



Mots clés : bilan hydrique, manguiers, floraison, rendement, conduite agro-écologique du verger

QUELQUES INFORMATIONS SUR LES TRAVAUX

Ces travaux ont été menés par l'unité de recherche HortSys du Cirad dans le cadre du projet Ecofrut et du projet Biophyto. Ils se sont étalés sur deux années consécutives (de 2012 à 2014).

POURQUOI S'INTÉRESSER AU BILAN HYDRIQUE DU MANGUIER ?

Le **manguiers** est un arbre originaire de la région Indo-Birmane cultivé dans un climat tropical sec. **Résistant à la sécheresse**, il peut être cultivé sur des sols peu profonds et caillouteux mais il doit être irrigué si l'on veut assurer une **production à la fois en quantité et de bonne qualité**. Le **raisonnement de l'irrigation** répond alors à **deux enjeux essentiels**. Du point de vue du **développement durable** il s'agit d'améliorer **l'efficacité de l'utilisation de l'eau**, ressource naturelle qui se fait rare par périodes sur l'île de la Réunion. Du point de vue de la **production**, il s'agit de **maîtriser** au mieux la **floraison** et la **fructification** des arbres, ainsi que la **qualité des fruits**.

La réalisation d'un **bilan hydrique complet** à l'échelle de la parcelle, permet de répondre à ces enjeux en estimant **l'état hydrique du sol au fil du temps**. Connaître précisément l'état hydrique du sol est indispensable pour piloter de façon optimale la quantité d'eau à apporter au bon moment à la culture. Or à la Réunion, les **producteurs ne disposent pas d'outil de pilotage de l'irrigation adapté au manguiers**, ce qui conduit à observer sur le terrain des pratiques d'irrigation assez contrastées. Les objectifs des travaux menés ont consisté dans un premier temps, à **ajuster les paramètres du bilan hydrique à la culture du manguiers** à la Réunion, puis, dans un deuxième temps, à **analyser les pratiques d'irrigation des producteurs** par la réalisation de bilans hydriques sur leurs parcelles. Dans un troisième temps, une **analyse des impacts de ces pratiques** d'irrigation sur la **floraison** et le **rendement** ainsi que sur **l'état de stress** des manguiers a été réalisée.

LE BILAN HYDRIQUE EN VERGER DE MANGUIER

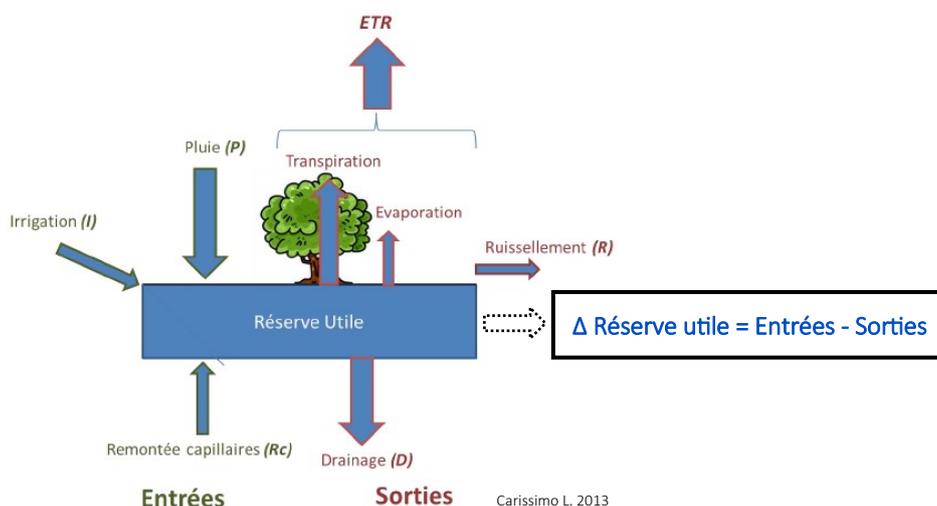
Le bilan hydrique utilisé dans ces travaux est basé sur le modèle du **bilan complet à l'échelle journalière** de Chopart et *al.* (1990). Il s'agit du modèle utilisé par le **logiciel PROBE-w** (PROgramme de Bilan de l'Eau), développé par le Cirad pour la canne à sucre, sur lequel ces travaux se sont appuyés après un paramétrage pour des **vergers de manguiers des zones ouest et sud**. Les paramètres sur lesquels ont été réalisés des ajustements sont présentés ci-après. Cependant, les valeurs de ces paramétrages sont encore à l'étude pour être précisées et seront diffusées ultérieurement par le Cirad.

Qu'est-ce que bilan hydrique ?

Afin d'estimer l'évolution au cours du temps de la quantité d'eau dans le sol disponible pour la culture, et donc de pouvoir **piloter l'irrigation**, on effectue un **bilan des entrées et sorties d'eau à l'échelle de la parcelle**, c'est le bilan hydrique. Grâce à ce bilan on simule l'évolution du **stock d'eau dans le sol** appelée la **réserve utile (RU)** et les éventuels déficits pour la culture.

Les **bilans hydriques simplifiés** sont des bilans qui ne prennent en compte que les **précipitations** et l'**irrigation** comme **entrées d'eau dans la parcelle**, et l'**évapotranspiration de référence E_t_0** comme **sortie d'eau** de la parcelle. Ils ne tiennent donc compte ni de la **quantité d'eau présente dans le sol**, ni des besoins de la **culture**, ce qui les amène à sous-estimer la quantité d'eau présente en réalité dans le sol et à fausser les prises de décisions quant au déclenchement de l'irrigation.

C'est pour cette raison qu'a été développé le bilan complet, dit **agro-pédo-climatique**, qui prend en compte tous les **paramètres** qui entrent en jeu dans les **variations** de la RU. En théorie, les **entrées d'eau dans la parcelle** sont l'**irrigation**, les **précipitations** et les **remontées capillaires**. Les **sorties d'eau** sont l'**évapotranspiration réelle (ETR)** qui prend en compte l'**évaporation** du sol et la **transpiration des plantes** (soit l'**évapotranspiration de référence E_t_0** multipliée par un **coefficient cultural K_c**), les pertes d'eau par **ruissellement** et par le **drainage**. La **variation de la réserve utile** est égale aux entrées d'eau moins les sorties.



Dans la pratique, le logiciel PROBE-w ne considère pas les remontées capillaires et le ruissellement (voir équation ci-dessous).

Bilan hydrique journalier avec PROBE-w (en mm)

$$\text{Stock d'eau (j+1)} = \text{Stock d'eau (j)} + \text{Pluie (j)} + \text{Irrigation (j)} - \text{Drainage (j)} - \text{Evapotranspiration réelle (j)}$$

(j) = jour J

Comment sont calculés les paramètres du bilan hydrique ?

Dans le logiciel on distingue tout d'abord les **données d'entrées du modèle** : les **précipitations**, **l'irrigation**, les **températures** et **l'évapotranspiration de référence E_{t_0}** , facilement mesurables. On distingue ensuite les **paramètres du modèle** : le **volume de la réserve utile RU**, le **coefficient cultural K_c** , et les **conditions initiales** pour démarrer les calculs (**front racinaire**, **front d'humectation**, **système d'irrigation**). Ces paramètres doivent être **estimés par le calcul** ou par des **mesures spécifiques**. Ils **varient** en fonction des **caractéristiques du sol** (couche pédologique, texture, structure), du **climat** (vent, température, humidité de l'air) et de la **culture** (stade phénologique, itinéraire technique). Enfin, on distingue les **sorties du modèle**, calculées par le logiciel : la **réserve utile**, **l'évapotranspiration réelle ETR** et le **drainage**.

Ce sont les **paramètres du modèle** qui ont du être **ajustés** afin **d'adapter le bilan hydrique** au cas des vergers de manguiers. Les ajustements ont été réalisés à partir de valeurs tirées de la **bibliographie internationale** sur cette thématique. **Chaque paramètre** a ensuite été **renseigné dans l'outil PROBE-w** pour calculer des bilans hydriques.

Les données d'entrée du modèle : précipitations, irrigation, températures, E_{t_0}

Précipitations, irrigation

Les **précipitations** journalières sont enregistrées à l'aide de **pluviomètres** disposés sur la parcelle. Un **compteur volumétrique** placé en tête du réseau d'irrigation de la parcelle permet d'obtenir **l'irrigation journalière**. Ces données servent à calculer la quantité d'eau journalière venant alimenter le stock d'eau du sol. Dans le cadre de l'étude menée, à défaut de disposer de pluviomètres sur les parcelles, les précipitations journalières ont été récupérées avec la station météo la plus proche.

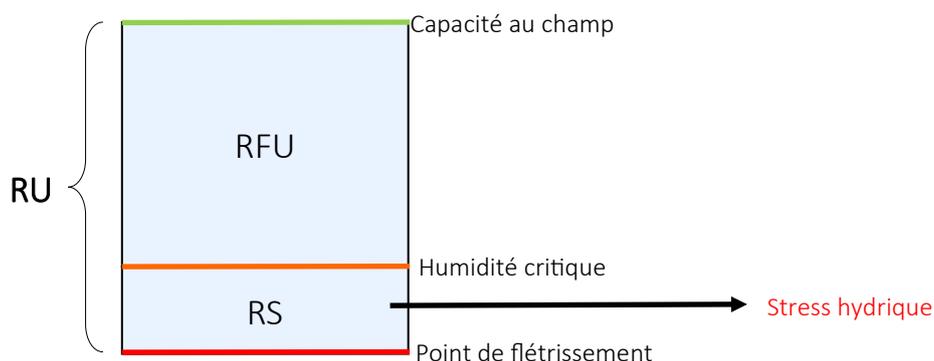
Températures, E_{t_0}

Les **températures** et les **valeurs de E_{t_0}** sont fournies par la **station météorologique**. Pour **plus de précision** toutefois, les **températures** peuvent être récupérées à l'aide de **capteurs** installés sur la parcelle. L' **E_{t_0}** correspond à **l'évapotranspiration d'un gazon ras et bien alimenté en eau**, elle dépend uniquement des **conditions de l'atmosphère** (température, humidité, agitation) et **sert au calcul** de **l'évapotranspiration réelle ETR**. Les températures sont nécessaires dans le cas où le coefficient cultural (K_c) est une fonction de la température. Ce n'est pas l'option qui a été retenue pour le manguiers.

Les paramètres du modèle : RU, Kc, conditions initiales

Le volume de la réserve utile RU

La **réserve utile** est la quantité **d'eau retenue par le sol et utilisable par la plante**. Elle correspond à la **différence** entre la **capacité au champ** (la réserve est pleine, l'eau est absorbable par les racines) et le **point de flétrissement permanent** (la réserve est vide et l'eau résiduelle n'est plus absorbable par les racines). On distingue deux parties dans la RU selon la quantité d'eau disponible : la **réserve facilement utilisable (RFU)** et la **réserve de survie (RS)**. La limite entre la RFU et la RS s'appelle l'**humidité critique**.



En fonction des caractéristiques du sol et de la plante, la **RFU peut varier de 30 à 60% de la RU**. Une fois la **RFU épuisée**, la plante entre en **situation de stress**, c'est-à-dire qu'elle doit limiter sa transpiration pour survivre, les **conditions de production ne sont plus optimales**. Si la RS est épuisée à son tour et qu'aucun apport d'eau ne vient remplir la réserve, la plante risque le dessèchement puis la mort.

Le **volume de la RU** va dépendre de **l'épaisseur de l'horizon** dans lequel sont présentes les racines de l'arbre, de la **densité du sol**, et du **pourcentage d'éléments grossiers** (cailloux) présents. Les couches pédologiques, leur profondeur et la valeur de la RU, sont identifiées avec la **carte pédologique de la Réunion** de Raunet (1989, 1991). Toutefois, **l'épaisseur du sol sur la parcelle peut différer des données cartographiques**, il est alors conseillé de vérifier et d'affiner les données en réalisant **un profil de sol** à la tarière. En effet, les analyses de sensibilité réalisées sur les bilans hydriques ont montré qu'il est très important de paramétrer le volume de la RU de façon la plus précise possible. D'une part, **plus la RU est petite**, plus les **phénomènes de vidange** et de **remplissage sont rapides**. Les situations de stress ou de sorties de stress hydriques sont donc moins tamponnées qu'avec une RU plus importante. Ce qui veut dire pour le producteur que le **pilotage de l'irrigation** doit être **d'autant plus fin que la RU est petite**. D'autre part, surestimer la RU conduirait à la conclusion que les apports d'eau sont insuffisants et que les manguiers sont en situation de stress alors qu'en réalité ils n'y sont pas, et inversement en cas de sous-estimation de la RU.

Le coefficient cultural Kc

Le **Kc** est un paramètre servant au **calcul de l'évapotranspiration réelle ETR**, il est **lié à la culture**. Il **varie** avec la **hauteur des arbres**, le **stade phénologique de la plante**, la **résistance stomatique de la canopée**, **l'évaporation du sol** et du **climat moyen**.

Le Kc de référence est généralement **donné constant**, or, dans la réalité il **varie selon le stade phénologique** de l'arbre. Il a donc été choisi de paramétrer **5 valeurs de Kc correspondant aux 5 phases du cycle phénologique du manguiers** (voir encadré « le manguiers et ses besoins en eau ») par des données tirées de la bibliographie.

Le Kc de référence est **calculé pour un sol nu**, or, dans le cas d'un **verger enherbé**, il faut prendre en compte **l'évapotranspiration de l'enherbement** (plus importante que sur sol nu). Cela implique de mesurer précisément la **fraction du sol couverte par la canopée** et de **corriger une première fois le Kc** en faisant une moyenne pondérée par la surface de sol couverte entre le Kc du manguiers et celui de la couverture végétale (Kc = 0.85 pour un couvert de chiendent en milieu tropical).

Le Kc de référence est également **donné** pour des **conditions climatiques standards** (humidité relative de 45% et vitesse du vent à 2m de hauteur de 2m/s). Or, l'évapotranspiration augmente avec l'augmentation de la vitesse du vent et la diminution de l'humidité relative de l'air. Le Kc est donc **corrige une seconde fois** avec des **valeurs d'humidité relative** et de **vitesse du vent** de la zone de production (on a considéré les moyennes mensuelles de ces données sur 10 ans).

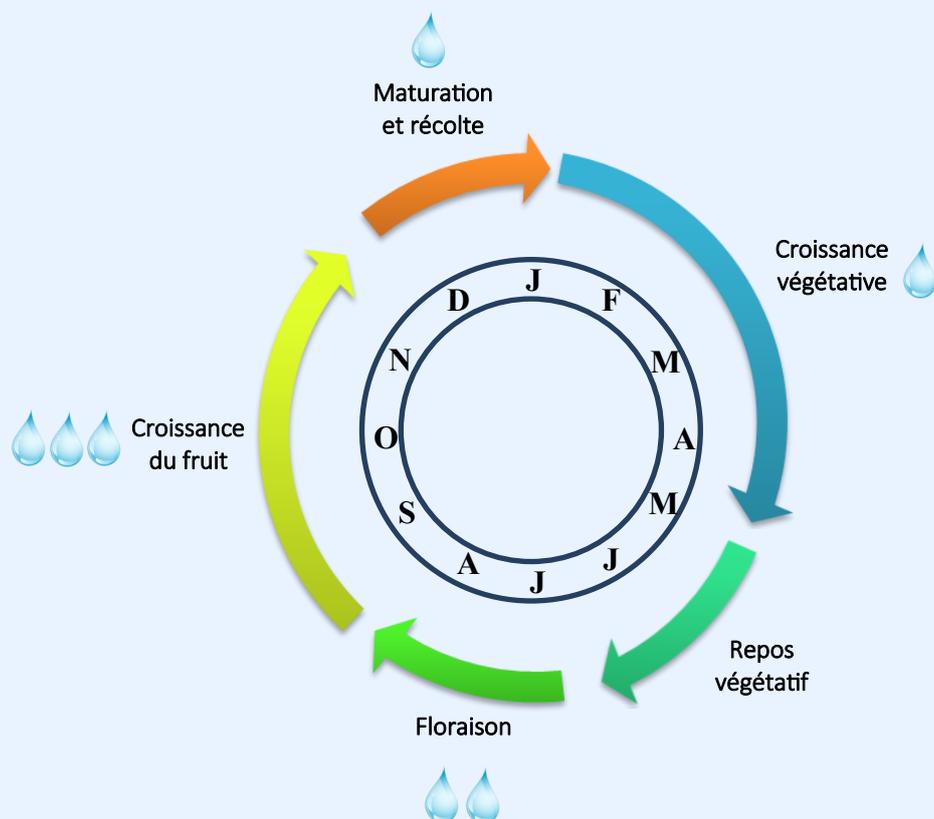
Les conditions initiales

La **profondeur du front racinaire** est la profondeur au-delà de laquelle on considère que **l'eau n'est plus captée par les racines de la plante**. Cette profondeur sert au calcul du **volume de la réserve utile**, qui servira ensuite au calcul du **drainage** (eau perdue par percolation). En effet, si la profondeur du front racinaire est faible (ex. 30 cm), la RU est faible et le drainage risque d'être élevé, et inversement. On a considéré pour le manguiers que **cette profondeur correspond à la profondeur du sol**, les racines de manguiers se trouvant en général dans le premier mètre de sol et les sols de la zone de production étant rarement plus profonds. Développé pour les cultures à cycle court, Probe-w tient compte de **l'évolution de la croissance du front racinaire**, et donc de la RU, au cours du cycle de développement de la culture. Le manguiers étant une culture pérenne, la **croissance racinaire se fait dans un volume fixe**, et ne varie donc pas au cours du cycle pour un verger de manguiers adultes. Il faudra alors veiller à paramétrer une **vitesse de croissance du front racinaire nulle**.

Le **front d'humectation initial** est la profondeur au-delà de laquelle on considère que le **sol est sec** au début du calcul du bilan hydrique. Or, il est difficile de savoir réellement quelle quantité d'eau est présente dans le sol. Ainsi, pour obtenir un bilan hydrique fiable, il faut **démarrer les calculs** lorsque la **RU est totalement pleine** (après quelques jours consécutifs de pluies dont la somme cumulée est au moins égale à la RU de la parcelle).

LE MANGUIER ET SES BESOINS EN EAU

Le cycle **phénologique** du manguiier peut être décomposé en **5 phases** : la **floraison**, la **croissance du fruit**, la **maturation** et la **récolte** du fruit, la **croissance végétative** et le **repos végétatif**. Le manguiier est une espèce fruitière qui demande une alternance entre une **saison chaude et humide** favorable à sa **croissance végétative**, et une **saison sèche et fraîche** favorable à la **floraison**, puis à la **croissance des fruits** lorsque les températures remontent. Les baisses de températures et de précipitations qui marquent **l'hiver austral**, généralement à partir de la fin du mois d'avril à la Réunion, génèrent un **stress** qui induit un **arrêt de la croissance végétative**, nécessaire à l'induction de la **floraison** en juillet-août.



Le **début de la floraison** se caractérise par une **augmentation rapide des besoins en eau** du manguiier due à la grande surface d'évaporation représentée par les fleurs et les petits fruits. Il est alors conseillé de débuter l'irrigation lorsque la plupart des inflorescences (ou des bourgeons floraux) ont commencé à débourrer. Les **besoins en eau** sont **importants** tout au long de la **croissance des fruits**, qui correspond aussi à une période sèche et de hausse des températures. Le **pic de demande en eau** se situe **entre la nouaison et la récolte**. Attention toutefois aux apports d'eau brusques et trop importants qui pourraient faire éclater les fruits. **Une à deux semaines avant la récolte**, il est conseillé de **diminuer l'apport d'eau** pour avancer la maturité et augmenter le taux de matière sèche des fruits mais en veillant à **ne pas induire de stress hydrique**. Après la récolte, la poursuite de l'irrigation tant que les pluies ne se sont pas installées, permet de stimuler la croissance végétative et donc le renouvellement de la canopée. En **période de repos végétatif** en revanche **l'irrigation des arbres est controversée**. D'une part, un **stress hydrique trop sévère** peut affecter **l'état physiologique** de l'arbre et sa **capacité à fleurir**, et d'autre part, une **alimentation en eau trop importante** pourrait **engendrer une reprise de croissance végétative** qui **perturberait la floraison**. Récemment, les **conseils** sont plutôt de **garder une irrigation** lors de cette période, mais **non optimale**.

Le **système d'irrigation** influe sur la **quantité d'eau entrant dans le système**. En effet, après une **pluie** le sol et les feuilles sont mouillés et la **part évaporative de l'évapotranspiration prend de l'importance**. L'irrigation par **aspersion** est alors **considérée comme une pluie** contrairement au goutte-à-goutte qui localise l'irrigation et n'entraîne pas d'augmentation d'évaporation. Le logiciel PROBE-w propose une correction liée au système d'irrigation avec des valeurs type de paramètres correspondant aux climats tropicaux.

Les calculs de sorties du modèle : réserve utile RU, évapotranspiration réelle ETR, drainage

La **valeur de la réserve utile** est finalement le **résultat du bilan hydrique** qui indique l'eau **réellement restante dans le sol**, par soustraction des pertes aux apports d'eau. **L'évapotranspiration réelle** correspond aux **pertes d'eau** par la **culture** et par le **sol**. Une fois que le logiciel a agrégé les données d'entrée et les paramètres du modèle, il **calcule** les **valeurs journalières** du **drainage**, de **l'évapotranspiration réelle** et de la **réserve utile**. Le **drainage** est la **quantité d'eau qui quitte le système par percolation** car elle **n'a pas été absorbée par les racines**. Cela correspond à un apport d'eau (pluie ou irrigation) trop important par rapport à une RU déjà bien remplie. Le **drainage** permet de connaître la **quantité d'eau perdue**, et donc de savoir si l'on a trop irrigué (si absence de pluie).

Le bilan édité par PROBE-w permet d'afficher ces résultats ainsi que les données d'entrée telles que la pluie et l'irrigation. Le logiciel peut simuler un bilan journalier, hebdomadaire, décadaire ou mensuel.

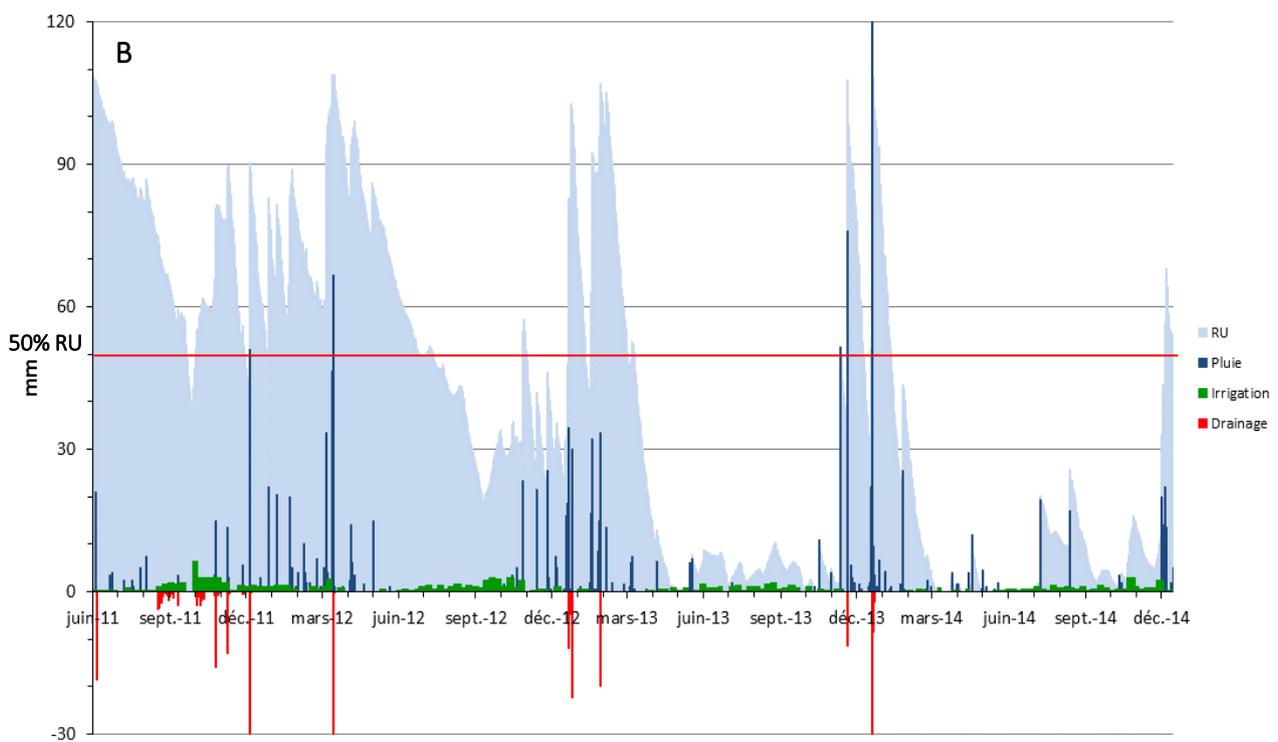
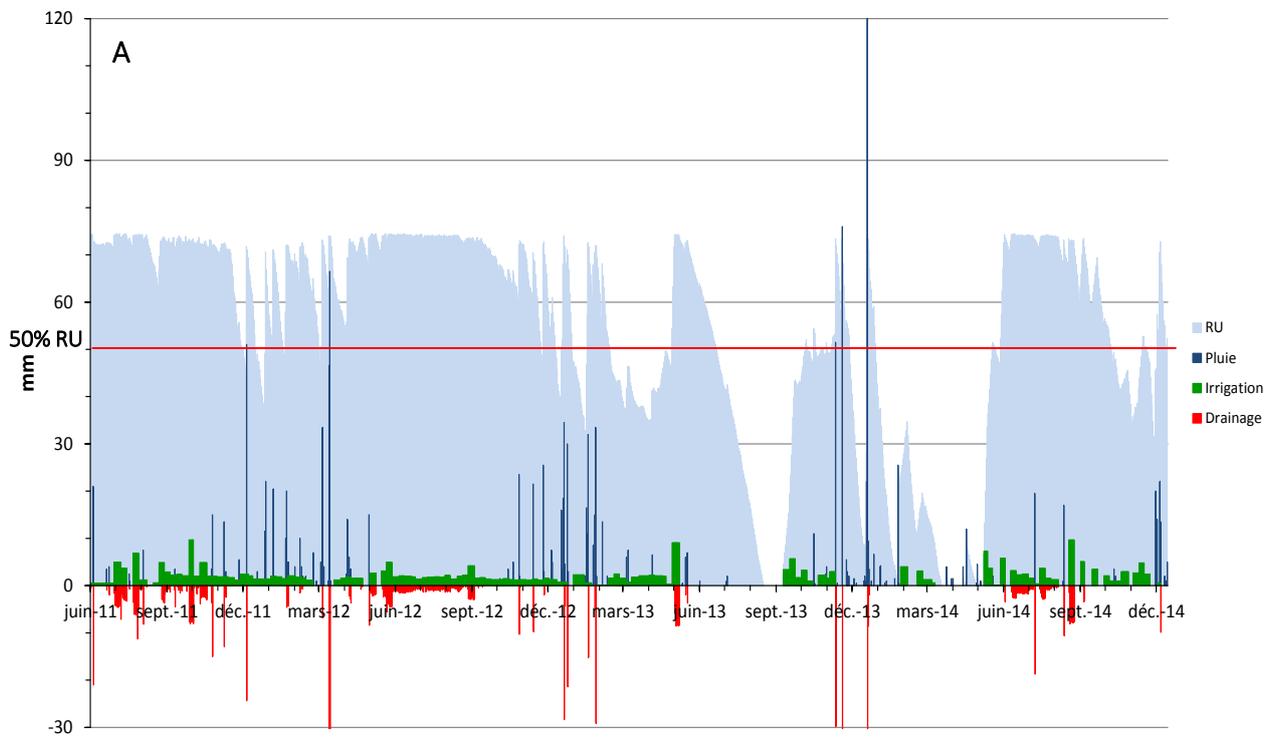
RÉSULTATS DE BILANS HYDRIQUES CHEZ DES PRODUCTEURS

Les résultats présentés ci-dessous sont les bilans hydriques réalisés avec le logiciel PROBE-w dans deux parcelles de mangues José dans la zone ouest de l'île pendant 3 ans et demi (1293 jours). Les précipitations sur ces parcelles sont identiques sur la durée du bilan, car elles se situent à proximité. Les bilans hydriques démarrent en période de repos végétatif (juin). Afin de décrire les bilans simplement, des indicateurs synthétiques ont été calculés à partir de ces bilans, pour chaque stade phénologique du manguiers : quantité totale d'eau apportée par l'irrigation, quantité totale d'eau drainée, quantité totale d'eau drainée liée à l'irrigation, taux de remplissage moyen de la RU, et nombre de jours de stress des arbres (quantité d'eau dans le sol < 50 % RU).

De façon globale, on constate qu'une parcelle a été trop irriguée (A) et l'autre pas assez (B). En effet, la RU de la première est pleine à 72 % en moyenne sur les 3.5 ans tandis que pour la seconde, la RU est remplie à 36 % en moyenne, occasionnant un stress hydrique fréquent des arbres. Au total, on compte 827 jours de stress pour les manguiers sur cette dernière contre 248 pour la parcelle A.

Les conseils préconisent d'initier l'irrigation au début de la période de floraison (juillet-août), d'irriguer de façon optimale pendant la croissance des fruits (septembre-novembre), et de maintenir une irrigation mais en baisse progressive jusqu'au milieu de la période de récolte (décembre-janvier). L'irrigation est arrêtée pendant les périodes de croissance végétative (février-avril), les pluies suffisent aux manguiers, et de repos végétatif (mai-juin). Or, sur la parcelle A, on observe que les manguiers reçoivent trop d'eau pendant les périodes de repos végétatif, notamment pour les deux premières années. La RU est remplie à 79 % en moyenne sur cette période. A l'inverse, sur la parcelle B, les manguiers sont en stress hydrique fréquent, notamment à partir de la deuxième année sur les périodes de floraison et de croissance des fruits. La RU est remplie respectivement à 34 % et 25 % sur ces périodes. Si l'on s'intéresse au drainage, sur la parcelle A, on constate un fort drainage récurrent où 46 % du drainage est dû à la sur-irrigation. Pour la parcelle B en revanche, le drainage est faible dans sa globalité, et 10 % seulement sont liés à l'irrigation.

En conclusion, ces bilans hydriques et les indicateurs synthétiques calculés permettent d'observer d'une part des pratiques d'irrigation très contrastées sur deux parcelles plantées avec la même variété au même endroit. D'autre part, cela révèle une méconnaissance de l'évolution du stock d'eau du sol, puisque dans les deux cas l'irrigation ne semble pas raisonnée ni en quantité ni en période d'apport. Un outil de pilotage de l'irrigation adapté au manguiers permettra aux producteurs à la fois, de remédier au gaspillage de l'eau (et donc de faire des économies) et de mieux maîtriser la floraison et le rendement de leurs vergers.

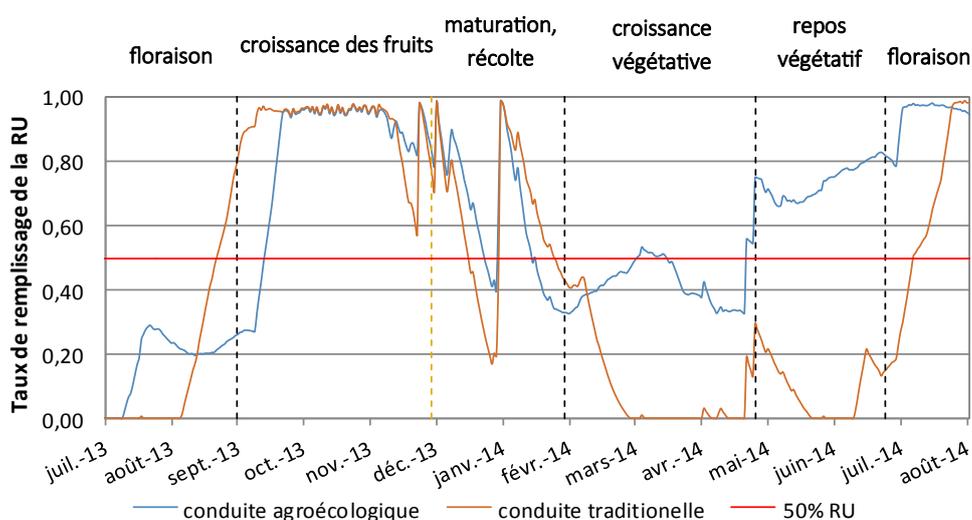


GESTION DE L'IRRIGATION EN VERGER CONDUIT DE FAÇON AGRO-ÉCOLOGIQUE

La **conduite agro-écologique** du verger de manguiers consiste à introduire dans la parcelle une biodiversité **végétale fonctionnelle** (fonction de gîte ou nourriture pour les auxiliaires) dont l'objectif est d'aider à la **régulation des bio-agresseurs**. Cette biodiversité peut prendre la forme d'une **couverture végétale vive permanente** sur l'ensemble de la parcelle, de **plantes pièges attractives** ou **répulsives** localisées à différents endroits dans et/ou autour de la parcelle ou encore de **bandes fleuries**.

Ainsi il faut veiller à l'**irrigation** de cette biodiversité **fonctionnelle** afin de garantir son installation, son développement et sa pérennité, **notamment en saison sèche**. Or, en début de saison sèche, le manguiers est en période de **repos végétatif**, ses **besoins en eau sont minimes**. Une **reprise de l'irrigation** à cette période peut en effet conduire à un **flush végétatif** qui **décalerait la floraison** ou pire **l'empêcherait**. Une partie des travaux menés dans le projet Biophyto, se sont alors interrogés sur l'**impact d'une irrigation spécifique** pour la couverture végétale pendant le **repos végétatif** du manguiers, et sur sa **floraison**.

Des **bilans hydriques** ont été **réalisés et comparés** chez **trois producteurs de mangues** dans les zones sud et ouest sur **3 couples de parcelles**, comprenant chacune une **parcelle témoin** conduite de **façon traditionnelle** avec **arrêt de l'irrigation dès le début de la saison des pluies** et une **parcelle avec un enherbement permanent (conduite agro-écologique)** avec irrigation. Les résultats ont montré que dans les **vergers en conduite agro-écologique**, l'**irrigation d'appoint** à destination de la couverture végétale dans l'inter-rang a induit une **disponibilité en eau plus régulière et plus importante** pour les manguiers que dans les vergers conduits de façon traditionnelle, notamment **durant la période de repos végétatif** (voir graphique ci-dessous pour un des vergers).



Dynamique de la RU pour les vergers en conduite agro-écologique Biophyto avec une irrigation d'appoint pour la couverture vive permanente, et en conduite traditionnelle chez un producteur de l'ouest, entre le 01/07/2013 et le 31/07/2014.

Les **taux de remplissage moyens de la RU** dans les vergers en conduite agro-écologique, étaient compris entre **65 et 80 %** pendant la période de **repos végétatif**. En revanche les **vergers gérés de façon traditionnelle** ont subi un **stress hydrique long et poussé** à cette période, les taux de remplissage moyens de la **RU étant compris entre 0 et 30 %**.

Les observations des arbres réalisées durant l'étude ont montré que malgré l'irrigation de la couverture, **aucune reprise de croissance végétative n'a été observée** dans les vergers conduits de façon agro-écologique. Cette disponibilité en eau a cependant entraîné dans ces vergers une **floraison significativement plus tardive, de 2 à plusieurs semaines**, par rapport aux vergers conduits de façon traditionnelle, **sans que ce retard soit donc lié à un flush végétatif tardif**. Ces résultats viennent confirmer des résultats obtenus par une équipe américaine qui avait montré que des manguiers sous stress hydrique fleurissent plus tôt que des manguiers arrosés, sans qu'il y ait de reprise de la croissance végétative. Cette étude sera poursuivie en collaboration avec l'Armedflhor afin de proposer un programme d'irrigation pour maintenir une couverture végétale vive dans le verger pendant le repos végétatif du mangouier, en limitant au minimum le retard de floraison.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Ces travaux ont permis d'acquérir en premier lieu, une **base de connaissances sur les pratiques d'irrigation des producteurs de mangues**, qui se révèlent **très contrastées**. De façon générale il est observée une **irrigation trop importante** pendant la période de **croissance des fruits**, avec des **pertes d'eau par drainage**. L'objectif des bilans hydriques est **d'optimiser l'efficacité de l'eau** tout en **maximisant les rendements** et la **qualité des fruits**. Les données sur le rendement et l'impact de la disponibilité en eau n'ont pas encore été traitées, elles seront analysées dans un premier temps courant 2015. Dans un deuxième temps, l'objectif sera de piloter l'irrigation en vue de maîtriser les qualités organoleptiques et nutritionnelles des fruits produits. Ce dernier point fait actuellement l'objet de travaux par ailleurs. En second lieu, à l'heure du plan Ecophyto, la **gestion agro-écologique des vergers** avec un enherbement permanent permet de contribuer à **l'enjeu de réduction de l'utilisation des pesticides**. Cependant, les premiers résultats de ces travaux semblent montrer que **l'irrigation nécessaire au maintien de la couverture végétale** entraîne un **retard de floraison** des manguiers. Ce résultat fera l'objet de travaux plus approfondis courant 2015.

Enfin, ces travaux ont permis de **déterminer des méthodes et paramètres** pour réaliser des bilans **hydriques adaptés au mangouier**. Ces bilans ont permis d'avoir une **meilleure connaissance des facteurs de variations de l'eau dans le sol** et donc des quantités d'eau à apporter au jour le jour par l'irrigation. Les simulations de bilans hydriques ont notamment permis de déterminer que le **paramètre qui a le plus d'influence sur le modèle** est le **coefficient cultural Kc**.

Toutefois, l'ajustement des paramètres demande encore à être affiné avec des travaux complémentaires afin de pouvoir piloter l'irrigation par le bilan hydrique. En effet, le manguier est une plante bien adaptée à la sécheresse, capable d'aller chercher l'eau en profondeur avec ses racines pivot, il est difficile de prendre en compte cette caractéristique dans un bilan hydrique et de déterminer sa disponibilité en eau. Des **indicateurs de stress des arbres** ont d'ores et déjà commencé à être mesurés. Il s'agit de : la **teneur en proline des feuilles** (un acide aminé qui est un indicateur de stress, notamment hydrique) ; la **fluorescence de la chlorophylle des feuilles** ; les **teneurs absolue et relative en eau des feuilles** ; et l'**amplitude des contractions journalières des troncs ou des branches**. Ce dernier indicateur a été mesuré par l'installation de **capteurs LVDT** (Linear Variable Differential Transformer) chez deux producteurs. Ce sont des capteurs électriques de déplacement linéaire qui **mesurent en continu les micro-variations de diamètre du tronc ou d'une charpentiè**re du manguier (au centième de mm). Quand la **plante manque d'eau** on observe une **contraction accrue de ses tissus** pendant la journée. L'objectif était d'établir une **corrél**ation entre **ces micro-variations** et le **taux de remplissage de la RU**. Actuellement, les résultats concernant les micro-variations de diamètre montrent qu'il y a bien une **corrél**ation **né**gative (lorsque la RU se vide l'amplitude des contractions augmentent) mais qu'elle n'est **pas toujours significative**. Au même titre que les tensiomètres, ces capteurs sont des outils de pilotage de l'irrigation très performants. C'est d'ailleurs sur ce principe que le système Pépista® est basé. Cependant, la mise en œuvre de ces outils de pilotage reste difficile sur manguier. Le pilotage de l'irrigation par les capteurs LVDT demande une très bonne connaissance de la culture et de ses besoins en eau (cas des espèces fruitières ou maraichères métropolitaines). Du fait de l'hétérogénéité de l'irrigation par le goutte-à-goutte, les tensiomètres sont difficiles à placer pour avoir des résultats fiables (trop près des goutteurs, la tension de l'eau dans le sol sera toujours mesurée faible, mais trop loin des goutteurs elle sera toujours mesurée élevée). Ces données seront analysés plus finement courant 2015, ainsi que celles relatives aux autres indicateurs de stress, puis mises en regard des données des bilans hydriques.

A savoir que le **logiciel OSIRI-Run** (Outil Simplifiée pour une Irrigation Raisonnée et Individualisée) développé par le Cirad en collaboration avec la Chambre d'Agriculture, utilise le **modèle de bilan hydrique de PROBE-w**. Actuellement à destination de la canne à sucre uniquement, il serait envisageable, une fois PROBE-w bien paramétré, d'élaborer une version d'OSIRI-Run pour le manguier. L'intérêt de cet outil est qu'il est un **véritable outil d'aide à la décision, indiquant au producteur quand arroser et en quelle quantité et quand stopper l'irrigation**, là où **PROBE-w** ne permet que de **simuler un bilan hydrique**.

POUR EN SAVOIR PLUS

Chopart J-L., Le Mézo L., Mézino M. PROBE-w (PROgramme de Bilan de l'Eau): logiciel de modélisation du bilan hydrique dans un sol cultivé. Présentation et guide d'utilisation. CIRAD Réunion-CA, 18 p., 2009.

Normand F., Jessu D., Sinatamby M., Carissimo L., Champavier K. Changement de pratique d'irrigation lié à une conduite agroécologique du manguier : effets sur le bilan hydrique et la production. Communication présentée au séminaire Biophyto du 21 au 24 octobre 2014, Saint-Pierre. Cirad Réunion, 7p., 2014.

Carissimo L. Réalisation d'un bilan hydrique pour verger de manguier à la Réunion. Rapport de stage. Cirad Réunion—AgroParisTech, 28p., 2013.

Champavier K. Réalisation de bilans hydriques et étude des micros variations de diamètre de tige sur des manguiers à la Réunion. Cirad—SupAgro, 36p., 2014.

Frédéric Normand : frederic.normand@cirad.fr



Ce document a été rédigé par Sarra Poletti dans le cadre du transfert des travaux du projet ECOFRUT.
CIRAD - EPLEFPA Saint-Paul - Armefflor. Mars 2015.