

Compte-rendu 2018

Impact de la polyploidie du porte-greffe sur la tolérance au déficit hydrique

Date : 25 mars 2018

Rédacteur(s) : Gilles Paolacci – Paul Martin

Cadre de la proposition

Dans le cadre d'un projet CTPS (2014-2016), mais également du projet Feder Corse « Porte-greffe » (2015-2016), l'AREFLEC s'est fortement impliqué pour évaluer les propriétés de tolérance au stress de nouveaux porte-greffes tétraploïdes. En partenariat avec le CIRAD, l'INRA mais également l'Université de Corse, des travaux ont ainsi été menés sur l'adaptation de ce matériel innovant face aux contraintes froid et nutritionnelles. Les premiers résultats obtenus en serre montrent que ce matériel tétraploïde présente une meilleure capacité d'adaptation. De même, les travaux initiés en Guadeloupe par le CIRAD montrent que ces porte-greffes sont plus tolérants au Huanglongbing, maladie qui ravage l'agrumiculture notamment au Brésil, en Floride mais également dans toute la Caraïbe.

Avec les changements climatiques annoncés, la problématique sécheresse sera de plus en plus forte en Corse et l'ensemble de la méditerranée. Nous disposons d'un essai au champ où est planté un porte-greffe tétraploïde (le Flhorag1) et ses deux parents diploïdes. Les premières évaluations réalisées par l'AREFLEC montrent que le Flhorag1 se comporte bien (qualité fruit) lorsque greffé avec de l'oranger et du clémentinier. Il est escompté que le Flhorag1 présente une meilleure adaptation à la sécheresse, conduisant *in fine* à un impact moindre sur la qualité des productions.

Enjeux scientifiques

La polyploïdisation est un phénomène naturel chez les plantes à multiplication végétative telles que les agrumes (Dambier et al., 2011). Chez les porte-greffes, la polyploïdisation conduit à une augmentation de la taille des cellules et des organes (Allario et al. 2011) et à un changement du métabolisme carboné de la variété greffé dessus (Hussain et al., 2012). Les différences anatomiques et morphologiques observées chez les agrumes tétraploïdes peuvent conduire à une diminution de croissance et de développement des plants tétraploïdes (Allario et al., 2011). Des génotypes triploïdes sont également couramment sélectionnés dans le cadre des programmes de sélections variétales et peuvent présenter une différenciation phénotypique importante. Toutefois, on ne connaît pas les déterminants physiologiques pouvant être à l'origine des différences de croissance, de développement, de rendement ou d'adaptation au stress. Des travaux récents ont montré que la polyploïdisation permet une meilleure adaptation aux contraintes environnementales. Les porte-greffes tétraploïdes d'agrumes franc de pied sont plus tolérants au stress salin et au déficit hydrique que les diploïdes (Saleh et al., 2008 ; Mouhaya et al., 2008, Ruiz et al, 2016 a,b). Une tolérance accrue au déficit hydrique a également été observée lorsque les porte-greffes tétraploïdes sont greffés (Allario et al. 2013, de Oliveira et al. 2016). De même, il a été montré que les systèmes de détoxication chez les polyploïdes sont plus efficaces que chez les diploïdes (Zhang et al. 2010 ; Deng et al., 2012). Les travaux préliminaires que nous avons réalisés en situation de déficit hydrique sur des porte-greffes tétraploïdes franc de pied (de Oliveira et al 2016) mais également chez du clémentinier greffé sur un porte-greffe tétraploïde (Oustric et al, en préparation) soumis à une contrainte au froid tendent à confirmer ces résultats.

Dans le cadre de cet essai, il est proposé d'évaluer la tolérance à la sécheresse d'un porte-greffe tétraploïde (le Flhorag1) et de ses parents diploïdes (le Poncirus Pomeroy et le mandarinier commun) greffés avec du clémentinier. Afin d'exploiter efficacement une éventuelle composante de la polyploïdie du porte-greffe sur la tolérance au déficit

hydrique différent paramètres physiologiques des arbres au champ vont être évalués. De même, le rendement et la qualité des productions vont être évaluées sur le déficit hydrique.

Références bibliographiques:

Allario T., Brumos J., Colmenero-Flores JM, Tadeo F, Froelicher Y., Talon M., Navarro L., Ollitrault P., Morillon R. (2011). Large changes in anatomy and physiology between diploid Rangpur lime (*Citrus limonia*) and its autotetraploid are not associated with large changes in leaf gene expression. *Journal of Experimental Botany*. 62: 2507-2519.

Allario T, Brumos J, Colmenero-Flores JM, Iglesias DJ, Pina JA, Navarro L, Talon M, Ollitrault P, Morillon R. (2013) Tetraploid Rangpur lime rootstock increases drought tolerance via enhanced constitutive root abscisic acid production. *Plant Cell Environ*. 36: 856-68.

Dambier D, Benyahia H, Pensabene-Bellavia G, Aka Kacar Y, Froelicher Y, Belfalah Z, Beniken Lhou, Handaji N, Printz B, Morillon R, Yesiloglu T, Navarro L, Ollitrault P (2011). Somatic hybridization for Citrus rootstock breeding: an effective tool to solve some important issues of the Mediterranean citrus industry. *Plant Cells Report*. Special issue on Biotechnology in Support of the Millenium Development Goals. 30: 883-900

De Oliveira TM, Ben Yahmed J, Dutra J, Maserti BE, Talon M, Navarro L, Ollitrault P, Gesteira A, Morillon R. (2016) Better tolerance to water deficit in doubled diploid 'Carrizo citrange' compared to diploid seedlings is associated with more limited water consumption and better H₂O₂ scavenging. *Acta Physiologia Plantarum*. Accepted pour publication.

Deng B, Du W, Liu C, Sun W, Tian S, Dong H. (2012) Antioxidant response to drought, cold and nutrient stress in two ploidy levels of tobacco plants: low resource requirement confers polytolerance in polyploids? *J Plant Growth Regul* ;66:1–37.

Franks PJ, Beerling DJ. 2009. Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geologic time. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 106, 10343–10347.

Mouhaya W, Allario T, Brumos J, Andrés F, Froelicher Y, Luro F, Talon M, Ollitrault P, Morillon R (2010) Sensitivity to high salinity in tetraploid citrus seedlings increases with water availability and correlates with expression of candidate genes. *Functional Plant Biology*, 37: 674-685

Ruiz M, Alcántara B, Aleza P, Morillon R, Navarro L, Primo-Millo E, Martínez-Cuenca . (2016a). Effects of salinity on diploid (2x) and doubled diploid (4x) *Citrus macrophylla* genotypes. *Scientia Horticulturae* 207: 33–40

Ruiz M, Quiñones A, Martínez- Cuenca, M-R; Aleza P, Morillon R, Navarro L, Primo-Millo E, Martinez Alcantara B. (2016b). Tetraploidy improves salinity tolerance in Carrizo citrange seedlings (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Poncirus trifoliata* L. Raf.). *Journal of Plant Physiology*. Sous presse.

Saleh B., Allario T., Dambier D., Ollitrault P. Morillon R. (2008). Tetraploid citrus rootstocks are more tolerant to salt stress than diploid. *Comptes Rendus de Biologie de l'Académie des sciences* 331: 703-710.

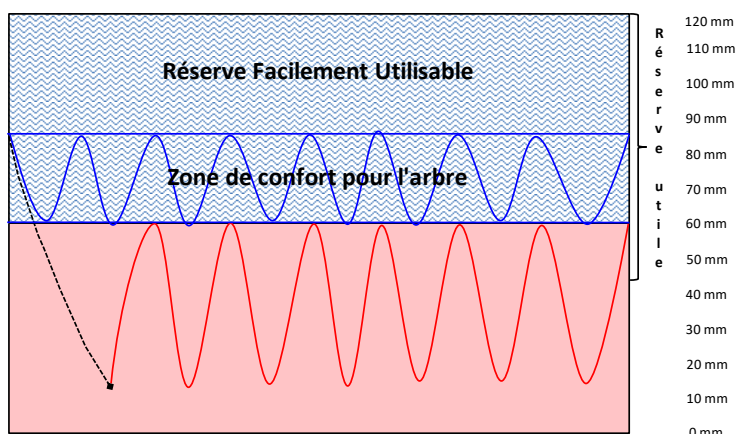
Zhang XY, Hu CG, Yao JL. (2010) Tetraploidization of diploid *Dioscorea* results in activation of the antioxidant defense system and increased heat tolerance. *J. Plant Physiol*. 167: 88-94.

Buts de l'essai :

- Évaluer le comportement du porte-greffe tétraploïde (4x) *FLHORAG 1*, comparé aux porte-greffes diploïdes (2x) en condition de stress hydrique.
- Évaluer l'impact du stress hydrique sur le rendement, le pourcentage de fruits par classe de calibre ainsi que sur la qualité interne des fruits, sur la clémentine commune (SRA 92) greffée sur des porte-greffes 4x et 2x.

Protocole d'expérimentation :

- Deux lignes indépendantes : Système d'irrigation par micro-jet associé à des volucompteurs pour vérifier le volume d'eau apporté.
- Irrigation 100 % de l'ETP, à partir de la RU, ligne non stressée.
- Irrigation 30 % de l'ETP, à partir de la RU, ligne stressée.



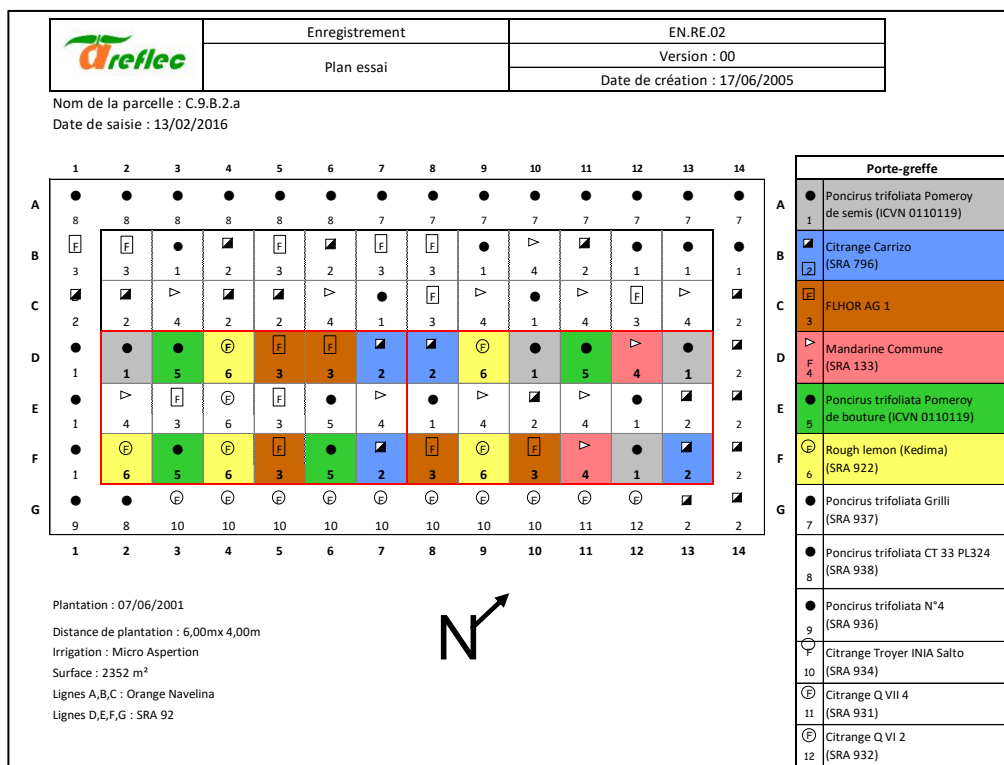
Irrigation en fonction de l'ETP

ETP x K x Nbr de jours

- Modalité 1 = Irrigation 100 %
- Modalité 2 = Irrigation 30%

Dispositif expérimental :

- Implantation sur le domaine expérimental de l'UE Citrus de l'INRA de San Giuliano.



Matériel Végétal :

Clone de clémentinier (SRA 92) :

Porte-greffes :

- + Poncirus trifoliata pomey de semis (2x)
- + Citrange Carrizo (2x)
- + FLHOR AG 1 (4x)
- + Poncirus trifoliata Pomey de bouture (2x)
- + Mandarine commune (2x)

Paramètres observés :

Mesure de de la résistivité du sol :

Prospection résistivité électrique par GéoCarta 17-18/05/2017 collaboration Laurent Julhia (UE Citrus)

- + Passage dans chaque inter-rang (espacement des passages 6 mètres)
- + 3 niveaux de prospection en profondeur



Laurent Julhia

- + Voie 1 : 0 cm à 60 cm
- + Voie 2 : 0 cm à 100 cm
- + Voie 3 : 0 cm à 170 cm

Analyse de la vigueur :

Variété/porte-greffe pour chaque combinaison : affinité, indice de productivité;

Caractériser l'impact de la polyploïdie (Flhorag1 versus ses 2 parents diploïdes) sur la floraison :

- + Pour chaque combinaison, à la pleine floraison une note de floribondité ou d'intensité de floraison est attribuée à chaque arbre. Notation de 1 à 5 : 1 très faible floraison, 2 faible, 3 moyenne, 4 forte, 5 très forte floraison ;

Coloration des fruits :

- + Suivi de l'évolution de la coloration des fruits, toutes les semaines à partir de fin octobre ;

Analyses physico-chimiques :

- + Prélever un échantillon de 20 fruits de calibre (3) toutes les semaines à des fins d'analyses, Acidité, taux de jus, % de matière sèche soluble en % degrés BRIX.

Caractérisation du stress hydrique imposé :

Paramètres mesurés après la chute physiologique :

Toutes les semaines :

+ **La fluorescence chlorophyllienne** : elle est obtenue sous forme d'un rapport Fv/Fm, qui nous indique si la chlorophylle fonctionne bien. On place donc une pince opaque ayant pour but de mettre une région de la feuille dans le noir pendant un certain temps, puis, en envoyant un flash lumineux sur cette zone, on mesure la fluorescence. On utilise le HANDY PEA pour effectuer ces mesures.

+ **Potentiel hydrique de base et foliaire :**

En fin de nuit, alors que la transpiration est négligeable et que la plante a reconstitué ses réserves en eau, on considère que la tension de sève dans le végétal est en équilibre avec le potentiel hydrique du sol dans la zone d'implantation des racines. La mesure du potentiel foliaire à cet instant, appelée potentiel hydrique foliaire de base, renseigne par conséquent sur la disponibilité en eau du sol et fournit une information sur l'état hydrique dans lequel se trouve le végétal, en raison d'une plus faible variabilité des conditions de milieu. 4 feuilles par arbre / 3 arbres par combinaison afin de mesurer le potentiel hydrique des feuilles à la chambre à pression.

+ **Teneur relative en eau** : Cette mesure permet de suivre le stress hydrique au niveau des cellules photo réceptrices. Par cela le statut hydrique apporte des informations sur la quantité d'eau disponible pour la feuille et l'état de flétrissement de la feuille.

La TRE est un pourcentage, calculé par la formule suivante :

$$TRE = [(PF-PS)/(PT-PS)] \times 100$$

PF représente le poids frais de la matière végétale, PS le poids sec et PT le poids à la turgescence. Ainsi, grâce au PT il est possible de comparer la teneur maximale en eau dans la feuille à la teneur réelle représentée par PF. Pour un pourcentage supérieur à 60-70%, on considère que la transpiration est normale pour la plupart des espèces. Autour de 50%, la plante rentre sous un seuil critique.

3 mesures : juin, juillet et août :

+ **Mesure du taux d'humidité** : Prélèvements de terre sur la parcelle pour les deux modalités concernées, à des profondeurs différentes. Puis tamisage de la terre des différents échantillons. Après avoir mélangé les prélèvements de terre pour chaque modalité, 500 grammes de terre sont disposés dans un bocal en verre et mis dans une étuve à une température de 120°C pendant 24 heures, cette opération est renouvelée autant de fois que cela est nécessaire, afin d'obtenir une masse identique à la précédente pesée, cela nous permet de mettre en évidence qu'il n'y a plus d'humidité dans l'échantillon.

Avant la récolte :

+ **La charge des arbres** : Evaluation de la production des arbres pour chaque combinaison, une note de 1 à 5 est attribuée à chaque combinaison; 1 très faible production, 2 faible, 3 moyenne, 4 forte, 5 très forte production;

A la récolte :

+ Programmation des récoltes des fruits suivant la norme IGP, arbre par arbre en deux passages minimum;

Le calibrage :

+ Calibrage des fruits arbre par arbre suivant les normes en vigueur.

+ Un échantillon de 20 fruits minimum de calibre 3 est prélevé à des fins d'analyses, Acidité, taux de jus, % de matière sèche soluble exprimé en % degrés BRIX;

Les paramètres Analysés :

- Les rendements;
- Le % de fruits par classes de calibre;
- L'acidité;
- Le % de matière sèche soluble exprimé en % degrés Brix;
- Le taux de jus.

La résistivité du sol :

Principe de la résistivité électrique des sols :

La résistivité électrique est une propriété du sol, informant sur sa capacité à laisser passer un courant électrique. Pour mesurer la résistivité électrique des sols, un courant électrique est injecté dans le sol puis récupéré afin de mesurer la différence de potentiel qui en résulte. Cette différence de potentiel, de la circulation électrique dans le sol dépend des caractéristiques physiques de ce dernier : granulométrie, texture, profondeur, teneur en eau, température, concentration ionique... Ainsi la mesure de la résistivité électrique permet de renseigner sur les hétérogénéités du sol liées à ses caractéristiques physiques.

Méthode de prospection spatialisée de la résistivité électrique du sol :

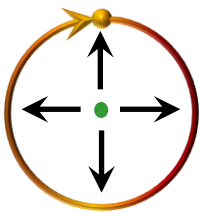
La prospection spatialisée de la résistivité électrique du sol est une méthode permettant d'éditer des cartes sur les hétérogénéités physiques des sols sur une surface et une profondeur données.

La technique APR (Automatic Resistivity Profiler) est un dispositif tracté permettant le déplacement sur un sol de quatre paires d'électrodes (1 paire pour l'injection et 3 paires pour la réception du signal électrique) attelées à l'arrière d'un véhicule (quad).

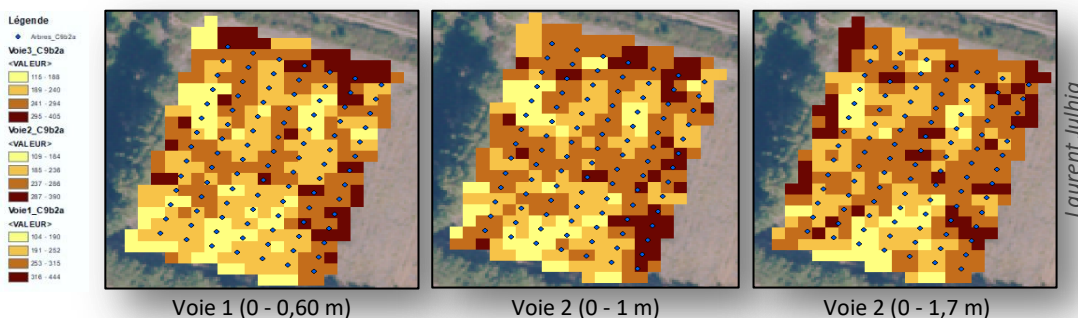
Ce dispositif permet une prospection des sols à la fois latéralement (déplacement du véhicule) et sur plusieurs profondeurs désirées. Les mesures sont géo localisées, permettant ainsi la réalisation de cartes pédologiques à différents horizons.

Résultats :

Interpolation des données IDW précision 3 mètres autour de l'arbre.



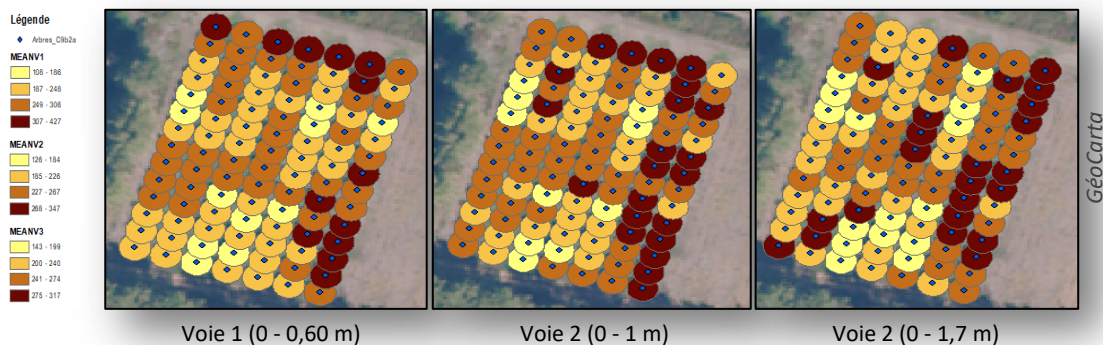
Obtention de cartes de résistivité électrique :



Nous pouvons constater sur les graphiques ci-dessus que la parcelle est relativement homogène au niveau du sol dans la couche 0 à 60 centimètres.

Pour ce qui concerne la couche allant de 0 à 1 et de 0 à 1.70 m la résistivité moyenne est plus marquée sur la ligne 6, mais cela n'a pas du tout impacté les résultats de notre essai.

Calcul Moyen de la résistivité :

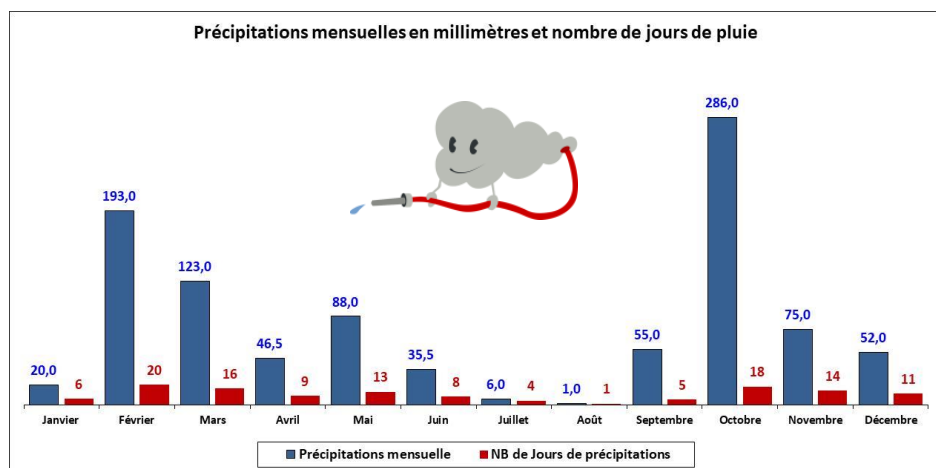


Nous pouvons constater sur les graphiques ci-dessus que la parcelle où est implanté notre essai est relativement homogène au niveau du sol dans la couche 0 à 60 centimètres de profondeur.

Pour ce qui concerne la couche allant de 0 à 1 et de 0 à 1.70 m la résistivité moyenne est plus marquée sur la ligne 6, mais cela n'a pas du tout impacté les résultats de notre essai.

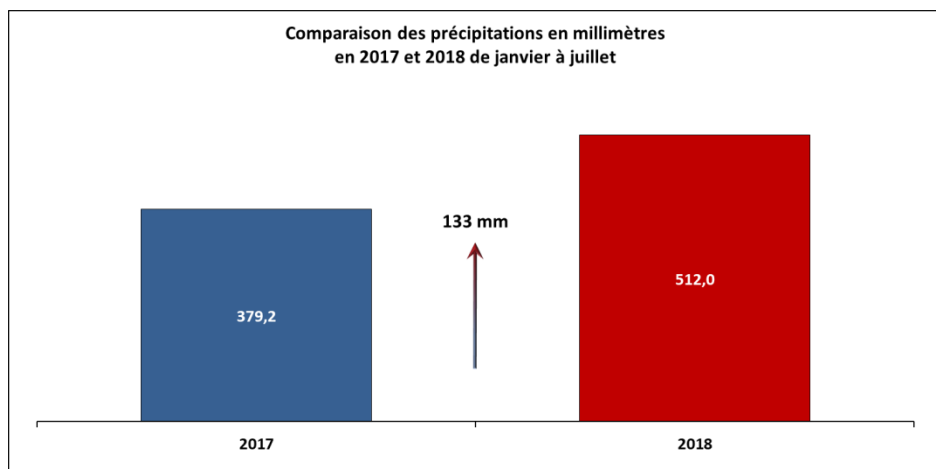
Bilan climatique :

La pluviométrie :



Les années se suivent mais ne se ressemblent pas. Cet essai se déroule en plein champs, il est donc exposé aux conditions climatiques du moment.

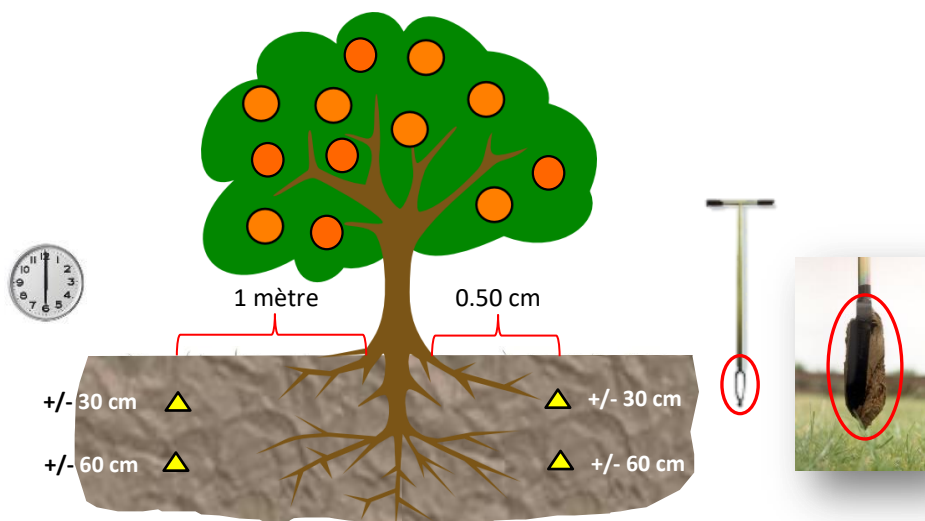
Comme on peut le constater sur le graphique ci-contre, les précipitations à la sortie de l'hiver, au printemps, au mois de juin et les giboulées du mois de juillet ont perturbé le bon déroulement de notre expérimentation. Toutes les conditions ne sont pas réunies pour optimiser cet essai.



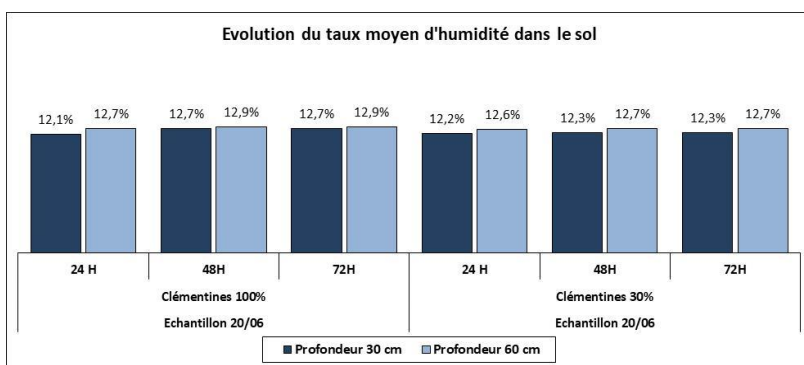
Pour l'année 2017 (voir graphique de gauche), les précipitations cumulées de janvier à juillet sont de 379.2 millimètres, en 2018 pour la même période elles sont de 512 millimètres, soit 133 millimètres de plus par rapport à l'année précédente.

On peut considérer qu'il y avait de bonnes réserves dans le sol. Il est plus difficile dans ces conditions de stresser les arbres.

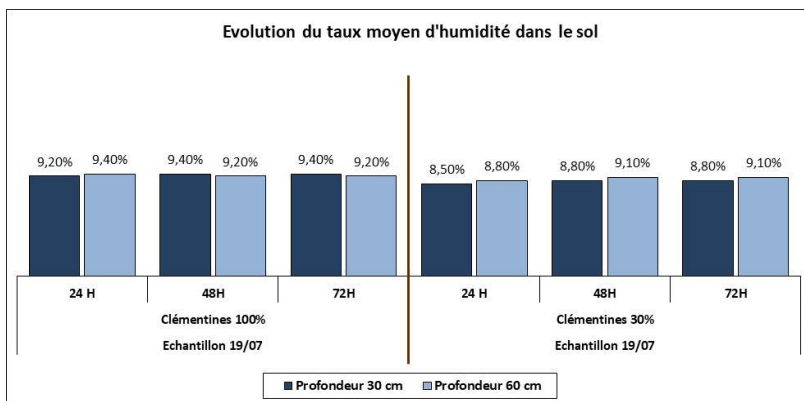
Les modalités de prélèvements de la terre par combinaison :



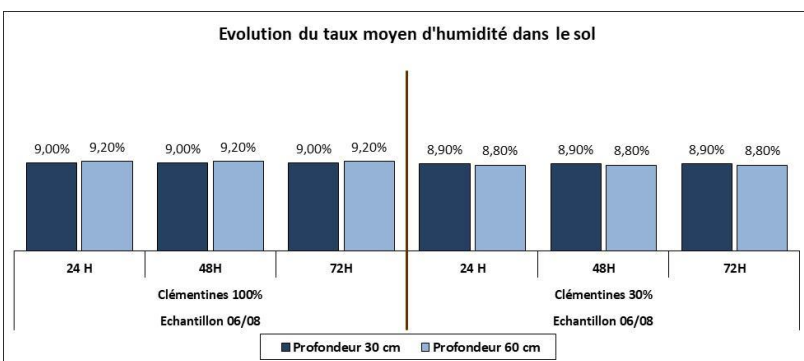
Résultats : Sur le taux d'humidité du sol à différentes profondeurs :



Graph N°1



Graph N°2



Graph N°3

Le paramètre taux d'humidité dans le sol, nous donne une indication sur le niveau d'humidité du sol à différentes strates de profondeurs pour chaque modalité.

Comme nous pouvons le constater sur le graphique N°1, les mesures effectuées le 20/06, montrent qu'il n'y a pas de différence très marquée entre la modalité stressée et non stressée, quelle que soit la profondeur.

Au 19/07, le niveau d'humidité dans le sol baisse sur les deux modalités par rapport aux mesures

effectuées le mois précédent voir graphique N°2, si on compare la modalité 100% irrigation et la modalité 30% irrigation le niveau d'humidité du sol est moins important sur la modalité stressée quelle que soit la profondeur.

Au mois d'août il n'y a pas de différence très marquée entre la modalité stressée et non stressée.

Cette année ce paramètre ne nous permet pas de mettre en évidence l'effet stress en fonction de la modalité observée.

La partie physiologie

La teneur relative en eau :



Cette mesure permet de suivre le stress hydrique au niveau des cellules photo réceptrices. Le statut hydrique apporte des informations sur la quantité d'eau disponible pour la feuille et l'état de flétrissement de celle-ci. La TRE est un pourcentage, calculé par la formule suivante : $TRE = [(PF-PS)/(PT-PS)] \times 100$

PF représente le poids frais de la matière végétale, PS le poids sec et PT le poids à la turgescence. Ainsi, grâce au PT il est possible de comparer la teneur maximale en eau dans la feuille à la teneur réelle représentée par PF.

Pour un pourcentage supérieur à 60-70%, on considère que la transpiration est normale pour la plupart des espèces. Autour de 50%, la plante entre en seuil critique. Cette année, comme nous pouvons le constater sur les graphiques ci-dessus, quelle que soit la modalité observée le seuil de 50% n'a jamais été atteint, donc ce paramètre ne nous permet pas de mettre en évidence un effet stress.

La photosynthèse :

	Photosynthèse						
	Ratios						
	02/7/18	09/7/18	17/7/18	23/7/18	30/7/18	6/8/18	10/9/18
Poncirus pomey de semis	1,40	0,44	0,91	1,09	0,58	0,54	0,88
Citrange Carrizo	0,68	0,87	1,03	1,07	0,60	0,73	0,72
FLHOR AG1	0,90	0,55	0,54	0,93	0,66	0,37	0,78
Mandarine commune	1,10	0,61	0,82	1,26	0,83	0,57	0,76
Poncirus pomey de bouture	0,99	0,94	0,70	1,28	0,76	0,61	0,90

Si le ratio est égal ou supérieur à 1 on considère qu'il n'y a pas d'effet stress. Plus on s'écarte de manière négative de la valeur 1 plus il y a un effet de stress. Comme on peut l'observer sur le tableau ci-dessus, les ratios sur la photosynthèse au 23/07 sont proches de 1 ou supérieurs à 1, il n'y a pas de stress avéré à ce moment là. Au 30/07 les ratios chutent, il y a un stress plus ou moins prononcé en fonction de la combinaison observée. Si on compare les ratios c'est le porte-greffe Flhor AG qui a l'écart le moins élevé (0.27). Au 06/08 le ratio est plutôt stable sur porte-greffe Poncirus pomey, il chute sur les combinaisons Flhor AG1, Mandarine commune et Poncirus pomey de bouture, il y a un effet stress. Au 10/09 les ratios remontent c'est la fin du stress. Les précipitations du mois septembre, ont permis des valeurs physiologique normales. Cette année et dans ces conditions sur ce paramètre il est difficile de mettre en évidence l'impact de la ploïdie du porte-greffe par rapport au stress hydrique imposé.

La fluorescence chlorophyllienne :

	Fluorescence chlorophyllienne									
	02/7	09/7	16/7	23/7	30/7	6/8	20/8	27/8	3/9	10/9
Poncirus pomey de semis	1,14	0,98	1,07	1,02	1,00	1,00	1,00	1,02	1,03	0,95
Citrange Carrizo	1,06	1,03	1,02	1,03	0,99	0,97	0,92	0,96	0,94	0,98
FLHOR AG1	1,06	1,00	1,02	1,04	0,93	0,98	0,97	1,01	1,15	0,99
Mandarine commune	0,94	0,99	1,02	1,03	0,94	1,00	1,00	0,97	1,00	0,98
Poncirus pomey de bouture	0,91	1,02	1,01	1,04	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,03

Comme on peut le constater sur le tableau ci-dessus, les données enregistrées sur les différentes combinaisons, ne permettent pas de mettre en évidence un effet stress.

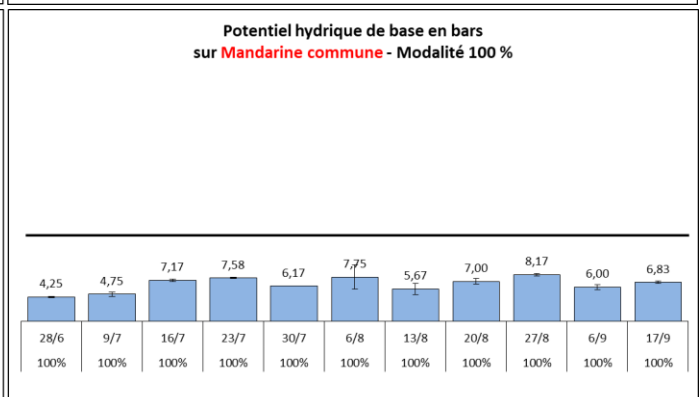
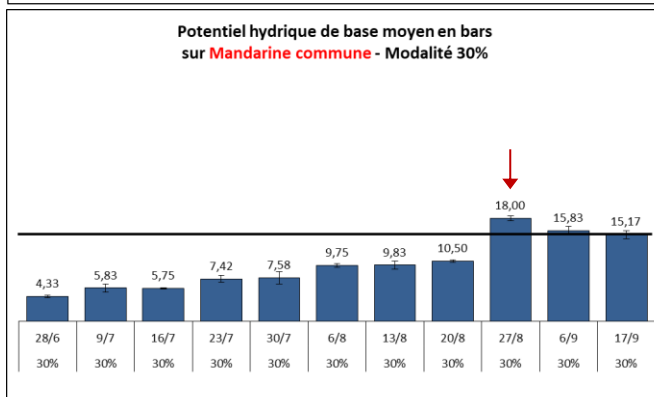
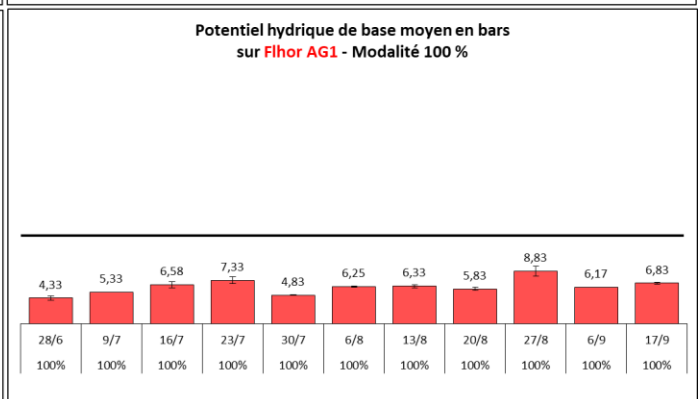
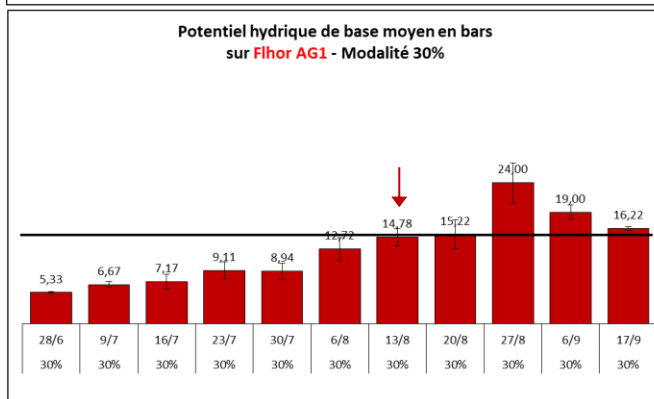
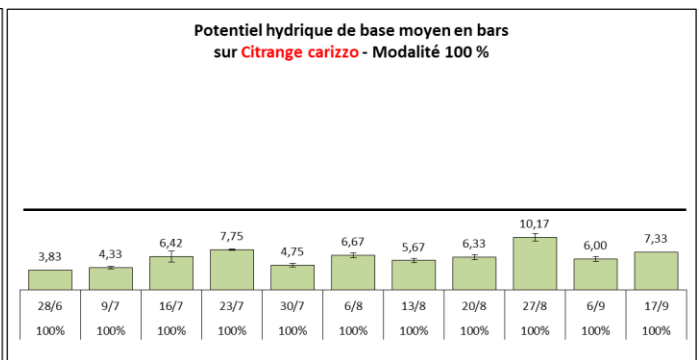
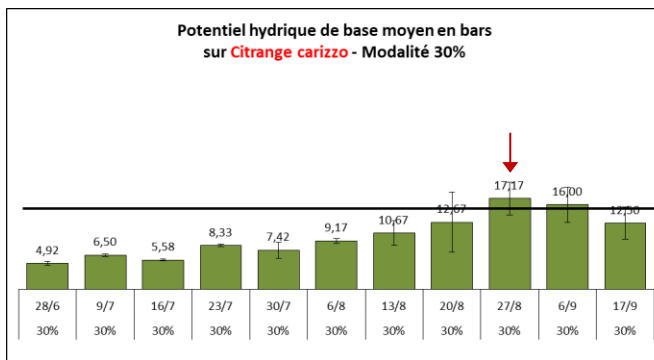
Le rapport moyen de FV/Fm quelle que soit la combinaison observée n'est jamais descendu en-dessous du seuil de 0,7, (indicateur de stress). Difficile dans ces conditions de mettre en évidence l'impact de la ploïdie du porte-greffe par rapport à la restriction en eau imposée.

La conductance stomatique :

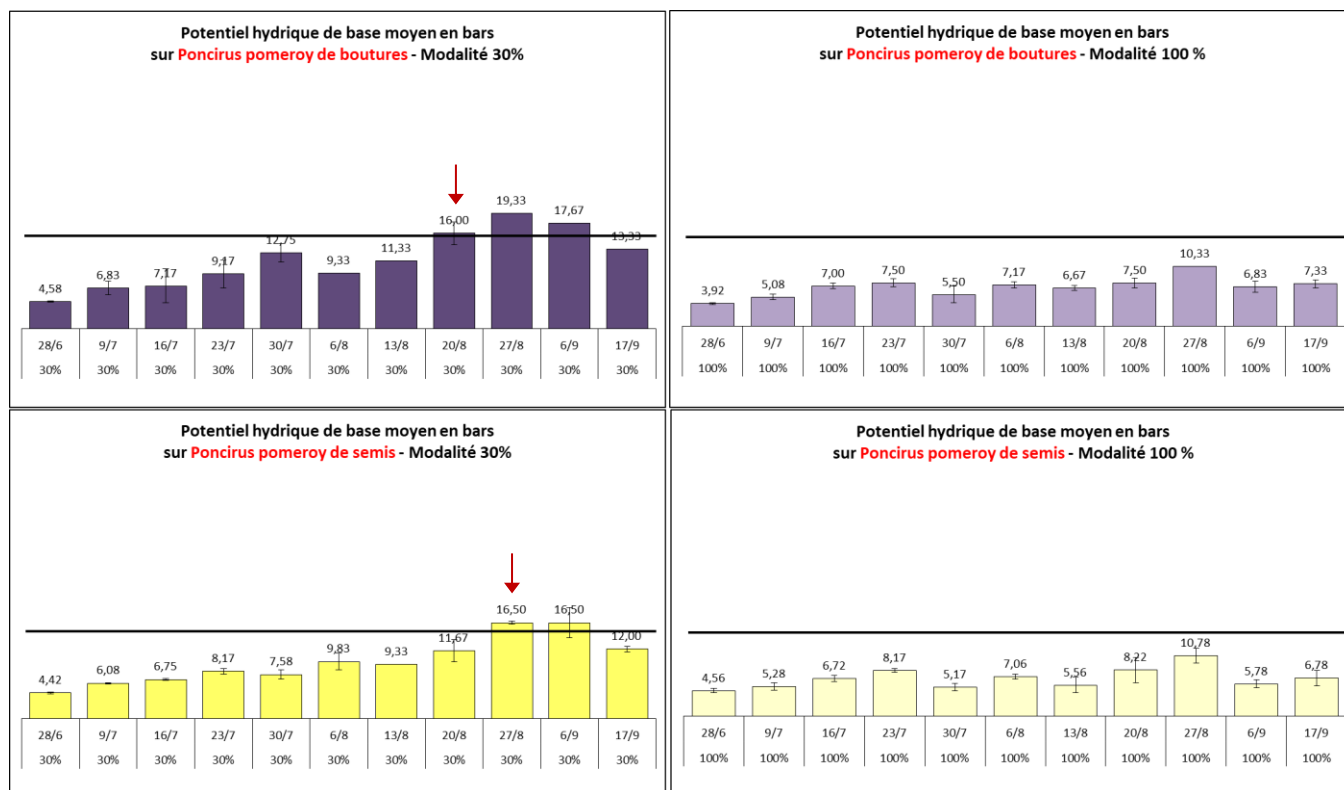
	Conductance stomatique						
	Ratios						
	2/7	9/7	17/7	23/7	30/7	6/8	10/9
Poncirus pomeroiy de semis	0,63	0,48	0,46	1,61	0,45	0,48	0,38
Citrange Carrizo	1,03	0,58	1,10	0,44	0,40	0,68	0,74
FLHOR AG1	0,16	0,38	0,18	6,71	0,34	0,28	0,36
Mandarine commune	0,29	0,57	0,79	5,94	0,59	0,50	0,58
Poncirus pomeroiy de bouture	1,58	0,75	0,18	3,31	0,45	0,46	0,75

Les résultats sont sur ce paramètre assez diffus et ne permettent pas de mettre en évidence un effet stress et d'évaluer l'impact de la ploïdie du porte-greffe sur la tolérance au déficit hydrique.

Le potentiel hydrique de base



Le potentiel hydrique foliaire (suite)



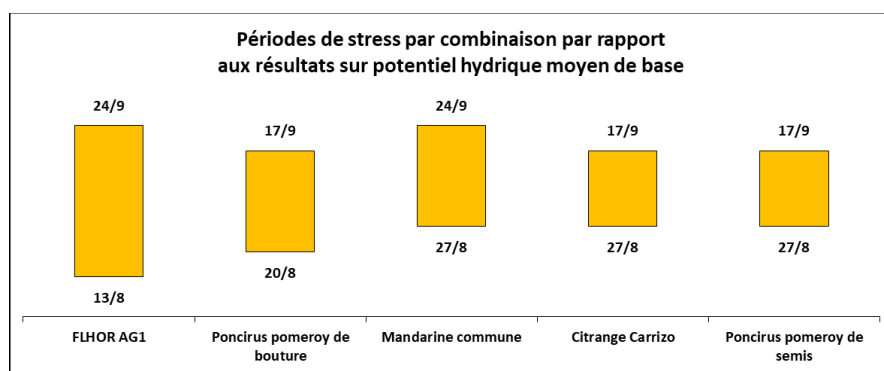
En fin de nuit, alors que la transpiration est négligeable et que la plante a reconstitué ses réserves en eau, on considère que la tension de sève dans le végétal est en équilibre avec le potentiel hydrique du sol dans la zone d'implantation des racines. La mesure du potentiel foliaire à cet instant, appelé potentiel hydrique foliaire de base, renseigne par conséquent sur la disponibilité en eau du sol et fournit une information sur l'état hydrique dans lequel se trouve le végétal, en raison d'une plus faible variabilité des conditions de milieu. C'est très certainement le paramètre le plus réactif qui met en évidence l'effet stress. Les valeurs moyennes pour la modalité non stressée évoluent mais elles restent relativement stables, elles ne dépassent jamais le seuil fixé de 15 bars quelle que soit la combinaison observée.

Les observations liées au potentiel hydrique de base moyen mettent en évidence un effet stress. Pour la modalité 30% irrigation (voir graphique ci-dessus) on observe nettement un effet stress pendant le mois d'août. Cependant toutes les combinaisons ne réagissent pas de la même manière à la restriction en eau.

Si on voulait classer les porte-greffes en fonction de leur résistance au stress, le porte-greffe *Flor AG1 4 x* (tétraploïde), entre en stress à partir du 13/08 et y reste jusqu'au 17/09.

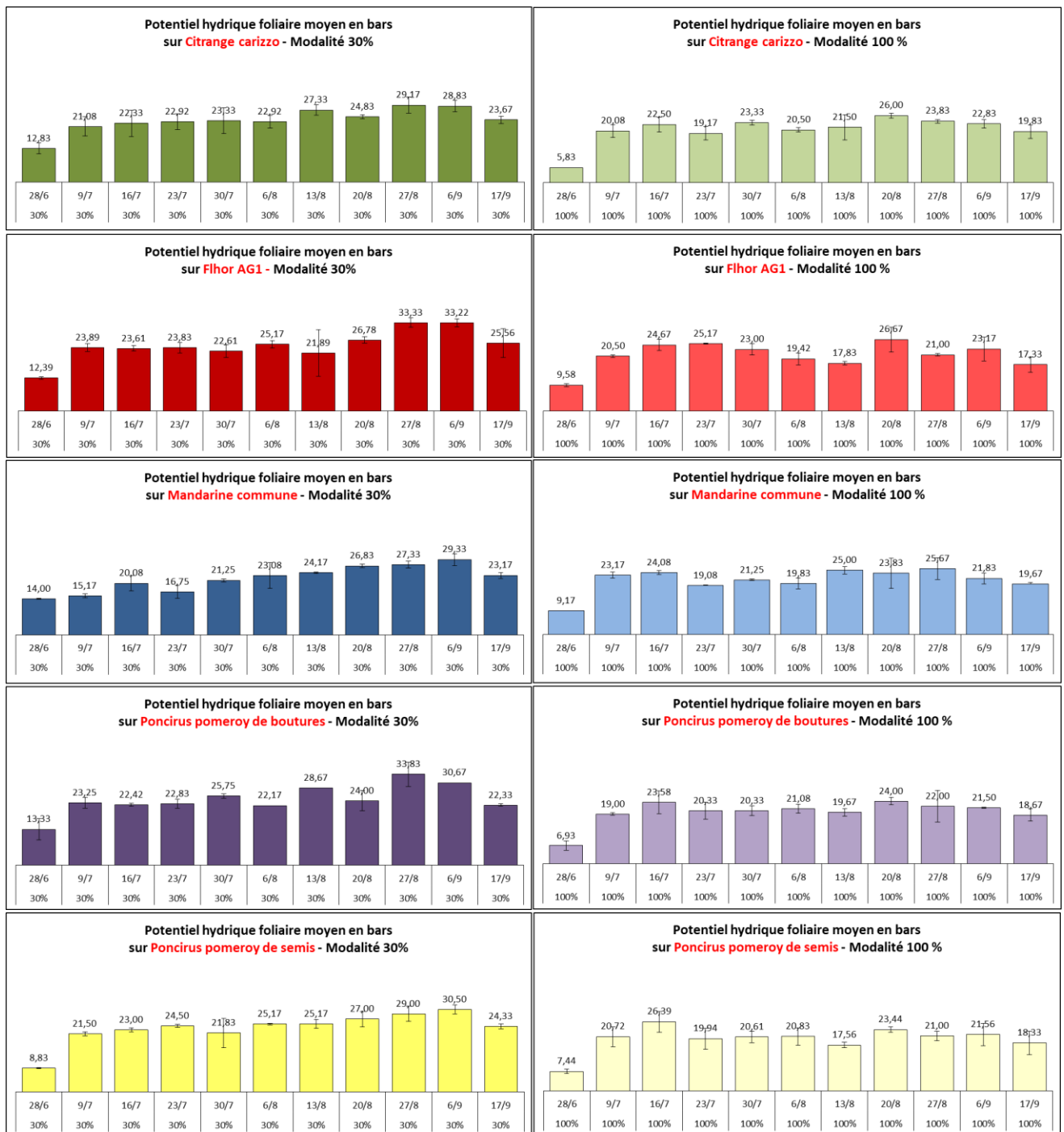
Le porte-greffe *Poncirus pomeroy* de bouture 2 x (diploïde), dépasse le seuil avec 16 bars le 20/08, soit une semaine après le Flor AG 1 et redescend sous le seuil le 17/09.

Pour ce qui concerne les trois autres combinaisons, à savoir les porte-greffes *Citrance carizzo*, *Poncirus pomeroy* de semis et *Mandarine commune* ils rentrent en stress le 27/08 avec une pression d'environ 17 bars, soit 15 jour après le porte-greffe tétraploïde.



L'entrée en stress et la durée varient beaucoup en fonction de la modalité observée (voir graphique ci-dessus). Les deux porte-greffes qui semblent résister le mieux au déficit en eau sont le *Citrance carizzo* et le *Poncirus pomeroy* de semis.

Le potentiel hydrique foliaire :

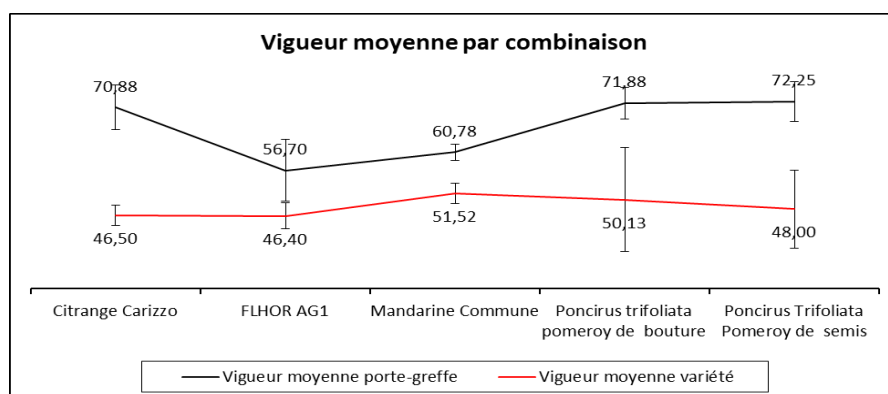


Les données sur le potentiel foliaire moyen évoluent différemment en fonction de la modalité et de la combinaison observées. Globalement elles sont plus élevées pour la modalité 30% irrigation. La variabilité inter-feuilles pour une même date est relativement faible.

Cependant concernant ce paramètre il est quand même difficile d'affirmer que telle ou telle combinaison résiste mieux à la restriction en eau.

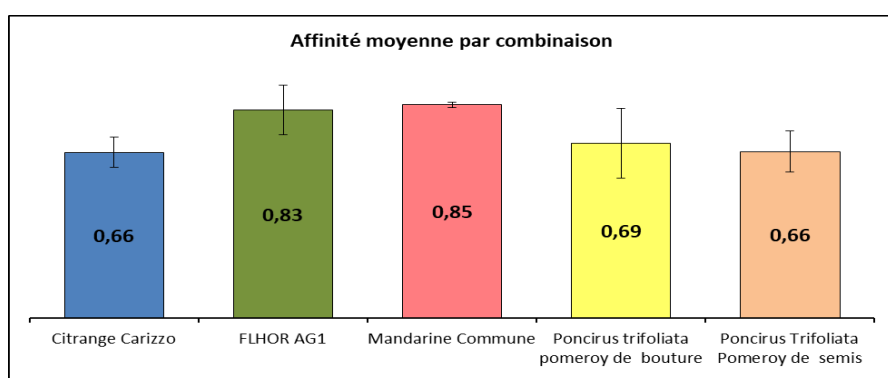
La partie agronomie

Les vigueurs moyennes porte-greffes/variété par combinaison et par modalité :



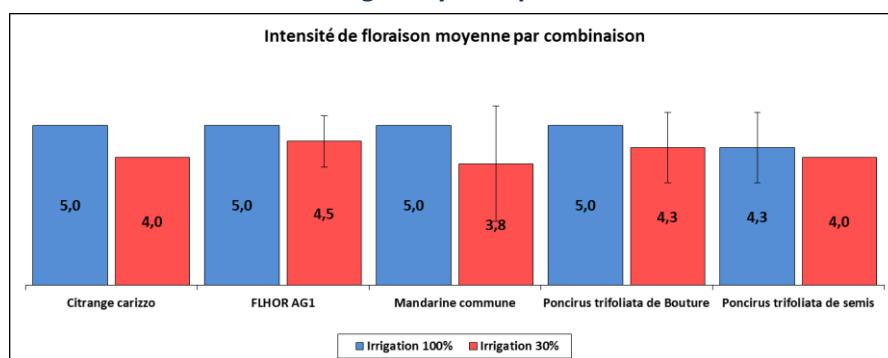
On notera que les porte-greffes, le tétraploïde (4x) *FLHOR AG1* et le porte-greffe (2x) diploïde *Mandarine commune* sont moins vigoureux que les porte-greffes *Poncirus trifoliata pomeroiy de semis* et *de bouture*, ainsi que le *Citrange carizzo*. Le porte-greffe 4x est moins vigoureux et induit à la variété greffée un volume moins important.

L'affinité moyenne porte-greffe/greffon par combinaison et par modalité :



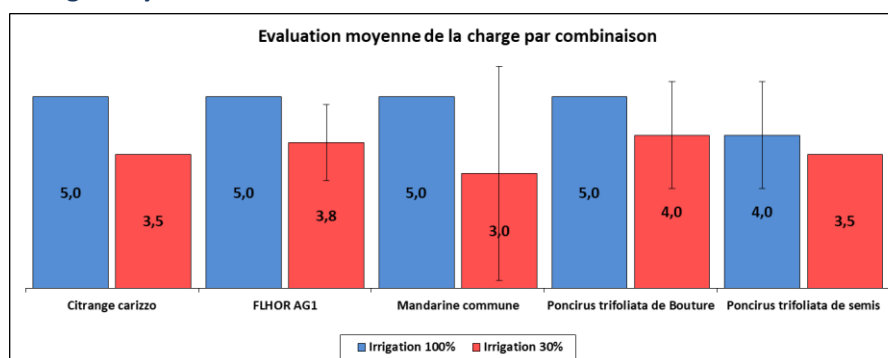
Très bonne affinité du porte-greffe *FLHOR AG1* et *Mandarine commune*. Pour les porte-greffes *Citrange carizzo* et les *Poncirus pomeroiy* issus de semis ou de bouture elle est légèrement inférieure, mais ces porte-greffes ont cependant une bonne affinité.

Intensité de floraison et charge moyenne par combinaison : Cette année l'intensité moyenne de floraison sur la



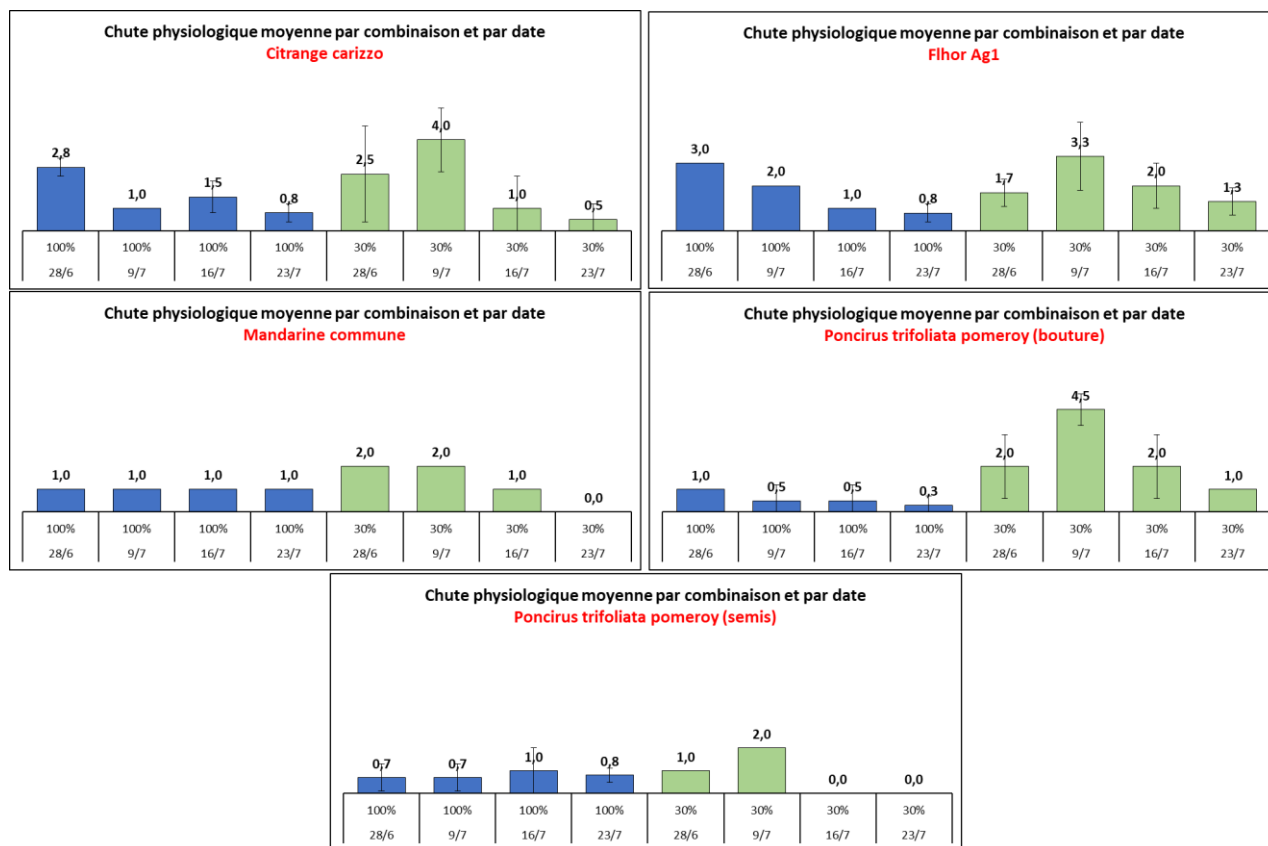
combinaison la modalité 100% irrigation est très bonne. Pour la modalité 30 % irrigation même si une variabilité inter arbre plus ou moins marquée la floribondité est satisfaisante. Il semblerait que la restriction en eau imposée l'année dernière sur la modalité stressée, n'a pas impacté l'intensité de floraison en 2018.

Charge moyenne des arbres :



L'évaluation de la production moyenne des arbres est réalisée trois semaines avant les récoltes. Les résultats malgré une variabilité inter-arbre marquée à très marquée sont conformes aux notations obtenues pendant la floraison. Ces observations nous permettent de valider les résultats sur les rendements.

La chute physiologique :

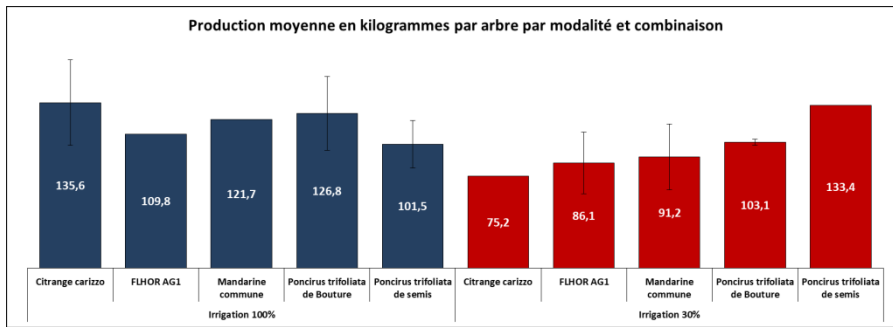


La chute physiologique moyenne varie en fonction de la modalité et de la combinaison observées. Pour les porte-greffes *Citrange carizzo* (2x) et Flhor AG1 (4x) la chute débute le 28/06 pour les deux modalités, elle est à son optimum à cette même date pour la modalité stressée puis elle décroît progressivement. Pour la modalité non stressée le pic arrive une dizaine de jours plus tard, la chute de fruits est plus élevée sur le porte-greffe *Citrange carizzo*. L'intensité de floraison pour les deux combinaisons sur les deux modalités est très bonne.

Pour les porte-greffes *Mandarine commune*, *Poncirus pomeroiy* de bouture et de semis la chute s'amorce en même temps comparée aux deux autres combinaisons, elle est moins intense sur la modalité non stressée. Sur le porte-greffe *Poncirus pomeroiy* issu de bouture la chute de fruits est beaucoup plus importante comparée aux deux autres porte-greffes.

Le *Poncirus pomeroiy* de semis malgré une intensité de floraison très importante sur les deux modalités, a une chute physiologique très faible.

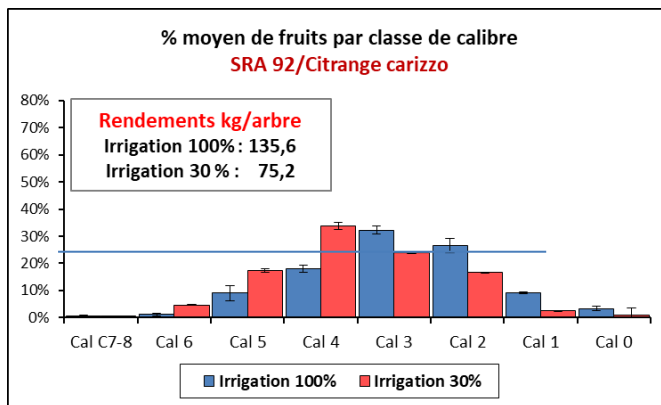
Les rendements moyens par modalité et par combinaison :



Cette année la production (voir le graphique ci-contre) est satisfaisante à très satisfaisante sur les deux modalités pour toutes les combinaisons, compte tenu qu'il n'y a pas eu sur cet essai d'application d'acide gibbérellique (florgib® tablet ou Berelex). La modalité 100%

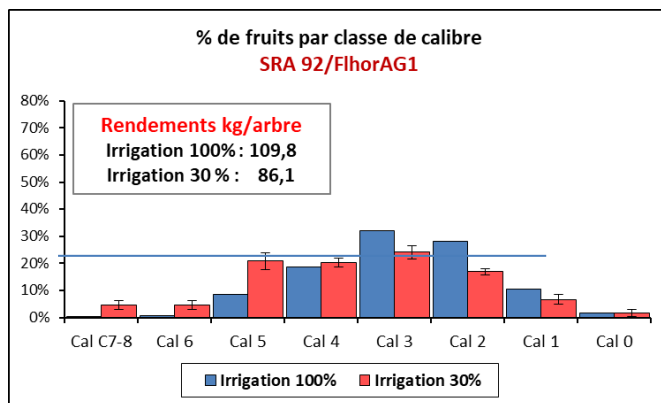
irrigation a un niveau de production plus élevé que la modalité 30 % irrigation. Comparé à l'année dernière, où l'on observait un effet stress plus affirmé et qui a duré plus longtemps, les écarts de productions étaient plus importants en fonction de la modalité observée. Cette année même s'il y a des écarts ils sont beaucoup moins marqués, la restriction en eau (modalité 30%) n'a pas eu beaucoup d'effet sur ce paramètre, car le stress imposé a été de courte durée.

% de fruits par classe de calibre par modalité et par combinaison :



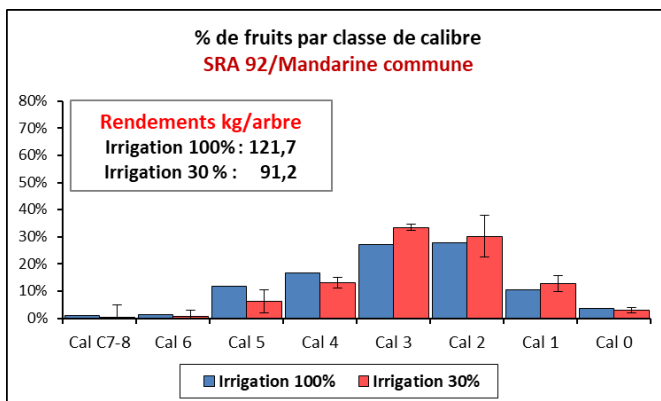
Citrange carizzo : Malgré une production plus importante la modalité 100% irrigation a une proportion de fruits plus importante pour les calibres 3,2 et 1.

Pour les calibres 4 et 5 et la tendance s'inverse.



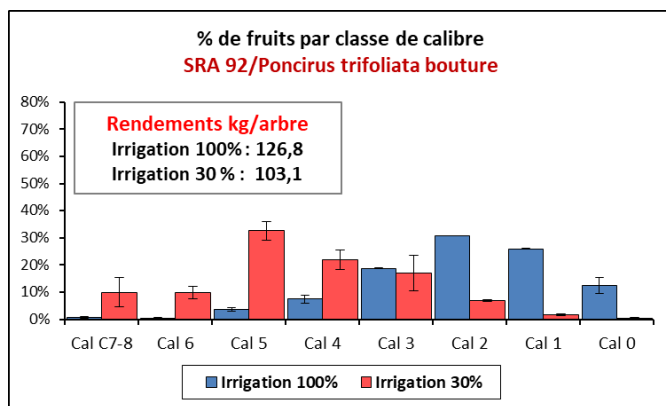
FLHOR AG1 : Le rendement pour la modalité 100 % est plus élevé que sur la modalité 30% irrigation.

La modalité non stressée a un pourcentage de fruits plus élevé pour les classes de calibre 3,2 et 1 comparé à la modalité stressée.



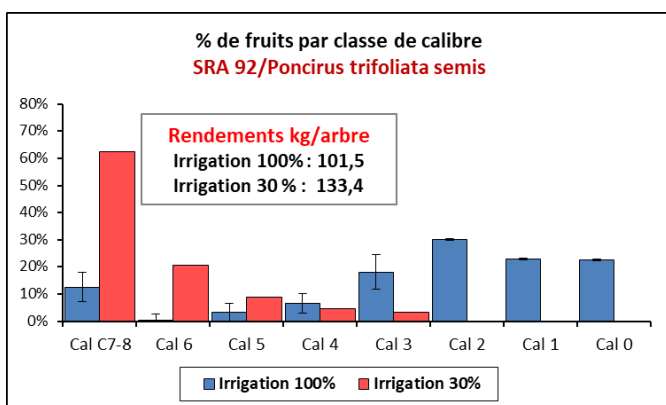
Mandarine commune : La production est importante pour la modalité 100% irrigation et les fruits sont plus gros pour les calibres 1 et 2, un peu moindre pour la modalité stressée.

% de fruits par classe de calibre par modalité et par combinaison :



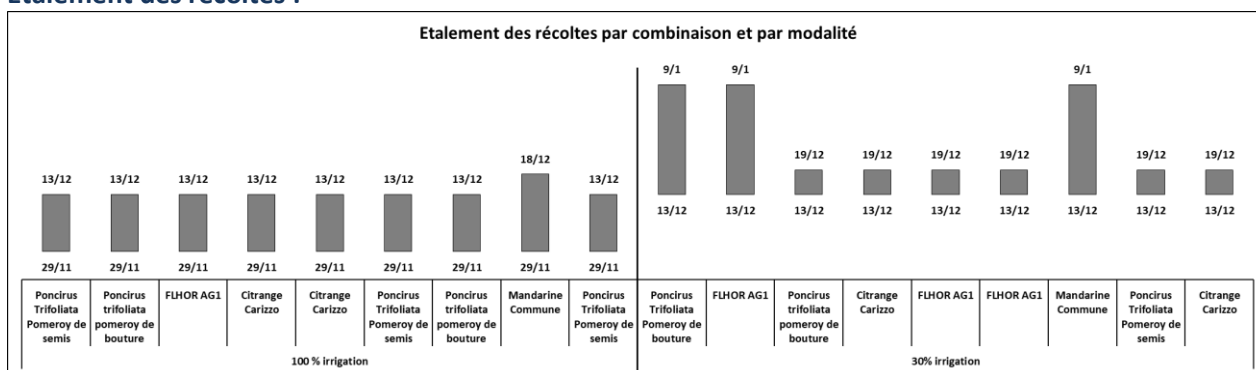
Poncirus pomeyoy issu de bouture : Il y a un très bon niveau de production sur les deux modalités, cependant la répartition de fruits par classe de calibre est différente.

Sur la modalité 100 % les fruits sont plus gros contrairement à la modalité 30 % irrigation. Est-ce que cela est lié au stress hydrique? La question reste posée.



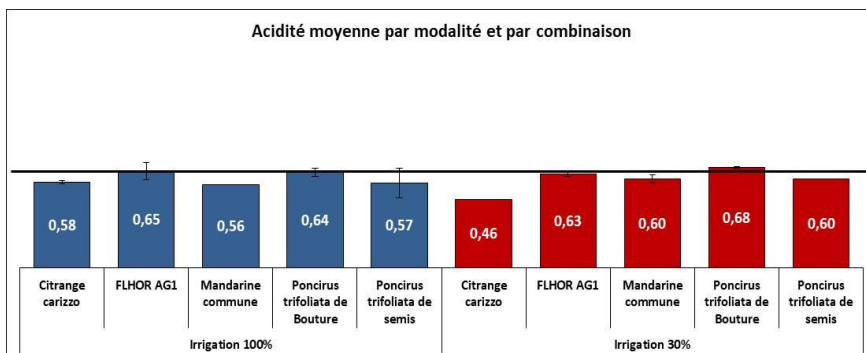
Poncirus pomeyoy issu de semis : Très bon niveau pour les deux modalités. La modalité stressée a un rendement supérieur, avec des fruits beaucoup plus petits, contrairement à la variété non stressée. Faut-il mettre cela sur le compte du stress ?

Etalement des récoltes :



Les récoltes sont réalisées en fonction des normes fixées par IGP clémentines de Corse. On notera qu'il y a un gros décalage au niveau du premier passage de récolte entre la modalité stressée et non stressée. Les fruits pour la modalité 100% irrigation ont une avance de maturité de l'ordre de 15 jours par rapport à la modalité 30% irrigation. Pour les combinaisons Poncirus pomeyoy, Flhor AG1 et Mandarine commune pour la modalité 30% irrigation les récoltes sont plus étalées.

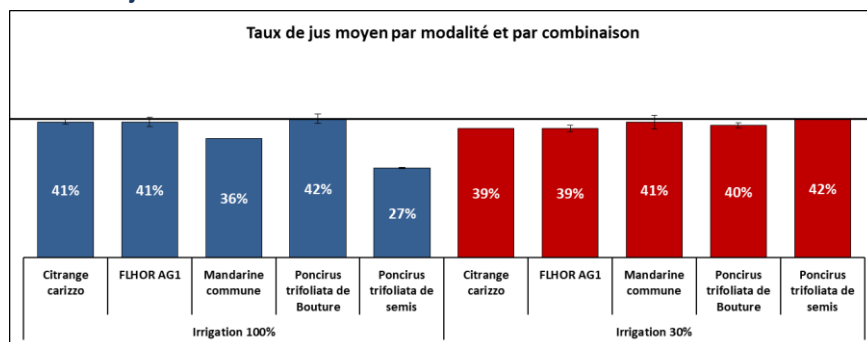
L'acidité :



Cette année le taux d'acidité moyen au moment des récoltes au 1^{er} comme au 2^{ème} passage est toujours pratiquement en dessous du seuil préconisé par l'IGP (voir graphique ci-contre). Ce paramètre ne met pas en évidence un effet stress. En 2017 la modalité stressée avait un taux moyen d'acidité significativement plus élevé que la modalité non stressée.

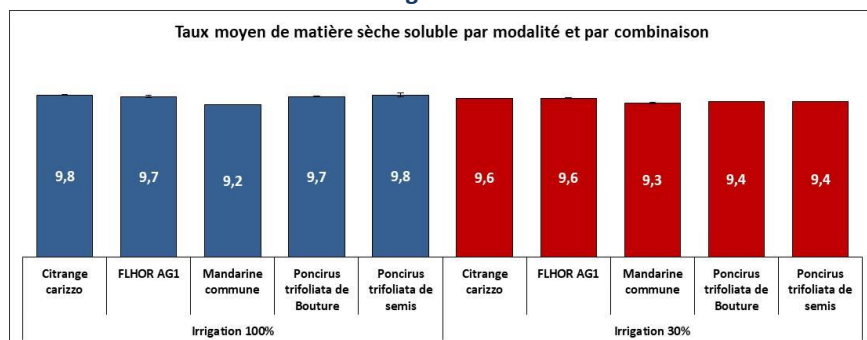
stressée.

Le taux de jus :



Cette année le taux de jus moyen qu'elle que soit la modalité observée est quasiment toujours en dessous du seuil préconisé par l'IGP.

Le taux matière sèche soluble en degrés Brix :



Il n'y a pas cette année de différence significative au niveau du taux moyen de matière sèche soluble quelle que soit la modalité ou la combinaison observée. La restriction en eau n'a pas impacté les taux de sucre.

Résumé :

✚ **Pour la partie physiologie :** Même si il y a une entrée en stress plus ou moins rapide et plus ou moins longue en fonction des combinaisons pour la modalité stressée, tous les paramètres observés ne permettent pas de le mettre en évidence.

Les conditions climatiques et plus particulièrement les précipitations, avec 512 millimètres d'eau soit plus 113 millimètres en 2018 comparées à 2017 pour la période janvier à juillet ont impacté le bon déroulement de cet essai de plein champs. Quelle que soit la modalité ou la combinaison observée, le rapport moyen FV/FM n'est jamais descendu en-dessous du seuil critique, qui indique que les arbres sont en situation de stress. Il en est de même pour les ratios sur la conductance et la photosynthèse.

Les résultats sur la Fluorescence chlorophyllienne (FV/FM), les ratios sur la conductance et la photosynthèse, même s'il y a des différences ou des variations sur les périodes où il y a un effet de stress, cela ne nous permet pas de mettre en évidence une meilleure tolérance à la restriction en eau du porte-greffe tétraploïde (4x), comparé aux diploïdes (2x).

Le seul paramètre pour la partie physiologie qui met en évidence un effet stress sur toutes combinaisons concernant la modalité 30% irrigation à partir du mois d'août c'est le potentiel hydrique moyen de base.

Cette année sur ce paramètre on observe un effet stress au mois d'août il est plus ou moins important et plus ou moins long en fonction de la combinaison observée.

✚ **Pour la partie agronomie :** Comparé à l'année dernière où il y avait un effet stress avéré (rendements significativement moins élevés sur la modalité stressée, fruits plus petits, feuilles enroulées, floraison au mois de novembre, acidité plus élevée...), cette année il est plus difficile de le mettre en évidence. Même s'il y a des différences assez marquées, les rendements sont satisfaisants sur les deux modalités qu'elle que soit la combinaison considérée.

Il y a une différence significative pour les combinaisons *Poncirus pomeroi* de bouture et de semis sur la combinaison 30% irrigation sur la répartition des fruits par calibre comparée aux autres combinaisons, pour autant il est difficile de l'imputer uniquement à la restriction en eau.

Concernant la qualité interne des fruits, les résultats sur les taux moyens d'acidité et les pourcentages moyens de jus sont toujours dans la limite basse voire en dessous des normes fixées par l'IGP clémentine de Corse qu'elle que soit la combinaison ou la modalité observées. En 2017 le taux d'acidité moyen était significativement plus élevé sur la modalité stressée, le pourcentage moyen de jus était inférieur sous la barre des 42%. Le seul paramètre où il y a une différence significative c'est l'évolution de la coloration des fruits. L'ensemble des combinaisons de la modalité non stressée ont été récoltées plus précocement avec une avance de maturité d'environ 15 jours.

Avec la participation