

ANALYSE PAR LA METHODE ES DONNEES DE PANEL L'ESTIMATION DES MODELES DU PARC AUTO

Rachid TOUMACHE ¹

RESUME

L'évolution du parc automobile en Algérie est due à la variation non linéaire de revenu présenté par la richesse nationale des pays (PIB) hors des autres facteurs infrastructurels comme le prix de véhicule, prix du carburant, réseau routier, densité de la population, étendu d'un pays...etc.

Cet étude prévoit l'image future du parc automobile algérien on a basé sur la technique d'une série chronologique de coupe instantanée, l'évolution du parc auto est modélisée en utilisant trois modèles utilitaires fournis par la littérature à savoir : la fonction Gompertz, Quasi-logistique et Logistique.

En outre, ces modèles ont été calibrés par l'usage des données des panels ou bien des données regroupées 46 pays du monde (sections) captés durant 32 ans allant de 1971 au 2002 (banque mondiale) sous la construction de quatre panels contiennent l'Algérie, la Chine, l'Inde et les Etats-Unis donc pour ce choix on a pris en considération la tendance internationale de l'évolution du parc en fonction de PIB ainsi les pays ayant les mêmes caractéristiques que notre pays, alors un ensemble des scénarios future du parc auto algérien ont été dégagé par les différents modèles statistiquement significatifs.

MOTS- CLES :

Possession de véhicules, parc auto, données de panels, fonction Gompertz, Quasi-logistique et Logistique, calibrage des modèles économétriques, la projection du parc auto, scénarios.

1. INTRODUTION

L'augmentation du nombre de véhicules sur un territoire donné, oblige les responsables de ce secteur, à savoir celui du transport, à préconiser un dispositif qui aura pour objet, d'organiser d'une manière cartésienne le volume que peut générer ce facteur, en envisageant d'une manière inéluctable un projet de construction de ce qu'on appelle le parc automobile.

A titre statistique le parc automobile en Algérie à déjà enregistré 3,9 million de véhicules en mois de juillet 2008 (CNIS : Centre National de l'Informatique et de la Statistique), ce qui place l'Algérie en deuxième position après l'Afrique de Sud en terme de parc automobile le plus important d'Afrique.

En effet, le parc de véhicule de notre pays, ne cesse de croître d'une manière progressive suite aux grandes facilités et avantages octroyés par les diverses institutions privés et étatiques notamment en matière d'encouragement de la politique d'investissement en Algérie, ce qui nous permet alors de donner une projection effective permettant de nous situer sur le plan géographique et statistique. Pendant le premier semestre de l'année 2008, l'Algérie a importé près de 151.194 véhicules (CNIS, 2008), il est de loin au premier rang des pays maghrébins. Aussi la progression qu'a connu le parc automobile algérien depuis les années 2000, est une preuve tangible et réelle du dynamisme de plusieurs variables, à savoir, la richesse nationale de pays, le prix de véhicule, la taille de réseau de transport, introduction de la nouvelle taxe, le prix de carburant, étendu de pays, urbanisation, la densité de la population...

L'objectif principal est de modéliser le parc automobile algérien et de faire des projections futures de la possession des véhicules par le recours aux modèles fournis par la littérature, en considérant des données agrégées (Parc auto, produit intérieur brut PIB,...) et traitent les pays comme des sections dans la méthode d'estimation des données de panels.

¹ Maître de Conférences à l'ENSSEA (B)

2. LE PREMIER PARC AUTOMOBILE DU MAGHREB

Des trois pays du Maghreb, l'Algérie est celui qui possède le plus important parc automobile, il a été souligné que le parc national roulant enregistre 2 millions de véhicules de tourisme, 700000 véhicules utilitaires légers, 536000 véhicules poids lourd et 10000 motos.

L'âge moyen du parc est cependant élevé, 55% des véhicules ont 20ans et plus, et 80% plus de 10ans. Le taux de motorisation de l'Algérie est de 71 véhicules pour 1000 habitants. S'agissant des modèles présents, les industriels français sont majoritaires; Peugeot et Renault représentant la moitié des véhicules roulants (900 000 véhicules de marque Peugeot et plus de 600 000 de marque Renault). L'ensemble des autres constructeurs se situe en dessous de la barre des 200 000 véhicules présents sur le sol algérien. Ces dernières années, le marché de l'automobile a cependant vu apparaître un nombre croissant de nouvelles marques, notamment d'origines asiatiques qui constituent autant de nouveaux concurrents, particulièrement agressifs sur le segment du prix, pour les industriels français historiquement présent en Algérie.

3. MODELE DE LA POSSESSION DES VEHICULES

La figure 1 ci-dessous, illustre la non-linéarité entre l'augmentation de possession du véhicule et le revenu Intérieur brute (PIB) par personne..

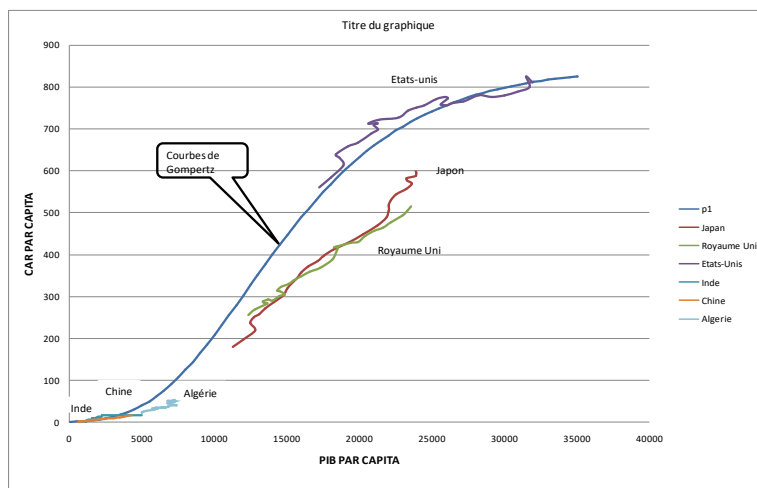


Figure 1: Possession de véhicule et PIB par capita

Présentation des modèles mathématiques en courbe de S

Le rapport qui existe entre la possession de véhicule et le PIB par tête d'habitant est présenté par plusieurs modèles non linéaires :

1- Modèle Logistique :

Tanner a proposé un modèle logistique en ajoutant d'autres variables comme le PIB par tête d'habitant et le coût de l'automobile.

La forme utilitaire a été suggérée communément comme suit :

$$Y = \frac{S}{1 + e^{at + b \ln(i) + \ln(p)}} \quad \text{Équation 1}$$

Où

i : présente le revenu par tête d'habitant.

S : niveau de saturation.

P : cout d'automobile.

b, c et **d** sont les paramètres du modèle.

2- Le modèle Quasi-Logistique :

Le même principe que le premier modèle en incluant un ensemble de facteurs socio-économiques X_i .

$$Y = \frac{S}{1 + e^{-a} X_1^{-b1} X_2^{-b2} \dots X_n^{-bn}} \quad \text{Équation 2}$$

3- Fonction GOMPertz :

La fonction GOMPertz s'écrit théoriquement comme :

$$Y = S e^{\alpha e^{\beta \text{PIB}}} \quad \text{Équation 3}$$

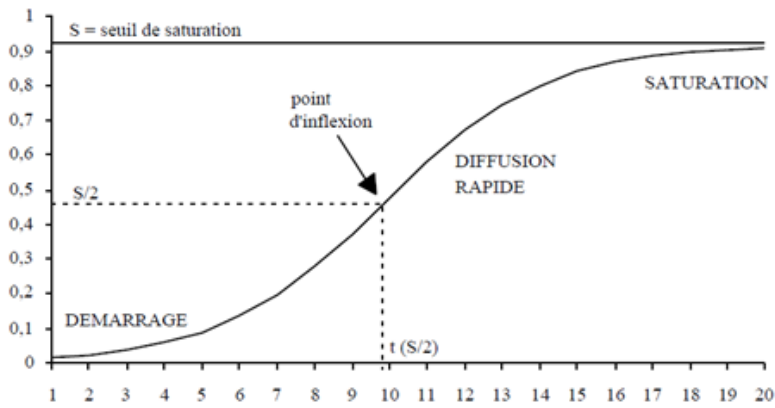
Avec

Y_i : le niveau de propriété de véhicule à long terme par personne.

PIB : revenu par tête d'habitant

Le modèle en courbe de **S** «GOMPertz, Quasi-logistique» permet d'établir une tendance unique basée sur une ou plusieurs sections ou pays dont le but est de classer correctement les membres de la population, ils cherchent les combinaisons entre plusieurs pays. Pour chaque modèle, un seuil de saturation est fixé à l'avance égale au seuil du pays se retrouvant dans l'extrémité supérieure de la courbe en **S**.

Communément ces modèles sont expliqués par ce graphe



Les modèles utilitaires pour le cas de l'Algérie sont écrits sous la forme linéaire comme suit :

GOMPERTZ :

$$Y_i = S e^{\alpha e^{\beta \text{PIB}}}$$

Où la forme linéaire est :

$$\text{Log} [\log(S/Y_i)] = \log(-\alpha) + \beta * \text{PIB}$$

Logistique :

$$Y_i = \frac{S}{1 + \alpha e^{\beta \text{PIB}}}$$

Où la forme linéaire est :

$$\text{Log} \left(\frac{S - Y_i}{Y_i} \right) = \log(\alpha) + \beta * \text{PIB}$$

Quasi- logistique :

$$Y_i = \frac{S}{1 + \alpha \text{PIB}^\beta}$$

Où la forme linéaire est :

$$\text{Log} \left(\frac{S - Y_i}{Y_i} \right) = \log(\alpha) + \beta * \log(\text{PIB})$$

i : est l'indice de l'individu ici c'est le pays (Algérie)

Alors dans cette étude, le calibrage de ces modèles permet de prévoir la taille du parc automobile Algérien selon l'évolution du PIB.

Concernant notre application, la base de données utilisée est caractérisée par:

- ✓ L'inclusion des deux variables : le parc automobile comme variable dépendante et le PIB comme variable explicative.
- ✓ C'est une série chronologique ayant des sections représentant 46 pays et couvre une période allant de 1971 à 2002.
- ✓ Cette base, fournie par la banque mondiale FMI, nous offre 1472 observations.
- ✓ En plus, PIB est défini comme l'ensemble des biens et services produits sur le territoire d'un pays quelconque au cours d'une année donnée et quelle que soit la nationalité des producteurs donc il mesure la richesse d'un pays.

4. ANALYSE PRELIMINAIRE DE L'ECHANTILLON

L'examen préliminaire de notre échantillon nous révèle les remarques suivantes :

- 1- Le parc des véhicules englobe toutes les catégories de voiture (voiture utilitaire, commerciale et touristique).
- 2- le niveau maximum atteint de véhicules par habitant est de l'ordre de 0,850 qui est le cas des Etats-Unis.
- 3- Le niveau maximum du PIB par tête d'habitat est 35000 représentant la richesse créée par les Etats-Unis en 2002.
- 4- Les valeurs du parc de véhicules par tête pour tous les pays ne représentent pas des diminutions tout au long de la période d'étude. Par contre celles des PIBs baissent de temps en temps mais elles gardent une évolution croissante.
- 5- Les pays trop peuplés ont en général des valeurs de véhicule par habitant faibles comparées à celles des pays développés (ex : les Etats-Unis et la Chine).
- 6- L'Algérie, ayant 0,058 véhicules par habitant en 2002, se retrouve dans le groupe des pays en voie de développement.

Cet échantillon s'étale de 1971 jusqu'au 2002, soit les données récemment publiées par la banque mondiale FMI.

Les figures 2 et 3 représentent les trajectoires de ces deux variables sur la période d'étude.

On constate que le parc auto et le PIB ont une tendance linéaire à la hausse, mais celle-ci du PIB contient une évolution en dents de scie.

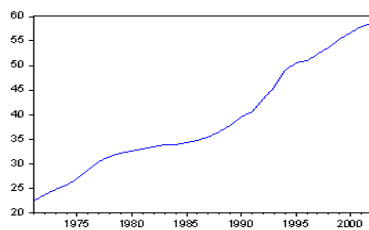


Figure 2 : Parc auto par 1000 tête d'habitant de l'Algérie (1971-2002)

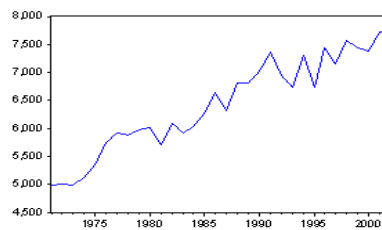


Figure 3 : PIB par 1000 tête d'habitant de l'Algérie (1971-2002)

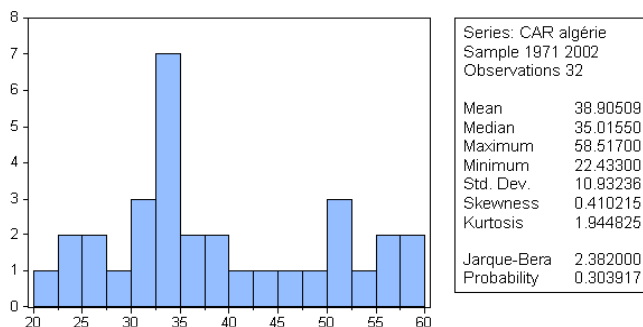


Figure 4 : Parc auto par tête d'habitant de l'Algérie (1971-2002)

En outre, l'Algérie se retrouve dans la zone des pays à faible possession de véhicule.

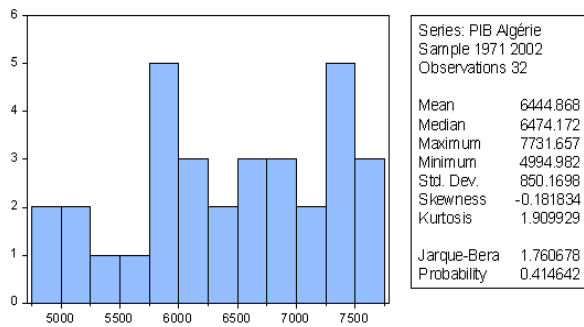


Figure 5 : PIB par tête d'habitant de l'Algérie (1971-2002)

Les figures 4 et 5 représentent à leur tour les statistiques descriptives des variables étudiées. Le parc auto par tête a progressé de manière régulière entre 22 et 58 de 1971 jusqu'en 2002. Cette évolution régulière ne serait pas forcément la même pour des valeurs importante du PIB. **Par conséquent une interpolation linéaire n'est la bonne méthode** de projeter le parc auto dans le futur. Les deux variables n'ont pas une loi de probabilité visible.

Etant donné que notre base de données contient 46 pays, on a jugé utile de constituer les différents panels suivants:

- **P1**: panel mondial contenant les 46 pays étudiés.
- **P2** : panel contient les pays suivants; la Turquie, l'Algérie, l'Inde, la Chine, les Etats-Unis.
- **P3**: panel contient l'Algérie, l'Inde, la Chine, Etats-Unis, la Syrie, l'Egypte.
- **P4** : les pays suivants; les Etats- Unis, Italie, Mexique, Espagne, Brésil, Egypte, Algérie, Inde, Chine, Syrie.

Suite à l'examen des données du parc et du PIB, des régressions linéaires entre ces deux variables ne sont pas considérées mais le recours à des régressions par le biais des données de panel permettent une meilleure projection du parc pour des valeurs importantes du PIB. Ainsi les pays riches (à forte valeur de PIB comme ceux de la zone de l'OCDE) représenteront les tendances futures du Parc auto algérien en ignorant l'effet d'autres variables sur le parc auto. Dans cette logique, le problème porte sur le choix des pays les plus comparables à l'Algérie et qui sont à des niveaux de PIB élevés. Pour remédier à cette contrainte, un ensemble de données panel à été étudié et dans lequel figurent l'Algérie et un certain nombre de pays. Dans cette étude, tous les panels examinés contiennent les Etats-Unis, l'Inde et la Chine. Ces pays représentent la borne inférieur (à faible valeur du parc auto et PIB par tête) et la borne supérieure (à forte valeur du parc auto et PIB par tête) de la courbe des modèles précédents.

5- CALIBRAGE DES MODELES

L'intérêt du modèle en courbe de S consiste en la détermination pour des niveaux du PIB les zones où l'évolution du parc change de pentes. En effet, une fois le modèle est calibré, des scénarios du parc auto algériens seront établis en fonction du choix des pays sélectionnés dans les panels. Le premier modèle proposé, a été évalué pour tous les pays disponibles dans notre base de données, soit 46 pays avec une saturation à long terme de 0.850. Les paramètres de ce modèle sont représentés dans les tableaux suivants :

- 1) Estimation des données de panels dont tous les coefficients sont constants

Tableau 1 : Paramètres du modèle de GOMPertz utilisant 46 pays (p1 dans logiciel Eviews).

Dependent Variable: LOG(LOG(850/CAR?))
 Method: Pooled Least Squares
 Date: 06/13/11 Time: 11:51
 Sample: 1971 2002
 Included observations: 32
 Cross-sections included: 46
 Total pool (balanced) observations: 1472

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.539836	0.015564	98.93667	0.0000
PIB?	-0.000103	1.09E-06	-95.18802	0.0000
R-squared	0.860409	Mean dependent var		0.307779
Adjusted R-squared	0.860314	S.D. dependent var		0.887245
S.E. of regression	0.331604	Akaike info criterion		0.631609
Sum of squared residuals	161.6432	Schwarz criterion		0.638802
Log likelihood	-462.8639	Hannan-Quinn criter.		0.634291
F-statistic	9060.760	Durbin-Watson stat		0.031031
Probability <F>	0.000000			

Ce résultat a été obtenu par le logiciel EViews en utilisant la méthode de régression par des données de panel contenant 46 pays. Les paramètres du modèle déjà étudié précédemment sont :

$$Car = S * e^{\alpha * e^{\beta * PIB}} \text{ Ou encore } \log\left(\log\left(\frac{S}{Car}\right)\right) = \log(\alpha) + \beta * PIB$$

Ce modèle est une équation linéaire de type $y = c + a * x$ avec $y = \log\left(\log\left(\frac{S}{Car}\right)\right)$ et $x = PIB$. Finalement pour tous les pays du monde, notre modèle s'écrit comme suit :

$$\log\left(\log\left(\frac{0.850}{Car}\right)\right) = 1.539836 - 0.000103 * PIB \quad \text{Eq 1}$$

L'intérêt de cette équation est de déterminer le niveau du parc auto en fonction du PIB. L'application pratique consiste à proposer des valeurs futures du PIB algérien, par exemple en faisant une régression linéaire de la courbe de la figure 2, et en calculant celle du parc auto par l'équation 1.

L'examen statistique de ces paramètres est :

- 1- Le test de STUDENT est vérifié pour les deux paramètres, la probabilité que chaque paramètre est égal à zéro est nulle, nettement inférieure à 5% communément accepté comme seuil de signification.
- 2- Le test de Fisher à une probabilité égale à zéro, c.-à-d. les deux paramètres ne seront jamais à la fois égales à zéro.
- 3- Le coefficient de détermination est égal à 0.86, considéré proche à celui d'une relation linéaire.
- 4- Par contre, le test du Durbin Watson confirme l'existence d'une corrélation positive (sa valeur = 0.03 est proche de zéro)

2) Estimation des données de panels dont le coefficient commun est constant

Dans ce cas, l'équation du modèle s'écrit comme suit :

$$Car_i = S * e^{\alpha * e^{\beta_i * PIB_i}} \text{ Ou encore } \log\left(\log\left(\frac{S}{Car_i}\right)\right) = \log(\alpha) + \beta_i * PIB_i$$

Avec : les paramètres S et α sont communs pour tous les pays, par contre le paramètre β_i est estimé pour chaque pays. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Paramètres du modèle de GOMPERTZ utilisant 46 pays (p1 dans logiciel Eviews)

Dependent Variable: LOG(LOG(850/CAR7))
 Method: Pooled Least Squares
 Date: 06/13/11 Time: 11:55
 Sample: 1971 2002
 Included observations: 32
 Cross-sections included: 46
 Total pool (balanced) observations: 1472

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	pays
C	1.587995	0.018474	85.95696	0.0000	
1--PIB1	-0.000127	1.85E-06	-68.57316	0.0000	Australie
2--PIB2	-0.000103	1.76E-06	-58.68558	0.0000	Autriche
3--PIB3	-9.82E-05	1.83E-06	-53.61056	0.0000	Belgique
4--PIB4	-0.000116	1.69E-06	-68.32238	0.0000	Canada
5--PIB5	-0.000121	3.03E-06	-39.80561	0.0000	Rép Tchèque
6--PIB6	-8.52E-05	1.72E-06	-49.43693	0.0000	Danemark
7--PIB7	-9.72E-05	1.92E-06	-50.65465	0.0000	Finlande
8--PIB8	-0.000110	1.86E-06	-58.98578	0.0000	France
9--PIB9	-0.000109	1.87E-06	-58.18438	0.0000	Allemagne
10--PIB10	-9.86E-05	2.76E-06	-35.77249	0.0000	Grèce
11--PIB11	-0.000120	3.75E-06	-31.88123	0.0000	Hongrie
12--PIB12	-0.000105	1.67E-06	-62.56077	0.0000	Islande
13--PIB13	-9.52E-05	2.17E-06	-43.85354	0.0000	Irlande
14--PIB14	-0.000119	1.93E-06	-61.65030	0.0000	Italie
15--PIB15	-0.000106	1.85E-06	-57.04723	0.0000	Japon
16--PIB16	-9.17E-05	4.04E-06	-22.68563	0.0000	Corée
17--PIB17	-8.68E-05	1.97E-06	-68.38987	0.0000	Luxembourg
18--PIB18	-0.000121	5.06E-06	-23.85951	0.0000	Mexique
19--PIB19	-8.96E-05	1.79E-06	-49.97108	0.0000	Pays bas
20--PIB20	-0.000144	2.16E-06	-66.84338	0.0000	Nouvelle-Zélande
21--PIB21	-9.46E-05	1.73E-06	-54.75928	0.0000	Norvège
22--PIB22	-0.000139	4.75E-06	-29.24043	0.0000	Pologne
23--PIB23	-0.000163	3.07E-06	-53.20071	0.0000	Portugal
24--PIB24	-0.000121	2.51E-06	-48.42301	0.0000	Espagne
25--PIB25	-9.75E-05	1.77E-06	-55.11692	0.0000	Suède
26--PIB26	-8.14E-05	1.43E-06	-56.87598	0.0000	Suisse
27--PIB27	-9.88E-05	7.16E-06	-13.83117	0.0000	Turquie
28--PIB28	-0.000103	1.99E-06	-51.76411	0.0000	Royaume-Uni
29--PIB29	-0.000148	1.42E-06	-104.3505	0.0000	Etas-Unis
30--PIB30	-0.000123	4.10E-06	-30.06323	0.0000	Argentine
31--PIB31	-0.000117	5.49E-06	-21.29191	0.0000	Bésil
32--PIB32	-0.000121	5.84E-06	-20.73672	0.0000	Chili
33--PIB33	-7.41E-05	6.79E-06	-10.91664	0.0000	Colombie
34--PIB34	-0.000112	8.39E-06	-13.34057	0.0000	Rép Dominicaine
35--PIB35	-0.000139	1.22E-05	-11.33485	0.0000	Equateur
36--PIB36	-0.000118	1.39E-05	-8.502739	0.0000	Egypte
37--PIB37	-0.000125	1.88E-05	-13.17420	0.0000	Maroc
38--PIB38	7.09E-05	5.38E-06	13.17420	0.0000	Algérie
39--PIB39	-8.28E-05	2.40E-06	-34.48214	0.0000	Israël
40--PIB40	6.14E-06	2.25E-05	0.273664	0.7854	Inde
41--PIB41	-9.09E-05	1.70E-05	-5.350706	0.0000	Indonésie
42--PIB42	-0.000162	6.46E-06	-25.81652	0.0000	Malaisie
43--PIB43	-0.000143	8.42E-06	-15.23525	0.0000	Taïlande
44--PIB44	-1.82E-06	1.65E-05	-0.110081	0.9124	Chine
45--PIB45	-0.000125	2.91E-05	-0.483930	0.6285	Pakistan
46--PIB46	-0.000109	1.34E-05	-8.109776	0.0000	Syrie
R-squared	0.965099		Mean dependent var	0.307779	
Adjusted R-squa	0.963972		S.D. dependent var	0.887245	
S.E. of regressor	0.168408		Akaike info criterion	-0.693440	
Sum squared res	40.41302		Schwarz criterion	-0.524394	
Log likelihood	557.3719		Hannan-Quinn criter.	-0.630405	
F-statistic	856.6152		Durbin-Watson stat	0.127846	
Prob(F-statistic)	0.000000				

Pour l'Algérie, le parc auto sera modélisé par l'équation suivante :

$$Car = \begin{cases} 0,850 * e^{\alpha * e^{-7.09 * 10^{-05} * PIB}} \\ \alpha = \exp(1.587995) = 4.894 \end{cases}$$

Avec : les paramètres β_i estimés par le modèle sont inclus dans l'intervalle : $-1,63 * 10^{-04}$ (Portugal) et $-1,82 * 10^{-06}$ (Chine). Le paramètre de l'Algérie est plus proche à celui du Portugal que celui de la Chine, ce qui confirme la position de l'Algérie dans la courbe de Gompertz. Par ailleurs, les résultats du modèle concernant l'Algérie avec les deux méthodes d'estimation sont les suivants :

$$Car = \begin{cases} 0,850 * e^{4.894 * e^{-7.09 * 10^{-05} * PIB}} \\ 0,850 * e^{4.664 * e^{-10,3 * 10^{-05} * PIB}} \end{cases}$$

L'examen de ces deux équation, nous relève les remarques suivantes :

- 1) Les paramètres estimés ont des valeurs proches.
- 2) Les paramètres α et β ont eu des évolutions inverses (lorsqu'un a augmenté l'autre a baissé).

En outre, le choix du modèle parmi ces deux équations se base sur la signification statistique des paramètres et la somme quadratique des erreurs.

1- Le test de STUDENT est vérifié pour les deux paramètres concernant Algérie, on remarque que la probabilité de chaque paramètre égale à zéro donc on accepte l'hypothèse que les deux paramètres sont statistiquement significatifs.

2- le test de FISHER à une probabilité nulle c.-à-d. tous les paramètres ne seront jamais à la fois égaux à zéro.

3- Le coefficient de détermination dans ce cas égale à 0,965, nettement meilleur à celui du premier modèle (qui est égale à 0,86)

4- On constate une diminution du coefficient du test de Durbin Watson. Il est augmenté de 0,03 dans le premier cas à 0,12 dans le deuxième cas.

5- la somme des erreurs au carré a considérablement une amélioration (baissé de 162 à 40,41).

D'où le deuxième modèle offre une significativité meilleure que le premier, et par conséquent le deuxième modèle fera l'objet de comparaison avec les prochains modèles

3) Estimation des données de panels dont tous les coefficients sont variés

Dans ce cas, l'équation du modèle s'écrit comme suit :

$$\mathbf{Car}_i = \mathbf{S} * e^{\alpha_i * e^{\beta_i * \mathbf{PIB}_i}} \text{ Ou encore } \log\left(\log\left(\frac{\mathbf{S}}{\mathbf{Car}_i}\right)\right) = \log(\alpha_i) + \beta_i * \mathbf{PIB}_i$$

Avec : le paramètre \mathbf{S} est commun pour tous les pays, par contre les paramètres α_i et β_i sont estimés pour chaque pays.

Pour l'Algérie, le parc auto sera modélisé par l'équation suivante :

$$\mathbf{Car} = \begin{cases} 0,850 * e^{\alpha * e^{-10,1 * 10^{-05} * \mathbf{PIB}}} \\ \alpha = \exp(1.784764) = 5.958 \end{cases}$$

Avec : les paramètres sont inclus dans les intervalles suivants :

- α_i : 1,3038 (Canada) et 3,75 (Grèce).
- β_i : $-33,5 * 10^{-05}$ (Inde) et $-2,35 * 10^{-05}$ (Argentine).
- Le paramètre de l'Algérie est plus proche à celui de l'Argentine que celui de, ce qui confirme la position de l'Algérie dans la courbe de Gompertz. Par ailleurs, les résultats du modèle concernant l'Algérie avec les deux dernières méthodes d'estimation sont les suivants :

$$\mathbf{Car} = \begin{cases} 0,850 * e^{4.668 * e^{-10,3 * 10^{-05} * \mathbf{PIB}}} \\ 0,850 * e^{5.958 * e^{-10,1 * 10^{-05} * \mathbf{PIB}}} \end{cases}$$

L'examen de ces deux équations, nous relève la remarque suivante :

- 1- Les paramètres estimés ont des valeurs proches avec une certaine convergence du paramètre vers β une valeur proche à $-10,1 * 10^{-05}$.
- 2- Le paramètre α a des valeurs autour de 5 (5,958 et 4,664).
- 3- Etant donné que des deux équations ont des paramètres presque identiques, elles seront utilisées toutes les deux pour donner deux scénarios d'évolution du Parc auto Algérien en fonction du PIB.

En résumé le tableau suivant retrace tous les tests statistiques sur les quels a été basée notre sélection du meilleur modèle du parc auto algérien et cela pour les panels 2, 3 et 4.

Tableau 4: Tests statistiques de sélection du meilleur modèle.

Modele	panel	alpha	beta	Somme des erreurs au carré	R2	Test de fisher	Test de Student		pays	
							Alpha	Beta		
1	P2	7,10089619	-0,000161	4,229216	0,986744	0,00	0,00	0,00		
2	P2	6,92E+00	-0,000169	2,071055	0,993509	0,00	0,00	0,00	Turquie	
			-0,000162			0,00	0,00	0,00	Etats-Unis	
			-0,000124			0,00	0,00	0,00	Algérie	
			-0,000223			0,00	0,00	0,00	Inde	
			-0,000144			0,00	0,00	0,00	Chine	
3	P2	0,99976903	-0,000231	1,24533	0,996087	0,00	0,00	0,00	Turquie	
			0,99987001			-0,00013	0,00	0,00	0,00	Etats-Unis
			0,99989901			-0,000101	0,00	0,00	0,00	Algérie
			0,99966506			-0,000335	0,00	0,00	0,00	Inde
			0,99985201			-0,000148	0,00	0,00	0,00	Chine

P2 contient les pays suivants: l'Algérie, la Turquie, les Etats-Unis, l'Inde et la Chine

modèle 1 : $Car = 0,850 * \exp(7,10089619 * \exp(-0,000161 * PIB))$

Modèle 2 : $Car = 0,850 * \exp(6,92 * \exp(-0,000124 * PIB))$

Modèle 3 : $Car = 0,850 * \exp(0,99989901 * \exp(-0,000101 * PIB))$

P2 = le modèle 2 et 3 sont les meilleurs

Modele	panel	alpha	beta	des erreurs	R2	Test de fisher	Test de Student	pays		
1	P3	0,99984301	-0,000157	6,546895	0,980343	0	0			
2	P3	6,70080722	-0,00016	1,956271	0,994126	0	0	0	Etats-Unis	
			-0,00024			0	0	0	Egypt	
			-0,000119			0	0	0	Algérie	
			-0,000203			0	0	0	Inde	
			-0,000131			0	0	0	Chine	
2	P3	5,95817365	-0,00013	1,243014	0,996268	0	0	0	Etats-Unis	
			6,39902734			-0,000222	0	0	0	Egypt
			8,2734451			-0,000335	0	0	0	Inde
			6,99835415			-0,000148	0	0	0	Chine
			6,74662918			-0,000231	0	0	0	Syrie

modèle 1 : $Car = 0,850 * \exp(0,99984301 * \exp(-0,000157 * PIB))$

Modèle 2 : $Car = 0,850 * \exp(6,70080722 * \exp(-0,000119 * PIB))$

Modèle 3 : $Car = 0,850 * \exp(5,95817365 * \exp(-0,000101 * PIB))$

P3 = { les modèles 2 et 3 sont les meilleurs }

Modele	panel	alpha	beta	Somme des erreurs au carré	R2	Test de Fisher	Test de Student		pays
							Alpha	Beta	
1	P4	6,32786566	-0,000147	11,75671	0,971737	0,00	0,00	0,00	
2	P4	6,86888642	-0,000137	2,658759	0,993608	0,00	0,00	0,00	Italie
									Mexique
									Espagne
									Etats-Unis
									Brésil
									Egypt
									Algérie
									Inde
									Chine
									Syrie
3	P4	7,05752907	-0,000139	1,843338	0,995569	0,00	0,00	0,00	Italie
									Mexique
									Espagne
									Etats-Unis
									Brésil
									Egypt
									Algérie
									Inde
									Chine
									Syrie

P4 contient les pays suivants: l'Algérie, la Syrie, les Etats-Unis, l'Egypt, le Brésil, Mexique, l'Italie, Espagne, l'Inde et la Chine

modèle 1 : $Car = 0,850 * \exp(6,32786566 * \exp(-0,000147 * PIB))$

Modèle 2 : $Car = 0,850 * \exp(6,86888642 * \exp(-0,000123 * PIB))$

Modèle 3 : $Car = 0,850 * \exp(5,95817365 * \exp(-0,000101 * PIB))$

P4= les modèles 2 et 3 sont les meilleurs

Les résultats représentés dans les tableaux précédents montrent que les estimations sont meilleures pour le deuxième et le troisième modèle du même titre que la section précédente. De plus, on constate que le coefficient R2 tend vers 1 lorsqu'on passe du premier modèle au troisième modèle. La somme des erreurs au carré décroît à son tour pour le troisième modèle. En conclusion, on peut dire que l'utilisation des données panel pour laquelle tous les paramètres ne sont communs offre la meilleure estimation. Pa ailleurs, ces quatre panels étudiés fournissent trois scénarios d'évolution du parc auto algérien. La représentation graphique de ces scénarios est illustrée dans le graphe suivant.

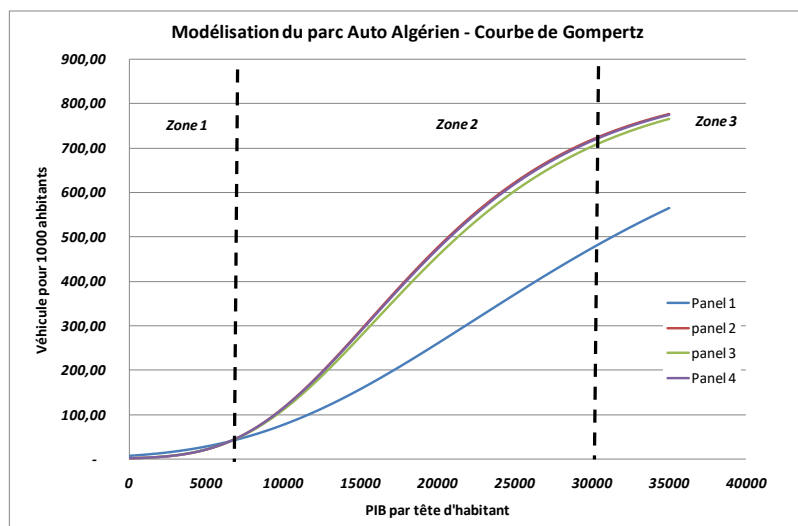


Figure 6 : Projection du parc auto algérien

Le panel 1 offre une courbe légèrement éloignée par rapport aux autres panels. Ceci est dû forcément au choix du pays dans les panels étudiés. Le panel P1 regroupe tous les pays de notre échantillon, par contre les autres panels ne contiennent que les pays plus ou moins semblable à l'Algérie. Les courbes des Panels P2, P3 et P4 sont presque identiques.

Les lignes en pointée délimitent les trois zones dans lesquelles l'évolution du parc auto change du taux de croissance. C.-à-d., lorsque le PIB par tête dépasse 7000, le parc auto augmente plus rapidement puis lorsque ce PIB dépasse 30000 le parc auto aura une croissance un petit peu ralentie. Finalement la saturation est atteinte au delà de 35000. Etant donné l'Algérie a actuellement se retrouve dans la limite supérieure de la première zone.

Ce graphique alors est d'une utilité importante pour les institutions nationales qui gèrent le secteur de transport, du fait il donne une image future sur la taille du parc lorsque le pays devient de plus en plus riche.

Afin d'établir le maximum de scénarios, on a opté à refaire les mêmes étapes mais cette fois-ci la courbe n'est plus la courbe de Gompertz mais les courbe logistique et quasi-logistique définies par les équations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Quasi-logistique} : Car = \frac{S}{1 + \alpha * PIB^\beta} \\ \text{Logistique} : Car = \frac{S}{1 + \alpha * e^{\beta * PIB}} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Quasi-logistique} : \log\left(\frac{S}{Car} - 1\right) = \log(\alpha) + \beta * \log PIB \\ \text{Logistique} : \log\left(\frac{S}{Car} - 1\right) = \log(\alpha) + \beta * (PIB) \end{array} \right.$$

Les résultats obtenus par l'application de ces équations sont donnés dans les tableaux suivants dépendent aux d'autre deux cas Quasi-logistique et Logistique successivement on a choisis les panels 2 et 4 pour l'application de calibrage:

Tableau 5 : Test statistiques de sélection du meilleur modèle (Cas Quasi logistique).

Modele	panel	alpha	beta	Somme des erreurs au carré	R2	Test de fisher	Test de Student		pays
							Alpha	Beta	
1	P2	6724611559	-2,352053	90,59937	0,924396	0,00	0,00	0,00	
2	p2		-1,799117			0,00	0,00	0,00	Turquie
			-2,011369			0,00	0,00	0,00	Etats-Uni
		92774279,61	-1,742813	13,28392	0,988915	0,00	0,00	0,00	Algerie
			-1,827102			0,00	0,00	0,00	inde
			-1,775218			0,00	0,00	0,00	Chine
3	p2	7,58626E+14	-3,680488			0,00	0,00	0,00	Turquie
		1,10045E+14	-3,398782			0,00	0,00	0,00	Etats-Uni
		1491935340	-2,05974	4,054838	0,996616	0,00	0,00	0,00	Algerie
		27183336667	-2,608171			0,00	0,00	0,00	inde
		7664118,037	-1,432137			0,00	0,00	0,00	Chine

Panel 2 contient les pays suivants: Turquie, Etats-Uni, Algerie, Inde, Chine.

Modèle 1: car=850/1+6724611559*PIB^-2,352

Modèle 2: car=850/1+92774279,619*PIB^-1,742

Modèle 3: car=850/1+1491935340*PIB^-2,089

P2: les Modèles 2 et 3 sont les meilleurs.

Modele	panel	alpha	beta	Somme des erreurs au carré	R2	Test de fisher	Test de Student		pays	
							Alpha	Beta		
1	p4	1858378184	-2,209995	108,1964	0,937064	0,00	0,00	0,00		
2	p4		-1,985584	19,12696	0,988874	0,00	0,00	0,00	Italie	
			-1,94538			0,00	0,00	0,00	Mexique	
			-1,968237			0,00	0,00	0,00	Espagne	
			-2,099383			0,00	0,00	0,00	Etats-Uni	
			-1,94076			0,00	0,00	0,00	Brésil	
			-1,997352			0,00	0,00	0,00	Egypte	
			225296979,8			-1,844047	0,00	0,00	0,00	Algerie
						-1,949306	0,00	0,00	0,00	Inde
						-1,897288	0,00	0,00	0,00	Chine
						-1,979236	0,00	0,00	0,00	Syrie
3	p4	3,09691E+13	-3,196586	6,516401	0,99621	0,00	0,00	0,00	Italie	
		3,65501E+14	-3,365139			0,00	0,00	0,00	Mexique	
		6,25372E+14	-3,529608			0,00	0,00	0,00	Espagne	
		1,10045E+14	-3,398782			0,00	0,00	0,00	Etats-Uni	
		1,14432E+11	-2,652948			0,00	0,00	0,00	Brésil	
		306822511,5	-2,03721			0,00	0,00	0,00	Egypte	
		149135340	-2,05974			0,00	0,00	0,00	Algerie	
		2718336667	-2,608171			0,00	0,00	0,00	Inde	
		7664118,037	-1,432137			0,00	0,00	0,00	Chine	
		1061384474	-2,176993			0,00	0,00	0,00	Syrie	

Panel 4 contient les pays suivants:Italie, Mexique, Espagne, Etats-Uni, Algerie, Brésil, Egypte, Inde, Chine, Syrie.

Modèle 1: $car=850/1+1858378184*PIB^{-2,209}$
 Modèle 2: $car=850/1+225296980*PIB^{-1,844}$
 Modèle 3: $car=850/1+149135340*PIB^{-2,059}$

P4:les meilleurs modèles sont 2 et 3.

Les mêmes remarques portées dans les sections précédentes sont valables pour le modèle quasi-logistique. Ces tableaux montrent que le deuxième et le troisième modèles qui offrent la meilleure signification statistique. Et par conséquent, ils seront utilisés dans notre prévision de l'évolution du parc auto. La figure suivante 7 représente les scénarios d'évolution du parc auto Algérien. Quelque soit le panel choisi, on remarque que toutes les courbes sont presque identiques pour des niveaux de PIB inférieurs à 12000. Puis la différence entre les courbes devient très visible pour des PIB élevés. Pour le cas de l'Algérie (PIB actuel est de l'ordre 7700), toutes les courbes donnent la même projection future du parc auto. On peut avancer que si notre PIB se double de valeur le modèle quasi-logistique est insensible au choix du panel.

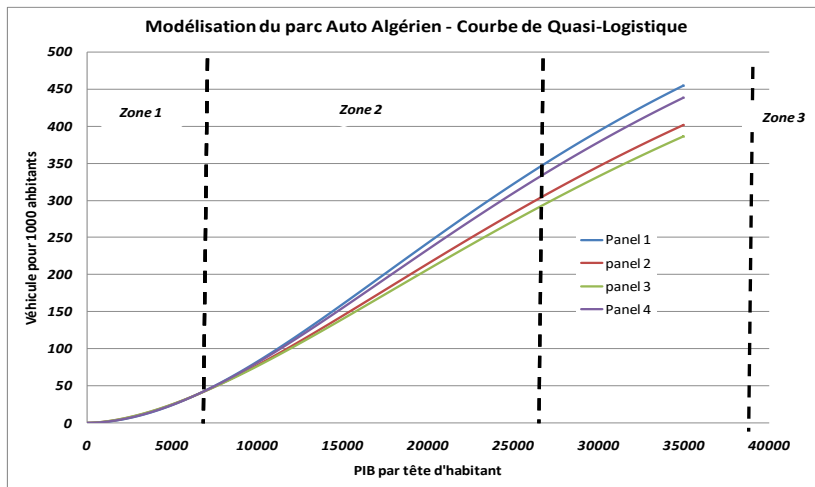


Figure 7: la projection du parc auto algérien (cas quasi-logistique)

Par contre, l'inconvénient de ce modèle réside sur le fait qu'il ne fournit pas une courbe en S, c.-à-d. la saturation ne sera jamais atteinte pour des PIB inférieurs à 40000. donc le cas des Etats-Unis n'est pas bien représenté par ce modèle quasi-logistique.

Tableau 6: Test statistiques de sélection du meilleur modèle (Cas Logistique).

Modele	panel	alpha	beta	Somme des erreurs au carré	R2	Test de fisher	Test de Student		pays
							Alpha	Beta	
1	P2	203,735177	-0,000302	88,33404	0,926287	0,00	0,00	0,00	
2	p2		-0,000712			0,00	0,00	0,00	Turquie
			-0,000343			0,00	0,00	0,00	Etats-Uni
		694,246441	-0,000535	38,85309	0,967578	0,00	0,00	0,00	Algerie
			-0,001035			0,00	0,00	0,00	inde
3	p2		-0,000661			0,00	0,00	0,00	Chine
		865,241795	-0,000757			0,00	0,00	0,00	Turquie
		4,35973816	-0,00014			0,00	0,00	0,00	Etats-Uni
		180,554198	-0,000329	8,340035	0,99304	0,00	0,00	0,00	Algerie
		1909,428	-0,001668			0,00	0,00	0,00	inde
	959,182155	-0,000794			0,00	0,00	0,00	Chine	

Le panel P2 contient les pays suivants: Turquie, Etats-Uni, Algerie, Chine et l'Inde.

Modèle 1: $car=850/1+203,73518*\exp(-0,000302*PIB)$

Modèle 2: $car=850/1+694,24644*\exp(-0,000535*PIB)$

Modèle 3: $car=850/1+180,5542*\exp(-0,000329*PIB)$

P2:les meilleurs modèles sont 2 et 3.

Modele	panel	alpha	beta	Somme des erreurs au carré	R2	Test de fisher	Test de Student		pays
							Alpha	Beta	
1	P4	419,821239	-0,000289	172,0642	0,899913	0	0	0	
2	p4		-0,000343			0	0	0	Mexique
			-0,000578			0	0	0	Espagne
			-0,000397			0	0	0	Etats-Uni
			-0,000323			0	0	0	Brésil
			-0,000595	60,79283	0,964638	0	0	0	Egypte
			-0,00094			0	0	0	Algerie
		419,821239	-0,000458			0	0	0	Algerie
	-0,000721			0	0	0	inde		
	-0,000455			0	0	0	Chine		
	-0,000902			0	0	0	Syrie		
3	p4	24,1798103	-0,000188			0	0	0	Italie
		307,333353	-0,000534			0	0	0	Mexique
		51,8755717	-0,00025			0	0	0	Espagne
		4,35973816	-0,00014			0	0	0	Etats-Uni
		177,29358	-0,000461	11,66016	0,993217	0	0	0	Brésil
		372,620695	-0,000894			0	0	0	Egypte
		180,554198	-0,000329			0	0	0	Algerie
		1909,428	-0,001668			0	0	0	inde
		959,182155	-0,000794			0	0	0	Chine
444,515533	-0,000924			0	0	0	Syrie		

Le panel P4 contient les pays suivants: L'Italie, Mexique, Espagne, Etats-Uni, Brésil, Egypte, Algerie, l'Inde, Chine et Syrie.

Modèle 1: $car=850/1+419,82124*\exp(-0,000289*PIB)$

Modèle 2: $car=850/1+419,82124*\exp(-0,000458*PIB)$

Modèle 3: $car=850/1+180,5542*\exp(-0,000329*PIB)$

P4:les meilleurs modèles sont 2 et 3.

Concernant le troisième modèle théorique proposé c.-à-d. le modèle logistique, les résultats de notre estimations sont représentés par les tableaux précédents. Toujours les deuxième et troisième modèles qui donne une signification statistique meilleures. Similairement, ils seront utilisés dans cette étude. La courbe suivante 8 illustre l'application de ces modèles pour les différents panels choisis. On remarque que la courbe du Panel 1 (le monde entier) est très éloignée par rapport aux autres. Les courbes des panels 2,3 et 4 ont une progression trop rapide entre la courbure à faible PIB et la courbure à fort PIB. Donc il y a une tendance que tous les pays (y compris l'Algérie) atteindront la saturation une fois leur PIB passent de 10 000 à 17000. Cette tendance n'est pas vérifiée pour les pays à fort PIB et par conséquent ces courbes seront omises dans cette étude.

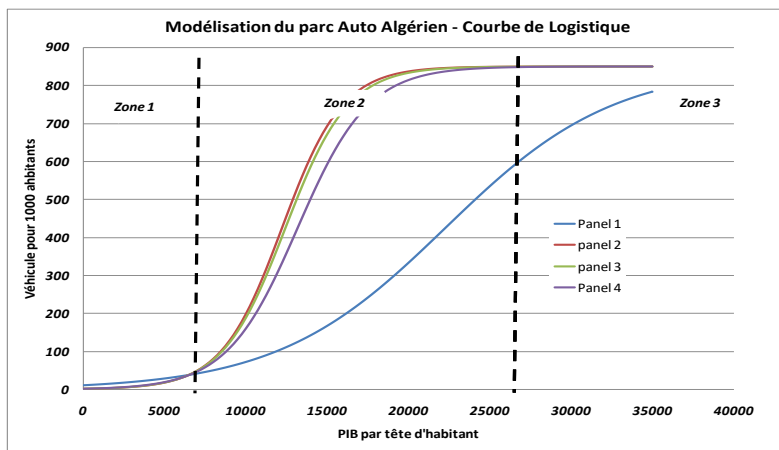


Figure 8 : projection de parc auto algérien (cas logistique)

Finalement, les trois modèles (Gompertz, Quasi logistique et Logistique) sont reportés sur le même graphique. On remarque que la courbe de Gompertz est une courbe médiane pour les trois modèles dont l'extrémité à faible PIB est identique pour les deux autres modèles. Pour le cas de l'Algérie et tout autre pays figurant dans la première zone, les trois modèles produisent un fuseau de courbes qui seront pour nous les scénarios futurs possible (figure 8).

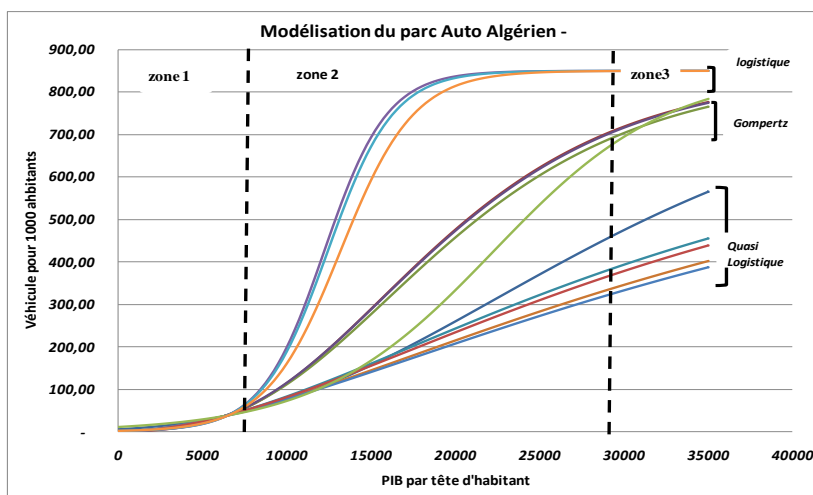
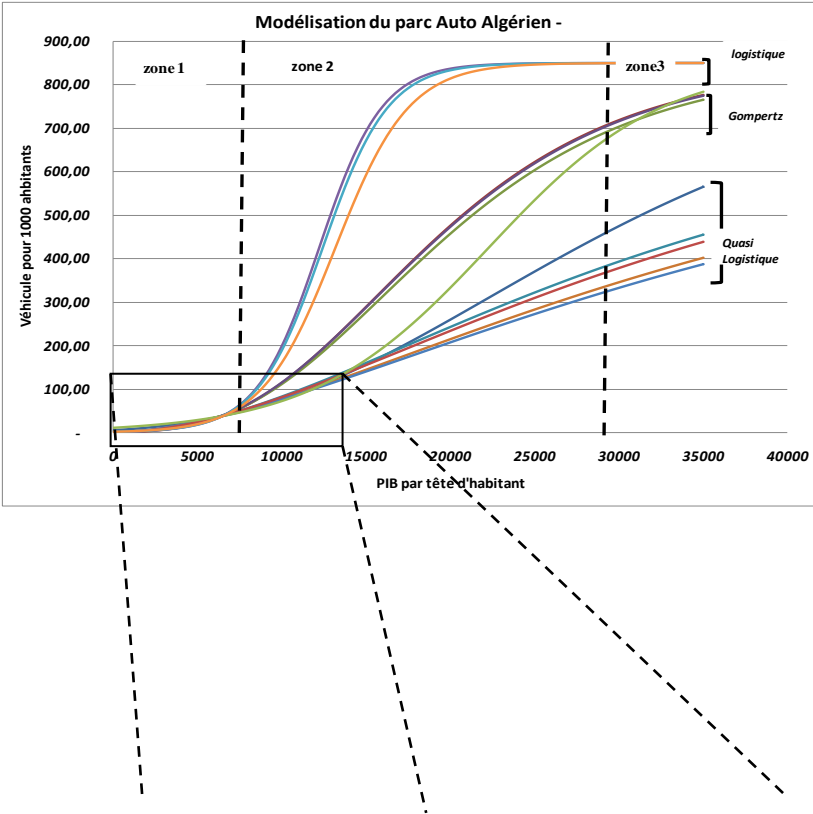


Figure 9: projection du parc auto algérien par le biais des trois modèles

La différence entre les trois modèles devient plus accentuée une fois on passe à des valeurs élevées de PIB. Les modèles quasi-logistique et logistique dévient considérablement par rapport à la réalité, et ils deviennent non significatifs. Pour cette raison, nous avons trouvé que la littérature préconise beaucoup sur l'utilisation du modèle de Gompertz.

Étant donné qu'on s'intéresse à des pays à faible PIB, nous avons agrandis la première zone dans le graphique suivant. Au delà du PIB actuel (7700), le parc auto algérien pourrait évoluer selon les différents scénarios illustrés sur la courbe (9). Nous avons deux scénarios issus de la courbe de Gompertz représentent l'évolution la plus probable. Les trois scénarios représentant les cas le plus pessimiste sont issus de la courbe de logistique. Finalement, les autres scénarios issus de la courbe quasi-logistique présentent les cas le plus optimiste.



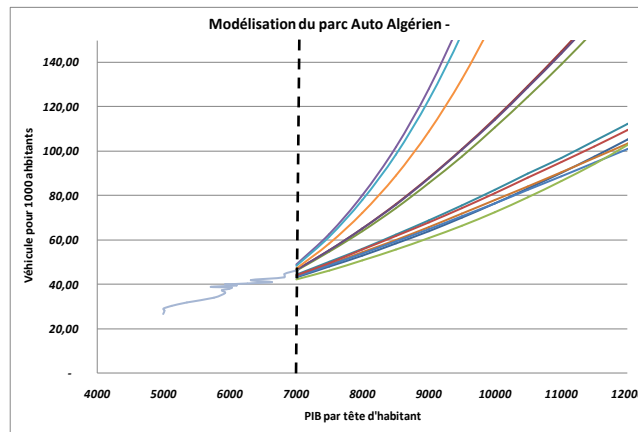


Figure 9: projection du parc auto algérien par le biais des trois modèles

6- CONCLUSION

Les modèles fournis par la littérature scientifique relatifs à l'évolution des parc auto dans les pays ont permis de cerner de manière acceptable les paramètres les plus importants qui influent considérablement sur la possession des véhicules. Il en ressort que la richesse créée par les pays mesurée par le PIB demeure un déterminant important de la modélisation des parcs auto au détriment d'autres paramètres regroupant le prix des véhicules, carburant, la taille du réseau de transport ...etc. Ce constat est renforcé par le fait qu'au niveau international, l'évolution du parc auto en fonction du PIB suit des courbes plus ou moins identiques entre les pays.

En dehors des variables caractérisant le comportement des individus dans la possession des véhicules, cette étude nous a permis de mettre en évidence l'influence de la richesse nationale PIB sur leur niveau du parc auto algérien. L'objectif étant d'analyser la répartition des véhicules en fonction de PIB des différents pays dont l'information accessible à partir de la base de la banque mondiale FMI. Il sera ainsi possible d'établir des scénarios d'évolution du parc auto tout en considérant les pays comme des sections par la modélisation de données panels.

Nous avons conçu notre méthodologie de calcul en tenant compte des données disponibles à partir desquelles cette modélisation était envisageable. Nous avons utilisé le niveau de parc pour 1000 habitants comme variables indépendante et le PIB par 1000 habitants comme variable dépendante. Cependant, compte tenu de la longue période d'étude requise par la modélisation, nous avons eu besoin d'un historique de 30 ans. En outre, les modèles théoriques retenus pour l'étude comportent l'équation de Gompertz, quasi-logistique et logistique. Ce choix est justifié par le fait que l'évolution du parc auto en fonction du PIB a une allure d'une courbe en S ayant une saturation à des PIB élevé proche de 1. Etant donné l'estimation en données de panels est la plus appropriée à notre cas, les modèles précédents ont été calibrés selon les hypothèses suivantes : les paramètres sont constants pour tous les panels, un certain nombre de paramètres sont constants pour tous les pays. et finalement tous les paramètres sont variables par pays. Et estimation de ces derniers se fait en transformant les

modèles utilisés sous la forme linéaire, sans introduire des changements au niveau des équations. Les modèles ayant les paramètres constants étaient statistiquement moins significatifs par rapport à ceux définis par les deux autres hypothèses. De plus, nous avons varié les pays dans les différents panels étudiés avec le maintien des Etats-Unis, de l'Inde et la Chine dans tous les panels afin de voir leur influence sur les paramètres estimés. La conclusion obtenue de notre étude est que la courbe de Gompertz est la plus indiquée pour cette modélisation. Grâce à cette courbe, nous avons pu générer des scénarios du parc auto algérien qui constituent notamment un résultat d'importance considérable pour la planification des infrastructures de transport et les capacités de raffinage.

Ces scénarios ont été développés pour faire la prévision au delà de 2002. A cette date la richesse nationale été évaluée à 7700 \$ par tête d'habitant et le parc de véhicules était à 56 véhicules par mille habitants. Selon la tendance actuelle de l'évolution du PIB qui est à 5%, nous avons estimé le parc à l'horizon 2020 tout en admettant que le PIB de l'Algérie augmenterait de 5% par an. En 2020, l'Algérie aurait un parc auto de taille de 230 véhicule par 1000 habitants pour un PIB 18000 \$ par tête d'habitant.

7- Recommandations

Finalment, les recommandations issues de cette étude sont les suivantes :

- ✓ Les modèles utilisés pourraient être améliorés en intégrant d'autres variables ayant une influence sur le parc auto.
- ✓ Les résultats obtenus pourraient faire l'objet de comparaison avec les modèles non agrégés c.-à-d. estimation de chaque type de véhicule à part. Cette dernière méthode exige la disponibilité des données.

Références bibliographiques :

Les ouvrages :

1. **BADI H. Baltagi** - Panel Data Econometrics .- 1 éd.-London, 2006
2. **BOURBONNAIS. Régis** -Econométrie .-6 éd.-Paris : Dunod, 2005
3. **CASIN. Philippe** - Econométrie, Methodes et Applications avec Eviews. – éd.. Paris, Technip, 2009
4. **CHRISTOPHE. Hurlin.**-Econométrie des données de panel modèle linéaire simples.- Ecole Doctorale Edocif-Séminaire Mé-thodologie, 2004
5. **DAMODER N.GUJARATI.**- Econométrie.- traduction de la 4 éd. -Américaine par Bernard Bernier, éd.- Déboék Paris. 2004
6. **GREENE. William.** -Econométrie. - New York University 5 éd. . Française dirigée par Didier Schlachter IEP, Paris
7. **JACK Johnston. .DINARDO John.**- Méthodes économé-triques.- éd.- Economica Paris, 1999
8. **JEFFREY M. .WOOLDRIDGE.** - Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data.- London, England
9. **JOUMARD. Robert.** -Transport routier-parc, usage et émis-sions des véhicule en France de 1970 à 2025. – 1 Version, 2010
10. **LERAT. Serge.** - Les transports dans le monde. - Bréal éditeur 310-320, bd de la Boissière-93100 Montreuil
11. **MICHEL. Hubert.** - Les couts environnementaux de l'automobile.- éd.. Ifen, 2004
12. **SEVESTERE. Patrick.** - Econométrie des données de panel. – éd. -XII Val de Marne Paris : Dunod, 2002
13. **STAZU. Vania. . STRAZZERA Elisabette.** - A panel data analysis Of domestic electric consumption in a Mediterranean region. - University of Cagliari, Italy, 2006.

Les études :

1. A panel data analysis of electricity demand in Pakistan / **AZAM Amjad Chaudhry** In: the labore Journal of Economics, 2010, pp. 75-106

2. Fuel Demand and Car Ownership Modeling in India / **BOUACHERA. Taoufik .MAZRAATI. Mohamed**

In: Algerian Petroleum Institute (Algeria),2006

3. Evolution du parc automobile Français entre 1970 et 2020 / **BOURDEAU Béatrice** Projet de thèse Doctorat et Ingénierie de l'environnement, à Université de Savoie-Chambéry, France

Dundee, June 1996

4. Analysis of oil consumption with dynamic panel data models / **WEBB. Michael** In: England, August, 2006

Colloque : Caractérisation du parc de véhicule algérien et son usage/ **BOUGHEDAOU M. JOURMARD R.** Colloque international de l'environnement et transports dans des contextes différents à Algérie, 2009

Mémoire :

MEZENNER Wahiba. .ZANABI Mounia.-Analyse par la méthode des données de panel l'estimation des modèles du parc auto.-ENSSEA, 2011.

OUARET. Rachid.- Déterminants de la migration internationale : estimation par les modèles de comptages en données de panels.- ENSSEA, 2009