



PROPOSITION DE STAGE 2026-2027

>Axes thématiques du GIS : <https://www.gis-fruits.org/groupees-thematiques>

Axe thématique 4 : Adaptation et anticipation du changement climatique
Axe thématique 6: Élaboration et maintien de la qualité des fruits frais et transformés

Organismes partenaires : (1) INRAE (2) *Institut Agro Montpellier* (3) *Vegepolys Valley*

Lieux du stage : UE Pech Rouge – INRAE - Gruissan

Durée : 6 mois

Dates : 01/04/2026 au 30/10/2026

Niveau : Stage de fin d'études BAC + 5 (Option Ingénieur, ou Master 2)

Profil du stage : Recherche appliquée

INTITULE DU STAGE : BERRYESCAPE - BERRY development and early ripening as a strategy to cope with climatic constraints through phenological **ESCAPE**

Contexte et problématique :

Le changement climatique entraîne une augmentation des températures et une fréquence croissante des épisodes de sécheresse, qui coïncident avec des phases clés du développement et de la maturation de nombreux fruits. La baie de raisin présente à cet égard une particularité importante : il s'agit d'un fruit pulpeux dont la croissance et l'accumulation des sucres reposent fortement sur un apport continu en eau et en carbone au cours de la période estivale (Wilhelm de Almeida et al., 2024). Contrairement à certains fruits capables de constituer plus précocement des réserves carbonées, notamment sous forme d'amidon, puis de les remobiliser au cours de la maturation (Chervin, 2020), le fruit de la vigne n'accumule pas d'amidon et dépend principalement de l'importation des sucres issus de la photosynthèse (Lu et al., 2024). Son développement coïncide ainsi avec une période de forte demande évaporative et d'exposition aux contraintes hydriques et thermiques. Les conditions climatiques rencontrées durant la phase de croissance herbacée déterminent notamment le niveau d'accumulation des acides organiques, tandis que celles intervenant pendant la maturation accélèrent la dégradation du malate et modifient l'accumulation des sucres et la synthèse des anthocyanes (Rienth et al., 2016). Ces modifications affectent le rapport sucres/acides, déterminant majeur de la qualité et de la date de récolte. Dans les régions viticoles méridionales, elles conduisent notamment à des raisins moins acides et plus riches en sucres, ainsi qu'à un déséquilibre croissant entre les différentes composantes de la maturité, avec des conséquences potentielles sur le rendement et la qualité des produits (van Leeuwen et Destrac-Irvine, 2017).

Face à ces problématiques, l'adaptation variétale repose aujourd'hui notamment sur la sélection de variétés à maturation tardive afin de décaler les vendanges vers des périodes plus fraîches (Suter et al., 2021). Cette stratégie peut cependant allonger le cycle, augmenter les besoins en eau et exposer davantage certaines phases du développement des baies aux fortes contraintes climatiques estivales. À l'inverse, des géotypes très précoces pourraient permettre d'atteindre plus tôt un équilibre sucres/acides compatible avec la récolte et ainsi d'échapper en partie aux contraintes de fin d'été. La précocité présente également un intérêt dans les régions viticoles septentrionales ou émergentes, où des cumuls de température plus faibles peuvent limiter l'achèvement de la maturation avant l'arrivée de conditions automnales défavorables (Suter et al., 2021). La précocité constitue ainsi un caractère potentiellement intéressant dans des contextes climatiques contrastés :

pour échapper aux contraintes estivales dans les régions méridionales et pour assurer la maturation dans une fenêtre climatique plus courte dans les régions septentrionales.

Cependant, les bases métaboliques associés à ces différences de durée de développement restent encore peu caractérisées. En particulier, les trajectoires de croissance et d'accumulation des métabolites au cours du développement ont été peu étudiées à l'échelle de la baie individuelle. Une caractérisation à cette échelle permet de mieux prendre en compte l'hétérogénéité entre baies et de décrire plus finement la temporalité et la coordination de la croissance, de l'accumulation des acides organiques, des sucres et des anthocyanes. Cette approche apparaît ainsi particulièrement pertinente pour comparer les trajectoires de développement de génotypes précoces et tardifs et identifier les caractères associés aux cycles les plus courts.

L'étude de la précocité ne doit pas se limiter aux variétés destinées à la production de vin. Les variétés de raisin de table et destinées à la production de jus, parmi lesquelles on trouve également des génotypes très précoces, constituent une ressource génétique particulièrement intéressante pour élargir la gamme des trajectoires de développement étudiées. L'intégration, au sein d'un même dispositif de phénotypage, de génotypes issus de différentes filières permettra ainsi d'aborder la précocité comme un caractère du fruit au-delà de son usage final, et d'identifier des caractères physiologiques et métaboliques associés aux cycles courts pouvant présenter un intérêt pour différents usages et produits de la filière fruit.

Objectifs généraux du stage / Résultats attendus :

L'étude sera conduite sur un sous-panel de 12 génotypes issus de la collection de diversité Panel 279 (Nicolas et al., 2016, <https://pechrouge.montpellier.hub.inrae.fr/activite-scientifique/projets-de-recherche/innovation-varietale/panel-279>), sélectionnés pour représenter des comportements contrastés en termes de précocité de maturation : six génotypes précoces et six tardifs, avec une représentation équilibrée de variétés rouges et blanches. Les baies seront suivies de manière hebdomadaire entre 2 et 13 semaines après floraison (WAF2–WAF13), couvrant ainsi l'ensemble des principales phases de leur développement, de la phase de croissance herbacée jusqu'à la maturation. Douze baies par génotype et par semaine seront analysées individuellement, représentant au total 1872 baies.

Le stage aura pour objectif de caractériser et comparer les trajectoires développementales et métaboliques des baies de ces génotypes précoces et tardifs. Chaque baie fera l'objet d'un phénotypage individuel associant des mesures de croissance (poids frais, nombre et poids des pépins) et une caractérisation biochimique. Après broyage et extraction du jus du péricarpe, les extraits seront analysés par UHPLC-DAD-RI afin de quantifier les principaux métabolites impliqués dans le développement et la maturation du fruit, notamment le glucose, le fructose, le malate, le tartrate et les anthocyanes (pour les variétés rouges). En parallèle, le stagiaire réalisera un suivi hebdomadaire par imagerie des baies maintenues sur la plante, permettant de suivre de manière non destructive leur dynamique de croissance (Wilhelm de Almeida et al., 2023 ; Daviet et al., 2023).

L'analyse des trajectoires individuelles (imagerie et métabolique) permettra de caractériser avec une résolution fine les principales étapes du développement de la baie (Bigard et al., 2022), notamment la transition entre phase herbacée, marqué par le maximum d'accumulation des acides organiques et la maturité physiologique, définie par l'arrêt de l'accumulation nette d'eau et de sucres solubles. Contrairement aux approches classiques de caractérisation à l'échelle de la population, fondées sur l'analyse d'un mélange de plusieurs baies pouvant se trouver à différents stades de développement et états métaboliques, la caractérisation à l'échelle de la baie individuelle permettra de mieux prendre en compte l'hétérogénéité biologique entre baies (Shahood et al., 2020) et de comparer, entre génotypes précoces et tardifs, la dynamique des rapports sucres/acides et d'accumulation des anthocyanes. Une banque d'échantillons sera également constituée pour des analyses des cations majoritaires, éléments déterminants avec les acides organiques la sensation d'acidité (pH).

Le phénotypage à haute résolution temporelle à l'échelle de la baie individuelle de ce panel contrasté, issu d'une collection de diversité unique, fournira ainsi des données originales sur la diversité des trajectoires de développement et de maturation du fruit. A terme, l'identification de caractères associés à ces différentes trajectoires pourra contribuer à définir de nouvelles cibles de sélection pour des variétés mieux adaptés aux contraintes climatiques, à différents usages du raisin (cuve, table et jus), aussi bien dans les régions viticoles traditionnelles que dans les régions émergentes.

Publications de l'équipe d'accueil et/ou relative au sujet (et/ou au projet dans lequel s'insère le stage) :

Bigard A, **Wilhelm de Almeida L**, Berhe D, Wu D, Ojeda H, **Pellegrino A**, Romieu C, **Torregrosa L**. 2025. The LowSugarBerry trait phenotyped at single fruit and population levels, BMC Research Notes, <https://doi.org/10.1186/s13104-025-07289-x>

Wilhelm de Almeida L, Ojeda H, **Pellegrino A**, **Torregrosa L**. 2024. Carbon trade-offs in the fruits of fungus-tolerant Muscadinia x Vitis hybrids exposed to water deficit, Plant Physiology and Biochemistry, <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108774>

WU D., **Wilhelm de Almeida L.**, Romieu C., **Pellegrino A.**, **Torregrosa L**. 2026. Partial decoupling of solutes accumulation and berry growth in LowSugarBerry grapevines. In : International Symposium on Advances in Grapevine Genetics and Physiology: Innovation and Adaptation for the Next-Generation Resilient Viticulture, 32nd International Horticultural Congress, Kyoto – Japan. Gabaston, J.,

Leborgne, C., Valls, J., Renouf, E., Richard, T., Waffo-Tégou, P., & Merillon, J.-M. 2018. Subcritical water extraction of stilbenes from grapevine by-products : A new green chemistry approach. Industrial Crops and Products, 126, 272. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.020>

Gabaston, J., **Leborgne, C.**, Waffo-Tégou, P., Pedrot, E., Richard, T., Mérillon, J.-M., & Valls Fonayet, J. 2020. Separation and isolation of major polyphenols from maritime pine (Pinus pinaster) knots by two-step centrifugal partition chromatography monitored by LC-MS and NMR spectroscopy. Journal of Separation Science, 43(6), 1080-1088. <https://doi.org/10.1002/jssc.201901066>

Leborgne, C., Lambert, M., Ducasse, M.-A., Meudec, E., Verbaere, A., Sommerer, N., Boulet, J.-C., Masson, G., Mouret, J.-R., & Cheynier, V. (2022). Elucidating the Color of Rosé Wines Using Polyphenol-Targeted Metabolomics. Molecules, 27(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/molecules27041359>

Leborgne, C., Meudec, E., Sommerer, N., Masson, G., Mouret, J.-R., & Cheynier, V. (2023). Untargeted Metabolomics Approach Using UHPLC-HRMS to Unravel the Impact of Fermentation on Color and Phenolic Composition of Rosé Wines. Molecules, 28(15), 5748. <https://doi.org/10.3390/molecules28155748>

ACTIVITES DOMINANTES CONFIEES AU STAGIAIRE :

- Le/la stagiaire aura la charge du suivi du développement des baies de 12 génotypes de vigne, présentant des précocités contrastées (6 précoces et 6 tardifs), depuis les stades verts jusqu'à la maturité des raisins
- Des prise d'image et prélèvements hebdomadaires de baies et leur phénotypage individuel : poids frais, nombre et poids des pépins, préparation des échantillons pour les analyses biochimiques
- Participer aux analyses par UHPLC-DAD-RI afin de suivre la dynamique des principaux métabolites de la baie (glucose, fructose, malate, tartrate, et anthocyanes) et les cations majoritaires.
- Analyse et traitement des données, afin de caractériser les trajectoires de développement et de maturation des différents génotypes et d'identifier les principales étapes physiologiques du développement de la baie
- Interagir avec les techniciens et chercheurs des unités impliquées dans le projet et participer aux différentes étapes allant de l'expérimentation à l'interprétation des résultats

PROFIL REQUIS :

- Dernière année de Formation Supérieure BAC + 5
- Connaissances : connaissances en biochimie, physiologie du fruit et/ou écophysiologie végétale ; connaissances en statistiques et en analyse de données sous R appréciées
- Compétences opérationnelles : forte motivation pour le travail expérimental en laboratoire, la préparation et l'analyse d'échantillons biologiques ainsi que pour l'analyse de données. Rigueur, autonomie et capacité d'organisation nécessaires pour le suivi d'un dispositif expérimental avec des prélèvements réguliers
- Langues : Français ou Anglais
- Permis de conduire (le cas échéant) : NA

INDEMNISATION (SUR BUDGET INRAE-GIS FRUITS) :

Selon la réglementation en vigueur pour 2027 (environ 680 €/mois)

AVANTAGES PROPOSES (le cas échéant) :

- logement : possibilité de logement sur place pour les étudiants (tarif à préciser)
- restauration : subvention INRAE pour les repas midi (cantine sur site)
- déplacements : NA

CONTACT MAITRE DE STAGE INRAE :

(1) Maître de stage INRAE (obligatoire)

Nom et fonction du responsable à contacter : Cécile Leborgne, Ingénieur de Recherche

Adresse : INRAE Domaine de Pech-Rouge 11430 GRUISSAN

Tél. :

Site web (équipe et/ou projet) : <https://pechrouge.montpellier.hub.inrae.fr/>

Mail : cecile.leborgne@inrae.fr

Chervin C. 2020. Should Starch Metabolism Be a Key Point of the Climacteric vs. Non-climacteric Fruit Definition? *Frontiers in Plant Science* 11:609189. doi:10.3389/fpls.2020.609189.

Wilhelm de Almeida L, Torregrosa L, Dournes G, Pellegrino A, Ojeda H, Roland A. 2023. New Fungus-Resistant Grapevine *Vitis* and *V. vinifera* L. × *M. rotundifolia* Derivative Hybrids Display a Drought-Independent Response in Thiol Precursor Levels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* doi : 10.1021/acs.jafc.2c08595

Daviet B, Fournier C, Cabrera-Bosquet L, Simonneau T, Cafier M, Romieu C. 2023. Ripening dynamics revisited: an automated method to track the development of asynchronous berries on time-lapse images. *Plant Methods* 19:1 doi: 10.1186/s13007-023-01125-8

Bigard A, Berhe DT, Maoddi E, et al. 2018. *Vitis vinifera* L. Fruit Diversity to Breed Varieties Anticipating Climate Changes. *Frontiers in Plant Science* 9:455. doi:10.3389/fpls.2018.00455.

Bigard A, Romieu C, Ojeda H, Torregrosa L. 2022. The sugarless grape trait characterised by single berry phenotyping. *OenoOne* 56:3. Doi: [10.20870/oeno-one.2022.56.3.5495](https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5495)

Shahood R, Torregrosa L, Savoi S, Romieu C. 2020. First quantitative assessment of growth, sugar accumulation and malate breakdown in a single ripening berry. *OenoOne* 54:4. doi: [10.20870/oeno-one.2020.54.4.3787](https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.3787)

Lu L, Delrot S, Liang Z. 2024. From acidity to sweetness: a comprehensive review of carbon accumulation in grape berries. *Molecular Horticulture* 4:22. doi:10.1186/s43897-024-00100-8.

Rienth M, Torregrosa L, Sarah G, Ardisson M, Brillouet JM, Romieu C. 2016. Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome. *BMC Plant Biology* 16:164. doi:10.1186/s12870-016-0850-0.

Suter B, Destrac-Irvine A, Gowdy M, Dai Z, van Leeuwen C. 2021. Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Frontiers in Plant Science* 12:624867. doi:10.3389/fpls.2021.624867.

Van Leeuwen C, Destrac-Irvine A. 2017. Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *OENO One* 51:147–154. doi:10.20870/OENO-ONE.2017.51.2.1647.

Nicolas SD, Péros J-P, Lacombe T, Launay A, Le Paslier M-C, Bérard A, Mangin B, Valière S, Martins F, Le Cunff L, et al. 2016. Genetic diversity, linkage disequilibrium and power of a large grapevine (*Vitis vinifera* L.) diversity panel newly designed for association studies. *BMC Plant Biology* 16:74. doi:10.1186/s12870-016-0754-z