

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
MINISTRE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES  
DIRECTION DE L'APPUI AU SECTEUR PRIVE



## CRENEAUX PORTEURS DU SECTEUR SECONDAIRE



## TRANSFORMATION ÉNERGÉTIQUES : JATROPHA POUR BIODIESEL

Réalisé par ABC Consulting Aly.Sow/CAC Ousseynou.Lagnane Tel : 776493228/775128007

## TABLE DES MATIERES

<b>1.APERÇU SUR LE SECTEUR .....</b>	<b>3</b>
1.1.L'activité de production de cultures énergétiques:.....	4
<b>1.2.Caractéristiques du biodiesel de Jatropha .....</b>	<b>5</b>
1.2.1.Production et zones de production du jatropha .....	5
1.2.2.La destination des produits.....	6
<b>2.ASPECTS PHYSIQUES ET TECHNIQUES.....</b>	<b>8</b>
2.1.Conditions requises pour la production.....	8
2.1.1.Conditions physiques .....	8
2.1.1.1.Ressources en eau .....	8
2.1.1.2.Aspects techniques de la transformation.....	9
2.1.2.Outils et techniques de transformation .....	10
<b>3.ASPECTS REGLEMENTAIRES ET INSTITUTIONNELS.....</b>	<b>13</b>
3.1.Réglementation intérieure en vigueur .....	13
3.2.Les structures d'appui du secteur .....	13
3.2.1.Structures administratives .....	13
3.2.2.Structures professionnelles .....	13
<b>4.ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX.....</b>	<b>14</b>
4.1.Conditions d'installation .....	14
4.2.Normes.....	14
<b>5.ASPECTS ECONOMIQUES ET COMMERCIAUX .....</b>	<b>15</b>
5.1. Le marché national et international.....	15
5.1.1.Principales caractéristiques de la demande nationale.....	15
5.1.2.La demande extérieure de produits biocarburants .....	15
5.1.3.Principales caractéristiques de l'offre .....	16
5.2.Potentiel de développement du marché .....	16
<b>6.INVESTISSEMENTS NECESSAIRES .....</b>	<b>18</b>
6.1.Equipements à acquérir .....	18
6.2.Compte d'exploitation prévisionnelle .....	18
6.2.1.Les éléments du compte d'exploitation.....	18
6.2.2.Prix de revient et Seuil de Rentabilité.....	19
6.2.3.Rentabilité financière .....	20
<b>7.ANALYSE DE L'ATTRACTIVITE ET DE LA FAISABILITE DU CRENEAU .....</b>	<b>21</b>
<b>8.CONTACTS ET SOURCES D'INFORMATION.....</b>	<b>22</b>

## 1. APERÇU SUR LE SECTEUR

La pourghère ou *Jatropha*, est un arbre qui produit des graines dont on peut extraire 25 à 30% d'huile. Les estimations de rendement annuel de graines varient mais on suppose qu'un rendement de 4000 kg/ha est généralement obtenu. Cependant, en l'absence d'irrigation dans les zones arides, la plante a besoin de 5 ans pour arriver à maturité et produire au maximum de son potentiel. Dans de telles conditions, on doit s'attendre à une faible production de graines dans les 3 premières années. L'établissement d'une plantation de cultures énergétiques de pourghère nécessite donc un investissement à long terme.

Les cultures énergétiques ou cultures de biocarburants sont des carburants issus de la biomasse. Ils peuvent se substituer partiellement (ou totalement) aux carburants pétroliers fossiles. Les biocarburants obtenus à partir de plantes terrestres résultent principalement de trois (3) filières : la filière huile (colza, palmier à huile, tournesol, *Jatropha*, ricin etc.), la filière alcool (betterave, blé, canne à sucre, pomme de terre, maïs etc.) et la filière biogaz dont les produits sont issus de la transformation des déchets végétaux et organiques.

Les cultures énergétiques font l'objet d'un engouement qui se justifie par plusieurs facteurs notamment la volonté politique d'ériger la spéculation en option de diversification pour l'approvisionnement en énergie, sa possibilité d'être cultivé presque sur l'étendue du territoire national, la conduite relativement facile, le faible indice de risque lors de sa transformation, la vente instantanée.

La filière cultures énergétiques connaît la présence de la recherche sur la sélection et la production de semences de qualité, l'élaboration du paquet technologique. L'Etat du Sénégal a mis en place un programme d'appui à la filière cultures énergétiques à travers l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) qui a mené des recherches sur le *Jatropha curcas* a mis en place un programme de recherches sur les biocarburants pour contribuer à la mise en oeuvre de ce programme pilote de production d'un (1) milliard de plants. Ce programme permettra d'assurer un niveau de production de biomasse satisfaisant et la base de l'implantation d'une filière « Biocarburants » au Sénégal.

Un potentiel de développement réel de la filière tiré par la demande mondiale en progression, les performances techniques accessibles, l'exploitation du potentiel biologique, une meilleure organisation de la filière et la volonté politique affichée de soutenir la filière.

Les besoins énergétiques du Sénégal sont assez importants et pèsent très lourdement sur le budget annuel de l'Etat. Ils sont estimés à 623 milliards de F CFA en 2008 alors que les subventions pétrolières du Sénégal qui se sont chiffrées à 23 milliards de F CFA en 2002 sont passées à 117 milliards de F CFA en 2006 (source Bilan énergétique de 2007).

La facture pétrolière du Sénégal est passée de 185 milliards FCFA en 2000 à 327 milliards FCFA en 2005, ce qui entraîne une forte sortie de devises influant négativement sur la balance commerciale du pays. Aujourd'hui on constate les mêmes

tendances haussières même si des statistiques ne sont pas disponibles pour le conforter.

**Liste des produits importés par le Sénégal Combustibles minéraux, huiles minérales**

Libellé produit	Valeur importée en 2007 en F CFA	Valeur importée en 2008 en F CFA	Valeur importée en 2009 en F CFA
Huiles de pétrole/de minéraux bitumineux (huiles brutes exclusives)	363 968 559 450 F	386 961 148 900 F	263 026 181 950 F
Huiles brutes de pétrole ou de minéraux bitumineux	192 886 980 700 F	342 165 594 100 F	184 017 868 050 F
Houilles; briquettes,	43 025 443 500 F	50 804 079 400 F	33 239 619 050 F
Gaz de pétrole et autres hydrocarbures gazeux	9 947 255 750 F	16 117 945 250 F	22 219 545 350 F

(Source Comtrade 2011)

**Liste des produits importés par le Sénégal Combustibles minéraux, huiles minérales**

Libellé produit	2007	2008	2009
	Quantité importée, Tonnes	Quantité importée, Tonnes	Quantité importée, Tonnes
Huiles de pétrole/de minéraux bitumineux (huiles brutes exclusives)	1 287 644	972 040	1 097 058
Huiles brutes de pétrole ou de minéraux bitumineux	669 142	930 801	777 881
Houilles; briquettes,	301 239	254 897	315 817
Gaz de pétrole et autres hydrocarbures gazeux	128 832	125 266	118 229

(Source Comtrade 2011)

Au niveau national et mondial, la hausse des prix du pétrole entre 2004 et 2008 a clairement montré l'importance de diversifier le portefeuille énergétique, de s'employer résolument à améliorer l'efficacité énergétique et de mieux s'armer pour faire face à la forte instabilité des prix de l'énergie et aux crises futures. Les cours mondiaux moyens du pétrole ont augmenté de 29 dollars le baril entre 1999 et 2001 (en dollars de 2008), à 97 dollars en 2008.

**Importation : Pétrole/de minéraux bitumineux (huiles brutes exclues)**

Libellé produit	Valeur importée en 2007	Valeur importée en 2008	Valeur importée en 2009
Pétrole légers distillats, n.d.a.	343 622 988 750 F	370 746 623 900 F	250 994 938 900 F
Essence pour aviation	20 346 068 500 F	15 998 198 150 F	12 028 426 550 F
Huile de pétrole et produits n.d.a.	NA	216 353 050 F	2 816 500 F

(Source Comtrade 2011)

Les bioproduits, les biocarburants et la chaleur présentent à l'horizon 2050 des perspectives de parts de marché d'environ 30 %. Les biocarburants apparaissent comme la seule alternative significative à court terme pour les carburants liquides. C'est une problématique européenne et mondiale.

**1.1. L'activité de production de cultures énergétiques:**

La zone UEMOA produit plusieurs cultures utilisées pour l'alimentation humaine et animale qui peuvent être transformées pour fournir de la bioénergie. Ces plantes sont la canne à sucre, le sorgho, le manioc, les noix de cajou, l'huile de palme et les arachides.

L'éthanol et le biodiesel sont principalement utilisés comme biocarburants destinés aux transports. L'éthanol est un substitut de l'essence et le biodiesel peut remplacer le diesel. Un litre d'éthanol a un potentiel énergétique d'environ 75 %, comparé à l'essence ; un litre de biodiesel contient 85 % d'un litre de diesel classique. L'éthanol est le biocarburant le plus important en termes de volume, représentant plus de 85 % de la production mondiale de biocarburants.

## 1.2. Caractéristiques du biodiesel de Jatropha

L'huile de Tabanani est un biodiesel très performant, contrairement aux autres biodiesels, elle peut être utilisée sans mélange et sans modification des moteurs.

Les autres biodiesels issus des plantes oléagineuses telles que le tournesol, le soja, le colza, le ricin et le coton, par exemple, sont mélangés au diesel conventionnel jusqu'à une proportion de 30% maximum ; ce qui fait que les perspectives qu'offre le Jatropha sont incomparables aux autres dans le domaine du diesel ou de la substitution au gasoil conventionnel.

En ce qui concerne les alcools, comme l'éthanol, extraits des cultures qui renferment des sucres ou de l'amidon telles que la canne à sucre, la betterave à sucre ou les plantes à tubercules (manioc, pomme de terre), la proportion de mélange avec l'essence classique est d'environ de 17%. Toutefois, le Brésil qui est en avance sur tout le monde a un objectif de 25%.

❖ La culture du Jatropha pour le remplacement du diesel. L'adaptation des moteurs diesel actuels pour qu'ils puissent fonctionner avec des biocarburants représente un potentiel considérable. Le biodiesel se prête à l'agriculture à petite échelle parce qu'il peut remplacer le diesel à la fois pour les transports et la production d'électricité.

❖ La biomasse pour l'électrification rurale. Les biocarburants comme les huiles végétales et le biodiesel offrent des opportunités pour la production de courant électrique à petite échelle au niveau des communautés rurales. Un grand nombre d'arbres et d'arbustes produisent des graines oléagineuses qui ne sont pas en concurrence avec la production de nourriture ou l'utilisation des terres et qui ont un faible impact sur l'environnement.

❖ La biomasse pour des combustibles plus verts à usage domestique. Des réchauds de conception nouvelle et des programmes d'utilisation de matières premières organiques (ex. biogaz, gel éthanol) peuvent potentiellement libérer du temps pour les femmes et les enfants, temps passé aujourd'hui à ramasser du bois de chauffe, tout en réduisant les effets négatifs sur la santé et en ralentissant la déforestation. La diffusion généralisée de nouveaux réchauds devrait être une priorité.

### 1.2.1. Production et zones de production du jatropha

Ce sont des producteurs individuels organisés ou non, appartenant ou non à une Organisation Paysanne impliquée ou non dans la filière. Ce sont aussi des GIE ou des GPF qui exploitent des champs collectifs dont le but est de renforcer les caisses de ces groupements.

## Cultures pour la production de Jatropha

Culture de jatropha			
Région	Potentiel Hectare	Superficie plantée ha	Nombre de plants
Louga	780	720	449 625
Thiès	222	222	138 750
Diourbel	6 519	411	683 500
Tambacounda	470	411	257 000
Kédougou	70	68	42 500
Fatick	845	353	220 625
Kolda/Sédhiou	650	350	225 000
Dakar	45	44	28 000
Saint Louis/Matam	2 746	1 891	1 181 875
Kafrine	160	154	96 250
<b>TOTAL</b>	<b>12 507</b>	<b>5 293</b>	<b>3 323 125</b>

(ISRA Campagne 2008/2009)

Le pourghère (*Jatropha curas*) est un arbuste qui est très répandu dans les pays de l'Afrique de l'Ouest. Les graines et les fruits du pourghère ne sont pas comestibles, et la plante est habituellement utilisée en tant que haie protectrice ou pour délimiter les parcelles de terres agricoles. Les semences de pourghère peuvent être utilisées pour produire de l'huile, du savon, des médicaments et des bougies. Le pourghère est facile à cultiver sur les terres marginales et les régions semi-arides. Il a la capacité de pousser dans les sols pauvres.

**Densité de plantation à l'hectare** : 2 500 plants

**Géométrie de plantation** : interligne 2 m x 2 m

**Rendement moyen à l'ha** : rendement progressif 0,5 T à la première année, 5 T à la troisième année, 8 à 9 T à la quatrième année et 10 à 12 T à la cinquième année, il est retenu un rendement moyen de 10 T à l'ha à partir de la cinquième année.

**Rendement en huile de la plante** : 37% 10 T de graines pressées donnent 3 700 litres d'huile brute de *Jatropha*, biodiesel équivalent au gasoil conventionnel, 1 050 litres d'huile brute donnent 1 000 litres d'huile raffinée.

Il faut préciser que l'éthanol ne peut pas concurrencer comme combustible domestique, son niveau de prix étant presque deux fois celui du butane (sur une base énergie-pour énergie). Si les subventions sur le butane seraient abandonnées, il pourrait être produit et distribué compétitivement. Une comparaison entre le niveau des prix de revient d'éthanol anhydre à ceux de l'essence prouve que l'éthanol peut être un biocarburant très concurrentiel. Son niveau de prix, sur une base énergie-pour-énergie, représente seulement la moitié du prix à la consommation de l'essence.

### 1.2.2. La destination des produits

La plante de *Jatropha* est utilisée comme plante médicinale, délimitation de terrains comme haie vive, contrôle des érosions, alors la transformation de la graine permet de **produire l'huile végétales** pour l'éclairage comme combustible, pour la cuisson comme supplément au butane, pour la production du savon avec les résidus de

tourteaux après transformation, et enfin comme carburant pour promouvoir le biodiésel.

La majorité de la production de cultures énergétiques est utilisée dans l'alimentation et, est en rand partie, consommée dans les Pays d'origine. Seulement une partie infime est destinée à un usage industriel.

Plusieurs procédés chimiques ou mécaniques existent pour transformer les cultures énergétique en produits semi finis ou finis depuis le décorticage de la graine de cultures énergétiques pour produire de l'huile, des tourteaux jusqu'à sa transformation en énergie supplantant l'énergie fossile.

En comparaison Il faut préciser qu'il existe aujourd'hui deux grandes filières de biocarburants de première génération : l'éthanol qui est utilisé dans des moteurs de type "essence" et les esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV) destinés à un usage dans les moteurs de type "diesel". La production d'EMHV a été de l'ordre de 8,5 Mt en 2007, réalisée pour l'essentiel en Europe

Les EMHV sont produits à partir d'huiles végétales issues par exemple de colza, de tournesol, de soja ou même de palme. Dans le cas où l'huile provient du broyage de graines (colza, soja, tournesol), un résidu solide (le tourteau) est produit (1 à 1,5 tonne de tourteau/tonne d'huile).

L'huile de jatropha peut être utilisée :

- comme source de lumière à la place du pétrole lampant,
- comme combustible pour la cuisson dans les ménages,
- comme biocarburant après être transformé en biodiesel,
- comme source d'électricité lorsqu'on utilise l'huile ou le biodiesel dans les groupes électrogènes.
- comme matière première pour la fabrication de savons, des produits cosmétiques et de bougie.

Le tourteau de jatropha peut être utilisé :

- comme combustible à la place du charbon de bois dans les ménages,
- comme combustible pour les chaudières dans les industries,
- comme biogaz après une méthanisation ou gazogène,
- comme source d'électricité lorsqu'on utilise le tourteau ou le biogaz en tant que
- combustible dans une unité intégrant une chaudière, une turbine et alternateur.
- comme engrais pour l'agriculture.

## 2. ASPECTS PHYSIQUES ET TECHNIQUES

### 2.1. Conditions requises pour la production

Les cultures énergétiques sont actuellement cultivées avec des techniques très approximatives et très variables. On trouve des cultures sur sols plats, des cultures sur sols billonnés.

**Les cultures énergétiques produisent différents types de biomasse qui peuvent être transformés en n'importe quelle sorte de vecteur d'énergie voulue, en appliquant diverses techniques. Actuellement, trois voies de conversion sont appliquées à grande échelle :**

1. Les cultures énergétiques produisant de la biomasse lignocellulosique (**copeaux ou granulés de bois**) > **Combustion** > **chaleur et électricité**
2. Les cultures énergétiques produisant du sucres (principalement canne à sucre et betterave sucrière) **ou amidons (maïs surtout)** > **Fermentation** > **Ethanol**
3. Les cultures énergétiques produisant de l'huiles végétales (**principalement tournesol, huiles de palme et de soja**) > **Estérification** > **Biodiesel (produite à partir du Jatropha)** ;

Les caractéristiques essentielles pour la production des matières premières issues des cultures énergétiques peuvent se résumer ainsi:

#### Comparaison du rendement des cultures énergétiques

Conditions de développement optimales	Rendements éthanol/huile (l/ha)	Pluviométrie préférentielle (mm/an)	Sensibilité à l'approvisionnement en eau	Utilisation d'engrais
<b>Ethanol</b>				
<b>Canne à sucre</b>	<b>4 000 – 8 000</b>	<b>1 500 – 2 500</b>	<b>Forte</b>	<b>Forte</b>
Maïs	700 – 3 000	700 – 1 500	Forte	Moyenne
Sorgho sucré	3 000 – 6 000	400 – 650	Faible à	Moyenne
Manioc	1 750 – 5 400	1 000 – 1 500	Faible à	Faible/
<b>Biodiésel</b>				
<b>Huile de palme</b>	<b>2 500 – 6 000</b>	<b>1 800 – 5 000</b>	<b>Forte</b>	<b>Faible</b>
Jatropha	400 – 2 200	600 – 1 200	Faible à moyenne	Faible

(Sources : FAOSTAT, Mielke (2007),

#### 2.1.1. Conditions physiques

##### 2.1.1.1. Ressources en eau

Certaines plantes utilisées pour la bioénergie peuvent augmenter la rétention hydrique des sols fragiles, ce qui améliore l'accès à l'eau des plantes alentour et aide à combattre la désertification. Etant donné les faibles précipitations et les bas niveaux des nappes phréatiques, la conservation de l'eau, la récupération des précipitations et d'autres techniques pourraient être plus adaptées pour certains pays. La culture du Jatropha est très adaptée aux différents types de sol et aux disponibilités en eau des différentes régions du pays.



### 2.1.1.2. Aspects techniques de la transformation

Le *Jatropha Curcas* est une plante qui produit des graines oléagineux est un arbre pérenne dont le cycle de vie est de trente à cinquante ans. Il peut pousser dans les régions tropicales, subtropicales et semi-arides, à plus de 500 mètres d'altitude. Il faut de trois à cinq ans avant que le *jatropha* ne produise des rendements, mais après cela, il peut être récolté tous les six à douze mois.

#### ❖ La production et les rendements

La pourghère produit des graines dont on peut extraire 25 à 30% d'huile. Les estimations de rendement annuel de graines varient<sup>6</sup> mais on suppose qu'un rendement de 4000 kg/ha est généralement obtenu. Cependant, en l'absence d'irrigation dans les zones arides, une plante a besoin de 5 ans pour arriver à maturité et produire au maximum de son potentiel.

Dans de telles conditions, on doit s'attendre à une faible production de graines dans les 3 premières années. L'établissement d'une plantation de pourghère nécessite donc un investissement à long terme.

Les estimations de la productivité du *jatropha* varient largement et sont basées sur un nombre limité d'expériences réelles sur le terrain. En général, le rendement en huile végétale pure varie entre 400 litres et 2 200 litres à l'hectare. Parce qu'on estime le rendement moyen à l'hectare d'une plantation de Tabanani à 1900 litres d'huile.

#### ❖ Collecte de graines de *Jatropha*

Comme potentiel de collecte l'usine peut contractualiser avec les producteurs sur une superficie de 10 000 ha. La production de graine, sera de 40 000 tonnes par an ; le potentiel annuel de production de carburant sera de 10 000 tonnes.

#### ❖ Usine de production de biodiesel

La base pour l'évaluation est une usine de biodiesel produisant 10 000 tonnes de biodiesel par an. Pour la technologie de production, un système comme présenté par Bioking est considéré; la technologie est efficace et les coûts d'investissements sont faibles.

**L'extraction d'huile de *jatropha*** : Les unités d'extraction d'huile de *jatropha* sont disponibles selon leur taille et leur capacité dont l'équipement central est la presse à huile. Une 2ème unité d'extraction au solvant peut être installée après la presse si on cherche un épuisement total de l'huile. Mais cette option n'est pas vraiment intéressante étant donnée l'importance de l'investissement requis. On peut diviser ces presses en 3 groupes :

- les presses manuelles, de faible capacité : 2 à 10kg de graines par heure
- les presses motorisées semi-industrielles, de capacité entre 50kg à 250kg/heure.
- les presses industrielles de grande capacité supérieure à 500kg/heure et atteignant les 2tonnes/heure.

### Résultats d'analyse des huiles de jatropha de Sénégal

Caractéristiques	Huile de jatropha au Sénégal	Huile des autres pays
Densité :	1 litre pèse 910g	1 litre pèse entre 910g et
Couleur :	jaune clair à marron clair	jaune clair à marron clair
Insaponifiable :	2-5%	
Indice de saponification	189-197	176 à
Indice d'acide :	1,9 (acidité oléique)	0,4 à 0,4
Principaux acides gras :		
• Acide oléique :	39,48%	35% à 52%
• Acide linoléique :	39,41%	15% à 43%
• Acide palmitique :	14,56%	7 à 28%
• Acide stéarique :	5,94%	3 à 12,5%

Source : ESP [www.jatropha.org](http://www.jatropha.org)

#### Entrées de processus

- Graines de pourghère. Les quantités nécessaires sont de 40 000 tonnes de graines par an pour permettre la production 10 000 tonnes de biodiesel.
- Alcool - l'alcool le plus utilisé pour la production de biodiesel est le méthanol. Les quantités nécessaires, pour la technologie « Bioking », sont approximativement de 220 kg/m<sup>3</sup> de biodiesel.
- Autres inputs - le catalyseur (par exemple soude caustique), l'énergie (électricité) et l'eau. Les montants exacts dépendent de la nature spécifique de l'usine et ne peuvent donc pas être fournis en ce moment. En termes de coûts, ils contribuent seulement modestement aux coûts de production.
- Les exigences de personnel pour une usine de 10 000 m<sup>3</sup>/a sont estimées à 30 personnes.

#### ❖ Sous-produits

- La glycérine de grande pureté peut être obtenue (11% de la production de biodiesel).
- Le tourteau résultant de la pression des graines de pourghère sera retourné à la plantation comme engrais organique ou utilisé comme source d'énergie.

#### 2.1.2. Outils et techniques de transformation

La teneur en huile moyenne des graines est de 40%. Cependant, toute l'huile ne peut pas être extraite. En règle générale, le taux d'extraction augmente avec la capacité de la presse tandis que le coût d'extraction diminue. Les matériels peuvent être importés en **Inde, Chine (qui sont moins chers)**, France, Angleterre, Allemagne, Belgique. Le choix des équipements d'extraction est orienté par la taille des exploitations afin de pouvoir le rentabiliser. En effet, une presse, notamment semi industrielle et industrielle est conçue pour travailler 24h/24 pendant 300 à 330 jours. Les cultures énergétiques sont valorisées par un procédé de transformation, on les classe ensuite en fonction du carburant pétrolier qui est issues, essence ou gazole, auquel on peut se substituer leur produit. Le processus de transformation du Jatropha part de :

❖ **Graines de pourghère.** Les quantités nécessaires sont de 4 000 tonnes de graines par an pour permettre la production 1 000 tonnes de biodiesel.

❖ **Alcool** - l'alcool le plus utilisé pour la production de biodiesel est le méthanol. Les quantités nécessaires, pour la technologie « Bioking », sont approximativement de 220 kg/m<sup>3</sup> de biodiesel.

❖ **Autres inputs** - le catalyseur (par exemple soude caustique), l'énergie (électricité) et l'eau. Les montants exacts dépendent de la nature spécifique de l'usine et ne peuvent donc pas être fournis en ce moment. En termes de coûts, ils contribuent seulement modestement aux coûts de production.

❖ Les exigences de personnel pour une usine de 1 000 m<sup>3</sup>/an sont estimées à 20 personnes.

Le résultat permet d'obtenir des carburants végétaux dont la composition est la suivante :

❖ l'huile végétale, dont les acides gras l'approche plus d'un *fioul* ou d'un *gazole*. Cette huile est extraite directement des graines (colza, tournesol, soja, etc), par trituration, ou des fruits (palmier à huile, olivier, etc) de plantes oléagineuses. Son utilisation est alors possible après quelques traitements et purifications. Les sous-produits de la production de biodiesel à partir du pourghère sont la glycérine et les tourteaux.

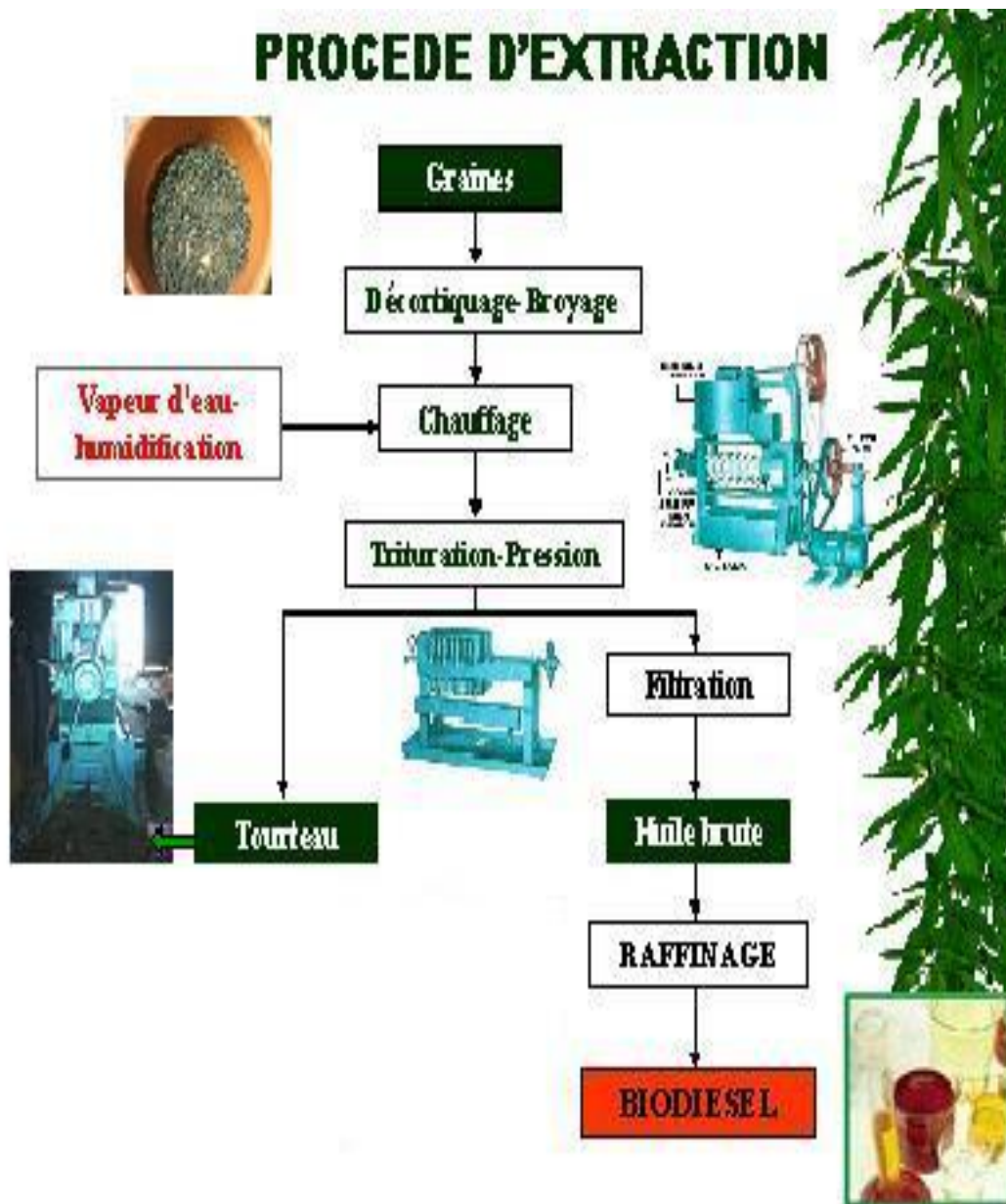
❖ Le produit le plus précieux issu du procédé est la glycérine qui peut être utilisé comme matière première dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques et agroalimentaires. Elle représente environ 10% du rendement de biodiesel.

❖ Les tourteaux résultant de la pression des graines de pourghère peuvent être réutilisé comme fertilisant organique dans les plantations ou comme énergie de cuisson.

	Type projet/potentiel	Echelle des unités	Investissement	Remarques
<b>Biodiesel</b>	Biodiesel à base de pourghère	10 000 m <sup>3</sup> /an	FCFA 500 mio (usine)	Biodiesel est 11% moins chère que gasoil

(Source Etude UEMOA biocarburant 2008)..

Diagramme de transformation des graines de Jatropha en huiles de biodiesel



( Source <http://www.dft.gov.uk/rfa/>)

### 3. ASPECTS REGLEMENTAIRES ET INSTITUTIONNELS

#### 3.1. Réglementation intérieure en vigueur

Aucune réglementation n'est exigée pour la culture du jatropha pour du biocarburant. La nomenclature codifiée par l'UEMOA classe les produits issus des cultures énergétiques selon la nature de ceux-ci.

#### Nomenclature des produits de l'UEMOA

Code produit	Libellé produit
12.07.40.00.00	- Graines de cultures énergétiques
15.15.50.00.00	- Huile de cultures énergétiques et ses fractions

#### 3.2. Les structures d'appui du secteur

##### 3.2.1. Structures administratives

❖ **DASP (Direction de l'Appui au Secteur Privé)** 115, rue SC 126 Sacré Cœur 3 pyrotechnie Dakar Tél. : (221) 33 869 94 94 Fax : (221) 33 864 71 71

❖ **L'ANCAR** (Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural) est un partenaire stratégique de l'ensemble des intervenants dans l'agriculture.

❖ **L'ISRA** (Institut Sénégalais de Recherche Agricole) est reconnu dans ses travaux effectués par ses chercheurs mobilisés le plus souvent dans le cadre de projets sous-régionaux.

Plusieurs partenaires ont accompagné cette filière depuis les années 90 :

❖ **OXFAM/ Belgique : développement** de la production, amélioration de la capacité de trituration par la mise en place d'unités artisanales, recherche agricole, recherche /action

❖ **Primoca : renforcement** des capacités, développement de la production, développement de la capacité de trituration par la mise en place d'une unité d'extraction d'une capacité de 700Kg /heure, recherche variétale.

❖ **Projet d'appui aux ONG** : amélioration de la capacité de production par l'acquisition d'équipements agricoles et d'intrants, appui à la mise en place d'un système de commercialisation, de transport et de groupage, renforcement des capacités...

##### 3.2.2. Structures professionnelles

Les institutions de recherche et de formation (Isra, ITA, ENSA, UCAD), les organisations non gouvernementales (CRS, VSF, Gadec), les organisations paysannes (CNCR, AAJAC/Colufifa, EGAT, EGAN, FADECBA, Kawral Féddé, UNICOM) et les structures d'encadrement et d'orientation (MAH, ANCAR, FNRAA, ex projet PRIMOCA) à travers des conventions de partenariat ont permis la valorisation du cultures énergétiques.

❖ L'Association Africaine de Jeunesse Agricole et Culturelle/ Comite de Lutte pour la Fin de la Faim (AAJAC/COLUFIFA):

❖ L'Association de Lutte Contre l'Exode Rural de Djirédji (ASSOLUCER)

## 4. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Les investissements en bioénergie dans le pays doivent prendre en compte les impacts potentiels des changements climatiques dans la région cible. Les choix des cultures et des pratiques agronomiques devront être adaptés, et devront s'adapter aux changements des précipitations et autres impacts. De même, les investissements dans les infrastructures pour la bioénergie, tels que les centres de traitement, doivent être effectués dans l'optique de l'adaptation aux changements climatiques.

### 4.1. Conditions d'installation

Avant de démarrer l'activité, le promoteur doit trouver des producteurs de Jatropha qui disposent de superficies conséquentes (entre 50 hectares et 1 000 hectares) pour accueillir les différents volets d'exploitation.

Pour l'usine de transformation l'emplacement doit être accessible pour les livraisons de graines de Jatropha et les évacuations des productions vers les marchés et autres lieux de vente.

Une exploitation de cette dimension doit, disposer du certificat de conformité environnementale. Les impacts réels et potentiels positifs comme négatifs résultant de l'intensification de la production des cultures énergétique sont résumés ci-après :

- ❖ Perte de biodiversité
- ❖ Réduction des moyens d'existence alternatifs tirés des zones humides (revenus et nourriture)
- ❖ Changement des moyens d'existence et des revenus
- ❖ Pressions foncières et conflits accrus
- ❖ Baisse de la production alimentaire
- ❖ Augmentation de l'emploi rural, meilleure accessibilité et accès aux marchés
- ❖ Meilleur accès à l'énergie en milieu rural s'il y a une transformation sur place.
- ❖ Réduction des importations des énergies fossiles

### 4.2. Normes

Les normes consistent en la définition des produits, la fixation de règles, d'exigences minimales auxquelles doit satisfaire un produit, qui est appelé à être commercialisé à l'échelle nationale ou internationale. Fabriquer un produit selon les normes est une obligation incontournable mais aussi commercialement utile.

Il n'existe pas de normes pour la production d'huile de Jatropha et de ses dérivés.

## 5. ASPECTS ECONOMIQUES ET COMMERCIAUX

### 5.1. Le marché national et international

Le Sénégal dispose de certaines ressources énergétiques, encore insuffisamment exploitées : hydroélectricité sur les fleuves Sénégal et Gambie, tourbe, gaz naturel, énergie éolienne sur la bande côtière, et énergie solaire ; même si des programmes de diversification des approvisionnements en énergie sont initiés. Et à ce titre la promotion des cultures énergétiques constitue une aubaine pour satisfaire à cette demande croissante d'année en année.

#### 5.1.1. Principales caractéristiques de la demande nationale

**Les consommations de pétrole et d'électricité** croissent fortement depuis 10 ans (en moyenne 5% par an environ). Bois et charbon de bois couvrent environ 60% des besoins des consommateurs. Les transports absorbent environ 40% de la consommation de pétrole et l'industrie consomme environ la moitié de l'électricité. La consommation en énergie est de 271 kg équivalent pétrole par habitant, ce qui donne une consommation globale **de 3 523 000 tonnes** en équivalent pétrole. Aujourd'hui toute cette demande est pourvue par les importations issues des énergies fossiles, alors que les biocarburants sont devenus dans certains pays (Brésil, Inde) une alternative à la dépendance du pétrole. Avec l'évolution de la technologie et de la recherche en cours, **l'huile de jatropha pourra être utilisée d'ici quelques années comme combustible ménager**, une alternative au charbon de bois et bois de chauffe. Etant donné que 60% des ménages sénégalais utilisent le charbon et le bois de chauffe, l'huile de jatropha pourra trouver un débouché énorme sur le marché des combustibles ménagers dans un futur proche.

**La demande du marché national du savon** : Le secteur de la savonnerie peut devenir un important débouché de l'huile de jatropha. L'huile peut en effet remplacer ou compléter l'approvisionnement en huile de palme qui est importée d'Asie en ce moment. 1tonne d'huile de jatropha peut produire 1,2 tonne de savon de jatropha.

**La demande du marché de l'engrais pour le tourteau** : L'agriculture au Sénégal souffre d'un faible taux d'utilisation de l'engrais. D'après le Ministère de l'Agriculture, le taux d'utilisation d'engrais chimique est de 40% par rapport au besoin. Par ailleurs, l'utilisation d'engrais organique est insuffisante. La contribution du tourteau de jatropha dans l'approvisionnement en engrais pourra faciliter l'accès aux engrais dans le monde rural surtout dans les zones de production de jatropha. En effet, à partir de 100kg de graines de jatropha, on obtient 65kg à 70kg de tourteau après l'extraction de l'huile.

#### 5.1.2. La demande extérieure de produits biocarburants

La demande mondiale de cultures énergétiques et des produits est constamment en hausse. Actuellement, elle est de loin supérieure à l'offre. Les grands producteurs (Brésil et Inde) sont incapables de faire face à cette demande sans cesse croissante.

Les projections se basent sur l'hypothèse selon laquelle 5 % de la consommation européenne et américaine d'éthanol et de biodiésel sont couverts par les biocarburants africains en 2020. Cela entraînerait une demande **de 6,6 milliards de**

litres d'éthanol pour les Etats-Unis et de 1,45 milliards de litres pour l'Union européenne. De plus, les Etats-Unis seraient des deux le plus gros importateur de biocarburant, avec des besoins de 1,6 milliard de litres contre 1,1 milliard de litres pour l'Union européenne.

### 5.1.3. Principales caractéristiques de l'offre

Type	Principales caractéristiques de l'offre
<u>Offre locale de Jatropha</u>	<p>La société SBE Sénégal Sarl a réalisé 4 plantations semi-intensives de <i>Jatropha curcas</i> L. (Tabanani), avec une surface de 50 hectares, dans la région de Thiès à Beud Dieng dans le cadre du retour des migrants initie un projet moderne de culture de Jatropha.</p> <p>L'ISRA (Institut Sénégalais pour la Recherche Agricole) qui assure le support technique et scientifique par la fourniture de pépinières aux producteurs de Jatropha (Ainsi 3 millions 300 mille plants ont été distribués de 2007 à 2009, sur toute l'étendue du territoire national) dont la production n'est pas encore sur le marché.</p> <p>Aujourd'hui il n'existe aucune statistique sur la production de graine de Jatropha, qui permet d'estimer la production de biocarburants. Les projets existent dans quelques zones en phase expérimentale.</p>

**L'offre du marché mondial du biodiesel :** A ce jour, le biodiesel est produit à partir des plantes telles que le soja, le colza, le tournesol. C'est le colza et le tournesol qui constituent 89% des matières premières pour fabriquer le biodiesel. 80% de la production mondiale de biocarburant est réalisée en Europe dont l'Allemagne en produit la moitié suivie par l'Italie et la France. Les Etats-Unis produisent 8% de la production mondiale de biodiesel à partir du soja. Dans les pays émergents, on note la présence de l'Indonésie et de Malaisie qui fabrique le biodiesel à partir de l'huile de palme.

### 5.2. Potentiel de développement du marché

Pour la production du biodiesel comme substituant au diesel fossile peut avoir les avantages économiques significatifs pour les cultures énergétiques dans l'ensemble.

❖ Dépendance réduite vis-à-vis des carburants importés. Chaque litre de biodiesel (95%) peut remplacer approximativement 0,95 litre de diesel fossile. Les remplacements totaux de combustible fossile de la production présentée de biodiesel seraient ainsi 9 500 m<sup>3</sup>/an.

❖ Devises étrangères dépensées réduites sur les carburants des véhicules à moteur. Chaque litre de biodiesel épargne 415 FCFA des devises étrangères (473 FCFA/l pour le gasoil fossile moins le méthanol importé pour le procédé de production de biodiesel 58 par FCFA/l). L'épargne totale en forex serait ainsi 4,2 milliards de FCFA.

❖ Impulsion économique et création d'emploi au secteur agricole. Une nouvelle activité économique est créée avec un chiffre d'affaires annuel de 4,7 milliards de FCFA.



L'Agence internationale de l'énergie prévoit une demande intérieure de biocarburants africains d'environ 3,5 Mtep en 2030 (c'est-à-dire, environ 2 milliards de litres). Peu de pays africains ont des politiques en matière de biocarburants et le Sénégal est dans une dynamique de promotion des cultures énergétiques pour bien se positionner comme exportateur. Pour permettre aux pays africains d'accéder au marché européen du biodiesel, l'Union Européenne a établi un accord préférentiel avec les pays ACP.

Le marché international dans le secteur du biodiesel peut être considéré comme illimité et il va continuer de s'accroître. A titre d'indication, une directive européenne impose une obligation d'incorporation du biodiesel dans le gas oil à un taux de 5,75% à partir de 2012, contre un taux actuel de 2%. C'est-à-dire le besoin en production de biodiesel en 2012 sera de 10,5 milliards de litres alors que la production réelle atteint seulement 3 milliards de litres actuellement. En Inde, le taux d'incorporation sera de 20% en 2020, équivalent à 20 milliards de litres de biodiesel.

Ces politiques de promotion ont incité le Sénégal a initié un programme ambitieux pour l'horizon 2012, où il est prévu que la plantation de Jatropha occupera une superficie **de 312.000 ha**, répartie dans toutes les communautés rurales du pays. Ces plantations devraient permettre de produire **3.210.000 tonnes** de graines par an dès 2013, afin d'assurer la production **de 1.190.000.000 litres** d'huile brute et **1.134.000.000 litres de biodiésel**, ce qui réaliserait potentiellement l'autosuffisance en diesel puisque les besoins en 2007 ont été estimés à 550.000.000 litres. Malgré ces grandes ambitions, pour la campagne agricole 2008/2009, les réalisations n'ont porté que sur une plantation de 5 000 ha (**Source Etude Biocarburant ISRA/BAME 2009**).

La chaîne de valeur du jatropha offre plusieurs opportunités d'investissement :

- Mise en place de plantation de jatropha
- Montage et location d'un centre de stockage des graines : considérant la quantité énorme de graines de jatropha, des opérateurs pourraient être intéressés de louer des entrepôts ou silo de stockage
- Montage d'unités d'extraction d'huile de jatropha
- Montage de raffinerie de biodiesel
- Transport de biodiesel : activités sous licence en prévision de la loi sur le biocarburant
- Stockage de biodiesel : activités sous licence en prévision de la loi sur le biocarburant
- Unité de fabrication de savon, de bougie
- Unité de conditionnement d'engrais de jatropha
- Production et vente d'électricité en milieu rural

## 6. INVESTISSEMENTS NECESSAIRES

Les investissements dans un projet de biodiesel concernent les investissements dans une plantation de pourghère et dans l'usine de biodiesel. Le Tableau ci-dessous donne des valeurs estimées de ces investissements en fonction de l'option choisie.

### Comparaison des 3 unités d'extraction

	Manuelle	Semi industrielle	Industrielle
Modèle de presse	Bielenberg	Tinytech	Reinartz
Capacité	7-10kg/h	75-100kg/h	1.000kg/h
Rendement d'extraction	18%	25-30%	Sup à 28%
<b>Prix d'achat</b>	<b>2 100 000 F CFA</b>	<b>66 500 000 F CFA</b>	<b>94 647 500 F CFA</b>
Taille exploitation appropriée	10ha	80ha	1.500ha
Qté graine annuelle	40T	400T	7.200T
<b>Qté huile obtenue</b>	<b>7T</b>	<b>120T</b>	<b>2.160T</b>
<b>Coût d'extraction</b>	<b>7 000 F/kg</b>	<b>507,5 F/kg</b>	<b>609 F/kg</b>

### Indications des coûts d'investissement pour une usine de biodiesel

	Taille	Investissement (FCFA)
Usine biodiesel	1 000 m <sup>3</sup> /année	250 000 000 F

#### 6.1. Equipements à acquérir

❖ Les indications de coût des investissements dans les plantations, à l'exclusion du terrain, sont d'environ 262 000 F CFA-327 500 F CFA/an par hectares en Asie (par exemple SRIPHL (2006), le terrain sont inclus dans les coûts opérationnels annuels.

❖ Des coûts d'usine de Biodiesel sont basés sur des données concernant les coûts d'usine réels fournis par Bioking les prix mentionnés sont indicatifs et s'entendent pour du matériel neuf, livré CAF à Dakar.

#### 6.2. Compte d'exploitation prévisionnelle

##### 6.2.1. Les éléments du compte d'exploitation

Les calculs sont fondés sur les hypothèses suivantes :

Les coûts de matière de base concernent les graines de pourghère, avec un prix de 82 FCFA/kg. Ce niveau des prix est conforme à plusieurs sources disponibles (par exemple ISRA 2010 ). **Le sous produit de l'extraction à 40%: le tourteau** peut être également vendu à 75 F/kg. Le tourteau de jatropha est très riche en éléments fertilisants. Aussi, il peut être vendu en tant qu'engrais organique.

L'utilisation de méthanol est de 22% (basé sur des valeurs réelles fournies par Bioking) et un niveau des prix de 262 kCFA/t.

Les autres coûts incluent le travail, l'eau et l'énergie, dont le dernier est le plus important (300 kWh/m de biodiesel). Alternativement, un générateur électrogène fonctionnant au biodiesel pourrait être employé, mais ceci diminuerait le biodiesel annuel produit d'environ 10%.

### 6.2.2. Prix de revient et Seuil de Rentabilité

La détermination du cash flow généré par l'exploitation de cultures énergétiques en fonction de l'itinéraire de production avec la structure des dépenses d'exploitation (charges fixes et charges variables) qui se décompose comme suit :

#### Coûts de production

Une évaluation des coûts de production par litre de biodiesel est fournie dans le Tableau ci-dessous. Noter qu'elle concerne la partie de production de biodiesel, où des graines de pourghère sont achetées de la plantation à un taux fixe par tonne. Ce prix inclut des investissements et des coûts opérationnels.

#### Evaluations des coûts de production du biodiesel (FCFA/l)

Production annuelle (m <sup>3</sup> /an)	1 500 m <sup>3</sup>	Montant Annuel
	Coût unitaire	Montant total
Matière première (graines 2,2 kg/L)	185 L	185 000 000 F
Méthanol	58 L	58 000 000 F
Autres coûts	31 L	31 000 000
Emballage et distribution	100 L	100 000 000 F
<b>Coûts de production variables HTVA</b>	<b>374 L</b>	
Main d'œuvre	1,6 L	
Frais financiers	45,2 L	45 200 000 F
Amortissement	21,99 L	
<b>Coûts de production fixes HTVA</b>	<b>68,8 L</b>	
<b>Coût de Revient production HTVA</b>	<b>442,8 L</b>	
<b>Coût de Revient TTC/Litre</b>		<b>523 F/L</b>
<b>Prix de vente TTC/Litre</b>		<b>655 F/L</b>
<b>Chiffres d'Affaires estimé TTC</b>		<b>655 000 000 F</b>
<b>Taux de Marge Brute</b>		<b>42,90%</b>
<b>Seuil de Rentabilité/An</b>		<b>160 349 650 F</b>
<b>Seuil de Rentabilité en litres</b>		<b>244 808 L</b>

Le compte d'exploitation prévisionnelle se présente comme suit selon la variante Biodiesel:

	Montant
<b>PRODUIT</b>	
Vente produits	655 000 000 F
Charges variables	<b>374 000 000 F</b>
<b>MARGE BRUTE D'EXPLOITATION</b>	281 000 000 F
Charges fixes	<b>68 790 000 F</b>
<b>REVENU BRUT D'EXPLOITATION</b>	<b>212 2100 000 F</b>
Impôts	53 052 500 F
<b>REVENU NET D'EXPLOITATION</b>	<b>159 157 500 F</b>
<b>CASH FLOW</b>	<b>181 147 500 F</b>

### 6.2.3. Rentabilité financière

	Ratio
Ratio du retour sur investissement ROI:	1 An et 3 mois 8 jours
Rentabilité exploitation	24,29%
Taux de rentabilité interne (TRI)	17%

La sensibilité élevée au prix de graine de pourghère soulève une question importante. Bien que le prix utilisé pour la graine soit raisonnablement élevé, il dépendra finalement d'un grand nombre de facteurs tels que des rendements de la semence, des coûts opérationnels annuels et des coûts d'investissement par hectare.

Suivant les indications du tableau, les coûts de production nets (sans impôt) sont approximativement de 443 FCFA par litre de biodiesel (523 FCFA/l avec la TVA). Les coûts en vrac du diesel sont approximativement de 632 FCFA/l (GdN, 2010) ; le biodiesel serait donc meilleur marché que le diesel fossile d'environ 17%. Actuellement, le prix l'huile de jatropha extraite est fixée à 655 F CFA (environ 1,50 \$) pour chaque litre. Néanmoins, le taux devrait diminuer au cours des dix prochaines années ou plus si l'offre continue de progresser.

## 7. ANALYSE DE L'ATTRACTIVITE ET DE LA FAISABILITE DU CRENEAU

### Secteur secondaire : Production Energie

### TRANSFORMATION ENERGETIQUE : ETHANOL/BIOCARBURANTS

Données de référence activités BDEF 2010			
INDUSTRIES ENERGIE	2007	2008	2009
Chiffres d'Affaires en millions de F	297 686	330 011	327 465
Taux de croissance du CA		10%	
Valeur des exportations en % CA			
Importance de la valeur ajoutée en millions de F	54 176	62 884	88 794
Importance de la valeur ajoutée en %	18%	19%	27%
Importance Innovation et R&D en millions de F	1 799	1 340	959
CAS PRATIQUE : Non Disponible			
	2007	2008	2009
Chiffres d'Affaires en millions de F			
Taux de croissance du CA			
Part des exportations en % CA			

Résultats Appréciation Créneau	1	2	3	4	5
<b>Attractivité du créneau et Participation à la croissance</b>					
Niveau de croissance	5%	10%	15%	20%	30%
Quel est le niveau de Croissance du marché					
Niveau de production, et transformation	Très faible	faible	Moyen	Important	Très important
<b>Niveau de valorisation et gamme de produits</b>					
Possibilités d'exportation	Très faible	faible	Moyen	Important	Très important
<b>Importance des Marchés à l'exportation</b>					
Niveau Valeur ajoutée	5%	10%	15%	20%	30%
Importance de la valeur ajoutée à dégager					
<b>Faisabilité et existence de Facteurs Clés de Succès FCS</b>					
Innovation et Niveau de technicité	Très faible	faible	Moyen	Important	Très important
Les possibilités d'innovation, connaissance technologique ?					
Apport au développement des régions	Très faible	faible	Moyen	Important	Très important
Apport au développement local ou régional					

## 8. CONTACTS ET SOURCES D'INFORMATION

**Sites Internet :**

**Jatropha Sénégal :** [www.jatrophasenegal.com/index.html](http://www.jatrophasenegal.com/index.html)

**Agence internationale de l'énergie, Bioénergie :** [www.ieabioenergy.com/](http://www.ieabioenergy.com/)

**Fuel for Agriculture in Communal Technology :** [www.fact-fuels.org](http://www.fact-fuels.org)

**International Food Policy Research Institute :** [www.ifpri.org/](http://www.ifpri.org/)

**Jatropha website :** [www.jatropha.de](http://www.jatropha.de)

**Réseau International d'Accès aux Energies Durables :** [www.riaed.net](http://www.riaed.net)

**Renewable Fuel Agency :** <http://www.dft.gov.uk/rfa/>

**Table ronde pour des biocarburants durables :** <http://cgse.epfl.ch/>

**CERER Centre d'Études et de Recherche sur les Énergies Renouvelables**  
E-mail : [cerer@ucad.sn](mailto:cerer@ucad.sn) Tél. : (221) 33 832 10 53 Site web : [www.ucad.sn](http://www.ucad.sn)