

## COMPTE-RENDU D'ESSAI

---

### TOMATE

2020

### Gestion de la ressource en eau et itinéraire de travail de sol

---

Rédacteur(s) : Céline MATHIEU – Lucile VERNAY (Serail)  
Essai rattaché à l'action n° : RRA Gestion de l'eau  
Titre de l'action : Outils et référentiels de gestion de la ressource en eau  
Numéro interne de l'essai : 20-TOM-IRI-6-A

---

#### 1. THEME DE L'ESSAI

Le travail de sol effectué par les maraîchers pour les cultures sous abris, notamment les cultures longues (tomates, aubergines), conduit à l'obtention d'une structure très aérée avec une porosité importante. L'itinéraire de travail de sol classiquement réalisé par les producteurs est d'utiliser un rotobêche ou actisol suivi d'un cultirateur ou d'un vibroculteur.

Or, dans un sol peu tassé, présentant une forte porosité, la croissance des racines n'est généralement pas limitée par la résistance mécanique du milieu. Si le sol est humide, les racines bénéficient d'un milieu favorable à l'absorption hydrique.

Cependant dans les sols peu tassés ou appuyés, les prélèvements d'eau ou de nutriments par le système racinaire peuvent être limités par deux facteurs : un faible contact sol-racine et une diminution de la conductivité hydraulique car le contact entre les agrégats est limité (Tiercelin et al., 2006).

En revanche, dans un sol tassé, bien que le système racinaire ait du mal à se développer du fait de l'état structural et de la faible aération du sol, la conductivité hydraulique en milieu non saturé est augmentée par l'amélioration du contact entre agrégats.

Les cultures longues sous abris sont conduites en irrigation goutte à goutte. L'irrigation goutte à goutte est localisée (apport d'eau au voisinage des plantes) et l'installation se caractérise par la présence de goutteurs (Boyer, 2013). En irrigation goutte à goutte, l'apport d'eau se fait en point, elle se diffuse dans le sol en formant un volume humidifié que l'on appelle « bulbe » (Charton et al., 2003). Le bulbe d'irrigation et donc la diffusion de l'eau dans le sol dépendent de la structure et de la texture du sol. La diffusion latérale de l'eau dans le sol peut donc être améliorée par la structure de sol.

Dans ce contexte, l'objectif de cet essai est d'étudier l'impact d'un sol rappuyé comparativement à une pratique classique aérée sur la diffusion de l'eau dans le sol à partir d'un goutteur, Le but est :

- d'optimiser l'irrigation et d'améliorer la valorisation de l'eau d'irrigation,
- d'améliorer l'enracinement des cultures, afin d'augmenter la résistance des cultures en cas de stress, optimiser son développement et les rendements,
- dans le cas de la fertilisation biologique, améliorer le développement racinaire qui permettrait d'améliorer la valorisation des engrais organiques apportés à la plantation.

## 2. BUT DE L'ESSAI

Le but de l'essai est de comparer des conditions de travail de sol ayant une porosité importante et un travail de sol rattaché par un rouleau. L'objectif est d'évaluer l'impact du travail du sol sur la diffusion de l'eau dans le sol en système goutte à goutte, et l'impact sur la culture (rendement...).

## 3. FACTEURS ET MODALITES ETUDIES

Afin de tester les hypothèses de travail, les modalités de recherche sont les suivantes :

- **M1**: Cultivateur
- **M2** : Cultivateur + rouleau 600 kg
- **M3** : Rotobêche
- **M4** : Rotobêche + rouleau 600 kg
- **M5** : Herse rotative
- **M6** : Herse rotative + rouleau 600 kg

## 4- MATERIEL ET METHODES

### Dispositif expérimental

- Dispositif de FISHER à 2 ou 3 répétitions

- Précisions sur le dispositif :

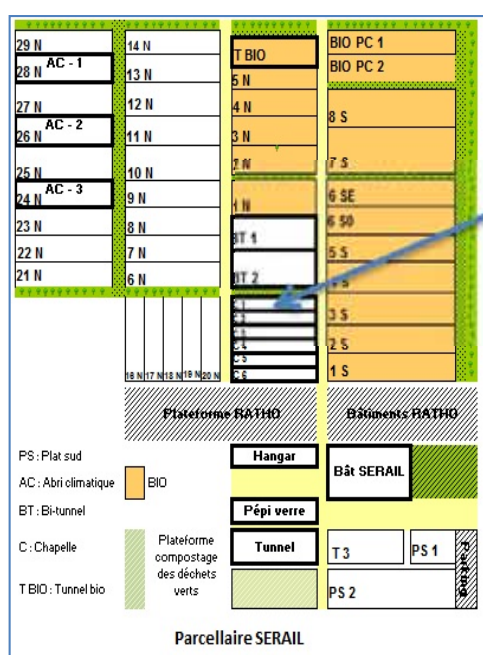
- Matériel d'irrigation: goutte à goutte NETAFIM Uniram 1,6 l/heure à 0,55 bar, 40 cm entre goutteurs, 2 gaines/planche. Pilotage des irrigations par tensiométrie, 6 sondes Watermark ont été installées, 1 paire de sondes par répétition: 3 sondes à 20 cm de profondeur et 3 sondes à 40 cm.
- Précision sur règle d'irrigation de la culture, selon le stade de la culture et les tensions relevées :

		Travail sol
<b>Stade 1</b>	<u>Irrigation du stade reprise à nouaison 1<sup>er</sup> fruit</u> - Sw 20 cbar à 20 cm - Irrigation 5 mm	38 min et 3,61 L/m <sup>2</sup> 0,9 L/pied
<b>Stade 2</b>	<u>Irrigation du stade nouaison 1<sup>er</sup> fruit au stade nouaison premier bouquet</u> - Sw 30 cbar à 20 cm - Irrigation 10 mm	1h15 min et 7,14 L/m <sup>2</sup> 1,8 L/pied
<b>Stade 3</b>	<u>Irrigation à partir du stade nouaison 1<sup>er</sup> bouquet</u> - Sw 30 cbar à 40 cm - Irrigation 15 mm	1h53min et 10,71 L/m <sup>2</sup> 2,68 L/pied
<b>Stade 4</b>	<u>A partir 2<sup>ème</sup> semaine août</u> - Sw 30 cbar à 40 cm Irrigation 10 mm	1h15 min et 7,14 L/m <sup>2</sup> 1,8 L/pied

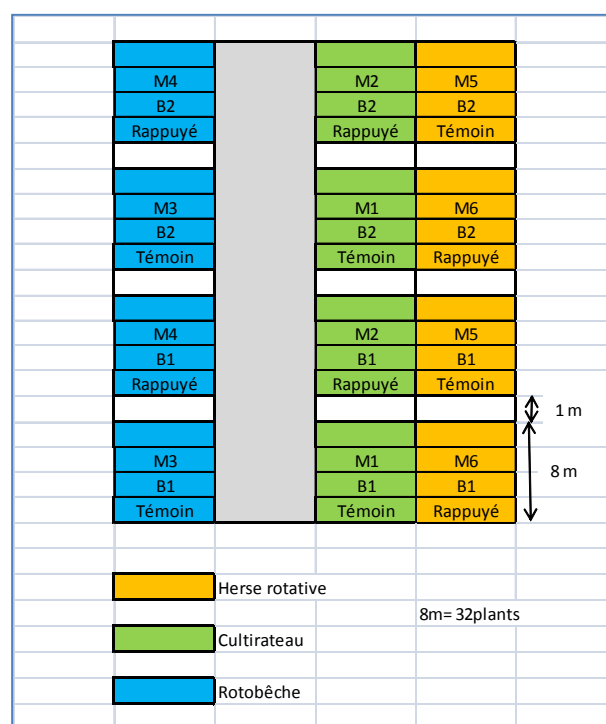
- Date de plantation : semaine 14
- Début des récoltes : semaine 26-27
- Variété : Cobra (tomate ronde)
- Pour chacune des 6 modalités, 2 répétitions sont effectuées
- Taille des parcelles élémentaires 8 m x 1,4 m = 11,2 m<sup>2</sup>
- Densité de plantation : 0,5 m inter-rang, 0,5 m sur le rang, 2 rangs par planche, soit 4 plantes/ml de planche,
- Paillage : Polyéthylène
- Apports de fond : 300 U chaux (CaO) ; 300 U Potasse (Patenkali) ; 30 U azote (Ammonitrate)

## ✚ Plan de l'essai et site d'implantation

L'essai est situé sur le parcellaire de la station Serail (BRINDAS- 69), sur la parcelle BT2. Le site d'implantation et le plan de l'essai sont présentés ci-dessous :



Parcelle  
BT2



Plan de l'Essai sur parcelle BT2

## ✚ Observations et mesures

- **Suivi tensiométrique** en fonction de la modalité non rappuyé et enregistrement des **volumes d'eau apportés**, suivi tensiométrique pour les autres modalités
- **Mesure physiologique** de développement des plants
- **Mesure de rendement** et **état sanitaire**
- **Evaluation du développement du système racinaire** en fin de culture et **pénétrométrie** verticale du sol.

## ✚ Traitement statistique des résultats

Les résultats agronomiques sont traités statistiquement grâce au logiciel StatBoxPro à l'aide d'analyses de variance et de tests de Newman-Keuls (au seuil de 5%),

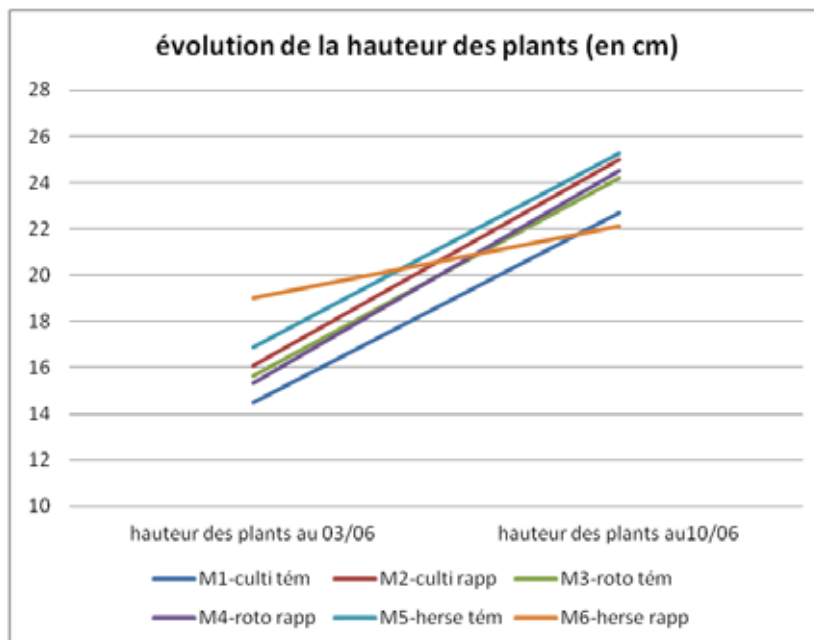
## 4. RESULTATS DETAILLES

### ✚ Notations en cours de culture

#### Suivi physiologiques des plants

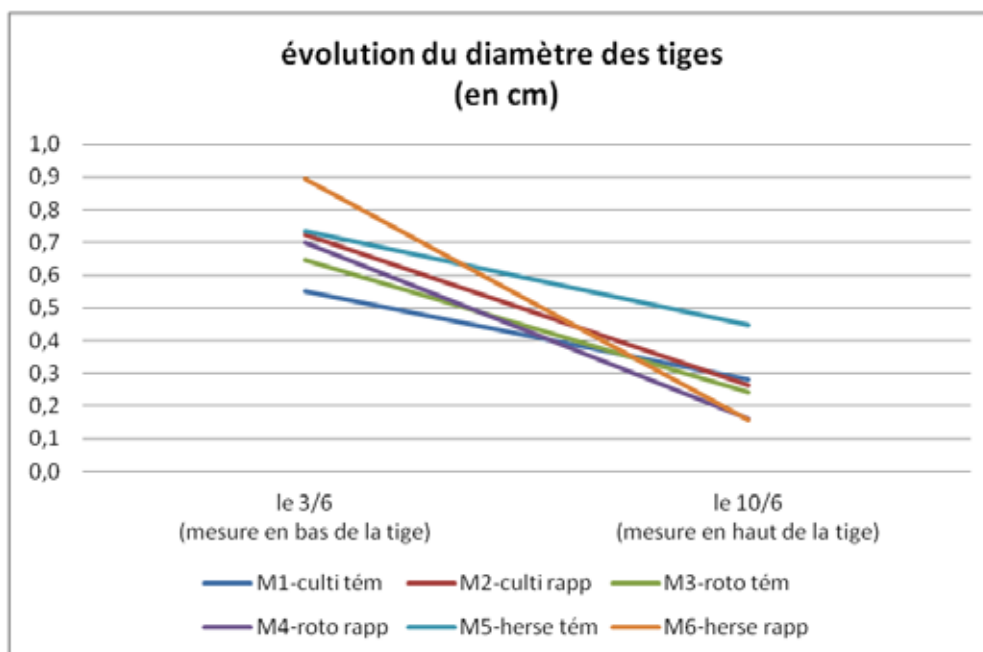
En cours de cultures, 2 notations (03/06/20 et 10/06/20) de hauteur des plants, diamètre des tiges ont été réalisés, ainsi qu'une notation du nombre de bouquet.

Les résultats sont les suivants :



Modalités	hauteur des plants au 03/06 (cm)	test NK	hauteur des plants au 10/06(cm)	test NK
M1-culti tém	14,500	B	22,688	NS
M2-culti rapp	16,063	B	25,000	
M3-roto tém	15,625	B	24,188	
M4-roto rapp	15,313	B	24,500	
M5-herse tém	16,875	AB	25,250	
M6-herse rapp	19,000	A	22,125	
<i>P.value</i>	<i>0,002</i>		<i>0,159</i>	
<i>ET résiduel</i>	<i>3,070</i>		<i>3,969</i>	
<i>Coef. variation %</i>	<i>18,915</i>		<i>16,565</i>	

Lors de la première mesure de hauteur, les plants sur la planche travaillée à la herse rotative sont les plus grands, particulièrement sur sol rappuyé (M6) avec 3 à 5 cm de plus que les autres modalités. La semaine suivante, cette différence est inversée puisque ces plants M6 sont les plus petits, tout comme M1. Le reste des modalités est assez proche.



Modalités	diamètre de tige au 03/06 (cm)	test NK	diamètre de tige au 10/06 (cm)	test NK
M1-culti tém	0,550	B	0,283	NS
M2-culti rapp	0,725	AB	0,264	
M3-roto tém	0,647	B	0,244	
M4-roto rapp	0,700	AB	0,162	
M5-herse tém	0,734	AB	0,447	
M6-herse rapp	<b>0,894</b>	A	0,158	
<i>P.value</i>	0,010		0,200	
<i>ET résiduel</i>	0,211		0,310	
<i>Coef. variation %</i>	29,739		32,905	

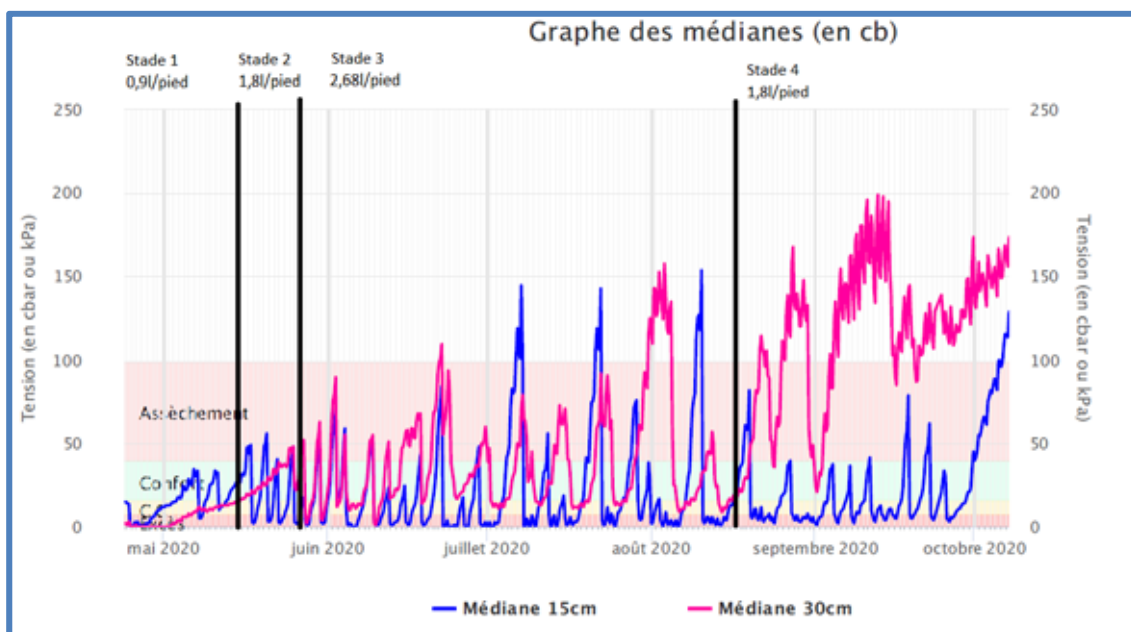
Les mesures effectuées sur le diamètre des tiges voient les mêmes tendances : les plants sur planche travaillée à la herse et rappuyée (M6) ont des diamètres supérieurs au 03/06 ; les tiges de M1 sont les plus frêles. La semaine suivante, les mesures de diamètre ont été réalisées en haut du plant, avec des diamètres réduits. Néanmoins, il en ressort que là encore, les tiges de M6 présentent les tiges les plus fines.

Modalités	nombre de bouquets au 3/06	test NK
M1-culti tém	4,063	AB
M2-culti rapp	<b>4,313</b>	A
M3-roto tém	3,625	B
M4-roto rapp	4,063	AB
M5-herse tém	<b>4,188</b>	A
M6-herse rapp	<b>4,313</b>	A
<i>P.value</i>	0,06	
<i>ET résiduel</i>	0,537	
<i>Coef. variation %</i>	13,114	

Concernant le nombre de bouquet, les plants positionnés sur la planche travaillée à la herse ont plus de bouquets, ainsi que travail au cultirateur et rappuyé (M2).

## Irrigation

### ■ Suivi tensiométrique classique : Modalités cultirateau

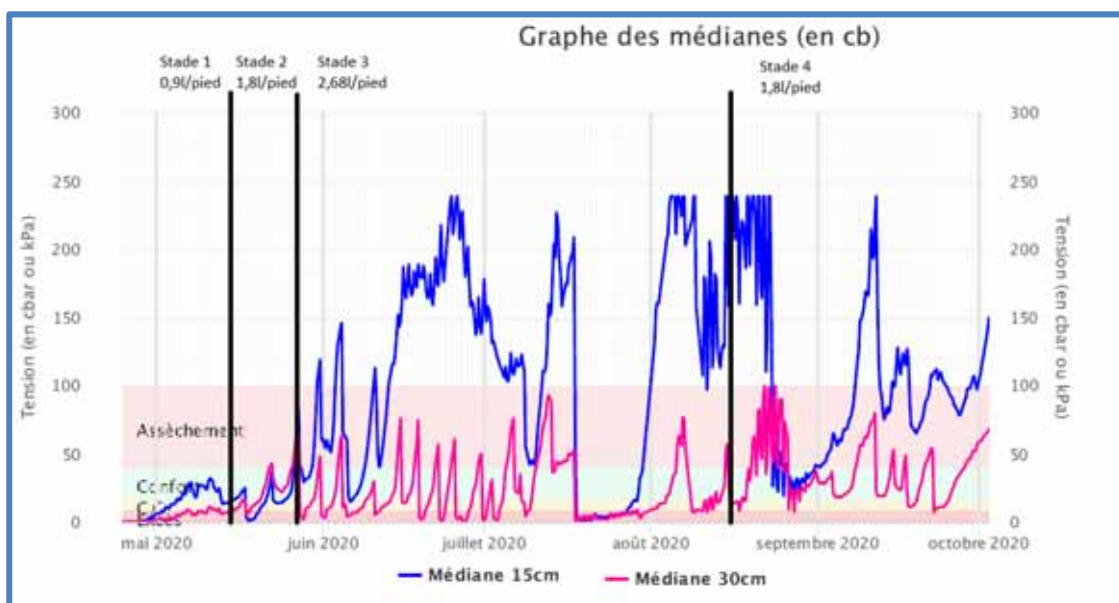


Ce graphique représente les tensions (en cb) des sondes de la modalité non rattachée (M1). Ces sondes ont été utilisées pour le pilotage de l'irrigation pour les modalités M1 et M2 itinéraire « cultirateau ».

Globalement, les sondes réagissent bien aux irrigations et redescendent en état de confort, voire d'excès après chaque irrigation. Quelques pics sont néanmoins observés courant juillet et août, traduisant des états de stress hydrique dans le sol, mais ont pu être régulés par l'apport conséquent d'une irrigation. A partir de septembre, la tension de la sonde en profondeur a du mal à redescendre, tandis que celle de surface reste réactive. Il est probable qu'il y ait eu un décollage de la sonde au bulbe d'irrigation.

Ainsi, d'après les sondes, les irrigations ont permis de maintenir un état de confort hydrique au sein de la culture travaillée avec le cultirateau tout au long de la saison.

### ■ Suivi tensiométrique classique: Modalités rotobêche



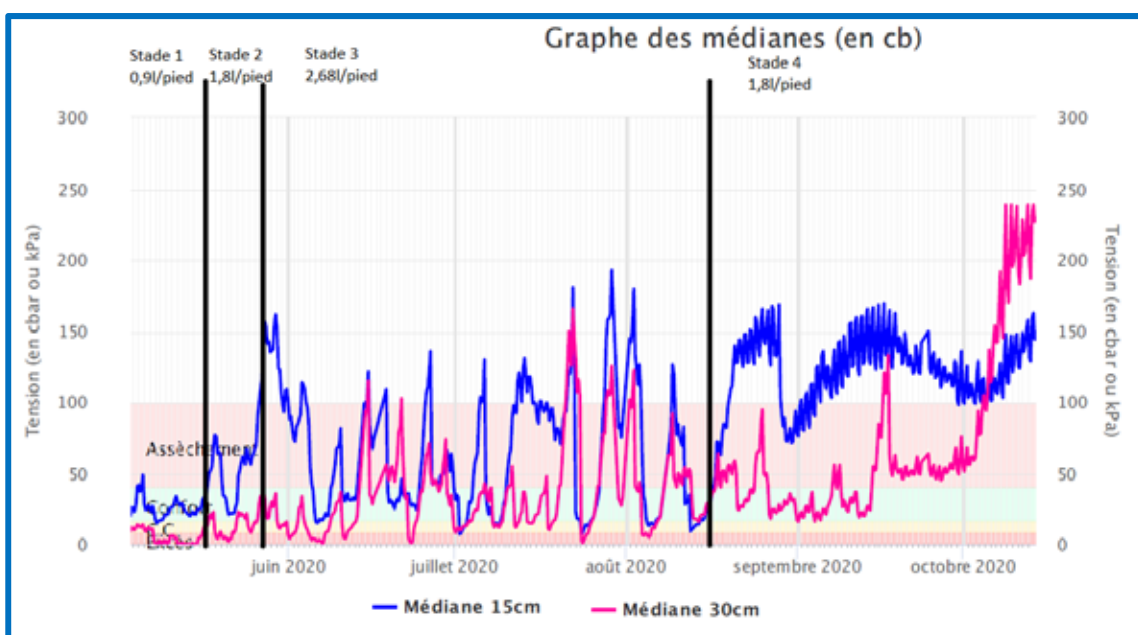
Ce graphique représente les tensions (en cb) des sondes de la modalité non rattachée (M3). Ces sondes ont été utilisées pour le pilotage de l'irrigation pour les modalités M3 - M4 itinéraire « rotobèche ».

A partir de juin les sondes de surface réagissent mal aux irrigations. Les sondes à 30cm réagissent assez bien tout au long de la saison. Il semble même qu'il y ait eu des excès d'eau les deux dernières semaines de juillet en raison de fuites à proximité des sondes, détectées par la suite.

Les sondes à 40 cm ont des tensions plus faibles et réagissent plus aux irrigations. Cependant plusieurs jours d'irrigations sont nécessaires pour faire redescendre les valeurs de tensions. La dose d'apport n'est peut-être pas suffisante notamment à partir du mois de juillet.

Ainsi, d'après les sondes, les irrigations ont permis de maintenir un état de confort hydrique au sein de la culture travaillée avec la rotobèche tout au long de la saison.

▪ **Suivi tensiométrique classique: Modalités herse**



Ce graphique représente les tensions (en cb) des sondes de la modalité non rattachée. Ces sondes ont été utilisées pour le pilotage de l'irrigation pour les modalités M5 et M6 itinéraire « herse ».

Les sondes en surface et profondeurs réagissent bien tout au long de la saison, il semble que la culture ait subi un stress hydrique fin juin-début juillet, et puis quelques jours courant août, car les 2 courbes restent en limite « assèchement ».

Il semble que globalement le sol soit resté un peu plus sec que le reste des modalités, plutôt en confort hydrique qu'en état d'excès pour les autres.

▪ **Synthèse des irrigations**

Modalités	dose eau stade 1 (en l/m <sup>2</sup> )	fréquence irrig stade 1	dose eau stade 2 (en l/m <sup>2</sup> )	fréquence irri stade 2	dose eau stade 3 (en l/m <sup>2</sup> )	fréquence irri stade 3	dose eau stade 4 (en l/m <sup>2</sup> )	fréquence irri stade 4	somme dose eau finale (en l/m <sup>2</sup> )	irrigation en mm	fréquence irrigation totale/ saison
Rotobèche	18,5	3j/23	14,3	2j/10	222,965	17j/80	109,7	13j/37	365,5	511,7	35j/150
Cultirateau	18,5	3j/23	21,4	3j/10	337,345	30j/80	139,7	15j/37	516,9	723,7	51j/150
Herse	22,3	4j/23	28,5	4j/10	314,545	28j/80	116,9	14j/37	482,2	675,1	50j/150

Les irrigations ont été pilotées selon les sondes positionnées dans les modalités non rattachées. Les irrigations ont été les plus faibles avec un travail de sol à la rotobèche, tant en quantité qu'en fréquence d'irrigation. **En effet, 15 jours d'irrigations en moins par rapport aux 2 autres itinéraires, et 164 et 212 mm d'eau utilisée en moins.**



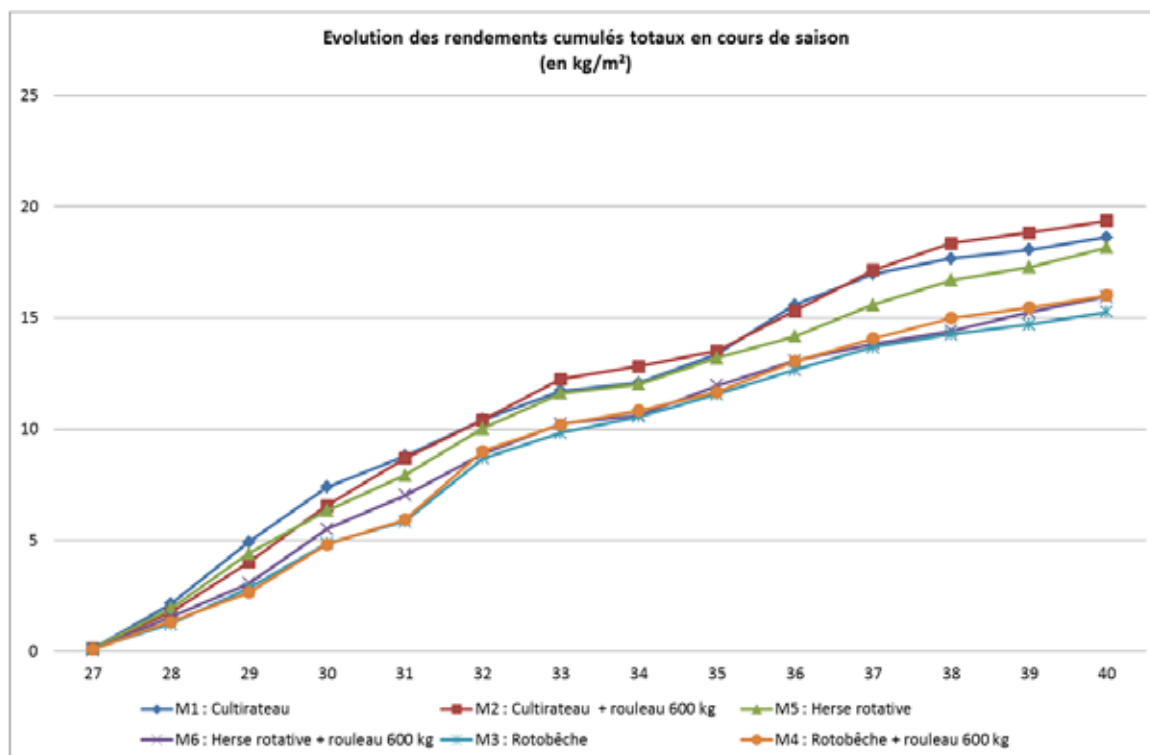
Concernant la herse et le cultirâteau, les apports d'eau semblent inversés avec des apports plus réduits pour le cultirâteau en début de saison, à la reprise des plants, contrairement à la herse. A partir du stade 1<sup>er</sup> bouquet noué, fin mai, les apports sont les plus importants avec le travail de sol au cultirâteau.

D'après ces données et les mesures physiologiques de début de saison, il semble que les apports plus conséquents en eau de la herse soit liés avec les conditions plus poussantes des plants.

## ✚ Notation à la récolte

### Rendements

- Rendements totaux moyens en kilogramme/m<sup>2</sup>



Les récoltes se sont échelonnées durant 3 mois, du 29 juin au 29 septembre. A partir de la semaine 29, les 3 modalités M1, M2 et M5 semblent produire plus, et cette tendance reste tout au long de la saison. Lors de la dernière récolte, les rendements cumulés par itinéraire de travail de sol sont analysés statistiquement :

Modalités	Rendements totaux (en kg/m <sup>2</sup> )	test NK
<b>M2 CULT + 600 kg</b>	<b>19,362</b>	A
<b>M1 CULT</b>	<b>18,629</b>	AB
<b>M5 HERSE</b>	<b>18,172</b>	ABC
<b>M4 ROTO + 600 kg</b>	16,019	BC
<b>M6 HERSE + 600 kg</b>	15,963	BC
<b>M3 ROTO</b>	15,260	C
<i>P.value</i>	0,050	
<i>Ecart type résiduel</i>	1,467	
<i>Coef. variation %</i>	8,512	

Dans les conditions de l'année, les itinéraires « **cultirâteau** », rappuyé ou non, ainsi que « **herse non rappuyé** » présentent des **rendements totaux supérieurs** au reste des modalités, de l'ordre de 2 à 4



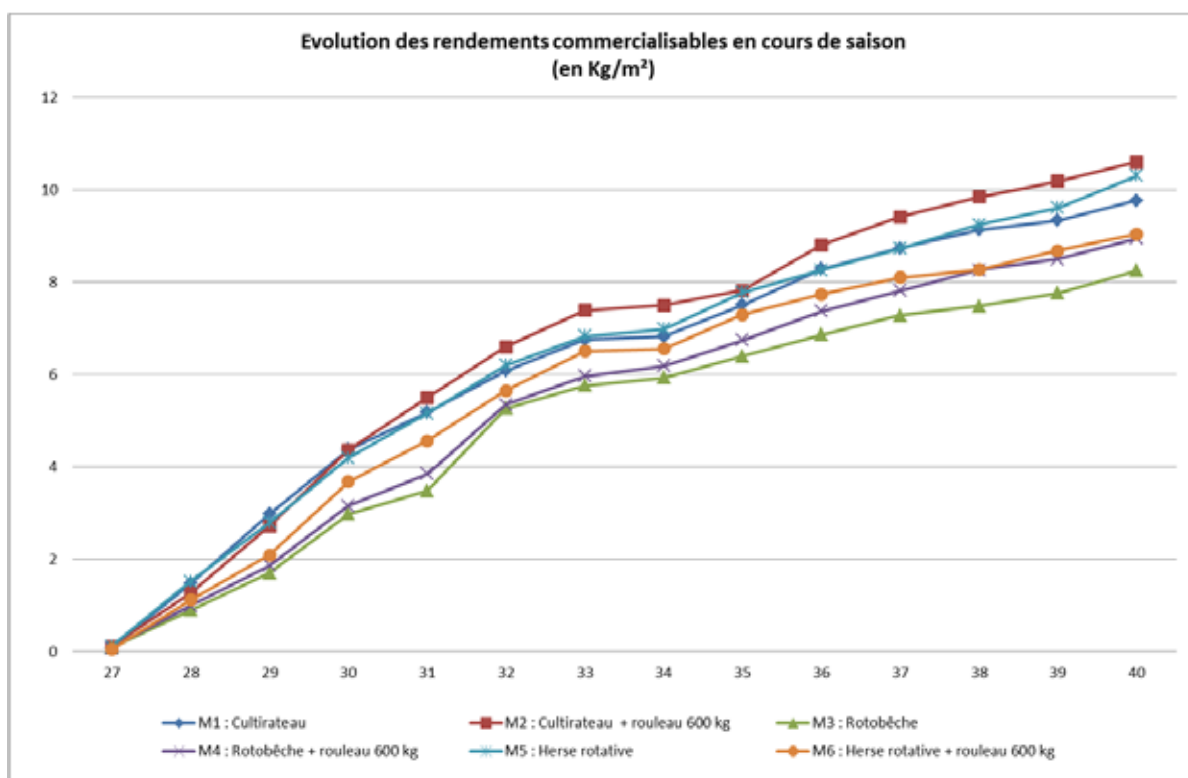
kg/m<sup>2</sup> suivant l'itinéraire. L'itinéraire « rotobêche » est le moins productif avec un rendement total de 15,26Kg/m<sup>2</sup> de tomates.

Ces tendances sont différentes de celles observées en 2019, dont les rendements rotobêche-cultirateau étaient similaires, voire légèrement supérieurs avec la rotobêche. En revanche, ils restent en accord avec les données de 2018, dont l'itinéraire cultirateau + 600Kg était le plus productif, à l'inverse de la rotobêche, dont les rendements étaient les plus faibles.

Concernant le fait de rappuyer le sol, il semble également apporter une amélioration du rendement pour les itinéraires cultirateau et rotobêche, tout comme ce qui est observé en 2018.

Cette saison, +0,733Kg de tomates/m<sup>2</sup> en passant le rouleau après le cultirateau (soit + 4%) ; + 0,759kg de tomates/m<sup>2</sup> en passant le rouleau après la rotobêche (soit + 5%) ; respectivement +18,89% et +9,33% de produit en 2018 avec le rouleau pour les 2 itinéraires.

#### ▪ Rendements commercialisables moyens en kilogramme/m<sup>2</sup>



De la même manière, les rendements commercialisables sont plus importants pour M1, M2 et M5 à partir de la semaine 29. Cette tendance reste tout au long de la saison.

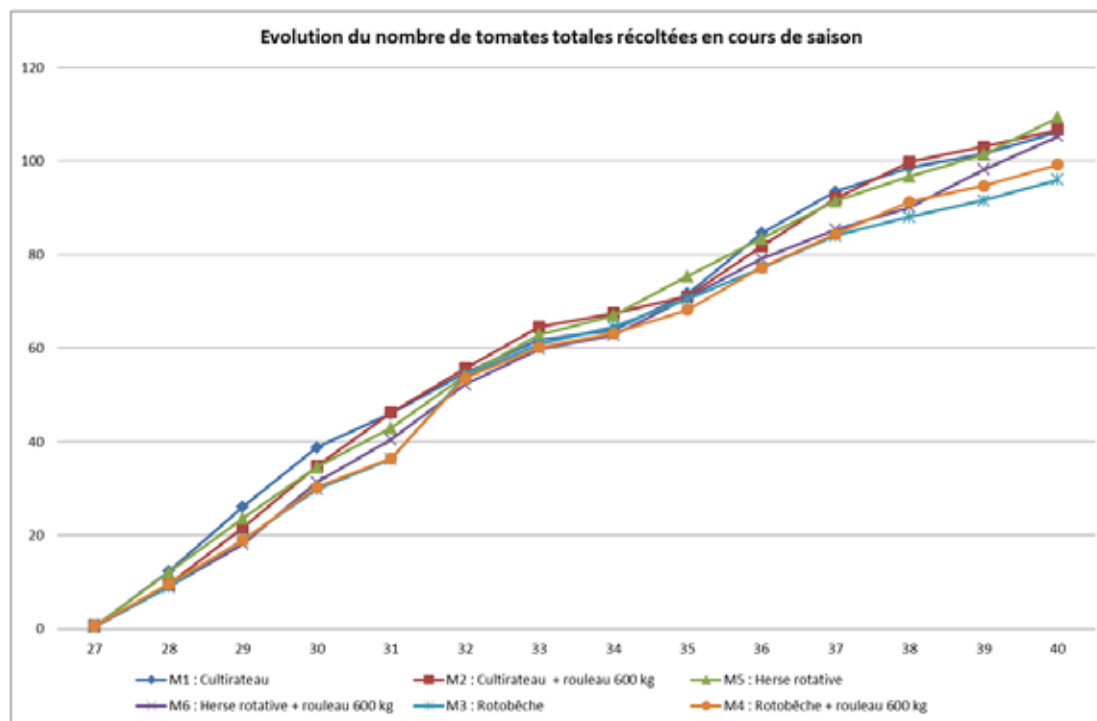
Lors de la dernière récolte du 29 septembre, les rendements commercialisables cumulés ont été analysés statistiquement :

Modalités	Rendements commercialisables (en kg/m <sup>2</sup> )	test NK
<b>M2 CULT + 600 kg</b>	<b>10,606</b>	A
<b>M5 HERSE</b>	<b>10,307</b>	A
<b>M1 CULT</b>	9,776	AB
<b>M6 HERSE + 600 kg</b>	9,043	AB
<b>M4 ROTO + 600 kg</b>	8,955	AB
<b>M3 ROTO</b>	8,253	B
<i>P.value</i>	0,005	
<i>Ecart type résiduel</i>	0,773	
<i>Coef. variation %</i>	8,149	

Les itinéraires « **cultirateau rappuyé** » et « **herse non rappuyée** » présentent des **rendements commercialisables significativement supérieurs** à la rotobèche.

Par ailleurs, le fait de rappuyer après le cultirateau ou la rotobèche améliore légèrement le rendement, bien que ce ne soit pas significatif statistiquement.

▪ **Rendements totaux moyens en nombre de tomates récoltées/m<sup>2</sup>**



D'après le graphique, le nombre de tomates totales récoltées /m<sup>2</sup> suivant les itinéraires de travail de sol semble assez proche, quelles que soit les modalités.

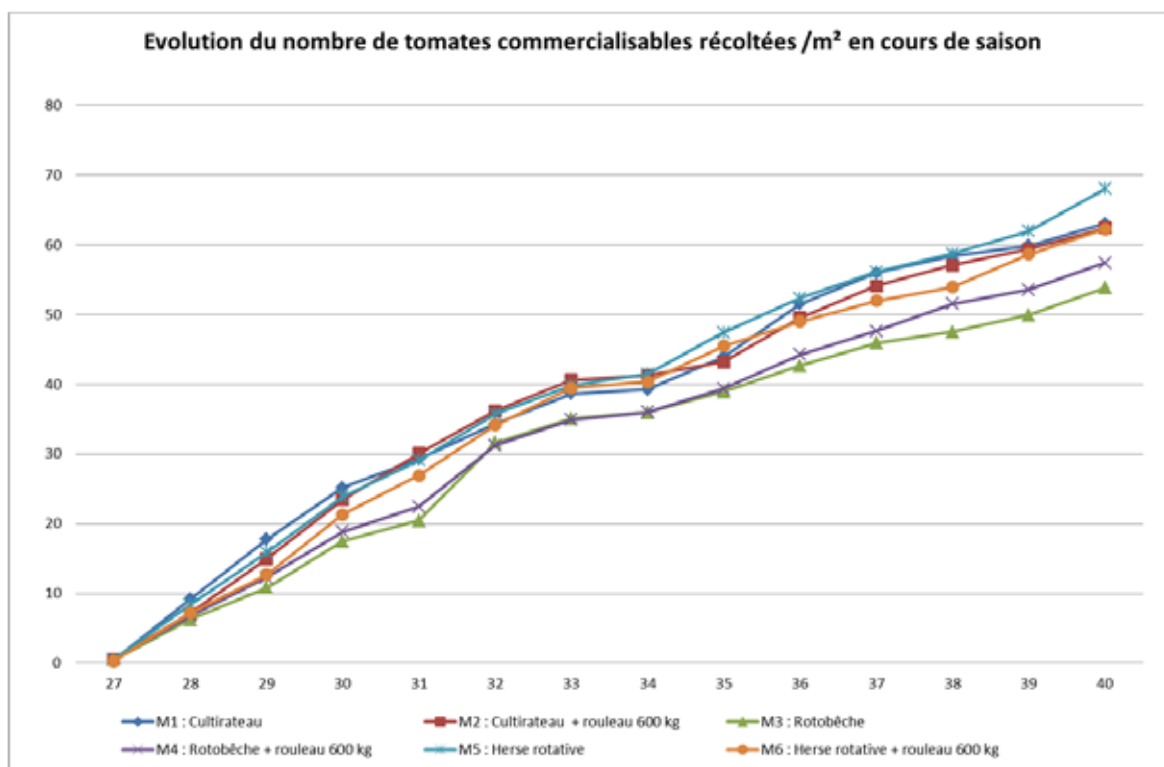
A partir de la semaine 37, le nombre de tomates récoltées pour M3 et M4 est en baisse, ce qui reste cohérent avec les rendements plus faibles précédents.

A la dernière récolte, le nombre totale de tomates récoltées /m<sup>2</sup> tout au long de la saison a été analysé statistiquement :

Modalités	Nombre de tomates totales récoltées /m <sup>2</sup>	test NK
M1 CULT	106,161	NS
M2 CULT + 600 kg	106,696	
M3 ROTO	95,982	
M4 ROTO + 600 kg	99,286	
M5 HERSE	109,286	
M6 HERSE + 600 kg	105,268	
<i>P.value</i>	0,07	
<i>Ecart type résiduel</i>	6,276	
<i>Coef. variation %</i>	6,047	

**Aucune différence statistique** n'est observée mais il apparaît néanmoins que pour l'itinéraire «rotobèche », rappuyé ou non, 6 à 10 tomates/m<sup>2</sup> en moins ont été récoltées par rapport aux autres itinéraires. Concernant l'effet de rappuyer le sol après le travail de sol, aucun effet significatif n'a été observé.

▪ Rendements commercialisables moyens en nombre de tomates récoltées/m<sup>2</sup>



A partir de la semaine 30, l'itinéraire « **rotobèche** », témoin ou rappuyé, présente moins de tomates commercialisables récoltées/m<sup>2</sup> du reste des modalités.

Lors de la dernière récolte, des analyses statistiques ont été réalisées sur le nombre commercialisable de tomates récoltées tout au long de la saison :

Modalités	Nombre de tomates commercialisables récoltées /m <sup>2</sup>	test NK
<b>M5 HERSE</b>	<b>68,036</b>	A
<b>M1 CULT</b>	63,036	AB
<b>M2 CULT + 600 kg</b>	62,411	AB
<b>M6 HERSE + 600 kg</b>	62,232	AB
<b>M4 ROTO + 600 kg</b>	57,411	B
<b>M3 ROTO</b>	53,839	B
<i>P.value</i>	0,014	
<i>Ecart type résiduel</i>	4,791	
<i>Coef. variation %</i>	7,833	

Il y a eu significativement **moins de tomates commercialisables récoltées** pour l'itinéraire « **rotobèche** ». Au vu de ces résultats, la différence de rendements entre les itinéraires semblent davantage liée à la quantité de fruits produite en cours de saison, qu'à un effet du travail de sol sur le calibre des fruits, particulièrement entre le cultirâteau et la rotobèche.

Ce constat est moins vrai avec la herse, puisqu'un nombre de tomates commercialisables significativement supérieur est produit, avec des rendements commercialisables identiques au cultirâteau. Il semble donc que le calibre moyen de fruits produits ait été plus petit.

Néanmoins, aucune notation de calibre n'a été réalisée en cours de saison, il n'est donc pas possible de vérifier ces observations.

## Analyse des déchets

### ▪ Répartition par type de déchets :

Modalités/ type déchet	Nouaison	Fentes	Petites	Déformées	Coloration	Cul noir	Pourriture	Noctuelles Limace Tuta	Punaises	Coup de soleil
<b>M1 : Cultivateur</b>	18%	32%	7%	7%	12%	4%	0%	0%	20%	0%
<b>M2 : Cultivateur + rouleau 600 kg</b>	17%	32%	8%	8%	11%	4%	1%	1%	17%	0%
<b>M3 : Rotobêche</b>	17%	28%	12%	5%	17%	3%	2%	3%	14%	0%
<b>M4 : Rotobêche + rouleau 600 kg</b>	14%	29%	14%	9%	16%	3%	2%	1%	12%	0%
<b>M5 : Herse rotative</b>	17%	31%	8%	6%	16%	7%	2%	2%	11%	0%
<b>M6 : Herse rotative + rouleau 600 kg</b>	13%	23%	12%	3%	21%	8%	3%	0%	0%	17%

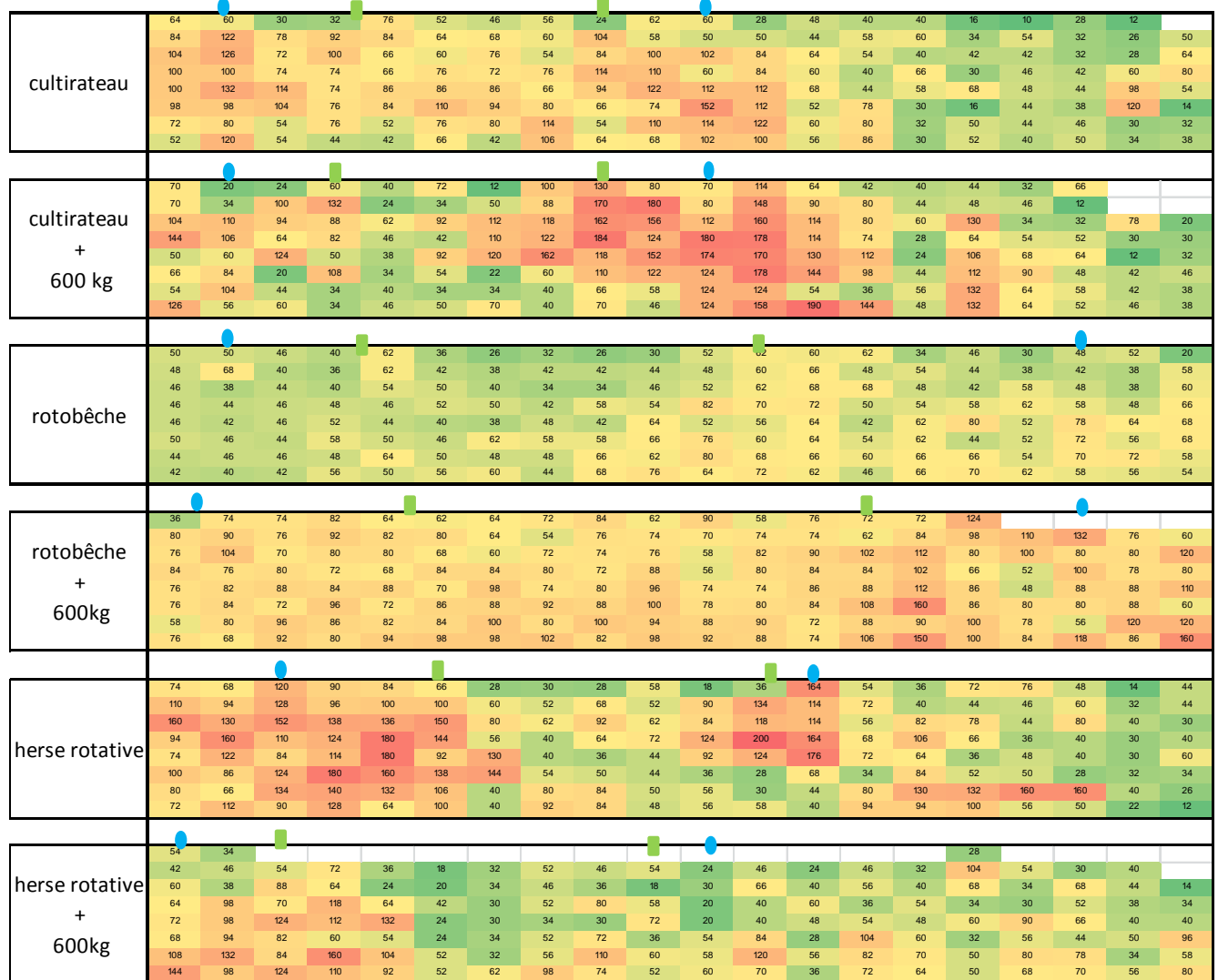
D'après le tableau, il apparaît que les types de déchets majoritaires sont physiologiques, avec en premier lieu les fentes, pour globalement 30% des fruits triés. Seule la herse voit des taux de tomates fendues réduits, avec davantage de fruits ayant des défauts de coloration (21%) ou des coups de soleil (17%). Les défauts de nouaison, de coloration, puis de punaises sont les déchets les plus retrouvés après les fentes.

## Pénétrométries verticales en fin de saison

Les années d'essai antérieures, des profils racinaires ont été réalisés sur chacune des modalités, mais ces données ne reflétaient pas forcément l'état de compaction du sol ni même un nombre fiable, du fait de la variabilité de la distance entre chacun des plants et la fosse.

Suite à quelques premiers résultats en fin de saison 2019, il a donc été décidé de faire des mesures de pénétrométrie verticale dans le sol, afin de mesurer la résistance à la pénétration du sol.

Ces données sont des mesures indépendantes de la distance entre le plant et la fosse et sont plus fiables. Ainsi, chaque colonne représente un espacement latéral de 5 cm sur le rang de plantation, et chaque case indique la valeur de résistance de pénétration (en N/cm<sup>2</sup>) sur 5 cm de profondeur. Les implantations de plants et de la ligne de GAG sont également indiquées spatialement.



■ Plant de tomate      ● Ligne de goutte à goutte

D'après cette cartographie, il apparaît clairement que la **rotobêche** présente **une résistance au sol très faible** et une compaction du sol très faible. Le **passage du rouleau augmente** de manière homogène la **résistance du sol**, qui reste tout de même faible. A contrario, la herse rotative et le cultirâteau ont des résistances au sol beaucoup plus importantes, davantage sous la ligne de GAG qui a permis de créer un bulbe d'irrigation et tasser le sol en cours de saison.

Il apparaît que le rouleau n'a pas le même effet, suivant que le sol ait été travaillé au cultirâteau ou à la herse rotative. En effet, une **résistance au sol accrue** est observée en profondeur avec l'itinéraire **cultirâteau**, ce qui est l'inverse avec la herse.

## 5. CONCLUSIONS DE L'ESSAI ET DU PROJET

Le projet mené durant 4 années consécutives avait pour objectif de comparer des préparations de sol différentes en culture de tomates, soit soufflées ou non rappuyées et rassises ou rappuyées par le passage d'un rouleau, et d'évaluer l'impact de ces préparations d'une part sur l'irrigation goutte à goutte et d'autre part sur les paramètres culturaux.

- **Débuté en 2017**, les travaux de sol au cultirateur et à la rotobèche étaient évalués et comparés avec un rouleau en rappuyant à **150 kg, et 300 kg** (soit 6 itinéraires évalués). L'essai montrait un léger **impact positif du tassement du sol sur le rendement**, de l'ordre de + 400g/m<sup>2</sup>, bien qu'il ne soit pas significatif. Par ailleurs, les irrigations étaient **plus importantes sur sol rappuyé en fréquence et dose** d'irrigations. La modalité « rappuyé » avait nécessité plus d'irrigation pour la culture de tomate, que pour un sol non rappuyé. D'autre part, l'essai 2017 était conduit en 3 gaines de GAG par rang de culture, ce qui correspond à une conduite optimisée : cette conduite ne correspond pas à une pratique « producteur », généralement conduite en 2 gaines par rang.
- Continué **en 2018**, l'essai a été conduit plus proche des **situations de productions : 2 gaines de GAG, pilotage des irrigations sur sol témoin**, dont le **but** était d'**observer davantage de différences entre les itinéraires. Les rappuyements** ont été évalués avec un rouleau à **300 et 600 kg** (+ rappuyement à l'eau..), soit 8 modalités évaluées. Là encore, **l'effet graduel du rappuyement** a été observé sans qu'il y ait de différence significative. Pourtant avec le cultirateur + rouleau de 300kg : +1,3Kg/m<sup>2</sup> (soit + 7% production totale) par rapport au témoin ; cultirateur + rouleau de 600kg : +3,3Kg/m<sup>2</sup> (soit + 18% production totale). De même rotobèche + rouleau de 300kg : +1,4Kg/m<sup>2</sup> (soit + 8% production totale) par rapport au témoin ; rotobèche + rouleau de 600kg : +1,6Kg/m<sup>2</sup> (soit + 9% production totale). Ces **résultats** étaient très **concluants** c'est pourquoi une **nouvelle année d'essai** a été réalisée en 2019, **en réduisant le rappuyement à 600kg**, car le plus prometteur.
- **En 2019**, seulement **4 modalités ont été suivies** (2 itinéraires cultirateur et rotobèche témoins et rappuyés à 600kg). Une **attention particulière** a été suivie sur la **diffusion de l'eau** dans le sol via les **échographies du bulbe**.
- Ainsi, pour la modalité **cultirateur**, on a observé un **assèchement rapide du sol en surface et vers les zones éloignées du goutteur**. Progressivement, la **zone médiane du bulbe s'assèche également**. Le fond reste quant à lui, assez humide. Le **rappuyement du sol semble améliorer la diffusion de l'eau avec une zone médiane plus humide**.
- Pour la modalité **rotobèche**, **l'eau se diffuse moins bien au niveau du bulbe**. On observe un assèchement important de la zone superficielle éloignée du goutteur et de la zone profonde. **Le passage du rouleau ne semble pas améliorer la situation**. Les apports d'eau en doses et fréquences sont assez proches (963 mm rotobèche ; 1051 mm cultirateur).
- **Les rendements différents de ceux observés en 2017, 2018 puis 2020**, puisque les rendements totaux et commercialisables tendent à être supérieurs suivant l'itinéraire « rotobèche ». En revanche, le fait de rappuyer le sol n'offre pas de meilleur rendement.
- **En 2020**, après discussion entre les techniciens de Chambre et réflexion lors du bilan de campagne, **la herse a été évaluée**, ainsi que l'effet du rappuyement sur cet itinéraire. Ainsi **3 itinéraires** de travail de sol (**cultirateur, rotobèche et herse rotative**) **ont été évalués, avec ou sans rappuyer le sol à 600 kg**. Donc 6 modalités suivies.
- Les suivis physiologiques montrent, en début de culture, des plants plus hauts et vigoureux via l'itinéraire herse rotative, en lien avec un besoin en eau plus conséquent. Par la suite, après le 1<sup>er</sup> bouquet noué, le sol travaillé avec le cultirateur utilise le maximum d'eau avec des fréquences et doses d'irrigation bien supérieures (51 j irrigués sur les 150 j de cultures, avec 723 mm contre 35 j /150 j de cultures et 511 mm avec rotobèche).
- D'après le profil de sol et **les valeurs de résistances au sol**, la rotobèche présente une **résistance au sol très faible** et une compaction du sol très faible. Le passage du **rouleau augmente de manière homogène la résistance du sol**, qui reste tout de même faible.

- A contrario, la **herse rotative** et le **cultirateur** ont des **résistances** au sol beaucoup **plus importantes**, sans avoir été rappuyé. Par ailleurs, le **passage du rouleau n'a pas le même impact** suivant l'itinéraire de travail de sol : **une résistance au sol accrue** est observée en profondeur avec l'itinéraire **cultirateur**, **ce qui est l'inverse avec la herse rotative**. Les **rendements** observés sont **les plus importants** avec le cultirateur rappuyé (non rappuyé très proche) et la herse rotative non rappuyée, soit les **itinéraires ayant les résistances au sol les plus importantes**.
- Bien que plus faibles, les rendements observés depuis l'itinéraire rotobèche rappuyé sont légèrement supérieurs à l'itinéraire témoin, dont la résistance au sol est la plus faible.
- **Il semble donc que le fait de rappuyer le sol a un effet positif sur des itinéraires de travail de sol soufflé (type rotobèche) ou tout du moins non déjà tassés (cultirateur). A contrario, un travail de sol à la herse rotative, qui dispose d'un rouleau à l'arrière, n'a pas d'intérêt à être de nouveau rappuyé par la suite.**
- **Il semblerait donc que l'amélioration des rendements via le rouleau (cultirateur et rotobèche) puissent s'expliquer par une augmentation de la résistance au sol, contrairement à la herse rotative, dont le rendement est supérieur sur sol non rappuyé, tout comme la résistance au sol.**

Ainsi, au regard de ces résultats, et des années d'essais antérieurs, l'effet de rappuyer le sol, avec des poids importants de 600 kg, soit une pression exercée de 40 000 Pa (=0,4 bar) montre un effet sur la résistance au sol, et une légère augmentation du rendement, pour des travaux de sol qui n'ont pas déjà été rappuyés par l'outil. En effet pour la rotobèche et le cultirateur, les rendements tendent à être quelque peu améliorés, du fait d'une pénétration au sol augmentée, la diffusion des bulbes d'irrigations améliorée (pour le cultirateur) ou le caractère moins soufflé du sol pour la rotobèche.