

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3, 4 et 5 DÉCEMBRE 2019

**SYNTHESE PLURIANNUELLE (3 ANS) D'ESSAI PORTANT SUR : LA MAITRISE DE LA CONCURRENCE
EXERCEE PAR LA FLORE SUR LA VIGNE PAR LA HAUTEUR ET LA FREQUENCE DE TONTE EN SYSTEME
SANS HERBICIDES.**

C. GAVIGLIO

IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin), VINNOPOLE BP22, 81310 Lisle sur Tarn
05 63 33 62 62 – christophe.gaviglio@vignevin.com

RÉSUMÉ

La robotique viticole permet d'envisager des hauteurs et fréquences de tonte des systèmes viticoles totalement enherbés, totalement différentes par rapport à une gestion classique avec un tracteur. Notre expérimentation de 3 ans montre que des tontes fréquentes et rases permettent de maîtriser une flore spontanée et donc de limiter la concurrence exercée sur la vigne dans un vignoble n'utilisant plus d'herbicides depuis plus de 10 ans et ayant choisi de ne pas travailler les sols. La vigueur et le rendement remontent significativement par rapport à des tontes moins fréquentes et moins rases réalisées avec un tracteur. Ce mode de conduite innovant, permettant de se passer à la fois d'herbicides et de travail du sol tout en conservant une production satisfaisante, repose sur la possibilité de robotiser les opérations pour atteindre une fréquence de tonte rase hebdomadaire. C'est un cas d'usage identifié pour la robotique qui doit se l'approprier pour atteindre le débit de chantier nécessaire afin de reproduire l'opération à la fréquence voulue sur des surfaces correspondant à des structures d'exploitation réelles. L'évolution de la flore doit cependant encore être surveillée.

Mots clés : robotique, enherbement, tonte, zéro herbicide

ABSTRACT

Grass cover management through frequency and height of mowing.

With robots in the vineyard, we can imagine an increase in the frequency of mowing the grass on the row. Our 3 years' study shows that a weekly aggressive mowing allows to deal with natural flora while lowering the impact on yield and vigor. It was conducted in a parcel where no herbicides have been applied in the past 10 years, without mechanical weeding. This innovating soil management strategy relies on the possibility to have robots doing the job as frequently as weekly. This give an opportunity to robot's manufacturers to develop a new solution able to ensure soil management on the whole surface of the vineyard in less than one week. Changes in soil's flora composition should still be monitored.

Keywords: five words

Robotics, grass cover management, no herbicide

INTRODUCTION

L'entretien du sol sans herbicides en viticulture sous label AB se heurte à des problématiques de temps de travail, de risques de blessures sur les souches et de baisse de rendement. La gestion du cavaillon, espace sous le rang de vigne, est très délicate. Depuis 2016, les robots viticoles de binage font de plus en plus parler d'eux : Naïo technologies, avec son robot Ted, ou Bakus, de Vitibot, ont multiplié les démonstrations dans différents vignobles avec la fonction de binage intercepts. Si intéressante soit-elle, cette fonction demande des réglages précis des opérateurs et présente toujours un risque sur les ceps. Elle pourrait être remplacée par une gestion de l'herbe par des tontes plus ou moins hautes et fréquentes. Le robot Vitirover avait permis d'engager une réflexion avec le maintien de couverts plutôt ras et une fréquence de passage de l'ordre de la semaine. Or, ce type d'entretien favorise la croissance des plantes toute l'année. Nous avons imaginé différents modes de gestion de la flore présente sur le cavaillon, par des tontes plus ou moins agressives et plus ou moins fréquentes, en simulant l'intervention robotisée de machines plus agressives que des tondeuses mais qui ne travaillent pas le sol : des brosses sur axe horizontal qui ont une action d'abrasion au sol et sur les adventices. L'enjeu est de déterminer s'il s'agit d'un cas d'usage intéressant pour les robots viticoles. L'expérimentation, menée de 2017 à 2019 avait pour objectif de mesurer les impacts sur la vigne, le sol et les couverts végétaux de différentes fréquences et hauteurs de tonte, rendues envisageables par une robotisation de la tonte des parcelles en AB. En effet, la maximisation de la présence de couverts végétaux, y compris sous le rang de vigne, pose la question de la limitation des impacts agronomiques (concurrence pour l'eau et l'azote notamment), via le mode d'entretien.

MATERIEL ET MÉTHODE

PROTOCOLE

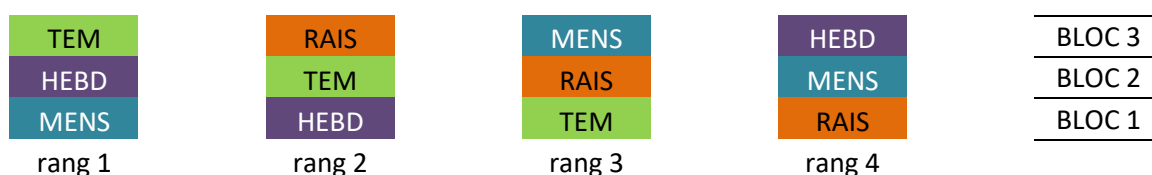
Modalités

Quatre modalités sont étudiées (ou présentes) dans l'essai :

- Tontes systématiques hebdomadaires (HEBD) et rases (2cm)
- Tontes systématiques mensuelles (MENS) et rases
- Tontes raisonnées : fauchage en fin de cycle des végétaux ou selon hauteur (RAIS), peu rases (5 à 10 cm)
- Témoin (TEM) : tontes calquées sur la pratique du vignoble, fonction des autres opérations (relevage, etc.), peu rases

La figure 1 présente le schéma du plan expérimental, il s'agit d'un dispositif en blocs de Fischer à 3 répétitions. Chaque parcelle élémentaire est constituée de 12 ceps consécutifs.

Figure 1 : Plan expérimental dans la parcelle
Disposition of the treatments inside the parcel



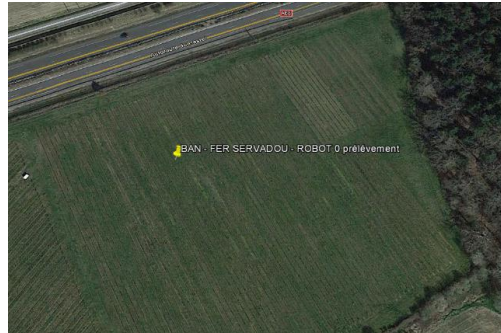
La situation géographique de la parcelle d'essai est indiquée dans la figure 2.

Figure 2 : Situation de la parcelle (enherbement 100 % sur le support d'expérimentation du DEVT)

Location of the experimental plot

Latitude : 43.843331°

Longitude : 1.856051°



Il s'agit d'une parcelle de cépage « Fer Servadou » clone 420, plantée en 1999 à la densité de 4545 pieds par hectare (2,2 x 1 m) sur porte greffe Gravesac, clone 264.

Notations / observations

Pour chaque parcelle élémentaire, les notations et observations réalisées sont :

- Les dates des différentes tontes sur les modalités
- La hauteur des couverts avant intervention, et la surface d'emprise au sol mesurée avec Canopeo, une application pour smartphone développée par l'université de L'Oklahoma.
- Suivi du statut azoté des feuilles : NBI (Nitrogen Balance Index mesuré avec une pince dualex) 4 fois par an.
- Evaluation du statut hydrique à l'aide de sondes de température et d'humidité (sonde capacitive) SINAFIS
- Récolte (poids par souche et poids des grappes)
- Contrôle maturité : Azote assimilable en particulier à surveiller
- Vigueur par pesée des sarments lors de la taille
- Fertilité : nombre de grappes par rameau au printemps (point 0 en 2017 puis les années suivantes)

Actions

Les tontes hebdomadaires (simulation de tonte robotisée), mensuelles, raisonnées sont pratiquées à l'aide d'une débrousailluse thermique manuelle afin de maîtriser le moment et la hauteur. Chaque tonte est réalisée sur la largeur du rang, c'est-à-dire sous le rang plus un demi inter-rang de chaque côté, tel qu'elle serait faite à l'échelle d'une parcelle complète avec un robot. La différence d'expression du couvert n'est donc pas focalisée uniquement sous le rang (cf. Figure 3).

Figure 3 : Différence de hauteur de tonte entre les modalités RAIS à gauche, et HEBD à droite
Difference between RAIS, left, and HEBD, right



RESULTATS

Pour chaque année d'expérimentation et pour chaque modalité, le nombre d'interventions est indiqué dans le tableau I

Tableau I : Nombre d'interventions annuelles pour chacune des modalités
Number of mowing actions per year

	2017	2018	2019
HEBD	13	14	10
MENS	6	5	4
TEM	4	3	10*
RAIS	4	2	3

* en 2019, la modalité TEM est devenue une tonte hebdomadaire non rase. En effet, compte tenu des résultats enregistrés en 2018 et 2019, il nous a paru plus pertinent de remplacer la pratique témoin « vigneron » par une tonte peu rase hebdomadaire, plus représentative de ce qui pourrait être obtenu avec un robot peu agressif. Chiffres au 7 août.

Au-delà de 5 interventions par an, il est clair que seuls des robots peuvent rendre ces stratégies pertinentes.

1- Hauteur et emprise au sol des couverts

Pour les années 2018 et 2019, nous utiliserons l'indice synthétique du « volume » de végétation, correspondant à la hauteur moyenne des couverts que multiplie le pourcentage de surface couverte au sol.

Figure 4 : Evolution de la hauteur des couverts sous l'effet des tontes en 2017
Grass cover height evolution in 2017

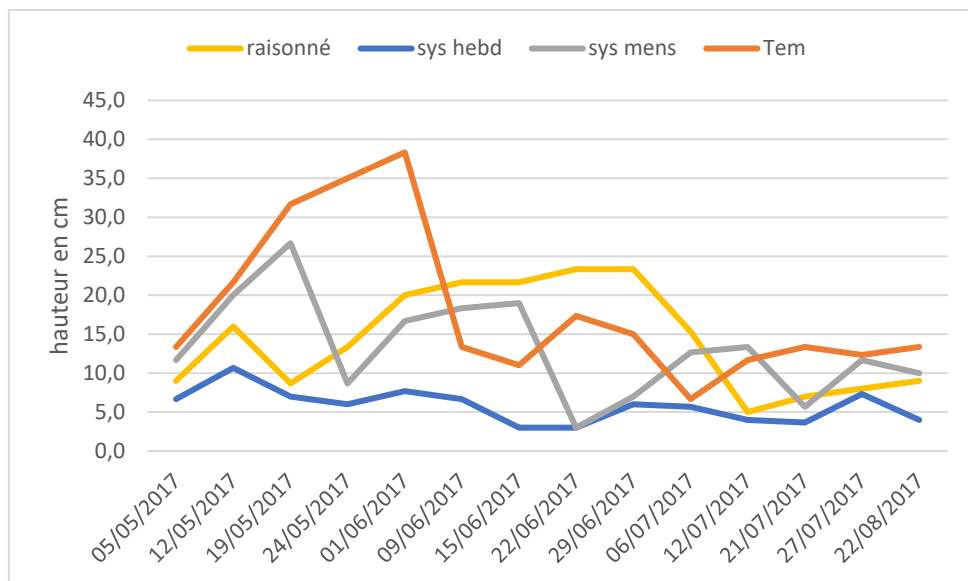


Figure 5 : Evolution des couverts végétaux en 2018
Grass cover evolution in 2018

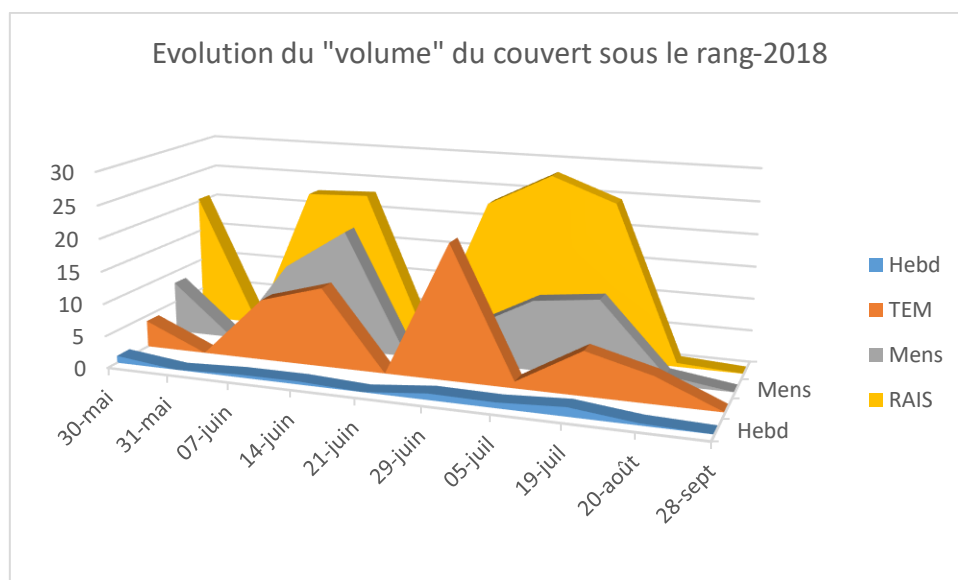
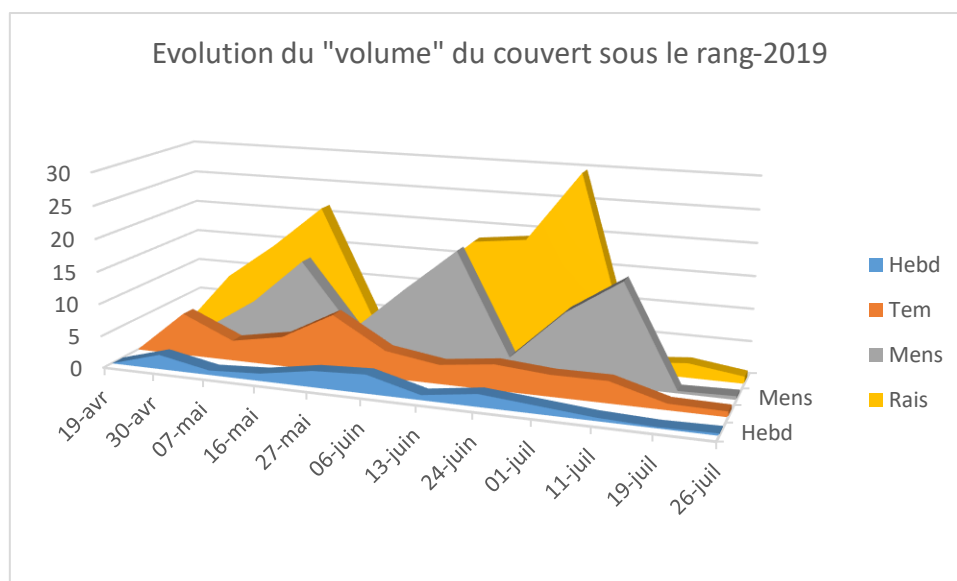


Figure 6 : Evolution des couverts végétaux en 2019
Grass cover evolution in 2019



Les figures 4 à 6 qui illustrent l'évolution du volume du couvert au cours du temps pour les différentes modalités, nous montrent sans ambiguïté que la répétition fréquente des interventions permet de conserver un sol sur lequel les adventices ont peu d'emprise. A l'inverse, des interventions raisonnées ou moins fréquentes permettent d'arriver en fin de saison avec un sol peu encombré mais ayant subi la concurrence d'un volume de végétation important pendant une période assez longue.

2- Fertilité des rameaux

Tableau II : nombre moyen de grappes par rameau au printemps
Average number of bunches per branch at spring

Nombre de grappes par rameau	2017	2018	2019
HEBD	0,33	1,37	0,78
MENS	0,38	1,37	0,78
TEM	0,45	1,31	0,69
RAIS	0,41	1,19	0,86

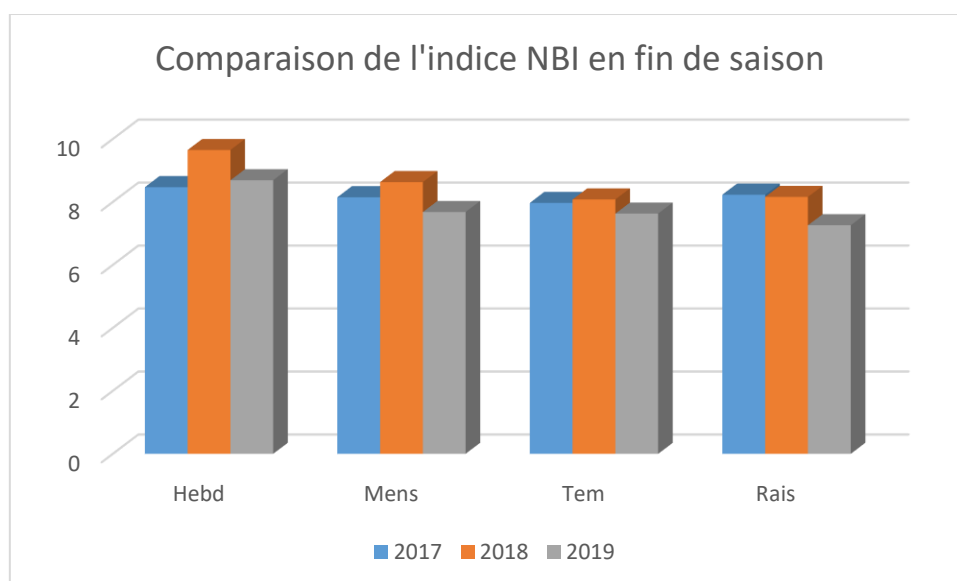
NB : en 2017 la parcelle a été très touchée par le gel de printemps.

Les mesures de grappes par rameau reportées dans le tableau II, ne nous permettent pas de conclure à un quelconque effet de la technique sur la fertilité des rameaux. L'ANOVA effectuée année par année sur ces résultats ne montre aucun effet des modalités de tonte sur le nombre de grappe par rameau.

3- Statut azoté (NBI donné par la pince Dualex)

Nous focaliserons sur les mesures de fin de saison pour avoir un aperçu synthétique du statut de nutrition azotée entre les modalités

Figure 7 : indices NBI en fin de saison / NBI



La pince duallex donne un résultat, le NBI pour Nutrition Balance Index, qui est un rapport entre la teneur en chlorophylle et la teneur en flavonoïdes. Plus cet indicateur est haut, meilleure est la nutrition azotée qui favorise la synthèse de chlorophylle. Nous observons (cf. figure 7) que les écarts entre modalités en fin de saison ont tendance à se confirmer d'année en année, les modalités limitant le volume du couvert sous le rang par des interventions plus agressives et plus rapprochées ayant un indice plus élevé. L'ANOVA effectuée en 2017 ne permet pas de conclure à une différence entre modalités. En 2018, et 2019 (cf. tableaux III et IV) elle est significative avec un intervalle de confiance de 95 %.

Tableau III : Test de Fischer sur les résultats de 2018
Fischer Test applied on 2018 results

Modalité	Moyennes estimées(NBI)	Groupes
SYS HEBD	9,650	A
SYS MENS	8,633	B
RAIS	8,156	C
TEM	8,077	C

Tableau IV : Test de Fischer sur les résultats de 2019
Fischer Test applied on 2019 results

Modalité	Moyennes estimées(NBI)	Groupes
HEBD	8,692	A
MENS	7,679	B
TEM	7,628	B
RAIS	7,258	C

4- Azote assimilable dans les baies

Tableau V : Teneur en azote assimilable des baies à la récolte
Nitrogen content in the berries at harvest

Teneur en mg/L	2017	2018	2019
Hebd	128	120 (a)	A venir
Mens	133	95 (b)	A venir
Tem	107	81 (b)	A venir
Rais	105	79 (b)	A venir

L'analyse des teneurs en azote assimilable des moûts (cf. tableau V) montre l'intérêt de tontes plus fréquentes et rases pour éviter les carences azotées dans les moûts. Cette observation corrobore les chiffres précédents de l'indice NBI. Les chiffres de 2017 ne sont pas significatifs à l'analyse statistique avec un intervalle de confiance de 90 %. En revanche, les résultats de 2018 le sont.

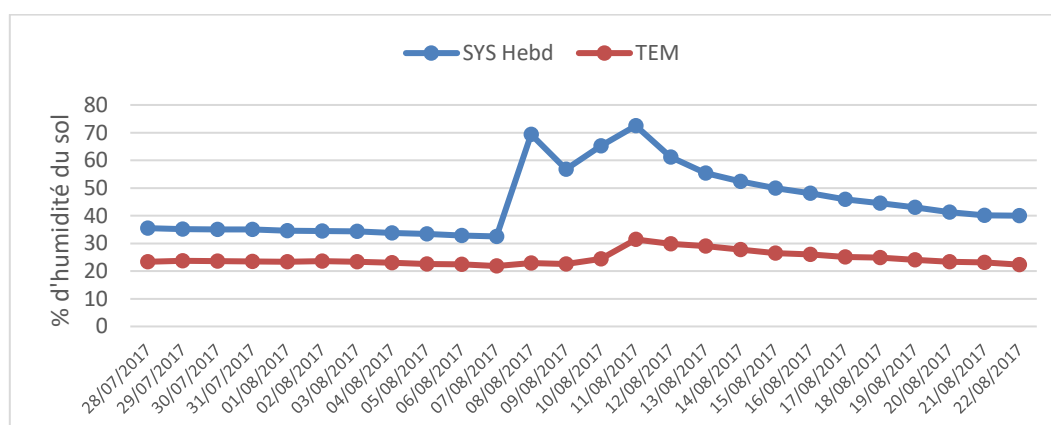
5- Effet du mode de gestion des couverts sur la température et l'humidité dans le sol.

La présence d'un couvert herbacé en surface peut jouer à la fois sur l'humidité du sol et sur sa température dans les 20 premiers centimètres. Ces deux paramètres jouent à la fois sur la minéralisation de la matière organique et sur la dynamique d'assimilation de l'eau et des éléments minéraux.

CAMPAGNE 2017 : Nous avons utilisé des sondes SINAFIS qui mesurent ces deux paramètres à leur profondeur d'enfouissement, soit 20 cm, pour deux des modalités : TEM et HEBD. Ayant été livrés tardivement en 2017, les données ne sont disponibles que pour la fin de la saison, mais elles révèlent des éléments intéressants (cf. figures 8 et 9).

Figure 8 : Evolution du taux d'humidité du sol à 20 cm de profondeur pour deux modalités très différentes lors d'un épisode orageux en 2017

Evolution of the soil's humidity content at a 20 centimeters depth for two treatments during a heavy rainfall in 2017.



Ainsi, il apparaît nettement que lors d'un épisode orageux (8 – 9 août), l'humectation est beaucoup plus rapide et importante sur la modalité HEBD que sur la modalité TEM. En observant l'évolution des températures moyennes dans le sol pour ces deux modalités (cf. figure 9), ainsi que les amplitudes

thermiques journalières (différence entre température maxi et mini lors de la journée, cf. figure 10), on remarque que :

- La présence d'un couvert plus développé (TEM) induit une réduction de température moyenne du sol de 1,5°C, sauf en cas d'abaissement prononcé de la température.
- Un couvert plus ras fait subir au sol une amplitude thermique journalière plus forte de 60 % en moyenne pour la période considérée.

C'est une bonne illustration de la modulation de l'effet « tampon » des couverts plus ou moins développés.

Figure 9 : Températures moyennes dans le sol à 20 centimètres de profondeur en 2017
Average temperature at a 20 centimeters depth in 2017

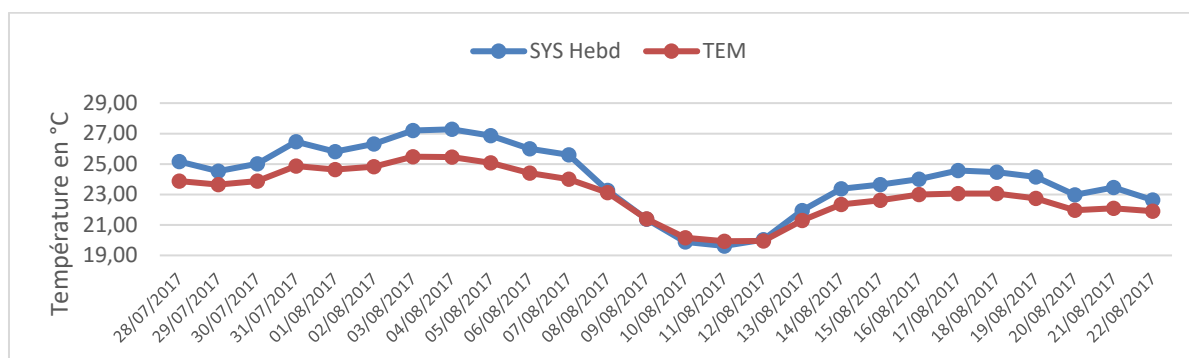


Figure 10 : Amplitude thermique journalière dans le sol, 2017
Thermal amplitude in the soil, 2017

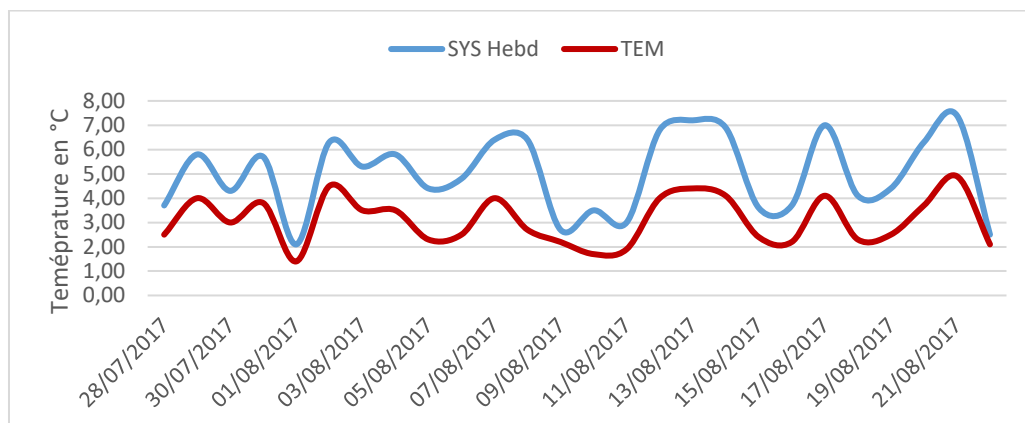
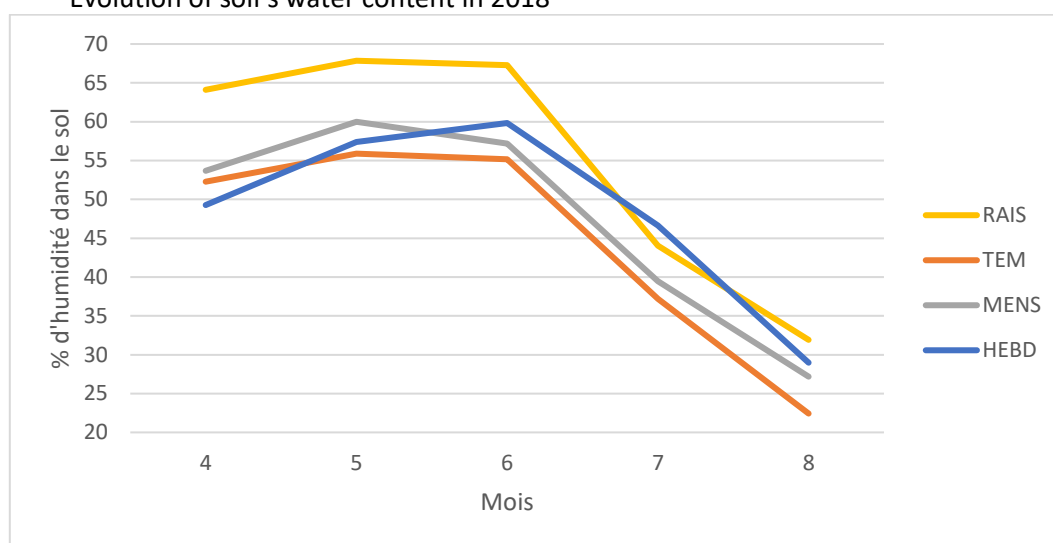


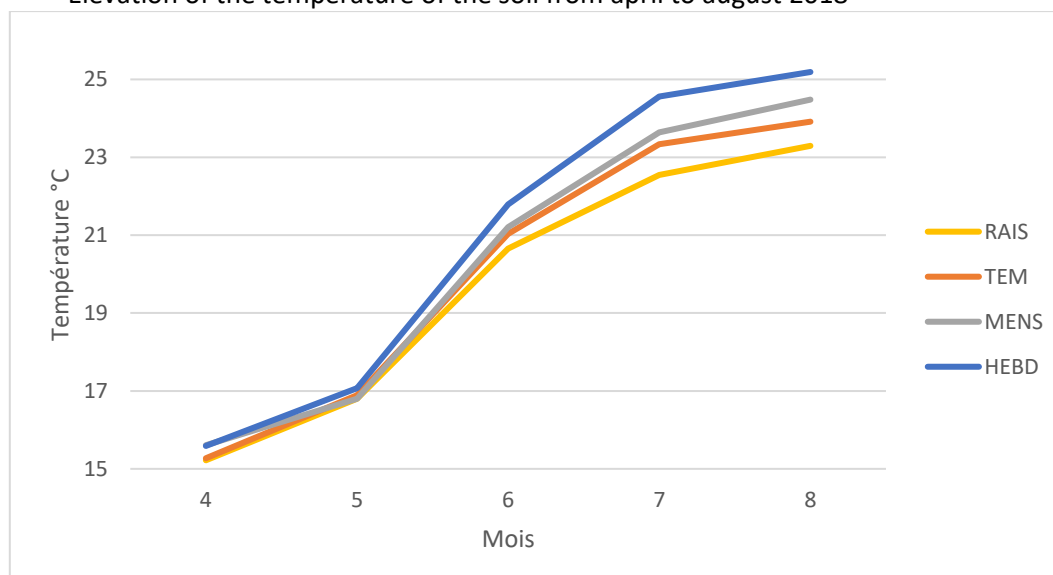
Figure 11 : Evolution du taux d'humidité dans le sol lors de la campagne 2018
Evolution of soil's water content in 2018



L'analyse mois par mois du taux d'humidité dans le sol montre que la modalité RAIS, la moins tondue, possédait dès le début un plus grand « capital eau » que les autres modalités (cf. figure 11). Cet avantage est rattrapé uniquement par la modalité de tonte HEBD, alors que cette dernière avait le taux le plus faible en début de saison. La couverture du sol a bien joué sur le taux d'humidité dans le sol à 20 cm de profondeur, mais peut être de deux façons différentes. En effet, avec des tontes raisonnées, le couvert végétal est assez important, alors qu'avec des tontes hebdomadaires, son emprise au sol est réduite. Dans un cas on a l'action protectrice du couvert, dans l'autre on limite la consommation de l'eau par le couvert.

Figure 12 : Elévation de la température moyenne du sol dans les 20 premiers centimètres d'avril à août 2018.

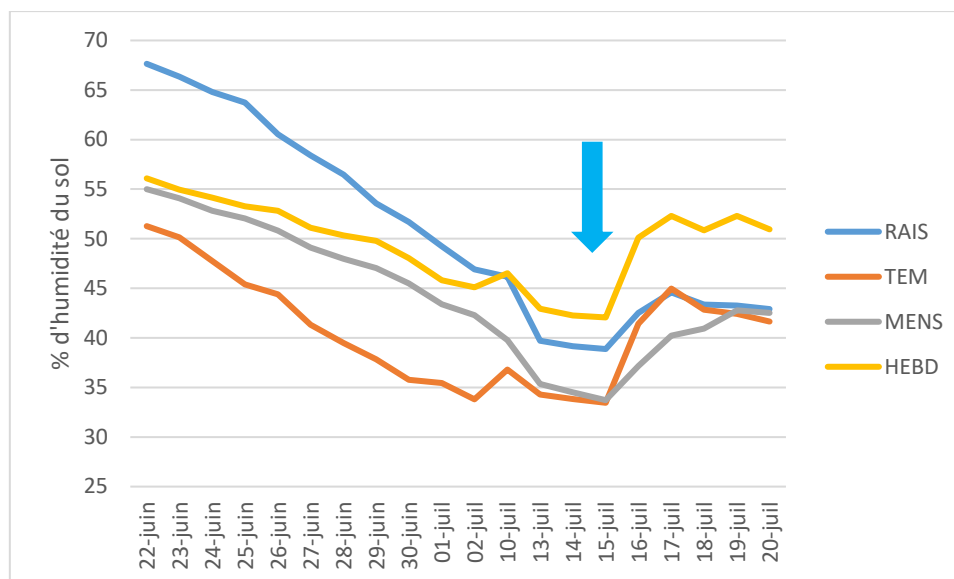
Elevation of the temperature of the soil from april to august 2018



Si on regarde l'évolution de la température du sol à la profondeur d'enfouissement des sondes (20 cm) (cf. figure 12), l'effet tampon du couvert végétal est confirmé, la modalité la plus couverte (RAIS) étant aussi celle qui conserve une température moyenne plus basse, alors que l'augmentation de température et la valeur absolue de celle-ci est supérieure sur la modalité HEBD, dont la couverture du sol est beaucoup plus faible.

L'observation des courbes de hauteur et % de couverture du sol est donc un assez bon indicateur du comportement hydrique et de la température du sol.

Figure 13 : Assèchement et humectation du sol pendant l'été 2018
Drying and moistening of the soil during summer 2018.



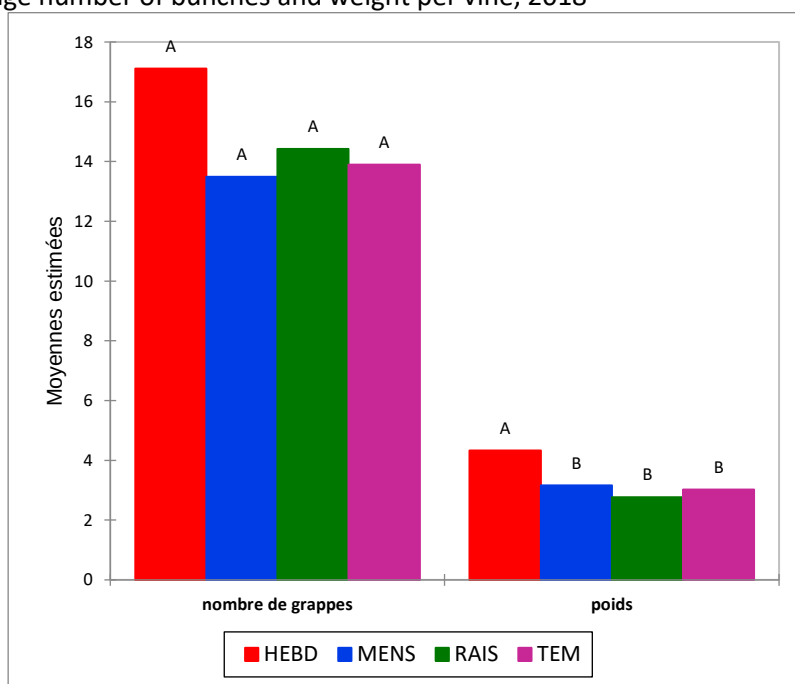
Sur le graphique de la figure 13, on observe un peu plus finement l'évolution du taux d'humidité sur une période d'assèchement et d'humectation. Les pentes des courbes TEM et RAIS sont plus fortes que celles de HEBD et MENS pour l'assèchement. En revanche, après un épisode pluvieux, les courbes remontent plus vite pour deux situations très différentes : HEBD et TEM. Dans un cas c'est l'absence de couvert qui permet à l'eau de pénétrer rapidement. Dans l'autre cas, on peut formuler l'hypothèse que le réseau racinaire du couvert, peu actif à cette période, facilite l'infiltration et consomme peu.

6- Récolte.

La récolte 2017 ayant été trop impactée par le gel du 21 avril, la valeur de rendement n'a pas été mesurée. En revanche, le poids des baies mesuré à l'occasion des contrôles de maturité, montre, en tendance, des baies plus lourdes pour les modalités tondues fréquemment (HEBD : 336 g/200 baies vs 310 g pour Tem).

La récolte 2018 permet d'avoir des chiffres plus intéressants. Le nombre moyen de grappes par souche est supérieur sur la modalité HEBD, mais les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, alors que le poids de récolte par souche (cf. figure 14) est significativement supérieur (α 5 %, pValue 0,014) sur la modalité HEBD, ce qui signifie des grappes plus lourdes, et donc une meilleure alimentation de celles-ci.

Figure 14 : Moyennes du nombre de grappes et de poids de récolte par cep, 2018
Average number of bunches and weight per vine, 2018



Chiffres 2019 à venir, présentés en session orale.

CONCLUSIONS, PERSPECTIVES

Nos résultats suggèrent un impact réel de la hauteur et de la fréquence de tonte sur des paramètres importants comme l'alimentation hydrique et azotés qui ont eux-mêmes une incidence sur le rendement. D'après nos mesures cela n'a pas eu d'impact en année n+1 sur la fertilité des souches. La fréquence de tonte permise par la robotisation de l'opération permettrait peut-être de modifier la flore présente. Sur les trois saisons de test nous n'avons pas observé une présence plus importante des vivaces, a priori protégées par leur rhizome enterré. La troisième année d'essai a permis de tester une autre modalité en complément : la tonte fréquente mais peu rase, donc moins agressive que la modalité HEBD testée jusqu'alors. Elle est représentative de ce qu'il est possible de faire avec un robot de tonte existant, Vitirover, qui tond régulièrement mais entre 6 et 10 cm de hauteur. Cette façon de faire reste plus pénalisante pour la production qu'une tonte plus rase. Nous pensons donc que l'entretien des vignes sans herbicides et sans travailler le sol, grâce à des tontes fréquentes et rases est un bon scénario d'usage pour les robots viticoles.

REMERCIEMENTS

La région (Occitanie) pour son soutien financier dans le programme interbio

BIBLIOGRAPHIE

Gaviglio C., 2010, Impact technico-économique du désherbage mécanique sous le rang de vigne, synthèse de 5 années d'essais, *Vingtième et Unième Conférence du COLUMA, Dijon*

Gaviglio C., Gontier L., 2013, Conduite de la vigne sans herbicides : des résultats agronomiques en micro-parcelles au transfert à grande échelle, une remise en question de l'organisation du travail, *Vingt Deuxième Conférence du COLUMA, Dijon*

Gaviglio C., 2016, La robotique, une voie d'avenir pour le désherbage des vignes sans herbicides, *Vingt Troisième Conférence du COLUMA, Dijon*