

Fraise 2017

Gestion des effluents : limitation des volumes d'effluents par une gestion précise des irrigations

Date : mai 2018

Rédacteur(s) : Fanny THIERY

Essai rattaché à l'action n° : 6120174798 / Code Invenio : 01501

Nom et Titre de l'action : SubSTech : Culture hors-sol sur fraise : maîtriser l'itinéraire technique et l'impact environnemental

1. Thème de l'essai :

Cet essai s'inscrit dans une démarche de maîtrise de l'impact environnemental de la culture hors-sol du fraisier. Le thème principal de cette expérimentation est la recherche de solutions efficaces et durables pour gérer les effluents de serres hors-sol. L'objectif est double : permettre de résoudre des problèmes environnementaux (pollution aux nitrates et phosphates) mais aussi aider les producteurs à réduire leurs consommations d'eau et de fertilisants.

Invenio a d'ores et déjà validé sur fraise de nombreuses techniques permettant de limiter l'impact environnemental de cette culture. Par exemple :

- Il est envisageable de mettre en place de l'épandage sur des cultures en sol (prairies, céréales, verger...),
- le recyclage de la solution nutritive sur la culture en place est également possible avec un contrôle et une correction des équilibres ioniques (conductimétrie).
- Invenio a également montré à plusieurs reprises que la dénitrification des effluents de serre via les bassins filtrants végétalisés avait un bon rapport efficacité/coût d'installation et de fonctionnement.

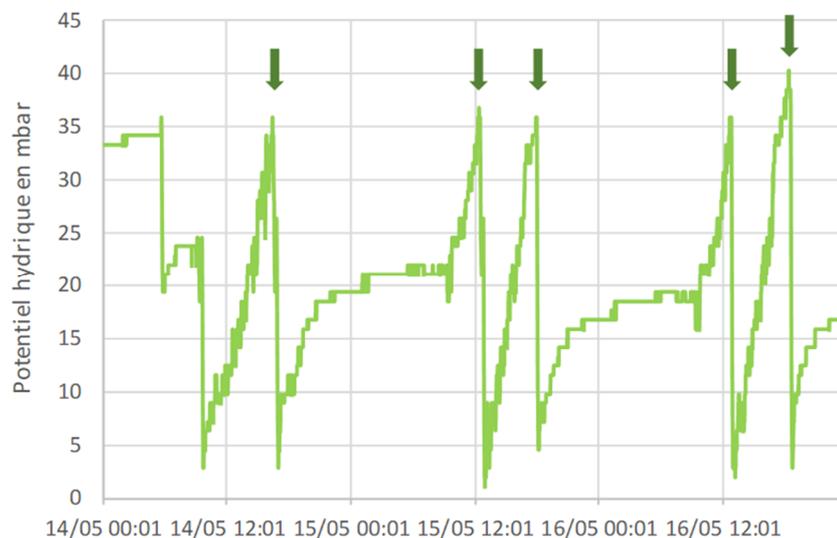
Avec l'arrivée de nouveaux systèmes de mesure de l'état hydrique des substrats (sondes tensiométriques et capacitives) et une bonne connaissance des besoins de la plante, il est possible d'optimiser les apports d'eau et de fertilisants (tant en quantité qu'en fréquence) en cours de culture. En 2016 sur une culture de Gariguette, le pilotage des irrigations en zone de confort hydrique (entre pF1 et pF1,7) via des sondes tensiométriques a permis de réduire de 30 % les volumes d'apport (eau et fertilisants) sur coco et sur tourbe écorce. Ce mode d'irrigation n'a pas impacté la qualité du fruit mais une diminution des rendements de 6% sur tourbe écorce et de 18% sur fibre de coco a été observé. Cette perte de rendement peut être liée à une faible conductivité dans les substrats par rapport à une conduite témoin basée sur le drainage ce qui peut suggérer une sous-alimentation minérale des plants. Mais aucune carence minérale foliaire n'a été mise en évidence. La perte de rendement s'explique également par une hétérogénéité de développement entre les plants puisque des retards de développement transitoires ont été

observés dans les modalités conduites avec les sondes tensiométriques. Pour compenser cette perte de production sur l'essai de 2017, le point de déclenchement d'une irrigation a été baissé de 50 mbar à 35 mbar pour éviter de stresser certains plants et apporter de manière plus « continue » les éléments nécessaires à leur croissance. De même pour compenser la diminution d'apport en éléments nutritifs, les conductivités ont été augmentées sur toutes les irrigations de la modalité avec les sondes.

2. But de l'essai :

- 1- Comparer une conduite témoin (20% de drainage) à une conduite en zone de confort hydrique avec les sondes tensiométriques à eau de chez Sdec et mesurer l'impact sur la consommation en eau, les volumes de drainage et la production (quantité et qualité)
- 2- Acquérir des références de mesures avec les sondes capacitives

Démarche expérimentale : L'objectif du pilotage avec les sondes tensiométriques est de maintenir le potentiel hydrique dans la zone de confort hydrique des plants c'est-à-dire entre pF1 (capacité au champ = 10 mbar) et pF1,7 (limite en eau facilement utilisable = 50 mbar). Avec les résultats de 2016, le seuil de déclenchement des irrigations est passé de 50 mbar à 35 mbar. Les irrigations sont déclenchées lorsque les sondes ont atteint un seuil de potentiel hydrique correspondant à la valeur de 35 mbar. Le volume et donc la durée d'irrigation avec cette conduite correspondra au volume d'eau nécessaire pour faire diminuer le potentiel hydrique du substrat de 35 mbar à 10 mbar (=pF1). Cette valeur de volume est spécifique à chaque substrat.



Déclenchement d'une irrigation

Pour disposer d'un matériel d'aide au pilotage des irrigations adapté à la culture hors-sol, fiable, robuste et utilisable en production il est nécessaire de vérifier la cohérence des mesures des sondes testées par rapport aux mesures des sondes tensiométriques Sdec qui nous servent de références. Les sondes testées sont :

- Des sondes capacitives : GS1 (Decagon), Drill and drop (Sentek)

- Une sonde tensiométrique : Irrrometer
- Une sonde de chaque type est testée par modalité.

3. Facteurs et modalités étudiées :

Comparaison de 4 modalités : deux types de substrat et deux conduites d'irrigation :

- mélange tourbe-écorce, conduite d'irrigation à partir du taux de drainage de 20%
- mélange tourbe-écorce, conduite d'irrigation dans la zone de confort hydrique via les sondes tensiométriques
- fibre de coco, conduite d'irrigation à partir du taux de drainage de 20%
- fibre de coco, conduite d'irrigation dans la zone de confort hydrique via les sondes tensiométriques

4. Matériel et Méthodes :

- **Matériel Végétal** : Variété Gariguette, trayplants plantés le 6 décembre 2016
- **Site d'implantation** : Station expérimentale Invenio à Ste Livrade sur Lot (47)
- **Dispositif expérimental** : Chaque modalité représente 3 lignes de culture de 34 m (1020 plants par modalité). Pour chaque modalité, trois répétitions des parcelles élémentaires de récoltes de 60 plants (10 sacs) ainsi que cinq parcelles élémentaires de 5 plants de suivi de végétation sont évaluées.

- Observations et mesures :

- Mesure de l'activité des plantes
 - 9 mesures par modalité : 1 feuille par plant, 3 plants par sac et 1 sac par rang
 - au stade de développement racinaire et augmentation de la surface foliaire, de pleine floraison, de début de récolte, de fin de 1er jet et de remontée
 - assimilation en CO₂, teneur en chlorophylle, flavonol et indice NBI (Chlorophylle/flavonol, indicateur du statut azoté), SLA (specific leaf area = surface foliaire/masse de matière sèche) et surface foliaire
- Relevés des valeurs des sondes :
 - Sonde tensiométrique Sdec pour le pilotage des irrigations : 3 sondes par modalité
 - Sonde tensiométrique Irrrometer : 1 sonde par modalité
 - Sonde capacitive GS1 Decagon : 1 sonde par modalité
 - Sonde capacitive Drill and Drop Sentek : 1 sonde par modalité
- Relevé quotidien et après chaque arrosage des volumes d'eau apportés et drainés par modalité par le logiciel de gestion climatique et d'irrigation Agriware
- Suivi des conductivités dans le substrat 1 fois par semaine, à l'apport et au drain après chaque irrigation
- Suivi de récolte : rendements commerciaux, bruts, taux de déchets, poids moyens des fruits commercialisables
- Qualité des fruits : suivi hebdomadaire de la fermeté, de l'indice réfractométrique et de l'acidité titrable sur un échantillon de 20 fruits par modalité
- Tests de conservation des fruits commerciaux toutes les semaines : 1 barquette de 500 g par modalité / test basé sur une conservation de 72 heures à +4°C puis 24 heures à

température ambiante (couleur des fruits, brillance, taux de mâchures de l'épiderme, taux de fruits pourris, résistance de l'épiderme et fermeté)

- **Traitement statistique des résultats** : l'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R. Dans les graphiques, lorsque c'est possible, les écarts-types sont figurés. Lorsque les moyennes des modalités sont statistiquement différentes, une comparaison multiple de ces dernières est réalisée (test de Tukey) et les groupes d'appartenance sont figurés sur les graphiques par des lettres.

5. Résultats détaillés :

Apport et drainages

Si sur la conduite avec 20% de drainage les durées d'irrigation sont les mêmes sur les 2 types de substrat, il existe des différences avec la conduite par sonde pour passer de 35 mbar à 10 mbar. Le tableau présente les différences de volume d'apport et de durée d'irrigation entre les 4 modalités.

Substrat	Conduite	Volume d'apport par irrigation mL/plant	Durée d'irrigation min
Coco	Sonde	144	13
	20% drainage	55	5
Tourbe écorce	Sonde	112	10
	20% drainage	55	5

Le tableau ci-dessous, présente le volume total des apports et du drainage sur le cycle de culture.

Substrat	Conduite	Apport (en L)	% de réduction des apports	Drainage (en L)	% drainé	% de réduction des drains
Coco	Sonde	27 445	26%	1 761	6%	80%
	20% drainage	36 865		8 838	24%	
Tourbe écorce	Sonde	26 027	34%	4 405	17%	30%
	20% drainage	39 623		6 328	16%	

Le pilotage des irrigations avec les sondes a permis de réduire les quantités de volumes d'irrigation de 26 % sur fibre de coco et de 34 % sur tourbe/écorce par rapport à une conduite à 20% de drainage.

Les mesures de volumes drainés ont permis de mettre en évidence une diminution de 80 % du drainage sur fibre de coco et de 30 % sur mélange tourbe écorce. On notera également que pour une conduite en zone de confort hydrique, le substrat avec le mélange tourbe écorce est davantage drainant que la fibre de coco.

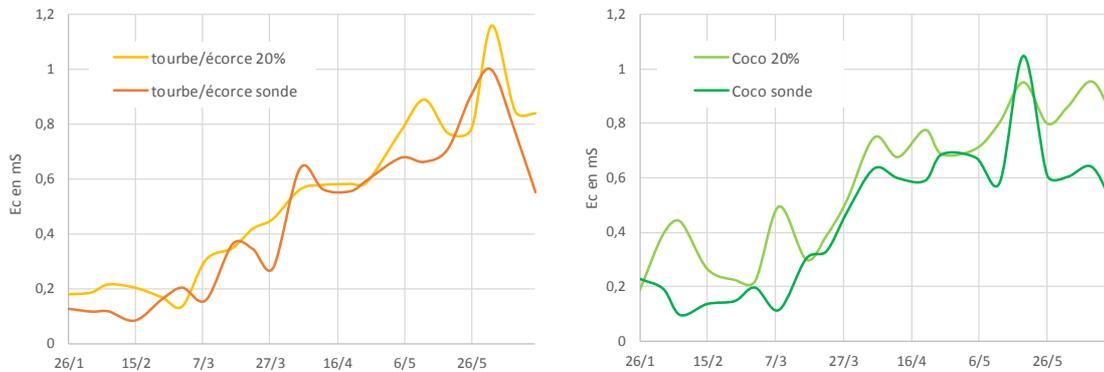
Suivi des conductivités

En 2016, la conductivité dans les sacs de la modalité pilotée avec les sondes était inférieure à la conduite témoin ce qui peut être une explication à la perte de rendement dans le pilotage avec les

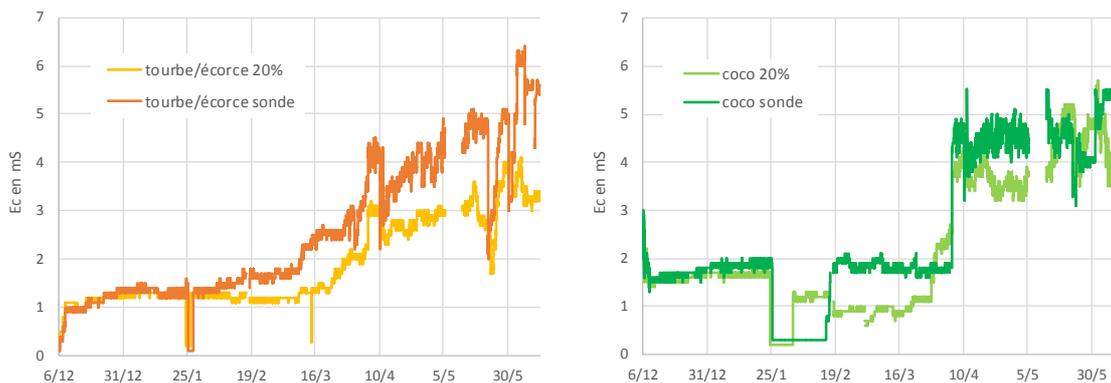
sondes. La conductivité à l'apport a donc été augmenté de 0,4 mS dans cette modalité par rapport à la conduite à 20% de drainage.

Des suivis de conductivité dans les sacs de substrat ont été réalisés toutes les semaines ainsi qu'un suivi au drainage après chaque irrigation.

Evolution de la conductivité dans les substrats



Evolution de la conductivité au drainage

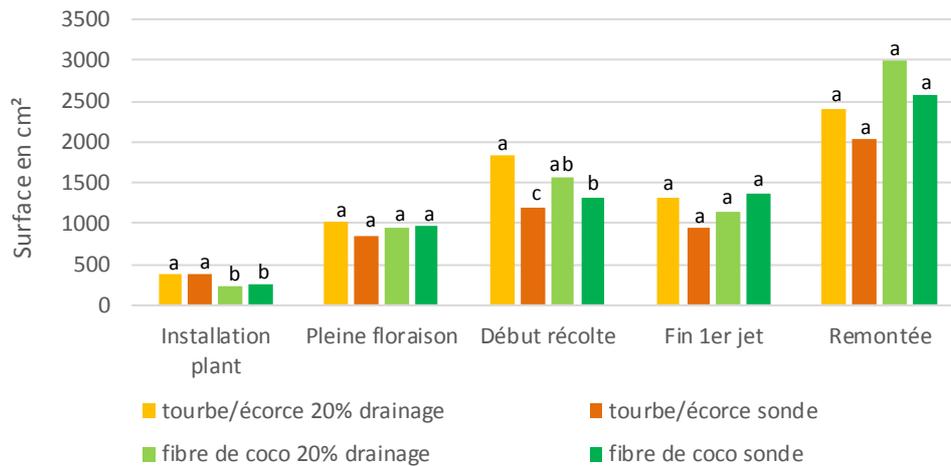


L'augmentation de conductivité à l'apport dans le pilotage par sonde a permis d'avoir des conductivités dans les sacs équivalents entre les deux conduites d'irrigation. La conductivité au drainage augmente fortement à partir de mi-mars sur les deux substrats et d'autant plus dans la modalité pilotée avec les sondes.

Mesure de l'activité des plantes

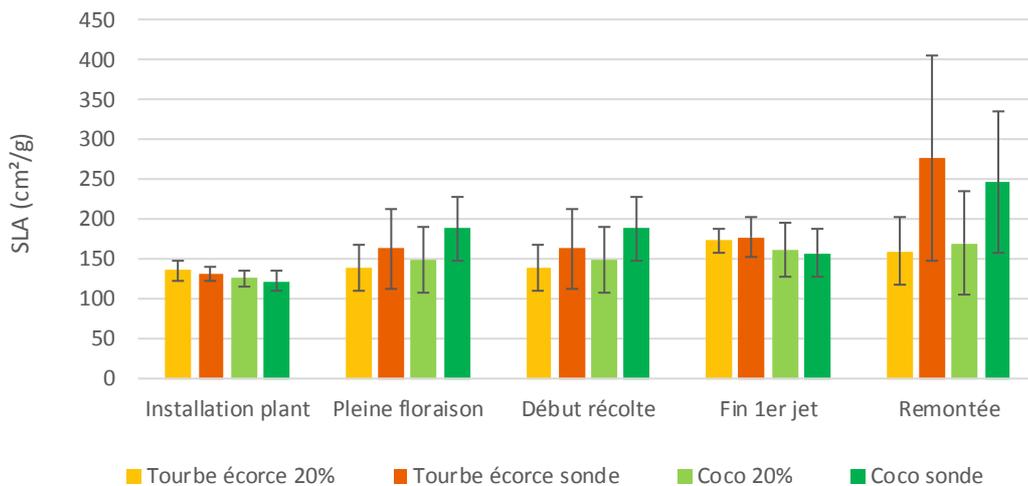
- *Surface foliaire et SLA*

Surface foliaire



La seule différence de surface foliaire observée est en début de récolte avec une surface inférieure sur tourbe écorce avec le pilotage par sonde. La suite des suivis n'ont pas mis en évidence des différences de surface foliaire.

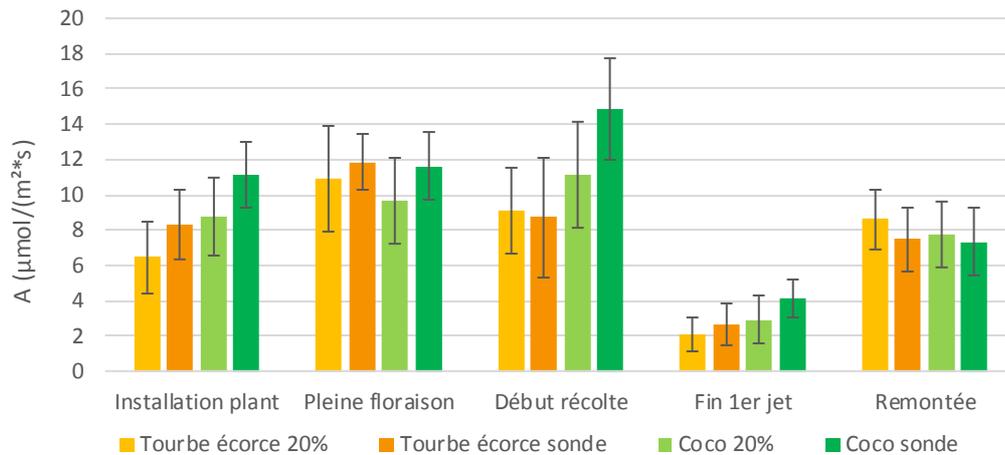
SLA



La SLA correspondant au rapport de la surface foliaire sur la masse de matière sèche de la dernière jeune feuille étalée est un indicateur physiologique de stress. Pour toutes les périodes de suivi aucune différence n'a été observée entre les deux conduites d'irrigation. La conduite en zone de confort hydrique n'est donc pas ressentie comme un stress pour les plants.

➤ Assimilation en CO₂

Assimilation en CO2

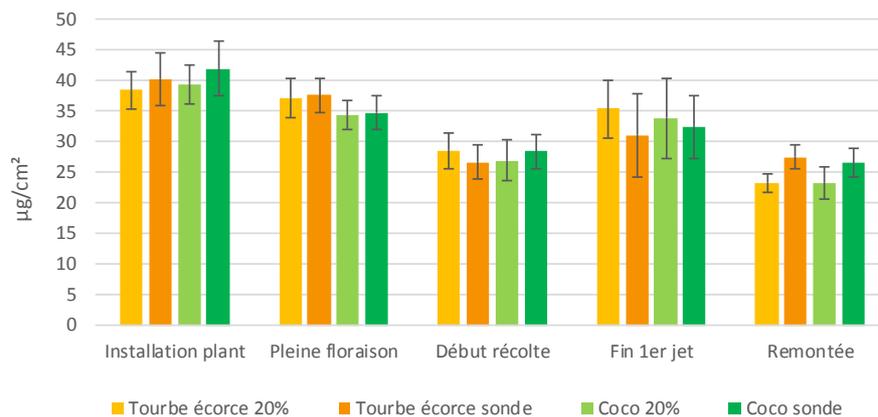


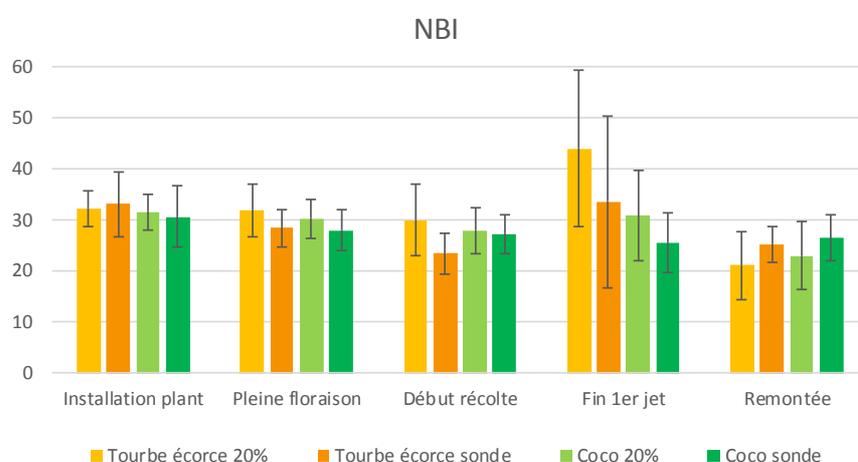
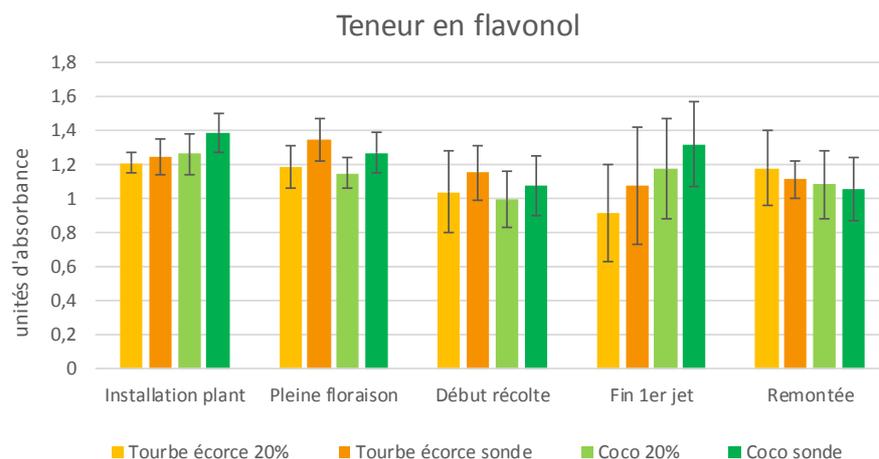
L'assimilation en CO2 mesurée à l'aide du Walz GFS3000 permet de connaître l'activité photosynthétique des plants en mesurant sa capacité d'échanges gazeux. Il n'y a pas de différence observée, la conduite via les sondes tensiométriques n'impacte donc pas la capacité des plants à faire de la photosynthèse.

➤ Teneur en chlorophylle, flavonol et NBI

La teneur en chlorophylle, flavonol et NBI sont mesurés à l'aide du Dualex scientifique de Force A pour indiquer respectivement le potentiel à faire de la photosynthèse, la sénescence et réaction au stress et le statut azoté des plants.

Teneur en chlorophylle





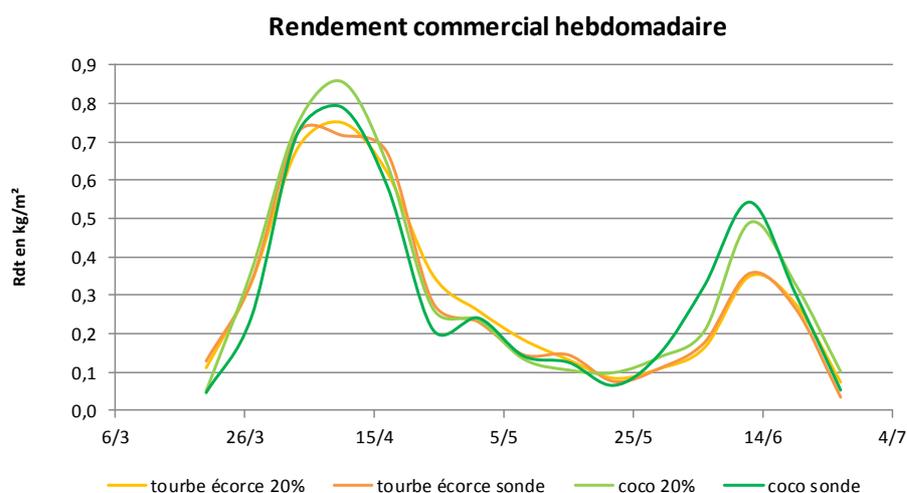
Aucune différence n'a été observée sur ces trois critères pour chaque date d'observation, entre type de substrat et entre conduite d'irrigation.

Suivi de la production

	Date de récolte		Rendements			Pourcentages	
	Début	Fin	Commercial (g/pl)	Commercial (kg/m ²)	Brut (g/pl)	Commercial / Brut	Pourri
tourbe écorce 20%	29/3	19/6	439	4,475	530	83%	8%
tourbe écorce sonde	29/3	19/6	432	4,408	523	83%	9%
coco 20%	31/3	22/6	469	4,780	550	85%	7%
coco sonde	31/3	19/6	446	4,546	546	82%	9%

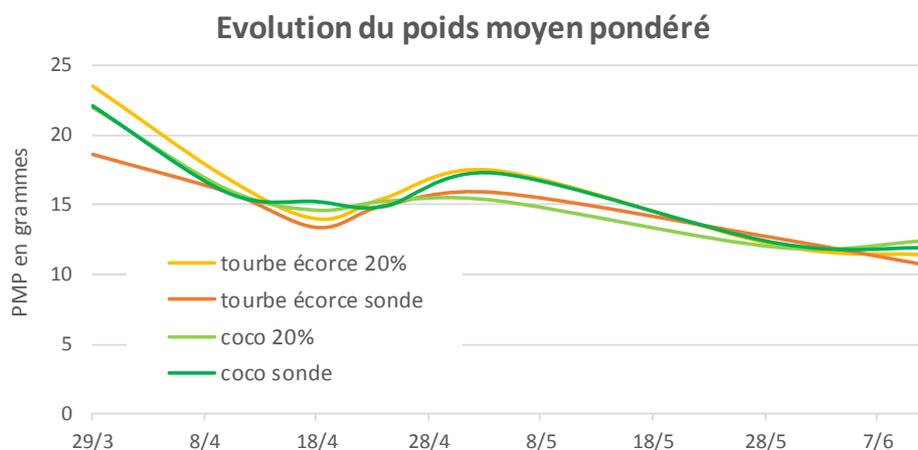
	Modalités	Rdt commercial (kg/m ²)	% à conduite témoin
1er jet	Tourbe écorce 20%	3,538	-1,2
	Tourbe écorce sonde	3,494	
	Coco 20%	3,546	-10,7
	Coco sonde	3,204	
Remontée	Tourbe écorce 20%	0,937	-2,6
	Tourbe écorce sonde	0,913	
	Coco 20%	1,234	8,0
	Coco sonde	1,342	

Il n'y a pas de différence significative de rendement commercial entre les conduites d'irrigation pour chacun des substrats (Anova p=0,514). Sur coco la perte de rendement observée au 1er jet (10%) est compensée par un gain de rendement (8%) sur la remontée. Il n'a pas non plus de différence dans les pourcentages de fruits commercialisables et de déchets.



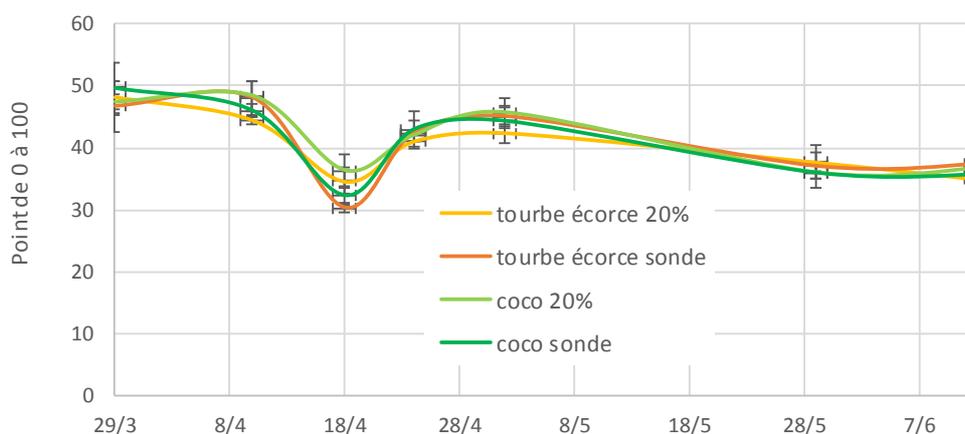
Le graphique ci-dessus met en évidence des courbes de production similaires entre les différentes conduites d'irrigation et les différents types de substrat. On observe une production plus importante avec le coco sur la remontée.

Qualité du fruit



La conduite de l'irrigation avec les tensiomètres n'a pas impacté le poids moyen des fruits.

Evolution de la fermeté



La fermeté est mesurée à l'aide d'un Durofel toutes les semaines sur 3 répétitions de 20 fruits avec 2 points de mesure par fruit. Le mode de conduite des irrigations et le type de substrat n'ont pas influencé la fermeté des fruits.

		29/3	10/4	18/4	24/4	2/5	29/5	12/6
Sucre	Tourbe écorce 20%	7,7	6,7	7,9	9,5	9,9	8,3	7,6
	Tourbe écorce sonde	7,1	6,8	8,0	10,0	10,2	8,2	8,5
	Coco 20%	7,6	6,8	7,5	9,5	9,7	8,1	7,6
	Coco sonde	7,7	6,8	8,9	9,9	10,0	8,1	8,1
Acidité	Tourbe écorce 20%	15,2	12,7	13,1	14,3	11,0	13,4	12,0
	Tourbe écorce sonde	14,1	12,8	11,9	16,0	11,9	14,0	12,9
	Coco 20%	14,6	14,5	12,3	16,1	12,5	13,5	12,1
	Coco sonde	15,0	13,8	14,3	16,8	12,4	13,9	12,8

L'acidité mesure la quantité d'acides organiques (acide citrique et malique) et l'indice réfractométrique représente la quantité de sucres totaux solubles en % de la matière sèche totale. Les mesures sont faites toutes les semaines sur 3 répétitions de 15 à 20 fruits par modalité. Aucune différence de teneur en sucre et d'acidité n'a été observée entre les conduites d'irrigation et entre les types de substrat.

		Coloration	Brillance	Machures	Pourris	Epiderme	Fermeté
Tourbe écorce	20% de drainage	5,0	7,0	4,0	7,0	5,2	5,8
	Sonde	4,9	7,0	4,7	7,0	5,0	4,7
Coco	20% de drainage	4,8	7,0	4,2	7,0	4,7	5,3
	Sonde	4,8	7,0	3,8	7,0	5,3	5,7

La tenue en conservation évalue après 72h à 4°C et 24h à température ambiante la coloration, la brillance, l'importance des mâchures, la quantité de fruits pourris, la résistance de l'épiderme et la fermeté des fruits. Il n'y a pas de différence de tenue en conservation en fonction de la conduite de l'irrigation. Les résultats présentés sont les moyennes des observations de 3 barquettes de 500 g du 11/04, 14/04, 21/04, 28/04, 05/05 et 12/06 (grille de notation du test de conservation en annexe).

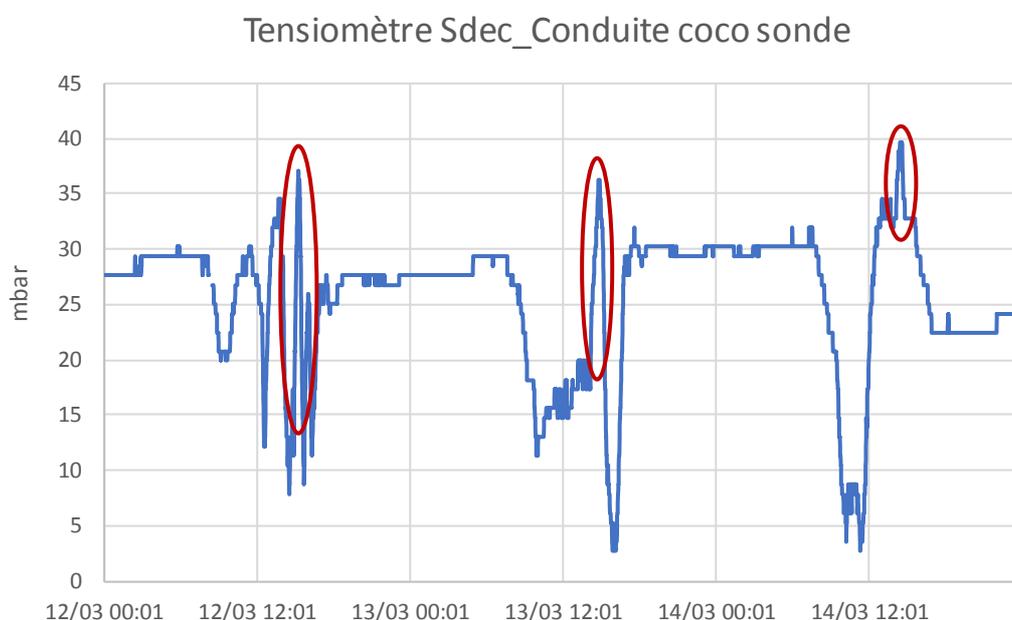
Acquisition de référence de mesures avec les sondes testées

En parallèle des sondes tensiométriques ont été installés des sondes capacitives GS1 (Société Decagon, 1 sonde par modalité).

L'objectif d'installer d'autres sondes en parallèle des sondes tensiométriques Sdec est de pouvoir transmettre aux producteurs équipés de ces sondes un référentiel de valeur de déclenchement des irrigations en fonction des stades de culture. Pour cela on compare les valeurs mesurées par les sondes aux 35 mbar du déclenchement d'une irrigation avec les tensiomètres.

La figure ci-dessous présente les mesures de potentiel hydrique d'un tensiomètre Sdec de la modalité coco pilotée en zone de confort hydrique. De nombreux artefacts de mesure qui ne sont pas liés à une réelle consommation en eau des plants sont observés. Dans certains cas ces artefacts peuvent dépasser le seuil de 35 mbar et déclencher une irrigation.

Il est donc difficile de pouvoir se servir des 35 mbar de référence des sondes Sdec pour établir un référentiel de mesures des autres sondes qui soit fiable pour les producteurs. Un travail de lissage des données devra donc être effectué pour pouvoir utiliser ces données.



6. Conclusions de l'essai :

En 2016, le pilotage des irrigations en zone de confort hydrique, entre 10 mbar et 50 mbar a permis de réduire de 30% les volumes d'apport d'eau et de fertilisants mais avec une perte de rendement de 6% sur tourbe écorce et de 18% sur fibre de coco par rapport à une conduite témoin à 20% de drainage. En 2017, le choix de baisser le seuil de déclenchement des irrigations de 50 à 35 mbar et d'augmenter les conductivités à l'apport a permis de réduire les apports d'eau de 30% sans perte de rendement. Les critères de qualité des fruits (fermeté, tenue en conservation, poids moyen, teneur en sucre et acidité) sont également identiques entre les deux conduites d'irrigation. Une diminution des volumes de drainage de 80% sur coco et de 30% sur tourbe écorce avec le pilotage via les sondes est également observée. Sur les deux conduites, une augmentation de conductivités est observée à partir de mi-mars. C'est sur la conduite en zone de confort hydrique que les conductivités au drainage sont les plus élevées. Pour éviter cette augmentation et essayer d'augmenter les rendements, il est prévu en 2018 de procéder à des périodes de lessivage.

En 2017, deux sondes capacitives (GS1 decagon et Drill and Drop Sentek) et un tensiomètre (Irrrometer) ont été testés. Ce sont des sondes faciles d'installation et d'entretien, fiable dans les réactions aux irrigations. Il n'a pas été possible cette année de construire un référentiel pour les producteurs c'est-à-dire de mettre en relation les données de ces sondes avec les données des tensiomètres Sdec qui nous servent de référence. En effet les sondes Sdec montrent de nombreux artefacts de mesure qui rendent difficile la comparaison des données.

Annexes

Grille de notation des critères du test de conservation

Critère	1	3	5	7	9
Coloration	Orange clair	Rouge brique	Rouge sang	Rouge cardinal	Rouge vineux
Brillance	Très mat	Mat	Intermédiaire	Brillant	Très brillant
Mâchures	Tous les fruits mâchés nettement	Une majorité de fruits mâchés nettement	Une majorité de fruits mâchés légèrement	Une minorité de fruits mâchés légèrement	Aucune mâchure
Pourris		+ de 2 fruits	1 à 2 fruits	Absence	
Epiderme	Très fragile	Fragile	Intermédiaire	Plutôt résistant	Très résistant
Chair	Très molle	Plutôt molle	Intermédiaire	Plutôt ferme	Très ferme