



ISRA-BAME DT, n°2  
Septembre 2012

---

## La politique des biocarburants au Sénégal

---

*Évaluation de l'intégration potentielle du bioéthanol issu de la canne à sucre*

---

Cheickh Sadibou FALL, Djiby DIA, Siwa MSANGI

---

Cheickh Sadibou FALL\*, Djiby DIA\*, Siwa MSANGI\*\*

\* Bureau d'Analyses Macro-Économiques de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA-BAME). Contact : [fallcheickhsadibou@yahoo.fr](mailto:fallcheickhsadibou@yahoo.fr)

\*\* Environment and Production Technology Division, International Food Policy Research Institute (IFPRI)

Septembre 2012

## Table des matières

Liste des sigles et acronymes .....	4
Liste des tableaux .....	5
Liste des figures .....	5
Introduction.....	6
I. L'environnement de la production de la canne à sucre au Sénégal .....	7
1.1. Le cadre institutionnel des biocarburants au Sénégal.....	7
1.2. Les caractéristiques physiques de la canne à sucre.....	8
1.2.1. <i>Le climat</i> .....	8
1.2.2. <i>Ressources hydriques</i> .....	9
1.2.3. <i>Les sols et rendements</i> .....	10
1.2.4. <i>La plantation</i> .....	11
1.2.5. <i>L'ouverture de sillons</i> .....	12
1.3. Le cycle végétatif de la canne à sucre .....	12
1.3.1. <i>L'entretien de la plante</i> .....	12
1.3.2. <i>La coupe de canne vierge</i> .....	13
1.3.3. <i>La coupe de la canne-repousse</i> .....	13
1.3.4. <i>La récolte de canne</i> .....	13
II. Modélisation du secteur de la canne à sucre au Sénégal .....	14
2.1. Présentation du modèle .....	15
2.1.1. <i>Produits considérés dans le modèle</i> .....	15
2.1.2. <i>Côté Offre</i> .....	16
2.1.3. <i>Côté demande</i> .....	17
2.1.4. <i>Équilibre</i> .....	18
2.1.5. <i>Dynamique</i> .....	18
2.2. Présentation des données .....	19
2.2.1. <i>Le Système d'Information Énergétique du Sénégal</i> .....	19
2.2.2. <i>La Compagnie Sucrière Sénégalaise</i> .....	19
2.2.3. <i>L'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie</i> .....	19
2.2.4. <i>La Base de données Modèle IMPACT de l'IFPRI</i> .....	19
2.3. Scenarios simulés .....	19
2.4. Résultats .....	20
2.4.1. <i>Benchmark</i> .....	20
2.4.2. <i>Benchmark vs Scenarios</i> .....	22
Conclusion et recommandations .....	24
Bibliographie.....	26
Annexes .....	28

## Liste des sigles et acronymes

ANSD :	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
Bad :	Banque africaine de développement
Bame :	Bureau d'analyses macro-économiques
CNRA :	Centre national de la recherche agricole de Bambey
CSS :	Compagnie sucrière sénégalaise
Ifpri :	International Food Policy Research Institute
Isra :	Institut sénégalais de recherches agricoles
SIE :	Système d'Information Énergétique du Sénégal

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Économie potentielle sur les importations de pétrole (en dollar) .....</i>	<i>24</i>
---	-----------

## Liste des figures

<i>Figure 1 : Localisation de la culture de la canne à sucre au Sénégal.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 2 : Superficie annuelle de canne à sucre récoltée par la CSS de 1976 à 2004. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3 : Consommations finales par secteur .....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 4 : Consommations finales « secteur transports » par produit .....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 5 : Offre-demande de mélange .....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 6 : Projection de la production d'éthanol jusqu'en 2020 .....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 7 : Offre-demande de sucre .....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 8 : Taux de croissance des importations de sucre .....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 9 : Projection éthanol, scénario vs situation de référence.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 10 : Offre-demande de sucre, scénario vs situation de référence.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 11 : Taux de croissance des importations de sucre .....</i>	<i>23</i>

## Introduction

---

La canne à sucre est une plante de la famille des graminées, qui a un fort potentiel de saccharose ou sucre cristallisé. Elle est originaire des régions tempérées chaudes à tropicales. Les principaux pays à climat tropical et producteurs de canne sont le Brésil, l'Inde, le Cuba, l'Australie, la Chine, les États-Unis. La canne à sucre est domestiquée et cultivée dans des pays comme la Nouvelle Guinée pendant plusieurs décennies. Les techniques de cultures, les stratégies d'adaptation sont diversifiées ; elles dépendent du milieu de culture, des conditions météorologiques et des moyens disponibles. La canne à sucre a une vocation essentiellement commerciale, elle occupe une place importante dans les espaces agricoles du monde. La superficie plantée au niveau planétaire est estimée à plus de 20 millions d'hectares ; le Brésil est le premier pays producteur avec 7 millions d'hectares, soit 42% de la production totale de canne à sucre. La productivité annuelle de la canne à sucre est variable ; elle dépend des conditions climatiques. Elle est estimée entre 50 et 100 tonnes par hectare. Le Brésil enregistre des rendements élevés de 70T/ha et 200T/ha; dans sa partie centrale et méridionale (BNDES et CGEE, 2008).

En Afrique, la production de canne à sucre pourrait avoir un avenir luisant du fait de l'évolution de la demande mondiale de sucre. En effet, on estime cette demande évoluer à 50% d'ici à 2030, soit une production mondiale de plus de 90 millions de tonnes supplémentaires de sucre. Cette forte hausse est imputable à l'augmentation de la consommation dans les pays émergents et ceux en développement.

Par ailleurs, le positionnement de l'Afrique dans cette dynamique peut être conforté par la flambée des cours mondiaux ; le sucre a atteint 845 dollars la tonne en 2011, soit son plus haut niveau depuis 1987, début de sa cotation à la bourse de Londres, créant des tensions. Ainsi, des investissements sur la plantation de canne à sucre commencent à se noter dans plusieurs pays du continent où les facteurs physiques (conditions climatiques surtout) et les ressources foncières semblent favorables.

Les investissements sont perceptibles au Mali (projet sucrier de Markala<sup>1</sup>, financé par la BAD, Banque africaine de développement) pour emblaver 35 000 hectares de terres irriguées à partir du fleuve Niger et produire 250 000 tonnes de sucre par an (le déficit du Mali représente 115 000 tonnes).

Au Sénégal, la Compagnie sucrière sénégalaise (CSS) s'est confortablement installée dans la vallée du fleuve, région marquée par de fortes possibilités d'aménagement agricole pour des cultures irriguées. Ces conditions attirent les planteurs de canne à sucre. En effet, la CSS qui, de la canne à sucre, extrait

---

<sup>1</sup>— Ce projet est financé à hauteur de 65 millions d'euros pour produire 190 000 tonnes de sucre et 15 millions de litres d'éthanol

de la mélasse pour, au final, produire de l'éthanol et de l'alcool (DIA et al, 2009) est en passe de faire face, dans cette zone, à un nouveau concurrent, Dangote. La production attendue de 100 000 tonnes par an sur 40 000 ha vise à satisfaire le déficit de production nationale estimée à 60 000 tonnes par an et le marché mondial.

Dans le cadre de la politique de promotion des agrocarburants, la production de *Jatropha curcas* (pourghère) est intégrée dans les systèmes agraires sénégalais comme une culture émergente qui, en association avec les cultures traditionnelles, pourrait constituer des sources de revenus supplémentaires pour les populations rurales. Cependant, quatre ans après son lancement, la production de *Jatropha* n'a pas atteint les objectifs visés.

En revanche, la filière canne à sucre peut aussi constituer une alternative avec le développement de la production de bioéthanol issue de la valorisation de la mélasse. Le bioéthanol peut être employé à des fins de carburant ou encore comme additif à l'essence. C'est ainsi que la production d'éthanol par la CSS compte être insérée dans la fabrication de carburant vert. L'arrivée prochaine d'un concurrent de la CSS au Sénégal pourrait avoir des effets sur les structures des prix du sucre, les orientations politiques de la production de biocarburants.

Ce document de travail a pour objet de modéliser le secteur de la canne à sucre au Sénégal. Il comprend deux parties. La première partie décrit l'environnement de la production de la canne à sucre en présentant les caractéristiques physiques et l'entretien de la canne à sucre. La seconde partie développe un modèle sectoriel dynamique qui tente de répliquer le modèle de la CSS et estime entre autres des projections d'offre et de demande de bioéthanol et de sucre.

## I. L'environnement de la production de la canne à sucre au Sénégal

### 1.1. Le cadre institutionnel des biocarburants au Sénégal

Les évolutions notées dans la politique énergétique au Sénégal font apparaître en 2008 un nouvel axe stratégique portée vers les biocarburants et les énergies renouvelables pour relever le défi de l'approvisionnement énergie en qualité, durable, à moindre coût ; l'accès des populations aux services modernes de l'énergie et la réduction de la vulnérabilité aux aléas du marché mondial du pétrole (RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2008). Parmi les mesures prises, la production d'éthanol à partir de cultures comme la canne à sucre.

Une loi portant loi d'orientation de la filière des Biocarburants (loi n°2010-22) comportant six chapitres, 25 articles a été promulguée en 2010. Elle mentionne la politique incitative de la filière des biocarburants (chapitre III de la loi), la production et la distribution des biocarburants (chapitre IV) qui précisent la culture des plantes et production de biocarburants avec des articles spécifiques à la production industrielle de biocarburants, au mélanges de biocarburants... En outre, la loi précise que « pour les projets destinés à l'exportation, 50% au moins de la production, sous toutes ses formes, est réservée prioritairement au marché national ».

La loi stipule que « les revenus des exploitations de biocarburants sont exonérés d'impôt, dans la limite de cinq (05) ans ». Ces avantages fiscaux s'appliquent également aux entreprises dont la production est destinée au marché national.

Le projet de décret d'application de la loi n°2010-22 complétera le cadre réglementaire sur les biocarburants au Sénégal. Le projet de décret précise les spéculations autorisées pour la production de biocarburants ; il s'agit du pourghère, du tournesol, du coton, de la canne à sucre, du ricin et du sorgho sucré. Ainsi, l'utilisation de cultures à usage alimentaire est formellement interdite pour la production de biocarburants, même si « les résidus d'extraction de ces produits sont autorisés pour la production de bioénergies ».

## 1.2. Les caractéristiques physiques de la canne à sucre

### 1.2.1. Le climat

Le climat est déterminant dans le cycle végétatif de la canne à sucre. La canne à sucre est une plante tropicale ; elle a besoin de l'humidité et de la chaleur. En effet, le climat tropical est situé entre 35° de latitude Nord et 30° de latitude Sud. Il se caractérise par l'existence de deux saisons : une saison sèche et une saison pluvieuse. Les températures dans cette région montent habituellement au-delà de 35°C.

Les températures nécessaires pour la croissance et la maturation de la canne à sucre sont :

- température optimale diurne pour la germination estimée entre 26°C et 33 C ; pour la croissance, 28°C à 35°C ;
- température minimale de croissance est comprise entre 15°C et 18°C.

La température qui semble idéale pour la culture de la canne à sucre se situe à 20°C. Cependant, la canne à sucre requiert de l'humidité et de la chaleur au stade de croissance ; en période de maturation, elle a davantage besoin de sécheresse et de froid nocturne ; les températures peuvent atteindre 35°C.



Au Sénégal, la canne à sucre est cultivée en irrigué à Richard-Toll au Nord du pays (Figure 1). La température moyenne annuelle est de 28°C avec des variations selon la saison. La moyenne minimale tourne autour de 20°C tandis que la maximale se situe à 36°C à la station de Richard-Toll.

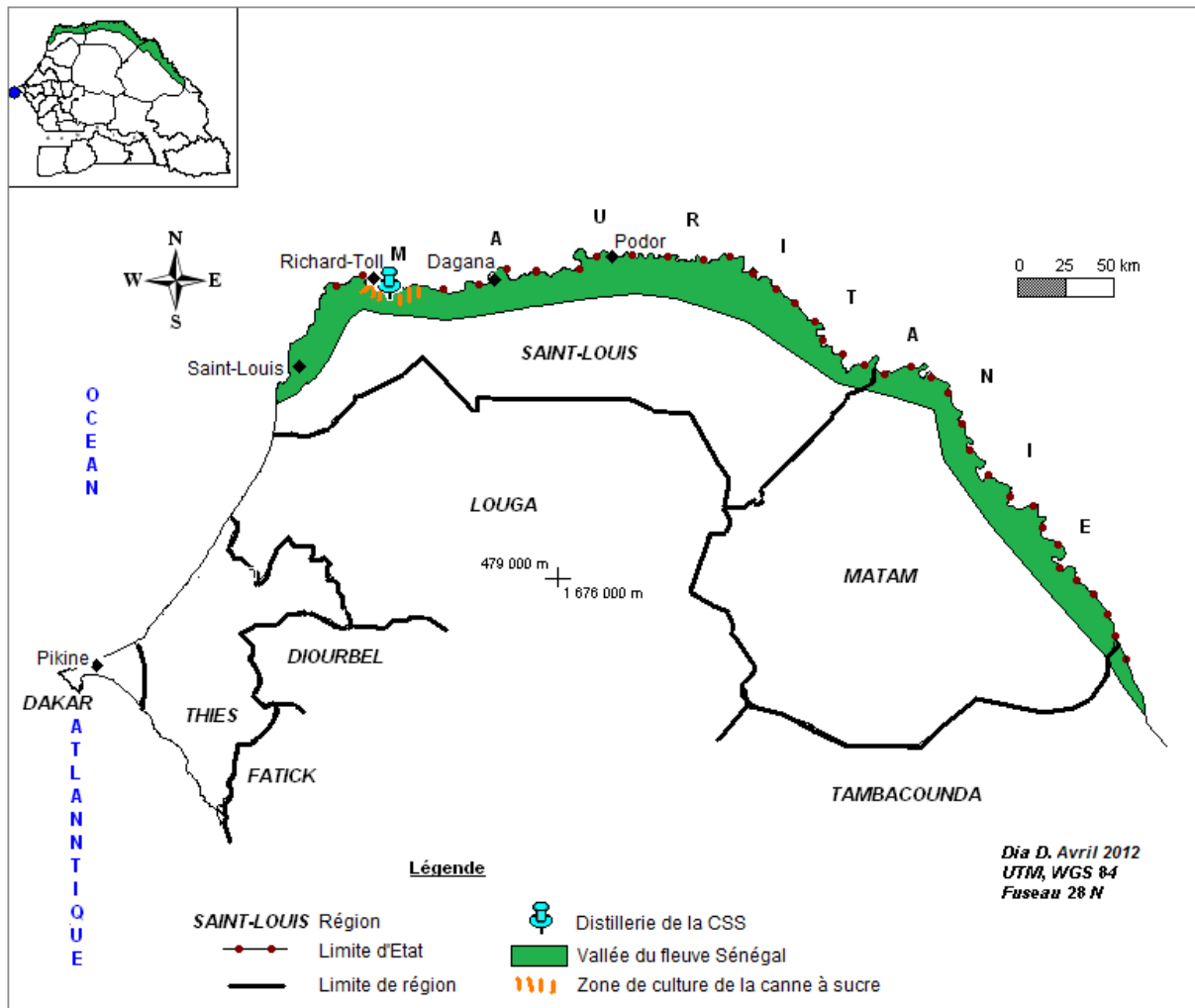


Figure 1 : Localisation de la culture de la canne à sucre au Sénégal

### 1.2.2. Ressources hydriques

La canne à sucre est une plante qui demande plus d'eau durant les premiers mois (8 à 9 premiers mois), période correspondant à la croissance. Cependant, durant la maturation, la plante est peu exigeante en humidité. La maturation est une phase de synthèse et d'accumulation de saccharose importante, à hauteur de 65-70% de l'utilisation des ressources carbonées. Les conditions environnementales, l'irrigation ou l'usage de produits chimiques sont déterminants (SOOPRAMANIEN, 2000)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> — SOOPRAMANIEN, 2000 est cité par CHAMPOISEAU (2006) dans sa thèse de doctorat intitulé : *Xanthomonas albilineans*, l'agent causal de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre : caractérisation et variabilité des bases génétiques du pouvoir pathogène, en Guadeloupe et dans le monde.

La quantité d'eau nécessaire pour une bonne croissance de la canne à sucre est comprise entre 1200 et 1 500 mm par an répartis entre deux saisons : une saison sèche et une saison pluvieuse. Dans les zones où la pluviométrie est déficitaire, les exploitants ont souvent recours à l'irrigation. L'irrigation maintient la productivité agricole et comble le déficit hydrique. Ce système de ravitaillement en eau est en générale pratiqué durant la période de croissance de la canne à sucre.

Dans le cas de la culture de la canne à sucre à Richard-Toll, l'irrigation comble le déficit pluviométrique. Les moyennes de précipitation annuelle recueillies dans la station de Richard-Toll tournent autour de 250 millimètres d'eau. L'apport d'eau à la culture de la canne par la Compagnie sucrière sénégalaise se fait à partir du fleuve Sénégal. Cet apport consiste à la mise en place d'un important dispositif de conduits et de drainage d'eau, alimentés par des stations de pompage. L'irrigation des parcelles de la CSS est de type gravitaire, à partir d'un réseau de canaux de près de 492 kilomètres de longueur.



*Ici, une partie du système d'irrigation utilisé par la CSS dans une parcelle de canne à Richard-Toll*

©Auteurs, août 2009

### **1.2.3. Les sols et rendements**

La canne à sucre pousse sur plusieurs types de sols tels que les sols profonds, meubles, les sols riches en humus et en éléments fertilisants et suffisamment humides. Les meilleurs sols pour la culture de canne à sucre sont les sols issus de la dégradation des basaltes et des alluvions profondes. Le sol joue un rôle fondamental dans la préparation des champs de canne à sucre. En fonction de la nature du sol, il est préconisé une méthode de labour appropriée.

*« La canne ne demande une terre finement ameublie que pour le lit des boutures. Pour les terrains lourds, on conseille un sous-solage puissant (surtout en 1ère exploitation) à 0,80 m d'écartement et 60 cm de profondeur. Pour les terrains légers, un griffage profond, à 30 - 40 cm de profondeur suffit. Ensuite, il faut un labour de 25 cm de profondeur et un (ou des) hersage (s) moyen (s) ».*

Les sols de la CSS sont de nature hydromorphe et répondent à la culture de la canne à sucre. Si dans des pays comme le Brésil les rendements de la canne à sucre atteignent 200 tonnes à l'hectare par

endroit, au Sénégal la moyenne des rendements à la CSS tourne autour de 140 tonnes à l'hectare, une moyenne appréciable par rapport aux standards reconnus chez les grands producteurs.

La production a connu une évolution croissante depuis les premières années de récolte de la canne à sucre en 1973. Elle passe de 1 500 tonnes de sucre canne sur 1 250 hectares de canne emblavés en 1973-75 à 47 000 tonnes en 1977-78 sur 5 098 hectares de canne cultivés. Dans les années 1980, la production atteint les 60 000 tonnes cultivées sur 6 500 hectares, puis 85 000 tonnes en 2004. La superficie moyenne récoltée entre 1976 et 2004 s'élève à 6 397 hectares.

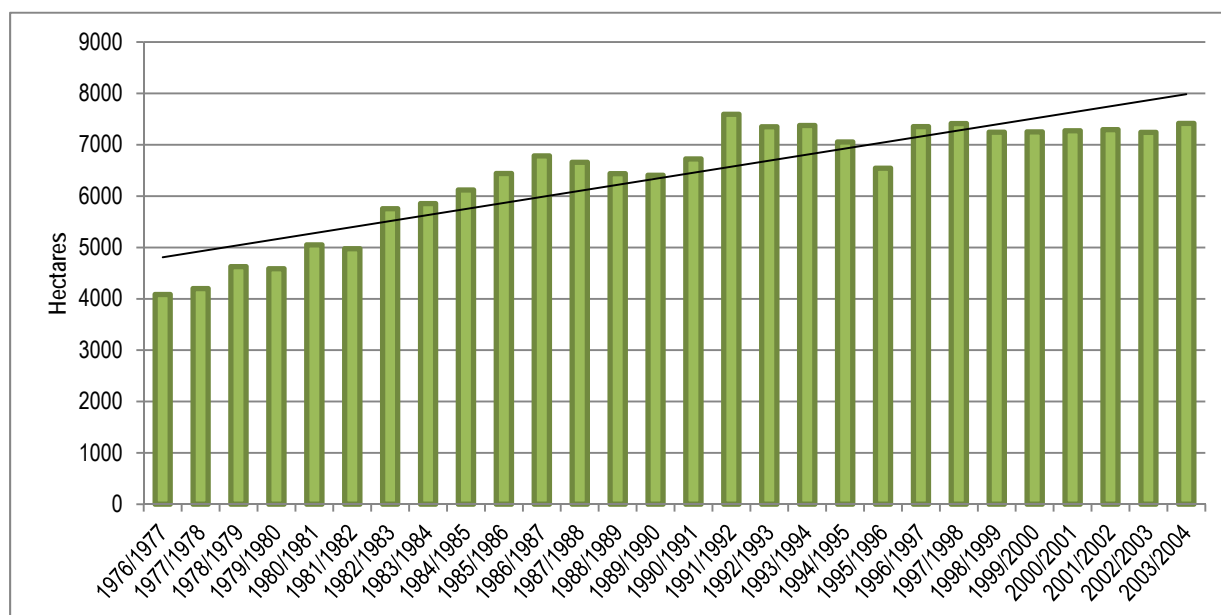


Figure 2 : Superficie annuelle de canne à sucre récoltée par la CSS de 1976 à 2004.  
Source : CSS

L'augmentation de la production s'accompagne également d'un accroissement des superficies emblavées et des terres possédées par l'entreprise. Les superficies de la CSS passées de 6 000 hectares de terre au début de l'exploitation en 1970 (titre foncier de l'État du Sénégal dans la Communauté rurale de Ronkh) à plus de 9 000 hectares en 2010. Elle s'est vue attribuer de nouvelles terres au cours du temps, témoignant ainsi d'une croissance spatiale.

### 1.2.4. La plantation

La canne à sucre est plantée par bouture. Le semi est très rarement pratiqué, c'est un système réservé à la recherche de nouvelles variétés de canne. La bouture est ainsi le modèle de diffusion le plus répandu au niveau des grandes exploitations. Il existe plusieurs types de boutures :

- des « boutures de tête » qui sont les bouts blancs. Les résultats de ceux-ci ne sont pas excellents, mais ils ont une très bonne reprise grâce au grand nombre d'yeux qui s'y

trouvent. Ces bouts blancs ne doivent pas être prélevés sur des cannes ayant fléchi. De plus, il faut enlever les feuilles de la base de ces bouts et couper les feuilles du sommet et ne garder que 2 ou 3 nœuds en dessous de la partie verte ;

— des « boutures de corps » qui sont des portions de cannes vierges âgées de 10 à 12 mois ou de repousses que l'on prélève dans un champ réservé à cet usage (pépinière). On ne prend pas de boutures sur la base des tiges qui ont une croissance plus lente ;

— des « rejetons » qui sont de jeunes tiges qui poussent à la base des touffes de canne à sucre et qui servent surtout aux remplacements, lorsqu'ils ont 5 à 6 mois. Ils sont appelés aussi "babas ". Dans tous les cas, on ne garde que les boutures où il ne manque pas d'yeux, 3 à 4 yeux par bouture, qui n'ont pas de blessures, ne présentent pas de trous d'insectes, ni de traces de maladies, qui ont des entre-nœuds de longueur uniforme.

Dans le cas de la CSS, des surfaces réservées aux pépinières sont déterminées et représentent environ 2% de la superficie totale. Par ailleurs, des essais variétaux se déroulent dans l'enceinte du Centre national de la recherche agricole de Bambey (ISRA/CNRA).

### **1.2.5. L'ouverture de sillons**

Les sillons sont effectués durant la préparation du sol pour la culture de canne. Les boutures sont ainsi mises à plat dans les sillons. Il existe deux types de sillons :

- les sillons en files simples ;
- les sillons doubles.

Les sillons sont recouverts de sable en fonction de la nature du climat.

*« Il faut 2 à 3 cm de sable en période froide ; 4 à 5 cm s'il fait chaud et humide et 7 à 10 cm en saison sèche. Les boutures sont installées aussi tôt après l'ouverture des sillons. La direction de ces sillons varie avec les dimensions du champ, avec la pente du terrain, avec le tracé des routes et avec le sens des vents dominants »*

<http://www.maep.gov.mg/filtecanesucre.htm>

## **1.3. Le cycle végétatif de la canne à sucre**

### **1.3.1. L'entretien de la plante**

Le cycle de la canne est variable ; il dépend des conditions climatiques, des pratiques culturales et des moyens disponibles pour l'entretien des exploitations. On distingue plusieurs phases dans le cycle végétatif de la plante :

- les premières tiges peuvent émerger durant 15 à 30 jours après le semis ;
- la phase de croissance peut durer 5 à 7 mois. Cette phase est succédée par une inflorescence, par la chaleur et de grosses pluies. Durant la croissance, la plante a besoin de chaleur et de précipitations ;
- la maturation se caractérise par une fraîcheur et une diminution importante des pluies.

### *1.3.2. La coupe de canne vierge*

La canne est une plante exigeante, son entretien consiste à couper la canne après la maturation. La coupe de canne vierge a lieu en général entre 15 et 18<sup>ème</sup> mois. Cependant, certains exploitants effectuent cette opération entre le 12<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> mois après la maturation de la canne à sucre.

### *1.3.3. La coupe de la canne-repousse*

La coupe de la canne-repousse s'effectue 12 mois après la coupe des cannes vierges. Cette étape marque le second cycle végétatif de la culture de canne à sucre. Elle est répétée toutes les années jusqu'à ce que la réforme complète de la canne s'impose ; à cet effet, la canne ne fournit plus des rendements importants ; la productivité baisse considérablement (BNDESS et CGEE, 2008). Ainsi, la surface de production est laissée au repos pendant quelques mois avant une nouvelle implantation.

### *1.3.4. La récolte de canne*

La récolte de la canne est dépendante de plusieurs paramètres ; les précipitations, le climat, le sol, le type d'irrigation, la capacité du producteur de lutter contre les parasites. Ainsi, la période de la récolte de la canne varie selon les zones de culture. Dans la Région Centre-Sud du Brésil, la récolte va d'avril à décembre ; dans la région Nord-est, elle va d'août à avril tandis que aux Antilles la récolte s'étale sur plusieurs mois, c'est-à-dire de février à juin ; en France, à la Réunion, la récolte a lieu de septembre à novembre. Il faut entre huit mois (en Louisiane) et 22 mois (à Hawaï) pour que la canne à sucre arrive à maturité.

Une tonne de canne permet d'obtenir environ 115 kilogrammes de sucre. Le rendement est influencé par l'environnement cultural et les moyens disponibles à la culture.

Les techniques de récoltes varient également. Les pays moins avancés pratiquent la coupe à la main avant de procéder au ramassage des tiges par des moyens mécaniques (tronçonneuses-chargeuses, chargeuses à grappins). Ce système traditionnel très manuel est de plus en plus remplacé par la récolte mécanisé surtout dans les pays développés. Néanmoins, il représente près de 50% des cultures de canne au niveau mondial et spécifiquement 70% des exploitations brésiliennes. Le brulis préalable des exploitations avant la hache manuelle incite la substitution par la récolte mécanique. Dans certains pays

comme le Brésil, le gouvernement a mis en place un système de restriction de la pratique du brûlis en vue de mieux préserver l'environnement. Il a ainsi signé des accords avec les producteurs ; « *il est attendu que, d'ici à 2020, toute la canne sera récoltée mécaniquement, sans brûlis préalable* ». Cependant, au Sénégal, cette technique est encore en vigueur dans les casiers de la CSS.

Après la coupe, la canne est transportée le plus tôt possible vers l'usine, afin d'éviter les pertes de saccharose. La canne doit impérativement passer au moulin entre 12 et 36 heures après sa coupe.

## II. Modélisation du secteur de la canne à sucre au Sénégal

L'objectif de cette modélisation est de mesurer à travers l'utilisation d'un modèle sectoriel les potentielles implications d'un développement effectif de la production et de l'utilisation du bioéthanol issu de la canne à sucre comme complément à l'essence qui est principalement utilisée dans le secteur du transport. Ce secteur représente environ de 25% des utilisations énergétiques totales du pays (Figure 3). La part de l'essence dans ce secteur est estimée à environ 19% (Figure 4). Le modèle qui sera présenté par la suite partira des données techniques de la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) qui est actuellement le seul producteur, pour effectuer des projections de d'offre de sucre et de bioéthanol.

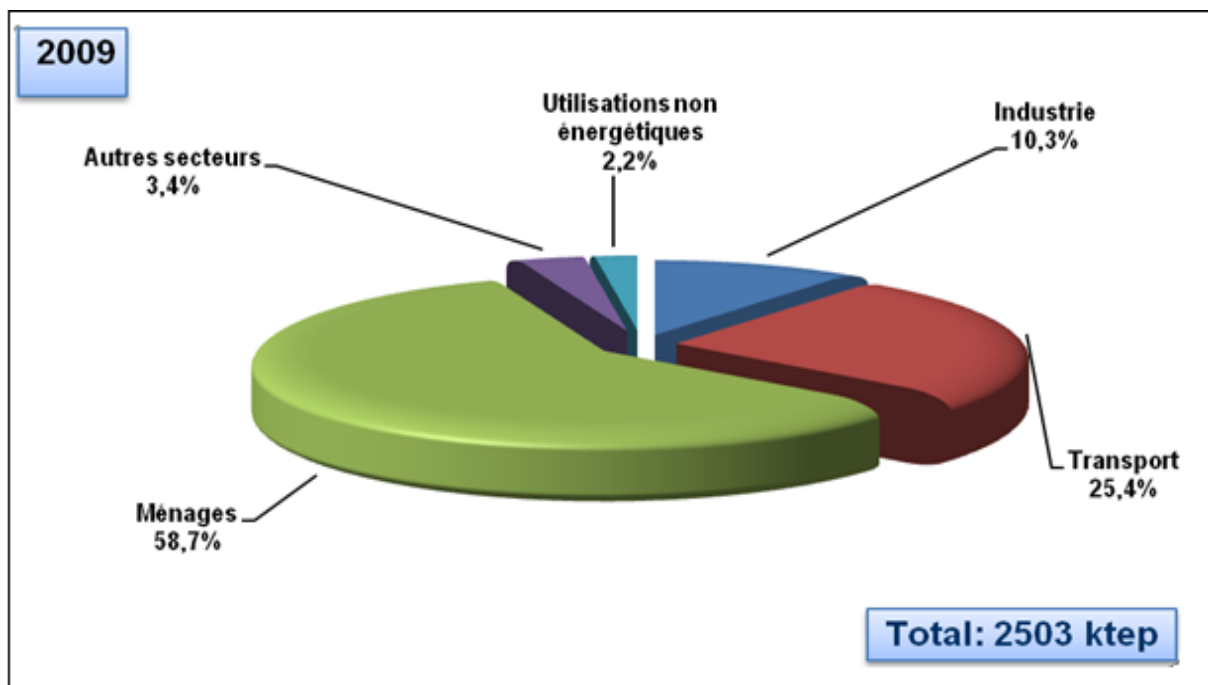


Figure 3 : Consommations finales par secteur  
Source : SIE-Sénégal 2010

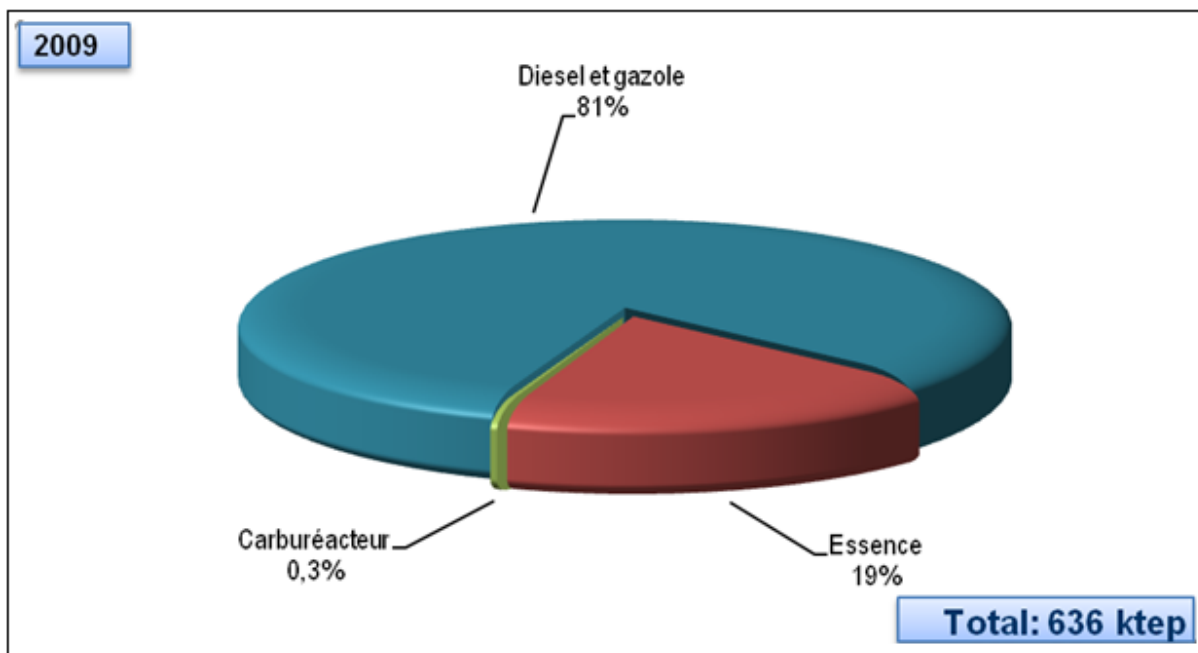


Figure 4 : Consommations finales « secteur transports » par produit  
Source : SIE-Sénégal 2010

## 2.1. Présentation du modèle

Comme annoncé, le modèle essaie de répliquer le système de production de la CSS pour prédire l'offre future d'éthanol et de sucre. En outre, l'horizon temporel a été fixé à 2020 du fait que nous disposons de prévisions de prix mondial de ces produits jusqu'à cette période. La date de début a été fixée à 2001. Cependant, il faut noter que les données sont disponibles entre 2001 et 2010 et nous ont permis de confronter nos estimations avec les vraies valeurs pour avoir une idée sur la qualité de nos prévisions (Annexes 2a&2b). Par ailleurs, il est aussi important de signaler que dans le modèle la production de bioéthanol ne commence qu'à partir de 2008 car la distillerie n'a été construite qu'en 2007.

### 2.1.1. Produits considérés dans le modèle

Cinq produits ont été considérés du côté offre ; il s'agit de la canne à sucre, du sucre raffiné, du bioéthanol, de l'essence et d'un produit composite *blend*. Ce dernier est composé du mélange de bioéthanol et d'essence. Il faut rappeler que l'objectif de ce programme biocarburant au Sénégal et d'ailleurs dans la plupart des pays qui se sont lancés dans la production et/ou l'utilisation des biocarburants est d'arriver à diminuer la consommation des carburants fossiles en les mélangeant avec du biocarburant sans changer les habitudes de consommation. Cependant, les seuils d'incorporation ont été fixés à un maximum autorisé de 8% de bioéthanol. En d'autres termes, le volume de *blend* final sera donc composé d'au plus 8% de bioéthanol et le reste proviendra de l'essence. Ce seuil est issu

des drafts<sup>3</sup> des projets de décret qui sont toujours en attente de signature de la part des autorités étatiques.

Du côté de la demande, deux produits ont été considérés le sucre et le *blend* car ce sont les deux produits qui seront finalement consommés. Cependant, il est facile de deviner que le produit composite *blend* sera exclusivement composé d'essence en l'absence de production de bioéthanol.

### 2.1.2. Côté Offre

Étant donné que les productions de sucre et de bioéthanol dépendent de la production de canne à sucre, nous partons ainsi de l'équation classique reliant les superficies et rendement pour spécifier la production de canne à sucre comme le montre l'équation 1.

$$Q_t = yield_t * area_t \quad (1)$$

$Q_t$  représente la production de canne à sucre à la période  $t$ .  $yield_t$  et  $area_t$  sont respectivement les rendements et la superficie cultivée à la même période.

L'analyse des documents de la CSS, nous a permis de déduire les taux de conversion en sucre et en bioéthanol à partir de la production d'une tonne de canne à sucre. Ainsi les équations de production (2) et (3) ci-après ont été exprimées en fonction de la production de canne à sucre  $Q_t$ .

$$QS_{sugar,t} = \mu * Q_t \quad (2)$$

$$QS_{ethanol,t} = \nu * Q_t \quad (3)$$

$\mu$  et  $\nu$  représentent respectivement les taux de conversion. Par ailleurs, sachant que les superficies sont limitées et la distillerie qui permet la fabrication de bioéthanol a des capacités limitées.

Nous avons introduit des contraintes de superficie maximale et de production maximale pour la distillerie comme le montrent les expressions (4) et (5).

$$area_t \leq areamax \quad (4)$$

$$QS_{ethanol,t} \leq QSmaxetha \quad (5)$$

Les paramètres  $areamax$  et  $QSmaxetha$  représentent les valeurs plafonds et seront utilisés dans les scénarios d'augmentation des capacités de production.

La production d'essence est exogène et correspond à la quantité d'essence importée. Cependant, elle sera déterminée de façon résiduelle dans le cadre de l'existence d'une production effective de bioéthanol.

---

<sup>3</sup>— La version récente du projet de décret fixe le taux entre 5 et 15%



Par conséquent, l'équation (6) correspondant à l'offre d'essence peut être simplement écrite comme suit :

$$QS_{gasoline,t} = MQ_{gasoline,t} \quad (6)$$

Enfin la production de *blend* sera fonction des productions de bioéthanol ( $QS_{ethanol,t}$ ) et d'essence ( $QS_{gasoline,t}$ ) comme l'indique l'équation (7).

$$QS_{blend,t} = QS_{ethanol,t} + QS_{gasoline,t} \quad (7)$$

Cependant, comme il a été mentionné plus haut, le taux d'incorporation de bioéthanol autorisé a été fixé à 8%. Les expressions (8) et (9) représentent ces contraintes.

$$QS_{ethanol,t} \leq 0.08 * QS_{blend,t} \quad (8)$$

$$QS_{gasoline,t} \geq 0.92 * QS_{blend,t} \quad (9)$$

### 2.1.3. Côté demande

La fonction de demande utilisée (équation 10) pour estimer la consommation de sucre est très simpliste et représente juste la consommation par tête de sucre à la date t multipliée par la population à la même date. Cette spécification fonctionnelle se justifie par le fait que la demande de sucre est très rigide à cause des habitudes alimentaires bien ancrées. De ce fait, nous supposons que la hausse de revenu ou encore une baisse du prix du sucre n'augmentera pas de façon significative la consommation individuelle de sucre du fait de la faiblesse de l'élasticité prix demande pour ce produit (PYKETTY & al, 2002).

En conséquence nous avons une consommation par tête de sucre constante et une demande globale qui va augmenter avec la croissance de la population. En outre, la comparaison de nos projections avec les vraies valeurs à notre disposition a montré des courbes relativement proches (Annexes 2a&2b).

$$QD_{sugar,t} = pop_t * cpt_{sugar,t} \quad (10)$$

$QD_{sugar,t}$  est la demande de sucre au temps t.  $pop_t$  est la population à la même date et enfin  $cpt_{sugar,t}$  représente la consommation par tête de sucre toujours pour la même période.

Étant donné que le produit composite sera principalement utilisé dans le secteur du transport, nous sommes partis pour la demande de *blend* de la relation empirique entre la demande par tête d'énergie pour le transport et le revenu par tête qui a été estimée pour 122 pays par PRICE & al (1998) pour effectuer l'estimation. Évidemment, des données exogènes de croissance de population et de revenus ont été utilisées pour effectuer les projections de demande.

Les équations 11 et 12 ci-après nous indiquent précisément comment la demande de *blend* a été estimée.

$$QD_{blend,t} = pop_t * cpt_{blend,t} \quad (11)$$

$$cpt_{blend,t} = cpt_{blend,t-1} + \theta * pcGDP_{gr_t} \quad (12)$$

$QD_{blend,t}$  est la demande de *blend* au temps  $t$ .  $pop_t$  est la population à la même date et  $cpt_{blend,t}$  représente la consommation par tête du produit composite toujours pour la même période.

Contrairement à la demande de sucre, nous estimons la demande par tête de *blend* à la période actuelle par la demande à la période précédente augmentée par le revenu par tête de la même période  $pcGDP_{gr_t}$  multiplié par l'élasticité  $\theta$ . Dans l'étude de Price & al. (1998), cette valeur est estimée à 1.2.

Cependant, en comparant les projections de la demande de *blend* avec les vraies valeurs de demande d'essence, nous nous rendons compte que cette valeur est trop élevée pour le cas du Sénégal. Du coup, nous avons recours à une analyse de sensibilité (Annexe 1) pour ré-estimer la valeur de l'élasticité. Enfin, nous avons retenu la valeur de 0.00125 comme étant celle qui permettait de rapprocher la vraie courbe avec les estimations (Annexe 1).

#### 2.1.4. Équilibre

De façon structurelle, au Sénégal la demande de Sucre est supérieure à la production locale donc l'offre globale de sucre est composée de la production locale augmentée par des importations. Du coup l'équilibre Offre – demande de sucre est représenté par l'équation 13.

$$QD_{sugar,t} = QS_{sugar,t} + MQ_{sugar,t} \quad (13)$$

Enfin, pour l'équilibre sur le marché du produit composite est représenté par l'équation 14

$$QD_{blend,t} = QS_{blend,t} \quad (14)$$

#### 2.1.5. Dynamique

La dynamique du modèle s'effectue via les taux de croissance des rendements, des superficies, de la population, et des revenus comme le montre les équations 15, 16, 17 et 18 ci-après.

$$yield_{t+1} = yield_t * (1 + yield_{gr_{t+1}}) \quad (15)$$

$$area_{t+1} = area_t * (1 + area_{gr_{t+1}}) \quad (16)$$

$$pop_{t+1} = pop_t * (1 + pop_{gr_{t+1}}) \quad (17)$$

$$pcGDP_{t+1} = pcGDP_t * (1 + pcGDP_{gr_{t+1}}) \quad (18)$$

## 2.2. Présentation des données

Plusieurs sources de données ont été utilisées dans le cadre de cette modélisation pour faire tourner le modèle.

### *2.2.1. Le Système d'Information Énergétique du Sénégal*

Cette structure du ministère sénégalais de l'Énergie fait de façon régulière le bilan énergétique du Sénégal qui correspond à un tableau synthétique qui décrit l'utilisation des différentes sources énergétiques par les différents secteurs de l'économie. Ainsi nous avons pu obtenir les tableaux de bilans énergétiques du Sénégal entre 2000 et 2009 et extraire les données relatives à l'essence.

### *2.2.2. La Compagnie Sucrière Sénégalaise*

Pour rappel, il s'agit du seul producteur de canne à sucre, de sucre raffiné et de bioéthanol reconnu au Sénégal. Ainsi, toutes les données techniques relatives aux taux de conversion, des capacités de production, le potentiel cultivables, utilisées dans le modèle proviennent de la CSS.

### *2.2.3. L'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.*

Cette structure du ministère sénégalais de l'Économie et des Finances est la seule structure habilitée à donner les statistiques officielles au Sénégal. Ainsi les données relatives à la démographie et au revenu sont tirées de cette source.

### *2.2.4. La Base de données Modèle IMPACT de l'IFPRI<sup>4</sup>*

Cette base de données a permis de collecter les informations concernant la dynamique du modèle notamment pour les taux de croissance. L'avantage de cette base est qu'elle nous permet de disposer de séries de prévision de taux de croissance assez longues contrairement aux statistiques nationales dans ce domaine.

## 2.3. Scénarios simulés

Trois scénarios ont été simulés dans le cadre de ce travail et concernent de façon générale le côté offre et plus précisément les capacités de production. Ainsi, le scénario de référence tente juste de répliquer les capacités actuelles de production à savoir un potentiel cultivable de 8600 hectares et une distillerie avec un potentiel de production de 20 000 mètres cubes d'éthanol comme indiqué dans les documents de la CSS. L'idée derrière ce scénario est de montrer comment avec les capacités actuelles, le Sénégal

---

<sup>4</sup> <http://www.ifpri.org/book-751/ourwork/program/impact-model>

pourrait bénéficier de la production de bioéthanol surtout dans le cadre de sa politique énergétique avec notamment l'introduction d'une loi d'orientation sur les biocarburants en 2010.

Toujours dans la même logique, les deux autres scénarios correspondent à une augmentation de 50% du potentiel cultivable et du maintien de la capacité de production de la distillerie (scénario 1) et d'un doublement du potentiel cultivable de canne à sucre ainsi que du potentiel de production de la distillerie (scénario 2). Cependant, cette augmentation de capacité peut être envisagée comme un accroissement du potentiel productif de la CSS ou plus simplement par l'implantation d'un concurrent. La logique qui sous-tend derrière ces deux scénarios est également de voir en termes d'orientation politique les gains potentiels pour le Sénégal d'augmenter les capacités de production de sucre et d'éthanol.

## 2.4. Résultats

### 2.4.1. Benchmark

Les résultats des simulations ont montré que l'introduction potentielle d'un mélange éthanol – essence serait bénéfique à l'économie car aurait permis de réduire légèrement le volume des importations d'essence ou encore de pétrole brut (Figure 5).

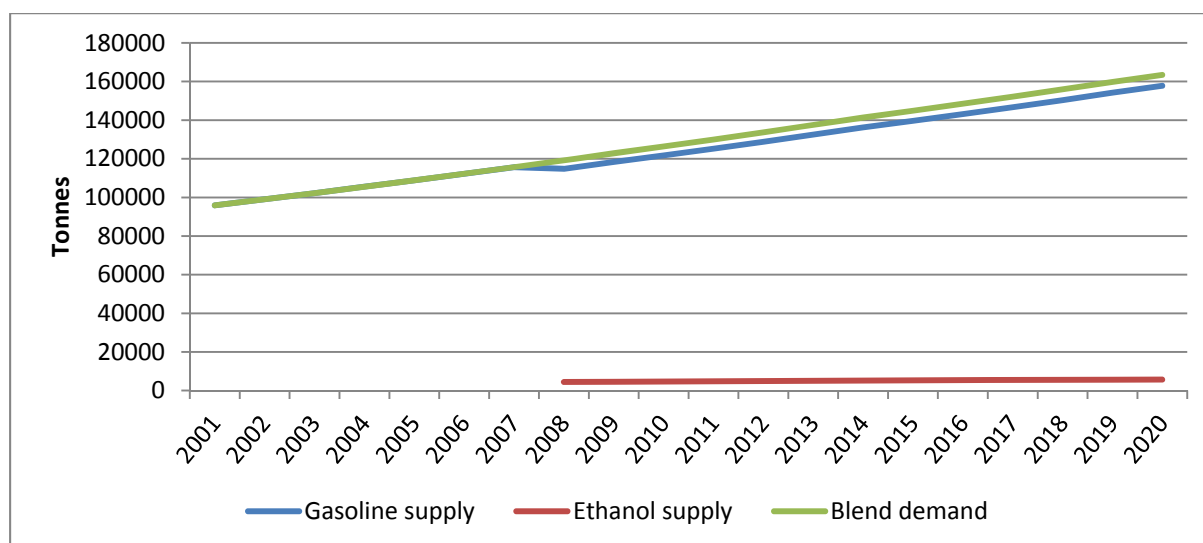


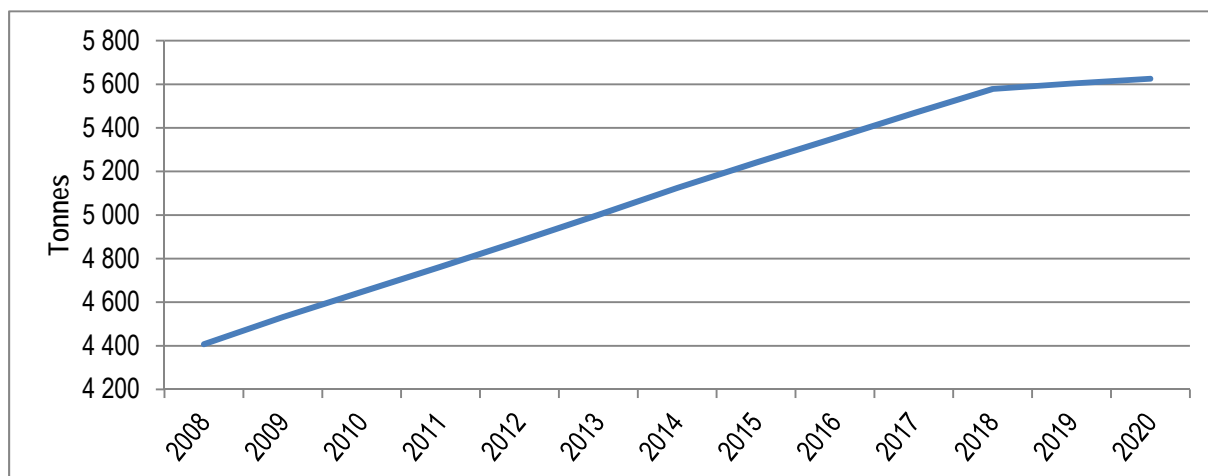
Figure 5 : Offre-demande de mélange

Source : Auteurs

L'analyse de la figure 6 qui représente les projections de production d'éthanol en équivalent essence<sup>5</sup> montre qu'avec les installations actuelles et le potentiel cultivable, le Sénégal disposerait d'un potentiel compris entre 4 400 et 5 600 tonnes d'éthanol équivalent essence. Ce qui correspond à environ à plus

<sup>5</sup>— Nous savons que 1,5 litre d'éthanol correspond à 1 litre d'essence.

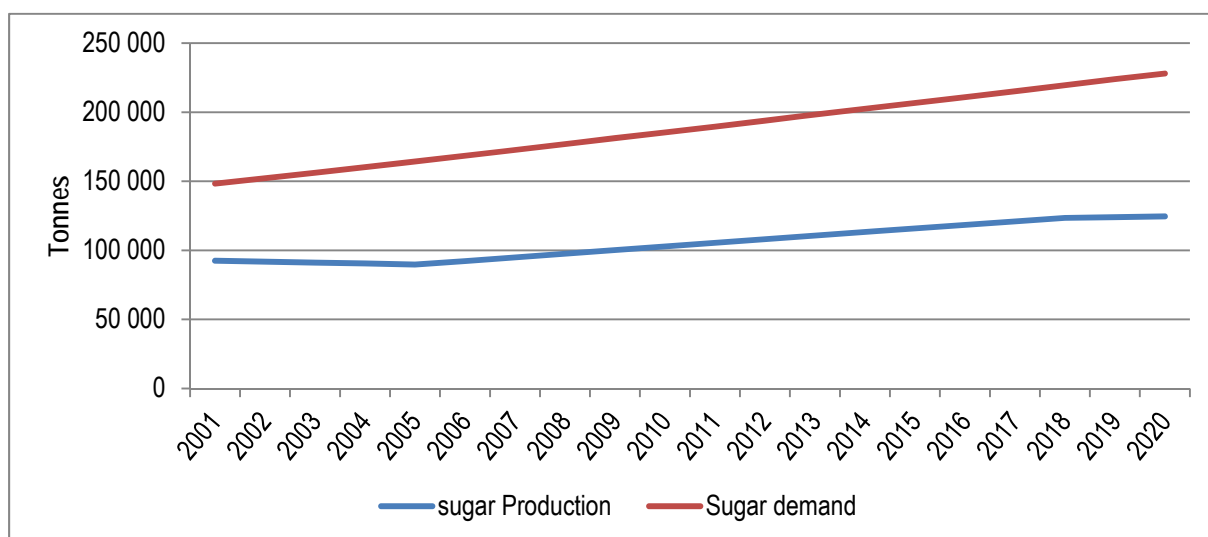
de 5,9 millions de litres d'essence<sup>6</sup>. Cependant, il faut souligner à ce niveau que les capacités actuelles ne permettent pas de remplir les objectifs du projet de décret qui prévoit que 8 % du volume final du produit mélangé provienne de l'éthanol (Annexe 5).



*Figure 6 : Projection de la production d'éthanol jusqu'en 2020*

Source : Auteurs

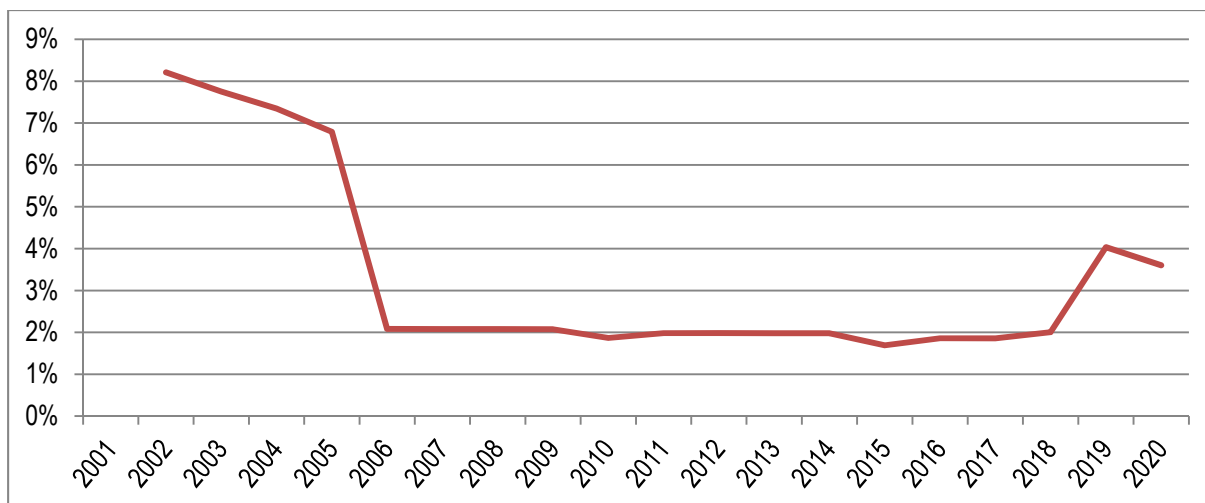
Pour le sucre, les résultats des projections de production révèlent que malgré l'accroissement des superficies dans le modèle, les prévisions d'offre ne satisfont pas les prévisions de demande de sucre (Figure 7). Autrement dit, le Sénégal continuera à importer du sucre. Cependant, il faut noter que les projections montrent une baisse du taux de croissance des importations en volume de sucre (Figure 8).



*Figure 7 : Offre-demande de sucre*

Source : Auteurs

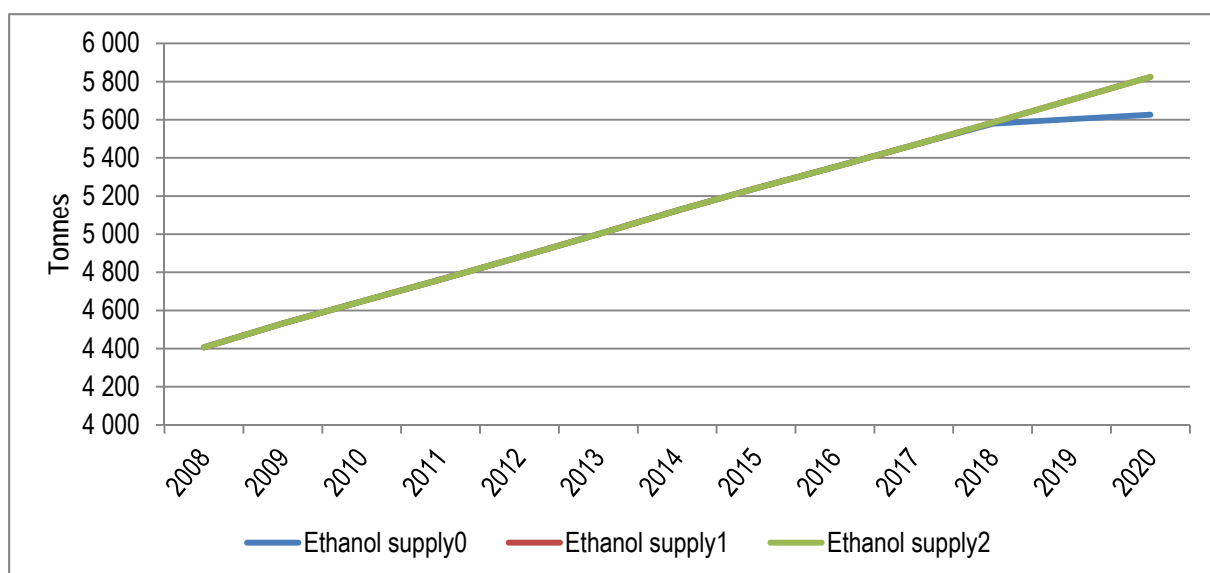
<sup>6</sup>— La masse volumique de l'essence correspond à 750kg/m<sup>3</sup>



**Figure 8 : Taux de croissance des importations de sucre**  
 Source : Auteurs

### 2.4.2. Benchmark vs Scenarios

En comparant la situation de référence (benchmark) et les scénarios, nous constatons de façon générale des perspectives de gains en termes de production d'éthanol qui permettraient de faire des économies sur les importations de pétrole brut. Cependant pour l'horizon temporel retenu, l'augmentation n'est que très légère et n'est que de 200 tonnes d'éthanol équivalent-essence supplémentaires (Figure 9), malgré un doublement des superficies cultivées comme dans le scénario 2 (Annexe3). Néanmoins, ce résultat est à nuancer car un allongement de l'horizon temporel aurait probablement permis d'avoir des valeurs plus contrastées.



**Figure 9 : Projection éthanol, scénario vs situation de référence**  
 Source : Auteurs

Concernant le sucre (Figures 10&11), le constat reste le même c'est-à-dire des perspectives de gains induits par l'augmentation des capacités de production. En outre, nous constatons une baisse du taux de croissance des importations comme dans le scénario de référence.

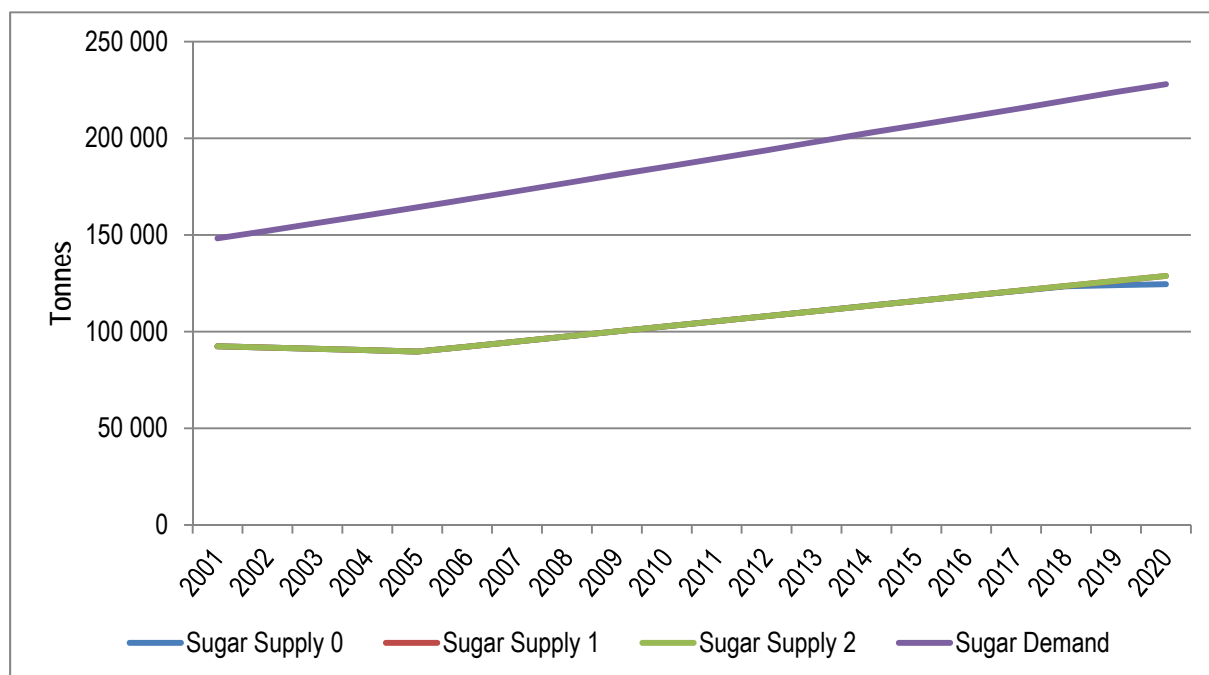


Figure 10 : Offre-demande de sucre, scénario vs situation de référence

Source : Auteurs

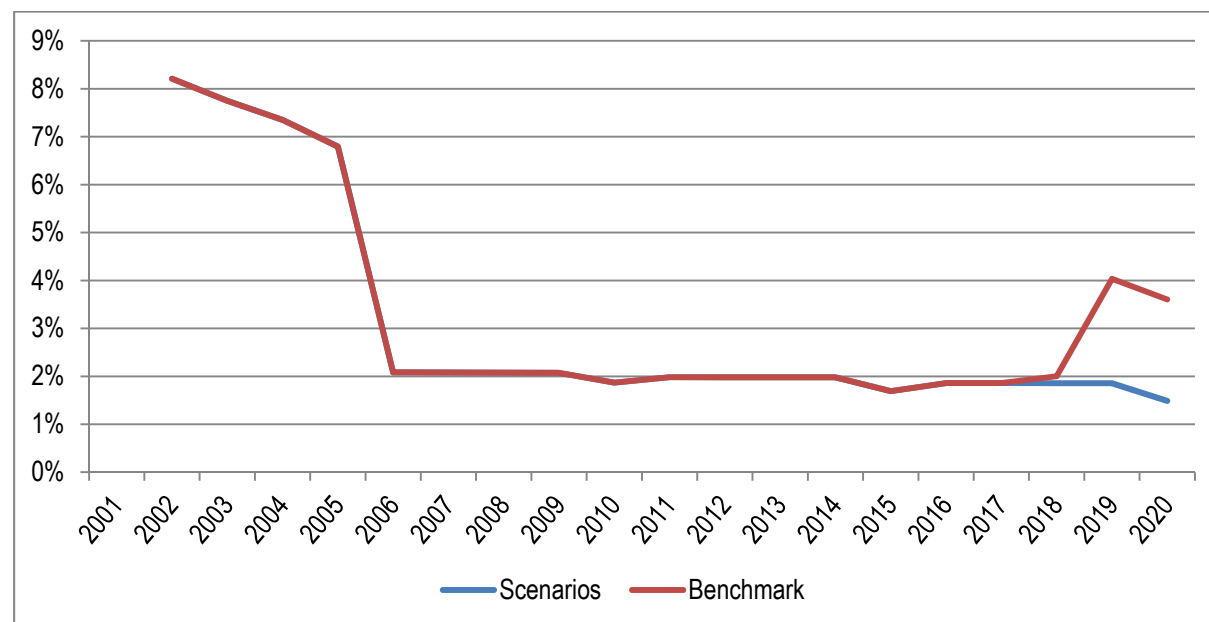


Figure 11 : Taux de croissance des importations de sucre

Source : Auteurs

Enfin, l'analyse a été complétée par la valorisation des gains induits par l'introduction du bioéthanol en mélange avec l'essence. Ainsi les projections de prix mondiaux du baril du pétrole (Annexe 4) ont été

utilisées pour valoriser la projection des volumes de production d'éthanol exprimés à cet effet en équivalent pétrole brut. Les résultats sont reportés dans le tableau 1.

*Tableau I : Économie potentielle sur les importations de pétrole (en dollar)*

Années	Benchmark	Scenario1	Scenario2
2008	3 149 065	3 149 065	3 149 065
2009	2 065 385	2 065 385	2 065 385
2010	2 716 250	2 716 250	2 716 250
2011	3 745 294	3 745 294	3 745 294
2012	3 852 779	3 852 779	3 852 779
2013	4 258 221	4 258 221	4 258 221
2014	4 611 288	4 611 288	4 611 288
2015	4 943 116	4 943 116	4 943 116
2016	5 041 109	5 041 109	5 041 109
2017	5 340 302	5 340 302	5 340 302
2018	5 605 668	5 611 918	5 611 918
2019	5 787 792	5 892 040	5 892 040
2020	5 971 098	6 181 244	6 181 244

Source : Auteurs

Le Tableau I montre que le Sénégal pourrait faire des économies sur ses importations de pétrole brut entre 3 et 6 millions de dollar soit environ 1,5 et 3 milliards de francs Cfa sur le court moyen terme.

## Conclusion et recommandations

En plus de décrire le cadre institutionnel et la situation des biocarburants notamment le cas du bioéthanol issu de la canne sucre, cette étude a tenté de répliquer le modèle sénégalais de production de sucre et de bioéthanol dans le cadre d'une modélisation du secteur de la canne à sucre. En outre, ce travail a essayé d'intégrer des éléments de politique énergétique notamment des aspects du projet de décret d'application de la loi d'orientation sur les biocarburants promulguée en 2010. En effet, une des dispositions de ce projet de décret stipule entre autres que l'essence devrait être mélangée avec l'éthanol et le volume du produit qui en résulterait devra contenir au plus 8% de bioéthanol.

Les résultats, de façon générale, ont révélé des perspectives de gains avec le potentiel actuel de production. De plus, les scénarios d'augmentation des capacités de production ont aussi confirmé ces tendances et révèlent implicitement la nécessité d'accroître le potentiel productif via l'augmentation des



capacités de production de la CSS, seul producteur actuellement présent sur le marché ou encore inciter à l'introduction d'un concurrent. En outre, les résultats ont montré que des économies pourraient être faites dans le court et le moyen termes et sont évaluées entre 1,5 et 3 milliards de francs Cfa sur les importations de pétrole brut. Cependant, l'étude a aussi montré que les projections d'offre d'éthanol restent faibles pour satisfaire les objectifs fixés par le projet de décret.

## Bibliographie

---

1. BNDES et CGEE, 2008 : *Bioéthanol de canne à sucre énergie pour le développement durable*, Rio de Janeiro, 327 p
2. Champoiseau P., 2006 : *Xanthomonas albilineans, l'agent causal de l'échaudure des feuilles de la canne à sucre : caractérisation et variabilité des bases génétiques du pouvoir pathogène, en Guadeloupe et dans le monde*, 200p
3. Couteau A, 2005 : *La canne à sucre et l'environnement à la Réunion*, 53 p
4. Dia, D., Fall, C. S, Ndour, A., Sakho-Jimbira, M.S, 2009, « Le Sénégal face à la crise énergétique mondiale : Enjeux de l'émergence de la filière des biocarburants », Rapport d'étude, 52P, Novembre 2009.
5. Dia, D., Sakho-Jimbira, M.S, Fall, C. S, Ndour, A., Dièye, P.N., 2010, « Crise énergétique et recomposition de l'espace agricole au Sénégal : Cultures traditionnelles vs biocarburants ? », Sud Sciences & technologies, Semestriel N°19 &20, décembre 2010. ISSN 0796-5419.
6. Piketty M-G, Boussard J-M, 2002, Conséquences possibles de la libéralisation des échanges de sucre: deux modèles et leurs réponses. In: *Économie rurale*. N°270, 2002. pp. 3-18.
7. Price, L., L. Michaelis, E. Worrell and M. Khrushch, 1998. Sectoral Trends and Driving Forces of Global Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3: 263-319.
8. RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL, 2008, *Lettre de Politique de Développement du secteur de l'Énergie 2008*, MEF/MEMH
9. SIE-Sénégal (2005), Système d'Information Énergétique du Sénégal. Rapport 2010. Dakar, 44p.
10. SIE-Sénégal (2006), Système d'Information Énergétique du Sénégal. Rapport 2010. Dakar, 61p.
11. SIE-Sénégal (2007), Système d'Information Énergétique du Sénégal. Rapport 2010. Dakar, 56p.
12. SIE-Sénégal (2010), Système d'Information Énergétique du Sénégal. Rapport 2010. Dakar, 58p.

### Webographie

<http://www.ansd.sn>

<http://www.ifpri.org>

<http://apps.fao.org/>

<http://bioethanoldecanne.org>

<http://blogdemalika.bloguez.com/blogdemalika/614337/La-canne-sucre>

<http://pedagogie2.ac-reunion.fr/clglasaline/Saline/cannasucre.htm>

<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/usda.html>

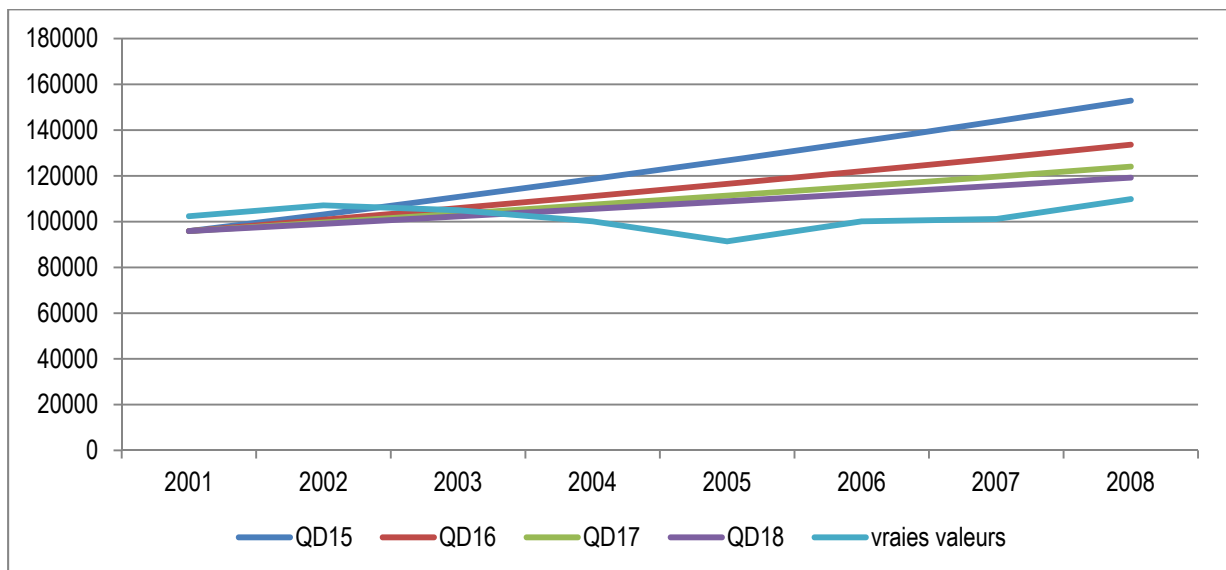
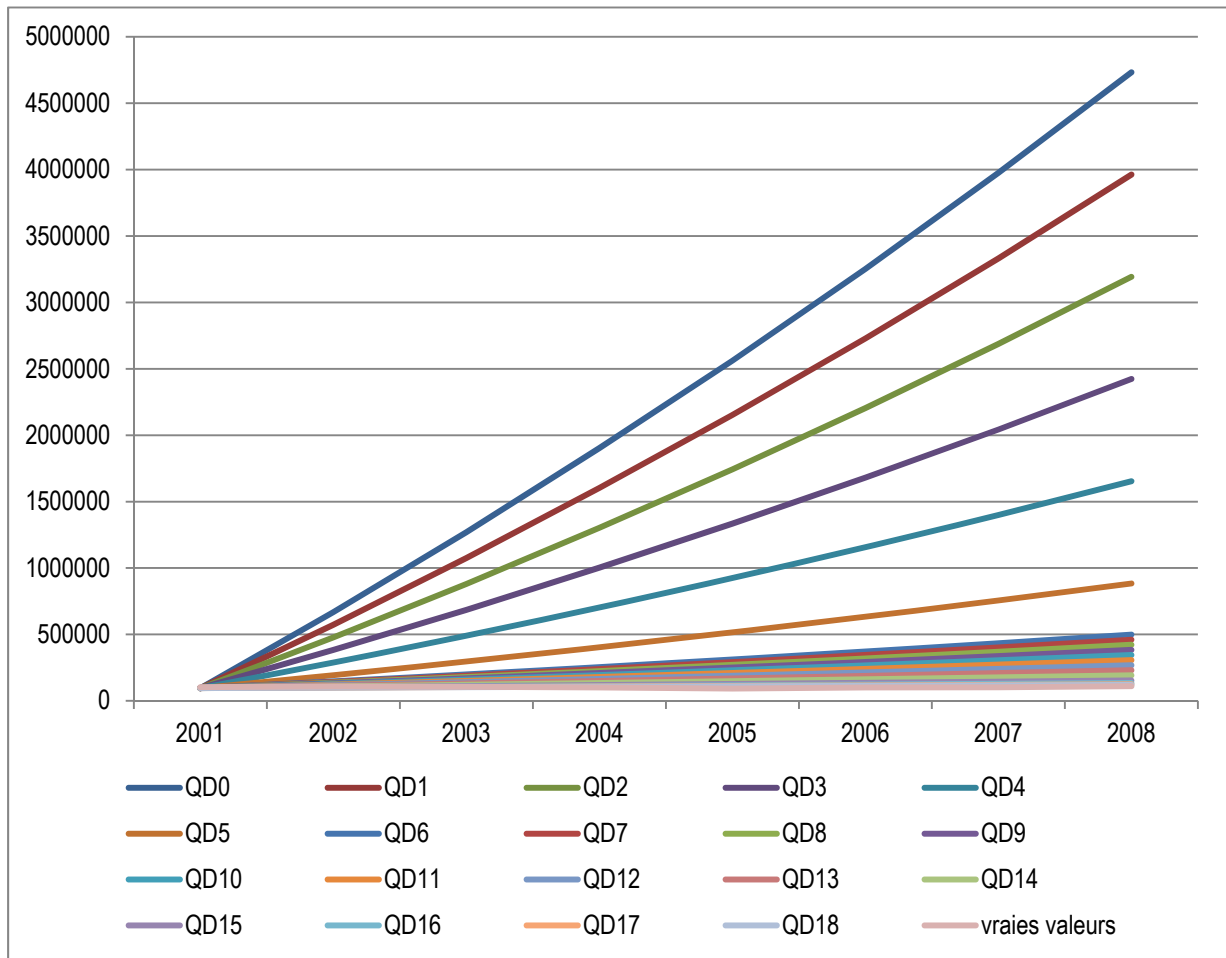
<http://www.agriculture.com/markets/>  
<http://www.alaron.com/home.htm>  
<http://www.ams.usda.gov/marketnews.htm>  
<http://www.bloomberg.com/markets/commodities/cfutures.html>  
<http://www.cepea.esalq.usp.br>  
<http://www.css.sn>  
<http://www.fas.usda.gov/commodities.asp>  
<http://www.indiancommodities.com/>  
<Http://www.lesucre.com/fr/article/la-culture-de-la-canne-a-sucre>  
<http://www.maep.gov.mg/filtecanesucre.htm>  
<http://www.reuters.com>  
<http://www.sagarpa.gob.mx>  
<http://www.sugarinfo.co.uk/>  
<http://www.worldbank.org>

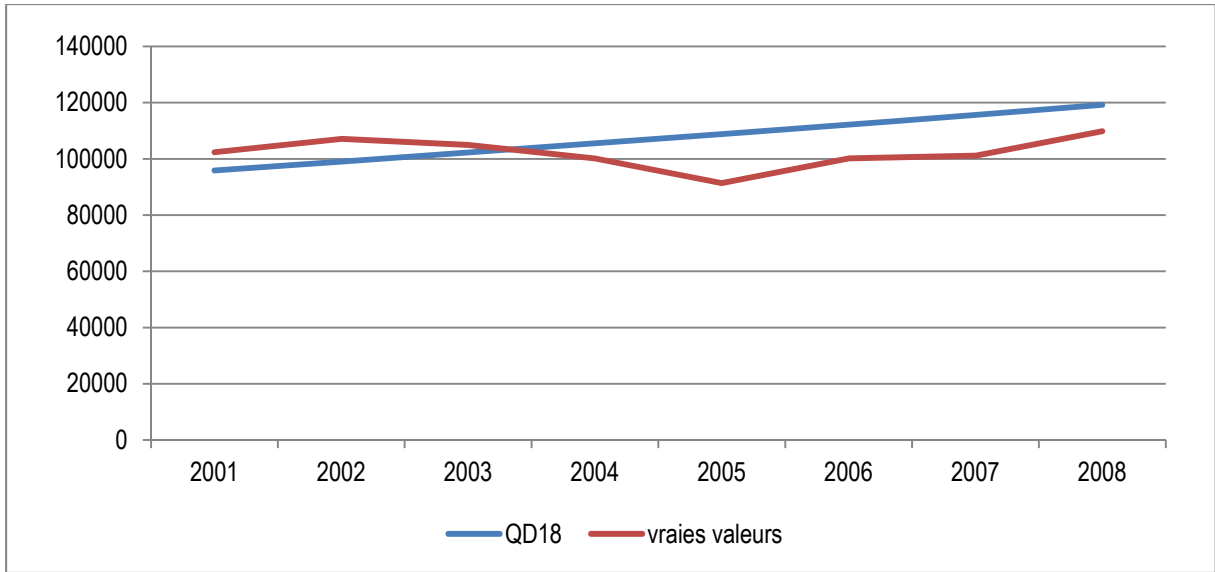
## Annexes

- Annexe 1 :  
Analyse de sensibilité, calcul de l'élasticité (valeurs exprimées en tonnes)
- Annexe 2a :  
Demande : données réelles *vs* estimation modèle (demande globale)
- Annexe 2b :  
Demande : données réelles *vs* estimation modèle (demande *per capita*)
- Annexe 3 :  
Évolution superficie en hectares
- Annexe 4 :  
Projection prix du pétrole brut (US Dollar/baril)
- Annexe 5 :  
Ratio production éthanol sur offre globale *blend*

Annexe 1 :

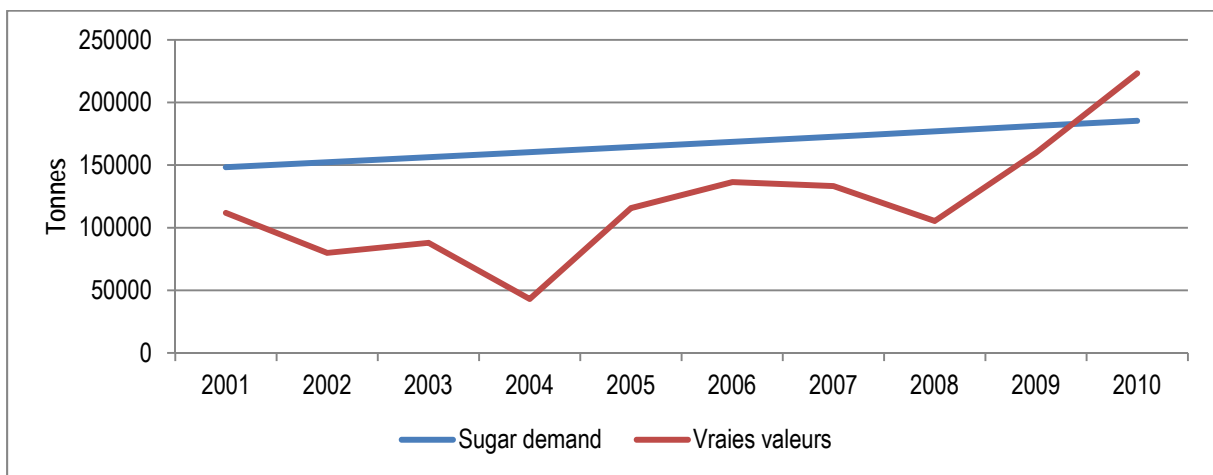
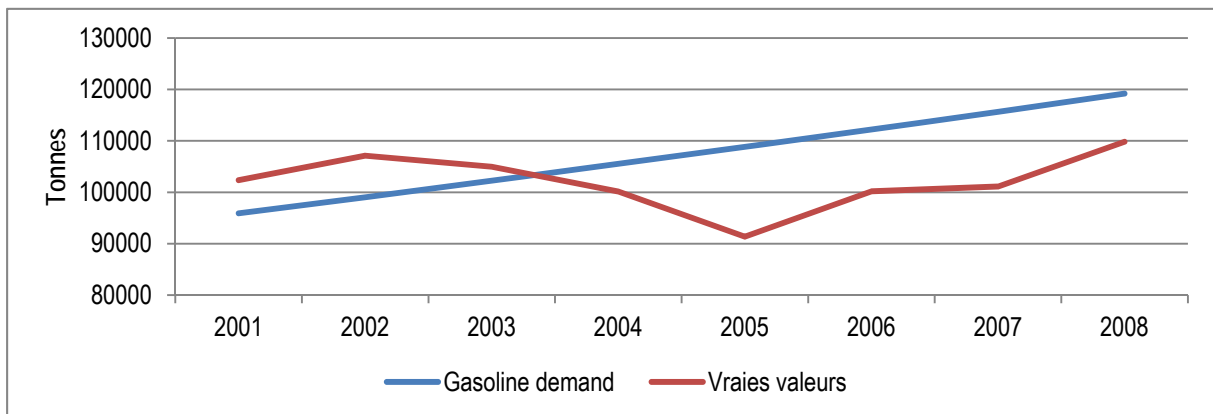
Analyse de sensibilité, calcul de l'élasticité (valeurs exprimées en tonnes)





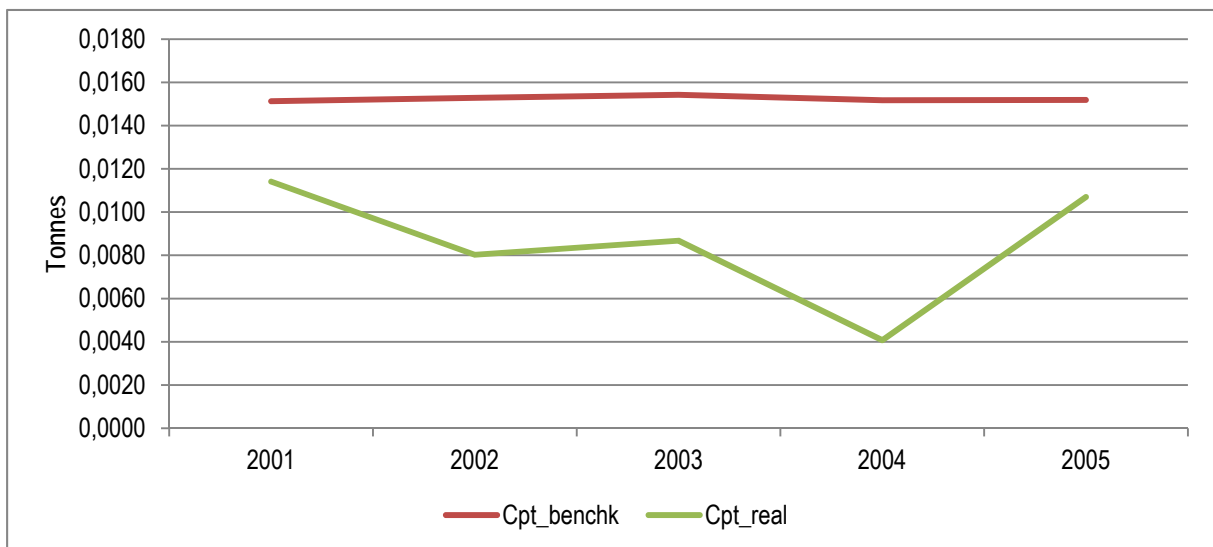
Annexe 2a :

Demande : données réelles vs estimation modèle (demande globale)



Annexe 2b :

Demande : données réelles vs estimation modèle (demande *per capita*)



Annexe 3 :

Évolution superficie en hectares

Année	Benchmark	Scenario1	Scenario2
2001	7 295	7 295	7 295
2002	7 170	7 170	7 170
2003	7 046	7 046	7 046
2004	6 925	6 925	6 925
2005	6 806	6 806	6 806
2006	6 936	6 936	6 936
2007	7 069	7 069	7 069
2008	7 204	7 204	7 204
2009	7 342	7 342	7 342
2010	7 482	7 482	7 482
2011	7 618	7 618	7 618
2012	7 757	7 757	7 757
2013	7 898	7 898	7 898
2014	8 042	8 042	8 042
2015	8 188	8 188	8 188
2016	8 326	8 326	8 326
2017	8 467	8 467	8 467
2018	8 600	8 610	8 610
2019	8 600	8 755	8 755
2020	8 600	8 903	8 903

Source : Simulations par auteurs

Annexe 4 :

Projection prix du pétrole brut (US Dollar/baril)

Année	Prix
2001	22,00
2002	23,71
2003	27,71
2004	35,90
2005	48,86
2006	59,02
2007	67,04
2008	92,77
2009	59,17
2010	75,87
2011	102,10
2012	102,50
2013	110,55
2014	116,84
2015	122,46
2016	122,26
2017	126,80
2018	130,45
2019	134,09
2020	137,79

Source: Energy Information Administration (EIA) of the US. 2012.

Annexe 5 :

Ratio production éthanol sur offre globale *blend*

Année	Ratio
2008	3,70%
2009	3,69%
2010	3,68%
2011	3,66%
2012	3,65%
2013	3,64%
2014	3,62%
2015	3,62%
2016	3,60%
2017	3,59%
2018	3,58%
2019	3,51%
2020	3,44%

Source : Simulations par auteurs