

Propriétés et performances comparées de 16 cultivars de Poacées (*Saccharum sp.* et *Erianthus*) en vue d'un usage énergétique.

Chopart Jean-Louis¹, Bachelier Bruno²

Cirad, Unité de recherche Systèmes de culture annuels

¹ Station de Roujol, 97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)

² TA B-102/02, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5 (France)

chopart@cirad.fr, bruno.bachelier@cirad.fr

Résumé

Une étude conduite à la Guadeloupe, dans le cadre du programme REBECCA, vise à établir l'intérêt agronomique, économique, environnemental et industriel d'une production de canne dédiée à un usage énergétique industriel. L'un des objectifs du programme est de disposer de matériel végétal présentant une teneur en eau et un pouvoir calorifique compatibles avec les exigences de rentabilité de l'agriculteur et de l'industriel.

Une première sélection a permis de retenir 10 variétés issues de la collection du Cirad et 6 variétés introduites de Barbade. Ces variétés ont été testées dans trois dispositifs implantés en climat chaud et humide dans le sud de la Guadeloupe, en vierge, avec une pluviométrie relativement élevée. Ces trois dispositifs avaient en témoin commun la variété R579, très bien adaptée à la production sucrière locale. Les mesures faites à 8 et 12 mois étaient principalement la biomasse sèche totale, la teneur en eau et le rendement des tiges usinables, ainsi que le pouvoir calorifique inférieur du matériau sec (PCI), ramené à l'unité de surface (MJ/m²).

Le rendement des tiges usinables du témoin R579 a été excellent, proche de 140 t/ha dès 8 mois et de 200 t/ha à 12 mois. Aucune des 16 variétés testées n'a dépassé ce rendement. Cependant, plusieurs d'entre elles ont été légèrement meilleures que le témoin pour le PCI de la matière sèche totale, l'humidité du végétal et la verse. Les trois meilleures variétés proviennent de Barbade avec des PCI de la matière sèche allant de 80 à 90 MJ/m² à 8 mois et de 120 à 140 MJ/m² à 12 mois. Deux autres variétés, issues de la collection du Cirad, possèdent également des propriétés intéressantes. L'étude doit se poursuivre en première repousse. Ces résultats permettent d'identifier les variétés à étudier de façon plus approfondie et de fournir des informations préliminaires utiles aux économistes, environnementalistes et industriels du programme REBECCA.

Mots clés : canne combustible, sélection variétale, pouvoir calorifique inférieur, Guadeloupe, programme REBECCA.

1 Introduction

Un programme de recherche finalisé (REBECCA, pour REcherche Biomasse-Energie Canne à CApesterre) est mené en Guadeloupe par le Cirad en partenariat avec la société d'ingénierie Cann'Elec Développement et avec l'appui de l'Inra Antilles-Guyane, sur financement européen (FEDER). Ce programme vise à établir l'intérêt agronomique, économique, environnemental et industriel d'une production de canne dédiée à un usage énergétique, sans

extraction préalable du sucre. Il est prévu de produire de l'électricité à partir de la combustion de la biomasse de la canne à sucre (tiges et feuilles) et grâce, dans un premier temps, à une unité de production d'une puissance de 5 MW environ. La surface de culture dédiée à cette production, située en zone bananière sera de quelques centaines d'hectares. Le projet industriel sera donc nettement plus modeste et local que celui d'une usine de production sucrière.

Ce programme est original. Des premiers travaux ont eu lieu il y a plusieurs dizaines d'années (Alexander, 1985) dans un contexte différent. En revanche, il n'y a pas, semble-t-il, de résultats publiés sur la canne à sucre à usage de combustible au début des années 2000. Des travaux récents ont porté sur l'écophysiologie de l'élaboration de la fibre de canne à sucre (Sabatier, 2012), mais ils ne concernent pas la sélection variétale et n'ont pas le caractère finalisé du programme REBECCA. Cette utilisation de la canne à sucre comme combustible, si son intérêt est montré, sera complémentaire à la vocation principale de cette culture.

L'un des objectifs du programme est de sélectionner des variétés ayant une faible teneur en eau et un haut pouvoir calorifique par unité de surface de production, compatibles avec les exigences de rentabilité de l'agriculteur et de l'industriel. La courte durée du programme (deux ans) n'a pas permis de conduire des activités de création variétale. La sélection variétale, basée sur des critères originaux correspondant aux besoins de cette nouvelle filière, a porté sur des cultivars de canne à sucre ou de canne « mixte » (productrices de sucre et de fibre) issus du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) en France et du *West Indies Central Sugar Cane Breeding Station* (WICBS) de Barbade.

L'enjeu de cette étude a été d'identifier, en deux ans, quelques cultivars prometteurs. Ceux-ci seront ensuite testés sur plusieurs sites pour connaître leur comportement en repousse et leur adaptabilité.

2 Matériel et méthodes

2.1 Dispositifs d'étude et conditions expérimentales

Dispositifs non statistiques (2009-2010)

Au sein de la collection du Cirad en Guadeloupe, vingt six cultivars de canne à sucre *Saccharum officinarum*, deux du genre *Erianthus* et un de l'espèce *spontaneum* ont été identifiés en fonction de critères visuels et de leur origine génétique. Ces 29 cultivars ont été introduits en 2009 sur le site d'étude du programme REBECCA dans le sud de la Guadeloupe (latitude : 16°03' N, longitude : 61°34' W, altitude : 100 m). Ils ont été plantés en parcelles d'observation sans répétition, à plusieurs dates. Sur la base des observations effectuées (biomasse sèche), 10 cultivars ont été retenus parmi ces 29 pour étude en dispositifs statistiques.

Parallèlement, le Cirad a importé 6 variétés de canne « mixte » (*multipurpose*) du WICBS de Barbade. Ces variétés ont été mises en quarantaine pendant 2 ans au Cirad à Montpellier avant leur introduction en Guadeloupe début avril 2010. Elles ont été multipliées dans la collection du Cirad pour disposer d'un stock de boutures suffisant pour implanter un essai statistique.

Dispositifs statistiques (2011-2012)

Trois dispositifs expérimentaux, plantés entre début janvier et mai 2011, visaient à évaluer, en première année de plantation, les 10 cultivars issus des dispositifs non statistiques (tableau 1) et les 6 variétés du WICBS. Chaque dispositif comprenait trois répétitions en blocs de Fischer et incluait un témoin commun, la variété R579, performante dans la zone d'étude. Chaque variété testée est établie sur 4 lignes de 6 à 10m). La canne a été cultivée en rangs espacés de 1,6 mètre.

Le premier essai (V3) mettait en comparaison 6 variétés sélectionnées parmi celles bouturables dès décembre 2010. Dans cet essai, la variété R570 a été intégrée comme second témoin. Les 6 variétés issues de Barbade ont été testées dans le deuxième essai (V4) planté en avril 2011. Le troisième essai (V5), planté en mai, a permis la comparaison de 4 cultivars de canne à sucre de la collection du Cirad en Guadeloupe, dont les boutures ont été disponibles plus tardivement.

2.2 Conditions expérimentales

Le climat du site expérimental est de type tropical humide, avec une pluviosité moyenne de 2 500 à 3 000 mm par an. Pendant les deux ans de l'étude, les conditions climatiques ont été représentatives du climat local. La pluviosité pendant la période de culture des essais V3, V4 et V5 a été respectivement de 3 450, 2 900 et 2 940 mm. La température journalière moyenne établie sur l'année a été de 25 C° environ, avec peu de variations au cours de l'année, mais une température un peu plus fraîche entre janvier et mars.

Le sol du site, représentatif de la zone, est de type andosol (MO : 4.5%, pH eau : 5.5, teneur en azote total 2 à 3 mg/kg). La fertilisation a été celle préconisée pour la canne à sucre dans la région au début de l'étude (N, P et K, 88, 88 et 260 kg/ha respectivement), de même que la méthode de lutte contre les mauvaises herbes, principalement chimique.

2.3 Mesures et modélisation

Dans les trois dispositifs, des mesures de biomasse ont été effectuées à l'âge de 8 et de 12 mois sur les 4 parties de la plante destinées à une utilisation comme combustible : tiges usinables, feuilles vertes et feuilles sèches attachées à ces tiges, amarres (sommet des tiges et feuilles attachées). Des mesures ont été faites à 8 et 12 mois pour évaluer les biomasses humides et sèches. Le séchage (à 60°C pendant 48 h puis à 80°C jusqu'à poids constant) a été effectué sur un échantillon représentatif. Après broyage, chaque partie de la plante a été analysée avec la technologie de Spectrométrie Proche Infra-Rouge (SPIR).

Un modèle de prédiction du pouvoir calorifique inférieur (PCI) de la biomasse des variétés étudiées a été élaboré à partir de spectres SPIR et d'environ 200 déterminations de PCI de référence, grâce à un calorimètre, suivant la méthode conventionnelle (ISO 9831, 1998) Les feuilles tombées au sol avant la récolte constituent la seule partie de la plante (en dehors des touffes et des racines) non utilisée comme combustible. Leur biomasse a été évaluée sur les essais V4 et V5 grâce à des filets posés au sol avant la chute des feuilles.

3 Résultats

3.1 Première sélection de 10 cultivars à partir des biomasses sèches des 29 cultivars issus de la collection du Cirad (essai non statistique)

La biomasse sèche totale des 29 cultivars testés a été évaluée à l'âge de 8 mois, en première repousse. Ceci a permis d'identifier et de tester, dans deux essais statistiques (V3 et V5), les 10 cultivars les plus performants, dont les noms et origines figurent dans le tableau 1.

Tableau n°1. Nom et origine des 16 variétés testées en essais statistiques et des 2 témoins. Tous les cultivars sont des cannes à sucre de type commercial, sauf la NG28007, du genre *Erianthus*

Nom essai	Nom variétés	Pays d'origine
V3	F176	Formose
	FR90925	France/Guadeloupe
	VMC86550	Philippines
	WI870603	Barbade
	TC8	Malaisie
	NG28007	Nouvelle-Guinée
V4	WI78402	Barbade
	WI79460	Barbade
	WI79461	Barbade
	WI80542	Barbade
	WI86015	Barbade
	WI81456	Barbade
V5	BBZ92076	Barbade & Belize
	BR62002	Barbade & Rép. Dominicaine
	B79049	Barbade
	FR862027	France/Guadeloupe
Témoins locaux	R579	France/La Réunion
	R570	France/La Réunion

Les 18 cultivars non retenus, dont la biomasse sèche est inférieure de plus de 30%, sont : B90246, B70462, BBZ8283, FR99349, B86643, FR99119, BR710048, PR671070, BNxSES3, B73438, WI830705, WI820778, BJ82156, B880780, B80333, B73438, FR870189, MOENTAL.

3.2 Résultats obtenus sur les 16 variétés testées en essais statistiques

Biomasse

Pour toutes les variétés testées, la biomasse sèche totale s'est accrue notablement entre 8 et 12 mois (figures 1, 2, 3). Pour certaines, il y a eu une légère accélération entre 8 et 12 mois. Mais la récolte de la canne combustible devra s'échelonner sur presque toute l'année et l'agriculteur devra très probablement la couper en partie avant 12 mois. Les variétés retenues devront être performantes entre 8 et 12 mois. C'est pourquoi l'évolution de la biomasse entre 8 et 12 mois n'a pas été analysée en détail. Seules les moyennes des résultats obtenus sur les mêmes parcelles à 8 et à 12 mois sont présentées.

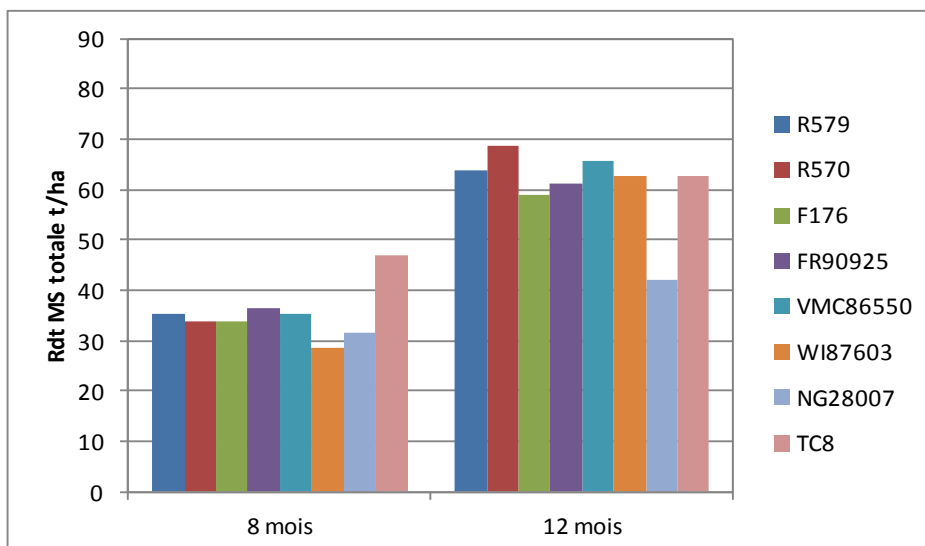


Figure 1. Essai V3 : Biomasses sèches totales (t/ha) des cannes à sucre âgées de 8 et de 12 mois.

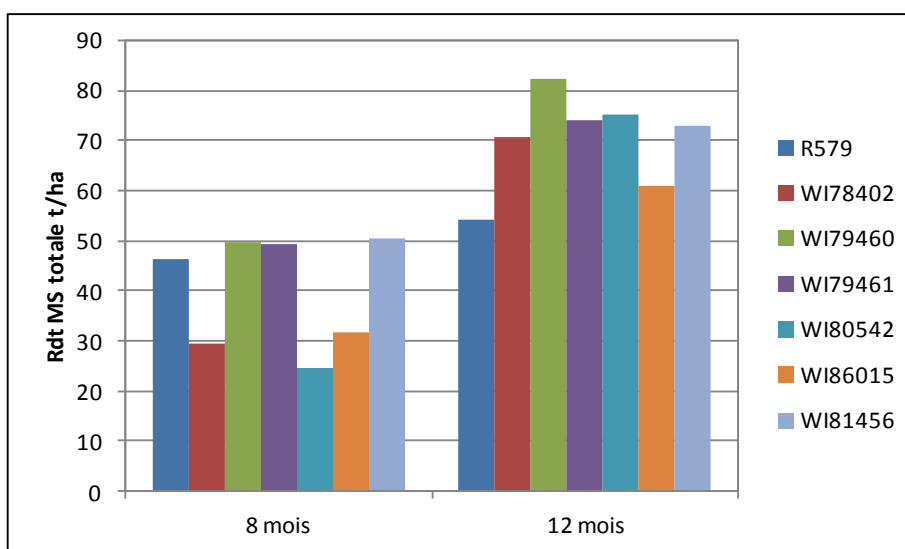


Figure 2. Essai V4 : Biomasses sèches totales (t/ha) des cannes à sucres âgées de 8 et de 12 mois.

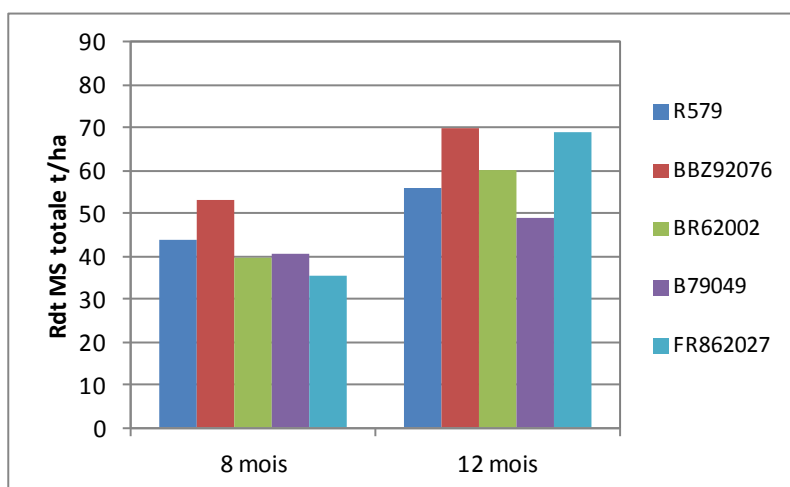


Figure 3. Essai V5 : Biomasses sèches totales (t/ha) des cannes à sucres âgées de 8 et de 12 mois.

Le rendement des tiges usinables du témoin R579 a été excellent dans chaque essai, proche de 140 t/ha dès 8 mois et de 200 t/ha à 12 mois. Aucune des 16 variétés testées ne dépasse ce rendement en tiges usinables. R579 est très bien adaptée à la production sucrière locale. Les tiges usinables constituent la plus grande partie de la biomasse totale. Il est donc logique que le rendement en biomasse sèche de cette variété reste élevé. Toutefois, plusieurs variétés ont des biomasses totales sèches supérieures (tableau 2). Il est, toutefois, intéressant de noter un rendement très inférieur de la NG 28007.

Tableau 2. Biomasses sèches sur des cannes âgées de 8 et 12 mois sur les essais V3, V4 et V5. Les variétés R579 et R570 sont les témoins locaux. Les chiffres d'un même essai suivis d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différents suivant le test de Newman-Keuls au seuil de 0.05

Essai	Variété	Rendements en tonnes/ha de matière sèche				
		Tiges	Amarres	F. vertes	F. sèches	Total
V3	R579	36a	6,1a	3,0a	4,3a	50a
	R570	35a	5,8a	3,2a	7,2a	51a
	F176	34ab	5,0a	2,6a	5,1a	46a
	FR90925	32ab	7,2a	3,6a	6,2a	49a
	VMC86550	36a	5,0a	3,1a	6,3a	50a
	WI870603	31ab	7,2a	2,6a	5,1a	46a
	NG28007	21b	7,8a	3,2a	5,2a	37a
	TC8	38a	6,4a	2,7a	7,4a	55a
V4	R579	36a	6,2a	2,7a	4,9b	50a
	WI78402	31a	7,1a	2,9a	9,4ab	50a
	WI79460	43a	8,7a	3,0a	10,5a	66a
	WI79461	43a	7,5a	2,0a	9,3ab	62a
	WI80542	35a	5,0a	2,2a	8,3ab	50a
	WI86015	32a	6,8a	2,1a	6,1ab	47a
	WI81456	43a	7,8a	2,6a	7,8ab	61a
V5	R579	37.1a	5,3b	2,8b	4,7b	50a
	BBZ92076	39.8a	9,0ab	3,1b	9,7a	62a
	BR62002	34.2a	6,5b	4,4a	4,6b	50a
	B79049	30.6a	5,8b	2,3b	6,0b	45a
	FR862027	28.4a	10,4a	3,4ab	10,1a	52a

Humidité et pouvoir calorifique par organe (kJ/g) et par unité de surface cultivée (MJ/m²)

Le taux de matière sèche des tiges et des feuilles vertes est un critère de sélection important en particulier pour la combustion. Les variétés testées, en particulier les WI, ont souvent une humidité inférieure à celle du témoin (tableau 3). Mais le premier critère de sélection est le pouvoir calorifique de la biomasse : pouvoirs calorifiques inférieur (PCI) et supérieur (PCS). Les PCI et PCS sont très liés, seuls les premiers sont présentés ici. Les PCI ont été mesurés sur 4 types de parties aériennes, 18 variétés et 2 stades de végétation. Le PCI de ce jeu de 144 données, exprimé par poids de matière sèche, fluctue faiblement, avec des valeurs moyenne, minimale et maximale respectivement de 16,6, 15,9 et 17,0 kJ/g et un écart-type de 0,2 kJ/g. Pour sélectionner les meilleures variétés à usage de combustible, le critère le plus utile est le pouvoir calorifique exprimé en Mégajoules produit par unité de surface cultivée (MJ/m²), (tableau 3).

Les résultats sont aussi exprimés en écart par rapport au témoin R579 (figure 3). Du fait de la faible variabilité du PCI par unité de biomasse sèche, le classement des variétés selon leur PCI par unité de surface cultivée est proche de celui obtenu à partir des rendements de biomasse sèche en t/ha. Le rendement du témoin étant élevé, seules deux variétés issues de la collection du Cirad montrent un PCI supérieur à celui du témoin : TC8 et BBZ92076 (tableau 3, figure 4). Trois variétés importées de Barbade, WI79 460, WI79461 et WI81456, ont un PCI/m² supérieur d'environ 25 % à celui du témoin.

Tableau n° 3. Taux de matière sèche des différentes structures de la canne et pouvoir calorifique inférieur de la plante entière sèche par mètre carré de surface. Les chiffres d'un même essai suivis d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différents suivant le test de Newman-Keuls au seuil de 0.05.

Essai	Variété	% de matière sèche			PCI MJ/m ²
		Tiges	Amarres	F. vertes	Plante entière
V3	R579	21bc	20b	26a	82,0a
	R570	20c	20b	25a	85,2a
	F176	24b	18b	26a	76,9a
	FR90925	22bc	23ab	28a	81,0a
	VMC86550	24b	23ab	29a	83,6a
	WI870603	27a	25a	28a	76,5a
	NG28007	24b	20b	28a	61,5a
	TC8	24b	20b	26a	91,9a
V4	R579	26ab	21ab	26a	82,5a
	WI78402	25ab	22ab	28a	83,2a
	WI79460	30a	24a	30a	110,3a
	WI79461	28bc	23ab	29a	103,3a
	WI80542	25a	20a	28a	83,5a
	WI86015	29bc	25b	31a	78,2a
	WI81456	29bc	23ab	32a	103,9a
V5	R579	25b	21a	28b	82,3a
	BBZ92076	30a	24a	30b	103,1a
	BR62002	25b	21a	27b	82,0a
	B79049	27ab	23a	28b	74,2a
	FR862027	28a	23a	32a	87,3a

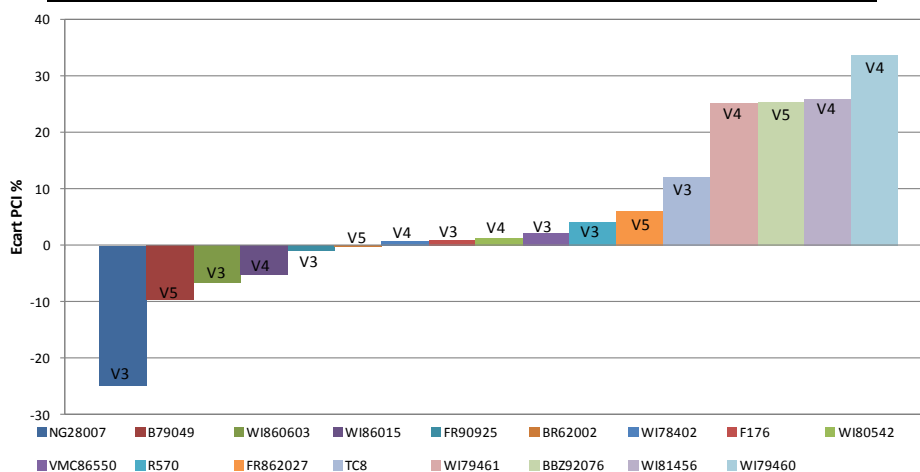


Figure 4. Ecart des valeurs de pouvoir calorifique inférieur (PCI) par unité de surface de culture en % par rapport au PCI du témoin (R579) présent dans chaque essai. Moyennes des résultats obtenus à 8 et 12 mois. Les PCI des témoins sur les essais V3, V4 et V5 sont respectivement : 81,9, 82,5 et 82,3 MJ/m².

Le PCI de la matière sèche totale des meilleures variétés de V4 se situe entre 85 et 90 MJ/m² à 8 mois et entre 120 et 140 MJ/m² à 12 mois. La variété du genre *Erianthus* (NG28007) a eu des performances nettement inférieures.

Autres critères de sélection et synthèse des résultats

En plus des critères ci-dessus, d'autres critères présentent un intérêt dans le cadre de ce programme :

- la sensibilité des variétés à la verse : une sensibilité à la verse des variétés poussant dans un sol souvent très humide est une contrainte ;
- la biomasse de feuilles tombées sur le sol au cours de la culture : cette biomasse sera la seule restitution organique au sol. Elle a été mesurée à la récolte sur deux des trois essais ;
- la floraison : elle a une influence sur le fonctionnement de la plante, mais c'est ici une information plus qu'un critère de sélection.

Les résultats, en année de plantation, des cinq variétés les plus prometteuses, d'après leur PCI/m², sont dans le tableau 4. Quatre autres variétés ont eu des PCI/m² légèrement inférieurs, mais étaient parmi les meilleures d'après au moins un des autres critères de sélection, en particulier leur humidité à la récolte et leur verse. Une verse importante été observée sur l'essai V5, due à une forte pluie; les variétés FR862027 et WI860603 ont cependant très bien résisté. Le fort épailage naturel de R579 a été confirmé localement. La variété WI79461 a aussi cette propriété.

Tableau n° 4. Propriétés et performances des 9 meilleures variétés en année de plantation, entre 8 et 12 mois, suivant plusieurs critères de sélection.

Essai	Variétés	Principaux critères de sélection (moyenne 8-12 mois)		Critères de sélection secondaires (à la récolte)		Information complémentaire
		PCI/surface (MJ/m ²)	% matière sèche tiges	Verse (de 0 aucune à 3 forte)	Poids sec de feuilles tombées (g/m ²)	Floraison (notée 0 à 3)
V3	R 579	82,0	21	1,6		0,0
	TC8	91,9	25	1,8	Non	3,0
	WI 860603	76,5	32	0,7	déterminé	0,0
	VMC86550	83,5	28	1,1		2,7
V4	R579	82,5	26	1,7	216	0,0
	WI79460	110,3	30	1,0	141	2,3
	WI79 461	103,3	28	1,5	200	2,7
	WI 79456	103,9	29	1,0	66	0,7
V5	R579	82,3	25	3,0	103	0,0
	BBZ 92076	103,1	30	2,0	61	0,0
	FR 862027	87,3	28	0,0	50	3,0
	BR62002	82,0	25	3,0	87	0,0

4 Discussion conclusion

A partir de 35 cultivars de canne appartenant aux genres *Saccharum*, *Erianthus* et l'espèce *Spontaneum*, 16 ont été retenus pour comparaison en dispositifs statistiques face à la variété témoin R579, particulièrement productive dans les conditions locales.

Les résultats obtenus montrent que le pouvoir calorifique, exprimé par unité de biomasse, varie très peu en fonction des variétés et, pour une variété donnée, en fonction de la partie de la

plante considérée. La biomasse sèche totale de la plante et son taux d'humidité déterminent donc largement le pouvoir calorifique de la biomasse des variétés testées. Malgré un rendement élevé du témoin R579, quelques variétés ont été supérieures sur ces critères. En deux ans, 9 variétés intéressantes pour un usage comme combustible ont été identifiées, en année de plantation. Leurs principales performances et propriétés ont été caractérisées. Cinq variétés sont particulièrement prometteuses, dont trois en provenance du WICSBS de Barbade (WI79460, WI79461, WI79456).

Les résultats, obtenus en année de plantation, doivent être complétés en repousse. Mais ils ont déjà permis de choisir les variétés à tester en essais multi-locaux et de fournir des premières informations utiles aux études des économistes, environnementalistes et industriels du programme REBECCA.

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). Mais l'argent ne serait rien sans l'engagement des hommes. Les collègues qui ont œuvré avec efficacité sur le terrain au laboratoire et devant l'ordinateur, pour implanter et faire parler le dispositif expérimental, méritent d'être chaleureusement remerciés pour leur travail. Merci à Frantz Imanbakas, ingénieur agricole, Patrice Jacquet et Bernard Marseille, techniciens agricoles, Géraud de St Seine et Pauline Marie, dynamiques stagiaires.

Bibliographie

Alexander, A.G., (1985). The energy cane alternative. Sugar series 6, Elsevier Ed., New York, 508 p.

ISO 9831, (1998). Aliments des animaux, produits d'origine animale et excréments ou urines. Détermination de la valeur calorifique brute. Méthode à la bombe calorimétrique. 23 pp.

Sabatier, D., (2012). Influence des facteurs agro-climatiques sur les modalités d'allocation de la biomasse produite aux différentes composantes lignocellulosiques des structures de la canne à sucre. Thèse AgroParisTech UMR Environnement et grandes cultures, 229 p.