

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

P. JEANNEAU

La prévision par marché des ventes de gaz à usage domestique

Revue de statistique appliquée, tome 10, n° 2 (1962), p. 85-97

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1962__10_2_85_0

© Société française de statistique, 1962, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

LA PRÉVISION PAR MARCHÉ DES VENTES DE GAZ A USAGE DOMESTIQUE

P. JEANNEAU

Centre de distribution mixte EDF GDF Ile de France Est

Les volumes de gaz vendus à des fins domestiques par notre Centre de Distribution représentaient, en 1960, 80 % du total des ventes. C'est dire toute l'importance que revêt l'utilisation domestique du gaz sur notre territoire. Et c'est pour mieux prévoir la demande de gaz à cet usage que nous avons cherché à analyser son évolution au cours des dernières années.

Après quelques années de stagnation, les ventes de gaz à usage domestique ont progressé suivant le taux annuel de 6 % en 1953 - 1954 et 1955, de 11 % en 1956 et 1957. Après un retour au taux de 6 % en 1958 et 1959, on a retrouvé en 1960 la progression de 11 %.

| Années | Consommations en milliers de thermies | Taux annuels | Taux moyen | Années | Consommations en milliers de thermies | Taux annuels | Taux moyen |
|--------|---------------------------------------|--------------|------------|--------|---------------------------------------|--------------|------------|
| 1952 | 103 752 | - | | 1956 | 132 962 | - | |
| 1953 | 110 584 | 6 % | | 1957 | 146 647 | 11 % | |
| 1954 | 114 391 | 6 % | 6,2 % | 1958 | 157 929 | 6 % | 9 % |
| 1955 | 119 119 | 6 % | | 1959 | 168 994 | 6 % | |
| 1956 | 132 962 | 11 % | | 1960 | 187 713 | 11 % | |

Il serait imprudent d'adopter brutalement pour l'avenir l'un de ces derniers taux d'accroissement sans justification. Leur variation est, en effet, le résultat des tendances de deux usages (cuisine - chauffage de l'eau et chauffage des locaux) qu'il convient d'étudier et que seule la connaissance du marché du gaz nous permet d'isoler.

Or, une enquête par sondage (1), effectuée en commun par E.D.F. et G.D.F. en 1956 auprès d'un échantillon important de ménages, nous apporte

(1) Plan de sondage en annexe à la fin de ce préambule.

sur ce marché les informations que nous recherchons.

Les questionnaires de l'enquête comportaient, en effet, pour chaque abonné au gaz dépendant de notre Centre et faisant partie de l'échantillon, les renseignements suivants :

1) Caractéristiques générales de l'abonné :

- Profession,
- Nombre de personnes dans le ménage,
- Nombre de personnes actives,
- Age de l'immeuble,
- Ancienneté dans le logement,
- Nature du logement,
- Nombre de pièces ;

2) Inventaire :

- Equipement actuel de l'abonné,
- Date d'achat des appareils,
- Consommation annuelle ;

3) Comportement général de l'abonné :

- Sensibilité à la publicité,
- Désir d'équipement

C'est la partie "Inventaire" qui a surtout retenu notre attention dans cette étude (1).

Pour retrouver les consommations de gaz utilisé à la cuisine et au chauffage de l'eau les années passées et les prévoir pour celles qui viennent, on a construit un "modèle économique" dont le schéma est le suivant :

- Répartition des ménages en classes d'équipement (cuisine et chauffage de l'eau) :
 - en 1950 ,
 - en 1956 ;
- Calcul des fréquences de passage des ménages entre ces différentes classes de 1950 à 1956 ;
- En admettant l'hypothèse de la stabilité de la consommation moyenne de chacune des classes, vérification des consommations connues dans le passé et projection du modèle dans l'avenir.

Quant au chauffage des locaux, en raison du manque d'observations, nous n'avons pu exploiter les renseignements de l'enquête que de façon indirecte, comme nous le verrons plus loin.

(1) L'insuffisance des observations nous a empêché de tenir compte d'autres données qui auraient certainement réduit la marge d'erreurs de nos prévisions. Le modèle utilisé dans cette étude constitue surtout un essai méthodologique.

PLAN DE SONDAGE

I - L'EVOLUTION DU PARC DES ABONNES GAZ (cuisine et chauffage de l'eau) -

Les classes d'équipement qui ont été retenues dans cette étude sont au nombre de 5 :

- Classe 1 : cuisine au gaz, sans appareil de chauffage de l'eau,
- " 2 : cuisine au gaz et chauffage de l'eau par appareil utilisant une autre énergie que le gaz,
- " 3 : cuisine au gaz et un chauffe-eau gaz,
- " 4 : cuisine au gaz, un chauffe-eau gaz, un autre chauffe-eau,
- " 5 : cuisine au gaz, deux chauffe-eau gaz.

| 1ère stratification | Strate I plus de 200 000 habitants | | | Strate II de 5000 à 2000 habitants | Strate III moins de 5000 habitants |
|----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|--|--|
| 1ère phase | tirage au $\frac{1}{100}$ | | | | |
| | effectif : N | | | | |
| 2ème stratification | Consommation Electricité < 400 kwh | < 400 | < 1200 | > 1200 | |
| | effectif N_1 | N_2 | N_3 | | |
| 2ème phase | tirage au $\frac{1}{5}$ | tirage au $\frac{1}{2}$ | tirage au $\frac{1}{1}$ | | |
| | effectif n_1 | n_2 | n_3 | | |
| Effectif ayant la caractère X | a_1 | a_2 | a_3 | | |
| Coefficients d'extrapolation | 500 | 200 | 100 | 500 100 | 1000 100 |

N.B. -

1) Sondage à deux phases et double stratification,

2) Intervalles de confiance : en toute rigueur le calcul de ces intervalles concerne non seulement $\frac{a_1}{n_1}, \frac{a_2}{n_2}, \frac{a_3}{n_3}$, mais aussi $\frac{N_1}{N}, \frac{N_2}{N}, \frac{N_3}{N}$, qui sont également des variables aléatoires (liées),

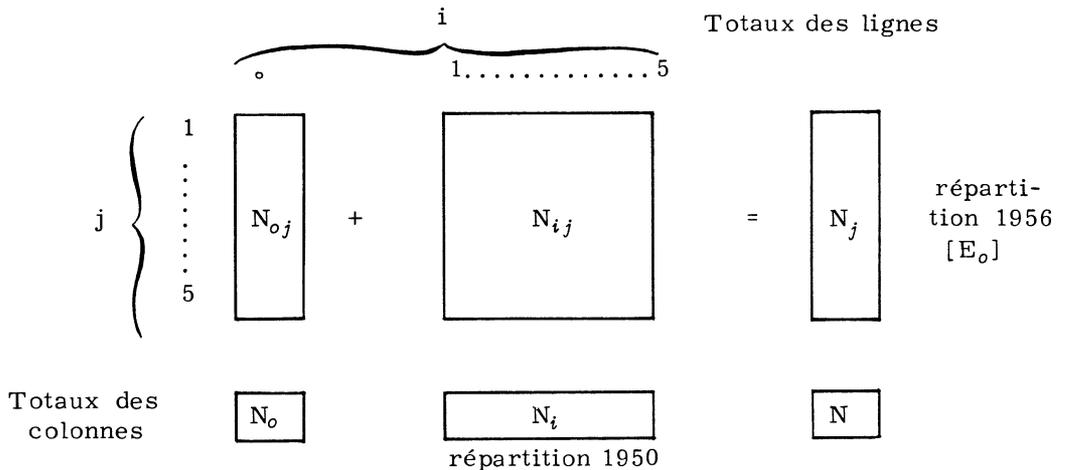
3) Nous n'avons pu donner, dans cette étude, d'intervalles de confiance. Le sondage a été effectué parmi les abonnés Electricité, et le résultat du tirage au $\frac{1}{100}$ après la 1ère stratification ne donnait pas un échantillon représentatif de la population de nos abonnés au gaz ; aussi avons-nous été obligés de modifier les coefficients d'extrapolation pour tenir compte de la répartition réelle de la population entre les 3 strates (Distribution du Gaz dans la Proche Banlieue de Paris éliminée).

On a donc tenu compte aussi bien des chauffe-eau à gaz, que des autres types, ces derniers ayant également une influence sur la consommation et sur les ventes futures d'appareils à gaz.

La répartition du nombre N des abonnés 1956 entre ces 5 classes ($j = 1, 2, 3, 4, 5$) a été représentée par la matrice colonne $[E_0]$ suivante :

| | |
|-------|-------|
| j | |
| 1 | N_1 |
| 2 | N_2 |
| 3 | N_3 |
| 4 | N_4 |
| 5 | N_5 |
| Total | N |

Mais le questionnaire de l'enquête comportait deux renseignements intéressants : la date d'achat des appareils (avant 1950 ou après) et l'âge de l'immeuble habité (construit avant 1950 ou après). Ceci nous a permis de répartir horizontalement les N_j ($j = 1, 2, \dots, 5$) de la matrice colonne $[E_0]$ entre les classes $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ auxquelles ces N_j appartenaient en 1950, la classe 0 représentant les N_{0j} qui n'existaient pas en 1950, ayant dû être ajoutée aux 5 classes existantes. On obtenait ainsi le schéma matriciel suivant :



Le premier indice i indique la classe occupée en 1950 et le deuxième j , celle occupée en 1956.

Ainsi, N_{ij} est le nombre d'abonnés de la classe i passant dans la classe j entre 1950 et 1956.

- La matrice colonne [B] (5 x 1) des probabilités p_{oj} , telles que :

$$p_{oj} = \frac{N_{oj}}{\sum_j N_{oj}} = \frac{N_{oj}}{N_o}, \text{ avec } \sum_j p_{oj} = 1$$

Le calcul nous a donné pour ces probabilités les valeurs numériques suivantes exprimées en % :

| | | | | |
|-------|-------|-------|-----|-----|
| 76,14 | | | | |
| 2,61 | 71,31 | | | |
| 20,05 | | 65,46 | | |
| 0,44 | 28,69 | 13,86 | 100 | |
| 0,76 | | 20,68 | | 100 |

| |
|-------|
| 23,28 |
| 16,20 |
| 46,55 |
| 2,33 |
| 11,64 |

Totaux des
colonnes

100 100 100 100 100

[A]

100

[B]

Cette matrice [B] va, notamment, nous servir d'abord à ajuster notre répartition $[E_o]$; non pas tant pour supprimer l'erreur minime de 0,8% citée plus haut, que pour éviter qu'elle se perpétue et se multiplie dans nos prévisions de consommations. Notre nouvelle répartition $[E_o]$ des abonnés en 1956 devient donc :

$$[E_o] \text{ ajusté} = \text{Ancien } [E_o] + [B] (80\ 873 - 80\ 230)$$

Equation dont le schéma de calcul est le suivant :

| | | | |
|--------|-------|---------------------|-------------------|
| | [B] | | [E _o] |
| 44 208 | 23,28 | | 45 058 |
| 7 825 | 16,20 | | 7 929 |
| 19 658 | 46,55 | + | 19 867 |
| 4 985 | 2,33 | | 5 000 |
| 2 944 | 11,64 | | 3 019 |
| | | (80 873 - 80 230) = | |

Ainsi les matrices [A] et [B] nous font passer en principe de la répartition 1950 à la répartition 1956. En fait, comme le confirment nos calculs dans la deuxième partie, en raison des années de stagnation de 1951 et 1952, la répartition n'a pas évolué pendant ces deux ans et le passage s'est fait en 4 ans de 1952 à 1956.

Connaissant donc la répartition [E₀] de 1956, nous pouvons en déduire toutes les autres de 4 ans en 4 ans, c'est-à-dire aux années t_n = 1956 + 4n, avec n pouvant prendre toutes les valeurs entières positives.

A l'année t₁, la répartition E₁ est donnée par l'équation matricielle:

$$\begin{matrix} [A] [E_0] & + & [B] (E_1 - E_0) & = & [E_1] \\ 5 \times 5 & 5 \times 1 & 5 \times 1 & & 5 \times 1 \end{matrix}$$

où (E₁ - E₀) n'est pas une matrice, mais le nombre représentant l'augmentation d'abonnés entre t₁ (1960) et t₀ (1956).

De même à l'année t₂, on aura :

$$\begin{aligned} [A] [E_1] + [B] (E_2 - E_1) &= [E_2] \\ \text{ou } [A]^2 [E_0] + [A] [B] (E_1 - E_0) + [B] (E_2 - E_1) &= [E_2] \end{aligned}$$

Plus généralement, on aura à l'année t_n :

$$\begin{aligned} [A]^n [E_0] + [A]^{n-1} [B] \Delta E_1 + [A]^{n-2} [B] \Delta E_2 + \dots + \\ [A] [B] \Delta E_{n-1} + [B] \Delta E_n = [E_n] \text{ avec } \Delta E_n = E_n - E_{n-1} \end{aligned}$$

Or, de 1956 à 1960, le nombre d'abonnés a crû d'année en année suivant un taux très régulier et rigoureusement égal à β = 1,045 ; soit un taux α = β⁴ = 1,192 tous les 4 ans (voir graphique I). Notre répartition E_n à l'année t_n devient donc :

$$\begin{aligned} [A]^n [E_0] + \{ [A]^{n-1} + [A]^{n-2} \alpha + [A]^{n-3} \alpha^2 + \dots + [A]^{n-2} \alpha^{n-2} + \alpha^{n-1} \} \\ \times [B] \Delta E_1 = [E_n] \end{aligned}$$

II - EVOLUTION DE LA CONSOMMATION

A - Consommations "Cuisine et chauffage de l'eau" à partir du parc :

Les consommations moyennes par classe d'équipement ont été ensuite déterminées. Nous les ferons figurer sous la forme de la matrice ligne [C] (1 × 5) exprimées en thermies :

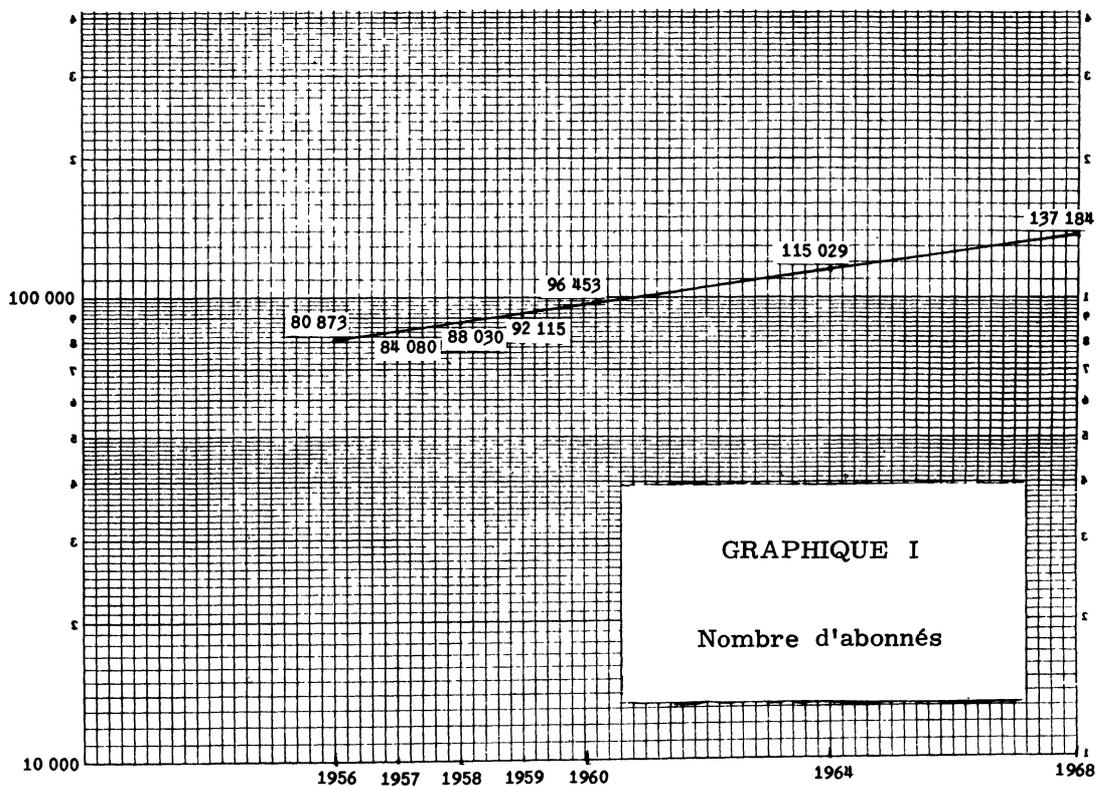
| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 142 | 1 273 | 2 205 | 2 205 | 2 310 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

La consommation moyenne de la classe 2 est ainsi plus forte que celle de la classe 1. C'est qu'en effet, la proportion de ménages de cette classe 2 utilisant la cuisinière à charbon est beaucoup moins élevée que dans la classe 1. L'acquisition d'un chauffe-eau (à gaz ou non) s'accompagne donc le plus souvent de l'élimination de la cuisinière à charbon et augmente nos ventes de gaz.

En multipliant la matrice colonne de répartition $[E_{-1}]$ de 1952 par cette matrice ligne, nous retrouvons bien à 1,4 % près la consommation de gaz utilisé à la cuisine et au chauffage de l'eau en 1952. Cette quantité est en effet connue en déduisant de la consommation domestique globale la consommation "chauffage des locaux" enregistrée en majeure partie à cette époque par un compteur spécial.

A l'année t_0 (1956), la consommation est le résultat de la multiplication matricielle, ligne par colonne $\begin{bmatrix} C \\ 1 \times 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_0 \\ 5 \times 1 \end{bmatrix}$:

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------------------------------|
| | | | | | 45 058 | = 123 367 milliers de thermies |
| | | | | | 7 929 | |
| 1 142 | 1 273 | 2 205 | 2 205 | 2 310 | 19 867 | |
| | | | | | 5 000 | |
| | | | | | 3 019 | |



| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 1. 142 | 1. 273 | 2. 205 | 2. 205 | 2. 310 | $\left. \begin{array}{c} \begin{array}{ c c c c c } \hline 76,14 & & & & \\ \hline 2,61 & 71,31 & & & \\ \hline 20,05 & & 65,46 & & \\ \hline 0,44 & 28,69 & 13,86 & 100 & \\ \hline 0,76 & & 20,68 & & 100 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{ c c } \hline 45.058 & 23,28 \\ \hline 7.929 & 16,20 \\ \hline 19.867 & 46,55 \\ \hline 5.000 & 2,33 \\ \hline 3.019 & 11,64 \\ \hline \end{array} \\ \hline \end{array} \right\} = 164.623$ |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

A l'année t_1 (1960), elle est égale à :

$$[C] \left[[A] [E_0] + [B] \Delta E_1 \right] = 164\ 623 \text{ milliers de thermies.}$$

Equation dont le schéma de calcul figure ci-après.

A l'année t_n , on aura :

$$[C] \left[[A]^n [E_0] + [A]^{n-1} [B] \Delta E_1 + [A]^{n-2} [B] \Delta E_2 + \dots + [A] [B] \Delta E_{n-1} + [B] \Delta E_n \right]$$

Ces consommations, qui ont été calculées pour les années t_0 , t_1 , t_2 , t_3 , soit 1956, 1960, 1964 et 1968, ont été représentées sur un graphique à coordonnées semi logarithmiques et reliées linéairement de proche en proche pour permettre l'interpolation des années intermédiaires (voir graphique II).

| Années | 1956 | 1960 | 1964 | 1968 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Consommations en milliers de thermies | 123 367 | 164 623 | 210 270 | 261 829 |

B - Consommations "chauffage des locaux" :

a) On les connaît pour les années 1949 à 1955 puisque jusqu'à cette date, on pouvait les enregistrer pratiquement toutes par compteur spécial:

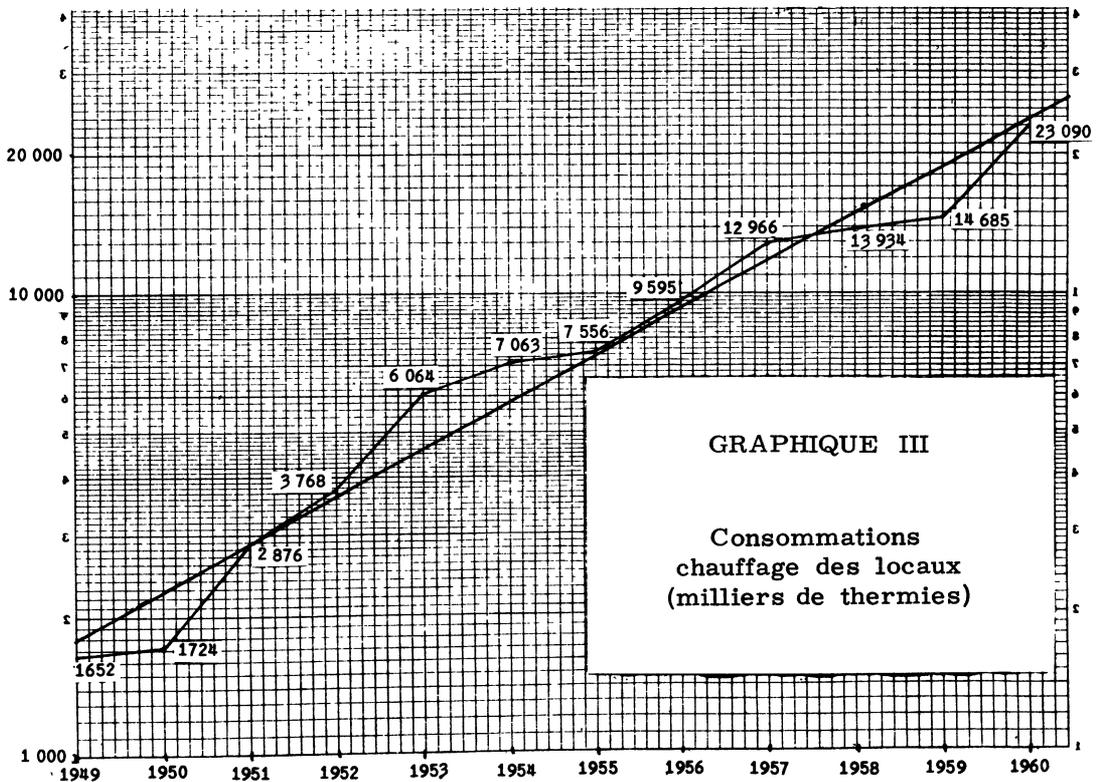
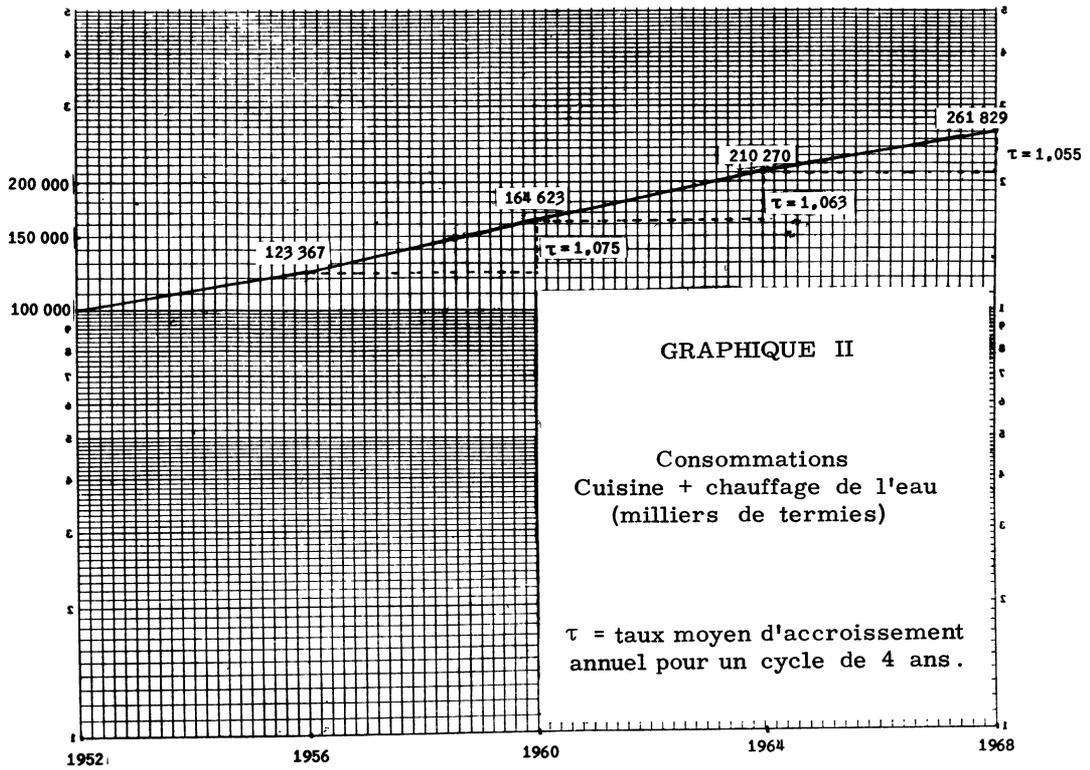
| Années | Consommations en milliers de thermies | Années | Consommations en milliers de thermies |
|--------|---|--------|---|
| 1949 | 1 652 | 1952 | 3 768 |
| 1950 | 1 724 | 1953 | 6 064 |
| 1951 | 2 876 | 1954 | 7 073 |
| | | 1955 | 7 556 |

b) De 1956 à 1960, on les obtient en déduisant des consommations globales domestiques enregistrées les consommations de gaz utilisé à la cuisine et au chauffage de l'eau figurant sur le graphique II :

| Années | cuisine et chauffe-eau | total enregistré | chauffage des locaux |
|--------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1956 | 123 367 | 132 962 | 9 595 |
| 1957 | 133 681 | 146 647 | 12 966 |
| 1958 | 143 995 | 157 929 | 13 934 |
| 1959 | 154 309 | 168 994 | 14 685 |
| 1960 | 164 623 | 187 713 | 23 090 |

Ainsi, nous avons pu tracer l'évolution des consommations de chauffage des locaux de 1949 à 1960 (voir graphique III). La droite d'ajustement des logarithmes des consommations C en fonction du temps t a pour équation : $L_{og} C = L_{og} (1\ 800) + t L_{og} 1,266$, où 1,266 est le taux moyen d'accroissement annuel, l'origine des temps t = 0 se situant en 1949. A partir de cette équation, on pouvait prévoir les consommations futures dans l'hypothèse de continuité de ce taux d'accroissement.

c) En admettant cette même hypothèse, nos perspectives de consommations de gaz à usage domestique sont les suivantes :



| Années | cuisine et chauffage de l'eau | chauffage des locaux | total |
|--------|----------------------------------|-------------------------|---------|
| 1964 | 210 270 | 61 393 | 271 603 |
| 1965 | 221 682 | 77 723 | 299 405 |
| 1968 | 261 829 | 157 534 | 419 363 |

Conclusion

Ainsi, le développement des ventes de gaz utilisé à la cuisine et au chauffage de l'eau aura une limite. Le pourcentage d'augmentation globale diminue d'année en année, comme le témoigne le graphique II : en 1960, il est en moyenne de 7,5 % par an ; il ne sera plus que de 6,3 % en 1964 et 5,5 % en 1968. On voit qu'il se rapproche ainsi du taux d'accroissement des abonnements qui est de 4,5 % et maintenu constant dans notre hypothèse. Pour assurer à l'utilisation domestique du gaz un accroissement annuel d'au moins 10 %, on ne devra plus compter que sur le chauffage des locaux. Heureusement, la consommation de gaz destiné à cet usage croît en moyenne depuis 1949 de 26,6 % par an. Et si cette progression se maintenait, nos ventes de gaz à usage domestique augmenteraient selon un taux moyen annuel de 10 % jusqu'en 1965, 11,5 % jusqu'en 1968. Ce taux en tout cas, tendra asymptotiquement vers celui de la consommation en chauffage des locaux (voir graphique IV).

De toutes façons, comme dans toute prévision économique, le but de cette étude n'est pas de prédire ce qui arrivera inéluctablement. Il ne s'agit pas tellement de dire : la consommation sera exactement de X en telle année, mais plutôt : dans plusieurs années, le développement des ventes de gaz à usage domestique sera celui que nous aurons su donner au chauffage des locaux par notre effort commercial et notre politique tarifaire.

GRAPHIQUE IV

