Perception des agriculteurs à La Réunion

Les agriculteurs perçoivent la biomasse résiduelle comme un frein efficace au développement des mauvaises herbes. Ils pensent qu'elle améliore le statut organique du sol mais aussi l'alimentation minérale et hydrique. Son action anti-érosive est aussi souvent citée. Par contre, elle constitue un obstacle aux opérations de travail du sol lors des replantation et une niche aux ennemis de la culture comme les larves de noctuelles ou les rats. Elle occasionne une augmentation des coûts de main d'œuvre en coupe manuelle. Enfin, elle constitue un vecteur d'incendies et elle masque les fuites en irrigation.

Evaluation locale

Les mesures en cours à La Réunion montrent que la biomasse résiduelle sèche BR (t/ha) et le rendement en canne Rdt (t/ha) sont proportionnels (BR= 0,162*Rdt). L'ensemble de nos mesures conduit à une biomasse résiduelle sèche de 11,68 ± 2,93 t/ha pour une production moyenne de 105,5 ± 8.22 t/ha. Le cultivar R579 produit statistiquement plus de biomasse résiduelle que le R570 (tableau 1). Les coupes manuelle dépaillée et mécanique en canne entière donnent des masses résiduelles comparables et statistiquement inférieures à celle de la coupe mécanique en cannes tronçonnées.

L'analyse minérale des différentes composantes dont nous disposons aujourd'hui permet de donner une première idée de la valeur des résidus (tableau 2).

Statistiques	N	P	K	Ca	Mg
Moyenne (Kg)	72,37	7,6	141,19	31,9	15,8
Ecart(±) en Kg	2,50	2,5	65,6	9,1	5,2

Tableau 2 : Mobilisations minérale moyenne de la biomasse résiduelle pour 100 t de canne à sucre

Perspectives

Cette étude encore fragmentaire doit permettre rapidement de modéliser la biomasse résiduelle en fonction du cultivar et de la modalité de récolte et quantifier ensuite à l'aide des modèles de croissance l'effet du climat et des modalités d'irrigation (goutte à goutte ou aspersion). Il est important, parallèlement d'adapter les itinéraires techniques aux résidus, avec pour cibles essentielles la gestion de l'enherbement et celle de la fertilisation. Nous prévoyons ainsi d'introduire les modalités de gestion des résidus pour affiner le conseil en fertilisation.

Cette étude montre l'importance d'une bonne gestion de la biomasse résiduelle pour une production cannière durable.

D. Pouzet, A. Velle, V. Jaglale

Photo 4. *Exportation des pailles de canne pour les besoins de l'élevage. (Photo Cedus)*

Modalités		Récolte			TOTAL
Cultivars	Statistiques (t/ha de MS)	Manuelle dépaillée	Mécanique cannes entières	Mécanique cannes tranconnées	
R570	Effectif	17,00	3,00	4,00	**24**
	Moyenne	9,87	13,37	9,33	**10,22**
	Ecart (±)	2,22	6,93	1,53	**4,61**
R579	Effectif	5	9	16	**30**
	Moyenne	11,50	9,56	15,35	**12,97**
	Ecart (±)	3,64	3,55	4,25	**2,75**
Total	Effectif	22	12	20	**54**
	Moyenne	10,24	10,51	14,15	**11,75**
	Ecart (±)	1,93	3,32	3,58	**1,78**

Tableau 1 : Biomasse résiduelle moyenne des échantillons suffisamment représentés.

Connaissance de l'agro-climat pour l'irrigation, la gestion du risque environnemental, la production

Analyse des précipitations et des risques d'excès d'eau aux Colimaçons (Ouest Réunion, 800m)

La zone Ouest de l'île est actuellement le lieu de changements importants dans l'occupation du sol et les systèmes de production, du fait de l'arrivée de l'eau pour l'irrigation. Des études des risques de pollutions sont menées dans la partie haute de la sole cannière. Il est pour cela nécessaire d'avoir des informations sur le niveau de drainage dans les sols cultivés.

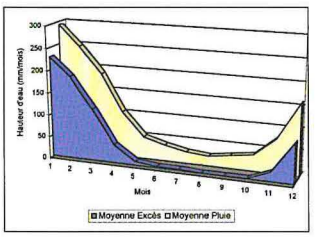

Figure 1. *Station des Colimaçons (Ouest, 790 m). Cumuls mensuels des pluies et des excès d'eau en culture de canne à sucre pluviale.*

Photo 5. *Exemple de gradient climatique : canne à sucre, palmier et neige.*
(Photo L. La Mezo)

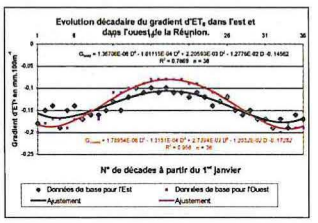

Figure 2. *Fluctuation du gradient (G : diminution en fonction de l'altitude) de l'évapotranspiration potentielle (ET0) au cours de l'année dans les parties Ouest (sous le vent) et Est (au vent).*

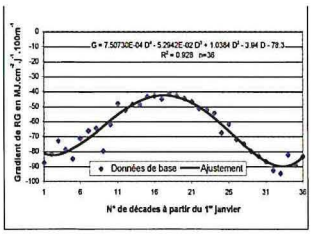

Figure 3. *Fluctuation du gradient (G : diminution en fonction de l'altitude) du rayonnement solaire (Rg) au cours de l'année, dans l'Ouest et le Sud Ouest (sous le vent)*

A partir d'une série climatique de 39 ans, une étude fréquentielle des pluies a été réalisée sur le site des Colimaçons. Les risques d'excédent d'eau ont été estimés, en culture pluviale, grâce au modèle SIMULIRRIG de simulation du bilan hydrique. La pluviosité annuelle est élevée (1250 mm) mais, pendant les 6 mois d'hiver, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle. Entre janvier et mars, les pluies peuvent être très fortes. En moyenne, il y a 5 pluies par an supérieures à 50mm/jour avec un record de 573 mm/j. Les risques d'excédent d'eau en culture pluviale de canne concernent essentiellement 11 décades situées entre le 10/12 et le 31/03 (figure 1).

Pour quantifier drainage et ruissellement et chercher à en limiter les effets, il est donc possible de focaliser les études sur cette période.

Modélisation de l'évapotranspiration potentielle et du rayonnement global

Pour des études à caractère appliqué sur les besoins en eau des cultures, sur le pilotage de l'irrigation, sur la modélisation de la croissance de la canne à sucre et la prévision de production, il est nécessaire de disposer d'une connaissance locale de plusieurs variables climatiques dont l'évapotranspiration potentielle (ET0), et le rayonnement solaire global (Rg). Or, il n'est pas possible de multiplier les postes météorologiques. Le problème est particulièrement aigu à la Réunion où le relief entraîne une grande variabilité spatiale du climat (photo 5). A la demande de collègues chercheurs et du développement, ET0, et Rg ont été modélisés, au pas de temps décadaire, à partir de variables facilement disponibles. Les travaux concernent la partie Ouest et Sud de l'Ile où les séries climatiques sont plus complètes. Des premiers tests on été effectués pour estimer l' ET0 dans l'Est de l'île.

L'évapotranspiration potentielle et le rayonnement global fluctuent au cours de l'année et sont très liés à l'altitude du poste, entre 0 et 1000 mètres. Ceci a permis d'établir des ajustements de la fluctuation saisonnière :

i) de l'ET0 et Rg au niveau de la mer,

ii) des gradients altitudinaux.

Pour prendre en compte la variabilité de ET0 et Rg à l'intérieur de l'année, deux indicateurs ont été testés : le numéro de la décade (D, à partir du 01/01) et le rayonnement extra-terrestre (Ra). Des modèles empiriques, tirés de ces ajustements, sont proposés pour estimer l'ET0 dans l'Ouest et l'Est (figure 2), et le Rg dans l'Ouest (figure 3) sur un site dont on ne connaît que l'altitude, en s'appuyant sur une station de référence dont la variable climatique de la décade est connue. Ces modèles ont été validés sur des jeux de données indépendantes. Les estimations calculées à partir de D ou de Ra sont très proches.

Ces modèles ont été utilisés pour élaborer un logiciel ECLAIR (Estimations du Climat Local pour l'Agriculture et l'irrigation à la Réunion). Cet outil permet d'accéder à des estimations fréquentielles du climat local, chez les agriculteurs, à partir de la base de données météo du CIRAD.

Conseils en irrigation : un nouvel outil est en fin d'élaboration

Afin de compléter les outils actuels de conseil en irrigation, la Chambre d'Agriculture a demandé au CIRAD, en s'appuyant sur l'expérience acquise avec le logiciel Irricanne, d'élaborer un outil de conseil plus simple et plus souple, qui permettrait aux techniciens de suivre un plus grand nombre d'agriculteurs. La réalisation de ce nouvel outil a été entreprise en collaboration étroite avec l'organisme demandeur. Une version provisoire d'OSIRI–Run (Outil Simplifié pour une Irrigation Raisonnée et Individualisée à la Réunion) a été présentée lors d'un comité de pilotage en décembre 2003. Le logiciel et les conseils peuvent être contenus dans une simple disquette. L'outil est nettement plus simple d'utilisation pour les techniciens, tout en restant scientifiquement fondé. Il pourrait, à terme être approprié directement par des agriculteurs motivés. Cet outil sera finalisé et testé sur le terrain dès début 2004.

Mise en place d'un dispositif de test et de validation des outils de conseil en irrigation.

Un nouveau dispositif comprenant 4 blocs de 4 traitements situé à Bassin Martin près de St Pierre était en culture homogène en 2003 pour tester la variabilité spatiale, caractériser le site et permettre la mise en place d'un dispositif de mesure du bilan hydrique. On observe un bonne homogénéité du dispositif avec des rendements représentatifs de ceux de la zone.

En 2003, le dispositif a été équipé de :

- 4 lysimètres (photo 6). Un dispositif composé d'un pluviomètre automatique couplé à une centrale d'acquisition des données permettra de quantifier les flux de drainage.
- 4 rhizotrons. Pour suivre l'occupation du sol par le système racinaire capteur d'eau qui dimensionne le volume du réservoir de sol utile pour l'alimentation en eau de la plante
- 14 sites de mesure de l'humidité du sol par la méthode TDR (Time Domain Reflectometry). Chaque site est composé de 4 capteurs implantés à différentes profondeurs jusqu'à 2 mètres (photo 7). A côté de ces sondes, des tensiomètres sont en cours d'installation.

A partir de 2004, le dispositif va servir de site d'étude d'outils de conseils en irrigation en commençant par

celui déjà utilisé sur le terrain (Irricanne) et celui qui vient d'être élaboré (OSIRI-Run). Ces tests se feront principalement par comparaison entre les valeurs simulées et les valeurs mesurées des termes du bilan hydrique et des paramètres de la culture. Dans l'avenir, le dispositif pourra servir à caler et valider de nouveaux outils de pilotage d'irrigation et des modèles de bilan hydrique. Des modèles de transferts de solutés et des modèles de croissance de la canne pourront aussi être testés, en collaboration avec les spécialistes concernés.

J.L. Chopart et L. Le Mézo, M. Mézino, B. Mouny, R. Nativel (techniciens)

Photo 6. Installations des lysimètres dans le dispositif Tirano. (Photo L. Le Mézo)

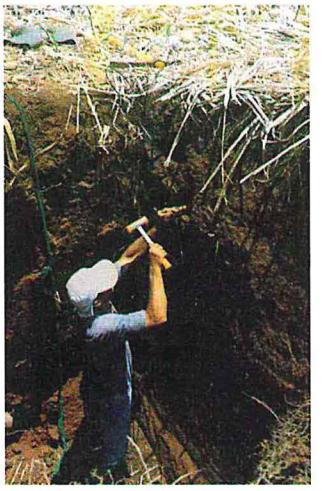

Photo 7. Installations des sondes TDR. (Photo L. Le Mézo)

Modélisation de la croissance de la canne à sucre

Après une période de mise au point méthodologique et d'observations dans des conditions climatiques contrastées, un premier modèle (MOSICAS) a été créé avec la variété R570 cultivée sur des repousses de cycles annuels. Son domaine de validation qui s'étend à des conditions contrastées de rayonnement, température et alimentation hydrique n'est valable que pour des conditions optimales d'alimentation minérale, d'enherbement et de maladies. Une plate-forme de simulation (SIMULEX) permettant de gérer les données d'entrée et de lancer des simulations a été construite. Des applications du modèle ont été réalisées : Etude de la croissance et des potentialités, estimations de récoltes, intégration cartographique, appui à l'irrigation,...

Etudes en pots sur la dynamique de répartition des composantes de la biomasse

Le coefficient de partition racine/total inclus dans le modèle, issu de la littérature, acquis sur d'autres variétés et dans d'autres conditions, doit être vérifié de façon simple sur la R570 en réalisant en vierge et repousses des études en pots de 30 cm de diamètre et de 50 à 90 cm de profondeur.

Les résultats de 2001, 2002 et 2003 montrent, en canne vierge, que :

- l'évolution du rapport MS racines / MS totale sur R570 peut être mise en relation avec l'âge et la somme des degrés.jour (age thermique) avec une décroissance exponentielle de 60% en début de cycle vers 12% en fin.
- les rapports MS racines / MS totale, 90, 165 et 269 jours après plantation, ne montrent aucune différence significative entre variétés (R570, R575, R577 et R579). Cependant, bien qu'aucune comparaison statistique ne soit possible, des différences importantes entre variétés sont observées en début de cycle 15 jours après mise en germination.

En 2004 les différences précoces de partition entre variétés en début de cycle (15 et 60 jours après plantation) seront testées statistiquement. Les différences de comportement en début de cycle seront reliées avec la croissance ultérieure et l'évolution de la partition sera formalisée pour chaque variété.

Observations sur les caractéristiques variétales de 6 variétés commerciales réunionnaises

Le Modèle ne comprend actuellement qu'une variété, la R570. D'autres variétés par l'intermédiaire de leurs paramètres de fonctionnement (températures seuils, coefficients de partition, tolérance au stress hydrique..) doivent être intégrées. Ces variétés concerneront dans un premier temps essentiellement les variétés cultivées à la Réunion et en Guadeloupe. Ces différentes caractéristiques doivent être déterminées dans des environnements contrastés d'un point de vue thermo-radiatif et hydrique. De plus, la modélisation étant potentiellement un outil d'aide à la sélection, des études sur les relations entre les caractéristiques variétales facilement mesurables et les paramètres plantes d'entrée du modèle doivent être réalisées.

Quelques caractéristiques variétales, surtout morphologiques, ont pu être déjà déterminées en zones littorales et sur repousses à La Bretagne en 2002 (cf. Rapport 2002). Elles doivent être confirmées en vierges, zones fraîches et situations de stress hydrique. Ainsi en mars-avril 2003, deux essais ont été mis en place aux Colimaçons (800m) en pluvial sur R570, R575, R577, R579 et à La Mare (80m) en pluvial et irrigué avec fertilisations azotées contrastées (0, 60, 130N) sur R570, R575 et R579.

Les observations programmées sur ces deux essais permettront d'intégrer ces variétés (paramètres de fonctionnement) dans le modèle, fin 2004 pour les vierges et fin 2005 pour les repousses.

Observations sur les cycles longs (Cannes des hauts)

L'amélioration de l'itinéraire technique des cannes des hauts nécessite des études sur la réponse de la canne à l'écartement et à la longueur du cycle. Ces études concordent avec la nécessité d'intégrer l'effet des cycles longs dans le modèle. Les premiers résultats, obtenus en 2000 à colimaçons (rapport annuel

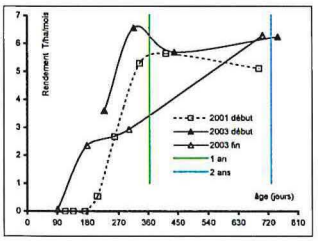

Figure 4. *Evolution du rendement canne en T/ha/mois sur 3 traitements récoltés vers 24 mois en début 2001, début 2003 et fin 2003.*

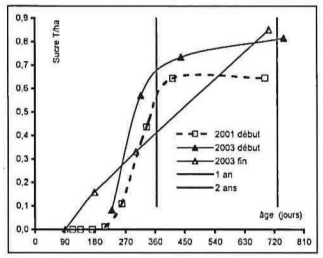

Figure 5. *Evolution du rendement sucre en T/ha/mois sur 3 traitements récoltés vers 24 mois en début 2001, début 2003 et fin 2003*

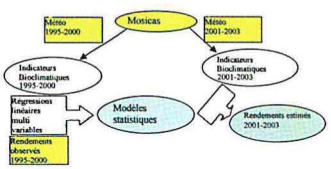

Figure 6. *Données et modèles utilisés pour l'estimation des productions par bassin à la Réunion.*

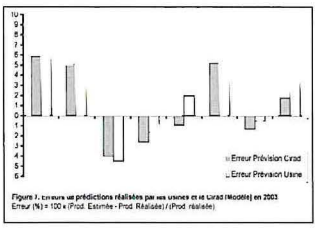

Figure 7. *Erreurs de prédictions réalisées par les Usines et le Cirad (Modèle) en 2003.*

2001), devaient être confirmés par un essai comportant deux dates de coupes, mis en place sur R570 et le même site et suivi sur 24 mois en repousse. L'ensemble des observations réalisées permet de présenter les résultats suivants

- L'apparition très tardive de tige usinable et de sucre (7-8 mois en début et 4 mois en fin) est confirmée dans les hauts. Elle milite pour des cycles supérieurs à 12 mois dans ces conditions.
- Après 12 mois, la canne continue à croître, à la fois en rendement canne et sucre, selon un rythme qui dépend essentiellement des conditions météorologiques de la deuxième année de croissance (stress hydrique, respiration d'entretien (température et masse, état azoté). Les différences de conditions de croissance entre première et seconde année induisent donc la deuxième année des augmentations relatives de production très variables (voir tableau 3).
- Les évolutions de rendement et de sucre exprimées en t/ha/mois (figures 4 et 5) devraient permettre d'estimer la longueur optimum. du cycle bien que d'autres critères agronomiques (entretien), climatiques (cyclone) et économiques (mode de paiement de la canne) soient à prendre en compte. L'optimum de rendement/ha/mois semble très variable alors que l'optimum en sucre/ha/mois est toujours supérieur à 14 mois. Les observations de 2000 montrent que l'augmentation de sucre/ha/mois entre 12 et 14 mois est due à l'augmentation de richesse dont le 'pic' n'est pas à 12 mais plutôt 14 mois pour la R 570 dans ces conditions de culture.

Augmentation	Rendement canne	Rendement sucre
1999-2001(début)	77 %	117 %
2001-2003 (début)	100 %	144 %
2001-2003 (fin)	230%	250 %

Tableau 3. Augmentations relatives de rendement canne et de sucre entre la deuxième (rendement 2) et la première année (rendement1. 100*(Rendement 2-Rendement1) /Rendement1

Cette variabilité importante des résultats, montre les limites de l'expérimentation classique dans de tels types d'études. L'emploi d'un modèle, calé et validé dans les cas observés, devrait permettre, avec les historiques climatiques des zones des hauts :

- de réaliser une étude fréquentielle des augmentations de production entre des cycles de 12 et 24 mois
- de déterminer les cycles optimaux à l'aide des rendements simulés, exprimés en t/ha/mois.

Prévisions de récoltes sur l'ensemble des bassins d'approvisionnement de l'île de la Réunion

Chaque année, l'organisation de la récolte des 27000 ha de canne à la Réunion - longueur de la période de récolte, quotas aux agriculteurs - nécessite une prévision fiable (marge d'erreur inférieure à 5%) des productions de chaque bassin d'approvisionnement. Ces estimations, basées soit sur les déclarations des agriculteurs avant début juin (enquête usines) , soit sur des échantillonnages sur des parcelles représentatives (CTICS) , révèlent selon les années des écarts importants entre les productions estimées et réalisées. Sachant que le modèle de croissance fourni des indicateurs de production explicatifs de la variabilité des rendements, le modèle a été utilisé pour estimer les productions.

Les estimations sont effectuées par bassin d'approvisionnement (5 pour la Réunion). On utilise le modèle de croissance Mosicas, les données météo issues des stations les plus représentatives de chaque bassin et les rendements moyens observés sur chaque bassin connaissant la production et la surface récoltée (figure 6).

Dans une première phase de calage, Sur la période 1995-2000, chaque année et par bassin , les simulations effectuées entre la mi-campagne précédente et le 1er juin fournit des indicateurs bioclimatiques tels que la température, stress... sur le cycle et pendant le période de formation de tige usinable. La comparaison des rendements observés et de ces indicateurs permet de déterminer les indices expliquant le mieux la variabilité interannuelle des rendements et ainsi de retenir plusieurs modèles statistiques cohérents d'un point de vue biologique et hautement explicatif de la variabilité des rendements

Lors d'une deuxième phase (estimation), sur la période de 2001-2003 et pour chaque bassin et chaque année, on simule les indices bioclimatiques retenus auxquels on applique les modèles statistiques pour estimer les rendements de 2001 à 2003.

Résultats :

Sur les bassins de Beaufonds (1) et de Grand Bois (5), les rendements sont essentiellement négativement corrélés aux drainages et ruissellements cumulés (abondance des pluies).

Sur les bassins de Bassin de Bois Rouge (2) et du Gol (4) : les rendements sont essentiellement et positivement corrélés aux taux de satisfaction hydrique sur la période de formation de tige usinable.

Sur le bassin de Savanna (3) : Aucune corrélation acceptable entre rendement et indicateurs bioclimatiques n'a été trouvée.

Comme le montre la figure 7, le modèle doit être amélioré pour les bassins de l'Est (1) et du Nord (2), en particulier Beaufonds. Les surfaces récoltées chaque année, par balance et bassins, doivent absolument être déterminées pour améliorer les estimations et mieux suivre l'évolution de la productivité de la sole cannière au cours des ans.

J.F. Martiné, M.P. Vesoul