362	461	81	768	907	0	261	939	1107	2310
S54	5652	1117	5	94	4203	10	231	1185	1214	5634
00000	322161	53730	13560	33315	135851	65867	16703	88765	80101	327690

TABIEAU I. 5 DEMANDES FINALES 1970  
EN MILLIONS DE FRANCS

CRITERES EN PAGE : OBS  
 CRITERES EN LIGNE : PRJ  
 CRITERES EN COL VINE :

70111

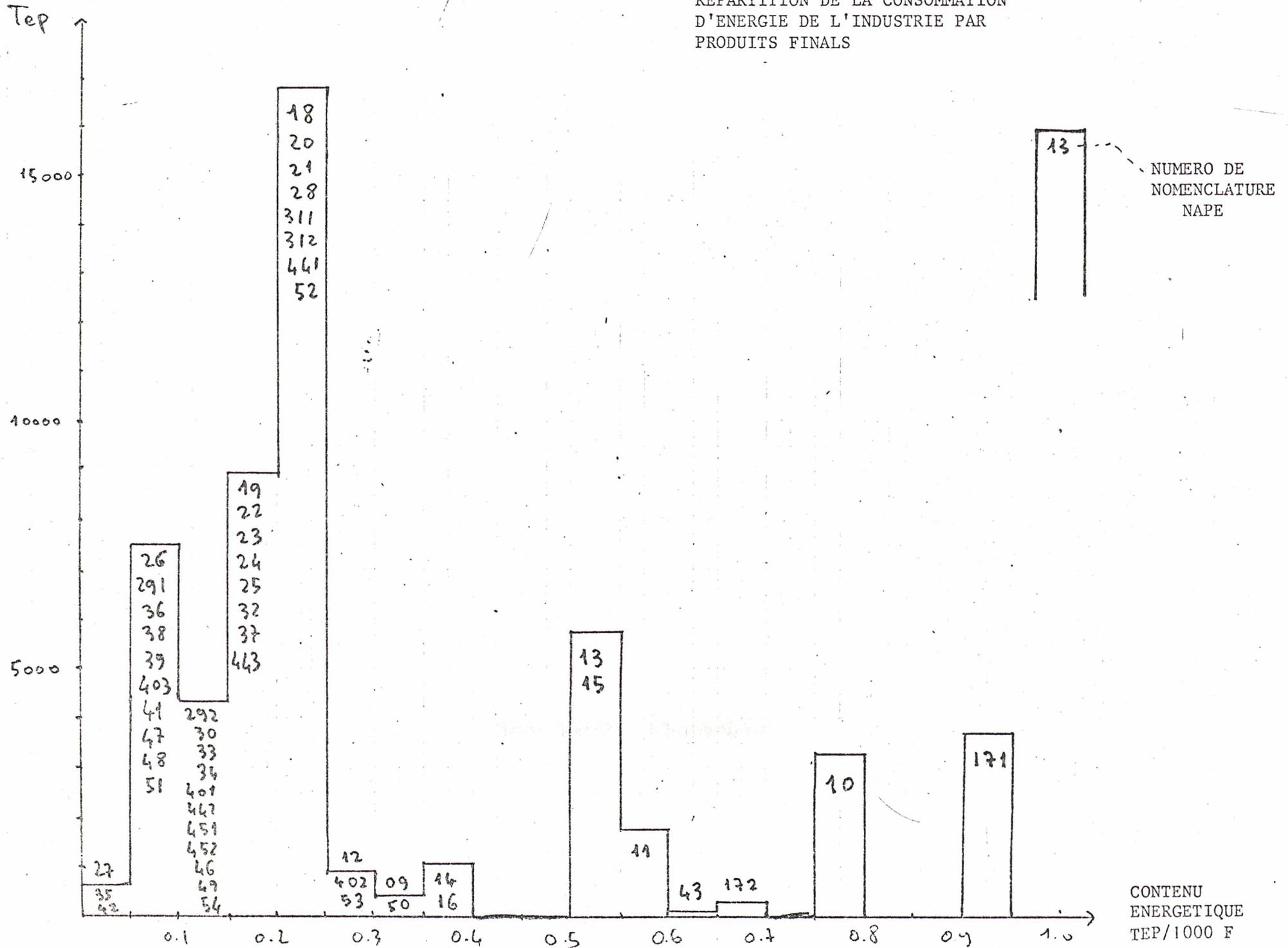
UNITE:

à Tep

	P-CII	P-TERT	P-AGR	P-BTP	P-MEN	P-FBCF	P-VASTO	P-EXPO	P-IMPO	P-TOTA
S09	-84	0	0	0	0	0	12	102	199	-84
S10	3266	268	374	1188	0	0	1207	4986	4651	3371
S11	1690	12	270	910	0	0	168	894	543	1712
S12	-224	35	0	0	0	0	2	7	262	-217
S13	-370	59	0	530	1	0	597	1972	3644	-485
S14	-8	6	89	5	18	0	-1	120	253	-16
S15	6116	17	12	5743	354	0	200	488	658	6156
S16	1022	218	52	374	157	0	41	411	217	1034
S171	3720	96	2889	66	0	0	401	1610	1219	3843
S172	278	251	0	50	0	0	326	3544	3679	492
S18	2299	386	216	319	1079	0	131	476	339	2266
S19	1326	170	67	0	900	0	24	179	18	1322
S20	500	64	0	370	0	0	27	101	48	513
S21	3607	401	18	389	299	2286	195	521	507	3604
S22	718	0	171	0	0	670	26	134	186	815
S23	443	0	2	4	0	605	56	280	432	515
S24	2784	76	1	298	0	2307	145	897	898	2827
S25	1192	136	0	86	0	778	73	434	278	1228
S26	249	192	0	0	0	0	19	44	7	249
S27	190	29	0	0	0	207	10	86	123	209
S28	2163	422	4	430	45	815	181	543	320	2121
S291	511	119	0	0	0	417	75	202	211	601
S292	195	3	0	0	192	15	28	37	78	198
S30	452	29	0	52	400	4	26	78	135	454
S311	6243	1252	0	0	1494	2070	352	2367	1115	6420
S312	383	131	0	0	0	142	16	112	16	384
S32	850	187	0	0	0	278	291	157	57	855
S33	665	400	0	0	0	181	80	319	272	707
S34	444	57	0	1	150	268	29	181	218	467
S35	248	38	0	0	228	0	-1	12	27	250
S36	1059	87	8	0	839	0	-67	213	21	1059
S37	648	108	0	0	552	0	62	81	129	675
S38	413	56	0	0	360	0	0	4	7	413
S39	803	16	493	0	217	0	-10	125	35	806
S401	92	32	25	0	169	0	-2	35	164	93
S402	559	24	9	0	340	0	-2	291	103	559
S403	614	52	0	0	581	0	8	42	66	617
S41	841	338	5	0	407	0	-19	166	48	848
S42	176	0	0	0	167	0	12	2	5	177
S43	51	0	0	0	0	0	21	460	413	68
S441	452	0	0	0	82	0	40	494	161	455
S442	548	6	0	1	507	0	21	135	114	554
S443	993	117	23	129	561	0	22	500	351	1001
S451	16	0	0	0	0	0	-11	73	45	17
S452	170	12	2	0	134	0	10	25	12	170
S46	459	14	1	1	382	0	12	94	46	459
S47	1345	61	2	4	1171	0	33	151	77	1345
S48	477	94	9	398	0	0	17	43	84	477
S49	600	35	0	0	457	156	19	16	82	601
S50	516	850	1	108	154	0	94	338	900	644
S51	1159	701	2	8	440	0	21	80	103	1149
S52	1078	485	16	97	230	0	61	441	242	1089
S53	598	117	20	194	230	0	66	238	280	585

TABLEAU I. 6 DEMANDES FINALES 1970  
 CONTENU EN ENERGIE  
 (1000 TEP)

FIGURE I. 7  
REPARTITION DE LA CONSOMMATION  
D'ENERGIE DE L'INDUSTRIE PAR  
PRODUITS FINALS





## II - PROSPECTIVE

### 1 - Introduction

Les études de prévision à long terme de la consommation d'énergie connaissent une phase nouvelle depuis la crise de 1973 tant pour leur nombre que pour leur contenu. En effet, l'évaluation de l'impact d'un pétrole cher et les décisions d'investissements pour les autres filières énergétiques nécessitent d'avoir un point de visée à au moins vingt ans dans les perspectives. En même temps pour le contenu, une très nette diminution dans les prévisions s'est faite depuis 1973 en ramenant certaines de plus de 500 M Tep pour la France à 350 M Tep.

Les difficultés que rencontrent les plans nucléaires ont rendu ces évaluations encore plus critiques : On a pu penser initialement que l'énergie nucléaire pouvait fournir une part importante de l'énergie : pour les centrales électriques le coût du Kwh nucléaire prévu permettait d'arrêter des centrales à fuel non obsolètes techniquement (le coût total du Kwh nucléaire était plus faible que les coûts proportionnels (fuel) pour le thermique classique) ; ce faible coût devait aussi permettre le remplacement à l'utilisation de combustibles par de l'électricité pour des usages thermiques (chauffage tout électrique des logements). Etait alors concevable un développement important du nucléaire pour réduire au maximum la consommation fossile. Aussi toute erreur dans la prévision aurait pu être compensée par un recours accru à l'énergie fossile. Cependant les difficultés du nucléaire (difficultés politiques, retards dans la construction et augmentation des coûts) ont supprimé cette flexibilité dans la fourniture d'énergie future.

La prévision énergétique a donné lieu aussi à des publications par différents pays, dont il est difficile de savoir si elles ne sont pas en partie des outils politiques. En effet, la présentation couplée d'une prévision de demande assez basse et de possibilités alternatives de fourniture d'énergie (pétrole off shore - schistes bitumineux - solaire ...) peut démontrer aux producteurs de pétrole que leur prix ne peut pas à long terme dépasser tel niveau.

On a vu également des prospectives servir à démontrer la nécessité d'une nouvelle filière : le niveau de la demande d'énergie mondiale n'est pas compatible avec les ressources en uranium et pétrole si on n'utilise pas mieux l'uranium. Renoncer aux surgénérateurs créerait donc un manque et puisque les pays en voie de développement sont à la fois ceux pour lesquels la relation croissance-consommation d'énergie est la plus stricte et ceux qui sont les moins solvables devant une énergie chère, la conséquence sera leur non développement.

A l'opposé les défenseurs des énergies douces soutiennent que les prévisions de demande sont volontairement surestimées afin d'imposer les solutions centralisées. La revue Que Choisir a édité un numéro spécial énergie pour démontrer que l'on pouvait stopper le plan nucléaire. Une équipe du CNRS (projet alter) voit pour la France à l'horizon 2020 la possibilité de n'utiliser grâce à la biomasse (déchets agricoles, bois, plantes énergétiques) que de l'énergie solaire.

Les principales méthodes de prévision sont les extrapolations simples ou sectorielles et les comparaisons internationales. Dans les extrapolations simples les prévisionnistes reprennent les corrélations constatées dans le passé. Par exemple l'élasticité 1 entre consommation et PIB conduirait à une valeur de 540 M Tep en l'an 2000 si la croissance est de 5 %.

Une croissance de 3 % (ou un peu plus forte si l'élasticité est plus faible) conduirait à un doublement d'ici l'an 2000 qui est une hypothèse souvent retenue pour l'Europe Occidentale dans les études internationales.

Les études sectorielles isolent les consommations domestiques, de transport et industrielles (parfois encore redécomposées) et pour chacune réappliquent soit une extrapolation soit une analyse plus causale. Plus le degré de découpage est grand, plus il est facile d'introduire des hypothèses techniques ou de bon sens. En particulier les prévisions de consommation de chauffage quoique dispersées sont aisées à comparer et on peut en expliciter les différences.

Souvent cependant, le secteur industriel conserve une analyse par élasticité globale.

Les méthodes de comparaisons internationales consistent à considérer que la consommation d'énergie par tête ou par unité de PNB dépend du niveau de développement et que tous les pays passeront par le niveau actuel de consommation des gros consommateurs (U.S.A.). En particulier des études remarquent un alignement des points: (revenu par habitant, consommation par habitant), ce qui peut conduire à déduire la seconde du premier estimé par ailleurs. Ce type d'étude débouche sur des valeurs de l'ordre de 400 à 450 M Tep pour la France en l'an 2000.

Mais l'ensemble de ces prévisions intègre difficilement le changement de tendance qu'a pu provoquer la crise de l'énergie. Les études concernant l'élasticité de la demande en énergie par rapport au prix reposent sur des périodes de variations faibles et sont donc peu pertinentes pour traiter le quadruplement des prix du pétrole.

D'autre part, une politique volontariste en matière d'économie d'énergie serait un phénomène nouveau rendant les extrapolations injustifiées.

Une autre rupture de tendance encore plus gênante dans les prévisions se situe au niveau de la croissance économique elle-même. Le passage des taux de croissances de 5 ou 6 % des vingt dernières années aux taux nuls ou négatifs de 1975-1976 se traduit par un retard de trois ans pour la croissance. Cette "parenthèse" pourrait ne pas modifier les tendances à long terme, mais en même temps l'ensemble des prévisionnistes s'accorde à estimer la croissance future à un ou deux points au dessous des valeurs passées. Que l'énergie, dans un sens, soit ou non une cause importante de ce ralentissement, il faut dans l'autre prévoir l'effet de ce ralentissement sur la consommation d'énergie.

Il est clair que la proportionnalité des variations en croissance et en énergie consommée que supposent les calculs par élasticité, si elle peut être valable à moyen terme et tendance inchangée, est extrêmement contestable dans ce cas là.

Un dernier problème affecte la prévision de consommation d'énergie. Peut-on rendre la prévision de demande indépendante de la prévision d'offre ? Au niveau de la demande globale en énergie il paraît possible de définir ce que serait la demande spontanée en supposant un niveau moyen de prix. Il est alors possible de faire un retour vers l'offre en examinant si le niveau prévu est compatible avec les possibilités d'approvisionnement et s'il risque de créer des tensions importantes sur les prix. Il nous semble que quelques itérations raisonnées entre des modèles d'offre et de demande sont une interaction suffisante et qu'il n'est pas nécessaire de construire des modèles géants intégrant les deux.

De toutes façons subsiste le besoin d'une donnée exogène : le niveau de prix du pétrole importé. On peut aussi contester que l'on puisse prévoir une demande toutes énergies et se poser en aval le problème de la répartition entre les différentes sources. Pour les combustibles, l'hypothèse d'une substituabilité à pouvoir calorifique égal paraît justifiée. Pour l'électricité la prévision doit isoler les usages spécifiques ce qui est en général aisé. Le problème des usages thermiques est plus difficile. Au niveau de l'industrie on peut admettre que la pénétration de l'électricité ne se fait que si elle est rentable. Donc, puisque le prix de l'électricité traduira pour encore longtemps un coût de production marginale au fuel la substitution se fait approximativement à énergie équivalente égale si l'on compte le Kwh à 0,22 KeP. Pour les usages thermiques domestiques la difficulté pour les ménages à comparer des coûts d'investissement et de fonctionnement, ajoutée à des réglementations (surisolation pour le chauffage électrique) et à la sensibilité de la demande aux politiques commerciales rend cette hypothèse plus contestable et conduit à fixer le niveau de pénétration électrique de façon exogène.

En ce qui concerne la répartition entre formes d'énergie, il faut encore remarquer que les producteurs d'énergie font des prévisions propres. Mais leurs résultats ne sont pas additionnables pour deux raisons : la première est que leurs hypothèses générales (taux de croissance, prix du pétrole...) ne sont pas semblables ; la seconde que la répartition entre différents combustibles est difficile à prévoir, donc que pour chacune de ces prévisions l'incertitude sur la part du marché masque largement l'incertitude qui peut exister sur le montant de la demande globale.

Dans ce contexte nous présentons ici une prévision sectorielle de demande d'énergie en l'an 2000 avec les préoccupations suivantes :

- essayer d'aller le plus loin possible vers la destination finale de l'énergie (achats par les ménages, fonctions) pour se rapprocher de notions intuitivement contrôlables.
- faire apparaître les saturations possibles tant au niveau des parcs en appareils que de leur usage, qui peuvent provoquer un ralentissement de la croissance économique ou énergétique
- assurer la cohérence physique entre niveaux de production des branches industrielles, entre la production des appareils et leur utilisation.

Les études de ce type sur la demande n'ont pas jusqu'à présent été très développées en France. La raison en est peut-être qu'il est plus irritant de descendre dans des détails d'utilisations finales (combien de bains par semaine une personne prendra en l'an 2000) que d'optimiser un parc de raffineries.

Il faut cependant remarquer l'étude récente de Messieurs CHATEAU et LAPILLONNE de l'IEJE qui par une approche en systèmes (système urbain, système industriel) ont fait apparaître des phénomènes nouveaux dans l'évolution des consommations par rapport aux approches classiques et ont atteint un grand niveau de détail tant sur le parc des chauffages domestiques que sur les nouveaux process industriels. Leurs résultats faibles (227 ou 335 M Tep selon le scénario) semblant confirmer que plus on détaille une prévision, plus les valeurs s'abaissent.

Par rapport à cette étude, qui a eu un important succès dans le milieu de l'énergie, le présent travail se distingue par :

- une approche différente de la prévision industrielle où l'on a préféré utiliser les demandes finales et les contenus énergétiques plutôt que

prévisions quasi-indépendantes par branches industrielles

- l'abandon des scénarios contrastés. Nous pensons que la méthode qui consiste à accumuler dans deux scénarios respectivement les hypothèses hautes et basses pour obtenir deux valeurs extrêmes est contestable si la fourchette s'ouvre trop largement. En effet la probabilité de chacun est très faible et on se fait difficilement une idée sur la valeur la plus probable (différence prospective et prévision). Ici au contraire on a essayé de retenir un lot d'hypothèses qui paraissent raisonnables à la lumière du passé et du début de changement de tendance observé depuis la crise de l'énergie.

Il est clair que les valeurs obtenues seront plutôt des majorants dans une situation très critique de l'approvisionnement (nouvelle hausse des prix ou embargo) ou un comportement plus rationnel d'économie d'énergie pourraient rabaisser sensiblement ces valeurs.

Il faut aussi signaler qu'aucune hypothèse financière n'est ici explicitement faite bien que des politiques d'action sur les taux d'intérêts pour réorienter le partage investissement-consommation puissent modifier le ratio. De même une modification de la répartition des revenus aurait des effets difficiles à prévoir (faute de données sur la structure de la demande par classe de revenu).

Enfin notons que les énergies nouvelles (solaire, géothermie) sont traitées comme les autres sources c'est-à-dire que les quantités sont ajoutées au bilan total.

La demande en énergies marchandes sera donc inférieure à la demande totale, bien que l'écart ne doive pas être important en l'an 2000.

## 2- Consommation industrielle :

### 2, Principes retenus

Le contenu énergétique qui permettait dans la 2eme partie d'obtenir une image énergétique des flux économiques devrait permettre de déduire d'une prévision économique générale un chiffre de consommation d'énergie. Il suffit en effet de projeter les demandes finales en différents produits industriels et de les multiplier par leur contenu énergétique modifié pour tenir compte des évolutions techniques.

En faisant cela on doit principalement éviter les incohérence entre branches industrielles. En effet l'extrapolation des productions de chaque branche éventuellement modifiée par les estimations des syndicats professionnels ne permet pas d'assurer que la quantité d'acier prévue en production ne sera pas supérieure à la consommation de cette matière par l'industrie automobile, le bâtiment... Le contenu énergétique incluant l'information des coefficients techniques d'échanges interindustriels assure la cohérence.

L'avantage est aussi de pouvoir se placer en aval d'un scénario macro-économique général qui donnerait des valeurs de demandes finales en produits industriels et de pouvoir ainsi sortir de la situation de prévisionniste en énergie qui doit constituer, sans en avoir les moyens, tout un scénario économique.

On aura aussi la possibilité de faire des petites corrections aisément (si l'on estime devoir modifier la production de voitures on fait une seule correction à travers le contenu du produit automobile), car indépendamment des autres demandes.

On décrit ci-dessous les hypothèses que l'on a retenues sur les demandes finales ainsi que les corrections faites sur les contenus énergétiques pour tenir compte des améliorations de rendement en énergie.

Il reste auparavant des points à préciser. Il est bien connu que les coefficients techniques n'ont pas une grande stabilité dans le temps et il peut donc paraître choquant de les utiliser pour une prévision à long terme. On peut cependant espérer que les coefficients industriels (hors tertiaire et secteur énergie) ont plus de signification physique et de stabilité. D'autre part l'information sur le contenu est un agrégat des coefficients techniques qui peut avoir plus de stabilité que les coefficients pris individuellement (pensons en particulier au transfert d'un phase opératoire d'une branche à l'autre, évoqué au chapitre 2, qui modifiera les coefficients techniques et non le contenu).

Enfin on peut espérer que sauf quelques exceptions (aluminium à la place de l'acier) la substitution d'une matière à une autre se fasse dans un sens favorable au contenu énergétique. De même l'économie de matières (faire le même objet avec moins d'acier...) modifie le contenu dans un sens favorable.

Il est donc vraisemblable que le fait de ne pas modifier les coefficients d'échange industrie-industrie crée une surestimation de la consommation.

Une autre question est celle de la balance commerciale. La demande que nous allons présenter est une demande intérieure et la valeur de consommation d'énergie qui en résulte est le contenu énergétique de la demande intérieure.

Si, ce qui est le cas actuellement (Cf. Ch.1), le contenu total de l'exportation et de l'importation est le même, ce chiffre sera aussi la consommation de l'industrie française. Autrement il faudra faire des corrections pour tenir

compte d'une éventuelle restructuration : déplacement à l'étranger de productions à haut contenu et spécialisation à l'exportation dans les produits à bas contenu. Il est vraisemblable que l'exportation de produits intermédiaires va devenir difficile à cause de l'équipement progressif des pays en voie de développement ou des pays producteurs d'énergie en industrie lourde. Dans l'autre sens une spécialisation de l'exportation dans des secteurs comme l'électronique, si elle est souhaitable, ne peut être obtenue facilement puisque tous les pays industriels y ont le même intérêt. Nous ne traiterons pas ces questions dans le détail mais nous supposons le maintien de l'égalité entre contenu moyen à l'exportation et à l'importation.

## 2<sub>2</sub> Prévision de la demande

- Il n'existe pas de modèle macroéconomique à long terme pour la France. Les modèles de moyen terme tels que D.M.S ne sont pas adaptés, même extrapolés, à ce besoin de point de vue à long terme (puisque ce sont des modèles dynamiques et conjoncturels). Une étude du C.G.P. réalisée par G. Sichernar donne les grandes lignes d'un scénario pour 1990. Malheureusement, en plus du décalage 1990-2000, les prévisions contenues paraissent actuellement trop élevées.

Il a donc été nécessaire de créer à titre d'exemple un scénario propre pour les demandes finales. Les valeurs ont été estimées dans le plus de cas possibles d'après des hypothèses concrètes (parc et durée de vie des équipements) et en tenant compte des tendances passées. Dans les cas où l'on n'avait pas d'autres informations on a extrapolé les tendances passées en prenant en compte un ralentissement général.

On constate que, dans l'ensemble, des saturations apparaissent et qu'il est nécessaire de tirer sur quelques postes où l'on peut attendre des innovations (électronique domestique, matériel de télécommunications, produits médicaux) pour obtenir une croissance non dérisoire. Est-ce par manque d'imagination ? Nous ne le pensons pas mais croyons au contraire que le tassement de la demande intérieure est pour la France un des grands changements de tendance des prochaines décennies pouvant provoquer un ralentissement de la croissance.

Plusieurs arguments pourront appuyer cette idée. D'abord la comparaison à un pays comme les Etats-Unis où le taux de croissance de croisière est de l'ordre de 3,5 %. D'autre part si l'on observe les équipements des ménages, on constate que pour tout un ensemble -réfrigérateur, télévision, automobile, machine à laver- le taux d'équipement qui est en 1976 supérieur à 70 % était déjà supérieur à 10 % vingt ans auparavant. Au contraire après 1960 on ne voit le démarrage d'aucun nouvel appareil et il faut attendre le début des années 70 pour voir apparaître notamment le lave vaisselle et le congélateur. Ainsi donc il semble que la phase d'équipement qui a créé des taux de croissance particulièrement élevés pour la France soit à sa fin.

### - a - La demande des ménages.

On a conservé une hypothèse de démographie forte qui avait été élaborée par l'INSEE et qui conduit à une population de 64 millions d'habitants en l'An 2000 le nombre de personnes par ménage baisse de 3 à 2,7 ce qui conduit à un nombre de ménages de 24 millions. En hypothèse générale nous ne supposons pas de modification de la durée de vie des produits. Certains scénarios bas en énergie sont obtenus en doublant cette durée de vie. Mais pour les années à venir la simple stabilisation de cette durée semble être une hypothèse optimiste si l'on observe le comportement des producteurs.

Sur le passé on dispose d'informations détaillées. En particulier l'INSEE a publié une étude sur la consommation des ménages où l'on trouve des séries statistiques, en volume et valeur, par fonction et par produit depuis 1959.

On a constitué à partir de ces informations et d'idées sur les parcs futurs le taux de croissance moyen entre 1970 et 2000.

- Pour l'automobile, une étude a été faite à l'horizon 1990 par l'INSEE sur la durée de vie, qui est évaluée à 10 ans environ. Le parc est estimé à 24 millions de véhicules en l'an 2000. La production correspondant alors au renouvellement de ce parc, ajoutée à une croissance proportionnelle à la démographie, conduit, en supposant que les ventes de pièces détachées évoluent semblablement, à une croissance moyenne de 2,2 % par an sur 1970-2000 ce qui marque un net ralentissement.

- La croissance des produits de l'industrie alimentaire est prise égale à 2 %. C'était déjà un secteur faible dans le passé. Seules les branches des conserves alimentaires et des produits alimentaires divers dont l'activité n'est pas liée à la quantité totale d'aliments consommés connaissent une croissance plus grande (4 ou 6 %).

- Dans les produits dont la demande croîtra faiblement on classe également :

- . Le textile et l'habillement dont le ralentissement est déjà observable
- . L'édition qui depuis 10 ans est en stagnation
- . Les pneumatiques qui suivent le ralentissement automobile.

conservent une croissance moyenne (4 à 5 %) :

- . Le verre, les produits d'entretien, la quincaillerie, le papier à usage domestique, (produits courants où n'apparaît pas de saturation)
- . L'ameublement dont la tendance spontanée est une demande forte freinée par l'augmentation du prix relatif.
- . Les appareils électroménagers malgré une croissance antérieure très forte (11 %), pour lesquels l'estimation a été faite à partir d'un parc saturé en réfrigérateurs et lave-linge, 75 % d'équipement continuant à croître pour le lave-vaisselle et 40 % d'équipement (saturation) pour le congélateur (voir détails dans la partie consommation du secteur domestique).

Les principaux secteurs à croissance forte sont :

- . Les produits pharmaceutiques du fait même des taux actuels (12 %) qui excluent un ralentissement total dans un domaine où la demande peut être stimulée.
- . Les produits électriques et électroniques où des équipements nouveaux (magnétoscope, télécommunications, informatique domestique) peuvent se développer et où l'abaissement du prix relatif des produits est un facteur favorable.

- . Les produits de la transformation des plastiques au niveau de la consommation en bien non durables.

- b - La demande du BTP (en produits industriels)

En ce qui concerne le secteur du logement, toutes les études font apparaître un ralentissement résultant de la moindre expansion démographique par rapport à la période 1960-1970 et à l'achèvement du rattrapage qui était nécessaire. Le secteur du BTP doit d'ailleurs voir ses effectifs baisser.

Dans une étude de l'INSEE pour 1990 qui intègre la demande spontanée des ménages et leurs possibilités financières on constate un ralentissement rapide puis une certaine stabilisation. On peut en déduire en l'an 2000 un niveau d'environ 350 000 logements par an équivalents à ceux qui sont construits actuellement (s'il y a augmentation de volume ou de qualité ce chiffre devrait baisser).

Cela correspond au niveau de 1970. La croissance moyenne serait donc nulle.

Pour le reste du BTP (immeubles de bureaux, équipement routier, génie civil industriel...) on considère une croissance de 4 %.

La pondération entre le logement et le reste est faite au prorata de la masse de matériaux de construction consommés. Au total on aboutit à une croissance de 1,3 %.

- c - La demande agricole

Une croissance des produits industriels consommés est encore possible, en particulier pour les engrais. On considère une augmentation de 50 % soit 1 % par an sur 1970-2000.

- d - La demande tertiaire (et transports, et administration)

On a supposé une croissance de 3 % des produits consommés en général, Les exceptions sont :

- . Les produits pharmaceutiques qui transitent par les services de santé vers les ménages. Ils croissent comme pour les ménages.
- . Les produits de la mécanique avec des taux de l'ordre de 5 %
- . L'armement qui garde une croissance forte (8 %)
- . L'équipement électronique (9 %)
- . L'édition qui stagne.

- e - L'investissement (FBCF)

Il concerne les industries mécaniques. Les informations sur le passé sont extraites de la comptabilité nationale. Une réduction générale doit découler du ralentissement d'environ 1/3 de la croissance industrielle.

En particulier la croissance même des années passées en tonnage de machines outils achetées était nulle.

On conservera cette croissance nulle.

La mécanique générale aura une croissance faible (2,5 %).

Les machines spécialisées industrielles et de travaux publics ont comme dans le passé une croissance plus rapide ( $\approx 5\%$ ). Notamment les matériels thermiques d'économie d'énergie concernent cette branche.

Les machines de bureau croissent à  $8\%$ .

L'électronique professionnelle croit à  $10\%$  (contre  $17\%$  pour le passé)

- f - Synthèse

L'addition des demandes intérieures donne les croissances qui figurent au tableau II 1.

On peut constater que le total de la demande intérieure croit à  $4\%$ . Pour la comparaison de ce chiffre avec les idées que l'on peut avoir sur la croissance il faut noter plusieurs points :

- Dans le passé, la croissance de la PIB industrielle qui doit être voisine de la croissance de demande finale en produits industriels était d'environ un point plus élevée que la croissance totale.
- La croissance indiquée est une croissance à prix constants. La disparité des évolutions des prix industriels peut faire que la croissance de chaque année, évaluée aux prix de l'année précédente soit différente pour les années lointaines.

Les valeurs obtenues paraissent compatibles avec une hypothèse de croissance générale de l'ordre de  $3,5\%$ :

Si l'on veut analyser la répartition par branches, on peut classer les demandes finales intérieures des différents produits industriels en quatre groupes selon leur croissance à long terme (Figure II. 2)

- La demande en stagnation ( $c \leq 1,5\%$ ) (c : Taux de croissance)

- . métaux et produits de leur première transformation
- . matériaux de construction
- . chimie minérale
- . machines-outils
- . construction navale
- . pain

- demande moyenne ou faible ( $1,5 < c \leq 4\%$ )

- . verre
- . chimie organique et parachimie
- . mécanique générale et machines agricoles
- . matériel électrique
- . automobiles et matériel ferroviaire, pneumatiques,
- . industries alimentaires sauf pain et conserves
- . textiles, cuir, habillement
- . bois
- . papier

- Demande forte ( $4\% < c \leq 6\%$ )

- . matériel d'équipement industriel
- . électroménager, ameublement
- . matériel de précision
- . conserves alimentaires
- . chaussures
- . plastiques et divers

- Demande très forte ( $6\% < c \leq 10\%$ )

- . pharmacie
- . armement
- . machines de bureau
- . électronique
- . aéronautique

On peut d'autre part comparer la croissance à long terme à la croissance 70-73. La tendance moyenne est une réduction d'un tiers de la croissance. Par rapport à cette moyenne on peut distinguer cinq groupe (Figure II.2)

--)- Abattement nettement plus important de la croissance de la demande

- . machines outils;
- . construction navale

-)- Abattement normal :

- . acier
- . verre
- . chimie organique, parachimie, pharmacie,
- . mécanique générale et équipement industriel
- . matériel électronique et électrique
- . alimentaire sauf conserves et grains
- . textiles et habillement
- . bois
- . papier et édition
- . pneumatiques, plastiques et divers

(+) - Demandes soutenues, (abattement plus faible)

- . métaux non ferreux
- . matériel ferroviaire
- . matériel de précision
- . conserves alimentaires
- . chaussures

(++) - Demandes très soutenues

- . armement
- . aéronautique

Notons pour conclure que le scénario de demandes finales obtenu n'a que l'ambition d'être détaillé et non invraisemblable. Que la croissance moyenne obtenue soit compatible avec les chiffres généralement avancés montre d'autre part qu'il n'y a pas de grand déséquilibre implicite dans ce scénario, mais ne peut donner les mêmes garanties qu'un modèle macroéconomique complet.

### 2<sub>3</sub> Prévision de consommations spécifiques

Il est certain que l'amélioration des consommations spécifiques industrielles qui entre 1960 et 1973 a été de l'ordre de 1,5 % par an était liée à des transformations qui actuellement s'achèvent. D'abord ce fut une phase d'importante concentration industrielle et il y a pour l'énergie comme pour le reste en effet d'échelle favorable. En même temps les équipements se modernisaient et le fuel s'est substitué au charbon. Or même si il n'y a pas de raison fatale à un moins bon rendement du charbon il est de fait que les chaudières à fuel sont plus facilement modulables et supportent des réglages imprécis avec une moindre dégradation de rendement (excès d'air non préjudiciable). Cela a d'ailleurs conduit à placer la France en tête pour le rendement

de l'énergie de l'industrie. On peut donc penser que, s'il n'y avait pas eu de problèmes nouveaux de l'énergie cette amélioration technique se serait ralentie voire stoppée.

L'effet de la hausse des prix sur l'optimisation investissement-dépenses énergétiques, associé à une politique d'incitation, doit maintenant permettre de poursuivre ces améliorations.

Il est difficile de prévoir cet effet sans connaître les prix futurs de l'énergie et l'importance de l'effort qui sera fait. Ce que nous avons essayé de faire est de prolonger la tendance actuelle c'est-à-dire un **changement** notable mais inférieur à ce qu'il pourrait être en situation énergétique dramatique. Cela signifie par exemple que les techniques nouvelles s'implantent lors des renouvellements d'équipements mais normalement ne les provoquent pas. De plus nous supposons que la plupart des techniques industriellement utilisées en l'an 2000 sont déjà connues.

Une vingtaine d'années est sans doute l'ordre de grandeur du temps qu'il faut pour que la moyenne des équipements rejoigne les performances des meilleurs de l'instant initial.

Parmi les phénomènes marquant les évolutions de consommations spécifiques dans les prochaines années on peut noter :

- l'amélioration des techniques de séchage (pompes à chaleur notamment) et dans certains cas réduction de cette consommation par remplacement d'une filière à solvant par une filière sèche pour l'élaboration d'un produit.

- La production combinée de chaleur et d'électricité qui réduit de moitié la quantité d'énergie nécessaire à la production d'un kWh.

- La suppression des ruptures dans les processus de fabrication qui entraînent toujours des surconsommations (réchauffage, séchage) ; par exemple la coulée continue pour les aciéries, l'intégration des fabrications de pâte et de papier.

- La pénétration de l'électricité dans les cas où l'amélioration de rendement est évidente (chauffage à induction).

- Le recyclage des matières, puisque l'énergie requise pour la récupération est en générale inférieure à l'énergie d'une élaboration totale.

Un phénomène inverse qui a déjà marqué le passé et risque de se poursuivre est l'augmentation de consommation d'électricité spécifique (usages mécaniques). De plus pour des usages thermiques la facilité d'exploitation de l'électricité peut entraîner son développement même dans les cas où le rendement énergétique total est inférieur à celui des combustibles.

Notons aussi que certains procédés destinés à réduire la pollution peuvent entraîner des surconsommations d'énergie.

L'estimation d'un pourcentage de réduction de consommation a été faite branche par branche avec comme principales sources :

- Des études techniques faites par le CEREN sur le moyen terme,
- la documentation de l'A.E.E et en particulier les informations retenues lors de la conclusion des accords sectoriels où la branche industrielle signataire s'engage à un taux de réduction à moyen terme (1980).

- Les données recueillies dans l'étude de l'IEJE concernant les différentes filières pouvant se développer pour les industries grosses consommatrices d'énergie.

La valeur des taux retenus est indiquée au tableau II 1.

Ces valeurs appellent des commentaires spécifiques.

- Pour la sidérurgie (-15 % pour 10, - 19% pour 11) des économies importantes sont difficiles dans la mise au mille des hauts-fourneaux. Des progrès peuvent être fait dans la réutilisation des gaz de haut-fourneau et pour l'aciérie dans les développement des coulées continues. Les taux indiqués restent forts si l'on ne suppose pas d'augmentation du taux de ferrailles recyclées (au four électrique).

- Pour les industries extractives l'amélioration sur les combustibles est compensée en partie par une augmentation de l'électricité. Au total la réduction est de 15 %.

- Pour l'aluminium peu d'améliorations sont à espérer. De plus la production d'aluminium à partir d'argiles au lieu de bauxite entraînera des surconsommations.

Nous avons supposé une réduction de 20 % résultant principalement de l'augmentation du recyclage. Pour les ferroalliages nous ne comptons pas d'économie.

- Pour le ciment, la généralisation de la voie sèche et l'augmentation du taux d'ajouts conduit à une économie de 40 % (C'est une des branches à améliorations les plus nettes). Des valeurs moins fortes sur les tuiles, briques (25%) et réfractaires donnent une moyenne de 32 % pour la branche 15.

- Pour le verre de nets progrès sont possibles (récupération de la chaleur des fumées - Float pour le verre plat). Déjà entre 1970 et 1974 il y a eu une amélioration de l'ordre de 10 %. La dispersion entre performances des fours anciens et modernes est encore très forte.

On a retenu une amélioration de 38 % entre 1970 et 2000.

- La chimie nécessiterait une étude détaillée difficile à effectuer. Nous avons supposé une économie de 20 % en chimie minérale (10 % d'économie sur le chlore par généralisation de l'électrolyse au diaphragme - production combinée chaleur-électricité-améliorations diverses sur la production et distribution de vapeur) et 15 % en chimie organique.

- Pour la mécanique nous avons retenu un taux de 35 %. Ce chiffre peut paraître élevé, il nécessite des incitations particulières dans la mesure où l'énergie n'est pas une part importante des coûts de fabrication pour ces branches. L'importance de la part de chauffage des locaux doit rendre attentif au fait que des améliorations sont possibles dans ce domaine. En dehors de cela des perfectionnements divers sont réalisables (récupération, rendement des chaudières...) qui doivent conduire à une réduction importante des besoins thermiques.

L'utilisation d'électricité spécifique sera elle stable.

On peut noter l'importance de la réduction 1973-1980 (20 %) à laquelle s'est engagée la FIMTM dans son accord sectoriel.

- Pour le papier l'intégration et la combustion des déchets avec production combinée (l'industrie du papier devrait atteindre l'autonomie en électricité) permettent des économies importantes. Le recyclage des vieux papiers, limité techniquement (un taux maximal de pâte de récupération existe)

n'est de plus pas énergétiquement très rentable.

Nous retiendrons un taux moyen de 30 % d'économie d'énergie

- Pour les industries agroalimentaires les consommations de séchage peuvent être réduites de 30 % (séchage fractionné, pompes à chaleur...)

- Pour les autres industries on considère un taux moyen de 20 % légèrement modulé selon l'importance de l'électricité spécifique.

Ces améliorations de consommations spécifiques ont été ensuite réinjectées dans la matrice (Cf. partie II) pour obtenir leur effet sur les contenus énergétiques (c'est-à-dire que les économies de chaque branche sont reventilées sur les différents produits). La réduction de contenu énergétique produit par produit est reproduite au tableau II.1.

#### 2.4 Conclusions sur la prévision de consommation du secteur industriel.

Le contenu énergétique de la demande intérieure est calculé en multipliant les demandes évaluées au  $2_2$  par les contenus évalués au  $2_3$

Le total, détaillé au tableau II.1 est de 111,9 M Tep. Le contenu énergétique moyen de la demande intérieure est de 0,114 Tep/F<sub>70</sub> (contre 0,165 en 1970). On peut décomposer cette réduction en deux effets :

- Un effet d'amélioration de consommation spécifique obtenu comme différence entre les demandes finales 2000 affectées des contenus énergétiques 1970 et le contenu réel en 2000. La réduction moyenne est de 22,5 % .

- Un effet de structure. La répartition des demandes finales est marquée par une plus forte part de produits à faible contenu énergétique. Il y a donc une réduction du contenu moyen, non technique, résultant de la forme de la demande finale. Cette réduction est de 11,5 %.

Pour la variation de stock nous ajouterons en énergie 3,5 % de la demande intérieure, soit 3,9 M Tep.

Pour les importations et exportations nous supposons d'abord que le commerce extérieur industriel doit devenir excédentaire pour payer le surcoût du pétrole par rapport à 1970. En prenant les hypothèses d'une importation de 120 MT à 400 F la tonne (en francs 70), d'une proportion des deux tiers du surcoût payée par des produits industriels, et d'un contenu moyen de l'exportation supplémentaire égal à celui de l'automobile, la consommation correspondant à cet excédent industriel est de 4 M Tep.

Pour le reste des échanges nous supposons comme indiqué précédemment qu'à l'équilibre en francs correspond un équilibre en énergie contenue.

Le total de la consommation de l'industrie (hors usines d'enrichissement que nous ne prendrons pas en compte ici car elles font partie de la filière énergétique) est donc de 120 M Tep.

La croissance totale compte tenu de l'excédent d'exportation est de 4,1 %.

Si a posteriori on analyse ce résultat en élasticité, l'élasticité du secteur industriel est de 0,65, un peu inférieure à celle du passé.

Compte tenu du caractère pessimiste (en énergie) des hypothèses retenues, cette valeur est plutôt un majorant . Cela signifie donc que l'effort raisonnable d'économie d'énergie prévu associé à une évolution favorable de la structure

de demande, prend le relais de la modernisation accélérée des années soixante pour assurer un bas niveau d'élasticité.

### 3- Consommation du secteur BTP

La consommation directe du BTP que nous n'avons pas incluse dans la consommation industrielle doit être prise en compte. En supposant qu'elle varie comme l'activité du secteur elle passera de 4 M Tep en 1970 à 6 MTep en l'an 2000.

### 4- Consommation domestique

#### 4<sub>1</sub> Le chauffage

Deux phénomènes principaux marquent l'évolution future des consommations domestiques de chauffage :

- l'équipement progressif des logements en chauffages centraux. En 1975 le taux d'équipement était de l'ordre de 55 %. Les logements équipés en appareils de chauffage divisés sont le plus souvent très peu chauffés et ont une consommation faible.

C'est un facteur de hausse sensible.

- L'isolation réglementaire des logements construits entre 1975 et 2000 dont une partie remplace des logements anciens, réduit fortement la consommation spécifique par logement. Cette évolution peut d'ailleurs encore s'améliorer d'ici l'an 2000 si par exemple tous les logements adoptent l'isolation du tout électrique.

Pour calculer la consommation résultant de ces deux facteurs, toutes choses égales par ailleurs, on considère :

- que les 9,5 M de logements déjà équipés en chauffage central ne sont pas détruits,

- que 9 M de logements neufs sont construits entre 1975 et 2000,

- qu'il subsiste 5,5 M de logements anciens non équipés en C.C. en 1975, pour donner un total de 24 M de logements. 75 % de cet ensemble est supposé équipé en C.C. d'ici 2000.

Les consommations correspondant à ces trois groupes sont les suivantes :

- 18,5 MTep pour les existants non modifiés,

- 12,6 MTep pour les logements neufs en supposant que un tiers sont des maisons individuelles à 2,0 Tep / An et deux tiers des appartements à 1,1 Tep / An.

- 9,1 MTep pour les anciens non équipés en 1975 à raison de 1,9 Tep / An (Moyenne individuel et collectif) pour les rééquipés, 0,9 Tep / An pour les non équipés.

Sur la consommation théorique de 40,2 M Tep: ainsi obtenue il faut faire les corrections suivantes :

- Augmentation du volume des logements neufs de 10 % en moyenne  
→ + 3,5 % sur la consommation totale,

- Amélioration de la régulation et baisse de 1° de la Température de chauffage → - 12 %,

- Réisolation de logements anciens, isolation poussée du neuf, → - 10 %.

La consommation est alors de 33 MTep, soit 1,37 Tep par logement (à comparer au 1,5 de 1975).

Reste le problème des sources d'énergie utilisées ; une évolution dans la répartition entre sources peut modifier l'efficacité moyenne, donc la consommation. On considèrera que tous les combustibles, la pompe à chaleur, et l'énergie solaire (que l'on intègre au bilan énergétique prévisionnel) ont une efficacité sensiblement équivalente. Pour le chauffage tout électrique, on supposera une surconsommation de 0,7 Tep / (An x Logement) et un nombre de 3 millions de logements en L'an 2000 (35 % des logements neufs ou l'équivalent).

Il est en effet vraisemblable qu'à l'avenir la différence d'isolation entre logements tout électriques et les autres s'atténuera.

On retient donc en définitive une valeur de 35 MTep pour la consommation de chauffage domestique. Il reste cependant clair qu'en cas de difficultés énergétiques importantes ce poste de consommation pourrait être encore réduit, soit par le simple effet de la dépense qu'il représente pour les ménages, soit par des mesures réglementaires ou d'incitation pour les limitations de température ou les travaux d'isolation.

Réduire la consommation à 29 MTep (1,2 Tep/Logement) n'est pas inaccessible.

En ce qui concerne le chauffage des résidences secondaires occupées partiellement, la consommation est intégrée sans qu'on puisse la différencier dans les chiffres actuels que l'on a extrapolés. Il n'y a donc pas lieu de prendre en compte un montant supplémentaire.

#### 4<sub>2</sub> Eau chaude sanitaire

La consommation actuelle est de l'ordre de 800 Thermies par an et par personne. On suppose que ce besoin passera à 1 200 Thermies en l'an 2000 c'est-à-dire que la consommation moyenne rejoindra celle qui existe actuellement pour les ménages à revenu élevé.

Là encore il est nécessaire d'évaluer la répartition combustibles-électricité pour chiffrer la consommation totale. On suppose :

- Que tous les logements à chauffage électrique ont un chauffe-eau électrique,

- que deux tiers (contre 54 % actuellement) des chauffages centraux à combustible fournissent l'eau chaude,

- que pour les équipements indépendants la moitié est électrique (contre 40 % actuellement).

Cela conduit à 6,5 millions de chauffe-eau électriques, qui alimentent 16 millions de personnes.

On obtient une consommation de 9 MTep (contre 4,4 en 1975).

#### 4 Cuisson

3

La consommation type actuelle d'un appareil de cuisson indépendant (non lié à un système de chauffage) est selon les estimations de l'ordre de 900 à 1 200 thermies pour le gaz, 900 à 1 200 kWh pour l'électricité. Un four électrique utilise pour sa montée en température et un maintien d'une heure à 200° C environ 1,5 kWh. On constate donc que les chiffres donnés correspondent à une utilisation importante qui ne doit pas s'accroître.

Un facteur d'augmentation des consommations pourrait être le développement des fours à pyrolyse. Cependant la surisolation des appareils à pyrolyse fait économiser sur la consommation de cuisson de quoi faire plus d'un nettoyage par semaine. Les réductions possibles résulteront d'une amélioration de l'isolation et également d'une moindre utilisation (nombre de personnes par ménage plus faible).

On retient une valeur moyenne de 1000 thermies ou 900 kWh pour l'an 2000 et un parc à moitié électrique, soit une consommation de 3,6 MTep (contre 2,4 en 1975).

Notons que vraisemblablement un début de développement des fours à microondes ne modifierait pas sensiblement la consommation des ménages en l'an 2000.

#### 4<sub>4</sub> Appareils électroménagers

Les hypothèses sensibles pour la prévision de consommation des appareils électroménagers sont principalement les améliorations techniques éventuellement importantes et l'évolution en parc des appareils "nouveaux" : congélateur et lave vaisselle.

##### a) Les appareils électroménagers à froid.

On considérera un équipement à 100 % en réfrigérateurs, pouvant couvrir quelques cas d'équipement multiple.

Pour les congélateurs le niveau de saturation est l'objet d'opinions très dispersées, en particulier pour l'équipement en zone urbaine où conjointement l'utilité et la place disponible sont moindres.

Nous supposons un taux d'équipement de 40 % pour les congélateurs indépendants et de 40 % pour des compartiments congélateurs intégrés aux réfrigérateurs.

Ceci conduit à un parc de :

réfrigérateurs-simples :	14,4 M
réfrigérateurs-congélateur :	9,6 M
congélateurs :	9,6 M

Pour l'ensemble de ces appareils un progrès technique notable est possible tant en isolation qu'en compresseurs. Le simple fait de ramener la moyenne du parc actuel au niveau des appareils les plus performants amènerait une économie de 25 %. Les progrès complémentaires doivent élever l'amélioration moyenne à 40 %, compensée en partie par une augmentation de volume des réfrigérateurs. On retient :

250 kWh/An pour le réfrigérateur simple	(contre 290 en 1975)
500 kWh/An pour le réfrigérateur congélateur	(contre 750 en 1975)
600 kWh/An pour le congélateur	(contre 800 en 1975)

D'où une consommation de 14 TWh ou 3,1 Mtep.

#### b) Appareils de lavage

Les machines à laver le linge ou la vaisselle ont des consommations types similaires : 2,5 à 3,5 kWh par lavage long. Les principales améliorations techniques possibles sont : une réduction des températures permise par des nouvelles poudres à laver (ou par les textiles synthétiques pour le linge) et une alimentation directe en eau chaude sanitaire. Sur ce dernier point il est clair que la production centralisée d'eau chaude a un meilleur rendement que sa fabrication par la machine ; de plus elle évite d'utiliser systématiquement l'électricité avec son surcoût énergétique. L'inconvénient est qu'il faut un double raccordement eau froide-eau chaude. De tels appareils existent à l'étranger. Nous supposons que 20 % des appareils seront de ce type en l'an 2000.

Pour le lavage du linge il se produira très certainement un ralentissement de consommation. En effet actuellement les machines fonctionnent en moyenne au taux de 3 à 4 lessives "bouillantes" par semaine. Or les lessives à 60° et 35° consomment environ 60 % et 30 % de l'énergie d'une bouillante. Nous retiendrons une moyenne de une lessive 60° par personne et par semaine ou l'équivalent, soit compte tenu des autres améliorations environ 70 kWh par an et par personne.

Pour le lave-vaisselle nous supposons un taux d'équipement de 75 % d'une moyenne de une vaisselle par jour à 2 kWh.

Au total les machines à laver consommeront donc 16,5 TWh ou 3,6 Mtep.

#### c) Télévision

Le développement des téléviseurs couleurs a pu faire croire à une augmentation de consommation. Mais les appareils récents (1977) ont vu leur puissance ramenée de 300 W à 175 W environ, soit à peine plus que les noir-et-blanc anciens.

Nous supposons une écoute de 1000 heures par an et par ménage et une puissance moyenne de 160 W soit une consommation de 3,8 TWh ou 0,85 Mtep. Remarquons qu'il devient presque inutile de dissocier le téléviseur des usages divers et éclairage (un éclairage d'ambiance consomme autant que la téléviseur).

#### d) Eclairage et divers

La consommation annuelle par logement sera prise égale à 300 kWh (contre 250 en 1975) correspondant à une amélioration de l'éclairage compensée par des progrès techniques.

Les consommations diverses (électroacoustique, bricolage, repassage, petit électroménager, ascenseurs) seront estimées à 0,5 kWh par jour ou 180 kWh par an et par ménage.

Au total éclairage et divers donnent 11,5 TWh ou 2,5 Mtep.

#### e) Appareils nouveaux

Il est possible qu'apparaissent de nouveaux appareils ménagers. On ne retiendra pas de besoin de climatisation à cause de son coût et de sa faible utilité dans nos régions (de plus si elle se fait au moyen de pompes à chaleurs réversibles la surconsommation peut se récupérer par économie sur le chauffage).

On prendra néanmoins une consommation pour usage nouveau de 250 kWh par an, qui pourrait correspondre par exemple à la généralisation des sèche-linge électriques. D'où 6 TWh ou 1,3 MTep.

#### f) Total

La consommation d'électricité spécifique est donc estimée à 53 TWh ou 11,3 MTep. La valeur correspondante en 1976 était de 24 TWh, le taux moyen de croissance 1976-2000 est donc de 3,4 % ce qui marque un très net changement de tendance par rapport aux 12 % actuel.

#### 4<sub>5</sub> Total Domestique

L'addition des différents postes étudiés indique une consommation de 59 MTep en l'an 2000 (contre 39 en 1975) soit 0,92 Tep par personne (contre 0,74).

#### 5- Consommation tertiaire

La consommation de ce secteur était de 16 MTep en 1976 dont deux tiers couvrant des besoins thermiques semblables à ceux du domestique (chauffage, cuisine, eau chaude).

Il est alors logique de prévoir la consommation plus par l'effectif du secteur que par sa valeur ajoutée. Le rythme élevé actuel d'augmentation de ces effectifs, 200 000 personnes en plus par an, peut se maintenir en absorbant le surplus de population active; une légère augmentation des effectifs industriels étant obtenue par la diminution agricole (- 1 million) et du BTP. Ceci conduit à un passage des effectifs tertiaires de 11 à 16 millions entre 1975 et 2000.

L'analyse des consommations de ce secteur est actuellement très peu avancée. Néanmoins un accord se fait pour estimer que la consommation en électricité spécifique (éclairage, machines de bureau...) est particulièrement faible. Nous supposons :

- Que la surface moyenne par employé n'évolue pas,
- Que la consommation d'électricité spécifique par m<sup>2</sup> de bureau double d'ici l'an 2000.

- Que la consommation de chauffage pour un volume donné diminue.

En effet, les chaleurs gratuites augmentent avec la consommation d'électricité spécifique ; de plus des améliorations sur les locaux neufs et une réduction des températures de chauffe sont possible. En sens inverse le développement du chauffage électrique et de la climatisation peuvent créer une surconsommation. On retiendra une diminution de 20 %.

La consommation qui en résulte est de 28 MTep.

#### 6- Secteur agricole

En dehors de la consommation domestique dans les fermes et de la consommation de l'industrie agroalimentaire, le secteur agricole a une consommation propre constituée principalement du carburant pour machines agricoles. Dans les dernières années cette consommation a oscillé entre 2,5 et 3 MTep sans tendance moyenne à la hausse. Compte tenu du développement possible de certaines installations (séchage, conservation froide...) nous retiendrons une valeur de 6 MTep.

## 7- Consommation du secteur transport

### 7<sub>1</sub> Véhicules individuels

L'évolution de la consommation des automobiles connaîtra un net changement de tendance par rapport aux croissances passées (+ 9 % par an) résultant d'une part de l'apparition d'une saturation sur le parc et d'autre part de progrès techniques stimulés par la hausse des prix du carburant.

En ce qui concerne le parc les estimations d'un niveau de saturation pour les ménages varient entre 0,9 et 1,1 véhicule par ménage.

Nous retiendrons un taux de 1 (qui prend en compte les cas de double équipement). Si l'on ajoute les véhicules commerciaux on obtient une estimation du parc de 27 millions de véhicules (contre 15,5 en 1975).

Le parcours moyen d'un véhicule était de 12 500 km par an en 1975. Plusieurs facteurs limitent l'augmentation possible de ce kilométrage :

- pour l'utilisation urbaine la saturation des infrastructures, susceptible de peu d'évolution, et la limitation naturelle par le temps passé journalièrement dans un véhicule doivent entraîner une stagnation.

- Pour les déplacements interurbains, la hausse du prix du carburant peut conduire à des réductions de kilométrage moyen, par exemple par augmentation du taux de remplissage des véhicules sur longs parcours.

Le principal facteur d'augmentation est le développement des autoroutes. Nous estimons également qu'un transfert important vers le déplacement en train n'est pas probable, compte tenu des équipements qu'il nécessiterait pour répondre aux besoins de pointe.

Au total nous retiendrons un parcours moyen de 15 000 km.

La consommation kilométrique peut diminuer notablement, tant par la conception des véhicules (masse, aérodynamisme, conception des moteurs orientée vers l'économie, carburation électronique) que par un effort à l'utilisation (style de conduite et soins apportés à l'entretien).

Notons que le rapport Deutsh a conclu à la possibilité d'une réduction de 20 % par des techniques connues et à l'éventualité et une nouvelle réduction de 20 % résultant d'un plan de recherches..

Notons que dès maintenant des modèles moins consommateurs apparaissent chez les fabricants.

Nous retiendrons une réduction de 40 % d'ici l'an 2000 pour arriver à une consommation de 4 kg/100 km.

La consommation totale des véhicules individuels est alors de 16,2 MTep de carburants. Par rapport à la consommation de 1975 (12,5 MT), l'augmentation n'est que de 1 % par an en moyenne.

### 7<sub>2</sub> Transport routier de marchandises.

La consommation 1975 des camions et camionnettes était de 8,2 MTep. Nous supposons une augmentation du trafic de l'ordre de celle de la PIB soit 3,5 % par an, et une réduction de 30 % des consommations spécifiques, ce qui conduit à une valeur de 13,6 MTep.

### 7<sub>3</sub> Transport aérien

Nous conservons une croissance forte (6 % par an) du trafic voyageurs aérien (affaires principalement), ce qui multiplie le trafic par 4,3 d'ici l'an 2000. La consommation spécifique doit s'améliorer par évolution des techniques et de la taille des avions, pour une valeur totale que nous estimons à 20 %.

La consommation qui en résulte est de 6,7 MTep.

### 7<sub>4</sub> Transport maritime

Une augmentation de 3 % du trafic général et une de 1 % du transport pétrolier conduisent à une consommation de 7 MTep (contre 4,7 en 75).

### 7<sub>5</sub> S. N. C. F.

La tendance passée d'augmentation de trafic voyageurs était de 2 % environ. Nous supposons une dérive vers 3 %, soit un doublement entre 1975 et 2000 (hypothèse forte), un même taux de 3 % pour les marchandises et une réduction de 10 % de la consommation spécifique (plus forte en général mais compensée par l'apparition du TGV). La consommation est alors de 3,2 MTep.

### 7<sub>6</sub> Divers (métro, autocars, motocycles...)

On prendra comme majorant un doublement des consommations diverses qui passent de 1,5 à 3 MTep.

### 7<sub>7</sub> Total transports

L'addition des postes précédents amène à une consommation de 50 MTep (contre 32 en 1975). La croissance est ramenée de 5 à 2 % par an.

## 8 - Synthèse

Nous récapitulerons ici les résultats obtenus :

	VALEUR	CROISSANCE MOYENNE 1970-2000
Industrie.....	120 MTep	} 2,4 %
B.T.P.....	6 MTep	
Résidentiel.....	59 MTep	1,7 % (sur 1975-2000)
Tertiaire.....	28 MTep	2,3 % (sur 1975-2000)
Agriculture.....	5 MTep	2,3 %
Transports.....	50 MTep	2,3 %
Secteur énergétique...	27 MTep	
TOTAL.....	295 MTep	2,2 %

Le dernier terme correspond aux pertes du secteur énergétique (pertes en raffinerie, pertes en lignes électriques...) évaluées à 10 % du total hors pertes.

L'élasticité de l'énergie totale par rapport à la PIB est alors de 0,65 en moyenne sur la période 1970-2000. L'élasticité 1 aurait donné 420 MTep.

Il faut ajouter que les hypothèses sur les économies d'énergie ont été particulièrement prudentes. Il convient alors de concevoir un scénario de rationalisation plus complète des choix énergétiques. Celui-ci n'a pas été reconstitué dans le détail. Cependant on peut évaluer les corrections suivantes :

- Economie de 15 % supplémentaires pour l'industrie, qui amène à une valeur totale moyenne de 34 %, chiffre qui est tout à fait réalisable d'après plusieurs experts.

- Réduction de 10 % sur le chauffage obtenue principalement grâce à un degré de réduction de plus.

- Limitation à 14 000 km (contre 15 000) du kilométrage des véhicules et 10 % d'économie supplémentaire sur les autres transports.

D'autre part les hypothèses non énergétiques du scénario de base sont en général élevées. Nous supposons donc un autre cas où :

- la population ne passe qu'à 58 millions de personnes et 21 millions de ménages.

- la croissance est réduite d'un point sur les produits industriels, un demi-point pour le reste, pour la période 1978-2000.

La combinaison de ces corrections donne 4 valeurs de consommations, approximativement :

	: croissance faible	: croissance forte
Tendance actuelle	S <sub>3</sub> 249	S <sub>4</sub> 295
Renforcement des économies d'énergie	S <sub>1</sub> 225	S <sub>2</sub> 260

Il faut remarquer que la nature de la prévision est différente selon les secteurs :

- Les consommations domestiques sont assez bien déterminées à politique donnée (peu d'incertitude sur le parc de logement) mais sont souples dans la mesure où le besoin de chauffage n'est pas défini dans l'absolu. Les consommations peuvent être réduites en cas de crise.

- Les consommations de transport sont bien déterminées. Seule une réduction très nette des déplacements pourrait les modifier ; cette réduction, possible conjoncturellement, est peu probable à long terme.

- La croissance des consommations industrielles est elle incertaine, puisque le niveau de croissance est mal connu, mais peu souple puisque les efforts d'économie d'énergie par les investissements ont des effets lents. C'est de plus dans le domaine de l'industrie que la relation service rendu (produit fabriqué) - consommation d'énergie paraît la plus rigide instantanément.

Confrontation à d'autres prévisions.

On peut dresser le tableau comparatif suivant :

	IEJE		CGP		Prévision Présentée cf. tableau précédent			
	Bas	Haut	Gris	Rose	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
Résidentiel Tertiaire et Agriculture	117	132	128	147	77	85	83	92
Transport	43	54	67	78	41	45	45	50
Industrie	66	149	107	135	87	107	99	126
Pertes	( 20 )	( 30 )	33	40	20	23	22	27
Total	( 246 )	( 365 )	335	400	225	260	249	295

Cette comparaison ne concerne que des scénarios récents et faibles et non les estimations anciennes (entre 350 et 500 Mtep).

On remarque une estimation plus faible de notre part du secteur domestique, résultant d'une analyse détaillée pour l'électricité spécifique et de l'hypothèse d'un effort de réduction de température de chauffe.

Ceci conduit à l'augmentation de la part de l'industrie qui passe de 33 à 43 % entre maintenant et l'an 2000.

Cela nous paraît être un point important à souligner. Alors que la croissance rapide des consommations dans le passé était due au secteur domestique, alors que les économies d'énergie constatées entre 1974 et 1977 concernaient principalement ce secteur, il est clair que le secteur déterminant pour les consommations futures est l'industrie qu'il convient de contrôler au niveau des investissements pouvant réduire les consommations, du choix des produits selon leurs contenus énergétiques ce qui nécessite un effort d'information de l'industrie et des particuliers, et enfin au niveau de recyclages éventuels. L'ensemble de ces mesures, qui ne nécessitent pas de "changement de société" comme un passage rapide aux énergies douces doit permettre de contrôler l'évolution des consommations et, conjointement au développement du plan nucléaire, de ne pas augmenter l'importation de combustibles fossiles.

- S01 : PRODUITS DE L'AGRICULTURE
- S02 : SYLVICULTURE ET EXPLOITATION FORESTIERE
- S041 : HOUILLE, LIGNITE ET AGGLOMERES
- S042 : COKEFICTION
- S051 : PETROLE BRUT
- S052 : GAZ NATUREL
- S053 : PRODUITS PETROLIERS RAFFINES
- S06 : ELECTRICITE DISTRIBUEE
- S07 : GAZ DISTRIBUE
- S08 : EAU ET CHAUFFAGE URBAIN

---

- S09 : MINERAI DE FER
- S10 : PRODUITS SIDERURGQUES
- S11 : PRODUITS DE LA 1ERE TRANSFORMATION DE L'ACIER
- S12 : MINERAIS NON FERREUX
- S13 : METAUX NON FERREUX ET DEMI-PRODUITS
- S14 : MINERAUX DIVERS
- S15 : MATERIAUX DE CONSTRUCTION
- S16 : PRODUITS DE L'INDUSTRIE DU VERRE
- S171 : PRODUITS DE LA CHIMIE MINERALE
- S172 : PRODUITS DE LA CHIMIE ORGANIQUE
- S18 : PRODUITS DE LA PARACHIMIE
- S19 : PRODUITS PHARMACEUTIQUES
- S20 : PRODUITS DES FONDERIES
- S21 : PRODUITS DU TRAVAIL DES METAUX
- S22 : MACHINES AGRICOLES
- S23 : MACHINES OUTILS
- S24 : EQUIPEMENT INDUSTRIEL
- S25 : MATERIEL MTPS
- S26 : MATERIEL D'ARMEMENT
- S27 : MACHINES DE BUREAU
- S28 : MATERIEL ELECTRIQUE
- S291 : MATERIEL ELECTRONIQUE PROFESSIONNEL
- S292 : MATERIEL ELECTRONIQUE MENAGER
- S30 : EQUIPEMENT MENAGER
- S311 : VEHICULES AUTOMOBILES
- S312 : MATERIEL FERROVIAIRE ROULANT
- S32 : PRODUITS DE LA CONSTRUCTION NAVALE
- S33 : PRODUITS DE LA CONSTRUCTION AERONAUTIQUE
- S34 : INSTRUMENTS ET MATERIEL DE PRECISION
- S35 : VIANDES ET CONSERVES DE VIANDE
- S36 : LAIT ET PRODUITS LAITIERES
- S37 : CONSERVES
- S38 : PAIN ET PATISSERIE
- S39 : PRODUITS DU TRAVAIL DU GRAIN
- S401 : CORPS GRAS ALIMENTAIRES
- S402 : SUCRE
- S403 : AUTRES PRODUITS ALIMENTAIRES
- S404 : BOISSONS ET ALCOOLS

- S42 : PRODUITS A BASE DE TABAC
- S43 : FILS ET FIBRES ARTIFICIELS ET SYNTHETIQUES
- S441 : FILS ET FILES
- S442 : PRODUITS DE LA BONNETERIE
- S443 : OUVRAGES EN FILES
- S451 : CUIRS ET PEAUX
- S452 : ARTICLES EN CUIR
- S46 : CHAUSSURES
- S47 : ARTICLES D'HABILLEMENT
- S48 : PRODUITS DU TRAVAIL DU BOIS
- S49 : HEURLES
- S50 : PAPIER, CARTON
- S51 : PRESSE, IMPRIMERIE, EDITION
- S52 : PNEUMATIQUES
- S53 : PRODUITS DE LA TRANSFORMATION DES MATIERES PLAST
- S54 : PRODUITS DES INDUSTRIES DIVERSES

---

- S55 : BATIMENT ET GENIE CIVIL
- S56 : PRODUITS DE LA RECUPEATION
- S57-4 : COMMERCES
- S65 : COMMERCE ET REPARATION AUTOMOBILE
- S66 : REPARATIONS DIVERSES
- S67 : SERVICE DES HOTELS, CAFES, RESTAURANTS
- S68 : TRANSPORTS FERROVIAIRES
- S691 : TRANSPORTS ROUTIERS DE MARCHANDISES
- S692 : AUTRES TRANSPORTS TERRESTRES
- S70 : NAVIGATION INTERIEURE
- S71 : TRANSPORTS MARITIMES
- S72 : TRANSPORTS AERIENS
- S73-4 : SERVICES AUXILIAIRES DE TRANSPORT
- S75 : SERVICES DE TELECOMMUNICATIONS
- S75-9 : SERVICES RENDUS PRINCIPALEMENT AUX ENTREPRISES
- S80 : LOCATION ET CREDIT-BAIL MOBILIER
- S811 : SERVICE DU LOGEMENT
- S812 : CREDIT-BAIL IMMOBILIER
- S82-3 : SERVICES D'ENSEIGNEMENT (MARCHANDS)
- S84 : SERVICES DE SANTE (MARCHANDS)
- S85-7 : AUTRES SERVICES MARCHANDS
- S88 : SERVICES D'ASSURANCES
- S89 : SERVICES DES ORGANISMES FINANCIERS
- S90-1 : SERVICES D'ADMINISTRATION GENERALE
- S92-3 : SERVICE D'ENSEIGNEMENT (NON MARCHAND)
- S94-8 : AUTRES SERVICES NON MARCHANDS
- S90-8 : SERVICES NON MARCHANDS
- S99 : CONSOMMATION INTERMEDIAIRE NON VENTILEE
- 00000 : TOTAL DE LA LIGNE OU DE LA COLONNE

II. O

TEI TABLE DES INTITULES LIGNE ET COLONNE

II.1	CROISSANCE				ENERGIE CONTENUE		CONTENU ENERGETIQUE 2000		CONSOMMA SPECIFIQ BAISSSE DEPUIS 1 %
	DEMANDE DES MENAGES		DEM. INTERIEURE		(1000 Tep)	du % total	Tep/1000F	BAISSSE DE- PUIS 1970%	
	1970-73	1970-2000	1970-73	1970-2000					
09						0			
10			2.0	1.6	2528	2.3	0.676	15	15
11			3.5	1.3	1495	1.3	.481	16	19
12					75	0.1	1.239	15	15
13			0	1.5	735	0.7	.419	20	21
14	1.3	3.2			176	0.2	.314	16	15
15	8.9	3.0	8.6	1.4	6389	5.7	.360	31	32
16	6.7	4.0	6.6	2.5	1107	1.0	.263	34	38
171			11.1	1.6	3907	3.5	.762	19	20
172			8.0	2.8	594	0.5	.570	15	15
18	7.7	4.0	7.7	3.3	4327	3.9	.198	17	20
19	11.6	7.2	10.8	7.0	7106	6.4	.141	18	20
20			0.7	0.7	444	0.4	.198	17	15
21	9.1	4.5	4.5	2.6	6154	5.5	.193	15	35
22			9.4	2.5	1404	1.3	.139	20	35
23			9.7	0.0	488	0.4	.149	21	35
24			7.4	5.7	11287	10.0	.133	20	35
25			8.3	4.8	3293	2.9	.136	19	35
26			1.9	8.0	1512	1.4	.076	22	35
27			23.4	8.0	1846	1.6	.037	22	20
28	-1.7	6.0	7.1	3.6	3898	3.5	.169	21	30
291			15.2	9.0	5434	4.9	.064	23	30
292	17.2	10.0	16.7	10.0	2919	2.6	.085	21	30
30	10.8	4.5	10.5	4.3	1330	1.2	.092	21	30
311	12.9	2.2	9.7	2.6	8379	7.5	.167	20	30
312			2.6	3.0	549	0.5	.189	17	30
32			20.7	1.1	532	0.5	.144	18	25
33			1.3	8.0	4598	4.1	.107	21	25
34	7.1	8.0	3.5	5.4	1866	1.7	.100	19	25
35	2.3	3.0	2.3	3.0	476	0.4	.006	27	20
36	2.9	2.0	3.2	2.0	977	0.9	.039	42	43
37	5.7	6.0	6.3	6.0	3022	2.7	.146	20	20
38	1.0	0.0	1.6	0.0	282	0.2	.034	32	20
39	4.8	4.0	10.2	2.5	961	0.9	.053	37	38
401	3.2	2.0	2.6	2.1	286	0.3	.067	32	34
402	1.6	2.0	2.6	2.0	481	0.4	.190	29	34
403	5.7	4.0	6.0	4.0	1404	1.3	.066	32	30
41	5.7	3.0	5.4	3.0	1261	1.1	.063	32	34
42	2.3	3.3	2.3	3.3	364	0.3	.023	17	15

3									
41	5.1	2.5	5.1	2.5	127	0.1	.160	26	34
42	4.5	2.5	4.5	2.5	789	0.7	.080	27	34
43	5.7	2.5	6.0	2.4	1230	1.1	.128	28	34
51					-	-			
52	9.1	2.0	8.9	2.1	224	0.2	.111	18	20
6	5.1	6.0	5.1	5.9	1832	1.6	.099	18	20
7	3.8	2.0	5.4	2.1	1701	1.5	.074	25	20
8			3.8	1.7	635	0.6	.058	23	25
9	16.7	5.0	15.0	5.0	2197	2.0	.092	22	30
0	0.3	5.0	8.6	3.3	2127	1.9	.222	28	30
1	1.3	2.0	3.2	0.9	1132	1.0	.070	26	20
2	3.8	2.0	2.3	1.9	1213	1.1	.207	17	18
3	14.2	7.0	12.1	5.7	2484	2.2	.213	16	18
4	11.6	5.0	11.6	4.9	2331	2.1	.101	20	20
T	5.7	3.8	6.9	4.0	111900	100.0	.114	22	22

FIGURE II. 2

CROISSANCE DES DEMANDES  
 FINALES INTERIEURES.  
 COMPARAISON (1970-1973) et (1970-2000)

CROISSANCE  
 1970-2000  
 par an

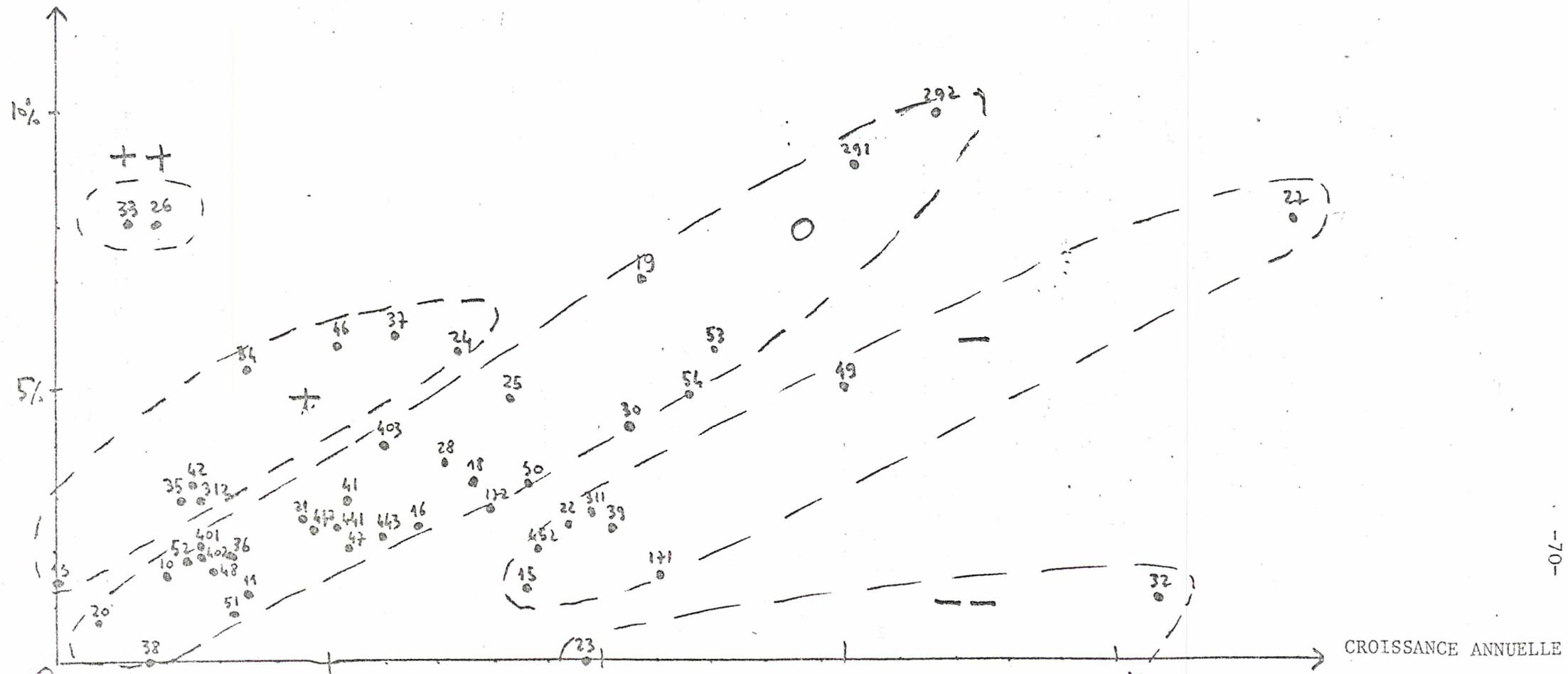
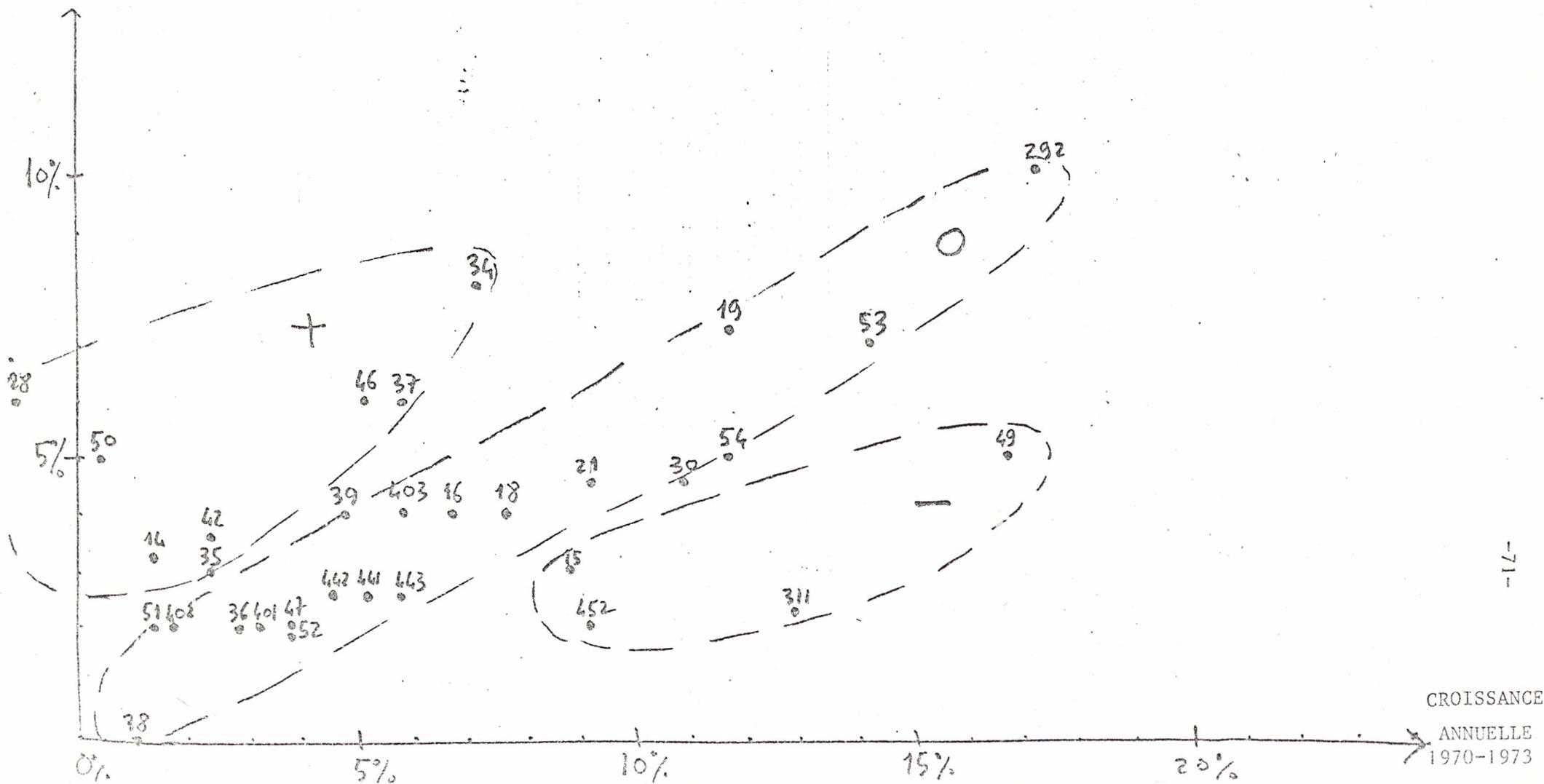


FIGURE II. 2 Bis

CROISSANCE DE LA DEMANDE  
DES MENAGES  
COMPARAISON (1970-1973) et (1970-2000)

CROISSANCE  
1970-2000  
par an





A N N E X E 1

L'information statistique en énergie -

1 - Information sur les livraisons

La qualité de l'information dépend essentiellement des formes d'énergie.

Pour l'électricité l'information sur la production et la distribution est connue par EDF même pour les producteurs et régies autonomes ou pour les autoproducteurs. On connaît également la répartition des consommations par niveau de tension et pour les consommations H.T. la répartition par secteur d'activité (dont 130 secteurs industriels) selon une nomenclature propre à EDF. En revanche le calcul et le suivi d'un prix moyen du Kwh par type d'utilisation est difficile puisqu'il dépend essentiellement de la structure horaire de la consommation. De plus les informations en francs et en Kwh pour les différents clients semblent être regroupées et traitées indépendamment. Il est difficile également de distinguer dans la consommation B.T. la partie qui n'est pas domestique (petits commerces...)

Pour les Combustibles Minéraux Solides on connaît précisément les livraisons à :

- EDF
- la Sidérurgie
- la SNCF

Pour la consommation de l'industrie hors sidérurgie on dispose d'une répartition en 13 Branches. De plus cette consommation ne représente que 4,6 M Tep en 1970 et 1,8 M Tep en 1976 donc occupe une faible place dans la consommation de l'industrie.

La consommation du résidentiel et du tertiaire n'est connue que globalement.

En ce qui concerne les différences livraisons-utilisations on connaît les variations de stock d'EDF, de la SNCF et de la Sidérurgie.

Pour le gaz les livraisons sur les réseaux sont faciles à comptabiliser. On dispose d'une répartition des ventes en usages domestiques -usages commerciaux- production d'électricité et 14 branches industrielles.

La comparaison de chiffres d'origines différentes est rendue difficile par l'existence de gaz de hauts fourneaux et des gaz de raffineries qui sont utilisés en partie sur les installation où ils sont produits et pour lesquels il faut assurer la cohérence avec les comptes de l'énergie d'origine (coke, pétrole).

Pour les produits pétroliers l'incertitude est très supérieure. En effet si les stocks et livraisons à l'importation ou au départ des raffineries sont connus de l'administration, les produits qui transitent par des distributeurs indépendants ne peuvent pas être ventilés. Pour le fuel lourd la taxe parafiscale a rendu nécessaire un système de déclarations des livraisons. Pour le fuel domestique seules des estimations sont possibles. Il faut d'ailleurs noter que dans le passé une correction a été faite dans la répartition entre usages industriels et domestiques, car l'utilisation de clefs de répartition peu contrôlées avait créé un écart de plusieurs million de tonnes.

Pour l'essence et le gas-oil, les estimations sont extrêmement incertaines puisqu'il n'y a aucune identification du client pour le carburant pris en station-service.

En outre, pour les produits pétroliers, les comportements de stockage des utilisateurs sont très mal connus et ont pu varier rapidement selon les anticipations de hausses de prix ou des craintes de rationnements administratifs.

## 2 - Autres informations

S'ajoutent aux données des producteurs des méthodes d'investigation auprès des utilisateurs soit par enquêtes sur les quantités soit d'après des éléments financiers.

Les Enquêtes comprennent :

### a) - des enquêtes obligatoires de l'administration

- Enquête régulière de la DICA jusqu'en 1973
- Rien n'a été fait pour 1974-1975
- Questionnaires relatifs à la taxes parafiscale sur le fuel lourd pour les périodes 1.10.75 - 30.09.76  
1.10.76 - 30.09.77
- Recensement en 1973 des gros consommateurs d'énergie (exhaustif pour le fuel lourd)
- Enquête sur les équipements thermiques systématique pour les plus importants (rapports d'experts)
- Enquête du Ministère de l'Industrie (STISI) :

En 1971 l'Enquête Annuelle d'Entreprise contient une question spécifique sur l'énergie. Pour les autres années il n'est pas possible d'extraire la quantité d'énergie achetée des questions sur les achats.

### b) - Les enquêtes des syndicats professionnels.

Dans les domaines où l'énergie est une part importante des achats (sidérurgie, cimenterie) les syndicats professionnels suivent souvent année par année la consommation spécifique des produits fabriqués. Cette information technique sur le process principal de fabrication ne boucle pas toujours facilement avec les autres informations sur la consommation de la branche.

### c) - Les Enquêtes du CEREN financées par les producteurs d'énergie

En particulier l'enquête EMIE est une enquête lourde effectuée auprès de 3500 établissements industriels par du personnel spécialisé. Elle permet de connaître les livraisons et consommations d'énergie ainsi que l'usage qui en est fait. Les dernières enquêtes datent de 1970 et 1975, celle de 1975 comportant plus de détails sur la décomposition de l'usage de l'énergie dans un même établissement.

Le CEREN suit également par des panels la consommation d'énergie des ménages.

Les méthodes financières devraient permettre de contrôler les chiffres de livraisons d'énergie par la dépense qu'elles représentent pour les utilisateurs.

- à un niveau individuel il est difficile d'extraire d'une comptabilité d'entreprise les achats d'énergie qui peuvent être mélangés aux achats (charbon par exemple) ou aux travaux fournitures et services extérieurs (électricité). De plus toute les entreprises ne disposent pas d'une comptabilité par établissement qui serait indispensable pour des ventilations par branches. Enfin la connaissance des prix qui permettrait de se ramener à des unités physiques

est imprécise.

- à un niveau global une erreur importante dans l'estimation des achats en énergie d'une branche devrait se déceler au niveau des équilibres de la comptabilité nationale (au niveau des produits 04 CMS, 053 produits pétroliers raffinés, 06 électricité, 07 gaz distribué). Malheureusement, les lignes de vente de ces produits sont plutôt des lignes "dures" de la comptabilité nationale : elles sont construites à partir des informations physiques citées précédemment, valorisées ensuite par des prix estimés et d'autres parties des comptes moins bien connues s'ajustent autour d'elles sans les modifier.

### 3 - Conclusion

Des problèmes constants rendent difficiles l'établissement et la comparaison de la ventilation entre secteurs des ventes d'énergie :

- La distinction entre entreprises individuelles et secteur domestique.
- Le problème des nomenclatures dans l'industrie. C'est d'abord un problème de fait : les différents producteurs d'énergie n'utilisent pas les mêmes nomenclatures pour classer l'activité de leurs clients. C'est aussi un problème de fond : une nomenclature commune est-elle possible ? En effet, si l'on veut classer un établissement qui fabrique des produits différents comment définir son activité principale (principale par la proportion des effectifs employés ? par la part de chiffre d'affaire ? par la part d'énergie consommée ?). Comment de plus s'assurer que la classification évolue bien si la fabrication se modifie.

- Faut-il intégrer la consommation des sièges sociaux dans la consommation industrielle ? les bureaux qui ne sont pas situés sur les sites des usines doivent-ils être classés en tertiaire ?

L'incertitude pour ces questions, même si elle ne semble pas très importante induit des déplacements de consommation d'une branche à l'autre et peut rendre difficile la confrontation des études techniques sur la consommation spécifique avec les chiffres que l'on constitue sur la livraison totale d'énergie à une branche.

En ce qui concerne les possibilités futures, il faut reconnaître que l'information en matière d'énergie n'est pas allée en s'améliorant dans les dernières années et que cette tendance risque de se poursuivre.

Les causes en sont :

- Pour les enquêtes administratives une volonté générale d'alléger les questionnaires remis à l'industrie
- Pour les enquêtes privées leur coût. Les possibilités de réduction de ce coût sont de remplacer des enquêtes sur place par des enquêtes par correspondance, beaucoup moins fiables, ou de réduire le nombre d'établissements enquêtés (mais la réduction d'échantillon paraît très difficile pour l'industrie).
- Une méfiance des utilisateurs d'énergie à donner des informations dans un domaine où l'on redoute l'intervention administrative. (La crainte d'un rationnement peut d'ailleurs inciter à gonfler les déclarations de consommation pour le cas où elles deviendraient une référence pour les restrictions)

Cependant si la taxe toutes énergies qui doit remplacer la taxe parafiscale fuel lourd est instituée elle donnera lieu à l'établissement d'un questionnaire simple toutes énergies, qui serait précieux.



ANNEXE 2 Coefficients d'équivalence

Derrière la question des coefficients d'équivalence entre formes d'énergie se pose le problème de la définition même du concept d'énergie. Le souci principal de conservation des ressources énergétiques fait utiliser la thermodynamique pour son premier principe ce qui laisse subsister de nombreuses incertitudes. N'importe quel corps peut être ramené à une température inférieure et fournir de l'énergie (exemple : pompes à chaleur fonctionnant sur l'air extérieur pour le chauffage) ; pour certaines utilisations le niveau de température d'un besoin thermique est défini.

Enfin et principalement la conversion d'énergie thermique en énergie mécanique (ou électrique ce qui est équivalent) est mal prise en compte par le concept d'énergie.

La situation ancienne permettait des simplifications : la quasi-totalité des besoins thermiques était assurée par des sources nobles, c'est-à-dire que quel que soit le niveau de température à l'utilisation on consommait des combustibles (liquides, gazeux ou solides) pouvant donner des hautes températures. D'autre part les rejets thermiques à basse température n'étaient pratiquement pas utilisés. L'électricité était produite soit à partir d'énergie directement mécanique (hydraulique) soit à partir des mêmes sources fossiles avec un rendement de l'ordre de 40 %, proche du rendement thermodynamique maximal.

Les conventions retenues alors semblent logiques

- compter les sources fossiles par leur pouvoir calorifique qui est l'énergie maximale que l'on peut récupérer dans leur combustion
- compter les Kwh électriques par la quantité d'énergie fossile consommée dans une centrale pour les produire. Le taux moyen retenu en France est de 0,22 M Tep/ Twh.

Des problèmes nouveaux commencent à se poser pour l'électricité. Pour les usages thermiques en particulier on peut compter au niveau de l'utilisateur :

- le Kwh à son contenu thermique soit 0,86 th
- le Kwh comme précédemment par l'énergie qu'il faut consommer en centrale.

Cette question peut se poser pour l'établissement des bilans énergétiques nationaux et pour l'appréciation de l'efficacité énergétique d'un utilisateur. La première solution revient à affecter les pertes de production de l'électricité au secteur transformateur d'énergie : au niveau de la centrale quand il rentre 2,5 Tep il en ressort 1,5 en pertes et 1 vers l'utilisateur, qui "oublie" cette perte. L'avantage de cette solution est d'inciter à l'amélioration du rendement et également de considérer les pertes comme une source réutilisable. Autrement il y aurait un problème pour le bouclage du bilan si effectivement on récupère de l'eau chaude pour le chauffage d'ensembles urbains par exemple. L'inconvénient certain est qu'au niveau du compte énergétique d'une entreprise le passage pour un besoin thermique du combustible à l'électricité apparaîtra comme réduisant la consommation totale (puisque le rendement thermique d'une résistance électrique est meilleur que celui d'un brûleur) alors que, sauf exceptions, les achats d'énergie induits pour la collectivité sont supérieurs.

L'avantage de la deuxième solution est l'inverse de l'inconvénient précédent : l'utilisateur sait ce que sa consommation d'électricité provoque et n'est donc amené à n'utiliser l'électricité thermiquement que quand le rendement s'améliore nettement.

Une particularité de cette solution est que la demande en énergie des utilisateurs n'est plus indépendante de la répartition entre formes d'énergie. En effet une substitution à pouvoir thermique équivalent ne modifie pas sa demande si les rendements sont voisins. Mais ici substituer un Kwh à 0,86 th augmente d'un facteur 2,5 la demande.

Nous pensons que la dernière solution est la plus satisfaisante puisqu'elle permet de sensibiliser le niveau déconcentré des utilisateurs et n'induit pas de comportement aberrant (puisque par exemple la production combinée chaleur-force réduit bien le chiffre de consommation totale). Au niveau centralisé, le rendement moyen des centrales doit alors être suivi par ailleurs. L'incitation à la récupération des eaux chaudes est alors également nécessaire indépendamment des comptes énergétiques.

La présence de centrales nucléaires dans le parc de production électrique est source de nouvelles ambiguïtés.

En effet l'énergie contenue dans l'uranium n'est pas une notion précise sans la donnée d'une technologie de centrales particulière. Par exemple le taux d'enrichissement du combustible en fin d'utilisation dans le réacteur est choisi en fonction d'une optimisation - investissement durée des rechargements - prix de l'uranium - pour laquelle le dernier terme n'est pas nécessairement dominant.

La convention qui consisterait à prendre comme énergie primaire l'énergie thermique développée dans le réacteur et qui compte tenu d'un faible rendement thermodynamique augmenterait le coefficient d'équivalence, n'est pas la seule possible.

Il semble que l'on pourrait garder un point de vue double :

- au niveau de la technologie s'intéresser au rendement thermodynamique de la centrale pour inciter
  - à l'améliorer si possible
  - à récupérer la chaleur rejetée.
- au niveau de la consommation d'énergie considérer une centrale nucléaire comme une boîte noire qui fournit de l'électricité à un prix compétitif avec celui des autres procédés. On est alors amené à prendre en compte comme coefficient d'équivalence la quantité de combustible qu'il faut consommer dans une centrale thermique classique pour se substituer à cette production nucléaire, c'est-à-dire à conserver le coefficient ancien.

Bien entendu ce choix n'a de sens qui s'il existe toujours une part non nulle de production thermique classique, ce qui est vraisemblable pour encore longtemps.

En conclusion,  
 pour l'étude présente on conservera les coefficients d'équivalence utilisés par le CGP. Les combustibles sont comptabilisés à la valeur de la quantité de pétrole ayant le même pouvoir calorifique.  
 L'unité utilisée est la tonne d'équivalent pétrole Tep.

Pour l'électricité l'équivalence est de 0,22 Tep/1000 Kwh.

Pour les comparaisons internationales il faudra garder à l'esprit que ces conventions ne sont pas générales.