

Une analyse des composantes principales (ACP) pour une meilleure étude économétrique: Cas pratique sur le choix des variables explicatives de la production dans l'entreprise Générale Emballage

Principal components analysis (PCA) for a better econometric study: Case study on the choice of explanatory variables for production at Générale Emballage

Katia MERZOUK^{(1)*} ; Laid BOUZARA⁽²⁾.

⁽¹⁾Université Alger3, laboratoire de recherche capital humain et de performance., Algérie, merzouk.katia@univ-alger3.dz

⁽²⁾ Université Alger3, Algérie, bouzara.laid@univ-alger3.dz

Date de réception: 13/09/2024 - Date d'admission: 05/12/2024 -Date de publication: 22/12/2024.

Le résumé :

L'objectif de cette étude est de montrer l'importance de l'étude d'analyse des données avant de procéder à une étude économétrique. Nous présentons quelques connaissances sur les deux études, à savoir ; l'analyse des données par ACP (l'analyse des composantes principales) et par l'économétrie. L'ACP joue un rôle important pour montrer la liaison entre les variables ainsi que le type de corrélation, cependant l'économétrie mesure la relation existante entre les variables.

En économétrie nous rencontrons plusieurs problèmes causés par le mauvais choix des variables explicatives de l'évènement à étudier, ce qui donne une estimation biaisée.

Dans le cas pratique nous avons opté à estimer par MCO la fonction de production en utilisant les variables désignées par les

* Auteur correspondant.

experts, même si les résultats de l'estimation ne sont pas significatifs, alors que nous avons fait appel à l'ACP pour définir les variables explicatives de la production.

Mots-Clés : ACP ; économétries ; signification de modèle; corrélation. Analyse multivariée.

Abstract :

The objective of this study is to show the importance of the data analysis study before proceeding to an econometric study. We present some knowledge about the two studies, namely; data analysis by PCA (analysis of major components) and by econometrics. PCA plays an important role in showing the linkage between variables as well as the type of correlation, however econometrics measures the relationship between variables.

In econometrics we encounter several problems caused by the wrong choice of the explanatory variables of the event studied. So that gives a biased estimate.

In the practical case we have opted to estimate by MCO the production function using the variables designated by the experts, even if the results of the estimate are not significant, So we used the CPA to define the explanatory variables of production.

Keywords: PCA; econometric; significations of the model; correlation; Multivariate analysis.

1. INTRODUCTION:

Dans le cadre des études économétriques, le choix des variables explicatives est crucial pour construire des modèles pertinents et fiables. Cependant, la présence d'un grand nombre de variables peut rendre le processus complexe et introduire des redondances ou des corrélations élevées, conduisant à des biais dans les estimations. L'analyse des composantes principales (ACP) est une méthode statistique utilisée pour réduire la dimensionnalité des données, tout en conservant l'essentiel de l'information. Cette étude se propose d'appliquer l'ACP pour optimiser le choix des variables explicatives de la production dans l'entreprise Générale Emballage.

L'économétrie est considérée comme l'une des méthodes quantitatives les plus utilisées dans les domaines portant sur l'analyse approfondie de la production et la productivité. La spécificité de cette méthode est de construire un modèle qui décrit les pressions des phénomènes sociaux notamment l'économie, sous une forme mathématique. L'efficacité de l'économétrie se traduit à travers la construction de modèle fiable, qui dit un bon modèle dit une bonne explication de phénomène et une bonne prévision future⁽¹⁾.

L'économétrie est confrontée aux multiples problèmes liés pratiquement aux choix des variables constructives du modèle, soit par l'oubli ou ajout d'une variable. Ce mauvais choix conduira à un manque de signification individuelle de ces variables qui se résulte à une perturbation globale de modèle lui-même.

Dans le cas de mauvais choix des variables, nous aurons une faiblesse dans l'explications et représentation de phénomène étudié et aussi nous ne pouvons pas utiliser ce modèle pour avoir une prévision future et d'avoir une estimation sans biais.

La difficulté dans la résolution de l'estimation biaisé est de connaître exactement la cause ; si cette est relative au niveau des variables, nous pourrions poser davantage plusieurs question qui dirigerons nos analyse à savoir : quelle est la variable oubliée ? Ou quelle est la variable intrus à éliminer dans le modèle ? Et quel sont les variables exactes qui peuvent expliquer le phénomène étudié ?

Pour éviter toutes ces difficultés, nous devons appliquer une analyse des données avant la construction de modèle économétrique. Une analyse des données de type analyse des composante principales facilite la tâche de vérifier l'existence d'une relation entre différentes variables. Aussi, ACP⁽²⁾ donne le type de relations existantes entre ces variables (une relation positive ou négative).

(1) Didier MAILLARD, **Les outils de l'analyse économique et financière**, Bréal édition, 1, rue de Rome 93561 Rosny cedex, décembre 1992, p 190.

(2) ACP (Analyse des composants principaux)

2. L'inscription théorique de l'étude :

Dans l'analyse économétrique, le choix des variables explicatives est fondamental pour la construction de modèles fiables. Cependant, l'inclusion d'un grand nombre de variables peut introduire des problèmes tels que la multicolinéarité, rendant les estimations instables et réduisant la qualité prédictive des modèles. Il devient alors nécessaire de réduire la dimensionnalité tout en conservant l'essentiel de l'information pertinente. C'est dans ce contexte que l'analyse des composantes principales (ACP) s'impose comme une méthode adéquate pour sélectionner les variables explicatives les plus pertinentes.⁽³⁾

L'ACP est une technique de réduction dimensionnelle qui transforme un ensemble de variables corrélées en un nouveau jeu de variables non corrélées appelées « composantes principales ». Ces composantes principales résument la variance des données d'origine, permettant d'identifier les facteurs clés sans perdre une part importante de l'information. Elle est particulièrement utile lorsqu'il y a de fortes redondances entre les variables.

3. Concepts et définition

3.1 Econométrie :

Pour que l'explication d'un phénomène social observé soit quantifiée, le recours vers une méthode économique semble être pratique pour une explication chiffrée de phénomène.

Parmi les méthodes utilisées, nous avons penché notre étude sur l'économétrie. Ce dernier est un outil d'analyse quantitative utilisé pour vérifier et mesurer les relations existantes entre des phénomènes sociaux, spécifiquement les phénomènes économiques (une relation entre une ou plusieurs variables explicatives et une variable

(3) LE GALL, P (2008). Les modèles économiques : perspectives méthodologiques et historiques Note critique sur How Economists Model the World into Numbers de Marcel Boumans. Revue d'Histoire des Sciences Humaines, 2008/2 n° 19. pp. 211-221. <https://doi.org/10.3917/rhsh.019.0211>.

expliquée), qui prendra par la suite une représentation sous forme d'une formule mathématique ou sous forme des modèles de régression.⁽⁴⁾

Dans la plupart des relations économiques nous distinguons l'existence de plusieurs variables qui définissent le comportement de phénomène économique. Mais, la régression linéaire multiple⁽⁵⁾ est utilisée dans la majorité des problèmes. Ce modèle est aussi appelons le modèle linéaire général et qui s'écrit sous la forme suivant :

$$Y_t = a_0 + a_1X_{1t} + a_2X_{2t} + \dots + a_kX_{kt} + \varepsilon_t \text{ pour } t= 1, \dots, n$$

Avec :

Y_t = variable à expliquer à la date t ;

X_{1t} = variable explicative 1 à la date t ;

X_{2t} = variable explicative 2 à la date t ;

X_{kt} = variable explicative k à la date t ;

$a_0, a_1, \dots, a_k$ = paramètres du modèle ;

ε_t = erreur de spécification, cette erreur est inconnue et restera inconnue ;

n = nombre d'observations.⁽⁶⁾

Après avoir défini le modèle approprié au problème étudié, nous passons à l'étape d'estimation des paramètres du modèle.

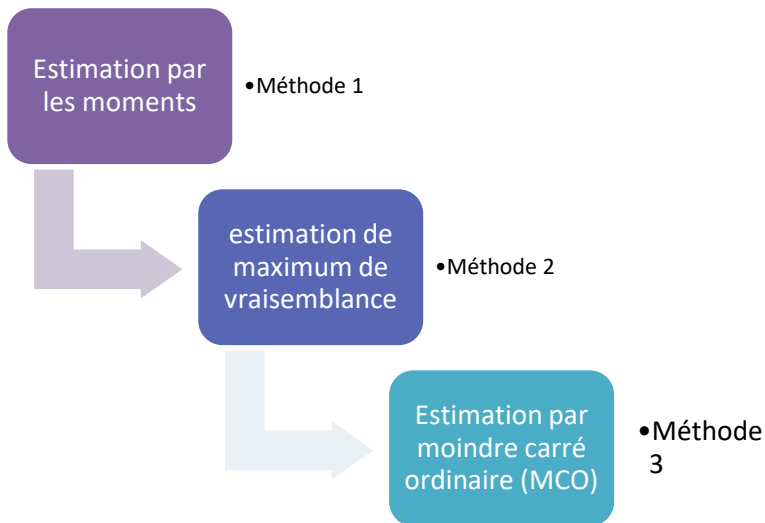
En effet, il existe trois méthodes d'estimations non biaisés à savoir l'estimation par les moments, l'estimation de maximum de vraisemblance et l'estimation par moindre carre ordinaire MCO.

Figure N° 1 : Méthode d'estimation non biaisé

(4) Régis Bourbonnais, **Économétrie. Cours et exercices corrigés**. DUNOD 9e édition 2015.pp 02-05.

(5) Didier MAILLARD, op.cit, p 191.

(6) Régis Bourbonnais, op.cit , p 47-48



Source : Réalisé par nos soins

D'après le théorème de Gauss- Markov l'estimateur des MCO des paramètres de modèle est **BLUE** (Best Linear Unbiased Estimator) qui signifie que l'estimateur MCO est sans biais et efficace, et il devient le meilleur estimateur sans biais des paramètres de modèle⁽⁷⁾.

L'application de la méthode MCO consiste que le modèle avait les hypothèses suivantes :

1. Les variables X et Y sont observer sans erreurs ; ;
2. Le terme d'erreurs suit une loi de distribution normale (**hypothèse de normalité**) ;
3. Le terme d'erreurs est de moyenne nulle (**hypothèse fondamentale**) ;
4. Sa variance est constante (**hypothèse d'homoscédasticité**) ;

(7) François-Eric Rociot, Raymond Théoret, **Traité d'économétrie financière, Modélisation financière**, presses de l'université du Québec, 2001, p 46-47.

5. Il n'y pas de corrélation entre les termes d'erreurs **(hypothèse d'indépendance des divers observations)** ;
6. il n'existe pas de relation linéaire exacte entre les X_k , **(absence de colinéarité)**.

Dans le cas l'une des hypothèses est outragée, l'estimation par MCO n'est donc pas valable. Pour chaque violation d'hypothèse nous rencontrons un problème particulier.

Avant d'aborder les problèmes liés aux violations de ces hypothèses, nous examinerons d'abord la signification individuelle de chaque variable explicative ainsi que la pertinence globale du modèle de régression.

3.1.1 La signification de la régression :

Une fois les variables explicatives sélectionnées pour la construction d'un modèle économétrique visant à expliquer et prédire le phénomène étudié, l'étape suivante consiste à procéder à l'estimation du modèle. La première démarche après cette estimation est de valider le choix des variables en effectuant un test de la significativité individuelle de chacune des variables explicatives, ainsi qu'un test de la significativité globale du modèle afin d'évaluer la capacité collective des variables à expliquer la variable dépendante.

3.1.2. La signification d'un seuil de coefficient :

Pour tester la signification de chaque variable explicative nous avons trois tests, le test d'hypothèse Bilatéral, test d'hypothèse unilatéral et le test le plus utilisé est le test de T. Student.

3.1.3. La signification globale d'une régression :

Le test de Fisher-Snédecor permet d'évaluer la significativité des variables d'un modèle. Si la probabilité associée à ce test est inférieure à 5 %, cela signifie que les variables sont significatives et que le modèle est valide. Dans le cas contraire, le modèle n'est pas validé.

Le coefficient de détermination (R^2) quantifie la qualité de l'ajustement du modèle sur l'échantillon, en indiquant la proportion de

la variance expliquée. Sa valeur exprime également le pourcentage de prévision du modèle en dehors de l'échantillon.

Une fois les significations de la régression vérifiées, il est nécessaire de s'assurer qu'il n'y a pas de violations des hypothèses sous-jacentes.

3.1.4. Problèmes de violation des hypothèses:

Le non-respect des hypothèses précédentes entraîne principalement trois problèmes classiques :

Premièrement, **si l'hypothèse n°3**, qui stipule que « le terme d'erreurs a une moyenne nulle », n'est pas respectée, cela signifie que l'espérance mathématique du terme d'erreurs est différente de zéro, ce qui provoque un problème d'autocorrélation des erreurs. Ce problème est souvent dû à l'absence d'une variable explicative importante dans le modèle.

Deuxièmement, lorsque l'hypothèse **d'homoscédasticité** est violée, c'est-à-dire si la variance du terme d'erreur n'est pas constante, cela engendre un problème **d'hétéroscédasticité**. Ce phénomène se produit principalement lorsqu'une même valeur de la variable à expliquer est associée à des valeurs différentes d'une variable explicative.

Enfin, la multicolinéarité est un autre problème lié à la violation des hypothèses classiques dans les estimations par MCO. Elle survient lorsqu'il existe une dépendance linéaire entre les variables explicatives.

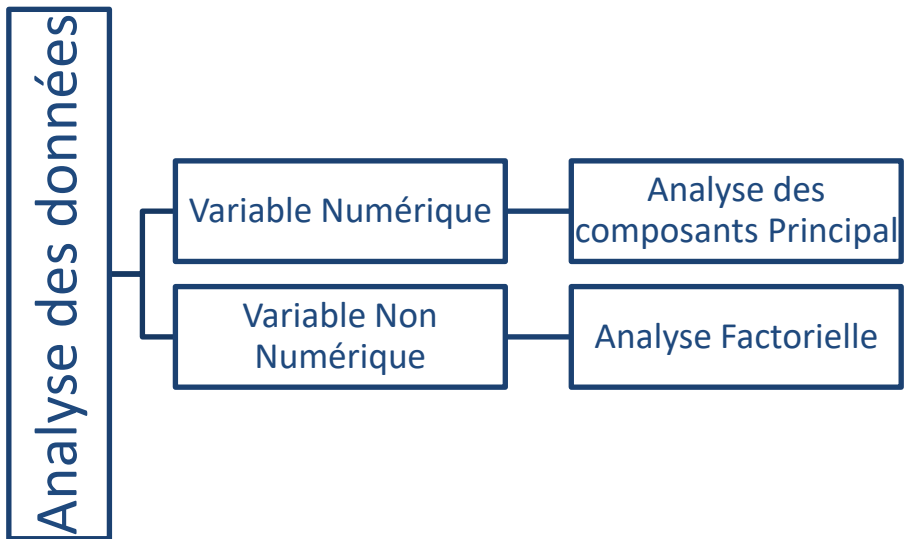
Ces trois problèmes sont majoritairement causés par les variables explicatives, bien que d'autres facteurs puissent aussi intervenir. Il est donc pertinent de résoudre ces problèmes en agissant sur les variables explicatives lorsque celles-ci en sont la cause.

3.2. Analyse des données :

L'analyse des données (L'ADD) est l'ensemble de méthodes descriptives visant à résumer et visualiser les nombreuses données

contenues dans un tableau. L'objectif de ces méthodes est de simplifier, visualiser et synthétiser les informations.

Lorsque les variables sont regroupées en un seul ensemble, trois méthodes d'analyse peuvent être utilisées. Si les variables sont **numériques**, on opte aux **méthodes des Analyse en Composantes Principales (ACP)**. Si les variables **ne sont pas numériques**, on opte aux deux méthodes appropriées, dont **l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et Analyse de Similarité⁽⁸⁾**.



Source : Réalisé par nos soins

3.2.1 Analyse en Composantes Principales (ACP) :

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) consiste à transformer des variables liées entre elles dites "**corrélées**" en nouvelles variables **dé-corrélées** les unes avec les autres. Ces nouvelles variables sont nommées "COMPOSANTES PRINCIPALES". Elle permet aux praticiens de réduire l'information en un nombre de composantes plus limité que le nombre initial de variables.

(8) Messaoud ZEROUTI, **STATISTIQUE ET ANALYSE DE DONNEES**, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MANAGEMENT "ENSM" Pôle universitaire de Koléa, Tipaza, 2018/2019 , p 79.

Cependant, l'usage de l'ACP a pour objectif de

- établir des liaisons entre variables
- Réparti des individus les uns par rapport aux autres, en relation avec les variables traitées.

4. Etude de cas et analyse des données Cas Entreprise (Général Emballage)

4.1. Présentation de l'entreprise :

Le siège social de la société est situé à la zone industrielle d'Akbou 06200 (w) Bejaia, ALGERIE. Concernant sa forme juridique, l'entreprise General Emballage est une SOCIETE à par actions dont le capital social est de deux milliards de dinars algeriens par conversion du compte courant associe suite à la résolution N°02 de l'Assemblée générale extraordinaire tenue le 30 juin 2009⁽⁹⁾

4.2 Estimation de la production dans l'entreprise Générale Emballage :

D'après les experts de l'estimation de la production dans cette entreprise, ils prévoient la quantité produite des mois future par :

- le nombre des jours de travail de le mois associe (totale des jours de mois moins le nombre des jours ferries et la fin de semaine).
- Le mois de ramadan ayant un grand effet sur la production.
- La moyenne de la production du mois j durant les années passe.
- Un coefficient de mois qui est déterminé par l'expert d'après une longue durée d'expérience, tel qu'il existe des mois qui connaissent une augmentations de production et d'autres un pique de recule de production, et aussi des mois dont la production est stables.

4.2.1 Résultat une étude économétrie sans faire ACP :

Dans notre cas pratique, nous avons pris les variables utilisées par les experts pour fonder un modèle économétrique, de tel nous avons formés un tableau de séries des variables dans le temps :

(9) Donnée interne Générale Emballage AKBOU

1. **La série qp_t** , c'est la quantité produite pendant les années 2005 à 2021 pour chaque mois ;
2. **La série jt_t** , c'est le nombre des jours de travail de chaque mois pendant 2005 jusqu'à 2021.
3. **La série rm_t** , c'est le nombre des jours de ramadan dans chaque mois de 2005 à 2021.

Dans le but d'unifier les unités de mesures de ces séries, nous avons optés à **la transformation logarithme**, dont nous avons estimé la production par la méthode des moindres carrés ordinaires sur **logiciel eviews.9**, en utilisant la logique suivie par les experts de l'entreprise, comme suit :

Tableau N° 01 : Estimation de la production selon les variables utilisé par les experts

Sample (adjusted): 2016M06 2021M05				
Included observations: 12 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.038679	3.402471	1.480888	0.1769
LOGQP(-12)	0.047457	0.391881	0.121100	0.9066
LOGRM	-0.001638	0.079027	-0.020726	0.9840
LOGJT	1.233822	1.098656	1.123029	0.2940
R-squared	0.197077	Mean dependent var		9.199367
Adjusted R-squared	-0.104019	S.D. dependent var		0.188421
S.E. of regression	0.197978	Akaike info criterion		-0.140115
Sum squared resid	0.313564	Schwarz criterion		0.021520
Log likelihood	4.840691	Hannan-Quinn criter.		-0.199958
F-statistic	0.654534	Durbin-Watson stat		0.282705
Prob(F-statistic)	0.602318			

Source : auteur via Eviwes9.

L'équation de ce modèle est de la forme suivante :

$$\text{LOGQP} = 5.03867916987 + 0.047456848413 \cdot \text{LOGQP}_{(-12)} - 0.00163793591405 \cdot \text{LOGRM} + 1.23382199454 \cdot \text{LOGJT}.$$

Nous remarquons que la signification individuelle de toutes les variables n'est pas vérifiée, leurs probabilités de T.Student sont toutes supérieures au 05%, et aussi la signification globale du modèle n'est pas vérifiée car la probabilité de Fisher = 60.23% est supérieure à

05%. Le coefficient détriment $R^2= 0.1970$ qui signifie que ce model explique juste 19.70% de la variable de la production.

Nous constatant que les variables explicatives utilisées par les experts de l’entreprise expliquent le phénomène de la production d’un pourcentage égale à **19.70% de processus de la production**. Malgré l’avis et l’expérience des experts, il est à signaler que les variables choisies par eux **ignorent plus de 80% de comportement de la production**.

Pour connaitre d’où vient le problème du non significations des variables et la non significations globale malgré les variables sont validées par les experts, nous avons opté à faire une analyse ACP pour toutes les variables qui peuvent expliquées la production.

4.3. Une ACP pour les variables de modèle

Nous avons appliqué une analyse d’ACP par XSTAT pour les même variables précédentes, nous avons juste remplacé la variable de nombre des jours de travail des chaque mois jt , par la variable nombre de heurs de travail par chaque mois car nous avons remarqué qu’il y a de mois où le nombre de jour de travail est supérieur aux autre mois mais les heures de travail de ce mois ne sont pas forcément supérieur aux autre mois. Et aussi nous avons ajouté une nouvelle variable qui est la quantité des commandes de chaque mois.

Tableau N°02 : Les données de l’ACP:

Observation	Année	mois	Heures de travail(heur trv)	Mois de ramadan (rmd)	La quantité produite (qp)	Quantité de commande (cmd)
Obs1	2015	janvier	1 073,80	1	6588,88	1 542
Obs2	2015	février	1 116,03	1	7001,28	1 874
...	...	...	...	...	...	...

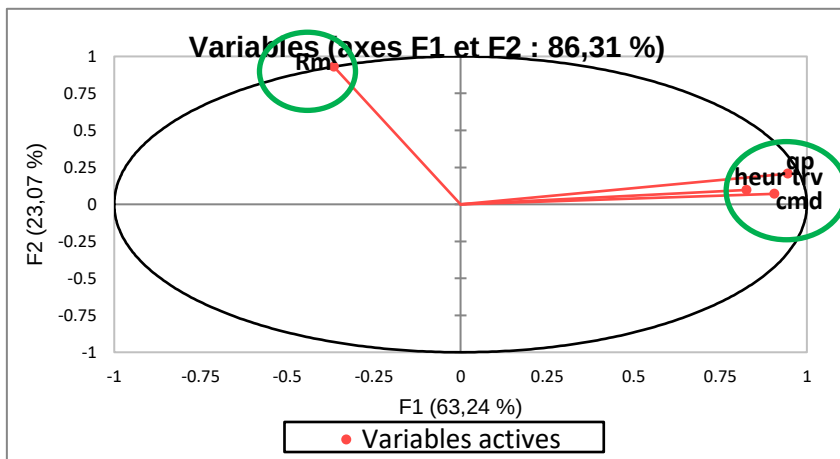
Obs6	2015	juin	1 475,04	13	8862,71	1 950
Obs7	2015	juillet	1 406,80	16	7204,26	1 412
...	...	...	...	...	...	...
Obs84	2021	décembre	1 784,01	1	11691,42	3 129

Source : données de service contrôle de gestion.

L'application de l'ACP sur ce tableau de donnée nous obtenons deux graphiques importants :

4.3.1. Le cercle de corrélation :

Graphique n°01 : analyse multivariée des variables



source : auteur via XLSTAT .

L'axe horizontal est la première dimension de l'ACP qui **représente 63.24%** d'information (inertie), et l'axe verticale est la deuxième dimension d'inertie égale à **23.07 %**, donc ce cercle représente 86.31% de la totalité d'information des données.

Les lignes rouges dans ce cercle représentent les variables, de telle toutes les variables séparées par un angle aigu sont corrélées

positivement, les angles droits reflètent une indépendance et les angles obtus représentent des corrélations négatives.

Nous remarquons dans le graphique ci-dessus deux groupes des variables fortement corrélées positivement entre elles et qui sont entourés par le cercle.

Groupe (1) : composé des variables suivantes : qp , heure tv, cmd

Groupe (2) : représenté uniquement par la variable Rm.

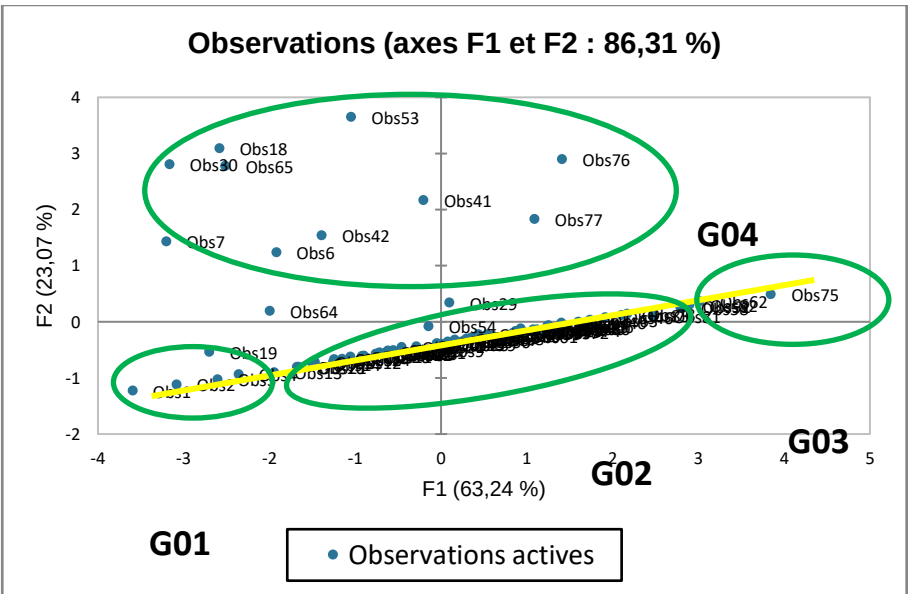
Interprétation : l'interprétation se fait par rapport aux deux axes (F1 et F2).

Par rapport à l'axe 1 (F1) : les variables qp , cmd et heure tv sont corrélés positivement entre elles et indépendantes de la variable Rm .

Par rapport à l'axe 2 (F2) : les variables de groupe (1) sont fortement corrélées positivement.

4.3.2. Le graphique des observations :

Graphique n°02 : l'analyse multivariée des observations



source : auteur via XLSTAT .

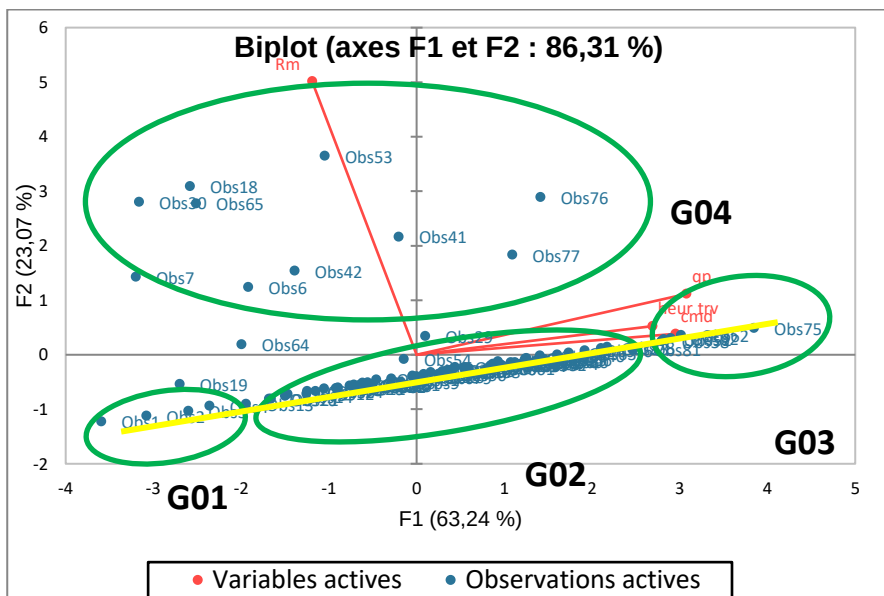
L'analyse multivariée des observations consiste à superposer le graphique des valeurs propres et celui des observations afin d'en tirer une interprétation optimale. De ce fait, on peut procéder à l'interprétation suivante :

Le graphique des observations montre que l'analyse multivariée des observations dégage une droite croissante, celle-ci est caractérisée par trois groupes et aussi un groupe d'observations qui sont au-dessus de la droite.

Afin de bien comprendre la signification de ce regroupement d'observations dans le graphique nous allons fusionner l'analyse multivariée des variables avec l'analyse multivariée des observations dans un **graphique Biplot**.

4.3.3. Le graphique Biplot :

Graphique n°02 : analyse multivariée des variables et l'analyse multivariée des observations



source : auteur via XLSTAT .

La majorité des observations se focalisent sur la droite, nous avons remarqués trois groupes sur cette droite.

Groupe 01 : contient au maximum 06 observations (obs1, obs2, obs3, obs4, obs13, obs19) que signifie que dans ces mois nous avons une faible valeur de la quantité de la production, la quantité de la commande et les heures de travail.

Groupe 02 : c'est le regroupement le plus fort des observations dans cette analyse qui induit que la plupart des observations sont autour de la moyenne des trois variables (qp, cmd, heur tv).

Groupe 03 : il contient quelques observations qui sont les piques (des grandes valeurs) des 03 variables (qp, cmd, heur tv).

Le quatrième groupe qui est en dehors de la droite représente les mois où nous avons le mois de ramadhan dans notre étude, environs dix observations.

5. Conclusion :

D'après l'analyse des composantes principales ACP, l'analyse multivariée des variables indique que la quantité de la production mensuelle liée positivement avec la quantité des commandes et les heures de travail de même mois. L'analyse multivariée des observations confirme que la majorité des observations sont corrélées avec les variables qp, cmd et heur tv.

Les résultats de l'ACP nous donnent une idée pré-estimation sur la forme de modèle économétrique qui peut expliquer les quantités produites. D'après l'ACP nous avons prouvés que le mois de ramadhan n'a pas de relation avec les quantités produites, et ces dernières sont corrélées positivement avec la commande et les heures de travail. La grande concentration des observations sur la droite qui regroupe les variables qp, cmd et heur tv indique que les données de l'étude sont représentées par ces variables.

Le modèle de la régression linéaire multiple que nous pouvons déduire de l'ACP et en introduisant la fonction logarithme pour objectif d'unifier les unités de mesure, résulte le modèle suivant :

$$\text{Logqp}_t = c + a_1 \text{logcmd}_t + a_2 \text{logheurtv}_t + \varepsilon_t$$

Dans des cas où un phénomène étudié est hors de sa forme théorique et nous ne savons pas quelles sont les vraies variables qu'il explique, nous fusionnons entre les variables données par les experts de ce phénomène et les variables qui sont déjà défini dans la théorie économique. Nous appliquons une ACP à cet ensemble des variables et la variables à expliquer pour déduire quelles sont les vraies variables explicatives à ce phénomène et quel est le type de relations entre –elles (positive ou négative).

Cette analyse a pour objectif de former un modèle de régression linéaire pré-estimative qui facilité la construction d'un modèle économétrique avec une signification individuelle de toutes ces variables explicatives et aussi une signification globale du modèle.

Bibliographie :

- Didier MAILLARD , **Les outils de l'analyse économique et financière**, Bréal édition, 1,rue de Rome 93561 Rosny cedex ,décembre 1992, p 190
- François-Eric Rocicot, Raymond Théoret, **Traité d'économétrie financière, Modélisation financière** , presses de l'université du Quebec , 2001, p 46-47.
- Régis Bourbonnais, **Économétrie. Cours et exercices corrigés**. DUNOD 9e édition 2015.
- Samuel AMBAPOUR, **Introduction à l'analyse des données** , BAMSİ B.P. 13734 Brazzaville , 04/2003, p 06.
- Bernard Colin , **Études de cas en analyse des données**, départements de mathématiques Faculté des Sciences Université de Sherbooke, Rapport de recherche No 177
- Messaoud ZEROUTI, **STATISTIQUE ET ANALYSE DE DONNEES**, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MANAGEMENT "ENSM" Pôle universitaire de Koléâ, Tipaza, 2018/2019 , p 79.

- Mohamed BELHEDI, **Cours d'économétrie II**, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sousse.
- LE GALL, P (2008). Les modèles économiques : perspectives méthodologiques et historiques Note critique sur How Economists Model the World into Numbers de Marcel Boumans. *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, 2008/2 n° 19. pp. 211-221. <https://doi.org/10.3917/rhsh.019.0211>.