Rapport de stage

Effet de la taille sur la croissance végétative et la floraison du manguier Cogshall

Aliénor Stahl

Stage de 2ème année / césure
Juin - Décembre 2017

Cirad - Station de Bassin Plat
Saint-Pierre (Ile de la Réunion)

Maîtres de stage :
Isabelle Grechi (Chercheur), CIRAD - UPR HortSys
Séverine Persello (Doctorante), CIRAD - UPR HortSys

Partie 1

Effets de la taille sur la croissance végétative du manguier *Cogshall*

Aliénor Stahl

CIRAD, UPR HortSys, station Bassin Plat, 97410 Saint Pierre, La Réunion
Montpellier SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34000 Montpellier

RESUME

La taille est une pratique culturale courante pour la conduite des manguiers (*Mangifera indica*), qui sert contrôler la hauteur de l'arbre et les dimensions de la canopée. Les effets de deux facteurs de taille, l'intensité (biomasse retirée sur l'arbre) et la sévérité (profondeur de la taille le long de l'axe de taille), sur la croissance végétative du manguier *Cogshall* ont été étudiés. Les manguiers ont été soumis à une taille nulle (T0), d'intensité faible (T1), ou forte (T3), et sur chaque arbre, trois modalités de sévérité de taille sont appliquées. On étudie les effets de la taille au cours de l'année au cours de laquelle a eu la taille, et l'année suivante. A court terme, le taux de débourrement augmente avec l'intensité de taille et la sévérité de taille. Une unité de croissance en position apicale aura un plus grand nombre d'UCs filles qu'une UC en position latérale. Le nombre d'UCs filles augmente également avec la sévérité de taille. Pour la morphologie des filles, l'intensité de taille a un effet négatif sur le nombre de feuilles mais un effet positif sur la surface de la feuille médiane tandis que la sévérité de taille a un effet positif sur la surface de la feuille médiane et sur la longueur de l'axe de l'unité de croissance pour les UCs taillées. La taille permet également de synchroniser la croissance végétative. A long terme (année n+1), les effets de la taille sur le taux de débourrement, l'intensité de débourrement et la morphologie des UCs filles s'inversent.

Mots-clés : Mangifera indica, manguier, Réunion, taille, unité de croissance, intensité, sévérité, Cogshall

INTRODUCTION

La mangue est le 7ème fruit le plus produit au monde avec une production supérieure à quarante-cinq millions de tonnes en 2014 (FAO, 2017a). Cela représente environ 23 % de la production mondiale en fruits tropicaux, les principaux fruits tropicaux étant la banane, la mangue, l'ananas, la papaye, et l'avocat (FAO, 2017b). A la Réunion, la production de mangues est de 3 000 tonnes en 2014 soit 10 % de la production en fruits tropicaux (FAO, 2014). De nombreuses variétés de mangues sont présentes sur l'île (VINCENOT, 2004), parmi lesquelles les variétés *José* et *Cogshall* représentent respectivement 50 % et 30 % de la surface en mangue à la Réunion (VINCENOT & al, 2009). La première est destinée au marché local et la seconde en partie à l'exportation. Cependant la production de mangues est contrainte par un certain nombre de problèmes : une irrégularité de production avec une alternance entre années de production forte et plus faible, une hétérogénéité des fruits à la récolte (en terme de calibre ou de qualité gustative), et des asynchronismes phénologiques ayant des impacts agronomiques et phytosanitaires sur la production.

Le cycle phénologique du manguier, qui dure un an et demi, est composé d'une phase de

croissance végétative, suivie d'une phase de repos végétatif, puis de la floraison et de la fructification (VINCENOT & al, 2009). Le manguier a une croissance végétative rythmique : ses axes présentent des phases d'allongement rapide entrecoupées par des phases de repos (HALLE & al, 1978). La croissance a lieu en plusieurs phases successives, également appelées « flush ». La portion d'axe qui se développe pendant une période ininterrompue d'allongement est appelée unité de croissance (UC) (HALLE & MARTIN, 1968).

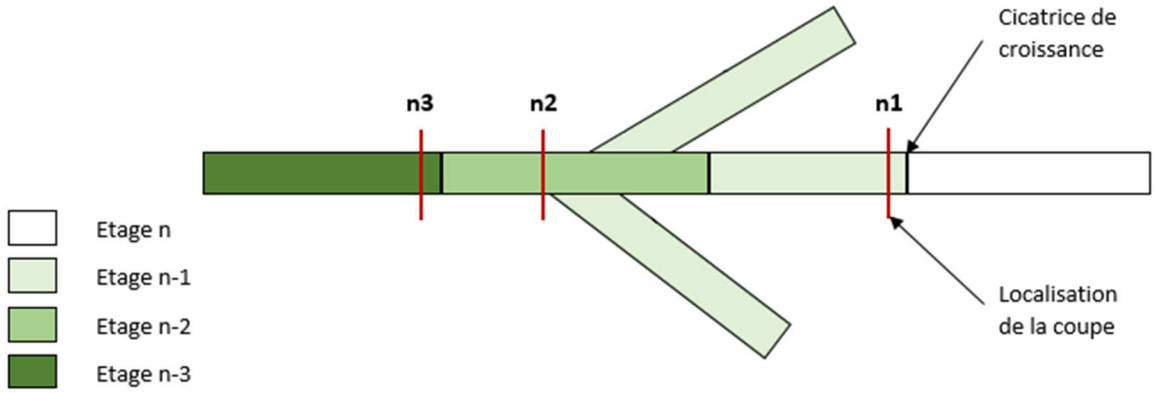
Le manguier a une croissance végétative principalement séquentielle, c'est-à-dire que les nouvelles UCs sont produites sur des UCs terminales. Une UC peut également débourrer à partir d'un ancien bourgeon situé sur une UC non terminale (issue d'un flush plus ancien). Elle est alors considérée comme une réitération (OLDEMAN, 1974).

La floraison et la fructification ont lieu sur les unités de croissance terminales. Ces différents stades phénologiques sont influencés par des facteurs d'ordre climatique (température, pluviométrie, …) ou culturaux (irrigation, taille, …) et des facteurs endogènes (charge en fruit au cours de la récolte précédente, position et âge de l'unité de croissance).

La taille est une pratique importante dans la conduite des arbres. Elle peut être réalisée selon trois finalités : la rejuvénilisation de grands arbres (taille sévère), la formation des jeunes arbres et la réduction des dimensions de la canopée des arbres adultes (taille de formation) et la synchronisation de la croissance végétative sur l'ensemble de l'arbre (taille annuelle des UCs terminales) (DAVENPORT, 2006). Ces différentes modalités de taille permettent le contrôle de la hauteur des manguiers, l'amélioration de l'interception lumineuse par la canopée. La taille est généralement effectuée après la récolte dans le but d'augmenter le taux de floraison en maximisant le temps disponible pour la croissance végétative de l'arbre et l'occurrence des événements physiologiques générant la floraison (GARCIA DE NIZ & al, 2014; MULLINS, 1986; OOSTHUYSE, 1993; RAM, 1993). Dans le cas d'une taille tardive, la croissance végétative peut retarder la floraison (MENZEL & LE LAGADEC, 2017).

Cependant, la réponse du manguier à la taille varie beaucoup suivant les études : le rendement augmente dans certains cas (REDDY & KURIAN, 2011; SINGH & al, 2010; YESHITELA & al, 2005) et diminue dans d'autres cas (OOSTHUYSE, 1997). D'après la littérature, la taille stimule la croissance végétative (MENZEL & LE LAGADEC, 2017) et la croissance végétative affecte la floraison et la fructification (CAPELLI & al, 2016). Il semble donc que les effets de la taille sur le rendement dépendent en partie des effets de la taille sur la croissance végétative. Aussi, il a été choisi d'étudier dans un premier temps l'effet de la taille sur la croissance végétative afin de mieux

Figure 1: Modalités de taille pour le facteur sévérité



comprendre ses impacts sur le rendement et la variabilité de cette réponse.

Un certain nombre d'études sur l'impact de la taille sur la croissance végétative du manguier ont déjà été réalisées.

Les cultivars *Tommy Atkins* et *Keitt* présentent une augmentation de la longueur des UCs filles émises suite à la taille des UCs terminales après récolte et le cultivar *Tommy Atkins* présente une augmentation du nombre de feuilles des UCs filles (YESHITELA & al, 2005). A contrario, la taille des UCs terminales pour le cultivar *Sensation* n'influence pas la longueur des UCs filles émises mais entraine une diminution du nombre de feuilles sur l'UC (OOSTHUYSE, 1994). Enfin, différentes profondeurs de taille, définies en cm depuis l'apex, entrainent un accroissement du nombre d'UCs filles par UC mère par rapport à une absence de taille, et une grande profondeur de taille génère une augmentation de la longueur de l'UC fille pour les cultivars *Amrapali*, *Mallika* et *Dashehari* (SINGH & al, 2010). Une autre étude, sur des arbres non taillés, montre l'influence de la position apicale ou latérale de l'UC sur sa morphologie : le nombre de feuilles, la surface des feuilles et la longueur de l'UC sont plus grands pour les UCs en position apicale (NORMAND & al, 2009). Une UC apicale est issue d'un bourgeon axillaire tandis qu'une UC latérale est issue d'un bourgeon latéral. Cette caractérisation de position (apicale ou latérale) est relative à l'UC mère.

La taille peut être caractérisée par son intensité, c'est-à-dire la biomasse fraiche retirée à l'arbre, ou par sa sévérité, c'est-à-dire la profondeur de coupe sur l'axe. Dans la majorité des études (SINGH & al, 2010; YESHITELA & al, 2005), ces deux facteurs sont imbriqués : plus la sévérité est grande, plus l'intensité est grande. Il a donc ici été choisi de les découpler afin de pouvoir caractériser les effets de chacun sur la croissance végétative. Ces effets ont été étudiés à l'échelle locale (réitération sur les UCs taillées) et à distance (croissance séquentielle sur les UCs terminales non taillées). De plus, les effets ont été étudiés à court terme, durant l'année de la taille (année n), et à plus long terme, au cours de l'année suivant celle de la taille (année n+1).

Figure 2: Exemples de croissance végétative sur les UCs suivies des arbres taillés en 2016 (A) et en 2017 (B)

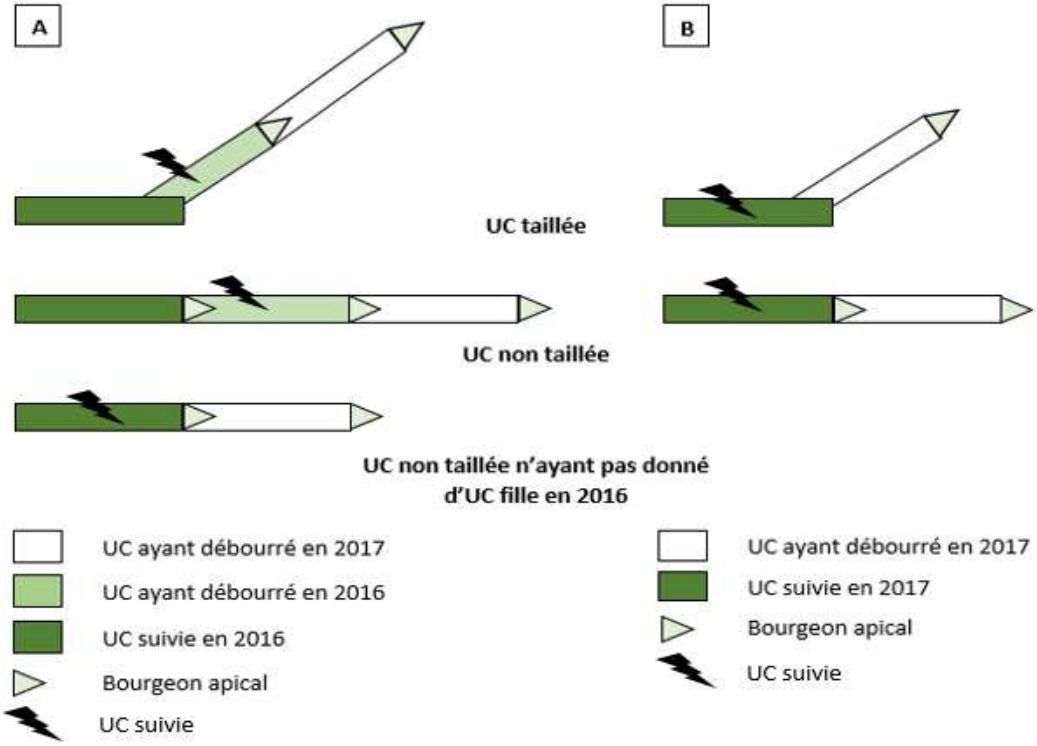


Tableau 1: Nombre d'UCs suivies selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC pour les UCs filles issues des UCs taillées et non taillées et les UCs non taillées n'ayant pas donnée d'UC fille (arbres taillés en 2016).

		UCs filles issues d'UCs taillées (n=235)	UCs filles issues d'UCs non taillées (n=207)	UCs n'ayant pas donné d'UC fille en 2016 (n=84)
Intensité de taille	**T0**	-	68	33
	T1	115	64	29
	T3	120	75	22
Sévérité de taille	**n1**	80	-	
	n2	75	-	
	n3	80	-	
Position de l'UC	**A**	-	98	36
	L	-	109	48

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude

L'expérimentation a été menée sur la station du CIRAD de Bassin Plat, à Saint Pierre, à La Réunion, dans l'océan Pacifique (latitude : 21°31'S ; longitude : 55°51'E ; élévation : 125 m) au cours des années 2016 et 2017. Douze manguiers de la variété *Cogshall*, greffés sur le porte greffe *Maison rouge*, ont été sélectionnés par année d'étude dans un même verger planté en 2004.

Dispositif expérimental

Deux facteurs de taille ont été considérés : l'intensité et la sévérité de taille. L'intensité de taille correspond à la biomasse végétale retirée (bois et feuilles) sur l'arbre. Trois modalités ont été définies pour l'intensité de taille : T0 correspond à une taille nulle (arbres témoins), T1 à une taille faible (2016 : 0,14 ± 0,03 kg de masse fraîche enlevée par m^3 de canopée ; 2017 : 0,15 ± 0,03 kg de masse fraîche enlevée par m^3 de canopée) et T3 à une taille forte (2016 : 0,51 ± 0,06 kg de masse fraîche enlevée par m^3 de canopée ; 2017 : 0,50 ± 0,05 kg de masse fraîche enlevée par m^3 de canopée). La sévérité de taille a été définie à l'échelle de l'UC et correspond à la profondeur de la taille le long de l'axe depuis l'UC terminale. La sévérité de taille comprend trois modalités : n1, n2, et n3, pour lesquelles un, deux, et trois étages de croissance ont été retirés respectivement (Figure 1). Pour chaque modalité, toutes les UCs de l'étage considéré ont été enlevées.

Soit N_{Ti} le nombre de points de coupe sur un arbre ayant subi une intensité de taille Ti et $N_{Ti,nj}$ le nombre de points de coupe de sévérité nj sur cet arbre. Plus l'intensité de taille est forte, plus le nombre de points de coupe est grand ($N_{T0} < N_{T1} < N_{T3}$) et quelle que soit l'intensité de taille, la même proportion de points de coupe de sévérité n1, n2, et n3 est appliquée ($N_{Ti,n1} = N_{Ti,n2} = N_{Ti,n3}$). Quatre arbres ont été taillés par modalité d'intensité de taille en février 2016 et quatre arbres ont été taillés par modalité d'intensité de taille en février 2017.

Echantillonnage et suivi

L'effet à long terme de la taille a été étudié sur des arbres taillés en 2016 dont on a suivi la croissance végétative en 2017. L'effet à court terme de la taille a été étudié sur des arbres taillés en 2017 dont on a suivi la croissance végétative au cours de la même année.

Pour les arbres taillés en 2017, on a étudié l'effet local de la taille, au niveau des UCs taillées, et l'effet à distance, sur des UCs non taillées. Pour cela 30 UCs terminales (15 en position apicale et 15 en position latérale) ont été échantillonnées par arbre. Sur les arbres taillés uniquement, 10 UCs par modalité n1, n2,

et n3 ont été échantillonnées. Un total de 60 UCs par arbre taillé et 30 par arbre non taillé ont été suivies (Figure 2B).

Pour les arbres taillés en 2016, on a étudié l'effet local de la taille, au niveau des UCs filles issues des UCs taillées, et l'effet à distance, sur les UCs filles issues des UCs non taillées ainsi que sur les UCs non taillées n'ayant pas donné d'UCs filles en 2016 (Figure 2A). Les UCs étudiées ont été sélectionnées parmi les UCs déjà suivies au cours de l'année de taille en cherchant à conserver des effectifs similaires à ceux de l'étude des arbres taillés en 2017 soit : 10 UCs par modalité de sévérité de taille par arbre pour les UCs filles issues d'axes taillés et 20 UCs terminales (10 en position apicale et 10 en position latérale) pour les UCs filles issues d'axes non taillés, ainsi que 10 UCs terminales n'ayant pas donné de filles par arbre. Cependant, cet échantillonnage n'a pas été possible pour chaque arbre car il n'y avait pas assez d'UCs disponibles (Tableau 1).

Le suivi des UCs échantillonnées a été réalisé de février à juillet 2017. On a relevé de façon hebdomadaire la date de débourrement de chaque nouvelle UC fille. A partir de mi-juin, il n'y avait plus de production de nouvelles UCs et le nombre d'UCs filles de chaque UC suivie a été déduit des suivis précédents. Par ailleurs, et pour chaque UC fille, sa longueur, son nombre de feuilles, la longueur et la largeur de sa feuille médiane, et sa position (apicale ou latérale) ont été relevés.

Analyses statistiques

A. Description des variables

La croissance végétative peut être décrite, à l'échelle d'une UC, par l'occurrence, l'intensité et la temporalité du débourrement de l'UC, et la morphologie des UCs filles produites.

La variable **occurrence de débourrement** peut prendre deux valeurs : 1 s'il y a eu débourrement de l'UC ou 0 si l'UC n'a pas débourré. Cette variable suit donc une loi binomiale. Le taux de débourrement des UCs d'une même modalité d'intensité et/ou de sévérité de taille correspond au nombre d'UCs ayant débourrées sur le nombre total d'UCs suivies pour la modalité considérée.

L'**intensité de débourrement** est décrite uniquement pour les UCs ayant débourrées. Elle correspond au nombre d'UCs filles produites par l'UC, qui peut prendre des valeurs comprises entre 1 et n (n étant un entier naturel), auquel est retranché la valeur de 1 lors des analyses. Cette variable peut alors être considérée comme suivant une loi de Poisson définie sur [0 ; +∞[.

La **morphologie de l'UC fille** est décrite par trois variables : le nombre de feuilles, la longueur de l'axe et la surface de la feuille médiane. La variable nombre de feuilles peut prendre des valeurs entre 0 et n (n étant un entier naturel) et sera donc considérée comme suivant une loi de Poisson. La surface de la feuille médiane est estimée par la formule suivante : $S = 0.74 \times L \times w$, avec L la longueur et w la largeur de la feuille médiane (DAMBREVILLE & al, 2013). La surface de la feuille médiane ainsi que la longueur de l'axe de l'UC sont considérées comme suivant des lois gaussiennes.

La variable **temporalité de débourrement** correspond à la date de débourrement en nombre de jours depuis la taille. Etant donné que le nombre d'UCs filles est variable entre les modalités de taille et qu'à l'échelle d'une UC, les UCs débourrent quasiment en même temps (données non représentées), il a été choisi de décrire la dynamique de débourrement en considérant uniquement la date de débourrement de la première UC fille de chaque UC mère ayant débourrée. Plusieurs flushs de croissance peuvent être observés au cours d'une saison. La dynamique de débourrement est considérée comme suivant un mélange de loi de Poisson.

B. Description des analyses réalisées

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.3.3).

Les effets de l'intensité et de la sévérité de taille, de leurs interactions, ainsi que de la position de l'UC suivie (dans le cas d'UCs non taillées) sur l'occurrence, l'intensité de débourrement, et la morphologie des UCs filles ont été analysés par des modèles linéaires généralisés (GLM) suivis par une analyse de déviance avec le test du Chi2. Les GLM sont basés sur la méthode du maximum de vraisemblance. Lorsqu'un effet significatif d'un facteur est mis en évidence, un test de comparaison de moyenne a été réalisé avec la fonction glht issue de la librairie multcomp. Comme aucune interaction des facteurs n'est significative, le test de comparaison des moyennes est réalisé sur le GLM sans les interactions. Il permet d'identifier quelles modalités du facteur sont significativement différentes. Il est dérivé du test de Tukey dans le cas des modèles linéaires généralisés. Les effets de l'intensité et la sévérité de taille sur la temporalité de débourrement ont été analysés grâce à la librairie flexmix, qui permet d'ajuster un mélange de loi à des données.

Afin de permettre des comparaisons sur les dynamiques de débourrement entre arbres taillés en 2016 et arbres taillés en 2017, la dynamique de débourrement des arbres taillés 2016 a été ramenée en jours après la date du 01/02/2017, qui correspond à la date de taille des arbres taillés en 2017.

Les tests ayant été faits à l'échelle de l'UC sur un très grand nombre d'individus, une très faible variabilité entre modalité peut être significative au seuil de 5 %. Afin d'avoir un risque faible de conclure à tort à la significativité d'un facteur, le seuil de probabilité a été fixé à 1 %.

RESULTATS

A. *Taux de débourrement*

1. *Arbres taillés en 2017*

Pour les UCs taillées, le taux de débourrement augmente significativement avec l'intensité ($p < 0.001$) et la sévérité ($p < 0.001$) de taille. Pour les UCs non taillées, le taux de débourrement tend à augmenter avec l'intensité de taille ($p = 0.013$) et n'est pas influencé par la position de l'UC ($p = 0.83$) (Tableau 2).

Il est également possible de mettre en évidence un taux de débourrement significativement supérieur pour les UCs taillées par rapport aux UCs non taillées, en particulier pour l'intensité de taille T3 (T3 : $p < 0.01$; T1 : $p = 0.03$).

2. *Arbres taillés en 2016*

Pour les UCs filles issues d'UCs taillées, le taux de débourrement diminue significativement avec l'intensité ($p < 0.001$) et la sévérité ($p < 0.01$) de taille. Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, le taux de débourrement diminue significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.001$) et augmente lorsque l'UC se trouve en position latérale ($p < 0.001$). Pour les UCs non taillées n'ayant pas donné d'UCs filles en 2016, le taux de débourrement tend à diminuer avec l'intensité de taille ($p = 0.03$) mais n'est pas influencé par la position de l'UC ($p = 0.87$) (Tableau 2).

Par ailleurs, en considérant séparément chaque modalité d'intensité de taille et de position de l'UC, il est montré que le taux de débourrement a tendance à être supérieur pour les UCs filles issues d'UCs taillées par rapport aux UCs filles issues d'UCs non taillées, qui ont également un taux de débourrement supérieur par rapport aux UCs non taillées n'ayant pas donné d'UCs filles en 2016 (Tableau 2).

B. *Intensité de débourrement : nombre d'UCs filles par UC ayant débourrée*

1. *Arbres taillés en 2017*

Pour les UCs taillées, l'intensité de débourrement n'est pas influencée par l'intensité de taille ($p = 0.94$), mais elle augmente significativement avec la sévérité de taille ($p < 0.001$). Pour les UCs non taillées, l'intensité de débourrement n'est pas influencée par l'intensité de taille ($p = 0.049$), mais elle est significativement plus élevée pour

Tableau 2: Taux de débourrement des UCs suivies sur les arbres taillées en 2017 (UCs taillées et non taillées) et sur les arbres taillés en 2016 (UCs filles issues d'UCs taillées, UCs filles issues d'UCs non taillées, et UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016) selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille, et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC suivie

		Arbres taillés en 2017			Arbres taillés en 2016			
		UCs taillées	**UCs non taillées**	**p**	**UCs filles issues d'UCs taillées**	**UCs filles issues d'UCs non taillées**	**UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016**	**p**
Intensité de taille	**T0**	-	44,2		-	79,4 a A	18,2 B	< 0.001
	T1	55,8 b	41,7	0.03	59,1 a A	53,1 a A	17,2 B	< 0.001
	T3	80,0 a A	59,2 B	< 0.01	33,3 b A*	17,3 b B*	0,0 AB	< 0.001
	p	< 0.001	0.013		< 0.001	< 0.001	0.03	
Sévérité de taille	**n1**	51,3 b	-		60,0 a	-	-	
	n2	71,2 ab	-		45,3 ab	-	-	
	n3	81,2 a	-		32,5 b	-	-	
	p	< 0.001	-		< 0.01	-	-	
Position de l'UC suivie	**A**	-	47,8		-	21,4 b	11,1	0.14
	L	-	48,9		-	73,4 a A	14,6 B	< 0.001
	p	-	0.83		-	< 0.001	0.87	

Les valeurs des différentes modalités d'un facteur situées dans une même colonne sont considérées comme significativement différentes ($p < 0.01$) lorsque les lettres minuscules diffèrent. Les valeurs des taux de débourrement situées sur une même ligne sont considérées comme significativement différentes ($p < 0.01$) lorsque les lettres majuscules diffèrent.
(*) valeurs significativement différentes pour $p < 0.05$

Tableau 3: Intensité de débourrement (nombre d'UCs filles par UC mère ayant débourrée) des UCs suivies sur les arbres taillées en 2017 (UCs taillées et non taillées) et sur les arbres taillés en 2016 (UCs filles issues d'UCs taillées, UCs filles issues d'UCs non taillées, et UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016) selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille, et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC suivie

		Arbres taillés en 2017					Arbres taillés en 2016			
		UCs taillées		UCs non taillées		p	UCs filles issues d'UCs taillées	UCs filles issues d'UCs non taillées	UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016	p
Intensité de taille	**T0**	-		1,7 ± 1,3			-	3,0 ± 4,0 a	1,7 ± 0,8	0.01
	T1	3,4 ± 2,4	A	1,3 ± 0,8	B	< 0.001	2,7 ± 1,9 a	3,2 ± 2,0 a	2,6 ± 1,1	0.40
	T3	3,4 ± 2,2	A	1,5 ± 1,0	B	< 0.001	1,4 ± 0,7 b	1,4 ± 1,0 b	-	0.84
	p	0.94		0.049			< 0.001	< 0.001	0.14	
Sévérité de taille	**n1**	2,6 ± 1,7 b		-			2,2 ± 1,6 ab	-	-	
	n2	3,4 ± 2,1 ab		-			2,7 ± 2,0 a	-	-	
	n3	3,9 ± 2,6 a		-			1,7 ± 1,2 b	-	-	
	p	< 0.001		-			< 0.01	-	-	
Position de l'UC suivie	**A**	-		1,7 ± 1,3 a			-	3,2 ± 2,1	2,5 ± 1,3	0.34
	L	-		1,3 ± 0,6 b			-	2,7 ± 3,4	1,9 ± 0,9	0.07
	p	-		< 0.001			-	0.04	0.73	

Les valeurs des différentes modalités d'un facteur situées dans une même colonne sont considérées comme significativement différentes ($p < 0.01$) lorsque les lettres minuscules diffèrent. Les valeurs d'intensité de débourrement situées sur une même ligne sont considérées comme significativement différentes ($p < 0.01$) lorsque les lettres majuscules diffèrent.

Tableau 4: Morphologie des UCs filles issues des UCs suivies sur les arbres taillés en 2016 (UCs filles issues d'UCs taillées, UCs filles issues d'UCs non taillées, et UCs filles issues d'UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016) selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC suivie (UC mère).

		UCs filles issues d'UCs taillées			**UCs filles issues d'UCs non taillées**			**UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016**		
		Nombre de feuilles	*Surface de la feuille médiane (cm²)*	*Longueur (cm)*	*Nombre de feuilles*	*Surface de la feuille médiane (cm²)*	*Longueur (cm)*	*Nombre de feuilles*	*Surface de la feuille médiane (cm²)*	*Longueur (cm)*
Intensité de taille	**T0**	-	-	-	8,2 ± 4,2 a	33,1 ± 16,1 a	7,3 ± 4,6	5,0 ± 1,7	25,2 ± 13,7	3,7 ± 1,9 b
	T1	7,1 ± 3,3	39,3 ± 16,1 a	7,2 ± 3,1	8,3 ± 3,3 a	35,7 ± 11,6 a	9,0 ± 4,3	7,4 ± 2,3	36,7 ± 11,8	9,6 ± 6,3 a
	T3	8,1 ± 4,1	27,4 ± 14,0 b	7,1 ± 3,7	5,0 ± 3,0 b	16,3 ± 6,7 b	4,8 ± 2,3	-	-	-
	p	0.13	< 0.01	0.83	< 0.01	< 0.01	0.01	0.03	0.05	< 0.01
Sévérité de taille	**n1**	7,3 ± 3,6	33,6 ± 13,9	6,5 ± 3,0	-	-	-	-	-	-
	n2	8,3 ± 3,2	40,6 ± 17,4	7,8 ± 3,3	-	-	-	-	-	-
	n3	6,8 ± 4,0	33,3 ± 18,7	7,8 ± 3,6	-	-	-	-	-	-
	p	0.11	0.34	0.20	-	-	-	-	-	-
Position de l'UC mère	**A**	-	-	-	7,5 ± 3,5	32,2 ± 13,9	8,2 ± 4,3	7,3 ± 2,4	33,5 ± 9,6	8,9 ± 6,8
	L	-	-	-	8,3 ± 3,9	33,4 ± 14,4	7,6 ± 4,6	5,5 ± 1,9	29,9 ± 16,5	5,4 ± 4,1
	p	-	-	-	0.28	0.64	0.87	0.94	0.06	0.30

Les valeurs des différentes modalités d'un facteur situées dans une même colonne sont considérées comme significativement différentes ($p < 0.01$) lorsque les lettres minuscules diffèrent.

Tableau 5: Morphologie des UCs filles issues des UCs suivies sur les arbres taillés en 2017 (UCs taillées et non taillées) selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC suivie (UC mère)

		UCs taillées			**UCs non taillées**		
		Nombre de feuilles	*Surface de la feuille médiane (cm²)*	*Longueur (cm)*	*Nombre de feuilles*	*Surface de la feuille médiane (cm²)*	*Longueur (cm)*
Intensité de taille	**T0**	-	-	-	5,7 ± 2,8 b	28,0 ± 13,8 b	5,0 ± 2,6
	T1	5,6 ± 2,6 a	34,9 ± 19,2 b	9,7 ± 4,3	7,0 ± 3,1 a	36,7 ± 19,5 b	5,6 ± 2,6
	T3	4,8 ± 2,8 b	46,1 ± 15,6 a	10,2 ± 4,3	6,3 ± 3,0 a	52,1 ± 21,5 a	5,7 ± 2,7
	p	< 0.001	< 0.001	0.20	< 0.01	< 0.001	0.17
Sévérité de taille	**n1**	5,2 ± 2,5	40,5 ± 14,9 ab	8,3 ± 3,6 b	-	-	-
	n2	4,9 ± 2,7	38,4 ± 17,2 b	9,2 ± 4,0 ab	-	-	-
	n3	5,3 ± 2,8	43,5 ± 19,7 a	11,1 ± 4,4 a	-	-	-
	p	0.34	< 0.001	< 0.001	-	-	-
Position de l'UC mère	**A**	-	-	-	6,0 ± 3,1	39,4 ± 22,2	5,3 ± 2,6
	L	-	-	-	6,6 ± 2,9	40,9 ± 20,5	5,7 ± 2,6
	p	-	-	-	0.13	0.97	0.34

Pour chaque type d'UC et chaque facteur, des lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes ($p < 0.01$).

les UCs en position apicale ($p < 0.001$) (Tableau 3).

L'intensité de débourrement est significativement supérieure pour les UCs taillées par rapport aux UCs non taillées, que ce soit dans le cas d'une intensité de taille T1 ($p < 0.001$) ou T3 ($p < 0.001$).

2. Arbres taillés en 2016

Pour les UCs filles issues d'UCs taillées, l'intensité de débourrement diminue significativement avec l'intensité ($p < 0.001$) et la sévérité ($p < 0.01$) de taille. Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, l'intensité de débourrement diminue significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.001$) et tend à être supérieure pour les UCs en position apicale ($p = 0.04$). Pour les UCs non taillées n'ayant pas donné d'UCs filles en 2016, l'intensité de débourrement n'est influencé ni par l'intensité de taille ($p = 0.14$), ni par la position de l'UC ($p = 0.73$) (Tableau 3).

L'intensité de débourrement des arbres T0 tend à être inférieure pour les UCs non taillées n'ayant pas donné d'UCs filles en 2016 par rapport aux UCs filles issues d'UCs non taillées ($p = 0.01$). Pour les autres modalités d'intensité de taille et de position de l'UC suivie, l'intensité de débourrement n'est pas significativement différente entre les différentes catégories d'UCs suivies (Tableau 3).

C. Morphologie des UCs filles issues des UCs suivies

1. Arbres taillés en 2017

Pour les UCs taillées, le **nombre de feuilles** portées par l'UC fille diminue significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.001$) mais n'est pas influencé par la sévérité de taille ($p = 0.34$). Pour les UCs non taillées, le nombre de feuilles augmente significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.01$) mais n'est pas influencé par la position de l'UC mère ($p = 0.13$) (Tableau 5).

L'intensité de taille a un effet significativement positif sur la **surface de la feuille médiane** de l'UC fille pour les UCs taillées ($p < 0.001$) et pour les UCs non taillées ($p < 0.001$). La sévérité de taille influence la surface de la feuille médiane sans qu'un effet précis ne puisse être mis en évidence les UCs taillées ($p < 0.001$). Pour les

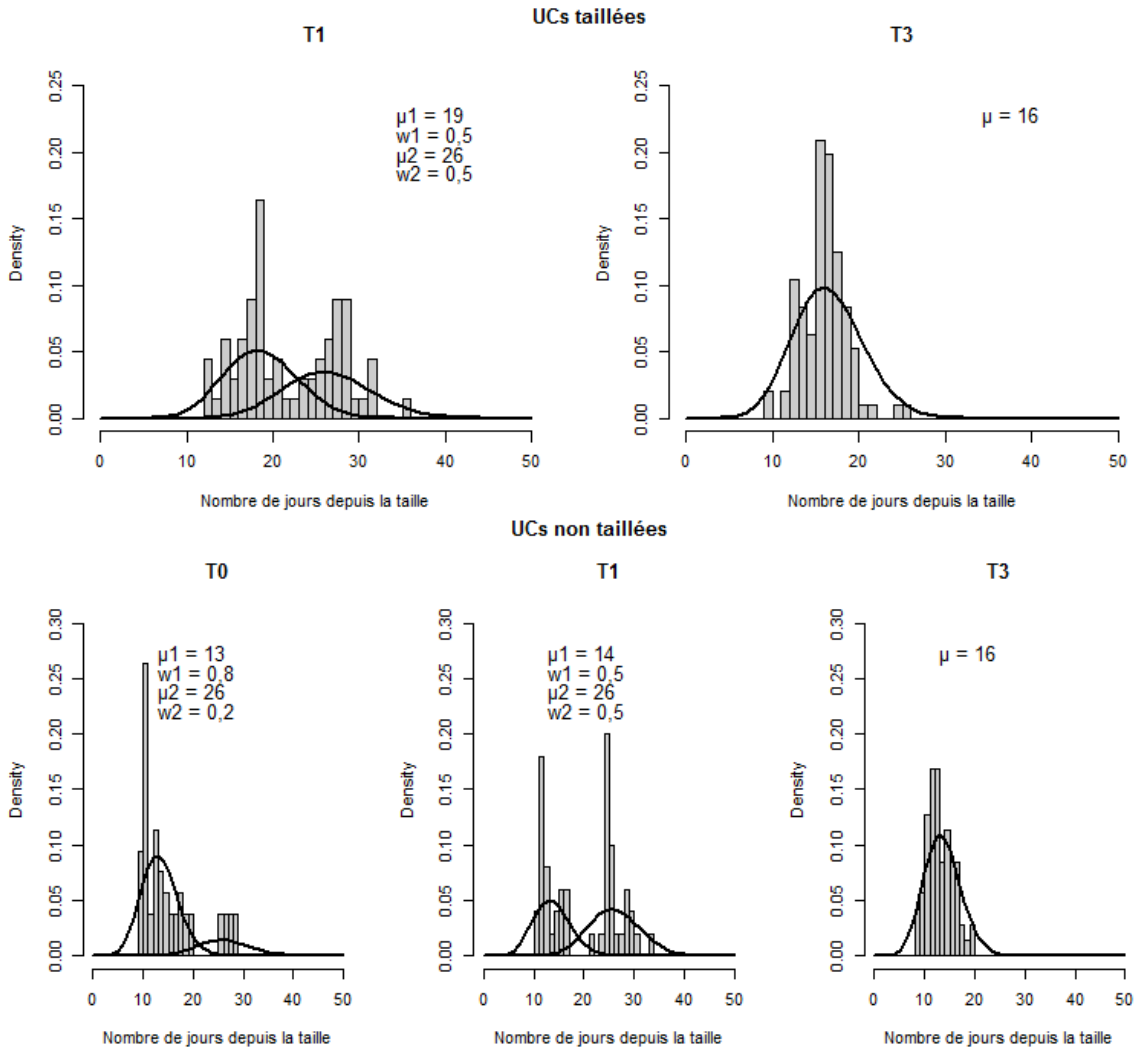


Figure 3: Dynamique de débourrement des UCs suivies sur les arbres taillés en 2017 (UCs taillées et non taillées) selon la modalité d'intensité de taille. μ correspond à la date du flush et w au poids attribué à chaque flush.

UCs non taillées, la position de l'UC mère n'influence pas la surface de la feuille médiane ($p = 0.97$) (Tableau 5).

Pour les UCs taillées, la **longueur de l'axe** n'est pas influencée par l'intensité de taille ($p = 0.20$) mais augmente significativement avec la sévérité de taille ($p < 0.001$). Pour les UCs non taillées, la longueur de l'axe n'est pas influencée par l'intensité de taille ($p = 0.17$) ou par la position de l'UC mère ($p = 0.34$) (Tableau 5).

2. *Arbres taillés en 2016*

Pour les UCs filles issues d'UCs taillées, le **nombre de feuilles** portées par l'UC fille n'est pas influencé par l'intensité de taille ($p = 0.13$) ou par la sévérité de taille ($p = 0.11$). Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, le nombre de feuilles diminue significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.01$). Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016, le nombre de feuilles tend à augmenter avec l'intensité de taille ($p = 0.03$) (Tableau 4).

L'intensité de taille a un effet significativement négatif sur la **surface de la feuille médiane de l'UC fille** pour les UCs filles issues d'UCs taillées ($p < 0.01$) et d'UCs non taillées ($p < 0.01$). A contrario, pour les UCs filles issues d'UCs non taillées n'ayant pas donné de fille en 2016, l'intensité de taille semble avoir un effet positif sur la surface de la feuille médiane ($p = 0.05$). La sévérité de taille n'a pas d'influence sur la surface de la feuille médiane ($p = 0.34$) (Tableau 4).

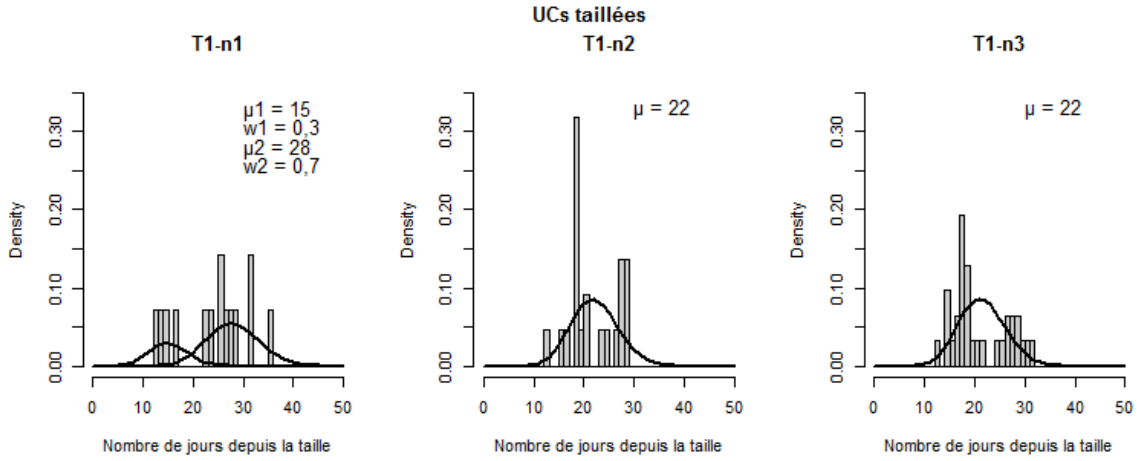


Figure 4: Dynamique de débourrement des UCs suivies sur les arbres ayant subi une intensité de taille T1 en 2017 (UCs taillées) selon la modalité de sévérité de taille. μ correspond à la date du flush et w au poids attribué à chaque flush.

Pour les UCs filles issues d'UCs taillées, la **longueur de l'axe** n'est pas influencée par l'intensité de taille (p = 0.83) ou la sévérité de taille (p = 0.20). Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, la longueur de l'axe n'est pas influencée par l'intensité de taille (p = 0.01). Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016, l'intensité de taille a un effet positif sur la longueur de l'axe (p < 0.01) (Tableau 4).

D. Dynamique du débourrement

1. Arbres taillés en 2017

Pour les UCs taillées, le débourrement des arbres ayant subi une intensité de taille T1 a lieu en deux flush équilibrés, autour des 19ème et 26ème jours après la taille, tandis que les arbres ayant subi une taille T3 ne présentent qu'un seul flush, autour du 16ème jour après la taille (Figure 3). Pour les arbres ayant subi une taille d'intensité T1, on peut voir que les UCs ayant subi une taille de sévérité n1 présentent deux flush autour des 15ème et 28ème jours après la taille avec un débourrement ayant majoritairement lieu au cours du second flush (70 % des effectifs ayant débourré au second flush). Les UCs ayant subi une taille de sévérité n2 et n3 présentent un seul flush de croissance ayant lieu respectivement autour du 22ème jour après la taille (Figure 4). Pour les arbres ayant subi une taille d'intensité T1, les différentes modalités de sévérité de taille présentent toutes un unique flush autour du 16ème jour après la taille (résultats non présentés).

Pour les UCs non taillées, le débourrement des arbres témoins T0 et ayant subi une intensité de taille T1 a lieu en deux flush, autour des 13ème et 26ème jours après la taille. Les flush sont équilibré pour T1 tandis que le débourrement des T0 a majoritairement lieu au cours du premier flush (82 % des effectifs). Pour les arbres ayant subi une taille T3, le débourrement a lieu en un flush autour du 16ème jour après la taille (Figure 3). On peut noter que les flush des UCs taillées et non taillées ont lieu en même temps pour les arbres ayant subi une taille d'intensité T3.

2. Arbres taillés en 2016

Pour les UCs filles issues d'UCs taillées, le débourrement a lieu en deux flush : autour des 11ème et 28ème jours après la taille pour les arbres T1, la majorité du débourrement ayant lieu au cours du premier flush (70 % des effectifs), et autour des 9ème et 27ème jours après la taille pour les arbres T3, avec des effectifs équilibrés (Figure 5). On peut voir que les UCs ayant subi une taille de sévérité n1 et n3 présentent un débourrement ayant lieu en deux flush équilibrés, autour respectivement des 10ème et 25ème, et des 11ème et 28ème jours après la taille. Les UCs ayant subi une taille de sévérité n2 ont majoritairement débourrées au cours du premier flush, autour du 10ème jour

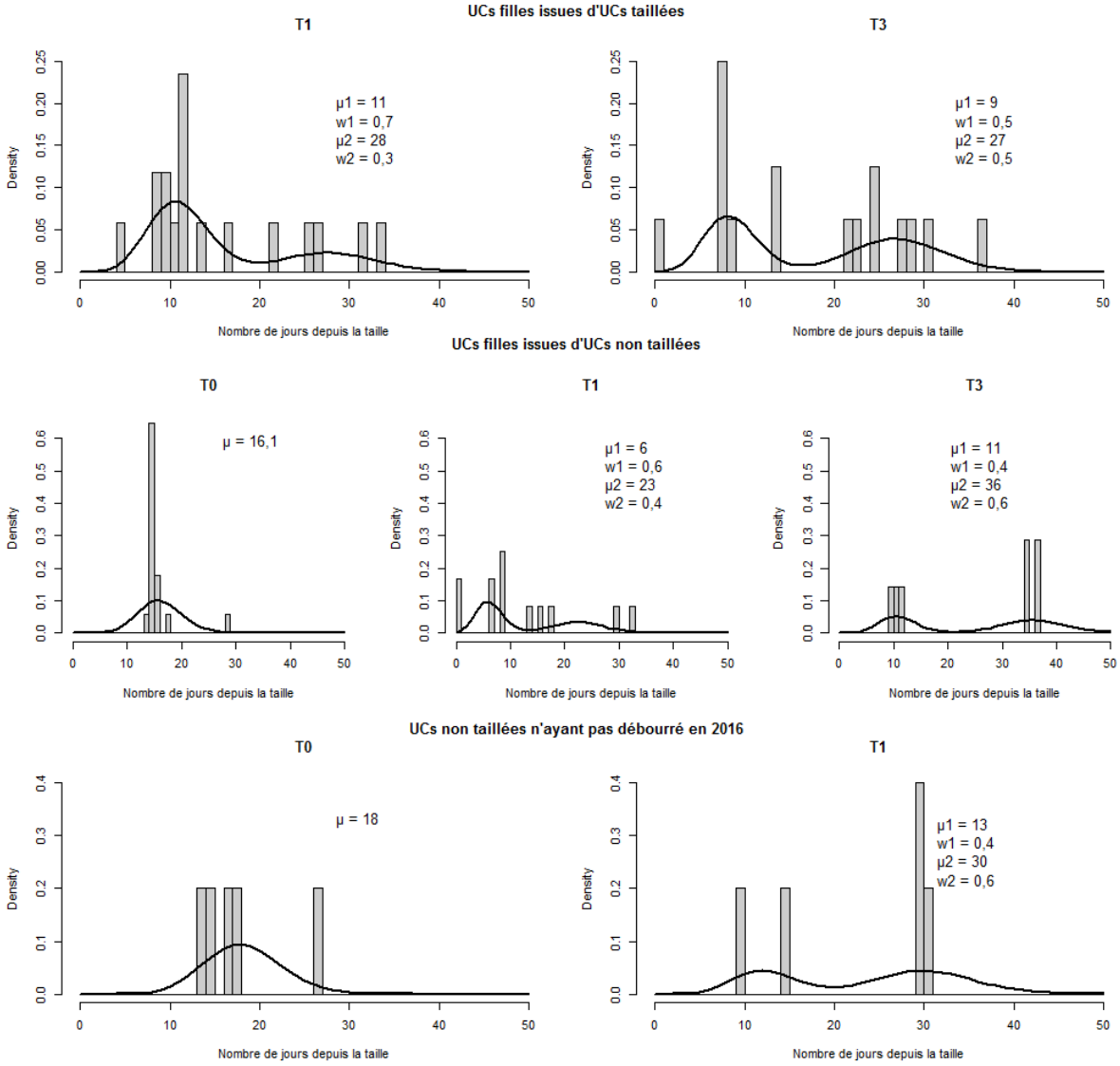


Figure 5: Dynamique de débourrement des UCs suivies sur les arbres taillés en 2016 (UCs filles issues d'UCs taillées, UCs filles issues d'UCs non taillées, et UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016) selon la modalité d'intensité de taille. μ correspond à la date du flush et w au poids attribué à chaque flush. Le jour 0 correspond à la date de taille des arbres taillés en 2017 afin de permettre une comparaison des données.

après la taille (89 % des effectifs) et qu'elles ont ensuite débourrées autour du 34ème jour après la taille (Figure 6).

Pour les UCs issues d'UCs non taillées, le débourrement a lieu en un flush autour du 16ème jour après la taille pour les arbres T0. Pour les arbres T1 et T3, le débourrement a lieu en deux flush : autour des 6ème et 23ème jours après la taille (60 % des effectifs ayant débourré au premier flush) pour T1 et autour des 11ème et 36ème jours après la taille (43 % des effectifs ayant débourré au premier flush) pour T3 (Figure 5).

Pour les UCs non taillées n'ayant pas débourré en 2016, le débourrement a eu lieu en un flush au 18ème jour après la taille pour les arbres T0 et en deux flush pour les arbres T1, autour des 13ème et 30ème jour après la taille (40% des effectifs ayant débourré au premier flush) (Figure 5).

DISCUSSION

Peu d'études s'intéressent à l'impact de la taille sur la croissance végétative des manguiers et peu concernent le cultivar *Cogshall*.

Les résultats présentés dans cette étude sont issus d'une unique année d'observation

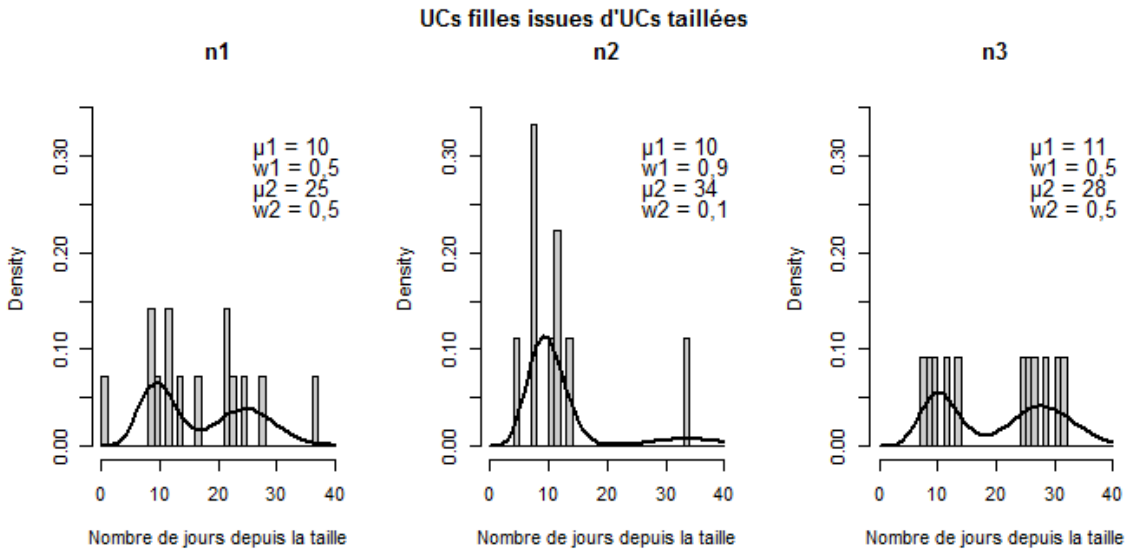


Figure 6: Dynamique de débourrement des UCs suivies sur les arbres taillés en 2016 (UCs filles issues d'UCs taillées) selon la modalité de sévérité de taille. μ correspond à la date du flush et pds au poids attribué à chaque flush. Le jour 0 correspond à la date de taille des arbres taillés en 2017 afin de permettre une comparaison des données.

(2017) ; pour l'effet de la taille sur la même année, la même expérimentation avait néanmoins été conduite en 2016 et il avait été mis en évidence une influence de l'intensité de taille sur le taux de débourrement pour les UCs taillées et les UCs non taillées ainsi qu'une influence de la sévérité de taille sur le taux et l'intensité de débourrement pour les UCs taillées (DEZILEAUX, 2017). Seul l'effet de l'intensité de taille sur le taux de débourrement des UCs non taillées n'a pas été retrouvé dans cette étude (résultat significatif à 5 %, p = 0.013). La morphologie des UCs filles n'avait pas été étudiée dans la précédente étude.

Pour les effets immédiats de la taille (année n), il est à remarquer que le taux et l'intensité de débourrement des UCs non taillées ne sont pas influencées par l'intensité de la taille mais que les résultats sont significatifs au seuil de 5%. Une autre étude, portant sur deux variétés de pommier, a étudié l'effet de la sévérité de taille sur les arbres sans la découpler de l'intensité de taille ; c'est-à-dire que plus la sévérité de taille augmente, plus l'intensité de taille augmente. Cette étude a mis en avant l'effet à distance de la taille sur les branches non taillées, avec une augmentation du nombre d'UCs filles et de longueur d'axe dans le cas d'une sévérité de taille forte en comparaison aux arbres non taillés (FUMEY & al, 2011).

Il a été possible de constater que l'intensité de débourrement augmente avec la sévérité de la taille pour le cultivar *Cogshall*, résultat également retrouvé pour les cultivars *Amrapali*, *Mallika* et *Dashehari* avec la sévérité de taille définie en cm depuis l'apex (SINGH & al, 2010). La longueur de l'axe des UCs filles augmente avec la sévérité de taille pour les cultivars *Tommy Atkins*, *Keitt*, *Amrapali*, *Mallika* et *Dashehari*, tout comme le montre cette étude pour le cultivar *Cogshall*, mais n'est pas influencée par la taille pour le cultivar *Sensation* (OOSTHUYSE, 1994; SINGH & al, 2010; YESHITELA & al, 2005). Ce résultat est également retrouvé chez le mandarinier (*Citrus reticulata Blanco*.) (SALEM & al, 2009).

Le nombre de feuilles des UCs filles est différement influencé par l'intensité de taille selon la variété : il augmente pour les UCs taillées du cultivar *Tommy Atkins,* diminue pour les UCs taillées du cultivar *Sensation,* tout comme cela a été trouvé pour les UCs taillées du cultivar *Cogshall*, et ne change pas pour les UCs taillées du cultivar *Keitt* (OOSTHUYSE, 1994; YESHITELA & al, 2005).

L'année 2015, qui a précédé la taille de 2016, a été une année avec une faible charge en fruits tandis que l'année 2016 a été une année avec une forte charge en fruits. Or, pour les effets immédiats (année n) de la taille, on a retrouvé les mêmes effets de la taille. On peut donc émettre l'hypothèse que la charge en fruits de l'année précédant la taille n'a pas d'influence sur les effets de la taille sur la croissance végétative.

Pour les cultivars , *Amrapali*, *Mallika* et *Dashehari*, la taille a pour effet de synchroniser la croissance végétative, avec des flush plus uniformes qu'en cas d'absence de taille (SINGH & al, 2010). Ces résultats ont également été retrouvés au cours de cette étude.

Pour la croissance végétative de l'année suivant l'année de taille (année n+1), il a ici été montré que les tendances s'inversent pour le taux de débourrement : plus l'intensité ou la sévérité de taille augmente, plus le taux de débourrement est faible que ce soit pour les UCs filles issues d'UCs taillées ou les UCs filles issues d'UCs non taillées. L'effet de la position de l'UC suivie sur le taux de débourrement qui a été trouvé dans cette étude est à relativiser : en effet, les effectifs entre UCs en position apicale et latérale sur les arbres ayant subi une même intensité de taille ne sont pas équilibrés. Un grand nombre d'UCs en position latérale proviennent d'arbres T0, tandis que seulement 8 UCs en position apicale proviennent d'arbres T0. Pour l'intensité de débourrement des UCs filles issues d'UCs taillées, l'effet de la sévérité de taille s'inverse également : plus elle est forte plus l'intensité de débourrement est faible. On peut constater que l'intensité de taille a un effet sur la croissance des UCs filles issues d'UCs taillées et des UCs filles issues d'UCs non taillées mais pas pour les UCs non taillées n'ayant pas donné d'UC fille en 2016.

Pour la morphologie des UCs filles issues d'UCs taillées, l'effet de l'intensité de taille s'inverse également avec un effet négatif sur la surface de la feuille médiane. Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, l'effet de l'intensité de taille s'inverse également au cours de la seconde année après la taille avec un effet négatif sur le nombre de feuilles et la surface de la feuille médiane.

Il serait intéressant de vérifier les résultats obtenus au cours de nouvelles expériences afin de confirmer qu'il n'y a pas d'influence de la charge en fruits de l'arbre au cours de l'année n. En effet, les manguiers sont caractérisés par une production alternante avec des années dites « on » et « off ».

CONCLUSIONS

La réponse du manguier à la taille varie beaucoup selon les études ; afin de mieux comprendre l'origine de ces variations, deux facteurs de taille habituellement imbriqués ont été découplés afin de caractériser les effets de chacun sur la croissance végétative. Cette étude a permis de mettre en évidence, via un effet sur le taux de débourrement, sur l'intensité de débourrement ou sur la morphologie des UCs filles, que la taille augmente la croissance végétative au cours de l'année n (effet immédiat de la taille). Les effets de la taille ont tendance à s'inverser au cours l'année suivant la taille. De plus, il a été mis en évidence un effet de synchronisation de la croissance végétative au cours de l'année n en cas d'intensité de taille forte.

L'augmentation du taux et de l'intensité de débourrement ainsi que des caractéristiques morphologiques peut être attribuée à un mécanisme de l'arbre qui tend à restaurer la biomasse perdue suite à la taille.

Le découplage des deux facteurs a permis de mettre en évidence des effets distincts de chaque facteur sur le cultivar *Cogshall* ; il serait intéressant de voir si ces effets sont également distints pour d'autres cultivars.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier Isabelle Grechi pour m'avoir permis de travailler au sein d'une équipe de recherche et Séverine Persello pour

l'aide apportée sur les angles d'analyses des résultats et la bibliographie.

Ce rapport de stage a été réalisé dans le cadre du projet ECOVERGER, action pilotée par le ministère de l'Agriculture et de l'alimentation et le ministère de la Transition écologique et solidaire, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité dans le cadre de l'APR "Résistance et pesticides" grâce aux crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto, ainsi que dans le cadre du DPP COSAQ, programme de recherche agronomique du Cirad (activités 2016-2018) financé par la communauté européenne (programme opérationnel FEDER), le Conseil Régional de La Réunion et le Cirad.

REFERENCES

Capelli, M., Lauri, P. E., & Normand, F. (2016). Deciphering the costs of reproduction in mango - Vegetative growth matters. *Frontiers in Plant Science*, 7: 15-31.

Dambreville, A., Normand, F., & Lauri, P. E. (2013). Plant growth co-ordination in natura: A unique temperature-controlled law among vegetative and reproductive organs in mango. *Functional Plant Biology*, 40: 208-291.

Davenport, T. L. (2006). Pruning strategies to maximize tropical mango production from the time of planting to restoration of old orchards. *HortScience*, 41: 544-548.

Dezileaux, A. (2017). *Etude de l'effet de pratiques culturales sur l'élaboration du rendement du manguier* (Mémoire de fin d'études). Toulouse : Ecole d'ingénieurs PURPAN. 88 pages.

FAO. (2014). Production Quantity of Mangoes, mangosteens, guavas in Réunion in 2014. Consulté le 30 août 2017, à l'adresse http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

FAO. (2017a). Global fruit production in 2014, by variety. Consulté le 30 août 2017, à l'adresse https://www.statista.com/statistics/264001/worldwide-production-of-fruit-by-variety/

FAO. (2017b). World fruit production in 2014. Consulté le 30 août 2017, à l'adresse http://www.fao.org/faostat/en/#compare

Fumey, D., Lauri, P. E., Guédon, Y., Godin, C., & Costes, E. (2011). How young trees cope with removal of whole or parts of shoots: an analysis of local and distant responses to pruning in 1-year-old apple (Malus X domestica; Rosaceae) trees. *American Journal of Botany*, 98 (11) : 1737-1751.

Garcia De Niz, D. A., Esquivel, G. L., Montoya, R. B., Arrieta Ramos, B. G., Santiago, G. A., Gomez Aguilar, J. R., & Sao Jose, A. R. (2014). Vegetative and Reproductive Development of 'Ataulfo' Mango under Pruning and Paclobutrazol Management. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 385-393.

Hallé, F., & Martin, R. (1968). Etude de la croissance rythmique chez l'hévéa (Hevea brasiliensis Müll. - Arg., Euphorbiacées, Crotonoïdées). *Adansonia*, 8: 475-503.

Hallé, F., Tomlinson, P. B., & Oldeman, A. A. (1978). *Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis*. Berlin: Springer-Verlag. 444 pages.

Menzel, C., & Le Lagadec, M. (2017). Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? *Scientia Horticulturae*, 219: 222-263.

Mullins, P. D. F. (1986). Pruning mango trees. *Farming in South Africa (series), Dept of Agriculture and Water Supply, Article G.3/1986*.

Normand, F., Trottier, C., Lauri, P. E., & Bello, A. K. (2009). Is axis position within tree architecture a determinant of axis morphology, branching, flowering and fruiting? An essay in mango. *Annals of Botany*, 103: 1325-1336.

Oldeman, A. A. (1974). L'architecture de la forêt guyanaise (Mémoire n°73). O.R.S.T.O.M., Paris. 204 pages.

Oosthuyse, S. A. (1993). Tree spacing trends and options for yield improvement in mango. *South Africa Mango Growers' Association Yearbook, Vol. 13*, 34-39.

Oosthuyse, S. A. (1994). Pruning of sensation mango trees to maintain their size and effect uniform and later flowering. *South Africa Mango Growers' Association Yearbook, Vol. 14*, 1-6.

Oosthuyse, S. A. (1997). Tree size maintenance pruning of mango trees after harvest: is cropping negatively affected or not? *South Africa Mango Growers' Association Yearbook, Vol. 17*, 33-36.

Ram, S. (1993). Factors affecting mango tree architecture. *Acta Hortic*, 341: 177-191.

Reddy, Y. T. N., & Kurian, R. M. (2011). Studies on rejuvenation of old, unproductive « Alphonso » mango trees in orchards.

Vincenot, D. (2004). *Mangues de La Réunion - origines, histoire, caractéristiques, usages culinaires*. Océan Editions. 118 pages.

Vincenot, D., Normand, F., Michels, T., Léchaudel, M., Joas, J., Hoarau, I., & Amouroux, P. (2009). *Guide de production intégrée de mangues à la Réunion*. Cirad et Chambre d'Agriculture Réunion. 126 pages.

Yeshitela, T., Robbertse, P. J., & Stassen, P. J. C. (2005). Effects of pruning on flowering, yield and fruit quality in mango

Journal of Horticultural Sciences, 6: 145-147.

Salem, A. T., Hasseb, G. M., & Mostafa, H. (2009). *Effect of pruning severity on vegetative growth, flowering and fruit setting of Balady mandarin trees (Citrus reticulata Blanco.)*. Conference poster, Cairo University.

Singh, S. K., Sharma, R. R., & Patel, V. B. (2010). Influence of pruning intensity on flowering, fruit yields and floral malformation in three mango cultivars planted under high density. *Indian Journal of Horticulture*, 67: 84-89.

Vincenot, D. (2004). *Mangues de La Réunion - origines, histoire, caractéristiques, usages culinaires*. Océan Editions. 118 pages.

Vincenot, D., Normand, F., Michels, T., Léchaudel, M., Joas, J., Hoarau, I., & Amouroux, P. (2009). *Guide de production intégrée de mangues à la Réunion*. Cirad et Chambre d'Agriculture Réunion. 126 pages.

Yeshitela, T., Robbertse, P. J., & Stassen, P. J. C. (2005). Effects of pruning on flowering, yield and fruit quality in mango (Mangifera indica.L). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 1325-1330.

(Mangifera indica.L). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 1325-1330.

Partie 2

Effets de la taille sur la floraison du manguier Cogshall

Aliénor Stahl

CIRAD, UPR HortSys, station Bassin Plat, 97410 Saint Pierre, La Réunion
Montpellier SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34000 Montpellier

RESUME

La taille est une pratique culturale courante pour les manguiers (Mangifera indica), qui sert à maintenir un contrôle sur la hauteur de l'arbre et les dimensions de la canopée. Les effets de deux facteurs de taille, intensité (biomasse retirée sur l'arbre) et sévérité (profondeur de la taille le long de l'axe), sur la floraison du manguier *Cogshall* ont été étudiés. Les manguiers ont été soumis à une taille nulle (T0), d'intensité faible (T1), moyenne (T2), ou forte (T3), et sur chaque arbre, plusieurs modalités de sévérité de taille sont appliquées. Le taux de floraison diminue avec l'intensité de taille sauf en cas d'UC taillée, qui bénéficie alors d'un effet local positif de l'intensité de taille et un effet local négatif de la sévérité de taille. Le nombre d'inflorescences diminue également avec l'intensité et la sévérité de taille.

Mots-clés : Mangifera indica, manguier, Réunion, unité de croissance, intensité de taille, sévérité de taille, Cogshall

INTRODUCTION

La mangue est le 7ème fruit le plus produit au monde avec une production supérieure à quarante-cinq millions de tonnes en 2014 (FAO, 2017a). Cela représente environ 23 % de la production mondiale en fruits tropicaux, les principaux fruits tropicaux étant la banane, la mangue, l'ananas, la papaye, et l'avocat (FAO, 2017b). A la Réunion, la production de mangues est de 3 000 tonnes en 2014 soit 10 % de la production en fruits tropicaux (FAO, 2014). De nombreuses variétés de mangues sont présentes sur l'île (VINCENOT, 2004), parmi lesquelles les variétés *José* et *Cogshall* représentent respectivement 50 % et 30 % de la surface en mangue à la Réunion (VINCENOT & al, 2009). La première est destinée au marché local et la seconde en partie à l'exportation. Cependant la production de mangues est contrainte par un certain nombre de problèmes : une irrégularité de production avec une alternance entre années de production forte et plus faible, une hétérogénéité des fruits à la récolte (calibre, maturité, qualité gustative, …), et également des asynchronismes phénologiques ayant des impacts agronomiques et phytosanitaires sur la production.

Le cycle phénologique du manguier, qui dure un an et demi, est composé d'une phase de croissance végétative, suivie d'une phase de repos végétatif, puis de la floraison et de la fructification (VINCENOT & al, 2009). Le manguier a une croissance végétative rythmique : ses axes présentent des phases d'allongement rapide entrecoupées par des phases de repos (HALLE & al, 1978). La croissance a lieu en plusieurs phases successives, également appelées « flush ». La portion d'axe qui se développe pendant une période ininterrompue d'allongement est

appelée unité de croissance (UC) (HALLE & MARTIN, 1968).

La floraison et la fructification ont lieu sur les unités de croissance terminales. Ces différents stades phénologiques sont influencés par des facteurs d'ordre climatique (température, pluviométrie, …) ou culturaux (irrigation, taille, …) et des facteurs endogènes (charge en fruit au cours de la récolte précédente, position et âge de l'unité de croissance).

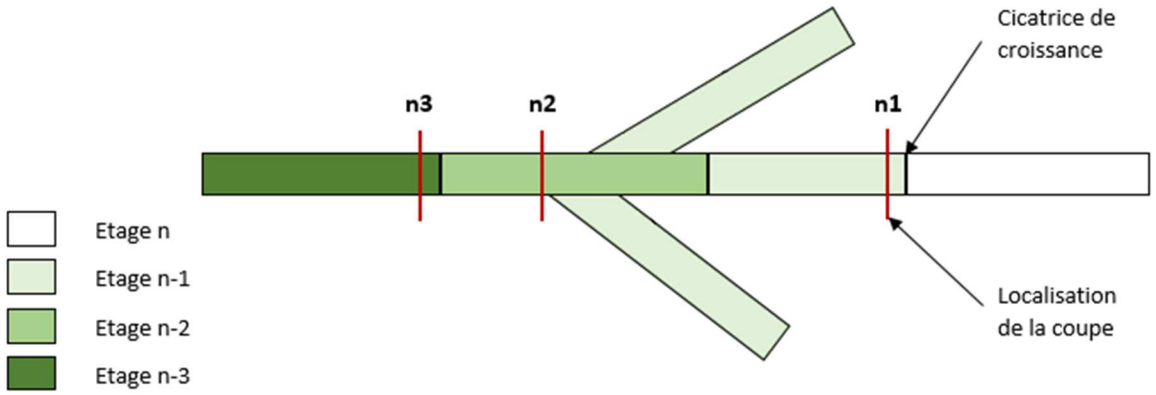
La taille est une pratique importante dans la conduite des arbres. Elle peut être réalisée selon trois finalités : la rejuvénilisation de grands arbres (taille sévère), la formation des jeunes arbres et réduction des dimensions de la canopée des arbres adultes (taille de formation) et la synchronisation de la croissance végétative sur l'ensemble de l'arbre (taille annuelle des UCs terminales) (DAVENPORT, 2006). Ces différentes modalités de taille permettent le contrôle de la hauteur des manguiers et l'amélioration de l'interception lumineuse par la canopée. La taille est généralement effectuée après la récolte dans le but d'améliorer les chances de floraison (GARCIA DE NIZ & al, 2014; MULLINS, 1986; OOSTHUYSE, 1993; RAM, 1993).. En effet, pour fleurir, l'UC a besoin d'avoir atteint un stade de maturité suffisant ; l'âge minimal pour que l'UC puisse être induite à fleurir étant d'environ sept semaines (selon la variété). Chez la plupart des variétés, l'induction florale nécessite une période de repos des UCs et des températures fraiches ; par conséquent, si la croissance végétative est trop tardive, et donc le temps que les UCs aient atteint un âge suffisant pour fleurir, les conditions climatiques peuvent ne plus être favorables à l'induction florale (MENZEL & LE LAGADEC, 2017).

Cependant, la réponse du manguier à la taille varie beaucoup suivant les études : le rendement augmente dans certains cas (REDDY & KURIAN, 2011; SINGH & al, 2010; YESHITELA & al, 2005) et diminue dans d'autres cas (OOSTHUYSE, 1997). D'après la littérature, la taille stimule la croissance végétative (MENZEL & LE LAGADEC, 2017) et la croissance végétative affecte la floraison et la fructification (CAPELLI & al, 2016). Il semble donc que les effets de la taille sur le rendement dépendent partiellement des effets de la taille sur la croissance végétative et des effets de la croissance végétative sur la floraison. Aussi, il a été choisi d'étudier dans un premier temps l'effet de la taille sur la floraison afin de mieux comprendre ses impacts sur le rendement et la variabilité de réponse.

Un certain nombre d'études sur l'impact de la taille sur la floraison du manguier ont déjà été réalisées.

Les cultivars *Cogshall*, *Irwin*, *José* et *Kensington Pride* présentent une floraison des UCs apicales plus importante que pour les UCs latérales en absence de taille. La floraison débute généralement sur les arbres non taillés pour les

Figure 7: Modalités de taille (n1, n2, et n3) pour le facteur sévérité



cultivars *Tommy Atkins*, *Zill*, *Sensation*, *Kent*, *Keitt* et *Heidi* (OOSTHUYSE, 1997; OOSTHUYSE, 1994). Une diminution du taux de floraison est observée pour les cultivars *Sensation*, *Kent*, *Keitt* et *Heidi* en cas de taille tandis que la floraison des cultivars *Zill* et *Tommy Atkins* n'est pas influencée par la taille (OOSTHUYSE, 1997).

La taille peut être caractérisée par son intensité, c'est-à-dire la biomasse fraiche retirée à l'arbre, ou par sa sévérité, c'est-à-dire la profondeur de coupe sur l'axe. Dans la majorité des études (SINGH & al, 2010; YESHITELA & al, 2005), ces deux facteurs sont imbriqués : plus la sévérité est grande, plus l'intensité est grande. Il a donc ici été choisi de les découpler afin de pouvoir caractériser les effets respectifs de chacun de ces deux facteurs sur la floraison. Ces effets ont été étudiés à l'échelle locale (réitération sur les UCs taillées) et à distance (croissance séquentielle sur les UCs terminales non taillées).

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude

L'expérimentation a été menée sur la station du CIRAD de Bassin Plat, à Saint Pierre, à La Réunion, dans l'océan Pacifique (latitude : 21°31'S ; longitude : 55°51'E ; élévation : 125 m) au cours de l'année 2016. Seize manguiers de la variété *Cogshall*, greffés sur le porte greffe *Maison rouge*, ont été sélectionnés dans un même verger planté en 2004.

Dispositif expérimental

Deux facteurs de taille ont été considérés : l'intensité et la sévérité de taille. L'intensité de taille correspond à la biomasse végétale (masse fraiche de bois et feuilles) retirée sur l'arbre par volume de canopée. Quatre modalités ont été définies pour l'intensité de taille : T0 correspond à une taille nulle (arbres témoins), T1 à une taille faible (0,14 ± 0,03 kg / m^3), T2 à une taille moyenne (0,30 ± 0,06 kg / m^3) et T3 à une taille forte (0,51 ± 0,06 kg / m^3). La sévérité de taille a été définie à l'échelle de l'UC et correspond à la profondeur de la taille le long de l'axe depuis l'UC terminale. La sévérité de taille comprend trois modalités : n1, n2, et n3, pour lesquelles un, deux, et trois étages de croissance ont été retirés respectivement (Figure 7). Pour chaque modalité, toutes les UCs de l'étage considéré ont été enlevées.

Soit N_{Ti} le nombre de points de coupe sur un arbre ayant subi une intensité de taille Ti et $N_{Ti,nj}$ le nombre de points de coupe de sévérité nj sur cet arbre. Plus l'intensité de taille est forte, plus le nombre de points de coupe est grand ($N_{T0} < N_{T1} < N_{T2} < N_{T3}$) et quelle que soit l'intensité de taille, la même proportion de points de coupe de sévérité n1, n2, et n3 est appliquée ($N_{Ti,n1} = N_{Ti,n2} = N_{Ti,n3}$). Quatre arbres ont été taillés par modalité d'intensité de taille en février 2016.

Echantillonnage et suivi

On a étudié l'effet local de la taille, au niveau des UCs taillées n'ayant pas débourré pendant la phase de croissance végétative qui a suivi la taille et de l'ensemble des UCs issues d'UCs taillées ayant débourré. L'effet à distance a été étudié sur des UCs non taillées n'ayant pas débourré pendant la phase de croissance végétative ayant suivi la taille et sur l'ensemble des UCs issues d'UCs non taillées ayant débourré. De plus, 60 UCs choisies aléatoirement sur chaque arbre ont également été échantillonnées afin d'étudier la réponse globale à l'échelle de l'arbre. Les UCs suivies sont situées en position terminale, étant donné que la floraison a lieu sur les UCs terminales. Pour plus de facilité, les UCs taillées et les UCs issues d'UCs taillées seront référées au cours de cet article comme des UCs taillées. Pour la dynamique de floraison, les UCs non taillées n'ayant pas débourré et les UCs filles issues d'UCs non taillées seront référées comme des UCs non taillées et l'information additionnelle du type d'UC sera utilisé comme variable explicative.

Le suivi des UCs échantillonnées a été réalisé de juillet à octobre 2017 de façon hebdomadaire. A chaque date d'observation,

pour toute inflorescence apparue sur l'UC suivie, on estime la date d'apparition du stade C. La position (apicale ou latérale) des inflorescences est également notée. Une inflorescence apicale est issue d'un bourgeon axillaire tandis qu'une inflorescence latérale est issue d'un bourgeon latéral. Cette caractérisation de position (apicale ou latérale) est relative à l'UC portant l'inflorescence.

Analyses statistiques

La floraison peut être décrite, à l'échelle d'une UC, par l'occurrence, l'intensité, et la temporalité de floraison de l'UC.

La variable occurrence de floraison peut prendre deux valeurs : 1 s'il y a eu floraison de l'UC ou 0 si l'UC n'a pas fleuri. Cette variable suit donc une loi binomiale. Le taux de floraison des UCs d'une même modalité d'intensité et/ou de sévérité de taille correspond au nombre d'UCs ayant fleuri sur le nombre total d'UCs suivies pour la modalité considérée.

L'intensité de floraison est décrite uniquement pour les UCs ayant fleuries. Elle correspond au nombre d'inflorescences produites par l'UC, qui peut prendre des valeurs comprises entre 1 et n (n étant un entier naturel), auquel est retranché la valeur de 1 lors des analyses. Cette variable peut alors être considérée comme suivant une loi de Poisson définie sur [0 ; +∞[.

Etant donné que le nombre d'inflorescences est variable entre les modalités de taille et qu'à l'échelle d'une UC, les UCs fleurissent quasiment en même temps, il a été choisi de décrire la dynamique de floraison par la première inflorescence de chaque UC mère ayant fleurie. Plusieurs flushs de floraison peuvent être observés au cours d'une saison. La dynamique de floraison peut donc être décrite par un mélange de loi de Poisson.

Les effets des facteurs de taille (intensité et sévérité), de leurs interactions, ainsi que de la position de l'UC dans le cas des UCs non taillées, sur l'occurrence et l'intensité de la floraison sont analysés par des modèles linéaires généralisés (GLM) suivis par une analyse de déviance avec un test de type Chisq. Les GLM sont basés sur la méthode du maximum de vraisemblance. Lorsqu'un effet

Tableau 6: Taux de floraison des UCs taillées, des UCs non taillées n'ayant pas débourré, des UCs filles issues d'UCs non taillées et des UCs choisies aléatoirement selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille, et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC suivie.

		UCs taillées	UCs non taillées n'ayant pas débourré	UCs filles issues d'UCs non taillées	UCs choisies aléatoirement
Intensité de taille	**T0**	-	78,4 a	0	76,5 a
	T1	18,4 b	46,8 ab	73,5	59,3 b
	T2	25,9 ab	61,4 b	81,8	69,0 ab
	T3	39,9 a	13,5 c	65,7	55,4 b
	p	< 0.001	< 0.001	0,08	< 0.01
Sévérité de taille	**n1**	45,9 a		-	
	n2	32,9 a		-	
	n3	17,1 b		-	
	p	< 0.001		-	
Position de l'UC suivie	**A**	-	55,1	78,3 a	76,0 a
	L	-	62,3	56,9 b	56,4 b
	p	-	0.09	< 0.001	< 0.001
Interaction	**p**	< 0.01	0.60	0.91	< 0.01

Les valeurs des différentes modalités d'un facteur situées dans une même colonne sont considérées comme significativement différentes (p < 0.01) lorsque les lettres minuscules diffèrent.

significatif du facteur est mis en évidence, un test de comparaison de moyenne a été réalisé. Il permet d'identifier quelles modalités du facteur sont significativement différentes. Il est dérivé du test de Tukey dans le cas des modèles linéaires généralisés. Les analyses sont faites à l'échelle de l'UC.

Les analyses sont réalisées sur la version 3.3.3 du logiciel R. Les effets de l'intensité et la sévérité de taille sur la temporalité de floraison ont été analysés grâce à la librairie flexmix, qui permet d'ajuster un mélange de loi à des données. Les tests ayant été faits à l'échelle de l'UC sur un très grand nombre d'individus, une très faible variabilité entre modalité peut être significative au seuil de 5 %. Afin d'avoir un risque faible de conclure à tort à la significativité d'un facteur, le seuil de probabilité a été fixé à 1 %.

RESULTATS

Taux de floraison

Pour les UCs taillées, le taux de floraison augmente significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.001$) et diminue significativement avec la sévérité ($p < 0.001$) de taille. Pour les UCs non taillées n'ayant pas débourré, le taux de floraison est influencé de manière significative par l'intensité de taille ($p < 0.001$), avec un effet à tendance négative, et il n'est pas influencé par la position de l'UC ($p = 0.60$). Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, le taux de floraison n'est pas influencé par l'intensité de taille tandis que les UCs en position apicale ont un taux de floraison significativement supérieur aux UCs en position latérale. Pour les UCs sélectionnées aléatoirement sur les arbres, le taux de floraison est influencé de manière significative avec une tendance négative par l'intensité de taille ($p < 0.01$) et est supérieur pour les UCs en position apicale ($p < 0.001$) (Tableau 6).

Intensité de floraison : nombre d'inflorescences par UC ayant débourrée

Pour les UCs taillées, l'intensité de floraison diminue significativement avec l'intensité ($p < 0.001$) et la sévérité ($p < 0.01$) de taille. Pour les UCs non taillées n'ayant pas débourré, l'intensité de floraison diminue significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.001$) et est significativement plus élevée

Tableau 7: Intensité de floraison (nombre d'inflorescences par UC suivie ayant fleurie) des UCs taillées, des UCs non taillées n'ayant pas débourré, des UCs filles issues d'UCs non taillées, et UCs choisies aléatoirement selon les modalités d'intensité et de sévérité de taille, et la position apicale (A) ou latérale (L) de l'UC suivie

		UCs taillées	UCs non taillées n'ayant pas débourré	UCs filles issues d'UCs non taillées	UCs choisies aléatoirement
Intensité de taille	**T0**	-	1,6 ± 1,2 a*	-	1,3 ± 0,9 a
	T1	1,4 ± 1,1 a	1,3 ± 0,6 b*	1,1 ± 0,4	1,1 ± 0,4 b
	T2	1,2 ± 0,5 a	1,1 ± 0,3 bc	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,3 b
	T3	1,0 ± 0,0 a	1,2 ± 0,4 abc	1,0 ± 0,4	1,0 ± 0,2 b
	p	< 0.001	< 0.001	0.18	< 0.001
Sévérité de taille	**n1**	1,2 ± 0,8 a*			
	n2	1,0 ± 0,2 b*			
	n3	1,0 ± 0,3 ab			
	p	< 0.01			
Position de l'UC suivie	**A**	-	1,6 ± 1,1 a	1,1 ± 0,4	1,2 ± 0,6 a
	L	-	1,2 ± 0,6 b	1,0 ± 0,0	1,1 ± 0,5 b
	p	-	< 0.001	0.05	< 0.01
Interaction	**p**	0.66	0.06	1,00	< 0.01

Les valeurs des différentes modalités d'un facteur situées dans une même colonne sont considérées comme significativement différentes ($p < 0.01$) lorsque les lettres minuscules diffèrent
(*) valeurs significativement différentes pour $p < 0.05$

pour les UCS en position apicale ($p < 0.001$). Pour les UCs filles issues d'UCs non taillées, l'intensité de floraison n'est pas influencée par l'intensité de taille ($p = 0.18$) et la position de des UCs. Pour les UCs choisies aléatoirement sur l'arbre, l'intensité de floraison diminue significativement avec l'intensité de taille ($p < 0.001$) et est significativement supérieure pour les UCs en position apicale ($p < 0.01$) (Tableau 7).

Dynamique de floraison

Pour les UCs taillées, la floraison des arbres ayant subi une taille d'intensité T1 a lieu en deux flush, autour des 184ème et 232ème jours après la taille, avec 87% de la floraison ayant lieu au cours du premier flush. Pour la taille d'intensité T2, la floraison a lieu en deux flush équilibrés, autour des 187ème et 227ème jours après la taille, et pour la taille T3, la floraison a

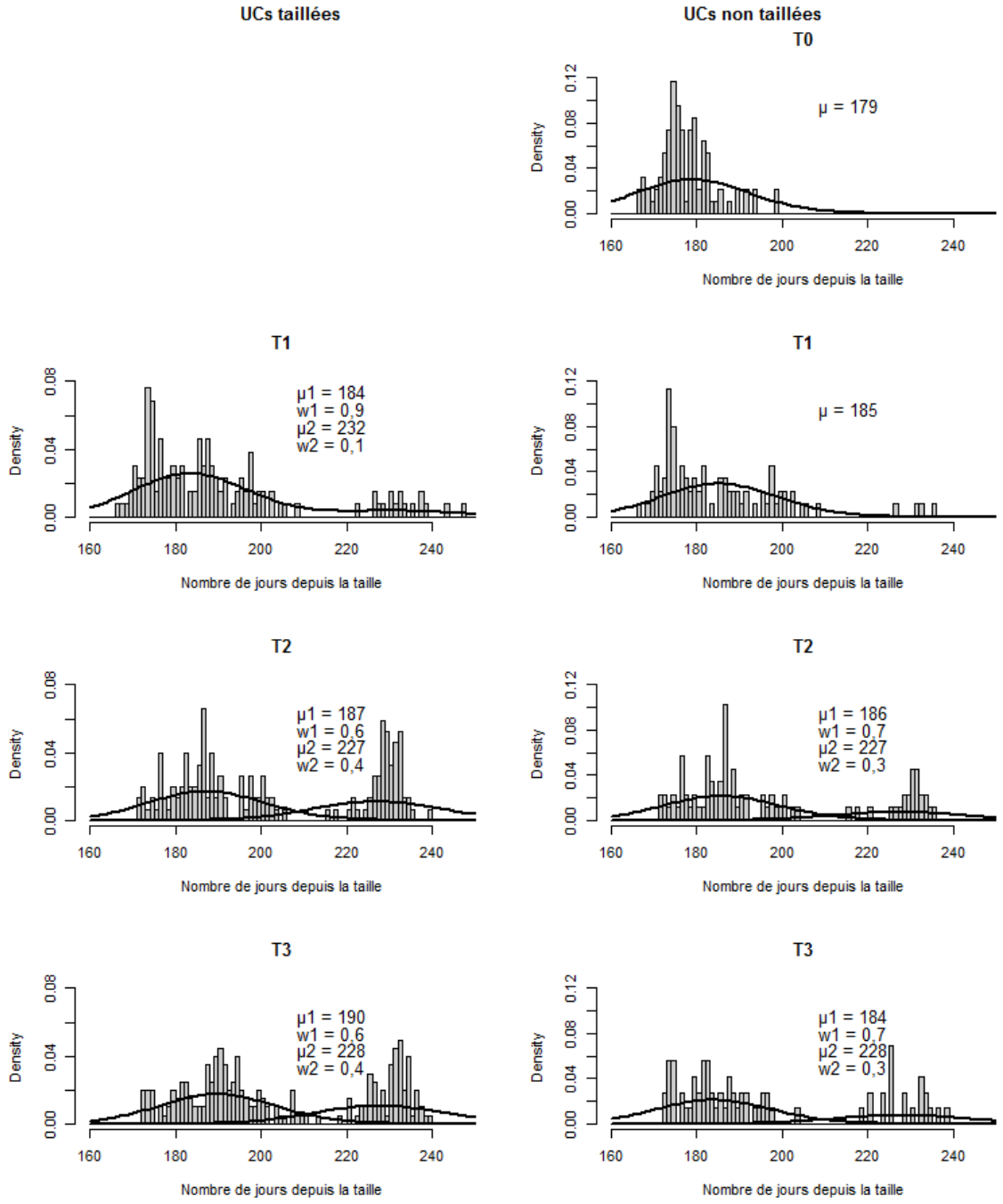


Figure 8: Dynamique de floraison des UCs taillées et non taillées selon la modalité d'intensité de taille. μ correspond à la date du flush et w au poids attribué à chaque flush.

lieu en deux flush également, autour des 190ème et 228ème jours après la taille, avec 60% de la floraison ayant lieu au cours du premier flush (Figure 8). Les différents pics observés ne peuvent pas être associés à différentes modalités de sévérité de taille.

Pour les UCs non taillées, la floraison a lieu en deux flush sauf pour les arbres témoins T0, pour lesquels la floraison a lieu en un seul flush, autour du 179ème jour après la taille, et pour la taille d'intensité T1, pour laquelle la floraison a lieu autour du 185ème jour après la taille. Pour la taille d'intensité T2, 73% de la floraison a lieu autour du 186ème jour après la taille et le reste a lieu autour du 227ème jour après la taille. Enfin, pour la taille d'intensité T3, 72% de la floraison prend place autour du 184ème jour après la taille et le reste a lieu autour du 228ème jour après la taille (Figure 8). Les différents pics observés ne peuvent pas être associés aux différences entre UCs (UCs non taillées n'ayant pas débourré et UCs filles issues d'UCs non taillées).

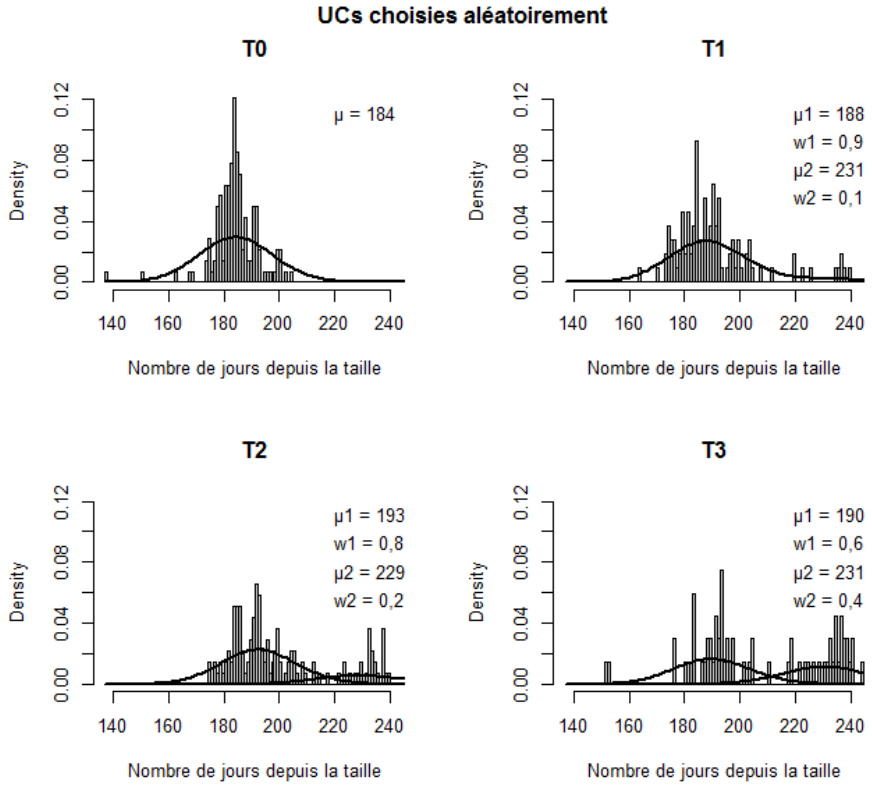
Pour les UCs choisies aléatoirement, la floraison a également lieu en deux flush, sauf pour les arbres témoins T0, pour lesquels la floraison a lieu en un seul flush, autour du 184ème jour après la taille. Pour la taille d'intensité T1, 93% de la floraison a lieu autour du 188ème jour après la taille et le reste a lieu autour du 231ème jour après la taille. Pour la taille d'intensité T2, 79% de la floraison a lieu autour du 193ème jour après la taille et le reste prend place autour du 229ème jour après la taille. Enfin, pour la taille d'intensité T3, les flush sont plus équilibrés avec 56% de la floraison ayant lieu autour du 190ème jour après la taille et le reste prenant place autour du 231ème jour après la taille (Figure 9).

DISCUSSION

Peu d'études s'intéressent à l'impact de la taille sur la floraison des manguiers et peu concernent le cultivar *Cogshall*.

Les résultats présentés dans cette étude sont issus d'une unique année d'expérimentation, au cours de laquelle la floraison a été

Figure 9: Dynamique de floraison des UCs choisies aléatoirement selon la modalité d'intensité de taille. µ correspond à la date du flush et pds au poids attribué à chaque flush.



abondante (année dite « on ») ; il serait intéressant de répéter l'expérience sur plusieurs années et de relier les résultats obtenus à l'étude de la croissance végétative étant donné qu'il a été montré qu'il existe un effet endogène des arbres étudiés (DAMBREVILLE & al, 2013).

Sur les cultivars *Tommy Atkins*, *Zill*, *Sensation*, *Kent*, *Keitt* et *Heidi*, ainsi que sur le litchi, il a été mis en évidence que les arbres non taillés fleurissent avant les arbres dont les UCs terminales ont été taillés (OLESEN, 2013; OOSTHUYSE, 1997; OOSTHUYSE, 1994), et que la floraison des arbres non taillés durent plus longtemps que pour les arbres taillés (OLESEN, 2013; OOSTHUYSE, 1994). Cette étude a permis de mettre en évidence que les arbres non taillés fleurissent effectivement quelques jours avant les arbres taillés mais il semble qu'au contraire des autres études, la floraison soit plus longue pour les arbres taillés.

Le taux de floraison global des manguiers tend à diminuer avec l'intensité de taille (UCs choisies aléatoirement), résultat inverse à ce qui a été trouvé pour le mandarinier en considérant également la biomasse retirée à l'arbre (SALEM & al, 2009).

Pour le cultivar *Cogshall*, il a été mis en évidence que le taux de floraison des arbres non taillés est supérieur pour les UCs en position apicale par rapport aux UCs en position latérale (NORMAND & al, 2009). Pour les UCs choisies aléatoirement, le taux de floraison des UCs en position apicale est supérieur à celui des UCs en position latérale ; ce résultat va dans le sens de NORMAND & al, 2009.

CONCLUSIONS

La réponse du manguier à la taille varie beaucoup selon les études ; afin de mieux comprendre l'origine de ces variations, deux facteurs de taille habituellement imbriqués ont été découplés afin de caractériser les effets de chacun sur la floraison. Cette étude a permis de mettre en évidence, via un effet sur le taux de floraison et sur l'intensité de floraison, que la taille bride la floraison, à part dans le cas des UCs taillées, qui bénéficient d'un effet local positif de l'intensité de la taille. De plus, la taille semble augmenter la durée de la floraison et la désynchroniser.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier Isabelle Grechi pour m'avoir permis de travailler au sein d'une équipe de recherche et Séverine Persello pour l'aide apportée sur les angles d'analyses des résultats et la bibliographie.

Ce rapport de stage a été réalisé dans le cadre du projet ECOVERGER, action pilotée par le ministère de l'Agriculture et de l'alimentation et le ministère de la Transition écologique et solidaire, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité dans le cadre de l'APR "Résistance et pesticides" grâce aux crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto, ainsi que dans le cadre du DPP COSAQ, programme de recherche agronomique du Cirad (activités 2016-2018) financé par la communauté européenne (programme opérationnel FEDER), le Conseil Régional de La Réunion et le Cirad.

REFERENCES

Capelli, M., Lauri, P. E., & Normand, F. (2016). Deciphering the costs of reproduction in mango - Vegetative growth matters. *Frontiers in Plant Science*, 7: 15-31.

Dambreville, A., Normand, F., & Lauri, P. E. (2013). Plant growth co-ordination in natura: A unique temperature-controlled law among vegetative and reproductive organs in mango. Functional Plant Biology, 40: 208-291.

Davenport, T. L. (2006). Pruning strategies to maximize tropical mango production from the time of planting to restoration of old orchards. *HortScience*, 41: 544-548.

FAO. (2014). Production Quantity of Mangoes, mangosteens, guavas in Réunion in 2014. Consulté le 30 août 2017, à l'adresse http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

FAO. (2017a). Global fruit production in 2014, by variety. Consulté le 30 août 2017, à l'adresse https://www.statista.com/statistics/264001/worldwide-production-of-fruit-by-variety/

FAO. (2017b). World fruit production in 2014. Consulté le 30 août 2017, à l'adresse http://www.fao.org/faostat/en/#compare

Garcia De Niz, D. A., Esquivel, G. L., Montoya, R. B., Arrieta Ramos, B. G., Santiago, G. A., Gomez Aguilar, J. R., & Sao Jose, A. R. (2014). Vegetative and Reproductive Development of 'Ataulfo' Mango under Pruning and Paclobutrazol Management. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 385-393.

Hallé, F., & Martin, R. (1968). Etude de la croissance rythmique chez l'hévéa (Hevea brasiliensis Müll. - Arg., Euphorbiacées, Crotonoïdées). *Adansonia*, 8: 475-503.

Hallé, F., Tomlinson, P. B., & Oldeman, A. A. (1978). *Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis*. Berlin: Springer-Verlag. 444 pages.

Menzel, C., & Le Lagadec, M. (2017). Can the productivity of mango orchards be increased by using high-density plantings? *Scientia Horticulturae*, 219: 222-263.

Mullins, P. D. F. (1986). Pruning mango trees. *Farming in South Africa (series), Dept of Agriculture and Water Supply, Article G.3/1986*.

Normand, F., Trottier, C., Lauri, P. E., & Bello, A. K. (2009). Is axis position within tree architecture a determinant of axis morphology, branching, flowering and fruiting? An essay in mango. *Annals of Botany*, 103: 1325-1336.

Olesen, T., Menzel, C., McConchie, C. A., & Wiltshire, N. (2013). Pruning to control tree size, flowering and production of litchi. Scientia Horticulturae, 156: 93-98.

Oosthuyse, S. A. (1993). Tree spacing trends and options for yield improvement in mango. *South Africa Mango Growers' Association Yearbook, Vol. 13*, 34-39.

Oosthuyse, S. A. (1994). Pruning of sensation mango trees to maintain their size and effect uniform and later flowering. *South Africa Mango Growers' Association Yearbook, Vol. 14*, 1-6.

Oosthuyse, S. A. (1997). Tree size maintenance pruning of mango trees after harvest: is cropping negatively affected or not? *South Africa Mango Growers' Association Yearbook, Vol. 17*, 33-36.

Ram, S. (1993). Factors affecting mango tree architecture. *Acta Hortic*, 341: 177-191.

Reddy, Y. T. N., & Kurian, R. M. (2011). Studies on rejuvenation of old, unproductive « Alphonso » mango trees in orchards. *Journal of Horticultural Sciences*, 6: 145-147.

Salem, A. T., Hasseb, G. M., & Mostafa, H. (2009). *Effect of pruning severity on vegetative growth, flowering and fruit setting of Balady mandarin trees (Citrus reticulata Blanco.)*. Conference poster, Cairo University.

Singh, S. K., Sharma, R. R., & Patel, V. B. (2010). Influence of pruning intensity on flowering, fruit yields and floral malformation in three mango cultivars

planted under high density. *Indian Journal of Horticulture*, 67: 84-89.

Vincenot, D. (2004). *Mangues de La Réunion - origines, histoire, caractéristiques, usages culinaires*. Océan Editions. 118 pages.

Vincenot, D., Normand, F., Michels, T., Léchaudel, M., Joas, J., Hoarau, I., & Amouroux, P. (2009). *Guide de production intégrée de mangues à la Réunion*. Cirad et Chambre d'Agriculture Réunion. 126 pages.

Yeshitela, T., Robbertse, P. J., & Stassen, P. J. C. (2005). Effects of pruning on flowering, yield and fruit quality in mango (Mangifera indica.L). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45: 1325-1330

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du projet ECOVERGER et du DPP COSAQ

- Projet ECOVERGER -

Action pilotée par le ministère de l'Agriculture et de l'alimentation et le ministère de la Transition écologique et solidaire, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité dans le cadre de l'APR "Résistance et pesticides" grâce aux crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto

- DPP COSAQ -

Programme de recherche agronomique du Cirad (activités 2016-2018) financé par la communauté européenne (programme opérationnel FEDER), le Conseil Régional de La Réunion et le Cirad.