



Programme REBECCA

Estimation de la biomasse résiduelle potentiellement disponible après une culture de canne à usage de combustible dans le Sud de la Guadeloupe

Jean-Louis Chopart et Pauline Marie

Juin 2012

Programme REBECCA - Note Scientifique n°9 - Cirad

Estimation de la biomasse résiduelle potentiellement disponible après une culture de canne à usage de combustible dans le Sud de la Guadeloupe

JL Chopart et P Marie

Résumé

1 Introduction

2 Matériel et méthodes

21 Dispositif expérimental

22 Estimation de la biomasse des feuilles tombées au sol (FT)

23 Estimation de la biomasse des tiges non récoltées et des racines (entre 0 et 30 cm)

3 Résultats

31 Biomasse des feuilles tombées au sol (FT)

32 Biomasse de la base des tiges aériennes et des tiges souterraines

33 Biomasse des racines (0-30 cm)

34 Biomasse sèche totale (parties aériennes et souterraines) de trois variétés

35 Pouvoir calorifique des feuilles sèches

4 Discussion conclusion

41 Biomasse des feuilles tombées au sol

42 Biomasse des autres parties non combustibles de la plante : partie basse des tiges et racines

43 Utilisation des feuilles tombées au sol : combustible ou mulch ?

44 Perspectives

Référence bibliographiques

Résumé

Une étude, actuellement conduite à la Guadeloupe dans le cadre du programme REBECCA, vise à établir l'intérêt agronomique, économique, environnemental et industriel d'une production durable de canne dédiée à un usage de combustible pour produire de l'électricité. Parallèlement à l'évaluation de la biomasse des parties combustibles, les biomasses des parties non combustibles restant sur ou dans le sol ont été étudiées. Ces informations doivent, en particulier, aider à des décisions sur l'utilisation, ou non, des feuilles tombées au sol (FT) comme combustible et contribuer à une analyse plus large de l'évolution du taux de matière organique du sol dans ces futurs et nouveaux systèmes de culture.

L'étude a été réalisée sur deux essais statistiques (3 répétitions) comparant 11 variétés dont un témoin local. Des filets de 2.25 m² ont été posés au sol sur chaque parcelle pour récolter les FT sur au total 36 parcelles. Les biomasses des souches (parties basses des tiges non récoltées) et les biomasses racinaires ont été évaluées sur trois traitements (variétés R579, WI86015 et WI 81456) de l'un des deux essais (9 parcelles). Les prélèvements de racines ont été effectués par la méthode des monolithes à 2 profondeurs (0-15 et 15- 30 cm) et trois distances (entre 0 et 80 cm) du rang pour prendre en compte les gradients et obtenir des valeurs par unité de surface de culture. Les méthodes d'extraction des racines du sol et de mesures de la biomasse ont été conventionnelles.

Après 12 mois de culture, la biomasse sèche de FT de la variété WI79461 est de 2.0 t/ha. Chez les autres variétés, elle est comprise entre 0.5 et 1.5 t/ha. Une partie importante (de 30 à 50 %) de cette biomasse est déjà en début de décomposition, ce qui rend problématique son ramassage et son utilisation comme combustible. La matière organique issue des FT est bien répartie à la surface du sol, au milieu de l'interligne, dans un espace où il n'y a pas d'autre apport de matière organique. Les parties basales des tiges aériennes, non récoltées, apportent une biomasse d'environ 4 t/ha/an de matière sèche. La biomasse des racines localisées entre la surface et 30 cm de profondeur est d'environ 3t/ha/an. Cette biomasse racinaire est très bien répartie dans le sol, y compris au milieu de l'interligne et en profondeur (15-30 cm).

La biomasse de FT, représente environ 25 % de la biomasse totale laissée au champ (souches, racines, FT), pour la variété R579, mais seulement de 10 à 15 % pour les variétés fibreuses étudiées. Elle possède une qualité supérieure à celle des tiges et elle est complémentaire de celle des racines.

Des travaux complémentaires restent à faire, portant sur le devenir de cette biomasse dans des systèmes établis en régime permanent pour une finalité énergétique, et sur les bilans carbone associés.

Autant qu'on puisse le dire actuellement, les FT contribueront significativement au maintien de la fertilité, par le biais du stock de matière organique, dans les sols des futurs systèmes de culture intensive de canne combustible. Il apparaît donc, à première vue, hasardeux de ramasser aussi les FT comme combustible additionnel aux parties aériennes.

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 à la Guadeloupe. Cette production doit être durable et rentable pour les agriculteurs et les producteurs d'électricité. Au cours de la première phase de ce projet, il a été décidé que les tiges usinables, les parties sommitales des tiges, les feuilles vertes et les feuilles sèches attachées à la plante lors de la coupe seraient de la biomasse combustible.

Les autres parties ne sont pas utilisées et restent au champ. Il s'agit du bas des tiges aériennes, en-dessous de la barre de coupe, de la partie souterraine de tiges, des racines, des feuilles tombées au sol en cours de cycle. Ces trois premiers ne sont pas utilisables. En revanche, l'intérêt, ou non, de l'utilisation comme combustible des feuilles tombées au sol, peut faire l'objet d'un débat. Mais pour débattre objectivement, il faut connaître la quantité et la qualité de cette biomasse et donc sa contribution potentielle à l'équilibre organique du sol. Dans le programme REBECCA, la biomasse des parties combustibles, qui constitue un des paramètres de base de la rentabilité de la future filière, est évaluée de façon détaillée (Chopart 2012a).

La biomasse résiduelle est définie ici comme la biomasse non directement utile car non utilisée pour sa fonction énergétique. Cette biomasse résiduelle n'a pas été, jusqu'à maintenant, quantifiée aussi précisément que la biomasse combustible dans le programme de recherche à vocation très finalisée. Des estimations ont néanmoins été faites, notamment sur les feuilles tombées naturellement au sol et sur les racines superficielles.

L'objectif de cette étude est donc d'estimer les biomasses des parties non combustibles de la canne combustible restant sur ou dans le sol. Ces informations doivent aider à des décisions sur l'utilisation, ou non, des feuilles tombées au sol comme biomasse combustible. L'étude vise à aider à des prises de décisions opérationnelles qui devront, bien-sûr prendre en compte d'autres paramètres, agronomiques, économiques, environnementaux, voire industriels.

2 Matériel et méthodes

2.1 Dispositif expérimental

Les études ont été menées dans le sud de la Guadeloupe (latitude : 16°03' N, longitude : 61°34' W, altitude 100 m) sur deux dispositifs expérimentaux visant à évaluer les biomasses à usage de combustible de variétés de cannes à sucre. Dans chacun des deux dispositifs, comprenant trois répétitions en blocs de Fischer, il y avait 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 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 à la Guadeloupe. L'essai V4 a été planté le 20 avril 2011 et le second un mois après. La pluviosité totale pendant l'année de

l'étude, d'avril 2011 à avril 2012 a été de 2900 mm en 12 mois avec, au cours de cette année, seulement deux semaines moins humides, avec moins de 5 mm de pluie. Au cours de cette même période, la température moyenne par 24 h a été de 25 C°, avec peu de variations au cours de l'année (semaine la plus froide 22°C sur 24h, semaine la plus chaude 26.4°C sur 24 h). Les conditions climatiques de culture des cannes à sucre des deux essais ont donc été proches sans être identiques. En particulier, le 24 novembre, il a plu 93 mm en 24 h, dont 75 mm en moins de trois heures. Cette pluie à forte intensité, a provoqué une saturation du sol avec passage à l'état boueux. Cela a entraîné une forte verse sur le témoin R579 de l'essai V5 âgé de 5 mois, alors que, sur l'essai V4, le même témoin âgé de 6 mois a nettement mieux résisté. Le sol est représentatif de la zone, il est de type andosol (MO : 5%, ph eau : 5,0 environ, teneur en azote total 2 à 3 mg/kg).

22 Estimation de la biomasse des feuilles tombées au sol (FT)

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. Il n'est toutefois pas exclu que cette barrière partielle entre les feuilles et le sol, ait eu pour conséquence un léger ralentissement du processus de décomposition ; les valeurs obtenues seraient alors légèrement surévaluées. 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. Au moment de la récolte, lorsque la culture a été âgée de 12 mois, les feuilles tombées naturellement sur les filets (FT) ont été prélevées.



Photo n° 1 : Feuilles tombées naturellement au sol sur le filet permettant leur prélèvement, dans une culture âgée de 12 mois variété WI 79 761.

La biomasse des FT a été scindée en deux catégories : les feuilles pas ou peu décomposées, dites feuilles tombées brutes (FTB) et les feuilles ayant déjà commencé un processus de décomposition au contact du sol (FTD). Ces deux catégories de feuilles sont faciles à identifier par leur couleur et leurs propriétés, notamment leur fragilité (photo n°2).

Les FTB et les FTD ont été séchées (48 heures à 60°C, puis deux heures à 85°C) avant d'être pesées séparément.



Photo n°2 : Echantillon de feuilles tombées au sol naturellement avant la récolte. A gauche : feuilles en décomposition(FTD). A droite : feuilles non décomposées (FTB)

23 Estimation de la biomasse des tiges non récoltées et des racines (entre 0 et 30 cm)

Trois variétés de l'essai V4 ont été étudiées (R579, WI81456, WI86015) à l'âge de 10 mois. Dans chacune des trois répétitions, 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 à 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). 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

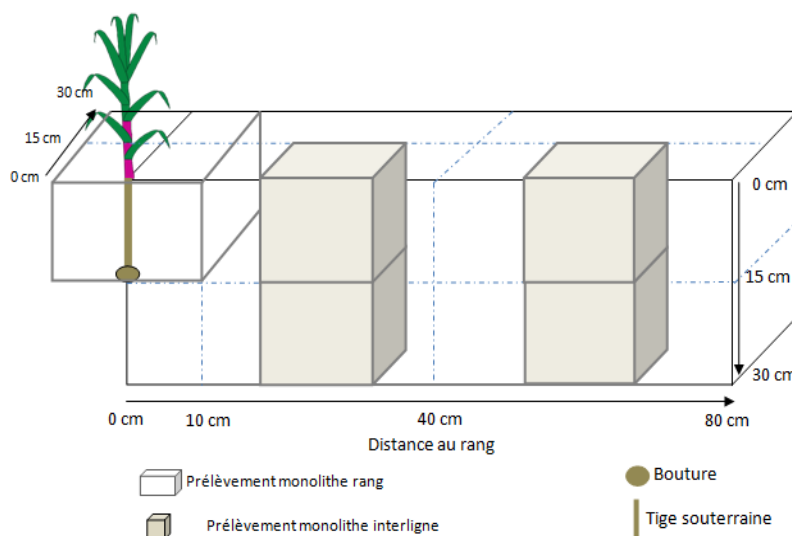


Figure n°1 : Position des monolithes de mesures de densités racinaires par rapport au centre du rang et espaces représentatifs de chaque monolithe

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. Au total, 36 monolithes de sol de 15 cm d'arête et 9 monolithes de 30x20x15 cm ont été prélevés.

Les racines ont été extraites des monolithes par tamisage (mailles de 2 mm), sous l'eau, puis lavées minutieusement afin qu'il ne reste aucune trace de terre (Chopart, 2004). Elles ont ensuite été séparées en deux catégories: racines fines (diamètre inférieur à 1mm) et grosses (photo n° 3). Les échantillons sont ensuite placés à l'étuve à 60°C pendant 48 heures et pesés à poids constant.



Photo n° 3 : Echantillon de racines après séparation entre les racines fines (diamètre <1 mm) et grosses racines (diamètre >1 mm).

Ces mesures référencées dans l'espace ont permis d'obtenir, in fine, une estimation de la biomasse totale par unité de surface au sol, en canne plantée en rangs de 1.6 mètre. 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).

Un 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.

3 Résultats

31 Biomasse des feuilles tombées au sol (FT)

Les valeurs des biomasses sèches des feuilles tombées naturellement au sol (FT) figurent dans la figure 2 et dans les tableaux n° 1 et 2.

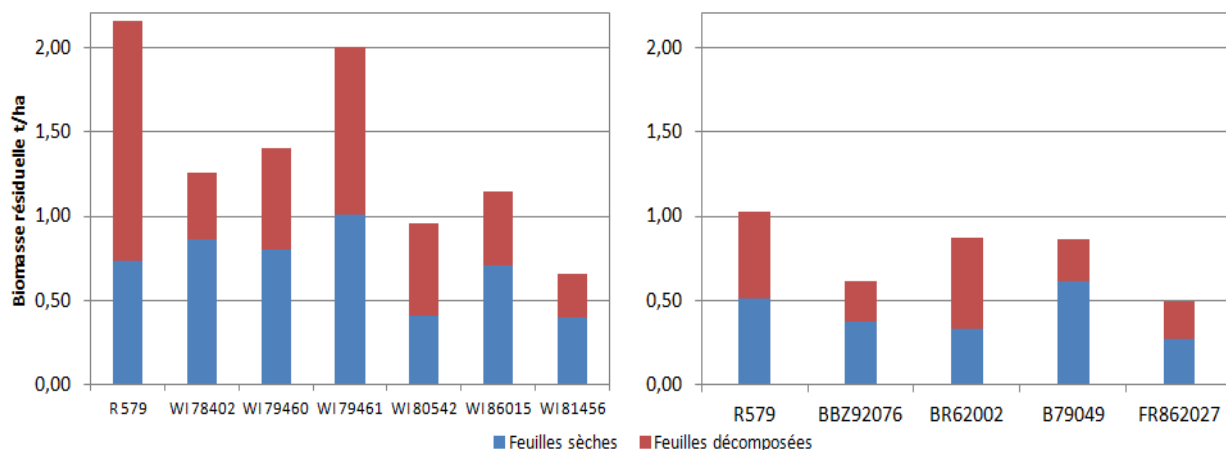


Figure 2 : Biomasse sèche (t/ha) des feuilles tombées au sol avant récolte. Résultats de deux essais : V4 12 mois (à gauche) et V5 12 mois (à droite). Les feuilles sont classées en deux catégories : feuilles non décomposées et celles ayant subi un début de décomposition.

Tableau n°1 : Biomasse sèche (t/ha) des feuilles tombées naturellement au sol avant récolte. Résultats de l'essai V4. Les feuilles sont classées en deux catégories : feuilles non décomposées (FTB) et celles ayant subi un début de décomposition (FTD). Sur une même ligne, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents suivant le test de Newman-Keuls au seuil de 0,05.

	R579	WI 78402	WI79460	WI 79461	WI 80542	WI 86015	WI 81456
Feuilles non décomposées	0,739 (a)	0,860(a)	0,807(a)	1,009(a)	0,414(a)	0,713(a)	0,403(a)
Feuilles en décomposition	1,418 (a)	0,397(b)	0,598(b)	0,992(ab)	0,540(b)	0,428(b)	0,253(b)
Total	2,157	1,257	1,405	2,001	0,954	1,141	0,656

Tableau n°2 : Biomasse sèche (t/ha) des feuilles tombées naturellement au sol avant récolte. Résultats de l'essai V5. Les feuilles sont classées en deux catégories : feuilles non décomposées et celles ayant subi un début de décomposition. Sur une même ligne, les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents suivant le test de Newman-Keuls au seuil de 0,05.

Variétés	R579	BBZ92076	BR62002	B79049	FR862027
Feuilles non décomposées	0,52(a)	0,38(a)	0,33(a)	0,61(a)	0,27(a)
Feuilles en décomposition	0,51(a)	0,24(a)	0,54(a)	0,25(a)	0,23(a)
Total	1,03	0,61	0,87	0,87	0,50

Dans l'essai V5, la biomasse des FT du témoin R579 est nettement inférieure à celle du même témoin dans l'essai V4. A l'âge de 8 mois, le rendement de V5, exprimé en biomasse sèche totale, n'était que légèrement inférieur à celui de V4 (- 5%) mais avec une quantité de feuilles sèches inférieure de 50% (Chopart 2012). Cet écart paraît dû à la forte verse lors de l'évènement pluvieux du 24 novembre, comme déjà signalé dans le paragraphe 21. Cette verse a été plus marquée sur l'essai V5 que sur V4 (Chopart 2012). De plus, la variété R579 a été plus affectée que les autres. Cette verse a entraîné l'apparition tardive de nouvelles feuilles et de nouvelles tiges, ce qui a modifié la proportion de feuilles vertes et sèches. Les résultats obtenus sur la variété R579 dans l'essai V5 sont donc moins représentatifs que ceux de l'essai V4.

La quantité totale de feuilles tombées du témoin R579 (entre 1 et 2 t/ha) est supérieure à celle des autres variétés. Ces résultats confirment la chute importante des feuilles de la variété R579 en fin de cycle. C'est une propriété connue de cette variété (eRcane, 2010) ; en culture de canne à sucre, c'est une qualité recherchée.

Dans l'essai V4, il existe une variabilité de la biomasse totale de FT d'une variété testée à l'autre, entre 2 t/ha et 0.7 t/ha. Le maximum de 2 t/ha obtenu sur la variété WI 79461 ne représente toutefois que moins de 3% de la biomasse totale. En considérant la moyenne des 6 variétés de Barbade (WI), la biomasse de FT ne représente que 1.7 % de la biomasse totale potentiellement utilisable comme combustible (figure n° 3).

Les feuilles de type FTD et FTB sont en proportion variable suivant les variétés (figure n° 2 et tableau n° 1 et 2), mais les feuilles de type FTD représentent un pourcentage significatif toujours supérieur à 30% et pouvant atteindre 60 %. Sur l'essai V4, les biomasses de FTD obtenues sur les variétés R579 et WI79461 sont significativement supérieures à celles des autres variétés, ce qui tend à montrer que la WI79461 perd ses feuilles en quantité plus importante que les autres variétés WI et plus tôt, entraînant une décomposition des feuilles plus avancées. 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 (Chopart 2012a).

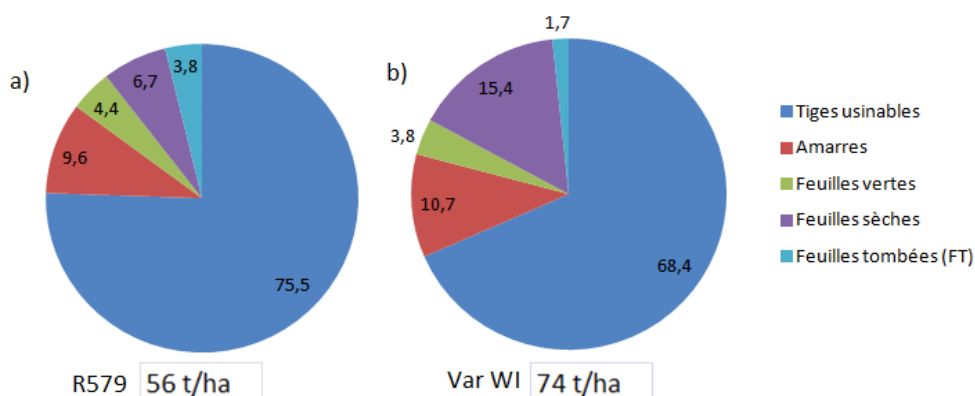


Figure n° 3: Essai V4. Répartition pondérale des différentes composantes de la biomasse sèche totale des parties aériennes en % de la biomasse totale, à 12 mois. (a) témoin R579, (b) moyenne des 6 variétés WI.

32 Biomasse de la base des tiges aériennes et des tiges souterraines

La partie de la tige située au-dessus de la surface du sol et en dessous de la hauteur de coupe de la récolteuse, représente une biomasse non négligeable, entre 3.5 et 5 t/ha (tableau n° 3). En première année de plantation la partie souterraine des tiges issues des bourgeons des boutures plantées à 15 cm de profondeur environ, représente une biomasse d'environ 4 tonnes par hectare.

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

	Tige souterraine	Base tige (10cm)
R579	3,99	3,60
WI86015	3,87	3,80
WI81456	5,37	4,97
Moyenne	4,41	4,12

33 Biomasse des racines (0-30 cm)

La biomasse racinaire sèche des racines de gros diamètre (>1 mm) est plus élevée que celle des racines fines (tableau n°4), ce qui est en accord avec les données de la littérature (Chopart *et al.*, 2010). Il en est de même pour le gradient entre les profondeurs 0-15 et 15-30 cm.

Tableau 4 : Biomasse racinaire (t/ha) entre 0 et 30 cm de profondeur de 3 variétés de cannes.

profondeur		Biomasses sèche en t/ha		
		R579	WI86015	WI81456
0-15	Racines fines	0,33	0,28	0,36
	racines grosses	0,73	1,02	0,95
	total 0-15	1,07	1,30	1,31
15-30	Racines fines	0,34	0,24	0,17
	Racines grosses	0,51	0,87	0,40
	total	0,85	1,12	0,57
total 0-30	Racines fines	0,67	0,53	0,53
	racines grosses	1,25	1,90	1,35
	total	1,92	2,42	1,88

Entre 0 et 30 cm, la biomasse totale fluctue d'environ 1.8 à environ 2.5 tonnes/ha/an d'une variété à l'autre. Ces valeurs de biomasse racinaire 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 concernent tout le système racinaire jusqu'au front racinaire estimé par cet auteur à plus de 5 mètres de profondeur et non les 30 premiers cm du profil comme dans cette étude. Le système racinaire de la variété WI86015 semble être plus performant que celui des deux autres variétés étudiées (tableau n°4), mais ces premiers éléments doivent être confirmés avant d'être considérés

comme consistants. Il existe bien un gradient de biomasse entre la ligne et l'interligne, mais l'interligne contient néanmoins une densité de biomasse racinaire consistante (figure n° 4).

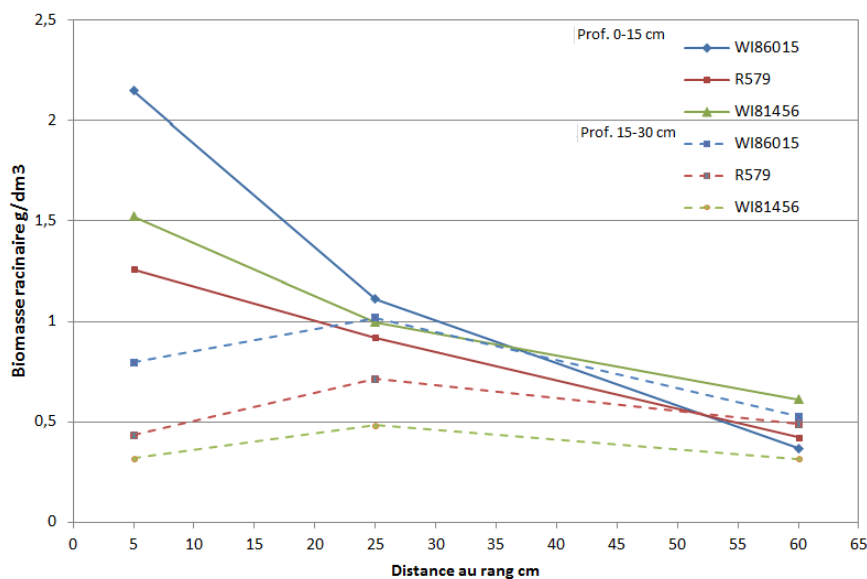


Figure 4 : Gradient de densité racinaire (g/dm³) sur un interligne à 2 profondeurs en fonction de la distance au rang chez 3 variétés de cannes, essai V4 12 mois.

34 Biomasse sèche totale (parties aériennes et souterraines) de trois variétés

A partir des résultats présentés concernant les parties considérées comme non combustible, et de ceux, disponibles par ailleurs, concernant les parties combustibles des variétés de cannes étudiées, il a été possible d'examiner la part de chacun des compartiments de deux variétés de cannes fibreuses WI86015 et WI81456 et du témoin R579. Ces résultats sont rapportés en tableau n°5 et en figure n° 5.

Tableau 5 : Rendement des différentes composantes de la biomasse sèche en t/ha sur 3 variétés de l'essai V4 à 12 mois.

	R579	WI86015	WI81456
Tiges usinables	42,68	42,00	53,29
Amarres	5,42	8,66	6,69
F. vertes	2,46	2,23	2,21
F. sèches	3,78	8,19	10,59
Feuilles tombées	2,16	1,14	0,66
Tiges souterraines	0,80	0,77	1,07
Base tiges (10 cm)	3,60	3,80	4,97
Racines	1,92	2,42	1,88
Total	62,81	69,22	81,36

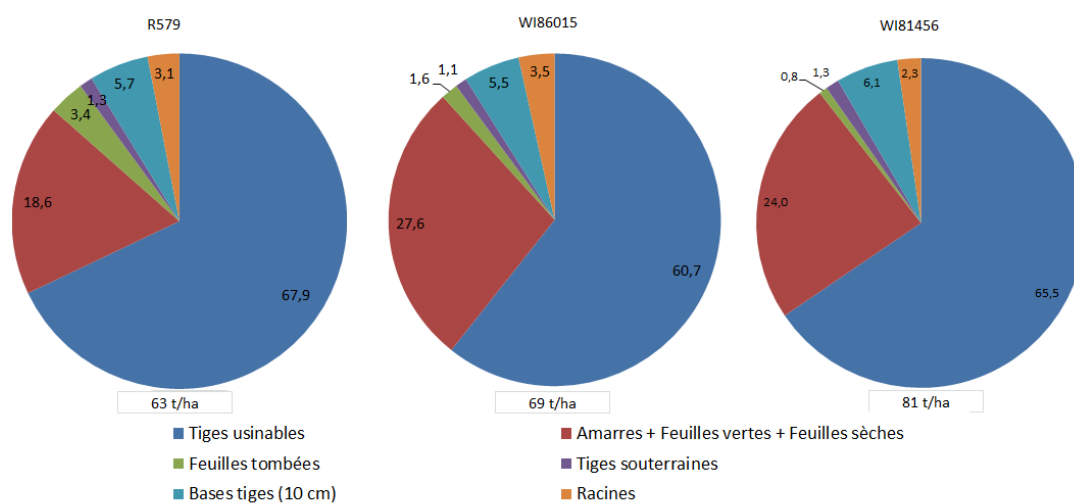


Figure n° 5 : Répartition pondérale des différentes composantes de la biomasse de trois variétés de l'essai V4 (R579, WI86015 et WI81456).

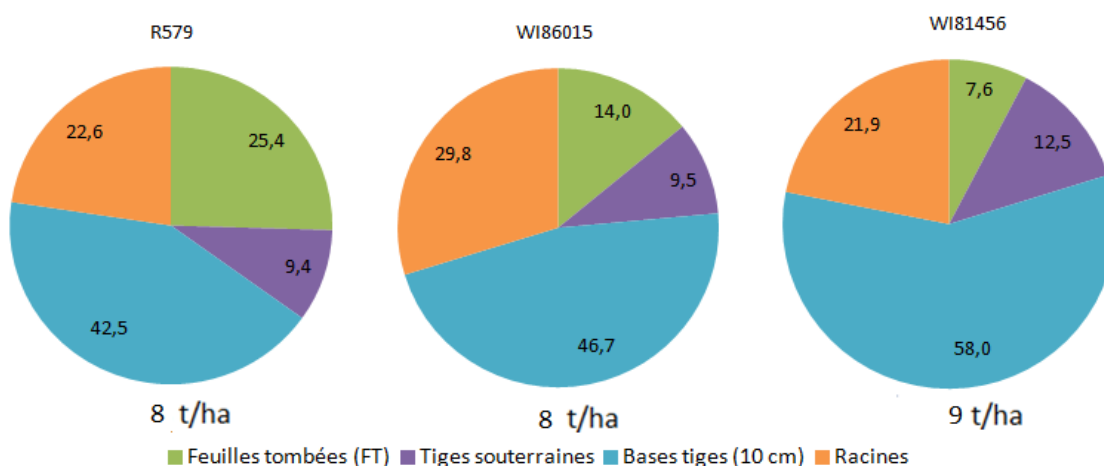


Figure 6 : Répartition pondérale de la biomasse non combustible de trois variétés (R579, WI86015 et WI81456).

La partie de la tige située sous le sol, issue de la bouture plantée, 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 où les racines des boutures jouent un rôle important mais fugace). 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 (de 5 à 8 ans). C'est pourquoi, dans l'estimation des contributions des parties non combustibles à la matière organique du sol du tableau n° 5 et des figures n° 5 et 6, les valeurs retenues ont été celles obtenues en année de plantation, divisée par 5, c'est-à-dire la durée moyenne estimée d'une culture de canne à sucre avant replantation.

Les parties de la plante utilisées comme combustible (tiges usinables, amarres, feuilles restées attachées à la plante) représentent, de loin la biomasse totale la plus importante (85 à 90%). Les 10 à 13 % restant sont, en grande partie, composés d'une biomasse non combustible.

Seules les FT pourraient être utilisées, mais elles ne représentent qu'une faible partie de la biomasse totale, d'environ 1% (fig. n° 5, tableau n°5).

Les parties considérées comme non combustibles, laissées au champ, constituent un apport de matière organique. En admettant que les tiges souterraines ne sont produites qu'à chaque replantation, tous les 5 ans, et que le système racinaire se renouvelle chaque année, il est possible d'estimer la quantité totale de biomasse de canne à sucre restitués au sol chaque année pour servir d'apport de matière organique et la contribution de chaque compartiment (tableau n°6, figure n°6). La biomasse totale restituée au sol est de 8 à 9 t/ha /an, ce qui n'est pas négligeable, même si elle est nettement inférieure à la biomasse laissée au champ en culture de canne à sucre, qui comprend, en plus, de 10 à 25 t/ha de tiges non usinables et de feuilles. Les FT représentent 25% de cette biomasse restituée au sol, chez le témoin R 579 mais seulement 8% chez la variété WI456 (figure n° 6)

Grâce aux FT, qui apportent de la matière organique dans l'interligne en surface, la répartition spatiale de la matière organique apportée chaque année dans le profil est assez homogène (tableau n° 6). Elle est plus homogène que si les feuilles tombées au sol sont exportées.

Tableau 6 : Apport de biomasse dans les différents compartiments du sol exprimé en g/dm³ chez 3 variétés de l'essai V4 à 12 mois (a) : R579, (b) : WI86015, (c) : WI 81456). Les compartiments sont définis comme : TA : 10 premiers cm des tiges aériennes ; TS : tiges souterraines ; RA : racines ; FT : feuilles tombées naturellement.

a) R579		0-10 cm	10-40cm	40-80cm
0-15 cm	Tiges aériennes (0-10 cm)	2,4	0	0
	Tiges souterraines	0,53	0	0
	Racines	1,26	0,92	0,42
	Feuilles tombées (FT)	0	1,44	1,44
	Total	4,19	2,36	1,86
15-30 cm	Racines	0,43	0,71	0,49

b) WI86015		0-10 cm	10-40cm	40-80cm
0-15 cm	Tiges aériennes (0-10 cm)	2,53	0	0
	Tiges souterraines	0,52	0	0
	Racines	2,15	1,11	0,37
	Feuilles tombées (FT)	0	0,76	0,76
	Total	5,2	1,87	1,13
15-30 cm	Racines	0,80	1,02	0,53

c) WI81456		0-10 cm	10-40cm	40-80cm
0-15 cm	Tiges aériennes (0-10 cm)	3,31	0	0
	Tiges souterraines	0,72	0	0
	Racines	1,52	0,44	0,44
	Feuilles tombées (FT)	0	1	0,61
	Total	5,55	1,44	1,05
15-30 cm	Racines	0,32	0,48	0,32

35 Pouvoir calorifique des feuilles sèches

Le pouvoir calorifique des feuilles tombées au sol a été évalué de façon identique à celle des feuilles sèches restées attachées aux tiges (tableau 7). Il n'y a pas de différence entre variétés, dans l'essai V4 comme dans l'essai V5; c'est pourquoi la comparaison a porté uniquement sur le type de feuilles sèches. Il n'y a pas non plus de différence entre feuilles sèches restées attachées à la tige et feuilles tombées.

Tableau 7. Pouvoir calorifique (PCI, kJ/g de matière sèche) des feuilles sèches dans les essais V4 et V5 à 12 mois. Valeurs moyenne des 11 variétés testées)

	Feuilles adhérentes aux tiges	Feuilles tombées au sol	
		non dégradées	dégradées
Moyenne	16.40	16.50	16.20
Ecart type	0.314	0.382	0.421

4 Discussion conclusion

41 Biomasse des feuilles tombées au sol

Les biomasses de feuilles tombées sur le sol (FT) ont été obtenues, à la récolte, par une méthode simple. Il se peut que les valeurs obtenues soient légèrement surestimées à cause de la barrière partielle que constitue le filet et de quelques particules de terre restées attachées aux feuilles. Il se peut également qu'une (faible) partie des FT soit déjà transformée en matière organique plus évoluée, donc non mesurée. La contribution des FT en tant qu'apport de matière organique est donc, peut-être, un peu sous évaluée. Les résultats obtenus restent néanmoins représentatifs, au moins des conditions locales avec un climat tropical humide.

La biomasse issue des FT avant la récolte est fluctuante d'une variété à l'autre. Celle perdant le plus de feuilles est le témoin R579, avec environ 2,1 t/ha. C'est en effet une originalité de cette variété sucrière sélectionnée à La Réunion où la récolte manuelle est encore majoritaire. Cet épillage naturel facilite, en effet, la récolte manuelle. Mais ce témoin local n'a pas vocation à être retenu comme canne combustible. Parmi les 10 variétés étudiées, seule une, la WI79461, a une quantité de feuilles tombées qui approche celle du témoin (2,0 t/ha). Chez les autres variétés, elle est comprise entre 0,5 et 1,5 t/ha, soit moins de 2 % de la biomasse totale. A la récolte, une partie importante (de 30 à 50 %) de cette biomasse est déjà en début de décomposition, ce qui rend problématique son ramassage et son utilisation comme combustible ou comme aliment du bétail. En revanche, la matière organique issue de ces feuilles, faible quantitativement, est bien répartie dans l'interligne à la surface, dans un espace où il n'y a pas d'autres apports.

42 Biomasse des autres parties non combustibles de la plante : partie basse des tiges et racines

La biomasse de la partie souterraine de la tige est, en première année de plantation, d'environ 4 t/ha. Sur la durée d'une plantation de 5 à 7 ans, cela représente une faible contribution de matière organique. Chaque année, les parties basales des tiges aériennes, non récoltées,

représentent une biomasse d'environ 4 tonnes de matière sèche (tableau n° 5). Cette biomasse a une fonction de réserves nutritives et de lieu d'émergence des tiges.

La biomasse constituée par les racines est un compartiment rarement pris en compte ou de façon grossière dans les bilans de biomasse et dans les bilans organiques. Ceci est dû à la difficulté de la mesure. Malgré cette difficulté, des évaluations ont été faites ici car en système de canne combustible, où la plus grande partie de la matière organique est exportée, les racines peuvent jouer, a priori, un rôle important d'apport de matière organique.

La difficulté et la lourdeur des méthodes à mettre en œuvre pour l'estimation de la biomasse racinaire font que ce paramètre ne peut pas être obtenu avec autant de précision que la biomasse aérienne. La méthodologie appliquée, qui prend en compte les gradients entre le rang de canne et l'interligne, permet d'avoir des ordres de grandeur représentatifs.

La biomasse des racines localisées entre la surface et 30 cm de profondeur, obtenue dans ces conditions, est d'environ 2 t/ha (tableau n°4). Cette biomasse est en majorité issue des grosses racines. Il y a des différences entre les trois variétés mesurées, mais il est actuellement difficile d'en tirer des conclusions. Les valeurs obtenues sont en concordance avec d'autres résultats (Azevedo *et al.*, 2011, Chopart *et al.*, 2010). Il est probable que ces biomasses mesurées à la récolte sont légèrement inférieures à la production réelle de racines au cours du cycle végétatif, du fait de la mortalité racinaire qui peut débiter avant la récolte et à la procédure d'extraction des racines du sol qui peut faire perdre quelques racines fines.

Il y a encore des racines en dessous de 30 cm, jusqu'à plus de 4 mètres de profondeur en conditions favorables (Chopart *et al.*, 2009). Néanmoins, la décroissance de la biomasse racinaire est très rapide (Chopart *et al.*, 2009). Il a donc été possible, dans cette étude préliminaire, de négliger l'apport en matière organique que représentent les racines localisées en dessous de 30 cm. Cet apport peut être estimé grossièrement à partir des données obtenues entre 0 et 30 cm et celles de la littérature (Azevedo *et al.*, 2010, Chopart *et al.*, 2009). La biomasse racinaire localisée entre 30 et 100 cm est comprise entre 0,4 et 0,8 t/ha.

La biomasse d'origine racinaire est donc du même ordre de grandeur que celle provenant de la partie basale des tiges. Toutefois, la qualité de cette biomasse est très nettement supérieure à celle des tiges. En effet, la matière organique en provenance des tiges est localisée dans le profil de sol, à proximité immédiate du rang, pouvant y créer un excès de matière organique. Au contraire, la biomasse racinaire est très bien répartie dans le sol, y compris au milieu de l'interligne et en profondeur. La matière organique en provenance des racines a donc, a priori, une efficacité bien supérieure sur le sol, sur son statut organique et ses propriétés.

43 Utilisation des feuilles tombées au sol : combustible ou contribution au maintien du stock organique du sol?

La biomasse des feuilles tombées au sol est faible, entre une et deux tonnes de matière sèche par hectare, dont plus de la moitié est déjà en partie décomposée. Sur le témoin, cette biomasse de FT représente environ 25% de la biomasse laissée au sol (figure n° 6), mais seulement de 8 à 15% pour les variétés fibreuses sélectionnables comme cannes combustibles (0,7 à 2 tonnes/ha/an).

Faut-il utiliser cette biomasse comme combustible, ou faut-il la gérer comme un stock de matière organique qui a vocation à contribuer au maintien de la fertilité des sols ?

Cette biomasse de FT est située en surface, donc complémentaire de celle des racines. Elle constitue une matière organique de bonne qualité.

L'utilisation des FT comme combustible nécessiterait un ramassage mécanique post récolte qui, outre son coût risquerait d'endommager les jeunes repousses de canne.

La teneur en matière organique du sol de la zone concernée par le programme REBECCA est d'environ 4%, ce qui n'est pas alarmant. Dans beaucoup de sols et de systèmes de culture il serait possible d'envisager des exportations de biomasse qui, compte tenu du turn-over de cette matière organique (lié principalement au sol et à sa faune, au climat, à la nature de la biomasse). Dans les zones polluées par la chlordécone, il existe un facteur local très important qui fait que le taux actuel de matière organique doit être maintenu. En effet, d'après les travaux de l'INRA à la Guadeloupe (Cabidoche et al. 2009), la matière organique du sol sert de lieu principal de rétention des molécules de chlordécone. Celle-ci qui est ainsi piégée pour des dizaines ou des centaines d'années avec une teneur modérée en chlordécone dans la solution du sol et donc dans l'environnement. Toute diminution de la teneur en matière organique de ces sols entraînerait, directement, une diminution de la capacité de rétention du stock de molécule de Chlordécone. Les conséquences à terme seraient une augmentation de la chlordécone dans la solution du sol donc dans l'eau et in fine chez les animaux et les hommes.

Dans les zones polluées à la Chlordécone, il faut donc maintenir le niveau actuel du stock de matière organique.

En conséquence, à ce stade de nos connaissances, il apparaît qu'il n'est pas souhaitable, d'utiliser comme combustible ces feuilles tombées au sol, qui pourraient contribuer, en quantité et en qualité, à la durabilité de ce système de culture intensive de canne combustible.

44 Perspectives

Le maintien sur la parcelle des feuilles tombées naturellement au sol paraît nécessaire pour des raisons environnementales (piégeage de la chlordécone) dans nouveaux systèmes de culture de canne à vocation combustible. Mais est-ce suffisant pour permettre le maintien du stock organique du sol et le piégeage de la chlordécone ?

Il n'est pas possible, ici, de répondre de façon précise à cette question qui nécessite des travaux de recherches élargis avec l'appui de spécialiste de la matière organique du sol. Les résultats présentés permettent de servir de point de départ à ces études, avec une première quantification locale des apports de matière organique dans les futurs systèmes de canne combustible. Dans ces systèmes, il faudra suivre avec attention, dès la phase expérimentale, l'évolution du statut organique du sol et faire en sorte de maintenir le niveau de richesse en matière organique. Il ne devra pas être exclu, a priori, qu'une partie de la biomasse, considérée dans cette première étude comme combustible, change de statut et doive rester au champ pour assurer le maintien d'une teneur en matière organique du sol assurant la durabilité du système de culture et respectant les exigences environnementales.

Référence 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.

Cabidoche YM, Achard R, Clermont-Dauphin C, Massat F, Sansoulet J 2009. Long term pollution by Chlordecone of tropical volcanic soils in the French West Indies: A simple model accounts for current residue *Env. Pollution* 157 1697-1705.

Chopart JL, 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/IDESSA n° 7/94, 28 p.

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

Chopart, J.L., Le Mézo L., Brossier J.L. 2009 Spatial 2D distribution and depth of sugarcane root system in a deep soil. Communication Congrès ISSR (Int. Soc. of Root Research) ROOTRAP (Root Research and Applications). Sept. 2-4 Vienna (Autriche). 4 p.

Chopart J.L., Azevedo M.C.B., Le Mézo L., Marion D. 2010. Functional relationships between sugarcane root biomass and length for cropping system applications. *Sugar Tech.* 2 12:317–321.

Chopart JL, 2012a. Rapport d'exécution de la première année du programme REBECCA, de mai 2010 à mai 2011. Activités, premiers résultats et indicateurs. Note scientifique n°4. 15 p.
Chopart JL 2012b. Résultats du programme REBECCA phase 1 de septembre 2011 à mars 2012. Volet agro-variétal. Note scientifique CIRAD REBECCA N°6, avril 2012.

Chabrier. 2006 Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture. Rapport final d'exécution 100 p.

Dorel. M, Roger Estrade. J., 1998 Porosité et propriétés hydriques des sols volcaniques de la Guadeloupe Rôle des constituants du sol. Congrès mondial de science du sol. 7p.

eRcane 2010. Catalogue des variétés. *Revue Canne Progrès* n°22 8 p.

Evensen CI, Muchow RC, El-Swaify SA, Osgood RV, 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.