



Programme REBECCA

Estimation de la biomasse à laisser au sol en culture de canne combustible dans le Sud de la Guadeloupe.

Jean-Louis Chopart et Guillaume Sergent

Janvier 2015

Programme REBECCA2 WP1 - Note Scientifique n°2

Plan

1 Introduction

2 Matériel et méthodes

- 21 Dispositif expérimental
- 22 Estimation de la biomasse des parties récoltables de la plante (tiges et feuilles attachées aux tiges)
- 23 Estimation de la biomasse des feuilles tombées au sol
- 24 Estimation de la biomasse des tiges non récoltées et des racines

3 Résultats et discussion

- 31 Biomasse des différentes parties de la plante récoltables à 12 mois, dont les amarres
- 32 Biomasses non récoltées
- 33 Synthèse. Biomasses totales (parties aériennes et souterraines) de deux variétés de canne fibre et d'une variété de canne à sucre

4 Conclusion

5 Perspectives

1 Introduction

Un programme de recherche en cours (REBECCA : REcherche Biomasse Energie Canne à CApesterre) vise à définir la possibilité de produire de l'électricité à partir d'une biomasse issue de la canne à sucre cultivée à cet effet dans le Sud de Basse-Terre en Guadeloupe. Cette production doit être durable et rentable pour les agriculteurs et pour les producteurs d'électricité. Les tiges usinables, les feuilles vertes et les feuilles mortes attachées à la plante lors de la coupe constituent la biomasse combustible principale. Les bas des tiges aériennes, en dessous de la barre de coupe, la partie souterraine des tiges, les racines, les feuilles tombées au sol en cours de cycle ne sont pas utilisées et restent au champ. Les parties sommitales des tiges peuvent être utilisées comme combustible. Mais on peut aussi envisager de les laisser au sol si l'on a besoin de cette biomasse pour assurer le maintien du stock organique du sol. En effet, cette partie de la plante a un taux de matière sèche inférieur aux autres parties (Chopart et Bachelier 2012) et elle est donc moins intéressante pour un usage de combustible.

Dans le programme REBECCA, la biomasse des parties potentiellement combustibles, qui constitue un des paramètres de la rentabilité de la future filière, a été évaluée de façon détaillée dès le début du projet notamment pour identifier les variétés les plus productives. On a également mesuré les biomasses des différentes parties d'une variété témoin sucrière (R579), ce qui a permis des comparaisons entre variétés sucrières et combustibles.

L'objectif de cette étude est d'abord d'estimer les biomasses des différentes parties des cannes combustibles et sucrières restant sur ou dans le sol ou pouvant être laissées sur le sol (parties sommitales). Ces éléments seront la base d'un raisonnement visant à estimer les biomasses à la laisser au sol en culture de canne fibre pour maintenir l'équilibre organique du sol. L'étude ambitionne de contribuer à des décisions opérationnelles pour la gestion durable de la matière organique du sol en système de culture de canne fibre.

2 Matériel et méthodes

21 Dispositif expérimental

L'étude a été menée dans le Sud de la Basse-Terre de Guadeloupe (latitude : 16°03' N, longitude : 61°34' W, altitude 100 m) sur trois dispositifs expérimentaux visant à évaluer les biomasses à usage de combustible de plusieurs variétés de cannes fibres. Deux dispositifs ont été mis en place en 2011. Ils comprenaient trois répétitions, avec un témoin local commun, la variété R579, performante dans la zone d'étude. La canne a été cultivée en rangs espacés de 1.6 mètres. Le premier essai, dit V4, met en comparaison 6 variétés de canne à sucre à forte teneur en fibre dites mixtes (*multipurpose*) issues du West Indies Central Sugar Cane Breeding Station à l'île de la Barbade. Le second essai, dit V5, a mis en comparaison 4 variétés de cannes à sucre à fort développement végétatif issues de la collection du Cirad de Guadeloupe. Le sol est représentatif de la zone, il est de type nitisol (MO : 5%, ph eau : 5,0 environ, teneur en azote total 2 à 3 mg/kg). La fertilisation a été de 800kg d'engrais ternaire NPK 19, 9, 28 appliqué environ un mois après la plantation ou lors du début de la repousse.

22 Estimation de la biomasse des parties récoltables de la plante (tiges et feuilles attachées aux tiges)

La biomasse humide a été mesurée sur 2 lignes centrales de 2 mètres de long (6.4 m²) à l'âge de 12 mois. La canne a été coupée manuellement à une hauteur conventionnelle (environ 10 cm) puis on a séparé la biomasse en 4 parties : (i) tiges considérées comme usinables (avec du sucre), (ii) partie sommitale des tiges (sans sucre) avec les feuilles attachées à cette partie de la tige (nommée amarre), (iii) feuilles vertes, (iv) feuilles mortes. L'humidité de ces quatre parties a été évaluée sur un échantillon représentatif (séchage à 85 °) jusqu'à poids constant, ce qui a permis d'inférer les biomasses sèches.

23 Estimation de la biomasse des feuilles tombées au sol

L'étude a eu lieu en première année de culture sur l'essai V4-V5 (2012) et sur un essai planté en 2013 (V6). Lorsque la canne a eu environ 5 mois, avant toute chute de feuilles, un filet en matière plastique de 1,05x 1,55 m a été posé sur le sol entre deux rangs de cannes espacés de 1.55 m au sol (photo n°1). Les mailles de ce filet, en matière imputrescible, sont d'environ 8 cm x 4 cm permettant un bon contact des feuilles avec le sol et un recueil facile et précis de ces feuilles. Du fait de l'espace occupé par les touffes de cannes, les premiers 20 cm de sol à partir du centre de la touffe ne reçoivent pas de feuilles mortes. Les feuilles tombées naturellement sur les filets ont été prélevées lors de la récolte (12 mois sur V4 et 16 mois sur V6).



Photo n° 1 : Feuilles tombées naturellement au sol sur le filet permettant leur prélèvement, dans une culture âgée de 12 mois.

24 Estimation de la biomasse des tiges non récoltées et des racines

L'estimation des biomasses des tiges non récoltées et des racines a été réalisée sur 2 dispositifs V4-V5 et V6. Sur V4-V5, l'étude a eu lieu en année de plantation (2012) à l'âge de 10 mois sur trois variétés (R579, WI81456, WI86015) et sur les trois répétitions. Des mesures complémentaires ont eu lieu en 2014 sur l'essai V6 en première année de culture.

Le même protocole de mesure a été appliqué dans chacune des parcelles. Une touffe représentative a été échantillonnée, ce qui fait 9 sites de mesures. Des mesures de biomasse sèche ont été faites sur des parties des tiges:

- base des tiges aériennes entre 0 et 10 cm de la surface du sol,
- partie souterraine de la tige, entre la bouture et la surface après séparation des racines.

Une estimation de la biomasse racinaire entre la surface et 30 cm de profondeur a été réalisée, sur les mêmes 9 parcelles, par la méthode des monolithes (Chopart, 1999, Chopart, 2004).

Dans l'interligne, quatre cubes de sol de 15 centimètres de côté ont été prélevés à deux distances du rang de canne, à deux profondeurs (0-15 cm et 15-30 cm) et à deux distances du centre du rang (fig. n°1).

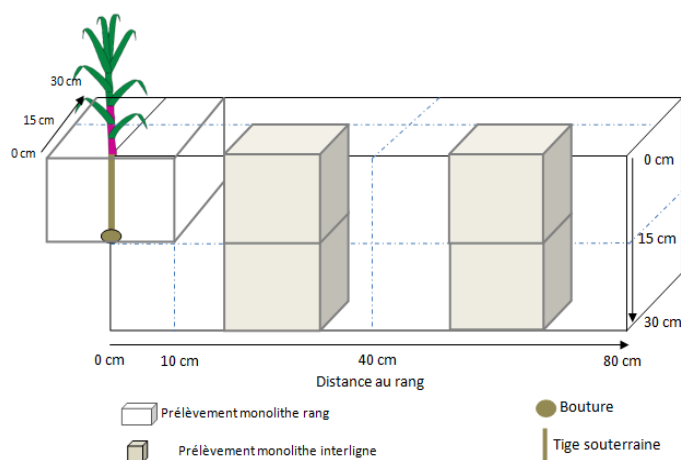


Figure n°1 : Position des monolithes de mesures de densités racinaires par rapport au centre du rang et espaces représentatifs de chaque monolithe

Ces distances sont retenues pour obtenir des résultats représentatifs

- monolithe entre 18 et 33 cm du rang : représentatif de l'interligne entre 10 et 40 cm
- monolithe entre 53 et 68 cm du rang : représentatif de l'interligne entre 40 et 80 cm.

Les racines situées à proximité immédiate du rang de canne, entre 0 et 10 cm de part et d'autre du rang et entre 0 et 15 cm de profondeur ont été prélevées dans le monolithe de 15 cm de profondeur, 20 cm de largeur et d'environ 30 cm de long qui contenait la touffe de canne, puis traitées comme les racines issues des monolithes. Dans l'horizon sous-jacent, entre 15 et 30 cm de profondeur sous le rang de canne, la biomasse racinaire a été considérée comme identique à celle de la distance 18- 33 cm à la même profondeur.

Les racines dépassant du monolithe de sol lors de l'extraction de celui-ci ont été soigneusement sectionnées.

Ces mesures, référencées dans l'espace, ont permis d'obtenir une estimation de la biomasse totale par unité de surface au sol. Pour cela, les résultats bruts obtenus à différentes profondeurs et distances du rang ont été pondérés en fonction de leur volume représentatif (figure n° 1). L'espace couvrant un demi-interligne sur 30 cm de long et 30 cm de profondeur a été considéré comme l'unité volumique de base représentative, prenant en compte les gradients verticaux, transversaux et longitudinaux, sur 30 cm de profondeur. La biomasse racinaire (en t/ha) a été estimée à partir de cet espace représentatif. La biomasse racinaire située en dessous de 30 cm de profondeur n'a pas été évaluée dans cette étude.

3 Résultats et discussion

31 Biomasse des différentes parties de la plante récoltables à 12 mois, dont les amarres

Tableau 1. Biomasse fraîche des tiges usinables et biomasse sèche des différentes parties récoltables de la variété sucrière (R579) et de la moyenne des deux meilleures variétés de canne fibre après 12 mois de culture. Résultats moyens de trois ans (plantation et 2 repousses). Fertilisation : 800kg/ha de 19.9.28

Variétés		R579	Canne fibre
Tiges usinables t/ha		125.8	165.6
Rdt Matière	Tiges	35.3	59.0
sèche t/ha	F. vertes	2.3	2.0
	F. sèches	4.4	11.9
Amarres		5.6	8.7

En considérant les valeurs moyennes sur 3 ans (tableau 1), la matière fraîche des tiges de canne fibre est supérieure à celle de la canne à sucre de 32 %. Les écarts, exprimés en matière sèche, sont supérieurs. C'est le cas en particulier pour la biomasse des feuilles deux fois plus

importante. La biomasse des amarres de la canne fibre est, elle aussi, plus élevée, d'environ 50%. Ces résultats sont liés au plus grand développement végétatif des cannes fibreuses avec, en particulier, plus de tiges et donc plus d'amarres par m².

En conditions de dispositifs expérimentaux, la biomasse des amarres des cannes fibres est d'environ 8.7 t/ha/an alors que celle de la R579 est d'environ 5.6t/ha/an.

Des éléments plus détaillés et plus précis seront fournis dans le cadre d'une note (ou article), à venir, sur les caractéristiques et performances des variétés fibreuses.

32 Biomasses non récoltées

321 Feuilles tombées au sol

Les valeurs des biomasses sèches des feuilles tombées naturellement au sol mesurées en année de plantation dans les essais variétaux (V4-V5 et V6) figurent dans le tableau 2

Tableau n°2: Biomasse sèche (t/ha) des feuilles tombées naturellement au sol avant récolte. Résultats en année de plantation.

	R579	WI79460	WI79461	WI81456	BBZ92076
Essai V4-V5 après 12 mois	1.59	1,41	2,0	0,66	0,61
Essai V6 après 16 mois		0.61	0.69	0.69	0.84

Les essais V4 et V5 plantés en 2011 et récoltés en 2012 ont un témoin R579. La quantité totale de feuilles tombées du témoin R579 est supérieure à celle des autres variétés, sauf la variété WI 79461 (Tableau 3). Ces résultats confirment la chute importante des feuilles mortes de la variété R579 en fin de cycle. C'est une propriété connue de cette variété (eRcane, 2010) et, en culture de canne à sucre, c'est une qualité recherchée. Ces résultats sont en accord avec des mesures de croissance en début de cycle qui ont montré que la variété WI79461 a une forte vigueur à la levée et une croissance rapide.

Dans l'essai V6, récolté en 2014, il n'y avait pas de témoin sucrier. Les biomasses des feuilles tombées au sol des variétés BBZ 92076 et WI81456 sont proches de celles observées en 2012 sur l'essai V4 (tableau 2). En revanche, les biomasses des deux autres variétés sont nettement plus faibles. La forte biomasse de feuilles tombées au sol de la variété WI79461 observée en 2012 ne se retrouve pas en 2014. La baisse observée en 2014 peut s'expliquer par des rendements plus faibles et par une mesure plus tardive (à 16 mois) avec une période très humide entre 12 et 16 mois (juillet octobre) alors que la chute des feuilles a lieu principalement entre 8 et 11 mois.

En condition de dispositif expérimental en Sud Basse-Terre, **la quantité de feuilles mortes tombées au sol en cours de culture est d'environ 1.5 t/ha/an pour la variété R579 et d'environ 0.8 t/ha/an sur les cannes fibreuses.**

322 Biomasse des tiges souterraines et des bases de tiges en 0 et 10 cm

La partie de la tige située sous le sol, issue de la bouture plantée à une profondeur de 15 à 20 cm, a une fonction essentielle en première année de culture, puisque c'est à partir de celle-ci que vont apparaître les racines (après la phase initiale de levée). Ces tiges souterraines issues de la bouture, ne sont produites qu'en première année de culture, ce qui réduit leur contribution à l'apport en biomasse sur la durée d'une culture de canne.

Tableau 3 : Rendement moyen en t/ha des tiges souterraines et des 10 premiers centimètres des tiges aériennes chez 2 variétés de canne, essai V4 12 mois en première année de plantation.

	Tige souterraine	Base tige (0-10cm)
R579	4.0	3,6
WI81456	5,4	5.0

La biomasse des bases des tiges des cannes fibres entre 0 et 10 cm est d'environ 5 t/ha, supérieure à celle du témoin R579 (tableau 3). Cette différence est liée au rendement plus grand des cannes fibre avec en particulier un nombre de tiges/m² nettement plus grand (en 2014 : R579: 8 tiges/m², WI81456 et WI79460 : 16 tiges/m²).

La partie de la tige située au-dessous de la surface du sol et en dessous de la hauteur de coupe de la récolteuse, représente une biomasse non négligeable (tableau 4). En première année de plantation, la partie souterraine des tiges issues des bourgeons des boutures plantées à 15 cm de profondeur environ, est d'environ 4 t/ha pour la variété sucrière et de 5 t/ha pour la canne fibre.

323 Biomasse des racines (0-50 cm)

Les biomasses racinaires ont été évaluées uniquement entre 0 et 30 cm sur un essai et entre 0 et 50 cm sur un autre, ce qui représente une fraction importante mais pas totale de la biomasse totale. La méthodologie utilisée (monolithes prélevés à plusieurs distances de la ligne) est lourde mais, elle seule, permet d'estimer avec précision les biomasses racinaires par unité de surface cultivée (Chopart et Marion, 1994 ; Chopart *et al.*, 2010).

Tableau 4 : Biomasse racinaire (t/ha) entre 0 et 30 cm de profondeur de la variété sucrière R579 et de la moyenne de 2 variétés de canne fibre âgées de 10 mois (V4 2012 et V6 12 mois)

profondeur	Biomasses sèche en t/ha			
	R579	CF V4	CF V6	Moyenne CF
0-15 cm	1,06	1,31	1.67	1.49
15-30 cm	0,85	0,85	1.41	1.13
30- 50	-	-	0.6	
Total 0-30	1,91	2.16	3.08	2.62

Entre 0 et 30 cm, la biomasse totale de la canne à sucre est d'environ 1.9 tonnes/ha/an et celle de la canne fibre de 2.6 t/ha/an (tableau 4). La biomasse racinaire de la canne fibre est supérieure d'environ 40 %, ce qui est inférieur aux écarts de biomasse de parties aériennes. Ces valeurs de biomasse racinaire de la canne à sucre sont en accord avec des résultats obtenus au champ en conditions proches (Chopart et Marion, 1994; Evensen *et al.*, 1997;

Chopart *et al.*, 2010; Azevedo *et al.*, 2011). En revanche, elles sont inférieures à certaines données de la littérature, en particulier de van Dillewijn qui avance une production de biomasse racinaire de 7.7 tonnes pour une production de tiges usinables de 100 t/ha, mais ces données ont été obtenues par une méthode différente et concernent tout le système racinaire jusqu'au front racinaire et non les 50 premiers cm du profil comme dans cette étude.

Le gradient vertical de biomasse racinaire sèche (tableau n°4) est en accord avec les données de la littérature (Chopart *et al.*, 2010).

324 Répartitions des biomasses dans les tiges

Dans le cas d'une récolte mécanique, la hauteur de coupe de la base de la tige peut varier, dans une certaine mesure, par des réglages. Un test effectué sur l'essai V6, sur de la canne âgée de 16 mois, a montré qu'il est possible de récolter mécaniquement à une hauteur de coupe d'environ 30 cm (Chopart *et al.*, 2014). Par ailleurs il a aussi été envisagé de couper les amarres un peu plus bas que la pratique conventionnelle pour laisser au sol un segment de la partie haute de la tige en vue de restituer au sol une quantité plus importante de matière organique.

Afin d'avoir une première estimation de biomasses concernées par ces modifications de hauteur de coupe, la répartition de la biomasse dans les tiges a fait l'objet d'une étude préliminaire sur un échantillon de 3 tiges âgées de 16 mois représentatives dans l'essai V6 (Tableau 5)

Tableau n°5. Biomasses des tiges de cannes fibres âgées de 16 mois par segments de tiges.

Hauteur du segment de tige	Diamètre cm	pois sec T/ha
0-10 cm	2.5	3.40
10-15 cm	2.3	1.45
15-350 cm	2.0	44.10
350-365 cm	1.3	0.54
365-380 cm	1.3	0.41

Le faible échantillonnage ne permet pas une analyse détaillée, mais les résultats de poids total entre 0 et 10 cm (Tableau 5) ne sont pas contradictoires avec ceux, plus consistants obtenus par ailleurs. La biomasse de la partie haute de la tige, exprimée par unité de longueur de tige est très nettement inférieure à celle du bas de tige, en relation avec le diamètre de la tige qui diminue en hauteur (tableau 5) et aussi à son humidité. Entre 350 et 380 cm de hauteur, dans la partie la plus haute de la tige usinable, la biomasse sèche est d'environ 1 t/ha.

33 Synthèse. Biomasses totales (parties aériennes et souterraines) de deux variétés de canne fibre (WI79460, WI81456) et d'une variété de canne à sucre R579.

331 Résultats de base en station expérimentale au Fromager

A partir des résultats précédents, il a été possible d'examiner le devenir (exporté ou laissé au sol) de chacun des compartiments des cannes fibreuses et sucrières étudiées (tableau 6)

Tableau 6 : Rendement des composantes de la biomasse sèche (t/ha) à 12 mois sur les essais V4-V5. Moyenne des rendements sur 3 ans de la variété sucrière R579 et des cannes fibre (WI79460, WI81456); résultats de la première année (2012) pour les racines, tiges souterraines, feuilles tombées. Les composantes de la biomasse sont présentées suivant deux scénarios (1 et 2) correspondant à deux modalités de coupe des cannes modifiées par rapport à la méthode conventionnelle. Dans le scénario 1, la coupe des bas de tiges est plus haute de 15 cm que la hauteur normale, dans le scénario 2, la coupe des hauts de tiges est plus basse de 30 cm que la hauteur normale.

Scénarios		Conventionnel	Scénario 1	Scénario 2		
Laissé au sol :		coupe à 10 cm		Amarres et hauts de tiges		
Poids frais tiges usinable coupe à 10 cm		R579	R579	canne fibre	R579	canne fibre
Biomasse laissée au sol	racines	1.9	1.9	2.6	1.9	2.6
poids sect/ha/an	tiges souterraines	0.8	0.8	1.1	0.8	1.1
	bases des tiges 0-10 cm	2.4	2.4	3.4	2.4	3.4
	feuilles tombées	1.6	1.6	0.8	1.6	0.8
	amarres	5.6	5.6	8.7	5.6	8.7
	total	12.3	12.3	16.6	12.3	16.6
Biomasse laissée au sol	feuilles V et S	6.7	6.7	0	6.7	0
ou pas	haut tiges sans feuille 30	0	0	0	0.6	0.95
poids sec t/ha	tiges 10 25 cm	0	2	3	0	0
	total	6.7	8.7	3	7.3	0.95
Biomasse exportée	tiges	35.3	33.3	56	34.7	58.05
poids sect/ha	feuilles	0	0	13.9		13.9
Total laissé au sol		19.0	21.0	19.6	19.6	17.6
total exporté		35.3	33.3	69.9	34.7	72.0
Biomasse totale produite/ha/an		54.3	54.3	89.5	54.3	89.5

Les composantes de la biomasse ont été présentées suivant deux scénarios (1 et 2) correspondant à deux modalités envisagées de coupe des cannes. Ces deux scénarios correspondent à une technique de coupe légèrement modifiée par rapport à la méthode conventionnelle. Dans le scénario 1, la coupe des bas de tiges est plus haute de 15 cm que la hauteur normale ; dans le scénario 2, la coupe des hauts de tiges est plus basse de 30 cm par rapport à la hauteur normale.

Ces résultats sont issus des tableaux précédents ; ceux correspondant aux principales parties de la plante ont déjà été commentés. La variété de canne à sucre cultivée en petites parcelles de recherche et coupée de façon conventionnelle laisse au sol une biomasse importante de parties aériennes (feuilles, amarres, tiges entre 0 et 10 cm) le tout représentant une biomasse de 14.7 t/ha). A cette biomasse, il faut ajouter les feuilles tombées, avant la récolte et les racines (4.3 t/ha). En petites parcelles, cette biomasse restant ou remise au sol chaque année est élevée et est liée aux rendements.

332 Estimation en grande culture en Sud Basse-Terre.

Le rendement moyen de canne à sucre (R579) obtenu sur 3 ans en petites parcelles (125 t/ha de tiges usinables) n'est pas représentatif des rendements obtenus en grandes parcelles chez des agriculteurs. Les rendements de la même variété (R579), les mêmes années en grande culture, recueillies auprès d'un agriculteur voisin, se sont situées aux environs de 95 t/ha, soit

25 % de moins que ceux obtenus dans station expérimentale limitrophe. On peut considérer, en première approximation, qu'en grandes parcelles, chaque partie de la plante (canne à sucre comme canne fibre) a une biomasse réduite de 25 %. Ceci a conduit à recalculer tous les résultats du tableau 6 en abaissant les valeurs de 25 % sans autre changement par ailleurs (tableau 7).

Tableau 7. Rendement des différentes composantes de la biomasse sèche (t/ha) avec une hypothèse de différence de rendement de 25% entre les résultats obtenus en station et chez les agriculteurs de la région. Les résultats correspondent à ceux obtenus dans le tableau 5, avec une réduction de 25 % de chacune des composantes de la biomasse

Scénarios		Conventionnel	Scénario 1		Scénario 2	
Laissé au sol :		coupe à 10 cm	Amarres + tiges 10 25 cm	canne fibre	Amarres et hauts de tiges	canne fibre
		R579	R579		R579	
poids frais tiges usinable		94.4	94.4	124.2	94.4	124.2
Biomasse laissée au sol	Racines	1.4	1.4	2.0	1.4	2.0
poids sect/ha/an	Tiges souterraines	0.6	0.6	0.8	0.6	0.8
	Bases des tiges 0-10 cm	1.8	1.8	2.6	1.8	2.6
	Feuilles tombées	1.2	1.2	0.6	1.2	0.6
	Amarres	4.2	4.2	6.5	4.2	6.5
	total	9.2	9.2	12.5	9.2	12.5
Biomasse laissée au sol	feuilles V et S	5.0	5.0	0.0	5.0	0.0
ou pas	Haut de tiges 30 cm	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7
poids sect/ha/an	Tiges 10 25 cm	0.0	1.5	2.3	0.0	0.0
	total	5.03	6.5	2.3	5.5	0.7
Biomasse exportée	Tiges	26.5	25.0	42.0	26.0	43.5
Poids sect/ha	Feuilles	0.0		10.4		10.4
Total laissé au sol		14.2	15.8	14.7	14.7	13.2
Total exporté		26.5	25.0	52.4	26.0	54.0
Biomasse totale produite/h/an		40.7	40.7	67.1	40.7	67.1

L'analyse des résultats synthétiques se fera donc à partir de ceux du tableau 7, Ils ne sont pas directement issus de mesures de terrain, mais ils simulent de façon plus représentative des biomasses produites en grande culture.

Les biomasses laissées au champ chaque année servent d'apport de matière organique. En culture conventionnelle de canne à sucre, où seules les tiges sont exportées du champ, la biomasse résiduelle est d'environ 14 t/ha/an en intégrant les apports par les racines et les bases de tiges (tableau 7).

En système de production de canne fibre, si l'on exporte les amarres et les feuilles (sauf celles tombées au sol avant la coupe), la biomasse résiduelle chute nettement. Elle est de 5 t/ha/an pour la R579 et de 6 t/ha/an pour la canne fibre. Pour la production et la commercialisation de la canne fibres, un tel scénario serait sans doute intéressant sur le plan économique à court terme mais sa durabilité agronomique et environnementale serait problématique, surtout dans les sols pollués à la chlordécone.

333 Scénarios de modes de coupe de la canne fibre pour une culture durable, maintenant le stock organique du sol.

A défaut de pouvoir le montrer expérimentalement dans le cadre de ce projet de recherche de courte durée, il est possible de tenter de modéliser les évolutions de matière organique, dans

les conditions locales, sous différents scénarios. Il faudra pouvoir le faire avec un modèle calibré et validé, accepté par la communauté scientifique, par les filières canne à sucre et canne fibre et par les décideurs en protection de l'environnement

Parallèlement à cet outil de modélisation, une approche pragmatique, complémentaire, a consisté à considérer que :

(i) dans les systèmes canniers traditionnels actuellement pratiqués en Basse- Terre, la teneur en matière organique est stable à un niveau élevé (teneur en carbone de 4 à 5 %) dans les horizons de surface de la plupart des sols en canne à sucre.

(ii) si, dans les systèmes de culture de canne fibre et de canne à sucre, les apports de matière organique sont égaux et le reste de l'itinéraire technique très proche (en particulier la fertilisation), il n'y a aucune raison que l'évolution de la matière organique soit différente dans les mêmes sols cultivés en canne fibre ou en canne à sucre.

(iii) vu (i) et (ii), il suffit de faire en sorte que le système de culture de canne fibre apporte une quantité équivalente pour que l'équilibre organique du sol soit maintenu.

Suite aux premiers résultats obtenus précédemment (Chopart et Marie 2012, Chopart et Bachelier 2012), en accord avec le partenaire industriel, il a été décidé de tester des scénarios de coupe réelle ou simulée laissant plus de matière organique au sol. On a convenu de ne pas exporter la partie sommitale de la plante (amarres), puis d'examiner d'autres possibilités pour arriver à une quantité de biomasse résiduelle suffisante.

Scénario 1 : Amarres laissées au sol, coupe des cannes à 25 cm de hauteur

En suivant ce scénario plutôt que celui consistant à tout exporter, la biomasse laissée au sol passe de 6 t/ha/an à 14.7 t/ha/an (tableau 6). Le seul fait de couper la canne un peu plus haut (de 15 cm environ) et de laisser les amarres au sol permet donc d'atteindre l'objectif de laisser au sol autant de biomasse que le système cannier. Ce mode de coupe a été testé au champ et il est tout à fait réalisable avec une repousse normale (Chopart et al. 2015).

Scénario 2 : Amarres laissées au sol, coupe du haut des tiges plus bas que dans le scénario conventionnel

En suivant ce scénario, en coupant 30 cm plus bas que la coupe habituelle, on laisse une biomasse de 13.2 t/ha/an plus faible que dans le scénario 1. Elle est de 1t/ha/an inférieure à ce que laisse la canne à sucre. Pour arriver à une valeur de 14.2 t/ha/an, il faudrait couper encore plus bas la partie haute de la tige, pour laisser au sol environ 70 cm de tiges considérées comme usinables à la place des 30 cm du scénario 2. Il a été possible de couper 30 cm plus bas que le réglage habituel, mais une coupe encore plus basse n'a pas été testée. Il faudrait tester ce scénario de coupe environ 70 cm plus bas que la coupe conventionnelle avant de valider cette hypothèse. Il n'est en effet pas sûr que, avec les coupeuses utilisées, le système de coupe des amarres soit capable de sectionner des tiges 70 cm plus bas que la hauteur normale, donc des tiges plus résistantes à la coupe.

4 Conclusion

L'option d'un système de culture d'une canne fibre, où toutes les tiges et toutes les feuilles attachées aux tiges seraient récoltées et exportées du champ pour être brûlées est à exclure. Il conduirait en effet à des restitutions organiques au sol nettement inférieures à celles d'un système de culture de canne à sucre, même si la production de racines est un peu supérieure à celle de la canne à sucre.

Si, dans une approche pragmatique, on veut laisser au sol autant de biomasse (en t/ha/an de matière sèche) en culture de canne fibre qu'en culture de canne à sucre, il faudra ne pas exporter une partie de la biomasse produite et potentiellement utilisable comme combustible. Quelles parties de la plante laisser au sol ?

Les amarres, partie de la plante avec le taux de matière sèche le plus faible, ont été priorisées. Mais, si on laisse au sol les amarres, cela ne réduit que partiellement l'écart entre canne à fibre et canne à sucre. Pour arriver à une même biomasse laissée au sol en canne fibre et en canne à sucre, il est possible, faisable et suffisant de couper la canne un peu plus haut (de 15 cm) que la hauteur de coupe habituelle de la canne. Il est aussi envisageable de couper la partie haute des tiges non plus au niveau de ce qui est considéré comme la fin de la tige usinable mais environ 70 cm plus bas. La faisabilité de cette coupe reste néanmoins à tester, il faudrait voir s'il est possible de contrôler la quantité de biomasse laissée au sol. En effet, dans un même champ, les tiges peuvent être plus ou moins hautes ou versées, ce qui risque de compliquer à la fois le réglage de la hauteur de coupe et la biomasse coupée.

Le résultat principal de cette étude est de montrer qu'à partir du moment où il y a consensus pour laisser au sol une partie de la production de canne fibre, il est possible d'une façon ou d'une autre de restituer au sol autant de biomasse que dans le système canne à sucre. Dans le Sud de Basse-Terre, la biomasse laissée au sol par le système cannier est pourtant importante : 14 t/ha/an de matière sèche, soit environ 50 t/ha/an de matière fraîche. Ceci est supérieur aux autres systèmes de culture. Ce système permet néanmoins de maintenir plus de 50 t/ha de biomasse sèche pour la commercialisation (tableau 7).

Si l'on retient l'hypothèse que le rapport entre tiges usinables de la canne à sucre et des autres parties de la plante (feuilles, racines, amarres) est plus ou moins constant tant que les rendements de tiges usinables sont corrects (supérieurs à 50 t/ha par exemple), on peut estimer les apports de biomasses résiduelles en système cannier jusqu'à cette limite basse. Ainsi, d'après le tableau 6, un rendement de 62.5 t/ha de tiges usinables (divisé par 2 par rapport aux résultats en station) conduit à un apport de matière organique d'environ 9.5 t/ha de matière sèche. D'après le tableau 6, il faudrait donc apporter, en système canne fibre environ 1.2 t de biomasse sèche en plus des amarres et des autres biomasses déjà laissées au sol (8.3 t/ha), pour être au même niveau que le système sucrier. Ces 1.2 t/ha résultent de :9.5-8.3 t/ha). Ceci conduirait à une biomasse exportable de 35t/ha de matière sèche dans une zone de production sucrière de 62 t/ha de tiges usinables.

On a donc maintenant, la possibilité d'apporter le même volume de matière organique en canne fibre qu'en canne à sucre. Cela permet de répondre aux inquiétudes liées à cette nouvelle production sur son caractère durable. Cela permet aussi de donner aux partenaires du

projet REBECCA des éléments de calculs économiques, de faisabilité et d'organisation industrielle. Ils doivent aussi permettre de commencer à informer les agriculteurs.

Il est, dès aujourd'hui, possible de dire :

- aux décideurs, qu'il existe des techniques agronomiques réalistes et faisables permettant d'apporter aux systèmes de culture de canne fibre autant de matière organique qu'en système de canne à sucre, pour une production durable,
- aux agriculteurs, industriels et économistes, que cette culture durable de la canne fibre, en laissant au champ une partie de la production, permet néanmoins de disposer dans la zone de Capesterre d'environ de 50 t/ha/an de biomasse sèche à vendre. En spéculant un peu on peut estimer que dans des zones un peu moins favorables de Basse-Terre avec des rendements canniers de 62 t/ha, on pourrait disposer d'environ 35t/ha de biomasse sèche commercialisable. Mais cela reste à vérifier.

Dans cette étude des biomasses produites dans les parcelles de culture de canne à sucre et de canne combustible, on n'a pas pris en compte la biomasse produite par les mauvaises herbes (ou plutôt par la végétation spontanée). Des premières mesures ont été effectuées, mais elles n'ont pas été jugées suffisamment consistantes. Il est toutefois à noter que, suite aux études de mise au point de l'itinéraire technique de la culture de la canne fibre (Chopart 2014), il semble possible de réduire les herbicides en laissant pousser les herbes en début de cycle, sans dommage pour le rendement, ce qui est plus difficile en système cannier. On peut donc s'attendre à une production de biomasse spontanée plus importante dans les systèmes de culture de cannes fibres cultivées dans une approche agro-écologique. Cette biomasse spontanée en canne fibre permettrait de réduire les biomasses à apporter.

5 Perspectives

Dans une approche à plus à long terme, plus fine, on peut se demander si dans la zone de Capesterre, une biomasse de 14 tonnes/ha de matière sèche apportée chaque année représente l'optimum pour l'équilibre organique de la canne fibre comme de la canne à sucre. En effet, la pratique actuelle la plus commune en Guadeloupe de n'utiliser que les tiges usinables laissant au sol tout le reste, peut être un usage non optimal de la biomasse produite et qu'une exportation d'une partie des pailles ne serait pas dommageable au sol et au rendement.

La question mérite d'être posée car, dans beaucoup de systèmes canniers, le champ est brûlé avant la récolte. Cette pratique traditionnelle n'entraîne généralement pas de dommage au sol et au rendement, même si elle n'est pas à préconiser. On utilise aussi les pailles de cannes dans certaines régions de production cannière pour l'élevage ou la production d'énergie et cette pratique tend à se développer.

Dans l'avenir, il faudrait donc affiner la connaissance des besoins minima en apport de matière organique dans les systèmes de culture de canne à sucre et à fibre. Cela passera par des actions de recherche dans un premier temps puis des actions de développement quand la filière se mettra en place à partir de 2018. Les actions de recherche devraient comprendre des dispositifs expérimentaux, des mesures d'évolution de la teneur en matière organique du sol,

des enquêtes, de la modélisation. Les résultats expérimentaux obtenus pendant 4 ans au Fromager (sur le sol et sur les biomasses des différentes parties de la plante) peuvent contribuer à cette modélisation. Les actions de développement devraient consister à mesurer la teneur du sol en matière organique dès la première année de mise en place des parcelles de cannes fibre et à suivre son évolution dans le système canne fibre. Il faudrait aussi prévoir des contrôles des quantités de biomasses laissées au champ. De ce point de vue, l'option de couper un peu plus haut la base de la tige rendrait plus facile ce contrôle que l'option consistant à moduler la hauteur de la coupe des parties hautes.

Quand la filière canne fibre sera en action, à partir de 2018, les exportations de biomasse pour servir de combustible pourront être adaptées en fonction des résultats expérimentaux et des analyses régulières de carbone du sol.

Si on peut prélever davantage de biomasse sans dommage, cela permettra d'améliorer l'intérêt économique de la filière. S'il faut laisser plus de biomasse, l'agriculteur devra adapter ses restitutions organiques. Il pourra le faire avec la biomasse produite sur son champ en modulant sa méthode de coupe (hauteur de coupe, réglage pour laisser les feuilles au sol), ou bien en utilisant des matières organiques venant de l'extérieur.

Ce choix sera fait, par l'agriculteur, en fonction de différents critères dont les principaux seront le prix de vente de sa biomasse, le prix d'achat des matières organiques disponibles, les coûts de transport et d'épandage de cette matière organique.

Sans connaissance fine de ces besoins minima en matière organique pour la canne fibre et sans visibilité sur les prix de la canne fibre et des matières organiques à acheter (des composts par exemple) dans plus de 5 ans, il n'est pas possible de faire des suggestions précises dans ce domaine pour le moment, ce qui n'empêche pas les chercheurs de tester des scénarios.

Références bibliographiques

Azevedo M.C.B., Chopart J.L., Medina de Conti C., 2011. Sugarcane root length density and distribution from root intersection counting on a trench-profile. *Sci. Agric.*, v.68, 1, 94-101.

Chopart J.L., 1999. Relations entre état physique du sol, systèmes racinaires et fonctionnement hydrique du peuplement végétal : outils d'analyse *in situ* et exemples d'études en milieu tropical à risque climatique élevé. France. Thèse Univ. J. Fourier Grenoble, 350 p.

Chopart J.L., 2004. Les systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthodes d'étude *in situ*, développement, fonctionnement. Document de synthèse note Cirad 43p.

Chopart J.L., Marion D., 1994. Caractérisation au champ de l'enracinement de la canne à sucre. Application à l'élaboration d'une méthode d'évaluation de la biomasse racinaire note scient. CIRAD n° 7/94, 28 p.

Chopart J.L., Azevedo M.C.B., Medina C.C. 2009. Soil core sampling or root counting on trench profiles for studying root system distribution of sugarcane? ISSCT Agronomy Workshop 24-29 May Uberlandia, Brazil, p.56

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. In : Proc. Congrès sucrier AFCAS ARTAS, La Réunion, septembre 2012. 9 p.

Chopart J.L., Marie P., 2012. Estimation de la biomasse résiduelle potentiellement disponible après une culture de canne à usage de combustible dans le Sud de la Guadeloupe. Note scientifique REBECCA1 n°9, juin, 17p.

Chopart J.L., Berland J., Lafont A, Sergent G., 2015. Faisabilité et performances d'une coupe mécanique des variétés de cannes fibres du projet REBECCA en climat humide et sol volcanique. Note scientifique REBECCA2 WP1 CIRAD Guadeloupe, 11pages.

Evensen CI, Muchow R.C., El-Swaify S.A., Osgood R.V., 1997. Yield accumulation in sugarcane. I Effect of crop age and cultivar. *Agron J.* 89 638-646

van Dillewijn, C., 1952. Botany of Sugarcane. Chronica Botanics Co. Waltham, MA, 371 pp.