

Une filière canne dédiée à la production électrique peut-elle avoir un intérêt économique et environnemental ? Méthodes et premiers éléments d'analyse en Guadeloupe.

Lejars Caroline, Fusillier Jean Louis⁽¹⁾
Blazy Jean-Marc, Guindé Loïc⁽²⁾
Merle Thomas, Chopart Jean-Louis⁽³⁾
Guichard Roland⁽⁴⁾

⁽¹⁾CIRAD, UMR Geau, Département Environnements et Sociétés, Montpellier, France caroline.lejars@cirad.fr

⁽²⁾INRA, UR1321 ASTRO Agrosystèmes tropicaux, F-97170 Petit Bourg, Guadeloupe.

⁽³⁾CIRAD, UR Systèmes de Culture Annuels, Département Performances des Systèmes de Production et de transformation Tropicaux, Guadeloupe

⁽⁴⁾Cann'elec Développement, St Nazaire, France

Résumé

Cultiver de la canne dédiée à la production électrique a-t-il un intérêt? Dans certains contextes spécifiques, comme en Guadeloupe sur les sols pollués à la chlordécone, une filière canne dédiée à la production électrique pourrait être une solution alternative à la production alimentaire rendue délicate sur ces sols. Elle constituerait aussi un atout pour améliorer l'autonomie énergétique de l'île. Toutefois, une telle filière doit également présenter un intérêt environnemental pour la collectivité ainsi qu'un intérêt économique pour ses futures parties prenantes (agriculteurs, industriels et usagers).

Une démarche est proposée pour évaluer la rentabilité économique de cette filière et son intérêt environnemental. Elle comprend trois volets interdépendants : l'analyse de l'acceptabilité par les agriculteurs de cette nouvelle filière, l'analyse des conditions de sa rentabilité économique et son évaluation environnementale via la méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie. L'article se focalise sur les méthodes et les outils développés spécifiquement pour évaluer différents scénarios d'organisation de filières. A titre illustratif, les outils ont été utilisés pour tester deux scénarios hypothétiques, portant sur un cas d'étude en Guadeloupe. L'évaluation de ces scénarios se fait à la lumière des performances agronomiques, économiques et environnementales depuis la production du matériel végétal jusqu'à sa combustion. Elle permet de mettre en évidence quelques paramètres déterminants de la faisabilité de cette filière en cours d'étude.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme de recherche REBECCA (REcherche Biomasse Energie Canne dans la région de CApesterre) mené par le Cirad en partenariat avec un industriel (Cann'elec Développement) et l'INRA.

Mots clés : canne-fibre, production électrique, Guadeloupe, filière biomasse-énergie, ACV

Contexte et problématique renouvelable. Dans des milieux insulaires très dépendants des importations d'énergie, elle serait une voie d'amélioration de l'autonomie énergétique. De plus, dans des contextes spécifiques, comme en Guadeloupe où certains sols sont pollués par la chlordécone, un pesticide organochloré persistant, une telle filière pourrait être une solution alternative à la production alimentaire.

Toutefois, cette filière biomasse-combustible doit également présenter un intérêt économique pour ses futures parties prenantes (agriculteurs et industriels) ainsi qu'un intérêt environnemental pour la collectivité.

Compte tenu du caractère novateur de cette filière, l'évaluation économique et environnementale est rendue délicate par la multiplication des hypothèses à faire sur son mode de fonctionnement futur (Pouzet *et al*, 2008; Guichard, 2011). Cette évaluation dépend de nombreux facteurs interdépendants (Figure 1), notamment la taille du gisement de biomasse disponible (en terme de surfaces et de rendements), le dimensionnement de l'unité de production industrielle, les prix d'achat de la matière première, les prix de l'électricité, les caractéristiques techniques de l'unité industrielle (rendement de conversion) et la qualité de la future matière première (taux d'humidité).

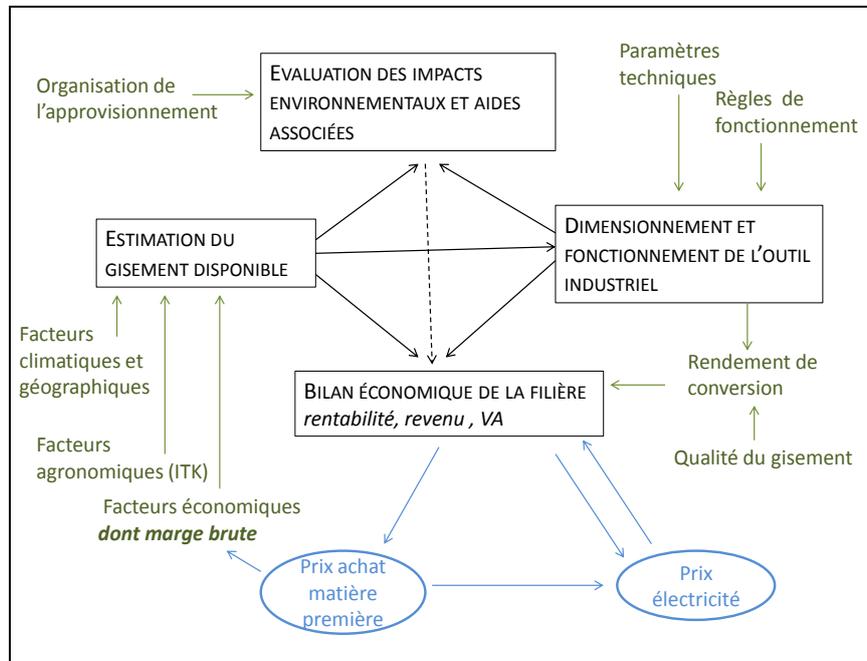


Figure 1. Interdépendance entre les facteurs influençant la rentabilité économique et l'évaluation environnementale

Dans le cadre du programme de recherche REBECCA (Recherche Biomasse Energie Canne à Capesterre), une démarche a été élaborée pour évaluer la rentabilité économique de cette filière et son intérêt environnemental. Dans cet article, après avoir présenté la méthodologie et les outils mis en œuvre, les conditions de la rentabilité économique et de la durabilité environnementale de deux scénarios d'organisation de filière seront examinées. Enfin, les limites et les suites à apporter seront abordées, pour améliorer les outils et pour affiner l'évaluation de scénarios futurs.

Démarche et outils développés

La démarche s'organise autour de quatre volets : (i) l'estimation du gisement agricole potentiel, (ii) le dimensionnement de l'outil industriel et la fixation du prix de l'électricité, (iii) l'évaluation de la rentabilité financière de la filière dans son ensemble et (iv) l'évaluation environnementale. Chacun de ces quatre volets a donné lieu au développement d'outils spécifiques. Ces outils sont à ce stade indépendants, mais ils utilisent des données d'entrée communes pour permettre la simulation de différents scénarios d'organisation de filière.

1. Estimation du gisement potentiel

La démarche s'est appuyée sur un jeu de données décrivant le parcellaire actuel de la zone d'étude (commune de Capesterre-Belle-Eau) et sur un corps d'hypothèses relatives aux conditions d'implantation d'une culture de cannes fibres. Le gisement agricole potentiel de canne fibres a été quantifié à travers le développement du simulateur GIZKAN qui permet

d'évaluer le gisement surfacique et massique sous différents scénarios agro-économiques (Blazy *et al.*, 2012). Ce modèle statique déterministe comprend une base de données géographiques et différents modules permettant de traduire mathématiquement un ensemble de règles d'éligibilité. Ces règles ont été établies d'une part suite à une analyse préalable de l'usage actuel des sols sur la commune et d'autre part grâce à des entrevues auprès des différents acteurs du secteur agricole dans la zone étudiée. Les paramètres d'éligibilité retenus sont relatifs aux caractéristiques des parcelles (usages, contraintes pédoclimatiques et topographiques, tenure foncière), à la rentabilité des spéculations en présence (marge à l'hectare), au prix d'achat de la canne fibre (€/tonne), à la productivité surfacique (rendement agronomique en tonnes/hectare/an) et à l'existence de politiques économiques de soutien aux différentes filières.

2. Dimensionnement de l'outil industriel et fixation du prix de l'électricité

Le dimensionnement de l'outil industriel se fait sur la base d'une surface disponible. La connaissance de la surface disponible permet de fixer la capacité de traitement de l'outil industriel, pour une fourchette de rendement en canne fibre.

L'électricité provenant d'énergie renouvelable comme la biomasse, est vendue dans le cadre d'un marché négocié, intégrant une part dite « prime fixe », calculée de manière à couvrir les moyens de production (immobilisations et main-d'œuvre notamment) et une part dite « prime variable » calculée de manière à couvrir les coûts d'achat de la biomasse et de tout autre combustible. Le prix de l'électricité est donc calculé et dépend du prix d'achat de la matière première.

Un outil a été mis au point afin de calculer le prix de l'électricité (Figure 2) en estimant (i) d'une part le montant des primes fixes en fonction du coût lié aux moyens de production et d'autre part (ii) le montant de la prime variable en fonction d'un prix d'achat de la matière première. L'outil est paramétré en intégrant un coût d'opportunité du capital pour l'industriel, dans le cout de revient Mwh. Il s'agit du taux de rémunération du capital investi fixé réglementairement à 11% (selon l'arrêté ministériel du 23 mars 2006). Pour la partie agricole qui engage également du capital, notamment le foncier, le coût d'opportunité de ce capital est pris en compte dans la fixation du prix de la canne biomasse.

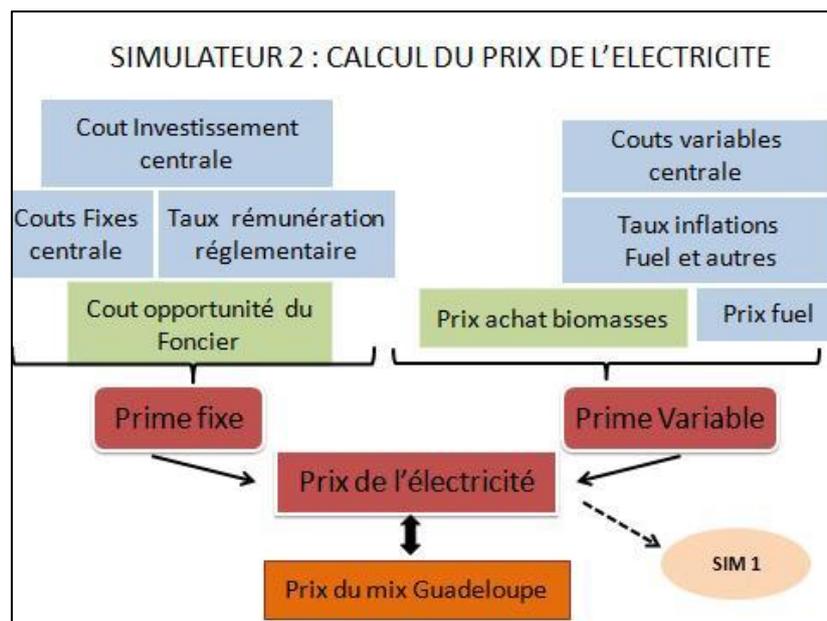


Figure 2. Fonctionnement du simulateur permettant le calcul du prix de l'électricité

3. Evaluation de la rentabilité économique de la filière

La rentabilité de la filière dépend de nombreux facteurs, notamment du gisement disponible (surfaces, rendements), du prix de l'électricité, du dimensionnement de l'unité de production industrielle et de ses caractéristiques techniques (rendement de conversion...) et de la qualité de la matière première (PCI, taux d'humidité).

Un outil (Figure 3) a été mis au point afin d'évaluer (i) les postes de coûts (les coûts d'investissements, les coûts de production de la matière première, coût de transformation, cout de transport) et (ii) la valeur ajoutée et sa distribution à l'échelle de la filière, les taux de rentabilité interne du projet.

Les comptes de production et d'exploitation ainsi que les comptes de trésorerie avant financement et après financement sont également effectuées à l'échelle de la filière. Les calculs sont faits sur une période de 25 ans, qui correspond à la durée d'amortissement de l'outil industriel.

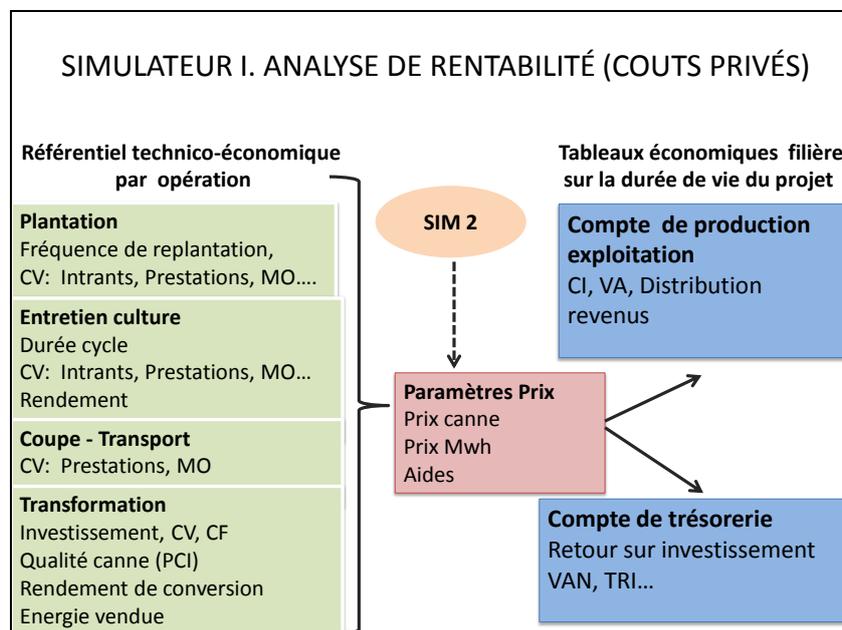


Figure 3. Modalités d'analyse de la rentabilité de la filière

4. Bilan environnemental et Analyse du Cycle de vie (ACV)

Les étapes de l'ACV sont définies dans le cadre de la norme ISO 14040. Tout d'abord, pour permettre la comparaison de différents scénarios, une unité fonctionnelle commune est choisie. Dans le cas présent, le bilan environnemental de la filière est présenté par produit kWh électrique.

Une deuxième étape de l'ACV consiste à établir un inventaire en quantifiant l'ensemble des ressources consommées et des polluants émis sur chacune des phases du système de production étudié :

- la phase de culture et de production des cannes, définie par un gisement potentiel, un rendement variétal et un itinéraire technique (choix variétal, durée de production, quantité d'intrants, choix du matériel agricole,...),
- la phase de transport, tenant compte du mode de transport utilisé, de la quantité de canne à transporter et d'une distance moyenne à la parcelle,

- la phase de transformation industrielle de la biomasse en électricité, basée sur le rendement de conversion électrique et le dimensionnement de l'unité industrielle (durée de fonctionnement annuel, matériau d'infrastructure).

Enfin, la méthode Recipe MidPoint (Goedkoop, 2009) a été choisie pour faire correspondre à chacun des éléments de l'inventaire des indicateurs d'impacts environnementaux. Parmi l'ensemble des indicateurs fournis par cette méthode (acidification, eutrophisation, toxicité, occupation du territoire ...), deux apparaissent comme particulièrement intéressants et robustes pour évaluer la durabilité d'un système dédié à la production d'énergie renouvelable. Il s'agit du potentiel de changement climatique (bilan de gaz à effet de serre, en kg eq. CO₂) et de la consommation en ressources fossiles (kWh énergie Primaire consommée / kWh électrique produit). L'énergie consommée doit être inférieure à celle produite pour que le système soit durable, ce rapport doit idéalement être inférieur à 1.

Un outil REBECCA-ACV. v1 a été mis au point en se basant sur la méthodologie ACV afin d'effectuer le bilan environnemental de la filière (Merle 2012). Il permet de calculer la contribution de chacun des postes par type d'impact et de tester l'impact des différentes modalités d'itinéraire technique et de choix technologique. L'interprétation des résultats peut se faire soit en mesurant l'impact absolu du kWh (approche dite « attributionnelle »), soit en mesurant l'économie réalisée relativement au kWh qui serait produit si la filière canne combustion n'existait pas (approche dite « conséquentielle »). Par exemple, il est ainsi possible de révéler une tendance en quantifiant, par substitution au mix électrique actuel en Guadeloupe, le gain annuel en tonne équivalent CO₂.

La rentabilité environnementale de la filière dépend de nombreux paramètres et l'interprétation des résultats doit tenir compte du grand nombre d'hypothèses effectuées en amont et détaillées dans le rapport Guide de l'outil REBECCA-ACV (Merle, 2012).

Premiers résultats sur deux scénarios hypothétiques

Les outils et la démarche ont été testés sur la zone de Capesterre en Guadeloupe.

1. Taille du gisement disponible

L'outil Gizkan permet de définir, pour différents niveaux de rendement de biomasse et pour différents prix d'achat de la canne, les quantités de biomasse qui seraient disponibles sur la zone. La courbe d'offre inverse ci-dessous (Figure 4) a été obtenue en se basant sur la structure de coûts et les pratiques actuellement en vigueur pour la canne à sucre en matière de contraintes topographiques et pédoclimatiques pour la mécanisation.

Cette courbe permet pour des niveaux de rendement et de prix d'achat de la canne fibre d'obtenir le gisement en matière première. Inversement, on peut définir le prix d'achat minimum nécessaire pour produire une certaine quantité de biomasse.

Chaque marche de la courbe d'offre correspond en ordonnée au prix de substitution de la culture de la canne fibre à la culture actuellement implantée. Ce prix est donc le prix d'équilibre pour lequel la marge de la canne fibre devient supérieure à celle de la culture en place. A titre d'illustration, pour la courbe de rendement 150 tonnes/ha/an, 28€/t est le prix de substitution de la canne fibre avec la jachère (ou cout de revient), 40€/t avec les prairies, 48€/t avec la canne à sucre, et 52€/t avec la banane export. En abscisse, et selon l'unité utilisée, la longueur de chacune des marches représente le nombre d'hectares ou son équivalent en tonnes de canne fibre.

Enfin, on constate qu'une augmentation du rendement de la canne fibre entraîne mécaniquement un accroissement de la quantité de canne fibre disponible pour un prix

d'équilibre donné. Pour une quantité de canne fibre fixée, 50 000 tonnes par exemple, on voit que le prix d'équilibre peut varier de 42 à 65 €/tonne. Pour 100 000 tonnes, le prix peut varier de 42 à 70 €/tonne.

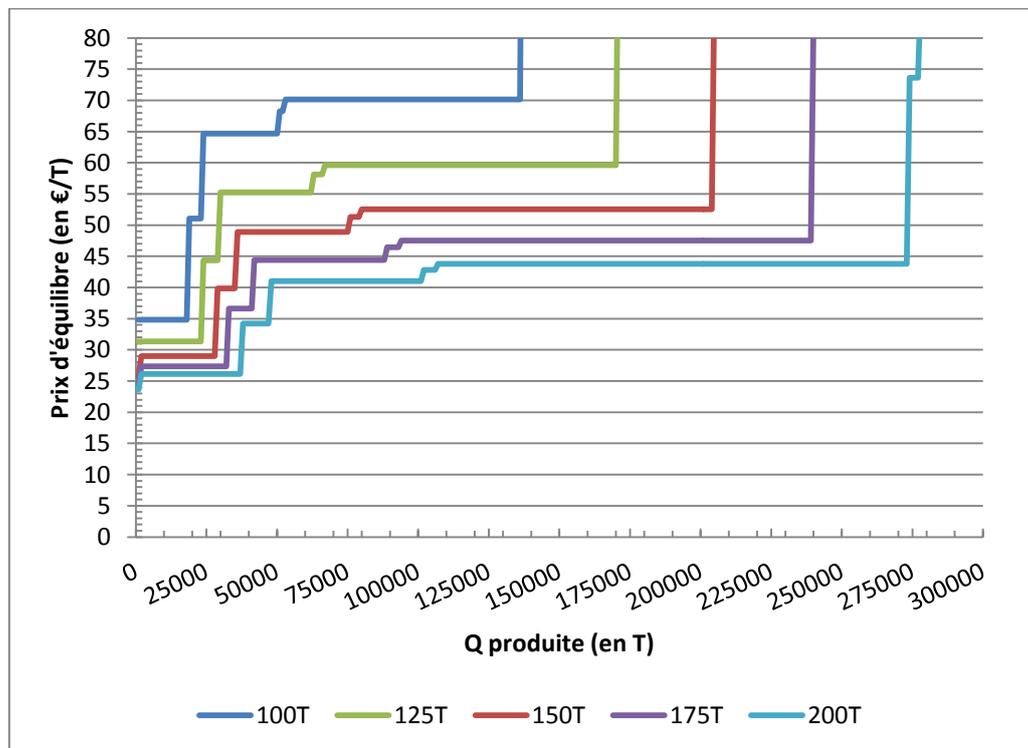


Figure 4. Courbe d'offre inverse de la canne fibre pour différents niveaux de rendement de la canne fibre.

2. Détermination de deux scénarios

Nous avons testé les outils sur deux scénarios, basés sur les hypothèses suivantes.

L'unité industrielle est alimentée par un gisement de canne-fibre, par un complément en fuel fixé à 15% et par un gisement de biomasse complémentaire d'origine diverse : paille de canne restée au champ, bois d'élagage, ou résidus de bananiers. Ces autres sources de biomasse permettent de diversifier les apports et d'accéder, à priori, à des sources de biomasse à moindre coût. Elles constituent un complément quantitatif à la ressource principale, la canne combustible.

Pour la canne-fibre, le rendement moyen de la biomasse fraîche totale a été fixé à 165t/ha/an et le taux de matière sèche de la canne est fixé à 31.5%. Il s'agit là de valeurs tirées des premiers résultats expérimentaux du programme REBECCA (Chopart 2012, Chopart et Bachelier 2012), auxquels, pour les rendements, un coefficient d'abattement a été affecté pour anticiper une situation de culture en grandes parcelles d'agriculteurs.

Compte tenu des seuils sur la taille du gisement et des rendements, deux scénarios hypothétiques ont été évalués:

- scénario 1 : une filière avec une usine d'une capacité de 5MW alimentée par un gisement de 450 ha. Cette première filière est très localisée, pour réduire les coûts de transports.
- scénario 2 : une filière avec une usine d'une capacité de 10MW, alimentée par 950 ha.

Pour la biomasse complémentaire, les recherches actuelles ne permettent pas de définir clairement la disponibilité en terme de quantité ou de qualité, ni le prix d'achat qui serait attractif pour les offreurs. Pour chacun des scénarios, nous avons fait l'hypothèse que la biomasse complémentaire représente de l'ordre de 35% des apports en matière sèche. Cette biomasse additionnelle, issue de résidus de culture ou de bois d'élagage serait achetée moins cher que la canne. Dans cette simulation, le prix d'achat de la biomasse additionnelle est fixé, arbitrairement, à 30 euros/t, tandis que celui de la canne fibre varie entre 43 et 50 euros/t. Une inflation de 2% a été prise en compte.

Le PCI (pouvoir calorifique inférieur) de la biomasse (quelle qu'elle soit) à 55 % d'humidité (permettant la combustion) est de l'ordre de 1,7 MW.h/tonne.

Le prix du fuel a été fixé à 550 euros/T. Une inflation de 5% est prise en compte.

3. Fonctionnement de l'unité industrielle

Les unités de production fonctionnent 7j/7 et 24h/24, 45 semaines par an (soit 7 500 h). L'énergie qui doit être produite sur l'année est 37 500 MWh/an pour une unité de 5 MW et de 75 000 Mwh /an pour une unité de 10 MW. Le rendement de conversion de l'unité de production dépend du taux d'humidité de la biomasse. Il est généralement compris entre 18% et 22%, et a été fixé dans ces simulations à 20%.

L'investissement dans l'unité de 5MW a été estimé à 35 millions d'euros et à 50 millions d'euros pour l'unité de 10MW. On note l'importance de l'économie d'échelle liée à l'amortissement de l'usine puisqu'une unité plus puissante permettant de doubler la production, représente un coût supplémentaire d'investissement de 40%. Les charges comprennent les charges fixes liées principalement à la masse salariale, des charges liées l'entretien, aux assurances, taxes et impôts, et les charges variables liées à l'achat de la matière première.

4. Evaluation économique et environnementale de 2 scénarios contrastés

4.1 Evaluation économique

Les résultats des calculs effectués avec les outils présentés et en utilisant les variables d'entrée contenues dans les scénarios, ont abouti aux résultats décrits dans le tableau 1.

Tableau 1. Résultats économiques pour les 2 scénarios

Données d'entrée			Indicateurs économiques			
Scénario	Puissance	Prix canne fibre	Taux de rentabilité interne (TRI)	Valeur ajoutée nette (VAN)	Délai de retour sur investissement	Prix électricité cible pour atteindre le TRI cible
N°	MW	Euros/t	%	%	An	Euro/MWh
1	5	43 - 50	9-11	8 - 14	8 - 10	270 -310
2	10	43 - 50	12-14	11 - 15	6 - 8	220 -280

Scénario 1 : Afin que la nouvelle filière soit rentable, le prix électricité doit être compris entre 270 et 310 euros/KWh, ce qui ne permet pas d'atteindre un prix de l'électricité acceptable pour EDF aux conditions de négociations actuelles du prix de l'électricité qui se situent entre 220 et 240 €/Mwh. Toutefois, ce prix deviendrait inférieur à celui du mix Guadeloupe après une douzaine d'année, dans un scénario où le prix du fuel progresserait plus vite que celui de la biomasse. Le projet 5 MWh pourrait être un projet rentable sous ces conditions, mais avec

un prix de l'électricité négocié au plus fort et une grande quantité de biomasse additionnelle achetée peu chère.

Scénario 2 : La rentabilité de l'outil industriel est atteinte pour un prix de l'électricité entre 225 et 285 euros/T. Toutefois, ce prix deviendrait inférieur à celui du mix Guadeloupe après une huitaine d'année, dans un scénario où le prix du fuel progresserait plus vite que celui de la biomasse. Le taux de rentabilité interne du projet (TRI avant investissement), le retour sur investissement et la valeur ajoutée nette (VAN) sont meilleures que dans le scénario 1. Plus généralement, le projet de 10 MWh semble être un projet rentable, compte tenu des hypothèses fixées.

Quelque soit les scénarios étudiés, les autres sources de biomasse achetée à bas prix sont essentiels pour assurer la rentabilité le projet (Lejars et Fusillier, 2012). Elles seraient également utiles pendant d'éventuelles périodes où l'approvisionnement en canne à sucre serait impossible ou difficile.

4.2 Evaluation environnementale

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2. Résultats environnementaux obtenus avec l'outil REBECCA-ACV pour 2 scénarios

N°	Puissance MW	Prod. électricité biomasse GWh/an	Energie primaire	Energie primaire	Energie primaire nette évitée GWh	Changemen t climatique g eq. CO2 / kWh elec. produit	Consommation d'énergie (pour tous les processus considérés pour produire 1 kWh)	
			consommée dans la filière de référence 2.66 kWh/kWh produit =2.66*37.8 =100 MWh/an	consommée dans la filière biomasse GWh/an =0.72*37.8 = 27.2 GWh/an			kWh primaire Produit	kWh elec. Produit
1	5	37.8			73	202,6		0,72
2	10	75.6			146	203,8		0,73

Sur la base des hypothèses posées pour les deux scénarios :

- le scénario 1 permettrait d'économiser environ 19185 t équivalent CO2 par an et 73GWh d'énergie primaire (fossile), comparativement au mix électrique Guadeloupe (Il a été considéré que les énergies composant le mix électrique tendraient à se développer toutes proportions gardées) ;
- les économies réalisées pour le scénario 2 seraient d'environ 38275 t équivalent CO2 et 146 GWh tous les ans.

Notons que les différences entre les deux scénarios sont faibles (Tableau 2) malgré le fait que les distances parcourues pour assurer l'approvisionnement de la centrale 10 MW sont supérieures à celles nécessaires pour assurer le transport dans le scénario 5MWh.

Ainsi, sur la base des hypothèses posées en amont, les résultats montrent que chacun des deux scénarios présente un intérêt environnemental.

5. Sensibilité à différents paramètres

Les résultats obtenus sont sensibles à plusieurs paramètres.

Tout d'abord le rendement impacte directement la biomasse disponible et tous les critères de rentabilité. Pour l'instant, les scénarios testés prennent un rendement fixe, mais il est possible, grâce aux outils disponibles, de multiplier les scénarios pour obtenir des fourchettes de résultats en fonction des rendements.

Le rendement de conversion électrique, calculé en fonction du taux d'humidité de la biomasse est également un facteur clé de la rentabilité économique et environnementale du système. Les valeurs moyennes et la gamme de variation du taux d'humidité sont, comme le rendement, en cours d'étude.

Enfin, la quantité de fuel apportée et son taux d'inflation influent fortement sur la rentabilité de la filière, particulièrement sur le long terme compte tenu de son inflation. En diminuant les taux d'apport en fuel à 10% au lieu de 15 % et en les remplaçant par de la biomasse résiduelle, le prix de l'électricité nécessaire pour assurer la rentabilité du projet industriel baisse en moyenne de 5% en première année, et de 18% en fin de projet. Il est important de bien dimensionner la taille de l'unité en fonction de la taille du gisement et surtout d'assurer les apports en biomasse, que ce soit en canne fibre ou en biomasse résiduelle.

Concernant le bilan environnemental, cette diminution de 5% de la part de fuel aboutirait à une diminution de 15,5% sur l'indicateur de changement climatique et de 18% sur l'indicateur de consommation d'énergie primaire (figure 5). La différence de variation observée s'explique par le fait que l'indicateur de réchauffement climatique est moins corrélé à l'énergie que l'indicateur énergétique, du fait qu'une part des émissions de GES se fait au champ par l'émission de « gaz agricoles », comme le protoxyde d'azote notamment. En effet, la ventilation par poste de ces émissions est de l'ordre de, pour le scénario 1, de 16% pour la partie agricole; 1% pour le transport et 83% pour l'industrie et pour le scénario 2, de 18.7% pour la partie agricole; 2.3% pour le transport et 79% pour l'industrie.

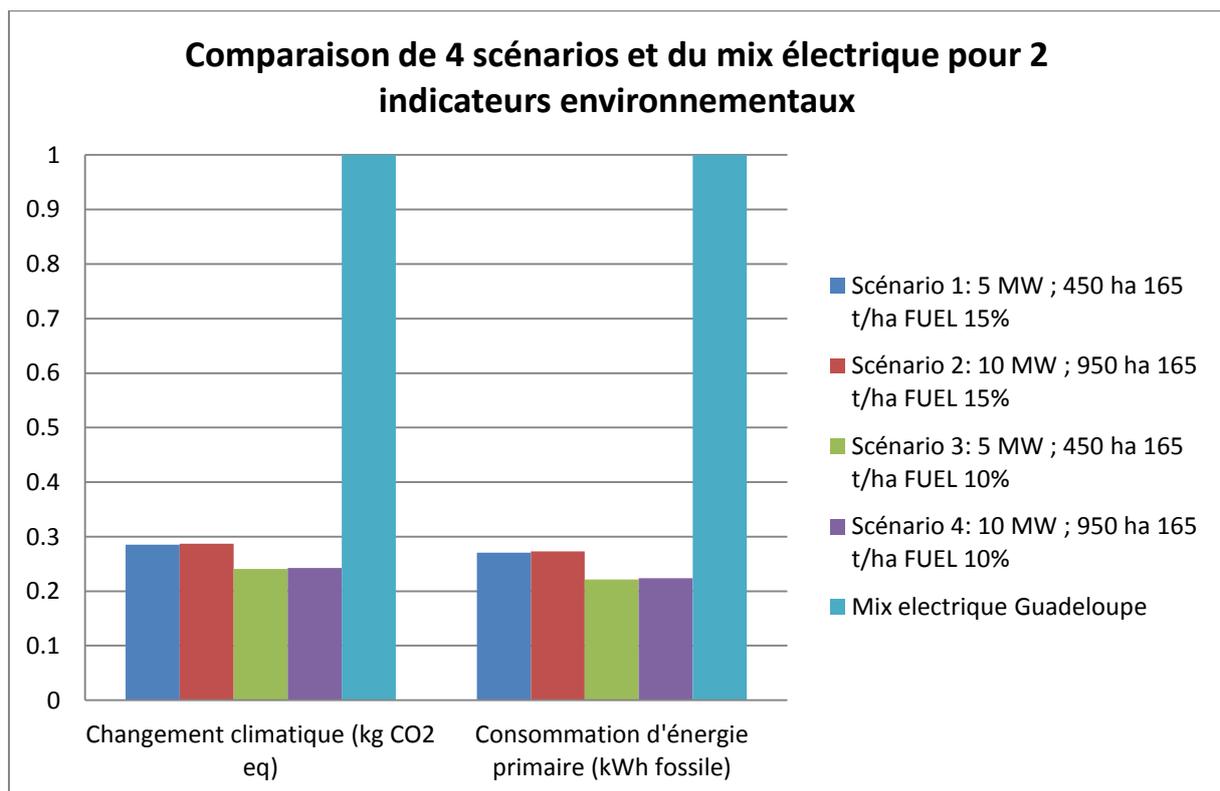


Figure 5. Exemple de résultats relatifs à 4 scénarios et au mix électrique Guadeloupe estimés sur la base de 2 indicateurs de l'ACV. Les scénarios 3 et 4 sont des variantes des scénarios 1 et 2 à 10% de fuel au lieu de 15%.

Les indicateurs sont tous ramenés à la production d'une unité de production d'énergie.

Perspectives et Conclusion

Au delà des quelques résultats provisoires présentés, ce travail a permis de faire converger les thématiques de divers spécialistes vers un même objectif : la définition du degré d'intérêt économique et environnemental d'une filière canne dédiée à la production d'électricité. La démarche, les outils et les résultats présentés sont encore provisoires et en cours de développement.

Les outils sont actuellement indépendants, rendant difficile la multiplication des scénarios et les tests de sensibilités. Leur mise en connexion est prévue. Cela facilitera les tests de scénarios variés et les études de la sensibilité des indicateurs opérationnels aux différents paramètres d'entrée. Ceci permettra d'optimiser le dimensionnement de la future filière, en prenant en compte les indicateurs économiques et environnementaux. Ces outils ont néanmoins déjà permis, une meilleure connaissance du champ des possibles en matière de gisement disponible, de puissance de l'installation électrique et de niveau et conditions de rentabilité. Ils ont également permis de mettre en évidence la forte influence sur la rentabilité économique et le bilan environnemental de plusieurs paramètres : les rendements de canne, les taux d'humidité de la matière première et les rendements de conversion de l'usine, la part de fuel et d'autres sources de biomasse utilisées pour produire l'électricité. Les données agronomiques issues des expérimentations en cours permettront également de compléter et d'affiner les données utilisées dans nos scénarios.

Remerciements

Les auteurs remercient ceux qui, directement ou indirectement, ont permis le financement des travaux présentés (l'Europe à travers le fonds FEDER, la Région Guadeloupe, la DRRT et les autres services de l'Etat Français, le Cirad).

Bibliographie

Blazy, J-M, Causeret, F., Chopin, P., Diman, J-L., Guindé, L., 2012. *"Estimation du gisement agricole potentiel pour une filière de production d'électricité à partir de biomasse issue de cannes fibres à Capesterre-Belle-eau, Guadeloupe"*. Rapport final d'exécution de l'Assistance technique INRA (UR ASTRO) dans le cadre du projet REBECCA, 55 pages.

Chopart J.L. 2012. Résultats du programme REBECCA Phase 1 de septembre 2011 à mars 2012. Volet agro-variétal, modèle d'estimation de la qualité de la biomasse par des mesures SPIR, chlrodécone dans le système sol-plante. Note scientifique n°6 Programme REBECCA Cirad Guadeloupe, 33 p.

Chopart J.L, Bachelier B. 2012. Propriétés et performances comparées de 16 cultivars de Poacées (*Saccharum sp.* et *Erianthus*) en vue d'un usage énergétique. Communication au congrès AFCAS Réunion, septembre 2012. Document provisoire.

Guichard R, 2011, Projet CANN'ELEC ou l'électricité verte en Guadeloupe, Comité sectoriel de concertation ODEADOM, Document Power point, 25p

Goedkoop M., 2009, Recipe Methodology: A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level, first edition, Ruimte en Milieu.

Lejars C, Fusillier JL, 2012, Evaluation de la faisabilité économique d'une filière biomasse dédiée à la production électrique en Guadeloupe -Méthodes et Premiers résultats, Rapport 45p.

Merle T., 2012 Guide de l'outil REBECCA-ACV, note scientifique n° 8 REBECCA CIRAD Guadeloupe 50 p.

Pouzet D, 2011 Production Durable de Biomasse, La lignocellulose des Poacées, 211p, édition Quae

Pouzet D, Lejars C. et Guichard R. 2008, Etude de faisabilité d'une unité pilote de valorisation énergétique de la biomasse cannière en Guadeloupe. 253p, rapport ODEADOM.