ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

- - Rapport - -

ANALYSE DE LA SÉRIE TEMPORELLE DES APPORTS ÉNERGÉTIQUES

préparé pour

Prévisions et Ressources hydriques
Direction Plans et Programmes d'équipement de production
HYDRO-QUÉBEC
75, boulevard René-Lévesque ouest, 9e étage
Montréal (Québec)
H2Z 1A4

À l'attention de Monsieur René Roy, Ph.D.

par

Monsieur Ayman Awadallah, M.Sc.
Monsieur Noël Evora, Ph.D.
Professeur Jean Rousselle, ing., Ph.D.
Département des génies Civil, Géologique et des Mines (CGM)

soumis par

CENTRE DE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE (C.D.T.)
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL
Campus de l'Université de Montréal
Case postale 6079, succursale Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7

21 Mai 1998

AVANT-PROPOS

Les résultats, qui font l'objet du présent rapport, découlent d'une analyse rapide de la série des apports énergétiques annuels totaux de 1943 à 1997 qui est présentée à la figure 1. Outre l'aspect temps alloué à cette étude, une analyse plus pertinente nécessiterait de connaître comment les valeurs d'apports énergétiques ont été déterminées et surtout de savoir toute l'historique entourant les données de la série étudiée. En effet, certaines singularités dans l'évolution temporelle des apports énergétiques annuelles ont été décelées:

- Les quatorze dernières années (1984-1997) montrent un niveau assez faible des apports énergétiques; onze années sur quatorze ont des apports énergétiques inférieurs à la moyenne des apports sur l'ensemble de la série.
- L'année 1962 (apport minimum pour l'ensemble de la série) est une année charnière pour la situation que l'on aborde maintenant. En effet, on constate, avant 1962, une baisse progressive des apports puis, après 1962, une montée progressive de ceux-ci. On doit pouvoir expliquer un tel comportement sur près de dix ans.
- La carte de contrôle statistique montre que la série n'est pas sous contrôle à cause de la valeur de l'apport énergétique total de l'année 1979 (apport maximum pour l'ensemble de la série). Ce maximum dépasse la valeur limite équivalente à la moyenne plus trois fois l'écart type (figure 2a). Cependant l'étendue mobile (figure 2b) montre que l'occurrence de la valeur maximale n'est pas un phénomène localisé dans le temps puisque les valeurs antérieures sont assez élevées. On ne peut pas parler alors d'erreur de mesure pour l'année 1979.
- La moyenne mobile sur cinq ans semble indiquer l'existence de deux patrons de comportement différents. Le patron de comportement des années 60 jusqu'au début des années 80 est différent du patron du reste de la série (figure 3).

En fait, des facteurs exogènes semblent perturber la série avec pour effet de rendre ardu tout travail de modélisation.

RÉPONSE AUX QUESTIONS

1. Tendance

Il n'y a pas statistiquement de tendance dans la série des apports énergétiques totaux.

2. Cycle

Il est difficile de se prononcer actuellement sur la présence de cycles dans la série historique des apports énergétiques totaux.

3. Rupture de moyenne

Il y a, statistiquement, une rupture de moyenne dans la série, ce qui est confirmée par le test de Mann-Whitney. Le test de Mann-Whitney rejette l'hypothèse d'homogénéité au niveau de signification de 1% avec un premier groupe formé par les 41 premières années et un deuxième groupe constitué par les 14 dernières années. Mais, il faut être assez prudent vu la longueur relative des deux sous-groupes (41 données versus 14 données).

Le test de Mann-Whitney rejette aussi l'hypothèse d'homogénéité au niveau de signification de 1% avec la série des 41 premières années d'apports énergétiques. Dans ce cas, le premier groupe comporte les 20 premières valeurs et le deuxième groupe les 21 autres.

La modélisation d'une série comportant une rupture de moyenne pourrait se faire après standardisation des données en prenant en compte les moyennes des deux sous-groupes.

4. Prévision

En ce qui concerne l'aspect prévision, nous n'avons réalisé qu'une étude exploratoire. Plusieurs modèles de séries temporelles ont été utilisés (Moyenne mobile exponentielle pondérée, ARMA et ARIMA avec ou sans composante d'intervention). Le modèle avec composante d'intervention a la meilleure performance en termes d'explication de la variabilité. Il faut noter que les dates des interventions ont été choisies subjectivement, faute d'information sur la nature de la série étudiée tel que déjà mentionné dans l'avant-propos.

La prévision pour 1998 varie de 172 TWH à 188 TWH selon les modèles, mais l'intervalle de confiance est étendu, car l'incertitude associée à cette prévision est grande.

RECOMMANDATIONS

Étant donné la nature complexe de la série étudiée, la détermination d'un bon modèle qui serait utilisé pour de la prévision en matière énergétique nécessiterait beaucoup plus de temps de travail.

La série étudiée est constituée par la somme annuelle des apports énergétiques de huit (8) systèmes hydriques. Plusieurs facteurs exogènes sont donc agrégés dans cette série, la rendant particulièrement complexe à modéliser. Il serait peut-être nécessaire de considérer la possibilité de modéliser individuellement les séries des apports énergétiques pour les différents systèmes hydriques; mais avant tout, il faudrait connaître comment les valeurs d'apports énergétiques ont été déterminées et obtenir l'historique entourant les données de base de l'étude.

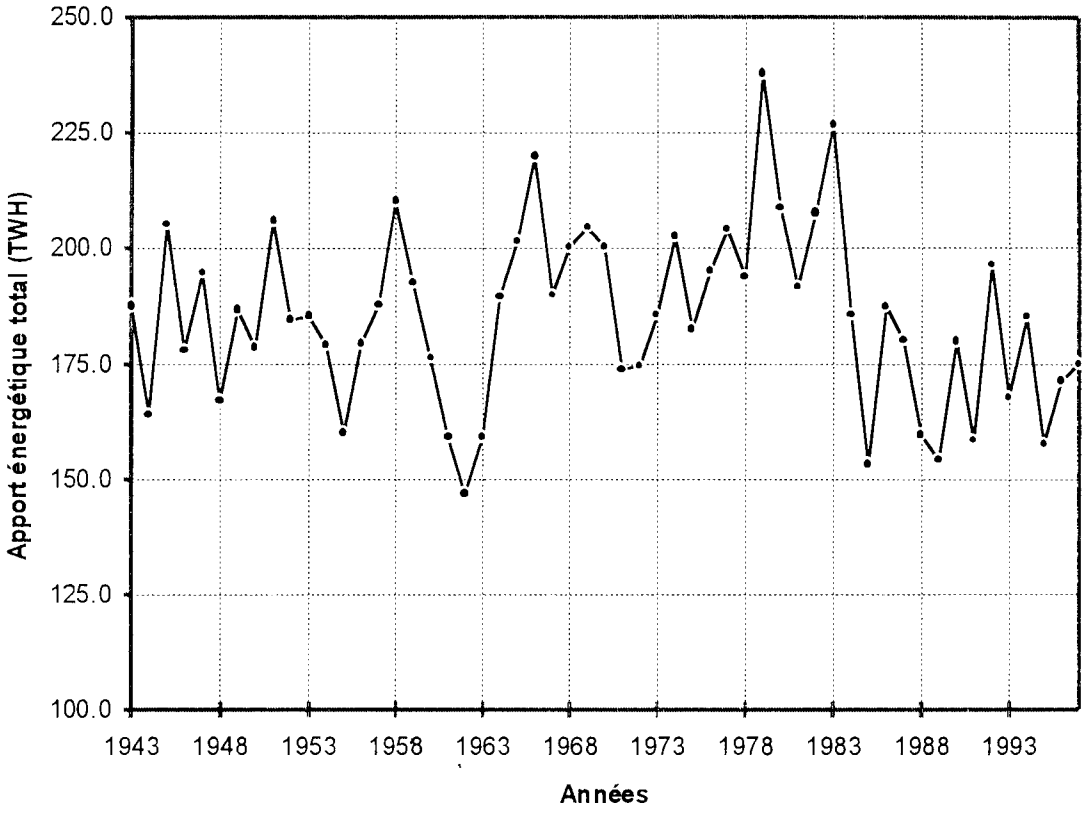
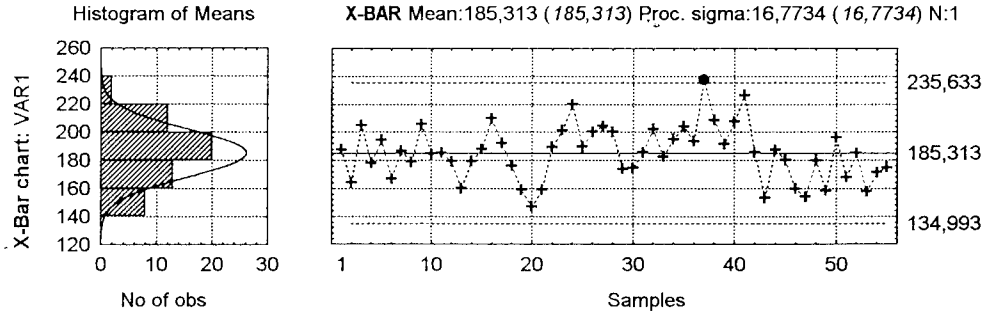


Figure 1 Série des apports énergétiques totaux

(a)



(b)

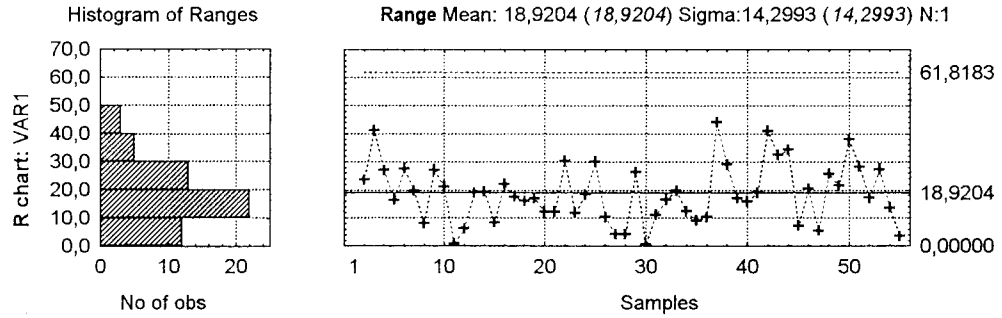


Figure 2 Carte de contrôle statistique

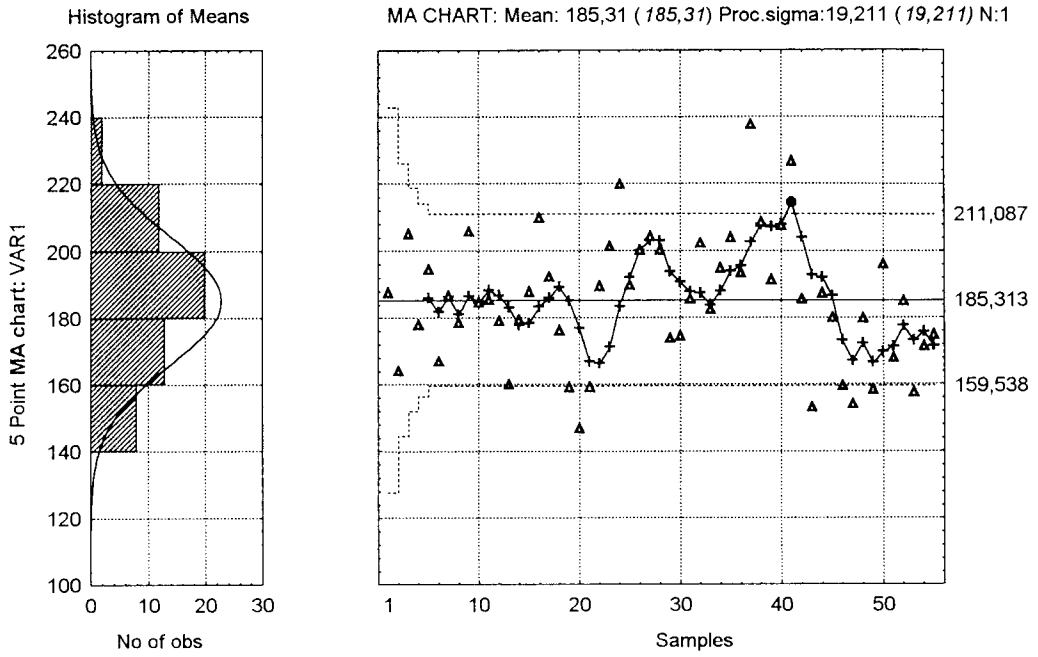


Figure 3 Série des moyennes mobiles sur cinq années