



HAL
open science

Gestion de l'entretien du sol et fonctionnement hydrique du vignoble

Christian C. Gary, Rémi Gaudin, Aurelie Metay

► **To cite this version:**

Christian C. Gary, Rémi Gaudin, Aurelie Metay. Gestion de l'entretien du sol et fonctionnement hydrique du vignoble. Innovations Agronomiques, 2014, 38, pp.109-116. hal-02633870

HAL Id: hal-02633870

<https://hal.inrae.fr/hal-02633870>

Submitted on 27 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License

Gestion de l'entretien du sol et fonctionnement hydrique du vignoble

Gary C.¹, Gaudin R.², Metay A.²

¹ Inra, UMR System, place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 2

² Montpellier SupAgro, UMR System, place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 2

Correspondance : gary@supagro.inra.fr

Résumé

En régions méditerranéennes, les fortes variations inter-annuelles de pluviométrie rendent difficile le maintien de performances agronomiques et environnementales stables dans les vignobles. Cela tient tout autant aux modalités de reconstitution des réserves hydriques en hiver qu'au bilan hydrique pendant le cycle de végétation de la vigne. L'entretien du sol offre des leviers techniques pour gérer ce fonctionnement hydrique. Une démarche de conception de stratégies d'entretien du sol par simulation permet de démontrer que, sur des séries d'années climatiques contrastées, des stratégies adaptatives permettent d'une part de faire varier la nature, le nombre et les dates des interventions techniques et d'autre part d'obtenir des résultats agronomiques (rendement, qualité des produits) et environnementaux (maîtrise du ruissellement) plus réguliers que des stratégies continues (sol nu permanent, enherbement permanent).

Mots-clés : régime pluviométrique, bilan hydrique, vigne, entretien du sol, enherbement, rendement, impacts environnementaux, gestion adaptative.

Abstract: Soil surface management and water regime of vineyards

In Mediterranean regions, the strong inter-annual variability of rain regime makes difficult the achievement of stable agronomic and environmental performances in vineyards. It is due to both the conditions of winter soil water refilling and the water balance during grapevine vegetation cycle. Soil surface management offers technical control levers to manage water balance. Simulation-assisted design of strategies of soil surface management demonstrates that, on series of contrasted climatic years, adaptive strategies lead to changing nature, number and timing of technical operations, and to fairly stable resulting agronomic performances (yield, quality of products) and environmental impacts.

Keywords: rain regime, water balance, grapevine, soil surface management, cover cropping, yield, environmental impact, adaptive management.

1. Variabilité interannuelle de la pluviométrie et du bilan hydrique des parcelles viticoles

Dans les régions méditerranéennes, la forte variabilité interannuelle de la pluviométrie entraîne de fortes variations de la disponibilité de l'eau dans les sols et, par conséquent, de fortes variations de croissance et de rendement de la vigne (Ramos et Martinez-Casasnovas, 2010, 2014). Cette variabilité est observée non seulement en termes de pluviométrie annuelle, mais également en termes de répartition entre saisons et de distribution de l'intensité des événements pluvieux.

En viticulture, l'accent est souvent mis sur le bilan hydrique pendant la période de végétation, entre débourrement et vendange.

C'est ainsi que pour réaliser une classification mondiale des régions viticoles, Tonietto et Carbonneau (2004) ont calculé un indice de sécheresse à partir du bilan hydrique potentiel de Riou et Lebon (2000) calculé d'avril à septembre dans l'hémisphère nord. Ce bilan hydrique potentiel de parcelles viticoles résulte de flux entrants (pluie) et de flux sortants (transpiration potentielle de la végétation, évaporation du sol). L'indice de sécheresse est considéré comme étant la réserve en eau du sol fin septembre. Ruissellement et drainage sont négligés et la réserve hydrique du sol au débourrement est fixée par défaut à 200 mm. Or, dans le contexte pluviométrique méditerranéen, l'hypothèse de reconstitution des réserves hydriques en hiver est rarement vérifiée (Ramos et Mulligan 2005) et les stocks d'eau au débourrement sont très dépendants d'une part de la pluviométrie hivernale et d'autre part de la profondeur du sol (Gaudin *et al.*, 2010).

Il est donc tout aussi essentiel de tenir compte du bilan hydrique hivernal (de la vendange au débourrement) pour apprécier l'impact de la pluviométrie sur le bilan hydrique des parcelles viticoles. Ainsi, Gaudin et Gary (2012) montrent que, dans la région de Montpellier, la reconstitution complète des réserves hivernales est peu fréquente, en particulier quand la réserve en eau du sol potentiellement accessible à la culture (TTSW¹) est élevée et quand les sols sont exposés au ruissellement. Ils en déduisent que les besoins en eau de la vigne dépendent non seulement du régime pluviométrique pendant le cycle de végétation mais également de la pluviométrie et de l'entretien du sol pendant la période hivernale.

En effet, l'état des réserves en eau du sol en début de saison conditionne en partie la trajectoire de disponibilité de l'eau pour la culture pendant son cycle de végétation. Or, cette trajectoire détermine fortement le développement végétatif et l'élaboration du rendement et de la qualité du raisin à la vendange (Pellegrino *et al.*, 2005 ; Gaudin *et al.*, 2014). On observe en particulier qu'après la floraison, une contrainte hydrique intermédiaire limite le développement végétatif mais pas la production d'assimilats ainsi réorientés vers l'alimentation des baies. Les effets sur l'élaboration du rendement doivent même se raisonner sur deux ans, dans la mesure où l'initiation florale se produit l'année précédente. Guilpart *et al.* (2014) ont montré d'une part que le nombre d'inflorescences par cep est une composante déterminante du rendement de la vigne et d'autre part qu'elle est fortement déterminée par la contrainte hydrique au moment de l'initiation florale, soit pendant les 400 degrés-jours qui suivent la floraison de l'année précédente.

Il y a donc, tout au long de l'année, une interaction permanente entre le régime pluviométrique, les propriétés permanentes et non permanentes du sol et l'état de la végétation qui conduit à une trajectoire de disponibilité en eau pour la vigne. Cette trajectoire est déterminante pour orienter le fonctionnement de la vigne, aux différentes étapes de son développement pendant l'année en cours et pendant l'année suivante.

2. Entretien du sol et bilan hydrique des parcelles viticoles

Les viticulteurs disposent de leviers techniques pour modifier certaines composantes du bilan hydrique. On pense en premier lieu à l'irrigation qui est un moyen direct de compenser un éventuel déficit. Mais la forte sensibilité des besoins en eau aux caractéristiques des sols et de la végétation a pour conséquence que l'irrigation ne peut pas être raisonnée indépendamment de la gestion de ces deux compartiments (Gaudin et Gary, 2012). Une autre composante pour laquelle il existe une variété de leviers techniques est le ruissellement dont l'occurrence est très liée à l'état de surface des sols. C'est ainsi que le volume d'eau ruisselée sur une année peut varier du simple au double et représenter 15 à 30% de la pluviométrie annuelle entre un sol travaillé régulièrement (désherbé mécaniquement) et un sol non travaillé (désherbé chimiquement) (Leonard et Andrieux, 1998).

¹ Total Transpirable Soil Water

La présence d'une croute structurale ou sédimentaire en surface réduit l'infiltrabilité de l'eau, tandis que la présence d'une végétation herbacée la réduit (Figure 1).

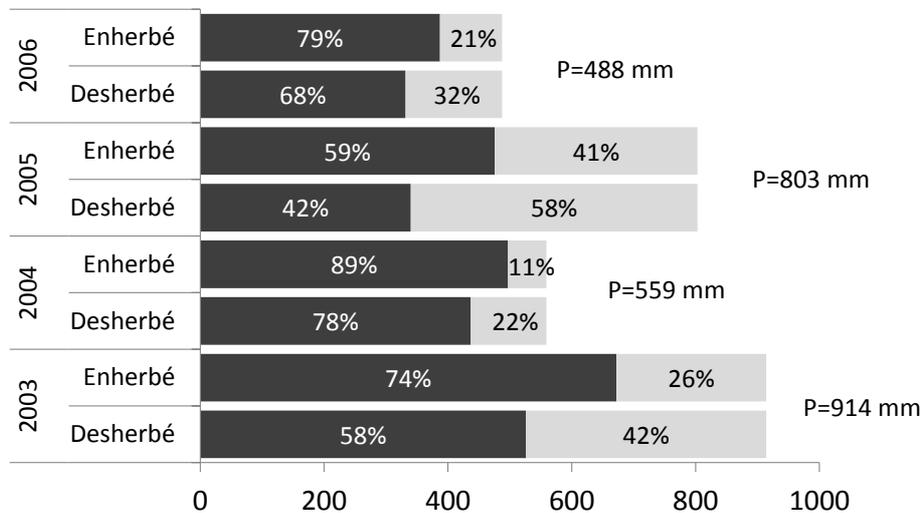


Figure 1 : Evaluation par simulation de la fraction de pluviométrie annuelle ruisselée (gris) et infiltrée (noir) sur une parcelle viticole enherbée ou sur sol nu (non travaillé) (Delpuech *et al.*, 2010).

L'enherbement des sols viticoles a des conséquences complexes sur la dynamique du bilan hydrique. Hors saison, il constitue un moyen efficace de valoriser les pluies d'automne et d'hiver pour reconstituer les réserves en eau du sol (Gaudin *et al.*, 2010). Pendant le cycle de la vigne, la végétation herbacée augmente les prélèvements d'eau et rentre en concurrence pour l'eau avec la vigne. Dans une étude conduite dans la région de Montpellier, Celette *et al.* (2008) ont montré que le surcroît d'infiltration hivernale pouvait compenser jusqu'à 60% du surcroît d'évapotranspiration au printemps. Cela dépend évidemment du cycle de végétation du couvert herbacé, certaines espèces à cycle court ou présentant une dormance estivale étant moins concurrentielles pour les ressources du sol (Delpuech, 2013).

L'enherbement a également des conséquences indirectes sur le fonctionnement de la vigne. Dès la fin de l'hiver et avant le débourrement de la vigne, il prélève l'azote des horizons de surface au détriment de la vigne. Au printemps, il assèche rapidement ces horizons de surface au point de limiter la minéralisation de l'azote. Enfin, il mobilise l'azote libéré à nouveau par la minéralisation avec les pluies d'automne, au détriment de la mise en réserve de cet azote par la vigne (Celette *et al.*, 2009). Il y a donc des interactions permanentes entre les contraintes hydriques et azotées subies par la vigne, sous l'effet de l'enherbement (Celette et Gary, 2013).

Plusieurs formes de régulation, qui limitent les impacts négatifs de ces contraintes hydriques et azotées sur la croissance de la vigne, se mettent en place. Au niveau des parties aériennes, la réduction du développement foliaire (ramifications secondaires, élongation des rameaux, croissance foliaire) limite la transpiration de la vigne. Au niveau des parties souterraines, on assiste à une redistribution du système racinaire, avec une réduction de la densité racinaire dans le compartiment de sol occupé par le système racinaire du couvert herbacé et une augmentation de la densité racinaire sous le rang de vigne quand il reste dés herbé et en profondeur (Celette *et al.*, 2005), ce qui permet une meilleure valorisation des ressources en eau du sol.

3. Gestion adaptative de l'entretien du sol et stabilité des performances

Comment mobiliser les leviers techniques de l'entretien du sol (travail du sol, enherbement semé ou spontané, partiel ou total, permanent ou discontinu) pour obtenir des performances viticoles (rendement, qualité des produits) et environnementales (moindre diffusion de produits fertilisants et pesticides polluants dans l'eau, l'air et le sol) régulières dans un contexte climatique variable ? Comment planifier des successions d'état de surface du sol, obtenues grâce à des séquences d'interventions techniques, qui ajustent les flux entrants et sortants d'eau de façon à régulariser l'accès à l'eau de la vigne dans un contexte de fortes variations de la pluviométrie ?

3.1 Concevoir par simulation des stratégies de gestion de l'entretien du sol

Ripoche *et al.* (2010, 2011) ont exploré la question en conduisant un travail de conception par simulation de stratégies de gestion de l'enherbement, dont on peut faire varier les caractéristiques de différentes manières : choix du matériel végétal (non exploré dans ces travaux faute de paramétrage du modèle pour la gamme des types fonctionnels possibles), surface couverte, période d'activité. Une première étape a consisté à simuler, à l'aide du modèle de bilan hydrique WaLIS (Celette *et al.*, 2010), les conséquences sur la trajectoire annuelle de disponibilité de l'eau pour la vigne de différentes combinaisons techniques reproduites année après année avec des séquences d'années climatiques contrastées. Pour chaque combinaison, chaque année de simulation a été évaluée d'un point de vue productif et environnemental via une analyse multicritère. Le résultat de cette première étape est que la répétition des mêmes itinéraires techniques conduit à une très grande variabilité interannuelle des performances productives et environnementales (Ripoche *et al.*, 2010).

Une deuxième étape a consisté à évaluer par simulation l'intérêt d'une gestion adaptative de l'enherbement, c'est-à-dire dont les modalités varient en fonction du contexte climatique de l'année. A cette fin, le modèle de bilan hydrique WaLIS a été couplé avec un modèle décisionnel d'entretien du sol au sein du modèle VERDI (Ripoche *et al.*, 2011). Chaque jour, le modèle de bilan hydrique simule les flux d'eau entrants et sortants d'une parcelle viticole, en tenant compte de ses caractéristiques. Le modèle décisionnel d'entretien du sol permet de lier les décisions d'interventions techniques, d'une part à l'état du système piloté (sol, vigne, enherbement), et d'autre part, au climat passé et prévu. Des contraintes temporelles et d'organisation permettent de hiérarchiser les différentes interventions de l'itinéraire technique.

Trois modalités d'entretien du sol ont été combinées : sol nu désherbé mécaniquement, enherbement permanent de l'inter-rang, enherbement temporaire de l'inter-rang. Différents types d'ajustements ont été testés (Figure 2). Des ajustements tactiques conduisaient à détruire l'enherbement temporaire au printemps au moment où le stock d'eau accessible à la vigne dans le sol se rapproche d'un seuil bas qui entraînerait une contrainte hydrique excessive pour la vigne. Des ajustements stratégiques permettaient de changer de modalité d'entretien du sol d'une année à l'autre. Ainsi, trois stratégies d'entretien du sol ont été comparées : sol nu permanent, enherbement de l'inter-rang permanent, stratégie mixte comprenant des ajustements stratégiques et tactiques permettant de moduler les périodes d'enherbement en fonction du contexte. Comme dans la première étape, les simulations ont été réalisées pour des séquences d'années climatiques contrastées et l'évaluation par le biais d'une analyse multicritère.

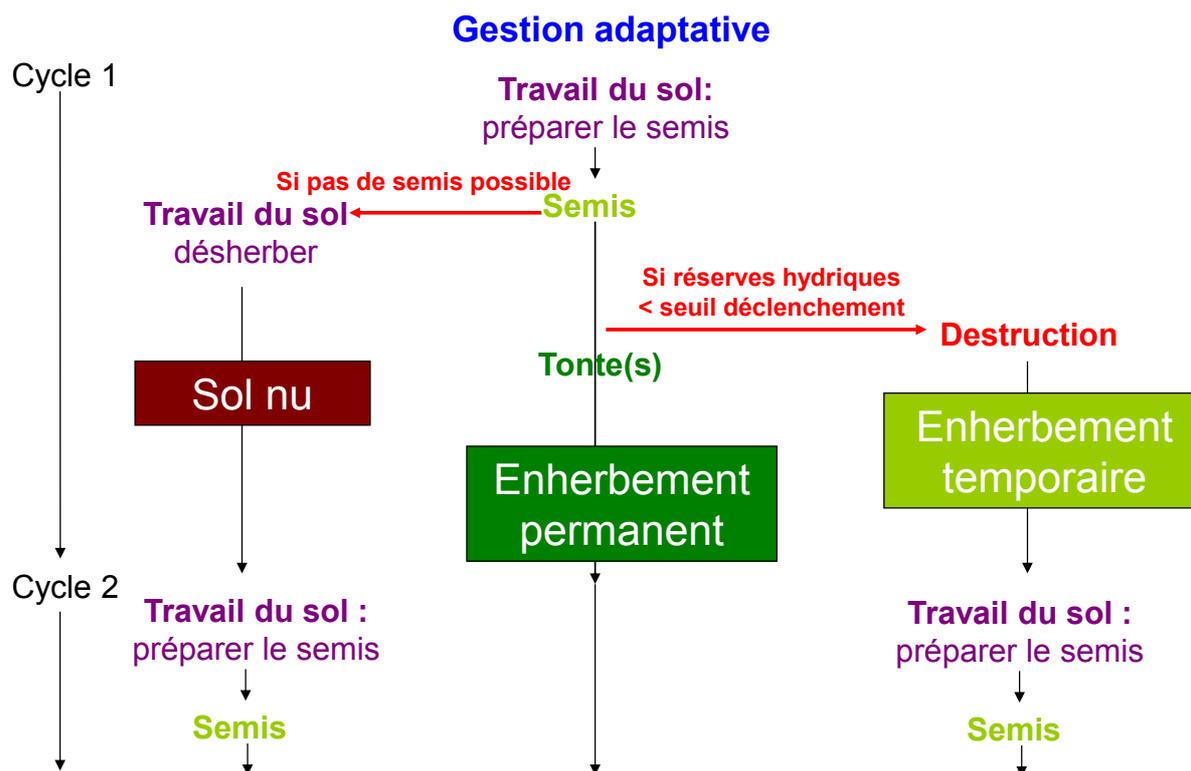


Figure 2 : Modalités de gestion adaptative de l'enherbement des sols viticoles simulées à l'aide du modèle VERDI (Ripoche *et al.*, 2011). Dans cette stratégie, le sol nu n'est qu'un état transitoire si l'installation de l'enherbement n'est pas possible. La marge de manœuvre offerte par le choix des espèces végétales utilisées n'a pas été considérée dans cette étude.

3.2 Une stratégie adaptative conduit à de fortes variations du nombre et des dates des interventions techniques

L'introduction d'une composante décisionnelle dans le modèle VERDI conduit à ce que les itinéraires techniques simulés varient selon les années climatiques. Par exemple, le nombre de désherbages mécaniques varie de deux à cinq par an dans la stratégie « sol nu permanent », et le nombre de tontes de l'enherbement varie de un à cinq par an en fonction de la pluviométrie. Dans la stratégie mixte, les adaptations stratégiques et tactiques conduisent à plus de variations des itinéraires techniques. Les dates de semis de l'enherbement temporaire varient de mi- à fin octobre. Pendant les années sèches, le nombre de tontes est inférieur ou égal à un tandis que, pendant les années humides, trois à quatre tontes sont nécessaires. L'enherbement n'est pas détruit pendant les printemps humides ou consécutifs à un hiver humide. Il est détruit tardivement (fin mai 2006) après un hiver humide et plus tôt après un hiver sec (début avril 2007 et fin mars 2008).

3.3 Les performances sont plus régulières avec une stratégie adaptative d'entretien du sol

La stratégie adaptative d'entretien du sol conduit à des durées très variables de la période d'enherbement temporaire. Son intérêt apparaît quand plusieurs années sèches se succèdent. L'enherbement hivernal réduit le ruissellement par rapport au sol nu en cas de pluies de forte intensité et permet donc de meilleures performances environnementales.

Sa destruction, d'autant plus précoce que les ressources hydriques sont faibles, permet d'atténuer les variations inter-annuelles de trajectoire de contrainte hydrique subie par la vigne. Cela se traduit par des performances productives plus régulières que sous enherbement permanent (Figure 3).

Ces travaux montrent que, même en l'absence d'irrigation, il existe une marge de manœuvre pour réguler les flux d'eau dans une parcelle viticole grâce à une gestion adaptative de l'entretien du sol. On peut ainsi obtenir une fréquence plus élevée d'années présentant de bons compromis entre les performances productives de la vigne et les performances environnementales, qu'en reproduisant chaque année le même itinéraire technique (Ripoche *et al.*, 2010). D'autres marges de manœuvre pour réguler les flux d'eau peuvent être identifiées à l'échelle des bassins versants, par exemple avec la réalisation d'infrastructures favorisant la recharge des nappes superficielles.

Ainsi, dans le contexte de forte variabilité inter-annuelle de la pluviométrie dans les régions viticoles méditerranéennes, préconiser une stratégie standard d'entretien du sol, basée par exemple sur le choix d'une espèce ou d'un mélange pour l'enherbement n'est pas satisfaisant. Tous les éléments de flexibilité (y compris le changement de matériel végétal) qui permettent de changer de modalité d'entretien du sol en fonction de l'état observé et prévisible des ressources en eau du sol doivent être envisagés. A cet égard, le modèle de bilan hydrique WaLIS, dont les qualités prédictives sont démontrées dans une large gamme de conditions (Delpuech *et al.*, 2010), permet d'explorer une gamme de scénarios adaptés à chaque contexte.

Sur le terrain, les agriculteurs font d'ores et déjà preuve d'adaptabilité dans la mise en œuvre de leurs systèmes de culture, en particulier en fonction des conditions climatiques. Il est important de bien considérer la gamme possible d'actions, et d'évaluer leur adéquation au contexte pédo-climatique dans lequel s'insère le vignoble.

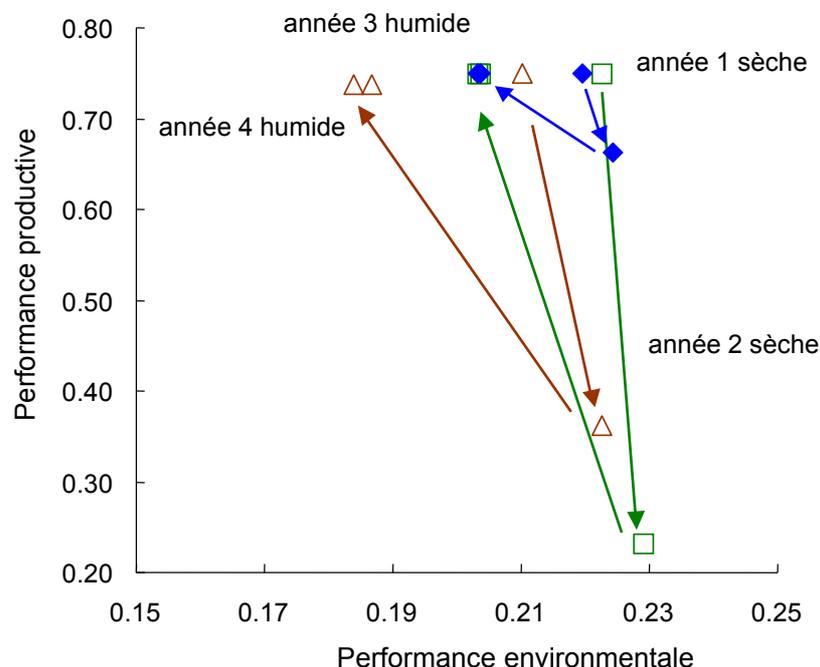


Figure 3 : Evolutions simulées des performances productives (rendement et qualité de la vendange) et environnementales (maîtrise du ruissellement) au cours d'une séquence de deux années sèches suivies de deux années humides. Sont comparées des parcelles viticoles au sol nu non travaillé (\triangle), couvertes d'un enherbement permanent (\square) ou faisant l'objet d'une gestion adaptative de l'entretien du sol (\blacklozenge) (Ripoche *et al.*, 2011).

Conclusion

Les vignobles méditerranéens présentent depuis toujours de fortes amplitudes dans leur régime hydrique, liées à l'irrégularité du climat. La transpiration de la vigne est un flux d'eau essentiel, et sa maîtrise au moins partielle est essentielle à la qualité et à la quantité du raisin récolté. Pour cela, l'entretien du sol offre des leviers non négligeables.

Il reste à définir un indicateur d'état des ressources hydriques du sol en fin d'hiver et au printemps pour calculer chaque année la pertinence d'un enherbement, sa durée d'activité et la surface couverte, ainsi que les interventions d'entretien du sol les plus appropriées de façon à maîtriser au mieux la trajectoire de contrainte hydrique subie par la vigne. L'entretien du sol doit faire l'objet de procédures, comprenant indicateurs et règles de décision, qui puissent être mises à l'épreuve sur le long terme dans le cadre d'expérimentations systèmes.

Références bibliographiques

- Celette F., Ripoché A., Gary C., 2010. WaLIS: a simple model to simulate water partitioning in a crop association: the example of an intercropped vineyard. *Agricultural Water Management* 97, 1749-1759.
- Celette F., Findeling A., Gary C., 2009. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy* 30, 41-51.
- Celette F., Gary C., 2013. Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. *European Journal of Agronomy* 45, 142-152.
- Celette F., Gaudin R., Gary C., 2008. Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping, *European Journal of Agronomy* 29, 153-162.
- Celette F., Wery J., Chantelot E., Celette J., Gary C., 2005. Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.) - tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: water relations and growth. *Plant and Soil* 276, 205-217.
- Delpuech X., 2013. Recherche et sélection d'espèces peu concurrentielles pour l'enherbement des vignobles méditerranéens. *Proceedings 18th International Symposium GiESCO, Porto, 7-11 July 2013*, vol. 28.
- Delpuech X., Celette F., Gary C., 2010. Validation du modèle de bilan hydrique WaLIS en vigne enherbée en conditions méditerranéennes et atlantiques. AFPP – 21ème conférence du Coloma. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, 8-9 décembre 2010, 11 p.
- Gaudin R., Celette F., Gary C., 2010. Contribution of runoff to incomplete off season soil water refilling in a Mediterranean vineyard. *Agricultural Water Management* 97, 1534–1540.
- Gaudin R., Gary C., 2012. Model-based evaluation of irrigation needs in Mediterranean vineyards. *Irrigation Science*, 30, 449-459.
- Gaudin R., Kansou K., Payan J.C., Pellegrino A., Gary C., 2014. A water stress index based on water balance modelling for discrimination of grapevine quality and yield. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 48, 1-9.
- Guilpart N., Metay A., Gary C., 2014. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy* 54, 9-20.
- Kazakou E., Fried G., Richarte J., Lesniak V., Guilpart N., Andrieux P., Metay A., 2012. Réponses de la flore adventice aux différents modes d'entretien du sol et effets sur la croissance de la vigne : le cas du Domaine du Chapitre (Sud de la France). *Progress Agricole et Viticole* 129, 453-457.
- Leonard J., Andrieux P., 1998. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in Southern France. *Catena* 32, 209-223.

- Pellegrino A., Lebon E., Simonneau T., Wery J., 2005. Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Aust J Grape Wine Res* 11, 306-315.
- Ramos M.C., Martinez-Casasnovas J.A., 2010. Soil water balance in rainfed vineyards of the Penede's region (Northeastern Spain) affected by rainfall characteristics and land levelling: influence on grape yield. *Plant and Soil* 333, 375-389.
- Ramos M.C., Martinez-Casasnovas J.A., 2014. Soil water variability and its influence on transpirable soil water fraction with two grape varieties under different rainfall regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 185, 253-262.
- Ramos M.C., Mulligan M., 2005. Spatial modelling of the impact of climate variability on the annual soil moisture regime in a mechanized Mediterranean vineyard. *J Hydrol* 306, 287-301.
- Riou C., Lebon E., 2000. Application d'un modèle de bilan hydrique et de la mesure de la température du couvert au diagnostic du stress hydrique de la vigne à la parcelle. *Bulletin de l'OIV* 73, 755-764.
- Ripoche A., Celette F., Cinna J.P., Gary C., 2010. Design of intercrop management plans to fulfil production and environmental objectives in vineyards. *European Journal of Agronomy* 32, 30-39.
- Ripoche A., Rellier J.P., Martin-Clouaire R., Paré N., Biarnès A., Gary C., 2011. Modelling adaptive management of intercropping in vineyards to satisfy agronomic and environmental performances under Mediterranean climate. *Environmental Modelling and Software* 26, 1467-1480.
- Ripoche A., Metay, A., Celette F., Gary C., 2011. Changing the soil surface management in vineyards: immediate and delayed effects on the growth and yield of grapevine. *Plant and Soil* 339, 259-271.
- Tonietto T., Carbonneau A., 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric For Meteorol* 124, 81-97.