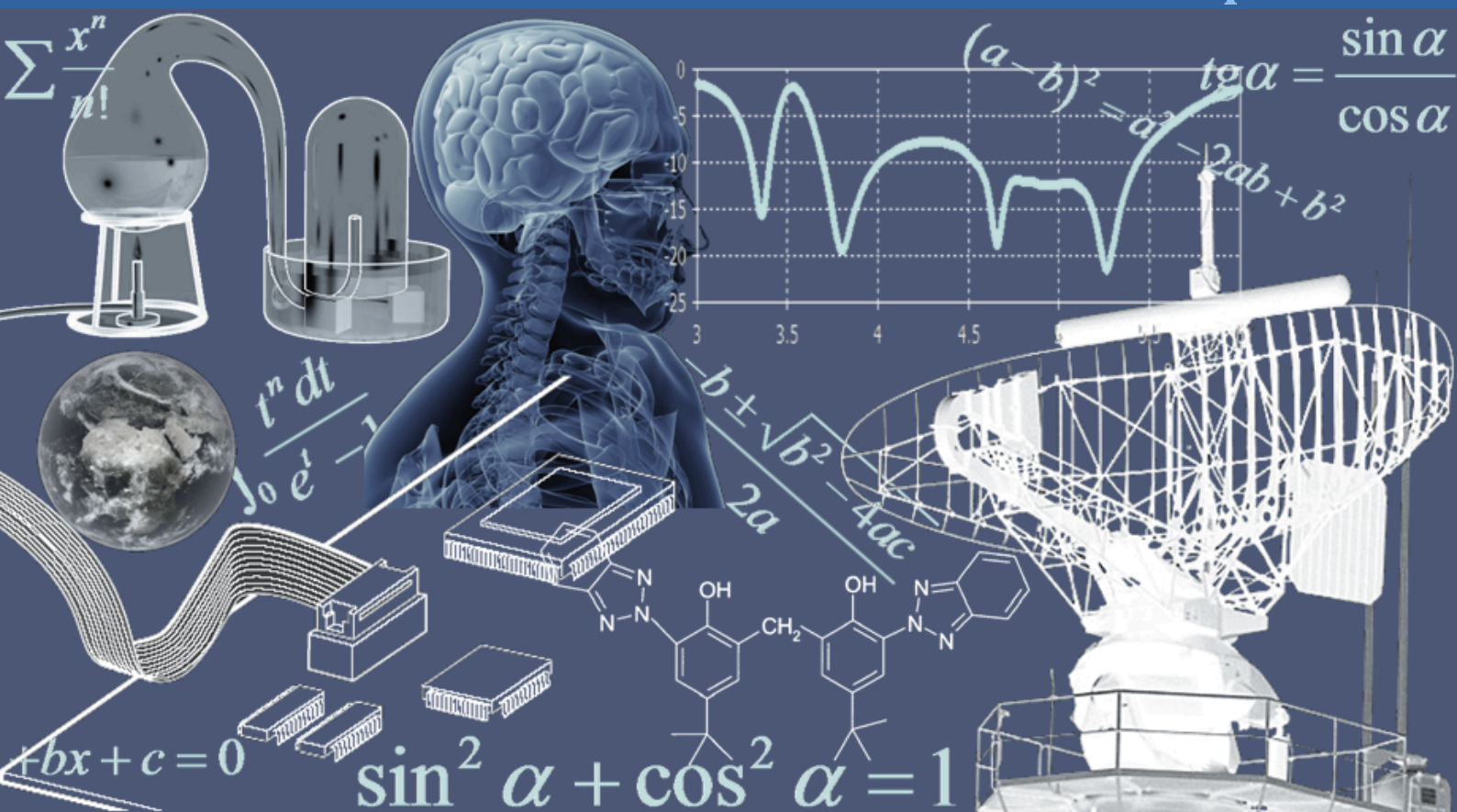


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 26 N. 1 April 2019



International Peer Reviewed Monthly Journal



## ***International Journal of Innovation and Applied Studies***

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceuticals, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

## *Editorial Advisory Board*

**Amir Samimi**, Islamic Azad University, Iran  
**Mahsa Ja'fari**, Department of Chemical Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran  
**Alin Velea**, Paul Scherrer Institute, Switzerland  
**Kamyar Hasanzadeh**, Aalto University, Finland  
**Ogbonnaya N. Chidibere**, University of East Anglia, United Kingdom  
**Oumair Naseer**, University of Warwick, United Kingdom  
**Wei Zheng**, University of Texas Health Science Center at San Antonio, USA  
**Hu Zhao**, University of Southern California, USA  
**Haijian Shi**, Kal Krishnan Consulting Services, Inc, USA  
**Syed Ainul Abideen**, University of Bergen, Norway  
**Fabio De Felice**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Giovanni Leonardi**, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy  
**Siham El Gouzi**, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain  
**Mohamed KOSSAI**, European Business School EBS Paris, France  
**Mustafa Batuhan AYHAN**, Marmara University, Turkey  
**Andrzej Klimczuk**, Warsaw School of Economics, Poland  
**Corinthias P. M. Sianipar**, Tokyo University of Science, Japan  
**Irfan Jamil**, Sinohydro Engineering, China  
**Sukumar Senthilkumar**, Chonbuk National University, South Korea  
**Bratu (Simionescu) Mihaela**, Bucharest University of Economic Studies, Romania  
**Mirela Maria Codescu**, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania  
**Milen Zamfirov**, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria  
**Svetoslava Saeva**, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria  
**Dimitris Kavroudakis**, University of the Aegean, Greece  
**Vaitsa Giannouli**, Aristotle University of Thessaloniki, Greece  
**Nataša Pomazalová**, Mendel University in Brno, Czech Republic  
**Hazem M. Shaheen**, Damanhour University, Egypt  
**Shalini Jain**, Manipal University Jaipur, India  
**Amin Jula**, National University of Malaysia, Malaysia  
**Mahdi Moharrampour**, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran  
**Ricardo Rodriguez**, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico  
**Yuniel E. Proenza Arias**, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba  
**Elizabeth Bissell Miller**, University of Missouri, Columbia  
**Bertin Désiré SOH FOTSING**, University of Dschang, Cameroon  
**Antonella Petrillo**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Hong Zhao**, The Pennsylvania State University, USA  
**Jianjun Chen**, The University of Chicago, USA  
**Shaju George**, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain  
**Chandrasekaran Subramaniam**, Kumaraguru College of Technology, India  
**Ilango Velchamy**, New Horizon College of Engineering, India  
**M. Kumaresan**, M.P.N.M.J. Engineering College, India  
**Mohammad Valipour**, University of Tehran, Iran  
**Mohameden Sidi El Vally**, King Khalid University, KSA  
**Mona Hedayat**, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA  
**Suresh Kumar Alla**, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA  
**Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari**, Babylon University, Iraq  
**Aziz Ibrahim Abdulla**, Tikrit University, Iraq  
**Khalid Mohammed Shaheen**, Technical College of Mosul, Iraq  
**Baskaran Kasi**, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia  
**Nurul Fadly Habidin**, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia  
**Adnan Riaz**, Allama Iqbal Open University, Pakistan  
**Syed Noor Ul Abideen**, KPK Agricultural University, Pakistan  
**Arab Karim**, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria  
**Zoubir Dahmani**, UMAB University of Mostaganem, Algeria  
**Mohsen Brahmi**, Sfax University, Tunisia  
**Mongi Besbes**, University of Carthage, Tunisia  
**Mai S. Mabrouk**, Misr University for Science and Technology, Egypt  
**Olfat A Diab Kandil**, Misr University for Science and Technology, Egypt  
**Munir Ahmed G. Timol**, Veer Narmad South Gujarat University, India  
**Saravanan Vasudevan**, Arunai Engineering College, India



## Table of Contents

Comportamiento de oxidoreductasas y compuestos carotenoides en tomates ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) sometidos a estrés con UV-C	1-17
<i>Andrea Guisolis, María de los Ángeles Dublan, and Karina Nesprias</i>	
Les Stratégies Entrepreneuriales : Une Étude Exploratoire auprès des Entreprises Marocaines	18-28
<i>Fatima-Zohra ABOUSAID and Khadija ANGADE</i>	
Rupture d'un corps jaune hémorragique géant et grossesse: A propos d'un cas	29-33
<i>Chimae EDDAOUDI, Zakia TAZI, Abdelhay FILALII, Mohammed Hassan ALAMI, and Rachid BEZAD</i>	
Rupture spontanée de varices utérines au cours de la grossesse : A propos d'un cas	34-36
<i>Chimae EDDAOUDI, Mohammed Hassan ALAMI, Rachid BEZAD, Zakia TAZI, and Abdelhay FILALI</i>	
La place de la chirurgie du montage antireflux après myotomie de Heller laparoscopique pour achalasie de l'œsophage : A propos de 34 cas	37-47
<i>Anas AHALLAT and R. Kadiri</i>	
Tumeur rétro-péritonéale rare - Schwannome bénin associé à la maladie de VON RECKLINGHAUSEN : A propos d'un cas avec revue de la littérature	48-57
<i>Anas AHALLAT, Salma Ahallat, Farid Sabbah, Abdelmalek Hrorra, and Mohammed Raiss</i>	
Customs risk management in developing countries: Foresight approach using big data	58-68
<i>Mohamed ANOUCHE and Younes BOUMAAZ</i>	
Endométriose pariétale cicatricielle après césarienne : A propos d'un cas	69-72
<i>Oussama Outaghyame, Zakaria Idri, Moulay Abdellah BABAHAHABIB, Jaouad Kouach, and Driss Rahali Moussaoui</i>	
SOCIO-PSYCHOLOGICAL EFFECTS OF MASS MEDIA ON YOUTH	73-83
<i>Afshan Oureshi</i>	
Mind Mapping as a Procedural Concept in Design Learning	84-89
<i>Essam Ahmed Odah Odah and Amany Mashour Hendy</i>	
Influence of Different Dimension of Stenoses on Non-Newtonian Fluid Blood's Behavior through a Single Stenosed Artery	90-99
<i>Md. Insiat Islam Rabby, Muhammad Ifaz Shahriar Chowdhury, S.A.M. Shafwat Amin, Safwan Ul-Iman, and Sazedur Rahman</i>	
Les bis albuminémies rapportées au laboratoire de la biochimie de CHU Ibn Rochd de Casablanca	100-109
<i>SAFAA HADRACH, MUSTAPHA ZEKRI, ABDERRAHIM NAAMANE, NABIHA KAMAL, NAIMA KHLIL, and IMANE BENZAOUZ</i>	
The impact of project-based learning on understanding scientific concepts of physical science	110-118
<i>Asmae Mountassir and Hafida Mderssi</i>	
De l'existence et mécanismes légaux de la protection du Droit coutumier foncier congolais	119-126
<i>Kangaseke Mbaka, Mwansa Kalunga Jean Pierre, Kalala Kasongo, and Mbuluku Embu Steve</i>	
La protection des droits fonciers des communautés locales dans les zones d'exploitation minière en République Démocratique du Congo	127-132
<i>Kangaseke Mbaka, Mwansa Kalunga Jean Pierre, Kalala Kasongo, and Mbuluku Embu Steve</i>	
Alimentation et dépenses énergétiques des étudiants internes de l'UNILU à Lubumbashi	133-140
<i>N. Deogratias Mulungulungu, Ntengu Mukeya, and Kalaka M. Clovis</i>	
GESTION DES FEEDBACKS DES INSPECTIONS PÉDAGOGIQUES DES ENSEIGNANTS D'EPS EN FORMATION INITIALE À L'INJEPS - BÉNIN	141-153
<i>Aqbodjogbe Basile, Atoun Carlos, Attiklemé Olivier, Attiklemé Kossivi, and Kpazaï Georges</i>	
Analyse du système traditionnel de production du taro au Bénin	154-162
<i>Richard Mahouton Akplogan, Erneste Renan Traoré, Serge Sètonджи Houédjissin, Gilles Habib Todjro Cacaï, and Corneille Ahanhanzo</i>	
Les incubateurs universitaires au Maroc : Etat des lieux et perspectives	163-174
<i>Omar ELYOUSSOUFI ATTOU, Ilham TAOUAF, and Moha AROUCH</i>	
De l'utilisation des services en milieu urbain à la couverture sanitaire universelle dans le contexte du système de santé de la République Démocratique du Congo : cas de la ville de Goma	175-184

*Mitangala Ndeba Prudence, Jean Bosco Kahindo Mbeva, Musubao Tsongo Muhatikani Edgar, Janvier Kubuya Bonane, and Kimanuka Célestin*

**Analyse économétrique de l'offre et de la demande de maïs au Bénin**

**185-202**

*Jean Adanguidi*

Dynamique de l'occupation du sol du bassin ivoirien de la lagune Aghien 203-217

*Seydou DIALLO, Zamblé Armand TRA BI, Dabissi NOUFÉ, Amidou DAO, Bamory KAMAGATÉ, Rose Kôkôh EFFEBI, Droh Lanciné GONÉ, Serge Koffi EHOUMAN, Thierry Jean KOFFI, Jean Emmanuel PATUREL, Jean Louis PERRIN, and Luc SEGUIS*

Le Sens du Travail dans un contexte Entropique 218-229

*NYOCK ILOUGA Samuel and Moussa - Mouloungui Aude Carine*

L'impact de la Congruence entre le Climat d'Organisation et l'Individu sur la Satisfaction au Travail 230-244

*NYOCK ILOUGA Samuel*

Un champignon macromycète, *Auricularia delicata* consommé à Kinshasa 245-252

*V. Mapey and A. Lubini*

Situation épidémiologique de la leishmaniose cutanée humaine dans la région steppique de Djelfa en Algérie : Incidence et facteurs de variation 253-261

*Mourad Hamiroune, Fatna Selt, Zineb Senni, Kamel Saidani, and Mahmoud Djemal*

L'orientation entrepreneuriale des étudiants au Maroc : Quels apports pour les programmes de formation en entrepreneuriat ? 262-278

*Said EL GANICH, Omar ELYOUSSOUFLATTOU, Moha AROUCH, Badia OULHADJ, and Ilham TAOUAF*

FACTEURS PERMETTANT D'AMÉLIORER LA RÉUSSITE AU GREFFAGE DU COLATIER (*COLA NITIDA* (VENT.) SCHOTT ET ENDLICHER) 279-285

*TRAORÉ Mohamed Sahabane, BONSSON Bouadou, OUATTARA Yaya, AÏDARA Sékou, and GBÉDIÉ Nadré*

Niveau d'acquis des réactions ioniques totales par les élèves de 4e année chimie-biologie des écoles de la ville de Bunia en République Démocratique du Congo 286-294

*KAMUHANDA BUGASAKI Jacob and KAMARA KAMARAGI Fred*

Evaluation variétale de riz de plateau dans les conditions de culture du Sud Bassin Arachidier du Sénégal 295-306

*Amsatou THIAM, KANFANY Ghislain, FOFANA Amadou, and NDIAYE Junior Bruno Papa Mbar*

## Analyse économétrique de l'offre et de la demande de maïs au Bénin

### [ Econometric analysis of maize supply and demand in Benin ]

*Jean Adanguidi*

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, BP 1327, Cotonou, Benin

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Maize is one of the most important food crops in Benin. It is cultivated and consumed throughout the country in various forms. Its culture remains dependent on climatic hazards and the culture is based on rudimentary methods. The Government of Benin aware of this issue, has put in place policies to revitalize the sector to increase production of maize. This paper aims to estimate maize supply and demand in Benin using econometric techniques for forecasting purposes. The data used cover the period 1990-2015. The results show the effects of differentiated scales yields of maize production in relation to the areas cultivated according to the departments, as well as the effects of complementarity and substitutability between maize and cotton on the one hand and another between maize and yam.

**KEYWORDS:** Maize, supply, demand, system of simultaneous equations, Benin.

**RÉSUMÉ:** Le maïs est l'une des cultures vivrières les plus importantes au Bénin. Il est cultivé et consommé sur toute l'étendue du territoire sous diverses formes. Sa culture reste cependant dépendante des aléas climatiques et la culture est basée sur des méthodes rudimentaires. Le Gouvernement du Bénin conscient de cet enjeu, a mis en place des politiques de redynamisation de la filière afin d'accroître la production de maïs. Le présent article a pour objectif d'estimer l'offre et la demande de maïs au Bénin à l'aide de techniques économétriques à des fins de prévisions. Les données utilisées couvrent la période 1990-2015. Les résultats obtenus mettent en évidence des effets de rendements d'échelles différenciés de la production de maïs par rapport aux superficies cultivées selon les départements, de même que des effets de complémentarité et de substituabilité entre le maïs et le coton d'une part et d'autre entre le maïs et l'igname.

**MOTS-CLEFS:** Maïs, offre, demande, système d'équations simultanées, Bénin.

### 1 INTRODUCTION

Le maïs est l'une des cultures vivrières les plus importantes au Bénin. Il est cultivé et consommé sur toute l'étendue du territoire sous diverses formes. Son importance s'illustre par l'évolution sans cesse croissante de sa production au cours des dernières décennies : la production du maïs est passée de 409 994 tonnes en 1990 à 725 615 tonnes en 2000, puis 1 354 274 tonnes en 2015<sup>1</sup>. Dans le même temps le prix du maïs est caractérisé par une dynamique croissante passant de 60,90 F CFA le kilogramme en 1990 à 101,05 F CFA en 2000, puis 165,77 F CFA en 2015. Cette dynamique de la production et du prix du maïs témoigne une pression exercée par la demande (consécutives à la croissance démographique et aux besoins d'exportation) et

---

<sup>1</sup> La production nationale de maïs au cours de la campagne agricole 2017-2018 est estimée à 1 514 913 tonnes.

de l'ajustement de l'offre. Jusqu'en 2015, la production du maïs accuse un déficit d'environ 500 000 tonnes par rapport au niveau permettant d'assurer l'objectif d'autosuffisance alimentaire. Elle reste également dépendante des aléas climatiques et sa culture est encore basée sur des méthodes rudimentaires. Tout en servant de vivre à une grande partie de la population béninoise, le maïs permet aux producteurs d'avoir des ressources financières, leur permettant de satisfaire leur besoin. Le gouvernement conscient de cette place de choix qu'occupe la production de maïs dans les cultures vivrières au Bénin, a mis en place des politiques de redynamisation de la filière afin d'accroître la production de maïs. Pour que ces politiques puissent atteindre leur objectif, il serait intéressant d'estimer l'offre et la demande du maïs en fonction de déterminants précis. Pour ce faire, le présent article a pour objectif d'estimer l'offre et la demande de maïs au Bénin à l'aide de techniques économétriques à des fins de prévisions. Les données utilisées couvrent la période 1990-2015. Une estimation de la demande et de l'offre de maïs au Bénin a été faite. Compte tenu de l'existence de potentiels biais de simultanéité entre la fonction d'offre et celle de demande de maïs, nous avons utilisé la méthode des systèmes d'équations simultanées : cette méthode permet d'estimer l'équation d'offre et l'équation de demande en une étape et de contenir les biais spécifiques qui pourraient persister. Aussi les départements du Bénin sont-ils caractérisés par des hétérogénéités sur les plans : climatique, disponibilité et fertilité des sols, habitudes de production et alimentaire. Ces hétérogénéités pourraient engendrer des biais dans les résultats obtenus au niveau national. Pour ce faire, nous avons procédé à l'estimation de la fonction d'offre de maïs sur les six (6) départements du Bénin selon l'ancien découpage administratif.

## **2 MATERIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 MÉTHODE D'ESTIMATION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE**

La plupart des études économiques sur le maïs au Bénin ont été centrées sur les questions en lien avec :

- La production et l'efficacité technique des producteurs (références [1], [2] et [3]) ;
- La rentabilité des chaînes de valeurs maïs (références [4], [5] [6], [7], [8], [9] et [10]) ;
- La post-récolte (référence [11]).

Aucune étude économétrique récente de l'offre et de la demande de maïs sur les données nationales n'a été effectuée jusque-là. La référence [12] a effectué dans le cadre de son mémoire de fin de formation, une étude économétrique de l'offre du riz local au Bénin à partir de données transversales et la référence [13] a proposé une estimation de la réponse de l'offre agricole au Bénin (il s'agit juste de résultats préliminaires).

Dans le cadre de l'estimation économétrique de l'offre et de la demande de maïs au Bénin, nous avons privilégié une modélisation en équations simultanées, inspirée des références [14] et [15]. En effet, les régressions standards utilisent couramment des équations simples, qui ne prennent malheureusement pas en compte les conditions d'équilibre du marché. En particulier, la modélisation en systèmes d'équations simultanées présente l'intérêt d'intégrer les interactions des variables pertinentes telles que le prix et la quantité dans le modèle et aura des implications importantes pour l'estimation et l'interprétation des paramètres.

La caractéristique essentielle des modèles d'équations simultanées est que deux ou plusieurs variables endogènes sont déterminées simultanément par le modèle, comme des fonctions de variables exogènes, de variables prédéterminées, et d'aléas. Les variables endogènes étant les variables expliquées, elles sont dans le cas de la présente modélisation, la quantité de maïs et le prix du maïs. Par contre, les variables exogènes et prédéterminées, sont les autres variables qui concourent à la détermination des prix et des quantités.

Le système d'équations simultanées d'équilibre de marché du maïs au Bénin se présente sous la forme suivante :

$$\text{Equation de demande : } q_{d,t} = \alpha_0 + \alpha_1 p_t + \alpha_2 x_t + \varepsilon_{d,t}$$

$$\text{Equation d'offre : } q_{o,t} = \beta_0 + \beta_1 p_t + \varepsilon_{o,t}$$

$$\text{Condition d'équilibre : } q_{d,t} = q_{o,t} = q_t$$

Où  $q_{d,t}$  et  $q_{o,t}$  sont respectivement les quantités demandées et offertes de maïs,  $q_t$  la quantité d'équilibre,  $p_t$  le prix du maïs et  $x_t$  un ensemble de variables de contrôle.

Dans ce système, le prix est supposé être déterminé simultanément avec la demande. Les implications statistiques importantes sont que le prix n'est pas une variable prédéterminée et qu'il est en corrélation avec les perturbations de deux équations. Le système est quelque peu inhabituel : la quantité est associée à deux perturbations. Ce qui ne pose pas vraiment de problème parce que les perturbations sont spécifiées sur les équations de demande et d'offre - deux entités distinctes de comportement.

Les deux équations structurellement sont obtenues à partir de la théorie, et chacune d'elle décrit un aspect spécifique de l'économie. Comme le modèle donne une détermination commune des prix et de la quantité, ces dernières variables sont dites mutuellement dépendantes ou endogènes. La variable  $x$  est supposée déterminée en dehors du modèle est dite exogène. On ajoute les perturbations pour donner un modèle économétrique. Les trois équations étant nécessaires pour déterminer le prix et la quantité d'équilibre, le système est interdépendant. Enfin, comme le système donne une solution d'équilibre pour le prix et la quantité et des perturbations (sauf si  $\alpha_1 = \beta_1$ ), c'est un système complet. Le système complet requiert l'égalité entre le nombre d'équations et le nombre de variables endogènes. En général, il n'est pas possible d'estimer tous les paramètres des systèmes incomplets (bien qu'une partie puisse l'être).

On suppose que le paramètre intéressant est l'élasticité de la demande  $\alpha_1$ . Pour simplifier,  $\varepsilon_d$  et  $\varepsilon_o$  sont supposées être des perturbations classiques qui se comportent bien :

$$\begin{aligned} E[\varepsilon_{d,t} | x_t] &= E[\varepsilon_{o,t} | x_t] = 0 \\ E[\varepsilon_{d,t}^2 | x_t] &= \sigma_{d,t}^2, E[\varepsilon_{o,t}^2 | x_t] = \sigma_{o,t}^2 \\ E[\varepsilon_{d,t}\varepsilon_{o,t} | x_t] &= E[\varepsilon_{d,t}x_t] = E[\varepsilon_{o,t}x_t] = 0 \end{aligned}$$

Toutes les variables sont mutuellement non corrélées avec les observations des différentes périodes. Le prix, la quantité et les autres variables de contrôle, sont mesurées en logarithme, en termes d'écarts aux moyennes. La solution des équations pour  $p$  et  $q$  en fonction de  $x$ ,  $\varepsilon_d$  et  $\varepsilon_o$ , fournit la forme réduite du modèle :

$$\begin{aligned} p &= \frac{\alpha_2 x}{\beta_1 - \alpha_1} + \frac{\varepsilon_d - \varepsilon_o}{\beta_1 - \alpha_1} = \pi_1 x + v_1 \\ q &= \frac{\beta_1 \alpha_2 x}{\beta_1 - \alpha_1} + \frac{\beta_1 \varepsilon_d - \alpha_1 \varepsilon_o}{\beta_1 - \alpha_1} = \pi_2 x + v_2 \end{aligned}$$

Il s'ensuit que :

$$\text{Cov}[p, \varepsilon_d] = \sigma_d^2 / (\beta_1 - \alpha_1)$$

et

$$\text{Cov}[p, \varepsilon_o] = \sigma_o^2 / (\beta_1 - \alpha_1)$$

Ainsi, ni l'équation de la demande, ni celle de l'offre ne satisfait les hypothèses du modèle de régression classique. L'élasticité-prix de la demande ne peut être estimée de façon convergente par la régression des moindres carrés de  $q$  sur  $x$  et  $p$ . Ce résultat caractérise les modèles à équations simultanées. En raison de la corrélation entre les variables endogènes et les perturbations, les estimations des moindres carrés des paramètres des équations avec des variables endogènes dans le membre de droite ne sont pas convergentes.

On estime un échantillon de  $T$  observations sur  $p$ ,  $q$  et  $x$  tel que :

$$p \lim (1/T) x'x = \sigma_x^2$$

L'estimateur des moindres carrés n'étant pas convergent, on peut utiliser un estimateur des variables instrumentales (VI). La seule variable non corrélée avec les perturbations dans le système est  $x$ .

L'estimateur VI,

$$\hat{\beta}_1 = q'x / p'x,$$

A

$$p \lim \hat{\beta}_1 = p \lim \frac{q'x/T}{p'x/T} = \frac{\beta_1 \alpha_2 (\beta_1 - \alpha_1)}{\alpha_2 (\beta_1 - \alpha_1)} = \beta_1$$

Ainsi, le paramètre de la fonction d'offre peut être estimé en utilisant des instruments. Dans la régression des moindres carrés de  $p$  sur  $x$ , les valeurs prédites sont :

$$\hat{p} = (p'x / x'x)x$$

Il s'ensuit que l'instrument dans la régression des variables instrumentales est  $\hat{p}$ .

D'où :

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\hat{p}q}{\hat{p}'p}$$

Or  $\hat{p}'p = \hat{p}'\hat{p}$ ,  $\hat{\beta}_1$  est ainsi la pente d'une régression de  $q$  sur ces valeurs prédites. Cela définit l'estimateur des moindres carrés en deux étapes.

Les paramètres de l'équation de la demande ne peuvent pas être estimés de la même manière car on a épuisé l'information dans l'échantillon. Les moindres carrés ordinaires ne peuvent pas estimer l'équation de la demande. Par ailleurs, sans hypothèses supplémentaires, l'échantillon ne contient aucune autre information utilisable. Cet exemple illustre le problème d'identification dans les systèmes d'équations simultanées.

De façon formelle, le modèle que nous nous proposons d'estimer se présente sous la forme suivante :

$$\text{Equation de demande : } q_{d,t}^m = \alpha_0 + \alpha_1 p_t^m + \alpha_2 p_t^i + \varepsilon_{d,t}$$

$$\text{Equation d'offre : } q_{o,t}^m = \beta_0 + \beta_1 p_t^m + \beta_2 p_t^a + \beta_3 p_t^c + \beta_4 q_t^c + \beta_5 p_t^i + \beta_6 pl_t + \beta_7 s_t^m + \beta_8 gov_t + \varepsilon_{o,t}$$

$$\text{Condition d'équilibre : } q_{d,t}^m = q_{o,t}^m = q_t$$

Nous faisons l'hypothèse que la demande de maïs dépend du prix du maïs ( $p_t^m$ ) et du prix d'un produit concurrent au maïs, c'est-à-dire l'igname ( $p_t^i$ ). Pour des raisons de commodité, une fonction de demande inverse est proposée ici (en nous inspirant de la référence [16]). L'idée étant que si le prix du maïs est faible, la quantité demandée va augmenter (élasticité prix-direct). Il est possible que la demande du maïs varie, non pas parce que le prix du maïs a varié, mais parce que le prix d'un produit de substitution comme l'igname a varié (il s'agit de l'élasticité prix-croisée). Notons que les coefficients présents dans les différentes régressions sont des élasticités, parce que les variables sont exprimées en logarithme.

En ce qui concerne la fonction d'offre de maïs, nous postulons que cette dernière dépend du prix du maïs (plus le prix est élevé, plus importante sera la quantité offerte), mais aussi du prix des engrais ( $p_t^e$ ), du prix du coton ( $p_t^c$ ), de la production de coton ( $q_t^c$ ), du prix de l'igname ( $p_t^i$ ), de la pluviométrie ( $pl_t$ ), des superficies emblavées ( $s_t^m$ ) et enfin des dépenses gouvernementales dans le secteur agricole ( $gov_t$ ).

Ainsi, le système d'équations à estimer se présente sous la forme suivante :

$$\begin{cases} q_{d,t}^m = \alpha_0 + \alpha_1 p_t^m + \alpha_2 p_t^i + \varepsilon_{d,t} \\ q_{o,t}^m = \beta_0 + \beta_1 p_t^m + \beta_2 p_t^a + \beta_3 p_t^c + \beta_4 q_t^c + \beta_5 p_t^i + \beta_6 pl_t + \beta_7 s_t^m + \beta_8 gov_t + \varepsilon_{o,t} \end{cases}$$

Certaines variables exogènes non pertinentes dans la phase d'estimation pourront être retirées pour permettre une meilleure spécification du modèle. La forme matricielle de représentation de ce système d'équations est la suivante :

$$y = ZB + \varepsilon$$

L'estimation des systèmes d'équations simultanées utilise la méthode des moindres carrés en trois étapes (3SLS) avec des techniques d'instrumentation des variables endogènes.

Le modèle précédent sera estimé au niveau national et au niveau départemental.

## 2.2 MÉTHODE DE COLLECTE DE DONNÉES

Les variables utilisées dans le cadre de cette modélisation concernent les déterminants de la production au Bénin. Les données sont collectées aussi bien au niveau national, qu'au niveau départemental. La période d'étude étant de 1990 à 2015, l'analyse nationale est complétée par une analyse départementale, afin de fournir une base de robustesse aux résultats obtenus au niveau national. Cette démarche permettra de suppléer les insuffisances du faible nombre d'observations qui pouvait poser des problèmes de convergence au niveau des estimateurs.

Les deux variables d'intérêt dans la modélisation sont la quantité de maïs mesurée en tonnes, représentant la quantité totale de maïs cultivée et vendue sur les différents marchés du Bénin et le prix du kilogramme de maïs évalué en Franc CFA, qui représente le prix moyen du marché pratiqué sur les différents marchés.

Théoriquement, en dehors du prix du maïs, la production, c'est-à-dire l'offre de maïs est influencée par les variables suivantes :

- Le prix des engrais : plus le prix de l'engrais est élevé, moins la production sera, car cet intrant sera peu accessible aux producteurs. L'accès à l'engrais améliorant l'efficacité de la production, son prix sera négativement associé à la production de maïs.
- Le prix du coton : le prix du coton a été pris en compte dans les déterminants de l'offre de maïs au Bénin. En effet, les faits stylisés ont révélé que, lorsque le prix du coton est élevé, sa production augmente au détriment des autres cultures vivrières comme le maïs dans certaines zones cotonnières. Le prix considéré ici est la moyenne entre le prix du coton de premier choix et le prix du coton de deuxième choix.
- La production du coton : le coton étant concurrentiel dans une certaine mesure avec le maïs dans certaines zones cotonnières, dans le choix de production, en absence que toute amélioration intensive des structures de production, la production du maïs sera inversement proportionnelle à celle du coton.
- Le prix de l'igname : l'igname est une denrée alimentaire concurrentielle au maïs, en particulier dans la partie septentrionale du Bénin. A cet effet, la production / la demande du maïs peut être affectée par le prix de l'igname. L'igname est cultivée au centre et au nord du Bénin où il constitue la base de l'alimentation des populations. Au nord, le maïs est également consommé. Il l'est davantage quand l'igname devient chère. De même, l'igname est consommée au Sud, où l'aliment de base est le maïs. De toute évidence, les fluctuations au niveau de la production et du prix de l'igname affectent la consommation du maïs, d'où l'importance de prendre en compte le prix de l'igname dans l'analyse de l'offre et de la demande du maïs.
- La pluviométrie : la production agricole étant encore fortement dépendante des aléas climatiques au Bénin, la pluviométrie influence fortement la production du maïs, surtout dans les zones relativement sèches du septentrion. La pluviométrie est mesurée au niveau national par la moyenne de la hauteur des précipitations exprimée en millimètres.
- Les superficies emblavées : le faible degré de mécanisation de l'agriculture au Bénin, fait que la production est une fonction croissante des superficies emblavées, mesurées en hectares cultivés en maïs.
- Enfin, nous prenons en compte l'impact des politiques gouvernementales sur la production du maïs. Pour ce faire, nous utilisons le ratio au PIB des dépenses gouvernementales, qui toutes choses étant par ailleurs, serait proportionnel à la part des dépenses publiques dans le secteur agricole, comme indicateur clé de la politique gouvernementale. On s'attend donc à ce que l'accroissement des dépenses gouvernementales à travers les subventions au secteur agricole puisse améliorer la production de maïs.

La constitution de la base de données nécessaire à l'estimation économétrique a nécessité des collectes dans différentes sources statistiques dont :

- Les annuaires statistiques du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) ;
- Le service météorologique de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) ;
- La Société Nationale de la Production Agricole (SONAPRA)<sup>2</sup> ;
- L'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE).

<sup>2</sup> Les données ont été collectées auprès de cette société en 2015 donc avant sa liquidation.

### **3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

Les résultats des estimations sont présentés en trois étapes successifs: d'abord les régressions simples de la fonction d'offre et de demande du maïs, les estimations à l'aide d'un système d'équations simultanées et enfin, les résultats obtenus par département.

#### **3.1 RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS SIMPLES**

Avant de présenter les résultats des régressions en systèmes d'équations, nous réalisons d'abord dans un premier temps les estimations des équations d'offre et de demande de maïs à l'aide de la méthode standard des moindres carrés ordinaires. Nous rappelons ici, que dans notre spécification, que l'offre de maïs dépend du prix du maïs, du prix des engrais, de la superficie cultivée, du prix de l'igname, du prix du coton, de la quantité de coton, de la pluviométrie et du ratio au PIB des dépenses gouvernementales. Nous prenons en compte les variables de façon progressive, afin d'avoir une meilleure spécification possible du modèle et d'éviter les biais de multiple colinéarité qui atténueraient la qualité de nos résultats. Cette démarche permet également de tester la robustesse des résultats obtenus. Par contre, nous avons privilégié l'estimation d'une fonction de demande inverse, qui exprime le prix du maïs en fonction de la quantité produite, du prix de l'igname et du prix du coton (on fait l'hypothèse que l'augmentation du prix du coton, accroît le revenu des agents économiques qui pourront exprimer une demande plus forte en maïs).

Le tableau 1 révèle dans un premier temps que la relation entre le prix du maïs et la quantité produite est positive et significative dans la plupart des cas. En fonction des spécifications du modèle, les coefficients du prix du maïs varient entre 0,28 et 0,80. Ainsi, si le prix du maïs augmente de 1%, la production de maïs augmente entre 0,28 et 0,8%. Ce résultat suggère que les producteurs de maïs réagissent positivement à la hausse des prix du maïs, par une hausse de la production dans la perspective d'accroître leur revenu. Ce résultat reste tout aussi cohérent au regard de la théorie microéconomique, où les quantités sont fonction croissante des prix. Par ailleurs, le prix des engrais est positivement associé à la production du maïs, avec un coefficient faiblement significatif : ce résultat bien que contre-intuitif puisque l'engrais étant un intrant, son prix devrait être négativement corrélé à la production de maïs. On peut justifier cela par le fait que d'une part, les engrais peuvent être considérés comme peu déterminants pour la production du maïs et d'autre part, compte tenu du fait que tous autres produits agricoles utilisent les mêmes engrais presque, ce qui rend la production du maïs peu sensible à leur prix. Il n'est pas aussi rare de constater que dans certaines régions où le maïs est associé au coton, que le maïs profite de l'arrière effet de l'engrais appliqué sur le coton.

Une autre variable qui s'est révélée fondamentale dans la production du maïs est la superficie cultivée. Toutes les régressions fournissent un coefficient de la variable mesurant les superficies cultivées, positive et significative au seuil d'erreur de 1%. En effet, l'augmentation de la superficie cultivée en maïs de 1% entraîne une augmentation comprise entre 0,615 et 1,017% de la production de maïs. Ce résultat montre clairement que la hausse de la production de maïs ne peut se faire que par une augmentation croissante des superficies cultivées, confirmant que la culture du maïs au Bénin reste bien extensive. Les prix de l'igname et du coton ressortent de la régression avec des coefficients positifs ; ce qui est conforme à nos hypothèses, où nous soupçonnons un effet de substitution de la production du maïs, par la production du coton ou de l'igname. Selon la théorie microéconomique, l'élasticité prix croisés permet d'évaluer la complémentarité ou la substituabilité entre deux biens. En effet, lorsque l'élasticité croisée est positive, une augmentation du prix de Y est corrélée avec un accroissement de la consommation de X ; ce qui peut s'interpréter comme une substitution de Y par X dans une recherche d'optimum économique par le consommateur. Inversement, une diminution du prix de Y est corrélée avec une diminution de la consommation de X, ce qui peut s'interpréter comme une substitution de X par Y. Les deux produits sont substituables. Les coefficients positifs obtenus confirment la thèse de substituabilité entre les produits. Les résultats montrent en effet, qu'une hausse des prix du coton et de l'igname, s'accompagne d'une hausse de la production de maïs. Ce résultat peut s'expliquer par l'existence d'un effet d'entraînement au niveau des prix. La hausse des prix du coton et de l'igname entraîne une hausse du prix du maïs et par conséquent un accroissement de la production de maïs. Ce résultat soutenable théoriquement contredit la perception courante qui postule que l'accroissement du prix du coton entraîne une baisse de la production du maïs, et donc que les productions de maïs et de coton seraient complémentaires. Nos résultats permettent de comprendre que la baisse de la production du maïs ne serait pas attribuable à la hausse du prix du coton, mais à d'autres facteurs, comme la réduction des superficies cultivées, etc. Enfin, les derniers résultats issus du tableau 1 montrent que la pluviométrie n'est pas déterminante dans la production de maïs, tandis que l'accroissement des dépenses publiques, comme indicateur de l'intervention de l'Etat dans le secteur agricole améliore la production de maïs. Ces interventions vont de l'assistance-conseil fournie par les ingénieurs agronomes aux subventions de divers ordre accordées aux producteurs de maïs.

Enfin, le potentiel explicatif du modèle reste bien élevé compte tenu des valeurs du  $R^2$  qui varient entre 0,68 et 0,90, témoignant de la qualité de la régression.

**Tableau 1. Estimation de l'offre de maïs au Bénin**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
pmais	0.804*** (0.114)	0.528*** (0.184)	0.283** (0.128)	0.480*** (0.152)	0.0218 (0.156)	0.280** (0.132)	0.0195 (0.145)
pengrais		0.424* (0.228)					
lsuperf			1.010*** (0.195)	0.615*** (0.201)	0.969*** (0.177)	1.017*** (0.203)	0.806*** (0.217)
pignam				0.588*** (0.176)			
pcoton					0.391** (0.156)		0.495*** (0.164)
qcoton						0.0180 (0.0966)	
lplu							-0.0935 (0.245)
lgov							0.567** (0.262)
Constant	2.865*** (0.542)	1.948** (0.714)	-1.239 (0.878)	0.277 (0.861)	-1.727** (0.816)	-1.366 (1.124)	-2.050 (2.147)
Obs.	26	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.674	0.717	0.849	0.900	0.883	0.850	0.908

**Notes:** Les écarts-types sont entre parenthèses. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs ; pmais est le prix du maïs ; pengrais est le prix des engrais ; lsuperf est la superficie emblavée en maïs ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; qcoton est la quantité de coton ; lplu est de la pluviométrie ; lgov est le ratio au PIB des dépenses gouvernementales.

Le tableau 2 présente les résultats de l'estimation de l'équation de demande inverse de maïs au Bénin. L'hypothèse faite ici, est que le consommateur arbitre entre le prix de l'igname et celui du maïs. Le prix du coton est pris en compte pour mettre en évidence la possibilité de cultiver du coton et d'utiliser les revenus obtenus pour acheter en partie du maïs. Les résultats obtenus montrent que globalement le coefficient de la variable demande de maïs est globalement négatif et significatif au seuil d'erreur de 5%. Ce coefficient est compris entre -0,095 et -0,074 ; ce qui signifie qu'une augmentation de la demande de maïs de 1%, entraîne une baisse des prix variant entre 0,074 et 0,095%. Bien entendu que l'interprétation appropriée sera qu'une baisse des prix entraîne une augmentation de la demande. Cette lecture du résultat peut être bien faite, compte tenu de la relation négative entre les deux variables. Ce résultat reste conforme à la théorie microéconomique du consommateur qui suggère une relation décroissante entre prix et quantité demandée.

En ce qui concerne, l'impact du prix de l'igname sur le prix du maïs, les résultats obtenus suggèrent une liaison positive, forte et significative entre les deux variables. En effet, une augmentation du prix de l'igname de 1%, entraîne une hausse du prix du maïs comprise entre 0,844 et 0,923%. Ce résultat suggère un effet de substituabilité entre les deux denrées alimentaires (le maïs et l'igname). L'effet d'entraînement à la hausse des prix du maïs et de l'igname s'explique aussi par le fait que ce sont presque les mêmes terres et les mêmes cultivateurs qui produisent les deux biens: donc il y a une répercussion de la hausse du prix de l'un sur le prix de l'autre. Ce résultat reste bien conforme à celui obtenu au niveau de la fonction d'offre, où le prix de l'igname a un impact positif sur la production de maïs. Un autre résultat intéressant dans l'estimation de la fonction de demande concerne l'impact du prix du coton. On constate que le coefficient du prix du coton n'est pas significatif ; par conséquent on ne peut conclure à une influence du prix du coton sur celui du maïs. Naturellement, le coton n'étant pas une denrée de consommation alimentaire, le consommateur n'arbitre pas entre l'achat du coton et de maïs, comme c'est le cas pour le maïs et l'igname; ce qui explique la non significativité du coefficient.

Globalement le pouvoir explicatif du modèle reste appréciable, entre 67,4% et 81,5%, suggérant, une robustesse des résultats obtenus.

Tableau 2. Estimation de la demande inverse de maïs au Bénin

	(1)	(2)	(3)
Qmaïs	-0.083*** (0.011)	-0.095*** (0.024)	-0.074** (0.025)
pignam		0.923*** (0.222)	0.844** (0.354)
pcoton			0.0831 (0.286)
Constant	-0.859 (0.796)	1.011 (0.761)	0.821 (1.016)
Observations	26	26	26
R-squared	0.674	0.814	0.815

**Notes:** Les écarts-types sont entre parenthèses. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ .

Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est le prix du maïs ;

qmaïs est la quantité de maïs ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton.

### 3.2 RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS BASÉES SUR LES SYSTÈMES D'ÉQUATIONS SIMULTANÉES

Les résultats obtenus précédemment peuvent être soumis à des biais de simultanités, liés à la relation réciproque entre les prix et les quantités de maïs. Afin de contenir ces biais potentiels, nous proposons une estimation à l'aide d'un système d'équations simultanées. Les résultats obtenus, concernant l'équation d'offre et de demande, sont présentés au tableau 3.

Il serait intéressant de signaler avant tout commentaire des résultats que les estimations réalisées au paragraphe précédent à l'aide des régressions simples nous ont aidé à sélectionner les variables plus pertinentes à prendre en compte dans l'estimation du système d'équations simultanées.

Dans un premier temps, nous nous intéressons au pouvoir prédictif du modèle : on remarque que les deux équations ont un bon pouvoir explicatif compte tenu des valeurs relativement élevées des  $R^2$ . Cette valeur est souvent proche de 80% pour les deux modèles.

Les résultats obtenus dans le tableau précédent montrent clairement que le prix du maïs affecte positivement la production du maïs. Ce résultat reste statistiquement significatif quelle que soit la spécification du modèle à des seuils d'erreur supérieur à 5%. On retrouve ici comme dans le paragraphe précédent, l'effet positif du prix, qui s'explique par le fait que les producteurs de maïs réagissent favorablement à la hausse des prix en augmentant les quantités offertes. En ce qui concerne l'impact du prix des engrais sur la production du maïs, le contrôle du biais de simultanéité a permis d'avoir des résultats contraires à ceux obtenus précédemment. En effet, nous trouvons que le coefficient de la variable prix d'engrais est négatif, malgré une significativité faible (10% dans la plupart des cas). Ce résultat suggère que l'augmentation du prix des engrais, qui constituent un intrant important de la production du maïs réduit la production de maïs. La baisse de la production de maïs consécutive à l'augmentation du prix des engrais de 1% est comprise entre 0,020 et 0,247%. Cet écart important observé dans la baisse de production suivant les spécifications du modèle, peut s'expliquer par les hétérogénéités entre les sols dans les différents départements en termes de fertilité et d'adaptabilité à la production du maïs, qui font que les variations des prix des engrais n'affecteront pas la production de la même manière : sur les terres les plus fertiles, la production sera peu sensible au variation du prix des engrais, alors que sur les terres moins fertiles, la production de maïs sera très affectées par la hausse du prix des engrais.

La culture du maïs étant fortement extensive, on trouve que l'augmentation des surfaces cultivées entraîne une augmentation de la production du maïs. Ce résultat se justifie par le coefficient positif et significatif obtenu pour la variable représentant les superficies cultivées en maïs. Ce résultat reste bien conforme à la tendance obtenue au paragraphe précédent. Par contre, la pluviométrie et le prix du coton ressortent avec des coefficients non significatifs : on ne peut donc conclure a priori que le prix du coton et la pluviométrie ont un impact significatif sur la production du maïs. Ces résultats bien que conforme pour la pluviométrie (par rapport au paragraphe précédent) est contradictoire pour le prix du coton, où nous avons trouvé un coefficient positif et significatif. Cette contradiction amène à mitiger l'effet d'entraînement des prix, postulé au paragraphe précédent. Toutefois, des études complémentaires méritent d'être faites, pour conclure à l'impact réel des variations du prix du coton sur la production de maïs au Bénin. L'impact de la pluviométrie sur la production reste non significatif : ce résultat peut s'expliquer par le développement au cours de ces dernières années de technologies agricoles axées sur la maîtrise de l'eau du sol.

Tableau 3. Estimation de la fonction de demande et d'offre de maïs, à partir d'un système d'équations simultanées

		(1)	(2)	(3)	(4)	(4)
Offre	Pmais	1.199***	0.632***	0.662**	0.535**	0.460**
		(0.317)	(0.194)	(0.268)	(0.220)	(0.210)
	pengrais	-0.247*		-0.038**	-0.028*	-0.095**
		(0.156)		(0.015)	(0.017)	(0.044)
	lsuperf		0.593**	0.592**	0.646*	0.553*
			(0.266)	(0.290)	(0.381)	(0.293)
	Pcoton				0.0922	0.140
					(0.270)	(0.260)
	lplu					0.0141
						(0.196)
lgov					0.523**	
					(0.266)	
Constant		2.287***	-0.175	-0.115	-0.417	-1.825
		(0.852)	(1.036)	(1.180)	(1.625)	(2.147)
R-squared		0.553	0.801	0.793	0.825	0.865
Observations		26	26	26	26	26
Demande	qmais	-0.528**	-0.498**	-0.432**	0.480**	0.391**
		(0.245)	(0.225)	(0.222)	(0.228)	(0.197)
	pignam	1.289**	0.800**	0.815**	0.808**	0.809***
		(0.510)	(0.368)	(0.366)	(0.366)	(0.296)
	Constant	2.165	0.623	0.669	0.649	0.652
		(4.145)	(1.196)	(1.188)	(1.188)	(0.977)
R-squared		0.788	0.811	0.812	0.811	0.811
Observations		26	26	26	26	26

Notes: Les écarts-types sont entre parenthèses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs ; pmais est le prix du maïs ; pengrais est le prix des engrais ; lsuperf est la superficie emblavée en maïs ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; qcoton est la quantité de coton ; lplu est la pluviométrie ; lgov est le ratio au PIB des dépenses gouvernementales.

Enfin, le coefficient de la variable représentant les dépenses gouvernementales est positif et significatif, confirmant l'impact favorable des interventions publiques sur la production du maïs. Toutefois, cette analyse mérite d'être affinée en utilisant les allocations gouvernementales au secteur agricole, précisément à la filière maïs si possible.

En ce qui concerne la fonction de demande de maïs, elle est estimée chaque fois, en utilisant la quantité du maïs et le prix du maïs comme variables explicatives. Cette spécification étant celle qui reste robuste, à la lumière des différentes simulations. Dans un premier temps, les résultats de la fonction de la demande mettent en évidence une relation inverse entre le prix et la quantité demandée de maïs. Cette relation est significative dans toutes les spécifications au seuil d'erreur de 5%. En particulier, une augmentation de la quantité demandée de maïs de 1% entraîne une baisse des prix variant entre 0,391% et 0,528%, toutes choses étant égales par ailleurs. Ce résultat est bien conforme à celui obtenu au niveau des estimations précédentes. Toutefois, la concentration des coefficients obtenus à partir des systèmes d'équations simultanées dans un intervalle moins large (comparativement aux régressions standards), témoigne d'une robustesse des coefficients obtenus. Par ailleurs, les prix de l'igname restent positivement associés à ceux du maïs dans toutes les spécifications. En effet, une augmentation de 1% du prix de l'igname entraîne une hausse variant entre 0,8% et 1,28% du prix du maïs. Ce résultat statistiquement acceptable aux seuils conventionnels souvent admis de 5% et de 1%, suggère un effet de contagion entre les prix de ces deux denrées vivrières que sont le maïs et l'igname. Ce résultat s'explique par le fait que lorsque le prix du maïs augmente par exemple, les consommateurs orientent leur demande sur le maïs, ce qui entraîne l'augmentation du prix de ce dernier. Ce constat confirme la substituabilité entre le maïs et l'igname à travers les élasticités prix-croisée positifs, obtenues précédemment. De façon globale, les résultats obtenus au niveau de l'équation restent conformes à ceux de la régression simple, avec une amélioration de la robustesse des coefficients liée au contrôle du biais de simultanéité.

### 3.3 ANALYSE DE LA ROBUSTESSE : RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS EFFECTUÉES À PARTIR DES DONNÉES DÉPARTEMENTALES

Les résultats des paragraphes précédents ne prennent pas en compte l'hétérogénéité des départements, en ce qui concerne la production du maïs. En effet, compte tenu de la pluviométrie, de la qualité des sols, et des habitudes alimentaires,

certaines départements sont plus propices à la production du maïs que d'autres. Afin de prendre en compte cette hétérogénéité départementale, nous réalisons ici des estimations à partir de données départementales. A cet effet, dans ce paragraphe, nous présentons successivement l'estimation de la fonction d'offre de maïs, pour les départements de l'Atacora, de l'Atlantique, du Borgou, du Mono, de l'Ouémé et du Zou. Il serait intéressant de noter que pour des raisons de disponibilité des données que c'est l'ancien découpage administratif des départements qui est retenu. De plus, il n'est pas possible pour nous d'estimer une fonction de demande de maïs par département, puisque que les données disponibles sur la demande sont agrégées ; par exemple les informations sur les différents prix ne sont pas disponibles par département.

### 3.3.1 DÉPARTEMENT DE L'ATACORA (ATACORA ET DONGA)

Les Départements de l'Atacora et de la Donga occupent la partie Nord-Ouest de la République du Bénin comprise entre 8°30 et 11°3 de latitude Nord et 0°45 et 2°10 de longitude Est. Ils sont limités au Nord par le Burkina-Faso, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par les Départements du Borgou et de l'Alibori et au Sud par les Départements du Zou et des Collines. Les activités économiques dans les Départements de l'Atacora et de la Donga sont prédominées par le secteur agricole qui occupe plus de 80% de la population active. Les Départements de l'Atacora et de la Donga présentent en effet des potentialités de production agricole très énormes. Les principales cultures sont le maïs, le sorgho, le petit mil, le fonio, l'igname, le manioc, la patate douce et le taro. L'Atacora et la Donga fournissent aussi des produits de rente : le coton, l'arachide et le tabac. Près de la moitié de la superficie de ces deux Départements sont cultivables. A peine 12% de cette superficie cultivable est effectivement emblavée, soit 176.851 ha. Cette situation s'explique par l'exode rural, l'avancée du désert dans certaines régions comme Matéri, Cobly, Boukombé et Ouaké, et la dispersion des tatas. En outre les moyens de production restent rudimentaires. La plupart des outils demeurent traditionnels. Cependant, une certaine mécanisation s'installe avec l'introduction de la culture attelée. Le système de stockage est demeuré le grenier en argile. Mais on note l'introduction de banque de céréales au niveau des groupements de certaines localités. Mais son impact sur la vie économique est très peu sensible.

Le département de l'Atacora (Atacora et Donga dans le nouveau découpage) est caractérisé par un climat plus sec comparativement aux départements du Zou et de l'Ouémé. Comparé aux autres départements, c'est le département qui produit en moyenne la quantité la plus faible de maïs. Il serait intéressant de voir particulièrement, comment la production de maïs dans ce département est influencée par différentes variables d'intérêt, comme le prix, les surfaces cultivées, les prix du coton et de l'igname, ainsi que la pluviométrie. Le tableau 4 présente les résultats de l'équation de régression pour différentes spécifications du modèle.

Les résultats obtenus (cf. Tableau 4) mettent en évidence un pouvoir explicatif acceptable du modèle dans toutes les spécifications, compte tenu des valeurs élevées de  $R^2$ . Dans un premier temps, on remarque que l'accroissement du prix du maïs augmente la production du maïs dans le département de l'Atacora. Dans la même perspective, lorsque les superficies cultivées augmentent, la production de maïs dans le département de l'Atacora augmente également. Ces résultats sont significatifs aux seuils de validité conventionnels et corroborent les résultats précédemment obtenus. Toutefois, les coefficients des variables représentant les superficies cultivées sont inférieurs à l'unité : ce qui suggère l'existence de rendements d'échelle décroissants. En ce qui concerne les prix du coton et de l'igname, les résultats des régressions suggèrent des élasticités prix croisés positives. Les coefficients obtenus pour les variables mesurant les prix du coton et de l'igname sont souvent significatifs aux seuils d'erreur conventionnels. Ce résultat confirme l'effet de substitution entre le maïs et l'igname d'une part, et d'autre part, entre la production de coton et celle du maïs. Cette substituabilité peut être motivée dans le département de l'Atacora par le fait que la région est spécialisée dans la production de l'igname comme produit vivier et le coton comme culture de rente. Le maïs entre donc en compétition avec ces produits dans les choix de production des agriculteurs et l'arbitrage est fait en fonction des prix proposés sur le marché. Par ailleurs, la pluviométrie reste non déterminante dans la production du maïs dans le département de l'Atacora.

Tableau 4. Estimation de l'offre de maïs dans l'Atacora

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Pmais	1.155*** (0.162)	0.538*** (0.189)	1.183*** (0.229)	1.164*** (0.212)	1.159*** (0.217)	1.161*** (0.222)
sata		0.760*** (0.177)	0.665*** (0.167)	0.339** (0.162)	0.327* (0.172)	0.323* (0.191)
pcoton			0.596** (0.252)		-0.0774 (0.293)	-0.0941 (0.313)
pignam				1.081*** (0.244)	1.145*** (0.347)	1.167*** (0.376)
pluv_nat						0.0598 (0.325)
Constant	-1.415* (0.770)	-1.319** (0.587)	-2.333*** (0.687)	-1.541*** (0.439)	-1.423** (0.634)	-1.810 (2.201)
Observations	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.679	0.822	0.858	0.906	0.906	0.906

**Notes :** Les écarts-types sont entre parenthèses \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs dans l'Atacora ; pmais est le prix du maïs ; sata est la superficie emblavée en maïs dans l'Atacora ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; plu\_nat est de la pluviométrie à Natitingou.

### 3.3.2 DÉPARTEMENT DE L'ATLANTIQUE (ATLANTIQUE ET LITTORAL)

Les départements de l'Atlantique et du Littoral regroupent l'actuel département de l'Atlantique et la ville de Cotonou érigée en département du Littoral par le dernier découpage administratif. Le Littoral est le plus petit des douze (12) départements du Bénin en termes de superficie. Les activités pratiquées dans le département du Littoral sont multiples et tournent autour de quelques industries manufacturières, de la pêche, de l'élevage, du jardinage et surtout du commerce. Les activités économiques dominantes sont le commerce (32%) et l'agriculture (30%) dans le département de l'Atlantique. Les cultures vivrières dominent l'agriculture dans l'Atlantique. Le maïs et le manioc, base de l'alimentation des populations du département viennent largement en tête. Plus de 80% des superficies emblavées sont consacrées à ces deux cultures. L'arachide vient en tête de liste des cultures oléagineuses annuelles. Les cultures maraîchères se développent pour satisfaire les besoins des centres urbains ; il s'agit de la tomate et des légumes-feuilles. Il en est de même des plantations d'arbres. On note actuellement un début de modernisation. Il existe actuellement près de 283 fermes privées emblavant annuellement près de 4 350 ha dont 3 354 ha d'ananas et 500 ha de plantations d'agrumes.

Le département de l'Atlantique (Atlantique et Littoral dans le nouveau découpage) est le département le plus peuplé du Bénin : environ un tiers de la population. C'est aussi le département dans lequel la production agricole est faible, compte tenu du fait que ce département abrite la capitale économique Cotonou et aussi en partie marécageux, donc difficile à l'exploitation agricole. La production du maïs y est relativement faible. Toutefois, compte tenu du grand nombre de personne à nourrir dans ce département, la consommation du maïs est très élevée. Le département de l'Atlantique est le plus grand marché d'écoulement de la production de maïs réalisée sur toute l'étendue du territoire national. La compréhension de cette spécificité du département de l'Atlantique est nécessaire à la lecture des résultats issus de l'estimation de l'équation d'offre de maïs dans le département de l'Atlantique. Ces résultats sont présentés dans le tableau 5.

Avant toute analyse de ces résultats, il reste intéressant de constater que le pouvoir explicatif du modèle reste très faible, compte tenu des faibles valeurs observées au niveau de  $R^2$ . Ces valeurs de  $R^2$  montrent que l'offre de maïs n'est pas bien expliquée par les variables considérées dans les différentes spécifications des modèles. Par exemple, les différentes régressions suggèrent qu'il n'y a pas d'impact significatif entre le prix et la production du maïs dans le département de l'Atlantique. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le prix du maïs est issu de la confrontation entre l'offre et la demande est plus influencé par la demande, compte tenu de son importance particulière dans ce département. Cette demande de maïs exprimée dans le département de l'Atlantique est satisfaite également par la production réalisée dans les autres départements. Ce déséquilibre entre l'offre et la demande de maïs dans le département de l'Atlantique peut justifier la non significativité du coefficient de la variable prix dans l'équation d'offre. De même on remarque que les surfaces cultivées et le prix du coton sont sans impact significatif sur l'offre de maïs. Ce résultat peut s'expliquer d'une part par les superficies cultivables limitées dans l'Atlantique et d'autre part, par le fait que le département de l'Atlantique n'est pas spécialisé en coton. Par contre les coefficients obtenus au niveau de la variable représentant le prix de l'igname sont négatifs et significatifs à 5%. Cette valeur négative et significative

de l'élasticité prix croisée suggère que dans le département de l'Atlantique, le maïs et l'igname sont des produits complémentaires et non concurrents (substituts), comme nous l'avons constaté au niveau de l'échantillon global et au niveau du département de l'Atacora. Naturellement, lorsque l'on se penche sur les habitudes de consommation des habitants du département de l'Atlantique, qui abrite la ville de Cotonou connue pour son caractère cosmopolite, on constate que le maïs et l'igname se consomment sur toutes les périodes de l'année de façon complémentaire. Enfin, comme précédemment, nous trouvons que la pluviométrie est sans impact significatif sur la production du maïs dans le département de l'Atlantique.

**Tableau 5. Estimation de l'offre de maïs dans l'Atlantique**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
pmais	-1.073	-1.060	0.683	1.986	2.012	1.820
	(0.717)	(0.745)	(1.357)	(1.591)	(1.635)	(1.658)
satl		0.0834	0.252	0.206	0.222	0.266
		(0.909)	(0.891)	(0.849)	(0.873)	(0.879)
pcoton			-2.375		-0.351	0.269
			(1.562)		(2.109)	(2.232)
pignam				-3.137**	-2.899**	-3.134***
				(1.475)	(1.080)	(1.107)
pluv_cot						1.064
						(1.200)
Constant	9.137**	8.699	11.81*	8.548	9.019	0.0584
	(3.409)	(5.906)	(6.097)	(5.500)	(6.298)	(11.93)
Observations	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.085	0.086	0.173	0.242	0.243	0.271

**Notes :** Les écarts-types sont entre parenthèses \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs dans le département de l'Atlantique ; pmais est le prix du maïs ; satl est la superficie emblavée en maïs dans l'Atlantique ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; plu\_cot est de la pluviométrie à Cotonou.

### 3.3.3 DÉPARTEMENT DU BORGOU (BORGOU ET ALIBORI)

Situés au Nord-Est du Bénin, les départements du Borgou et de l'Alibori sont limités au Nord par la République du Niger, au Sud par le département des Collines, à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, au Nord-Ouest par la République du Burkina-Faso et à l'Ouest par les départements de l'Atacora et de la Donga.

L'agriculture occupe une place de choix dans les départements du Borgou et de l'Alibori. Les communes de Tchaourou, Nikki, Kalalé et Sinendé affichent les plus grandes superficies emblavées dans le Borgou. Il en est de même pour Kandi et Banikoara dans l'Alibori. Par ailleurs, on observe un rendement relativement élevé dans la production des tubercules et dérivés (11,4 tonnes/ha pour l'Alibori et 12,2 tonnes/ha pour le Borgou).

D'autres part, en ce qui concerne les cultures industrielles, pour une superficie de 124606 ha la production de coton graine est évaluée dans l'Alibori à 165016 tonnes avec un rendement de l'ordre de 1,3 tonne/ha. Banikoara vient en tête pour la production de coton dans l'Alibori avec une superficie emblavée de l'ordre de 54.608 ha pour une production de 76311 tonnes et un rendement de l'ordre de 1,4 tonne/ha. En ce qui concerne le Borgou, en 2007, 33146 ha sont consacrés à la production du coton graine avec une production de 28183 tonnes et un rendement de 0,9 tonne/ha. Sinendé et Kalalé affichent les plus grandes productions (respectivement 11189 ha pour 10771 tonnes et 5312 ha pour 6261 tonnes). Notons que le département du Borgou, est le deuxième plus grand producteur de maïs au Bénin.

Les résultats issus de l'estimation de la fonction d'offre de maïs dans le département du Borgou sont présentés dans le tableau 6. Comme on peut le constater, le pouvoir explicatif du modèle élevé (supérieur à 90%) dans la plupart des cas, suggérant ainsi que la fonction de demande est bien spécifiée. Dans un premier temps, les résultats obtenus suggèrent, quelle que soit la spécification, que la production du maïs dans le département du Borgou réagit positivement à l'évolution des prix. Le coefficient du prix du maïs est positif et significatif au seuil d'erreur de 1%. Par exemple, une hausse de 1% du prix du maïs, entraîne une augmentation comprise entre 0,90% et 1,10% de la production du maïs. Aussi, nous trouvons que le coefficient de la variable représentant les superficies cultivées est positif et significatif au seuil d'erreur de 1%. En effet, l'augmentation de 1% des surfaces cultivées en maïs, engendre un accroissement de la production de maïs compris entre 0,94 et 1,27%. Le coefficient de la variable surface cultivée étant supérieur à l'unité laisse penser à l'existence de rendement d'échelle croissant

dans le département du Borgou: la production du maïs augmentant plus que proportionnellement à l'accroissement des surfaces cultivées.

**Tableau 6. Estimation de l'offre de maïs dans le Borgou**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
pmais	1.028***	1.078***	1.101***	0.967***	0.901***	0.930***
	(0.161)	(0.164)	(0.165)	(0.189)	(0.179)	(0.177)
sborg		1.272***	1.123***	0.940***	1.122***	1.184***
		(0.161)	(0.152)	(0.241)	(0.246)	(0.246)
pcoton			0.486**		0.486*	0.438*
			(0.175)		(0.251)	(0.248)
pignam				0.494*	0.487*	0.465*
				(0.276)	(0.264)	(0.260)
pluv_kandi						0.322
						(0.237)
Constant	0.357	-0.651	-1.350***	-0.465	-1.349**	-3.196**
	(0.766)	(0.426)	(0.452)	(0.420)	(0.605)	(1.482)
Observations	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.629	0.900	0.926	0.913	0.926	0.932

**Notes :** Les écarts-types sont entre parenthèses \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs dans le département du Borgou ; pmais est le prix du maïs ; sborg est la superficie emblavée en maïs dans le département du Borgou ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; plu\_kandi est de la pluviométrie.

Les coefficients des variables représentant le prix du coton et le prix de l'igname sont positifs, mais avec une significativité comprise entre 5% et 10%. Le signe positif de ces coefficients laisse entrevoir une complémentarité entre la production de l'igname et du coton et celle du maïs. Ce résultat se justifie par le fait que le département du Borgou est le plus grand producteur de coton et d'igname. Aussi, ce département produit est deuxième plus grand producteur de maïs, derrière le département de l'Ouémé. On comprend facilement que le choix de production des cultures est fait de façon complémentaire, puisque dans les stratégies de cultures, les producteurs alternent parfois les cultures du coton et de cultures vivrières sur les terres ou cultivent simultanément l'igname et le maïs. Malgré le potentiel de production du département du Borgou, nos résultats suggèrent que la pluviométrie n'influence pas significativement la production de maïs dans ce département. Ce résultat reste conforme à ceux obtenus précédemment.

### 3.3.4 DÉPARTEMENT DU MONO (MONO ET COUFFO)

Les Départements du Mono et du Couffo constituent deux (02) des douze entités du découpage administratif de la République du Bénin opéré par la loi n°97-028 du 15 janvier 1999 portant organisation de l'administration territoriale. Ils se situent dans le Sud-Ouest du territoire national entre d'une part, les sixième (6<sup>ème</sup>) et septième (7<sup>ème</sup>) degrés de latitude Nord et, d'autre part, les premier (1<sup>er</sup>) et deuxième (2<sup>ème</sup>) degrés de longitude Est. Ils sont limités : au Nord-Est par les départements du Zou ; au Sud par une façade maritime de quarante kilomètres (40 km) environ sur l'Océan Atlantique ; à l'Est par la succession de plans d'eau formée par la vallée du fleuve Couffo, le lac Ahémé et la rivière Aho qui en constituent la frontière avec les départements de l'Atlantique ; à l'Ouest par le Togo avec 90 km de frontière naturelle formée par une partie du fleuve Mono.

La principale source de revenus des populations des départements du Mono et du Couffo reste l'agriculture qui occupe plus de 37% de la population active. L'agriculture pratiquée est de type traditionnel, avec des instruments rudimentaires et une spécialisation dans les cultures vivrières, notamment le maïs. Le régime foncier constitue un handicap sérieux à l'exploitation des terres. L'exploitation moyenne par paysan dans les départements couvre deux (02) hectares non compris les friches, les jachères et les palmeraies. Le mode d'exploitation des terres est basé sur la culture itinérante sur brûlis avec une jachère de moins en moins longue en raison de la forte pression démographique. L'agriculture rencontre un certain nombre de problèmes. Très peu de ménages agricoles utilisent l'engrais pour la production agricole alors que la plupart des sols sont pauvres. L'utilisation des semences améliorées et produits phytosanitaires est encore timide chez les populations.

Les résultats de l'estimation de la fonction d'offre de maïs dans le département du Mono sont présentés dans le tableau 7. Comme on peut le remarquer, la valeur du coefficient de détermination reste forte pour toutes les spécifications du modèle, suggérant ainsi un potentiel explicatif appréciable. Le prix du maïs affecte favorable la production du maïs dans le département du Mono, et une hausse de 1% du prix du maïs entraîne une augmentation comprise entre 0,51 et 0,68% de la production. Par ailleurs, nous trouvons également que le coefficient de la variable représentant les surfaces cultivées est positif et significatif au seuil d'erreur de 1%. En effet, un accroissement des surfaces cultivables en maïs entraîne une augmentation de la production d'environ 1% dans la plupart des spécifications du modèle. Dans le département du Mono, on remarque que les rendements d'échelle sont constants puisque l'augmentation de la production de maïs est proportionnelle à l'augmentation des superficies. Ce résultat s'explique par la petite taille du département et aussi par la qualité des terres cultivables. Par ailleurs les coefficients obtenus pour les prix du coton et de l'igname sont non significatifs aux seuils conventionnels ; on ne peut donc conclure à priori, à l'existence d'un effet de substitution ou de complémentarité entre le maïs et le coton ou l'igname dans le département du Mono. Ces résultats diffèrent sur certains points de ceux obtenus par exemple dans le département du Borgou, où il existe des rendements d'échelle croissant et des effets de complémentarité entre le maïs, l'igname et le coton. Aussi, la pluviométrie reste-t-elle sans influence significative sur la production de maïs dans ce département.

Tableau 7. Estimation de l'offre de maïs dans le Mono

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
pmais	0.511** (0.221)	0.680** (0.296)	0.642*** (0.179)	0.670*** (0.218)	0.633*** (0.217)	0.632*** (0.217)
smono		1.102*** (0.105)	1.126*** (0.103)	1.078*** (0.108)	1.141*** (0.119)	1.174*** (0.125)
pcoton			0.311 (0.201)		0.374 (0.313)	0.267 (0.335)
pignam				0.199 (0.209)	-0.0840 (0.315)	0.0206 (0.336)
lplu						0.286 (0.310)
Constant	1.923* (1.053)	-1.350** (0.546)	-1.946*** (0.656)	-1.311** (0.548)	-2.083** (0.843)	-4.205 (2.449)
Observations	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.582	0.858	0.872	0.864	0.873	0.878

**Notes:** Les écarts-types sont entre parenthèses. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs dans le département du Mono ; pmais est le prix du maïs ; smono est la superficie emblavée en maïs dans le département du Mono ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; lplu est de la pluviométrie.

### 3.3.5 DÉPARTEMENT DE L'OUÉMÉ (OUÉMÉ ET PLATEAU)

Situés entre les 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> degrés de latitude nord, les départements de l'Ouémé et du Plateaux couvrent une superficie d'environ 4.700 km<sup>2</sup>. Ils sont limités au nord par les départements du Zou et des Collines, au sud par l'Océan Atlantique, à l'est par la République Fédérale du Nigeria et à l'ouest par les départements de l'Atlantique et du Littoral. Cet ensemble régional est bordé au sud par l'Océan Atlantique sur 23 km. Il comporte trois zones caractéristiques distinctes :

- La zone de la vallée : elle regroupe les communes de Dangbo, d'Adjohoun, de Bonou et des Aguégus. Ces dernières sont souvent exposées à des inondations avec, comme corollaire, de très importants dégâts sur la production et les infrastructures.
- La zone du littoral : elle comprend les communes de Sèmè-Podji, d'Avrankou, d'Adjara, de Porto-Novo et d'Akpro-Missérété. C'est notoirement un centre de commerce et d'artisanat où se pratique subsidiairement l'agriculture.
- La zone du plateau : elle réunit les communes de Kétou, de Pobè, de Sakété, d'Ifangni et d'Adja-Ouèrè. C'est le principal grenier de la région.

L'agriculture est l'activité principale. On y pratique essentiellement la culture sur billons ou à plat. Les cultures principales sont : le maïs, le manioc, l'arachide, le palmier à huile (dont la filière a été négligée et qui connaît depuis peu un début de réhabilitation), les cultures maraîchères et le niébé. L'igname qui y était jadis cultivée a pratiquement disparu. Les techniques culturelles se limitent aux méthodes traditionnelles de labour à la houe.

Les activités de production et économiques de l'Ouémé sont multiples et variées eu égard aux différentes possibilités offertes par le milieu naturel et sa proximité avec le Nigéria qui exerce une action polarisante dans la région. Le département regorge assez d'agriculteurs (50%) et de commerçants (30%).

Dans son ensemble, le département dispose d'un potentiel satisfaisant dans le domaine de la production végétale. On y trouve de nombreuses productions végétales : cultures vivrières (maïs, niébé, manioc, arachide) ; cultures pérennes (palmier à huile, agrumes, essences forestières) ; cultures de rente (coton) ; cultures maraîchères (tomate, piment). Notons au passage que ce département est le premier producteur de maïs du Bénin.

Les résultats de l'estimation de l'offre de maïs dans le département de l'Ouémé sont décrits dans le tableau 8.

En première analyse, nous remarquons un pouvoir explicatif du modèle moyen parce que le coefficient de détermination  $R^2$  est d'environ 0,5. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que des variables importantes aient été occultées dans la spécification du modèle, par exemple, la proximité de ce département avec le Nigéria, qui peut sans doute influencer la production du maïs. Toutefois, la production du maïs reste sensible aux variations du prix du maïs dans ce département. En effet, un accroissement du prix du maïs de 1% entraîne une augmentation de la production d'environ 0,4%. Aussi l'accroissement des superficies cultivables accroît la production dans le département de l'Ouémé.

**Tableau 8. Estimation de l'offre de maïs dans l'Ouémé**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Pmaïs	0.357*** (0.118)	0.365*** (0.107)	0.472** (0.189)	0.424** (0.246)	0.488** (0.238)	0.487** (0.244)
soue		0.119** (0.0472)	0.134*** (0.0451)	0.124** (0.0472)	0.135*** (0.0461)	0.134** (0.0489)
pcoton			0.441* (0.222)		0.504 (0.312)	0.511 (0.358)
pignam				0.250 (0.230)	-0.0898 (0.306)	-0.0972 (0.357)
lplu						-0.0148 (0.345)
Constant	3.645*** (0.561)	3.004*** (0.567)	2.182*** (0.675)	2.940*** (0.568)	2.088** (0.760)	2.194 (2.581)
Observations	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.276	0.433	0.520	0.462	0.521	0.522

**Notes :** Les écarts-types sont entre parenthèses \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs dans le département de l'Ouémé ; pmaïs est le prix du maïs ; soue est la superficie emblavée en maïs dans le département de l'Ouémé ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; lplu est de la pluviométrie.

Le coefficient de la variable représentant les surfaces cultivables est positif et significatif au seuil d'erreur de 5%. Par exemple, un accroissement des surfaces de 1% dans le département de l'Ouémé entraîne une hausse de la production de maïs d'environ 0,125%. Cette valeur reste relativement stable d'une spécification à une autre et laisse apparaître l'existence de rendement d'échelle décroissant au niveau de département. En effet, bien que l'agriculture repose encore sur des techniques rudimentaires au Bénin, l'accroissement des superficies n'est plus adapté pour accroître la production de maïs dans l'Ouémé. Ce résultat suggère que les capacités d'exploitation des terres dans le département de l'Ouémé sont presque atteintes et que l'accroissement de la production ne pourrait s'opérer que par les méthodes de production intensive. Par ailleurs, les coefficients obtenus pour les prix du coton et de l'igname sont non significatifs aux seuils conventionnels. On ne peut donc conclure à l'existence d'un effet de substitution ou de complémentarité entre le maïs et l'igname d'une part et d'autre part entre le maïs et le coton. Ces résultats s'expliquent par le fait que le département de l'Ouémé n'est pas ni spécialisé dans la production de coton, ni dans la production de l'igname. Enfin, la pluviométrie reste sans impact significatif sur la production de maïs dans le département de l'Ouémé.

### 3.3.6 DÉPARTEMENT DU ZOU (ZOU ET COLLINES)

Situés dans la partie centrale du Bénin, les Départements du Zou et des Collines s'étendent du 7<sup>e</sup> au 8<sup>e</sup> degré de la latitude nord sur 200 km du Sud au Nord et sur 150 km d'Est à l'Ouest. Les Départements sont limités au Nord par les Départements

de la Donga et du Borgou, au Sud par ceux de l'Atlantique, du Couffo, de l'Ouémé et du Plateau, à l'Ouest par le Togo et à l'Est par le Nigéria. Le fleuve Ouémé et ses affluents arrosent les deux départements tandis que le Couffo traverse le département du Zou seul. Les Départements du Zou et des Collines bénéficient d'un climat de transition entre le semi-équatorial du Sud-Bénin (caractérisé par deux saisons des pluies et deux saisons sèches) et le soudanien du Nord-Bénin (caractérisé par une saison des pluies et une saison sèche). Plus des 2/3 de cette population vivent en milieu rural. La population active se répartit pour 70% dans le secteur primaire, 8% dans le secondaire et 22% dans le tertiaire.

Les Départements du Zou et des Collines disposent de plus de 1 230 000 ha de terres cultivables dont 222.000 ha seulement sont cultivées. La terre et toutes les ressources naturelles dont elle est pourvue (plans d'eaux, forêts, collines, bas-fonds, vallées etc.) constituent le capital de base essentiel pour le développement des activités agricoles. On y trouve la plupart des produits vivriers de notre pays.

Le département du Zou représente une région intermédiaire entre la partie septentrionale du Bénin (Borgou et Atacora) et la partie méridionale (Ouémé, Mono et Atlantique). Les résultats de la fonction d'offre de maïs dans le département du Zou se présentent comme suit (tableau 9) :

**Tableau 9. Estimation de l'offre de maïs dans le Zou**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
pmais	1.217*** (0.267)	1.209*** (0.337)	1.156** (0.387)	1.098** (0.310)	1.081** (0.398)	1.103** (0.391)
szou		1.165*** (0.0422)	1.145*** (0.0447)	1.192*** (0.0528)	1.203*** (0.0472)	1.213*** (0.0441)
pcoton			0.335*** (0.108)		0.326** (0.127)	0.306** (0.118)
pignam				-0.309*** (0.126)	-0.347** (0.145)	-0.414*** (0.139)
pluv_boh						0.250** (0.119)
Constant	-1.067** (0.471)	-0.957*** (0.222)	-1.186*** (0.286)	-0.937*** (0.225)	-1.447*** (0.282)	-2.948*** (0.761)
Observations	26	26	26	26	26	26
R-squared	0.663	0.984	0.985	0.985	0.988	0.991

**Notes :** Les écarts-types sont entre parenthèses. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . Toutes les variables en logarithme. La variable endogène est la quantité de maïs dans le département du Zou ; pmais est le prix du maïs ; szou est la superficie emblavée en maïs dans le Zou ; pignam est le prix de l'igname ; pcoton est le prix du coton ; pluv\_boh est de la pluviométrie à Bohicon.

Les résultats présentés dans le tableau 9 montrent que les résultats sont globalement significatifs et le potentiel explicatif des modèles élevés puisque les valeurs du coefficient de détermination sont supérieures à 95%. Nous trouvons également que le prix affecte significativement la production du maïs dans le département du Zou. En effet, un accroissement de 1% des prix entraîne une hausse comprise entre 1,09% et 1,21%. Ce résultat s'explique par le fait que le département du Zou est bien vaste et que l'accroissement des prix peut motiver une production plus élevée, pour des bénéfices plus importants. Cette conclusion est corroborée par la significativité des coefficients de la variable représentant les superficies emblavées dans le département du Zou. En effet, ces coefficients sont supérieurs à l'unité dans tous les cas, suggérant ainsi l'existence de rendements d'échelle croissant dans le secteur de la production du maïs dans le Zou : la production s'est plus que proportionnelle à l'accroissement des superficies. Les coefficients des variables représentant les prix du coton et de l'igname sont significatifs au seuil conventionnel de 5%. Toutefois, il serait intéressant de faire remarquer que le coefficient de la variable représentant le prix du coton est positif, alors que celui de la variable représentant le prix de l'igname est négatif. On peut donc conclure que dans le département du Zou, le maïs et le coton sont complémentaires, tandis que le maïs et l'igname sont des substituts. Ce résultat se justifie par le fait que le département du Zou est intermédiaire entre le nord et le sud du Bénin, sur le plan du relief, du climat, de la qualité des sols et aussi des habitudes des populations. On suppose que la complémentarité entre le maïs et le coton s'effectue dans les choix des producteurs dans le Zou nord, proche des départements du Borgou et de l'Atacora et la substituabilité entre le maïs et l'igname dans le Zou sud. Enfin, contrairement aux autres départements, le coefficient de la variable mesurant la pluviométrie est positif et significatif au seuil d'erreur de 5%. Ce résultat suggère que l'accroissement de pluviométrie dans le département du Zou a des effets bénéfiques en termes d'augmentation de la production de maïs.

## 4 CONCLUSION

Le présent chapitre évalue la production du maïs au Bénin à partir des déterminants principaux que sont le prix du maïs et de cultures complémentaires et/ou substituables telles que le coton et l'igname. L'analyse porte sur la période 1990-2015, compte tenu de la disponibilité des données. La démarche méthodologique repose essentiellement sur une analyse descriptive des données, puis sur des estimations à l'aide de régressions simples et des systèmes d'équations simultanées. Afin de tenir compte des hétérogénéités au niveau des départements au Bénin, l'analyse agrégée a été complétée avec des estimations réalisées à partir de données collectées au niveau de chaque département.

De façon globale, les tendances des résultats sont les suivantes :

- Le prix du maïs et les superficies cultivées en maïs influencent positivement la production de maïs, tandis que l'impact du prix sur la demande de maïs est négatif.
- Des effets de complémentarités sont observés également au niveau national entre le maïs, l'igname et le coton.
- L'impact des dépenses gouvernementales reste favorable pour l'amélioration de la production.

Toutefois, des résultats parfois concordants ou contradictoires apparaissent au niveau des régressions réalisées au niveau de chaque département : si de façon globale, le prix du maïs affecte positivement la production du maïs dans tous les départements, l'impact des superficies emblavées reste différents : les rendements sont décroissants dans les départements de l'Atacora, du Mono et de l'Ouémé, alors qu'ils sont croissants dans le Zou et le Borgou. Ce résultat montre que l'accroissement des superficies n'est plus suffisant pour accroître la production de maïs dans tous les départements, mais qu'il faudra adopter des techniques plus intensives afin de satisfaire la demande sans cesse croissante en maïs.

En ce qui concerne les effets de substitution et/ou de complémentarité entre le maïs et la principale culture de rente du Bénin, qu'est le coton et une autre culture vivrière privilégiée dans la consommation au Bénin, qu'est l'igname, les résultats varient également suivant les départements : tandis que dans les départements du Borgou et de l'Atacora, il y a un effet de complémentarité entre le maïs et les cultures identifiées, dans le Zou, on obtient un effet de complémentarité entre le maïs et le coton, alors qu'entre le maïs et l'igname, prédomine une substituabilité. Enfin, nos résultats suggèrent que la pluviométrie n'influence pas significativement la production de maïs dans la plupart des départements, sauf le département du Zou.

A la lumière de ces résultats, des recommandations de politiques économiques émergent :

- Accroître l'appui de l'Etat au secteur agricole, en particulier à la filière maïs à travers des subventions aux agricultures, qui peuvent prendre la forme de fourniture d'engrais, ou de formation sur des techniques agricoles intensives.
- L'adoption de mode de production intensive étant la seule solution pour réellement accroître la production de maïs, l'utilisation de variétés sélectionnées à fort rendement, la mécanisation de la production du maïs devient une nécessité et les cultures contre-saison indispensables, vu que la pluviométrie n'est pas déterminante dans la production de maïs.
- Enfin, une dernière recommandation, qui découle indirectement de l'analyse des résultats est qu'il faudra développer des méthodes de conservation et de stockage du maïs, afin de pallier des chocs d'offre et de demande souvent observées, qui engendrent de fortes fluctuations des prix.

Une extension possible de l'analyse économétrique qui est faite dans ce chapitre, serait de réaliser des estimations sur données de panel, en considérant les départements comme des unités statistiques. A ce niveau un travail additionnel de collecte d'information sur l'évolution des prix du maïs dans chaque département sur la période étudiée est indispensable.

## RÉFÉRENCES

- [1] Tokoudagba, S.F. 2014. Economie de la production du maïs au Nord-Bénin : une analyse du compte de résultat des exploitations agricoles. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), Numéro spécial Economie et Sociologie Rurales – Décembre 2014. pp. 20-28.
- [2] Toléba, S. M., Biauou, G., Zannou, A., et Saïdou, A. 2016. Evaluation du niveau d'efficacité technique des systèmes de production à base de maïs au Bénin. European Scientific Journal, 12(27), 276–299. <http://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n27p276>.
- [3] Adéchinan, A.F.A. 2018. Efficacité technique des petits producteurs du maïs au Bénin. European Scientific Journal, July 2018 edition Vol.14, No.19 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [4] Adanguidi, J. et Quenum, Y. B. 2005. Analyse des systèmes de commercialisation du maïs et de l'arachide dans le département du Zou. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin Numéro 48 – Juin 2005. pp. 18-32.

- [5] Faivre Dupaigne, B., BARIS P. et LIAGRE, L. 2006. Etude sur la compétitivité des filières agricoles dans l'espace UEMOA, Rapport, p.296.
- [6] Gnimadi, A. 2008. Etude pour l'identification des filières agroindustrielles prioritaires, UEMOA/ONU, p.18.
- [7] Boone, P., Stathacos, C. J.D. et Wanzie, R. L. 2008. Evaluation sous-régionale de la chaîne de valeurs du maïs, rapport technique ATP n°1. Bethesda, MD: projet ATP, 73p.
- [8] Adegbola, Y.P., Aloukoutou, M.A., Hinnou, C.L. et Dedewanou, B. 2011. Analyse de la performance des chaînes de valeurs ajoutées de la filière maïs au Bénin, PAPA-INRAB/MAEP, Rapport, 87p.
- [9] Sohinto, D. et Aïna, M.S. 2011. Analyse de la rentabilité économique de 5 chaînes de valeur ajoutée maïs, DPP-MAEP, p.93
- [10] Sohinto, D. et Aïna, M.S. 2011. Etude documentaire sur la filière maïs et ses chaînes de valeurs ajoutées au Bénin, Rapport, FUPRO-SNV, P. 161
- [11] Honfoga, B.G., Akissoe, N.H., Guedenon, A. et Sossa-Vihotogbé C.N. 2014. Post-Harvest Management (PHM) Policy Evaluation Report Benin, 59 p
- [12] Jacques, Z.A. 2008. Etude économétrique de l'offre du riz local au Bénin à partir de données transversales. Mémoire de fin de formation au cycle II. ENEAM. pp 87.
- [13] Kaghoma, C.K. 2009. Estimation de la réponse de l'offre agricole au Bénin : quelques résultats préliminaires. RECHERCHE AFRICAINE, December 2009, No. 25-26, pp. 225-237.
- [14] Greene, W. and Hilliam, H. 2003. Econometric analysis, Fifth Edition, international Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [15] Greene, W. 2005. Econométrie. 5<sup>ème</sup> Edition. Pearson Education.
- [16] Deolalikar, A.B. 1981. The Inverse Relationship between Productivity and Farm Size: A Test using Regional Data from India. American Journal of Agricultural Economics, Mai: 275-279.