

# Analyse de la diversité et du fonctionnement du génome de la vigne

**D**ans un monde en constante évolution, la viticulture doit faire face à de nombreux défis :

- les changements climatiques, avec l'augmentation des températures et/ou la réduction des précipitations, qui impactent directement la qualité des vins ;
- l'évolution des goûts des consommateurs, nécessitant une évolution de l'offre ;
- l'intérêt croissant porté par la société à l'environnement, induisant une réduction importante de l'utilisation des produits phytosanitaires ;
- la nécessaire diversification de l'offre des produits de la vigne et du vin pour faire face, notamment, à la concurrence internationale.

Dans ce contexte, disposer de ressources génétiques très diversifiées apparaît aujourd'hui comme un atout essentiel. À ce titre, la communauté scientifique d'Agropolis International est en charge de la plus grande collection au monde de ressources génétiques (Domaine de Vassal). Avec ses 7 800 accessions (ou introductions), ce trésor, unique, est maintenu, caractérisé et distribué au service de l'ensemble de la communauté scientifique et de la filière vitivinicole.

De même, une meilleure connaissance de la diversité de la vigne et du fonctionnement de son génome est fondamentale. La vigne est la quatrième espèce végétale dont le génome a été décrypté. Une variété homozygote a tout d'abord été séquencée par un consortium franco-italien\* — projet auquel les équipes montpelliéraines ont contribué —, puis ce fut le cas de la variété Pinot noir, très hétérozygote, par une équipe italienne\*\*.

Disposer de l'enchaînement complet des bases constituant la quasi-totalité du génome de la vigne a notamment permis, par analyse automatique, d'identifier et de positionner une grande partie des gènes de la vigne. Grâce à ce formidable outil, des avancées majeures ont été réalisées vers la compréhension de certains caractères d'intérêt agronomique comme la couleur de la pellicule des raisins par exemple.

Cependant, la connaissance complète de l'ensemble des gènes, de la diversité du génome et de son fonctionnement est encore un objectif à moyen terme. À cette fin, les équipes de la communauté scientifique de Montpellier travaillant sur la vigne et le vin mènent des travaux permettant une meilleure compréhension de :

- la diversité génétique de la vigne, en particulier pour les caractères d'adaptation et de qualité, ce qui nécessite notamment le recours à des plateformes de phénotypage haut débit ;

- l'évolution de la principale espèce cultivée de vigne dans le monde (*Vitis vinifera*), depuis sa domestication jusqu'à nos jours notamment au travers des nombreux croisements naturels ou dirigés qui ont conduit aux cépages d'aujourd'hui. Des études d'archéo-botanique sont également conduites pour comprendre les étapes les plus anciennes ;
- les relations entre *Vitis vinifera* et les différentes espèces apparentées du genre *Vitis* porteuses de gènes favorables, tels que des gènes de résistance ou de tolérance à certains parasites, mais qui sont aussi à l'origine de défauts importants notamment au niveau organoleptique.

Ces travaux permettent de comprendre l'histoire de la diversité de la vigne depuis les origines de la viticulture jusqu'aux cépages d'aujourd'hui, mais aussi de mieux utiliser les ressources génétiques pour la création variétale.

Par ailleurs, l'identification des zones du génome de la vigne — voire des gènes — impliqués dans le contrôle des caractères d'intérêt agronomique permet une meilleure orientation des croisements à réaliser pour créer les variétés de demain, et aide les sélectionneurs à accélérer les schémas de sélection de la vigne pour être plus réactifs aux demandes des professionnels.

Enfin, une meilleure compréhension des voies de biosynthèse des principaux composés primaires et secondaires de la baie de raisin et des voies de signalisation permet d'expliquer les effets des pratiques culturales sur la santé de la vigne et la qualité du vin et de comprendre les effets du changement climatique et de différents stress biotiques et abiotiques au niveau de l'expression des gènes et de la régulation des voies métaboliques.

Ce chapitre présente les unités de recherche et technologiques de la communauté d'Agropolis International impliquées dans ces thématiques. Il présente aussi la collection de vigne du Domaine de Vassal et la plateforme de phénotypage dont les travaux portent sur la réponse à la sécheresse ainsi que plusieurs exemples illustratifs des travaux en cours dans ces unités.

**Patrice This (UMR AGAP)**

\* Jaillon *et al.*, 2007  
\*\* Velasco *et al.*, 2007

# Analyse de la diversité et du fonctionnement du génome de la vigne

## Création variétale : de la diversité génétique jusqu'à la production de vignes résistantes aux maladies et adaptées aux changements environnementaux

Les équipes principales
<p><b>UMRAGAP</b>  <b>Amélioration génétique et adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales</b>                      (Cirad/Inra/Montpellier SupAgro)                      250 scientifiques dont 14 impliqués dans la thématique (équipe « Diversité, adaptation et amélioration de la vigne »)</p>
<p><b>UMR B&amp;PMP</b>  <b>Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes</b>                      (Inra/CNRS/Montpellier SupAgro/UM)                      80 scientifiques                      dont 8 impliqués dans la thématique</p>
<p><b>UMR ISEM</b>  <b>Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier</b>                      (UM/CNRS/EPHE/IRD)                      166 scientifiques                      dont 8 impliqués dans la thématique</p>
<p><b>UMT Géno-Vigne®</b>  <b>Valorisation des ressources génétiques de la vigne en France</b>                      (IFV/Inra/Montpellier SupAgro)                      23 scientifiques</p>
<p><b>Unité expérimentale du Domaine de Vassal</b>                      (Inra)                      8 ingénieurs et techniciens</p>
Autres équipes concernées par ce thème
<p><b>UMR LEPSE</b>  <b>Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux</b>                      (Inra/Montpellier SupAgro)                      15 scientifiques                      dont 5 impliqués dans la thématique</p>
<p><b>UMR SPO</b>  <b>Sciences pour l'œnologie</b>                      (Inra/Montpellier SupAgro/UM)                      45 scientifiques</p>
<p><b>Unité expérimentale du Domaine du Chapitre</b>                      (Montpellier SupAgro/Inra)                      7 ingénieurs et techniciens</p>

Le fort impact de la viticulture sur l'environnement lié à l'usage de produits phytosanitaires, le lien étroit avec les sociétés humaines au travers de la notion de terroir et la fréquente localisation périurbaine et les risques potentiels du changement climatique sur la qualité des vins, nécessitent une adaptation de la viticulture. Une réponse à moyen terme est la diffusion de nouvelles variétés de vigne résistantes aux maladies et mieux adaptées à un environnement en changement tout en conservant un excellent niveau qualitatif.

Dans ce contexte, l'équipe *Diversité, adaptation et amélioration de la vigne* (DAAV) de l'unité mixte de recherche *Amélioration génétique et adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales* (UMR AGAP - Cirad, Inra, Montpellier SupAgro) a pour objectif de créer des variétés de vigne à la fois plus résistantes aux maladies, mieux adaptées aux changements climatiques et de qualité élevée. Ses recherches se décomposent en trois axes :

- étude de la diversité et de l'évolution de la vigne et des espèces apparentées ;
- identification des bases génétiques et moléculaires des caractères d'intérêt et de l'adaptation ;
- intégration de ces informations pour la prédiction des caractères et l'innovation variétale.

Ses travaux mobilisent des connaissances issues de plusieurs disciplines — ampélographie,

génétique des populations, génétique quantitative, physiologie, phytopathologie — ainsi que des compétences méthodologiques telles que la biologie moléculaire, la modélisation statistique et l'algorithmique. Dans sa démarche de recherche finalisée, l'UMR a constitué l'unité mixte technologique (UMT) Géno-Vigne® (cf. p. 14) en partenariat avec l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), ce qui lui permet d'interagir avec les professionnels de la filière.

L'équipe DAAV participe activement à la gestion de la plus grande collection mondiale de ressources génétiques de la vigne du Domaine de Vassal (cf. p. 17) et dispose de ressources techniques et d'équipements (parcelles expérimentales, serres, chambres de culture). Elle maîtrise également la technique de production de « vignes naines ». L'équipe bénéficie d'un accès privilégié à un plateau de génotypage haut-débit ainsi qu'aux serveurs de calcul des plateformes *SouthGreen\** de l'UMR AGAP et de l'unité de recherche Génomique Info (URGI, Inra Versailles). Certaines de ces données sont mises à disposition dans les bases de données en ligne SNIPlay\*\*, VitPhe\*\*\* et GnpIS.

\* La plateforme South Green est un réseau créé pour permettre l'accès à des méthodes innovantes et des ressources de calcul dédiées à la génomique et l'amélioration des plantes d'intérêt agronomique : [www.southgreen.fr](http://www.southgreen.fr)

\*\* SNIPlay : application Web d'analyse et d'exploitation de données de polymorphismes SNP, <http://sniplay.cirad.fr>

\*\*\* VitPhe : système d'information dédié à l'archivage, la consultation et le traitement de données expérimentales issues de différents projets et récoltées sur des dispositifs variés (champ, serre et laboratoire), <http://bioweb.supagro.inra.fr/vitphe/public/>

## Analyser l'ADN pour mieux connaître l'histoire des cépages

L'apport du marquage moléculaire appliqué à l'étude des cépages a été majeur, notamment à partir des années 1990 avec l'utilisation des microsatellites (ou SSR, *simple sequence repeats*).

Les connaissances acquises grâce à ces outils moléculaires concernent trois thèmes relatifs à l'histoire des cépages : leur identification, leur généalogie et la structuration géographique de leur diversité.

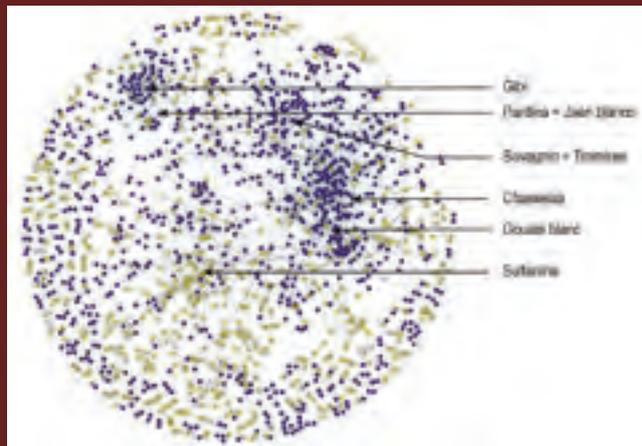
L'identification des cépages a grandement bénéficié de la démocratisation des marqueurs moléculaires, en appui des techniques ampélographiques classiques. De nombreuses études locales, nationales et internationales ont permis de confirmer ou de découvrir des synonymes et homonymes dans les dénominations variétales et ainsi de mieux connaître les aires de diffusion actuelles et passées de certains cépages « voyageurs ». Ces synonymes sont aujourd'hui regroupés dans plusieurs bases de données libres d'accès sur le web.

Les études généalogiques ont débuté dès 1993. Depuis cette date, plusieurs études sont parvenues à confirmer, ou infirmer, les données de croisements fournies par les hybrideurs, mais surtout à révéler le pedigree de variétés traditionnelles beaucoup plus anciennes. C'est ainsi que les parents de cépages fameux ont été révélés : Chardonnay, Merlot, Syrah, etc. Ces résultats ont mis l'accent sur certains géniteurs majeurs dans le passé mais qui ont disparu des vignobles actuels (Gouais blanc, Magdeleine noire des Charentes, Mondeuse blanche, etc.).

Les études de diversité, qu'elles aient été conduites à des échelles locales, nationales ou internationales, ont, quant à elles, permis de mieux comprendre l'origine géographique des cépages, au-delà de

leur origine généalogique directe. Elles aboutissent à la proposition de plusieurs groupes de diversité, dont certains n'avaient pas été suspectés sur la base des études morphologiques comparatives. Le positionnement des cépages dans ces groupes de diversité à différentes échelles a permis de préciser leur possible origine géographique ainsi que leurs trajets historiques.

**Contacts : Thierry Lacombe, [lacombe@supagro.inra.fr](mailto:lacombe@supagro.inra.fr)  
Jean-Michel Boursiquot, [jean-michel.boursiquot@supagro.fr](mailto:jean-michel.boursiquot@supagro.fr)**



▲ Réseau représentant les demi-parentés mises en évidence au sein des 344 cépages de la collection du Domaine de Vassal sur la base de 20 marqueurs microsatellites

Les variétés de cuve sont représentées en bleu, les variétés de table en jaune et les variétés à double usage en vert, les traits noirs symbolisent les apparentements.

© T. Lacombe, J.-M. Boursiquot, V. Laucou, M. Di Vecchi-Stara, J.-P. Peres, P. This

◀ Plant de microvigne (vigne naine) avec des inflorescences à différents stades de développement le long de la tige principale

© L. Torregrosa/UMR AGAP, équipe DAAV

## Identification des bases génétiques de la qualité et de l'adaptation

Afin de découvrir les régions du génome et, si possible, les gènes, impliqués dans la variation des caractères d'intérêt, l'UMR AGAP recherche, dans différentes populations, des associations statistiques entre la variabilité génotypique de nombreux marqueurs répartis sur tout le génome (polymorphisme de l'ADN) et la variabilité phénotypique de caractères mesurés sur les plantes. Ces populations peuvent être issues de croisements isolés ou connectés entre eux (avec des parents communs, cas du diallèle), ce qui permet de comparer les résultats dans différents fonds génétiques. L'UMR utilise également des échantillons de variétés non apparentées, qui permettent d'explorer de façon plus rapide et plus exhaustive la variabilité disponible (génétique d'association). Les plantes sont cultivées au champ ou en pots pour faciliter l'étude des bases génétiques de l'adaptation aux stress hydrique et thermique. En particulier, l'étude d'une descendance naine à cycle court (microvignes, cf. photo ci-contre) a permis de cultiver une population entière en chambre de culture sous deux régimes de température contrastés et, ainsi, de trouver de nouvelles régions du génome impliquées dans la variation de la taille et de la concentration en acides des baies pour une large gamme de températures. De nombreux gènes étant présents dans ces régions, un tri est nécessaire, basé sur les profils d'expression et de variabilité de ces gènes. Lorsqu'un gène s'avère être un candidat très probable pour expliquer la variabilité du caractère, on peut tenter de valider son effet sur le caractère par génomique fonctionnelle.

**Contacts : Agnès Doligez, [agnes.doligez@supagro.inra.fr](mailto:agnes.doligez@supagro.inra.fr)  
Laurent Torregrosa, [laurent.torregrosa@supagro.fr](mailto:laurent.torregrosa@supagro.fr)  
Charles Romieu, [charles.romieu@supagro.inra.fr](mailto:charles.romieu@supagro.inra.fr)**



## Les plateformes de phénotypage pour l'analyse automatisée de la tolérance à la sécheresse sur de grandes populations de plantes

▲ *Plateforme de phénotypage du LEPSE* © T. Simonneau

Les plateformes de phénotypage (*Montpellier Plant Phenotyping Platforms*) développées au LEPSE (cf. p. 22) permettent de comparer des centaines de génotypes de vigne en pots en situation de sécheresse. Il s'agit d'un des rares équipements de ce type au monde qui permette le contrôle robotisé du dessèchement du sol pour chacune des plantes (jusqu'à 1680) installées dans les plateformes en serre. La croissance et la transpiration de chaque plante sont analysées automatiquement par pesée individuelle des pots et par analyse d'image.

De 2012 à 2014, trois expérimentations ont été réalisées sur un croisement entre deux des cépages emblématiques du Sud de la France : le Syrah et le Grenache. Les résultats obtenus en collaboration avec l'UMR AGAP ont conduit à repérer de nombreuses régions du génome impliquées dans le maintien de la croissance ou dans l'économie d'eau par les plantes en situation de sécheresse. Ces travaux peuvent déboucher soit sur le simple repérage des cépages les mieux adaptés à des scénarios climatiques actuels ou à venir, soit sur la sélection assistée par marqueurs de nouveaux cépages.

**Contact :**

**Thierry Simonneau**, [thierry.simonneau@supagro.inra.fr](mailto:thierry.simonneau@supagro.inra.fr)

Pour plus d'informations : [www6.inra.fr/agadapt/Water-reuse/State-of-the-art](http://www6.inra.fr/agadapt/Water-reuse/State-of-the-art)

## Biosynthèse de flavonoïdes chez la vigne

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires essentiels pour la qualité des aliments d'origine végétale et bénéfiques pour la santé. Ils sont utilisés par l'industrie, notamment pour leurs propriétés colorantes, anti-oxydantes et nutritionnelles.

Les flavonoïdes majoritaires du raisin sont :

- les anthocyanes, molécules colorantes des cépages et des vins rouges ;
- les tanins condensés, impliqués dans l'astringence et la stabilisation de la couleur.

Si les grandes étapes de leur biosynthèse chez le raisin et, plus généralement, chez les plantes, sont désormais connues, d'autres étapes restent pour l'instant assez peu documentées. Un des objectifs du groupe « Biosynthèse et Composition en Polyphénols et Polysaccharides » de l'UMR SPO (cf. p. 30) est d'identifier :

- les mécanismes moléculaires impliqués dans certaines étapes finales de la biosynthèse des flavonoïdes — notamment les méthylations, acylations et polymérisations qui modifient les propriétés de ces molécules ;
- les processus de transport et de stockage de ces composés dans la cellule ;
- les facteurs contrôlant leur teneur et leur composition dans la baie de raisin.

La recherche de nouveaux gènes s'effectue par des approches couplées de :

- métabolomique : analyse de la composition en flavonoïdes de tissus, cultivars à différents stades de développement ;
- transcriptomique : mesure de la variation d'expression des gènes entre échantillons présentant une teneur contrastée en flavonoïdes ;
- génétique (avec l'UMR AGAP) : identification des régions du génome contrôlant la composition en flavonoïdes.

Plusieurs nouveaux gènes ont ainsi été identifiés. Leur caractérisation a démontré leur rôle dans la régulation de ces voies de biosynthèse, la méthylation et le transport des anthocyanes ou l'acylation des tanins.

La compréhension de ces mécanismes permettra de mieux appréhender la synthèse de ces composés par la plante en fonction des variations de l'environnement et, notamment, en lien avec le changement climatique (température, lumière, sécheresse). À l'avenir, ces gènes pourront également servir de marqueurs dans les programmes de création variétale.

**Contact :**

**Nancy Terrier**, [terrier@supagro.inra.fr](mailto:terrier@supagro.inra.fr)

Pour plus d'informations : [www6.montpellier.inra.fr/spo/Recherche/BCP2](http://www6.montpellier.inra.fr/spo/Recherche/BCP2)



▲ *Caractérisation d'un gène de méthylation des anthocyanes*

De gauche à droite :

1. Extrait de feuille sans anthocyanes.
2. Extrait de feuille contenant des anthocyanes.
3. Extrait de feuille contenant des anthocyanes méthylées grâce à l'activité du gène étudié (la méthylation des anthocyanes intensifie leur couleur).

© A. Ageorges/UMR SPO-Inra

## Contrôler l'accumulation de potassium dans la baie de raisin pour maintenir l'acidité du vin

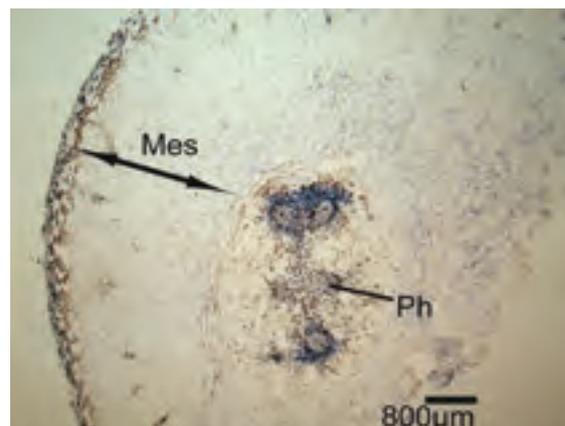
L'UMR en biologie intégrative *Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes* (B&PMP - Inra, CNRS, Montpellier SupAgro, UM) se consacre à l'étude des mécanismes qui gouvernent le statut hydrominéral des plantes, dans des conditions abiotiques contrastées en intégrant des recherches s'appuyant sur des disciplines telles que la biochimie, la biologie moléculaire et cellulaire, la physiologie, la biophysique et la génétique. Elle est mondialement connue pour ses études sur les activités de transport des cellules végétales (canaux et transporteurs membranaires) effectuées principalement sur la plante modèle *Arabidopsis*. L'équipe KaliPHruit de B&PMP utilise ces connaissances acquises sur le transport du  $K^+$  chez la plante modèle pour analyser l'accumulation de cet ion dans la baie de raisin et son impact sur l'acidité du fruit.

Chez la vigne, depuis une vingtaine d'années et en relation avec le réchauffement climatique, les teneurs en potassium de la baie de raisin ne cessent d'augmenter. Or, lorsque

la concentration de  $K^+$  dans la baie devient excessive, cet ion se combine avec un des acides majoritaires du raisin, l'acide tartrique, pour former du bitartrate de potassium, largement insoluble, qui précipite. Il s'ensuit une augmentation du rapport malate/tartrate et du pH de la baie, et donc une alcalinisation des moûts. Ce phénomène altère fortement la qualité du raisin et du moût, car c'est l'acidité qui permet aux arômes de s'exprimer durant la vinification. Les vins obtenus possèdent alors de faibles qualités organoleptiques et peu de potentiel de vieillissement. Acquérir une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans l'accumulation du  $K^+$  dans la baie de raisin au cours de son développement et sous contrainte abiotique devrait permettre à terme l'identification de marqueurs originaux et pertinents pouvant être utilisés dans des programmes de sélection par les généticiens.

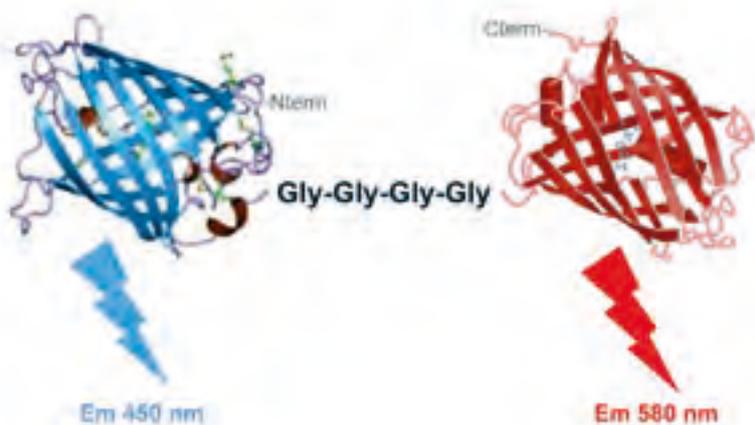
L'UMR B&PMP possède toutes les capacités scientifiques pour analyser les mécanismes physiologiques et génétiques impliqués dans l'accumulation accrue du  $K^+$  dans la baie et ses conséquences dans la détérioration de l'acidité du fruit. Afin de mener à terme ce travail, l'unité a

établi des collaborations fortes avec l'équipe Efficience de transpiration et adaptation des plantes aux climats secs du Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux (LEPSE, cf. p. 22) qui dispose d'installations permettant de cultiver cette espèce dans des conditions rigoureusement contrôlées, ainsi qu'avec l'équipe DAAV de l'UMR AGAP (cf. p. 10) dont la mission est de contribuer à la création de nouvelles variétés de vigne répondant aux enjeux d'une viticulture durable.



▲ Localisation d'un canal  $K^+$  par hybridation in situ dans le mésocarpe (cellules de la pulpe) de la baie de raisin

Mes : mésocarpe (pulpe de raisin) - Ph : phloème  
© I. Gaillard/BPMP et T. Cuéllar/Cirad



### ▲ Senseur ratiométrique formé par un tandem de deux protéines fluorescentes de faible pK

Ce senseur est compatible avec la mesure de pH dans la vacuole de baie de raisin en cours de maturation. © N. Paris/B&PMP

par génie génétique, permettront une mesure de pH par imagerie à l'échelle cellulaire et subcellulaire (résolution optimale 250 nm) et de manière non invasive, contrairement aux microélectrodes à protons. Les senseurs actuels ont un pK proche de 6, ce qui les rend inutilisables pour les pH vacuolaires, surtout dans la baie de raisin où le pH peut descendre en dessous de 3 selon les cépages. L'équipe KaliPHruit de l'UMR B&PMP a donc développé une nouvelle génération de senseurs basée sur un tandem de protéines fluorescentes de faible pK : une protéine fluorescente bleue liée par quelques résidus glycine à une protéine fluorescente rouge. Les émissions de fluorescence des deux protéines sont récoltées et le pH est déduit du ratio de fluorescence, ratio lui-même calibré *in vitro* avec une gamme de tampons.

Les deux premiers senseurs obtenus ont été exprimés en système bactérien et analysés par spectrométrie. Ils seront par la suite fusionnés à des signaux d'adressage permettant leur accumulation dans la vacuole puis exprimés dans les baies de raisin. La mesure du pH se fera par observation en microscopie confocale et par calcul du ratio de fluorescence des deux protéines.

#### Contact :

Nadine Paris, [nadine.paris@supagro.inra.fr](mailto:nadine.paris@supagro.inra.fr)

Pour plus d'informations : [www.l.montpellier.inra.fr/ibip/bpmp/equipes/kaliphruit.htm](http://www.l.montpellier.inra.fr/ibip/bpmp/equipes/kaliphruit.htm)

## Des sondes fluorescentes ratiométriques pour une mesure non invasive de pH acides dans la baie de raisin

L'acidité du raisin à la vendange est un des critères essentiels pour l'obtention d'un bon vin. Une acidité trop faible donne des vins alcoolés, plus ou moins sucrés et assez tanniques car c'est l'acidité du vin, aussi appelée « fraîcheur » en œnologie, qui permet aux arômes et aux saveurs du raisin de s'exprimer. Le réchauffement climatique a pour conséquence d'augmenter le pH dans la vacuole des cellules de la baie de raisin.

Dans le cadre du projet SweetKaliGrape financé par l'ANR (2015-2018), l'acidité de la baie de raisin au cours de sa maturation sera analysée et corrélée avec les processus d'accumulation du potassium et du sucre. Des sondes ratiométriques fluorescentes, exprimées dans la baie de raisin

## Valorisation des ressources génétiques de la vigne en France

L'UMT *Géno-Vigne*<sup>®</sup> (Inra, Montpellier SupAgro, IFV) a été labellisée en 2008 par la Direction générale de l'enseignement et de la recherche du ministère chargé de l'Agriculture. Les unités mixtes technologiques (UMT) permettent d'assurer l'interface entre la recherche et le développement et de conduire en commun un programme à vocation nationale de recherche et développement. Elles associent, autour d'un projet commun, un institut technique qualifié et un organisme de recherche public ou un établissement d'enseignement supérieur. Le projet de l'UMT *Géno-Vigne*<sup>®</sup> associe ainsi le Pôle National Matériel Végétal de l'IFV, l'UMR AGAP, les Domaines de Vassal et du Chapitre. Les UMR Écophysiologie et génomique fonctionnelle de la vigne (Inra Bordeaux) et Santé de la Vigne et Qualité du Vin (Inra Colmar), l'UE de Pech Rouge ainsi que l'UMT Qualinnov sont désormais associées à *Géno-Vigne*<sup>®</sup>.

L'UMT *Géno-Vigne*<sup>®</sup> a pour vocation d'optimiser la gestion, la conservation et la valorisation des ressources génétiques de la vigne en France, au profit de la filière vitivinicole. Elle est orientée vers l'innovation variétale, depuis la caractérisation des ressources génétiques de la vigne,

le développement de technologies et leur transfert, la mise en place d'essais de matériel innovant, jusqu'à l'obtention de nouvelles variétés inscrites au catalogue national.

Ses objectifs prioritaires sont les suivants :

- ❶ Affiner la gestion des ressources génétiques et développer des méthodes alternatives de conservation à travers un plan d'action intégré pour la gestion des ressources génétiques de la vigne au niveau national (UE du Domaine de Vassal, IFV et partenaires du réseau), la certification ISO 9001/2008 (qui spécifie les exigences relatives au système de management de la qualité), la caractérisation sanitaire et l'assainissement des ressources génétiques ainsi que le marquage moléculaire (identification variétale et polymorphisme clonal).
- ❷ Améliorer la caractérisation sanitaire et phénotypique des ressources génétiques et valoriser les ressources génétiques disponibles (variétés et clones) : phénotypage de ressources génétiques et développement d'outils de phénotypage à débit augmenté, test d'approches de génotypage plus efficaces, évaluation des méthodologies d'identification des bases génétiques du polymorphisme.
- ❸ Proposer du matériel performant

pour répondre aux exigences de diminution des intrants phytosanitaires et pour affronter les changements climatiques : développement de géniteurs élités présentant des résistances oligogéniques\* aux maladies cryptogamiques de la vigne (mildiou, oïdium) ainsi que de populations de *pre-breeding*\*\* , définition d'idéotypes\*\*\* pour la filière, création variétale et sélection assistée par marqueurs moléculaires afin d'associer typicité régionale et résistance aux maladies, évaluation des génotypes sélectionnés au champ, valorisation de nouveaux clones, de variétés anciennes ou étrangères, mise en place d'expérimentations multi-sites, innovation et modes de conduite innovants.

- ❹ Faciliter l'accès à l'information et au savoir en développant des outils d'aide à la reconnaissance des cépages et en soutenant des actions de formation.

L'unité bénéficie des infrastructures et des moyens de ses membres (domaines expérimentaux, laboratoires, collections, centre de documentation, serres, halle de vinification, appareillage, etc.).

\* Résistances déterminées par un nombre restreint de gènes

\*\* Populations destinées à être utilisées ultérieurement dans des programmes de création variétale

\*\*\* Nouvelles variétés sélectionnées pour leur capacité à profiter de manière optimale d'un environnement donné et répondant à un cahier des charges approuvé

▼ *Vue du Domaine de l'Espiguette*<sup>®</sup> IFV





▲ *Sélectionneur castrant toutes les fleurs d'une grappe de vigne* © T. Flutre

## Création variétale : des vignes résistantes au mildiou et à l'oïdium

Un des enjeux actuels majeurs de la viticulture consiste en une production respectueuse de l'environnement dans un contexte de changement climatique. La création variétale peut contribuer à donner des réponses en s'appuyant sur les attentes de la profession et les connaissances scientifiques disponibles. Des discussions sont menées avec les professionnels des différents bassins viticoles pour ajouter aux défis globaux d'autres critères spécifiques à leur région. Cette étape concertée de « définition des idéotypes » permet le choix des géniteurs et des critères de sélection. Les croisements sont ensuite réalisés. Chaque pépin obtenu donnera une plante unique mais seules quelques-unes correspondront aux idéotypes définis.

La sélection des variétés candidates s'effectue en trois stades, le taux de sélection par stade étant de 5%. Le premier stade comprend deux étapes, une sélection utilisant des marqueurs génétiques (séquences d'ADN permettant de repérer les individus porteurs de certains caractères souhaités) et une sélection en

serre (3 à 4 ans, permettant l'obtention de matériel pour la multiplication). Le deuxième stade comprend un passage au champ sur 5 à 10 cep pour des observations liées aux pratiques viticoles et pour la réalisation de micro-vinifications (~6 ans). Le dernier stade correspond à une sélection sur deux sites avec 90 cep et des témoins et permet de collecter les données nécessaires pour une inscription au catalogue (~6 ans).

Actuellement, différents programmes de sélection, en partenariat avec l'UMR *Santé de la Vigne et Qualité du Vin* (Inra Colmar), sont en cours afin d'obtenir des variétés de vigne résistantes au mildiou et à l'oïdium et, ainsi, réduire l'utilisation des produits phytosanitaires pour des productions diversifiées (Champagne, Cognac, Bordeaux, vins rosés, raisins de table). De plus, des études sont menées dans l'UMT *Géno-Vigne*<sup>®</sup>, avec l'UMR AGAP, pour réduire le temps de sélection en remplaçant le stade 2 via l'utilisation de marqueurs génétiques couvrant tout le génome (la « sélection génomique »).

**Contacts :**  
Loïc Le Cunff, [loic.lecunff@vignevin.com](mailto:loic.lecunff@vignevin.com)  
Laurent Audeguin, [laurent.audeguin@vignevin.com](mailto:laurent.audeguin@vignevin.com)  
Timothée Flutre, [timothee.flutre@supagro.inra.fr](mailto:timothee.flutre@supagro.inra.fr)  
Patrice This, [patrice.this@supagro.inra.fr](mailto:patrice.this@supagro.inra.fr)

## Origines et biogéographie historique de la viticulture

L'UMR *Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier* (ISEM – UM, CNRS, EPHE, IRD) développe des recherches qui portent sur l'origine et la dynamique de la biodiversité ainsi que sur les modalités et les mécanismes de son évolution. Ses recherches concernent tout autant la biodiversité actuelle que passée et portent sur un large éventail d'organismes et de milieux. Elles allient approches de terrain, expérimentales et théoriques.

Au sein de l'institut, l'équipe *Dynamique de la biodiversité*,

*anthropo-écologie* s'intéresse à la biologie, à l'écologie et à l'histoire des interactions entre organismes, communautés d'organismes (principalement végétaux), paramètres environnementaux (sol et climat en particulier) et action de l'Homme.

À partir d'archives bioarchéologiques et en se fondant sur l'interaction entre outils de l'archéobotanique, de la morphométrie et de la génétique, l'équipe conduit des recherches sur la domestication et l'histoire biogéographique de la diversité de la vigne depuis les origines de la viticulture. Dans le cadre

de l'Observatoire de recherche méditerranéenne de l'environnement (OSU-OREME), l'équipe suit depuis plusieurs années l'état démographique, biologique, écologique et sanitaire de populations de vignes sauvages en Languedoc-Roussillon (France).

Ces recherches s'appuient sur des structures fédératives (OSU-OREME), des financements issus de programmes nationaux (Agence nationale de la recherche [ANR], coopérations...) et internationaux, sur des plateformes (archéobiologie, morphométrie, etc.) et sur des collaborations nationales et internationales.

## Archéobiologie de la vigne : aux origines romaines du vignoble languedocien

Le croisement de l'archéologie, de l'archéobotanique et de méthodes morphométriques fondées sur l'analyse d'images, permet une approche de la paléodiversité de la vigne cultivée et permet de la replacer dans son contexte chronologique, écologique, biogéographique, techno-économique et culturel.

L'archéologie préventive a révélé, ces dernières années, un grand nombre d'établissements viticoles gallo-romains et a ainsi permis de mieux comprendre l'histoire et le fonctionnement de la première viticulture spécialisée du Languedoc. Par la présence de puits, ces sites autorisent souvent la parfaite conservation de quantités de restes végétaux (bois, graines, feuilles et autres restes), témoins directs de l'environnement et de l'économie de ces établissements. La vigne tient une place centrale dans ces enregistrements.

L'application de méthodes morphométriques aux pépins et charbons de bois archéologiques permet de caractériser la diversité passée par la comparaison directe avec des modèles de référence établis sur la base de l'analyse de matériels actuels.

Ces études, menées par l'équipe *Dynamique de la biodiversité*, *anthropo-écologie* de l'ISEM, révèlent la grande diversité des vignes domestiques cultivées dans les établissements romains. Elles montrent que des vignes morphologiquement sauvages étaient systématiquement exploitées aux côtés des types domestiques, ce qui pose des questions sur l'histoire de la domestication, l'écologie, la distribution géographique, l'évolution et la paléoaquonomie de la vigne. Les résultats de ces recherches contribuent aux thématiques et aux expositions du Jardin Antique Méditerranéen (Balaruc-les-Bains, France)\*.

\* [www.thau-agglo.fr/vivre/la-culture/jardin-antique-mediterraneen](http://www.thau-agglo.fr/vivre/la-culture/jardin-antique-mediterraneen)

**Contacts :** Laurent Bouby, [laurent.bouby@univ-montp2.fr](mailto:laurent.bouby@univ-montp2.fr)  
Jean-Frédéric Terral, [terral@univ-montp2.fr](mailto:terral@univ-montp2.fr)

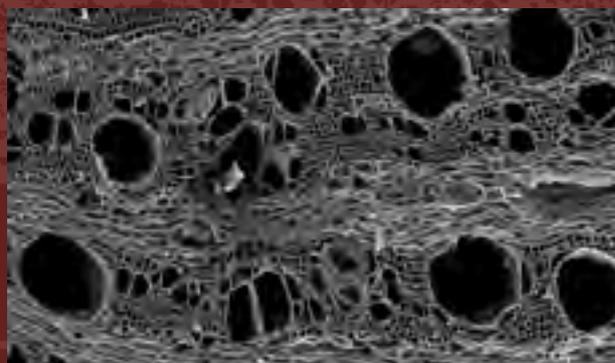


▲ Pépins de vigne (*Vitis vinifera*) gorgés d'eau provenant d'un puits (I<sup>er</sup>-III<sup>e</sup> s. AD) du site romain de la Lesse à Sauvian (Hérault) (fouilles Inrap, étude I. Figueiral)  
© S. Ivorra/CNRS-ISEM

► Charbon de bois de vigne (*Vitis vinifera*), coupe transversale, provenant d'un puits du site romain (I<sup>er</sup> s. AD) de Mont Ferrier, Tourbes (Hérault) (fouilles Inrap, étude I. Figueiral)  
© S. Ivorra/CNRS-ISEM



▲ Sarments de vigne (*Vitis vinifera*) gorgés d'eau provenant d'un puits du site romain des Terrasses de Montfau, à Magalas (Hérault) (fouilles Inrap, étude I. Figueiral) © S. Ivorra/CNRS-ISEM





▲ Une parcelle de la collection ampélographique du Domaine de Vassal © T. Lacombe

## Le Centre de ressources génétiques de la vigne de Vassal-Montpellier

La collection ampélographique de l'unité expérimentale du Domaine de Vassal (Inra) localisée à Marseillan-Plage (Hérault) est entièrement dédiée à la conservation, la caractérisation et la valorisation des ressources génétiques de la vigne.

Ce conservatoire fut créé en 1949 à l'initiative de Jean Branas, alors responsable de la Chaire de Viticulture de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier (aujourd'hui Montpellier SupAgro), pour prendre le relais des riches collections ampélographiques initiées par Gustave Foëx dès 1876 sur le site de l'école puis progressivement agrandies, notamment par Louis Ravaz. Au sortir de la seconde guerre mondiale, des problèmes sanitaires liés aux sols ajoutés à des menaces d'urbanisation nécessitèrent le transfert de cette collection vers un site présentant de meilleures garanties sanitaires et une pérennité suffisante.

Le site de Vassal, sur le cordon littoral sableux séparant l'étang de Thau de la mer Méditerranée, fut choisi en raison des caractéristiques de ses sables qui sont indemnes des agents responsables de deux maladies graves de la vigne : la forme radicicole du phylloxéra et le nématode *Xiphinema index*, vecteur de la virose du court-noué. La vigne peut donc y être cultivée sans porte-greffe.

Depuis 140 ans, cette collection n'a cessé d'être enrichie par des dons (anciennes collections locales, viticulteurs, pépiniéristes, amateurs, etc.) ainsi que par diverses prospections réalisées en France avec les partenaires régionaux et à l'étranger par des scientifiques ou des instituts de recherche. Une impulsion déterminante fut donnée à l'acquisition, à la description et à l'identification rigoureuse de nombreux cépages par Paul Truel (directeur, 1954-1985). Le conservatoire est aujourd'hui composé de plus de 7 800 accessions de vigne, provenant de 54 pays viticoles, représentant : 2 700 cépages, 350 lambrusques, 1 100 hybrides interspécifiques, 400 porte-greffes et 60 espèces de Vitacées. Cette richesse et cette diversité en font une collection ampélographique unique au monde.

Les vignes conservées sont caractérisées d'un point de vue morphologique, phénologique, agronomique, technologique, sanitaire, génétique et bibliographique. L'objectif de ces études est d'identifier les variétés et d'apprécier au mieux leur potentiel pour répondre aux demandes des scientifiques, des sélectionneurs, des professionnels de la filière vitivinicole et du public amateur. Il en résulte un fond documentaire original composé de dossiers variétaux (plus de 5 000), d'herbiers (14 000 dossiers), d'une bibliothèque spécialisée, d'une photothèque (50 000 clichés) et d'une base de données informatisée disponible sur le web.

### Contacts :

**Thierry Lacombe**, [thierry.lacombe@supagro.inra.fr](mailto:thierry.lacombe@supagro.inra.fr)  
**Jean-Michel Boursiquot**, [Jean-Michel.boursiquot@supagro.fr](mailto:Jean-Michel.boursiquot@supagro.fr)  
**Cécile Marchal**, [cecile.marchal@supagro.inra.fr](mailto:cecile.marchal@supagro.inra.fr)

Pour plus d'informations : <http://www.l.montpellier.inra.fr/vassal/>

► *Passage d'un outil de désherbage sous les pieds de vigne pour supprimer l'utilisation des herbicides*

*Par ailleurs, l'inter-rang est enherbé ici avec de l'orge pour contrôler la vigueur.* © Y. Bouisson

