



Les vins à découvrir



V'innopôle

INSTITUT FRANÇAIS
DE LA VIGNE ET DU VIN

ACTES DE
COLLOQUE

Les 1^{ères} Assises des vins du Sud-Ouest

Volet technique du 10 décembre 2013



MILDICUT®



*L'anti-mildiou
systémique*

Protège infiniment vos grappes

Mildicut® (AV2090126) contenant 25 g/l de cyazofamide et 250 g/l de di sodium phosphonate, formulation SC, R52/53. Sans classement toxicologique. * Marque déposée d'Ishihara Sangyo Kaisha (ISK) Ltd, Japon. Détenteur d'homologation : ISK Biosciences Europe SA. - Pour les usages autorisés, doses, conditions et restrictions d'emploi : se référer à l'étiquette du produit ou www.phytodata.com. Distribué par : Belchim Crop Protection France SA - Parc Tertiaire de Bois Dieu - 3 allée des Chevreuils - 69380 Lissieu - T. 04 78 83 40 66 - www.belchim.com - Agrément NC00838 Distribution de produits phytopharmaceutiques à des utilisateurs professionnels - Fiche de données de sécurité disponible au 04 78 83 40 66 ou www.quickfds.com Annule et remplace toutes versions précédentes - BCP oct.2013

 **BELCHIM**
-Crop Protection-

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : UTILISEZ LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES AVEC PRÉCAUTION. AVANT TOUTE UTILISATION, LISEZ L'ÉTIQUETTE ET LES INFORMATIONS CONCERNANT LE PRODUIT.

Sommaire

Recherche et innovation au cœur de nos vignobles

- p 5 ▶ **Projet européen WINETECH+ : nouvelles technologies en viticulture et élaboration du vin**
par Carole Feilhès - IFV Pôle Sud-Ouest

Entre tradition et innovation, un bastion unique de diversité variétale

- p 7 ▶ **Lien de parenté entre cépages: de nouveaux enseignements sur l'encépagement du Sud-Ouest**
par Thierry Lacombe - INRA Montpellier
- p 9 ▶ **Cépages principaux, secondaires ou oubliés : état des lieux de la biodiversité régionale**
par Olivier Yobrégat - IFV Pôle Sud-Ouest
- p 13 ▶ **Le point sur la création de variétés résistantes aux maladies cryptogamiques de la vigne**
par Laurent Audeguin - IFV Pôle Matériel Végétal

Une viticulture durable moins gourmande en intrants

- p 17 ▶ **Systèmes de conduite en rupture adaptés aux vignobles du Sud Ouest**
par Virginie Viguès - IFV Sud-Ouest
- p 21 ▶ **La fin des herbicides ? Plusieurs stratégies innovantes d'entretien du sol à l'épreuve dans le Sud-Ouest**
par Christophe Gaviglio et Laure Gontier - IFV Sud-Ouest
- p 27 ▶ **Indice de Fréquence de Traitement (IFT) : bilan des enquêtes menées en 2010 dans les vignobles du Sud-Ouest**
par Samantha Vigneau et Jean-Pierre Cassagne - SRISET de la DRAAF Midi-Pyrénées

Nos vignobles face au changement climatique

- p 35 ▶ **Adaptation à long terme au changement climatique pour la viticulture et l'œnologie : un programme de recherche sur les vignobles français** *par Nathalie Ollat - INRA Bordeaux*
- p 39 ▶ **Cépages étrangers ou irrigation qualitative : deux stratégies d'adaptation au changement climatique testées dans le Gers**
par Thierry Dufourcq - IFV Pôle Sud-Ouest
- p 41 ▶ **«Garonne 2050» : une étude prospective sur les besoins et les ressources en eau à la base d'une stratégie d'adaptation au changement climatique**
par Françoise Goulard - Agence de l'Eau Adour-Garonne



Préserver et valoriser nos paysages viticoles

- ▶ **Paysages viticoles : enjeux pour la filière** p 43
par Carine Herbin - IFV Pôle Environnement
- ▶ **L'agroforesterie ou l'intégration de l'arbre dans un environnement de production agricole** p 47
par Alain Canet - Président de l'Association Française d'Agroforesterie
- ▶ **Agroforesterie viticole : résultats de 11 ans d'étude sur la production et la vigueur des vignes** p 51
par William Trambouze - Chambre d'Agriculture de l'Hérault

Des arômes de mieux en mieux décryptés

- ▶ **Acquisitions scientifiques récentes sur le caractère poivré des vins du Sud-Ouest** p 55
par Olivier Geffroy - IFV Pôle Sud-Ouest
- ▶ **Arômes de cassis du Fer Servadou : un mythe accessible ? Apport de la chromatographie gazeuse bidimensionnelle pour l'identification de nouveaux marqueurs aromatiques** p 59
par David Riboul - Centre de Ressources Analytiques dédiées à l'Œnologie

POUR VOS PROJETS DE PLANTATION,
AVEZ-VOUS LES MOYENS DE PRENDRE DES RISQUES ?



 CleanPLANT®

GAMME SANITAIRE MERCIER

- Issus du CleanPROCESS®, ces plants sont les plus sains du marché vis-à-vis des champignons pathogènes associés aux maladies du bois.
- Avec la technologie de production CleanPROCESS®, MERCIER confirme son leadership sur la qualité sanitaire et physiologique des plants.
- Pour tout savoir sur la technologie CleanPROCESS®, contactez votre technicien MERCIER.

Plus d'infos, contacts et assemblages disponibles :

Tel. 04 66 77 09 90

www.mercier-groupe.com

pepinieres.vergeze@mercier-groupe.com

*CleanPROCESS® et CleanPLANT® sont des marques déposées par la SARL MERCIER Frères.

Le procédé de production CleanPROCESS® fait l'objet d'un dépôt de brevet (n° de publication international WO2013/01105311) et il est en cours de certification.

SARL au Capital de : 2 000 000 €. SIREN 343.656.237 – RCS La Roche-Sur-Yon

N° Intracommunautaire : FR 52.343.656.237 - RC : 1988 B 00070 La Roche-sur-Yon

Agrément FranceAgriMer 85.303.001 ABDF

APE 130Z

PRODUIRE LES
PLANTS
LES PLUS SAINS
POUR LUTTER
CONTRE L'ESCA



Infos et contact



Visitez le blog avec l'app Ubleam

www.mercier-groupe.com
Tél. +33(0)5 57 58 19 63

CHOISIR MERCIER POUR VOTRE PROJET, C'EST CHOISIR LA SÉCURITÉ

WINETech PLUS : Communauté de l'innovation et des nouvelles technologies en viticulture et vinification

Carole FEILHES, Olivier GEFROY, Eric SERRANO

Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN
Email: carole.feilhes@vinevin.com ou cfeilhes@winetec-sudoe.eu

Une suite pour le projet WINETech...

WINETech PLUS est la suite du projet européen WINETech mené de 2009 à 2011 dans le cadre de l'Interreg IV B SUDOE. Son objectif est de favoriser le transfert de technologie et d'améliorer les réseaux de coopération entre les entreprises, les exploitations, les structures de vinification et les centres de recherche et de technologies de la filière vitivinicole. WINETech a permis de créer un réseau interrégional stable de promotion de la Recherche et Développement, de développer des outils de diffusion de l'information technique, d'étudier les besoins et l'offre en R&D, les possibilités de financement des projets de recherche à la disposition des industriels, des caves et des fournisseurs. WINETech PLUS regroupe 12 membres et s'étend sur trois pays de l'espace SUDOE (Espagne, France et Portugal) et 9 régions: 4 espagnoles (Galice, La Rioja, Castilla et Leon et Castilla-La Mancha), 2 portugaises (Alentejo et Nord) et 3 françaises (Languedoc-Roussillon, Aquitaine et Midi-Pyrénées). Les partenaires appartiennent à plusieurs secteurs bien différenciés : entreprises, administration publique régionale et organismes scientifiques. Ces typologies bien distinctes ont permis d'établir un système performant d'échange d'information liée à l'innovation et au transfert technologique entre les régions et au sein des régions. Le consortium du projet est composé des partenaires suivants :

- Instituto Galego da Calidade Alimentaria (INGACAL)
- Fundación Empresa-Universidad Gallega (FEUGA)
- Cámara Oficial de Comercio e Industria de La Rioja
- Fundación de la Universidad de La Rioja (FUN.UNIRIOJA)
- Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural Gobierno de La Rioja
- Fundación General de la Universidad de León y de la Empresa (FGULEM)
- Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)
- Cooperativas Agro-alimentarias Castilla-La Mancha
- Agência de Desenvolvimento Regional do Alentejo (ADRAL)
- União das Associações Empresariais da Região Norte (UERN)
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)
- Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest (IFV-Sud-Ouest)

Visant à élargir, à renforcer la communauté d'innovation existante...

L'objectif du projet WINETech Plus est d'élargir qualitativement et quantitativement les bases de données WINETech :

- en incorporant les nouvelles régions (Midi-Pyrénées et Aquitaine) et les entités clés pour la RDI (Recherche, Développement, Innovation) et la compétitivité du secteur
- en créant une communauté d'innovation WINETech PLUS intégrant toute la chaîne de valeur vitivinicole et les agents du système de R&D (entreprises technologiques, entreprises privées, entreprises de services, entités de financement privé (business angels, capital risque, groupes d'investissement).
- en valorisant les outils développés dans le programme Winetech : analyse de l'offre et de la demande technologique dans de nouvelles régions par le biais d'enquêtes de détection des besoins et d'entrevues avec des PME
- en développant un plan d'affaires pour assurer la durabilité de cette Communauté en offrant un portefeuille de nouveaux produits et services à forte valeur ajoutée (fonctions et services d'agents animateur WINETech, en particulier aux PME, création d'un COMITÉ D'EXPERTS, chargé d'évaluer, de conseiller et de certifier des projets de R&D identifiés dans le cadre de WINETech

Et à promouvoir la technologie et la coopération en matière de R&D.

L'objectif de cette phase de travail est de dynamiser la coopération en matière de recherche aux niveaux régional, national et interrégional.

Information et gestion des connaissances : Conception, réalisation et mise en oeuvre d'outils afin de promouvoir et de faciliter la communication entre les membres de la Communauté WINETech PLUS :

- mise à jour du site Internet et des instruments de WINETech (nouvelles activités, produits et résultats du projet WINETech PLUS)
- élaboration et diffusion des études sur les aides et les financements : appels à projets, bourses, instruments de capital-risque, etc
- élaboration des bulletins à destination des chercheurs contenant des informations concernant la demande technologique des entreprises. Ces bulletins seront diffusés au sein de la communauté scientifique,
- création de bulletins d'information technologique incluant l'offre des chercheurs WINETech. Ces bulletins seront diffusés vers les entreprises de la communauté.
- participation à des événements, à des séminaires, à des journées d'information, de présentations dans le but de promouvoir la mise en réseau et la communication avec les principaux acteurs de la RDI (Recherche, Développement, Innovation).



- création d'un «THINK TANK» ou laboratoire d'idées dédié à la viticulture. Le pilote installé dans la région espagnole de Castilla-La Mancha, permettra une analyse prospective des besoins du marché à 15 ans.

Création et formation d'agents animateurs WINE-Tech :

Ce volet du projet vise à créer un nouveau profil d'emploi : l'Animateur WINETech. En quelques mots, il s'agit d'un spécialiste du secteur vitivinicole régional, de l'offre technologique et des modalités de financement des actions de R&D. Les Agents auront un rôle important dans le conseils pour les PME en matière RDI (Recherche, Développement, Innovation). Il auront ainsi des activités :

- de conseils et d'informations sur les financements publics ou privés
- de soutien aux PME dans leur stratégie d'innovation
- d'identification et de promotion de projets collaboratifs de RDI (Recherche, Développement, Innovation) notamment au niveau interrégional
- de développement d'un portefeuille technologique de pré-projets de R&D.

Activités de mise en réseau technologique :

Le projet prévoit également l'organisation de plusieurs conférences ou ateliers scientifiques et techniques. Ces manifestations qui visent à favoriser l'échange de connaissances entre les chercheurs, les universités, les centres technologiques et les entreprises, permettront aussi de créer des liens durables favorables à la recherche collaborative et à l'émergence de nouveaux projets de RDI (Recherche, Développement, Innovation). Les ateliers de mise en réseau technologique favoriseront la capitalisation des résultats, la promotion de projets, la mise en réseau et la divulgation scientifique et technique. Sur la base de présentations, de conférences, d'ateliers et de réunions, ces événements contribueront à l'échange d'idées, d'opinions, d'expé-

riences, de projets et de contacts entre les participants (communauté scientifique, investisseurs, entités publiques, consommateurs). Un événement visant à présenter des projets technologiques et commerciaux à des investisseurs privés sera organisé dans la région espagnole de La Rioja. Il permettra également de stimuler la création de collaboration, l'identification de partenaires et d'investisseurs pour des projets de valorisation technologique (création de brevets et de spin-offs).

Revitalisation de l'économie et de l'emploi viti-vinicole

Création d'un site Internet d'affaires et de compétitivité:

Ce site web contiendra :

- des informations commerciales, avec notamment des offres et des demandes d'affaire : recherche de partenaires et des investisseurs à des projets d'entreprise
- un « Marketplace » vitivinicole constitué d'une base de données de la Communauté WINETech : structures vitivinicoles, entreprises auxiliaires de la filière, sociétés de technologie et de services, entités privées de capital-risque et Business Angels.
- des informations concernant la veille concurrentielle

Création d'un site Internet de ressources humaines (emploi et formation) :

L'objet de ce portail Internet sera de recenser les formations disponibles et de diffuser les offres et les demandes d'emploi.

Création et formation de nouveaux profils : les agents animateurs WINETech. Ces agents seront spécialisés dans la promotion, le financement et la gestion de projets de RDI (Recherche, Développement, Innovation).





PÉPINIÈRES
CAVAILLÉ

- Pour vos remplacements plants de vigne en pots de 2 litres
- Greffés soudés à racines nues
- Pots d'été et d'automne

Tel : 05 63 30 61 24 - Fax : 05 63 68 24 84
La Plaine - Feneyrols - 82140 SAINT ANTONIN NOBLE VAL
e-mail : pepinieres-cavaille@orange.fr / site : pepinierescavaille.com

Lien de parenté entre cépages : de nouveaux enseignements sur l'encépagement du Sud-Ouest

Thierry LACOMBE

INRA, UMR AGAP, Equipe Diversité et Adaptation de la Vigne et des Espèces Méditerranéennes (DAVEM), 2 place Pierre Viala, 34060 MONTPELLIER
Email: lacombe@supagro.inra.fr

Résumé

Depuis les années 1990, l'utilisation de marqueurs moléculaires a permis d'explorer la diversité génétique des cépages (*Vitis vinifera*) en analysant leur polymorphisme directement au niveau de l'ADN. Les microsatellites (ou SSR) notamment ont trouvé des applications dans les domaines de l'identification variétale ou de la sélection assistée par marqueurs. Etant donné les propriétés de ces marqueurs (polymorphisme, co-dominance, nombre), ils ont également été utilisés pour découvrir ou valider la parenté des cépages. Ainsi, plusieurs études ont été publiées depuis 1993 (Thomas et al.), précisant l'ascendance de plusieurs dizaines de variétés : Chardonnay, Merlot, etc. (voir Sefc et al. 2009 et Maul et al. 2012 pour revue). Toutefois, la plupart de ces travaux ne se sont intéressés qu'à des échantillons limités ou locaux de cépages. En s'appuyant sur les ressources génétiques conservées dans la collection ampélographique internationale du Domaine de Vassal (INRA, 34340 Marseillan-Plage), notre équipe de recherche (INRA Montpellier SupAgro, UMR AGAP-DAVEM) a entrepris de poursuivre ces recherches de parentés sur un échantillon de plus de 2300 cépages du monde entier. L'étude publiée au début de l'année 2013 (Lacombe et al.) a permis d'attester le pédigrée de 828 cépages dont :

- 315 parentés découvertes,
- 100 parentés confirmant des travaux antérieurs et 32 parentés infirmant des résultats déjà publiés,
- 255 parentés validant les données fournies par les hybrideurs,
- et 126 parentés infirmant partiellement ou totalement les données d'hybrideurs.

Outre une meilleure compréhension des caractéristiques générales des généalogies à une échelle globale (ex. nombre et chevauchement des générations), ces résultats sont aussi parvenus à préciser l'origine directe de certains cépages traditionnels locaux. C'est notamment le cas pour plusieurs cépages du Sud-Ouest de la France, par exemple le Duras, le Jurançon noir, le Malpé ou le Négral. Il est intéressant de noter que certaines de ces filiations avait déjà été suspectées par des ampélographes sur la base d'observations uniquement morphologiques (Levadoux, 1956). Enfin, pour ce groupe de diversité du Sud-Ouest, les pédigrées ont mis en lumière les principaux géniteurs historiques, dont certains sont aujourd'hui des cépages quasiment disparus du vignoble (ex. Cahours, Manseng noir, Tressot).

Planter une vigne engage l'avenir

ENTAV  **INRA**®

La marque des pépiniéristes et des vignerons français

ENTAV-INRA®, c'est un choix unique de plus de 300 cépages et de 1 100 clones agréés, le fruit d'une recherche de pointe au niveau mondial et d'un réseau de tous les vignobles de France.

ENTAV-INRA® : Institut Français de la Vigne et du Vin, Domaine de l'Espiguette - 30240 Le Grau du Roi. Tél. 04 66 8000 20
Retrouvez la marque ENTAV-INRA® sur www.vignevin.com

ELECTROCOUP

F3010



OPTION «DSES»

Dispositif supplémentaire électronique de sécurité
Systeme anti-coupure



Exclusivité INFACO

**SYSTEME
BREVETÉ**

EPA_{V2}

L'Epampreuse électrique



Outil compatible avec
les batteries ultra-plates
ELECTROCOUP



(1) CTC habilité par arrêté du ministère du travail, de l'emploi et de la santé en date du 20/12/2010 identifié sous le N°0075, publié au JOCE, attribue : L'attestation d'examen CE de type N°0075/1702/162/11/12/0903

INFACO s.a.s
Bois de Roziès
81140 Cahuzac sur Vère - France
Tél: 05 63 33 91 49 - Fax: 05 63 33 95 57
electrocoup@infaco.fr

INFACO[®]
www.infaco.com

Cépages principaux, secondaires, oubliés : Etat des lieux de la biodiversité régionale

Olivier YOBRÉGAT

Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN
Email: olivier.yobregat@vignevin.com

Introduction

Le Bassin viticole Sud-Ouest, où on recense 17 AOP et 23 IGP, s'étend sur près de 500 km et 12 départements, des contreforts du Massif Central aux rives de l'Océan Atlantique. Cette constellation de vignobles, n'ayant pas d'unité géographique ou climatique, se singularise également par l'extrême diversité de son encépagement, riche de variétés uniques parfois profondément inféodées à un vignoble. Depuis longtemps, vigneron et ampélographe se sont penchés sur ce patrimoine génétique autant qu'historique, qu'ils nous ont transmis accompagné de connaissances précieuses disséminées dans une abondante bibliographie. Les techniques récentes d'analyses moléculaires (tests ADN) appliquées à la vigne ont permis des avancées considérables (résolution de synonymies et homonymies, introduction de variétés anciennes non répertoriées en collection, détermination de parentés...). La constitution en 2004 d'une collection centrale régionale constituée de matériel végétal exempt de viroses graves, constamment alimentée depuis par des prospections annuelles sur les différents vignobles, a permis d'initier des travaux d'évaluation susceptibles de faciliter l'exploitation d'une plus grande part de cette diversité régionale. En 2013, quel est l'état des connaissances sur l'assortiment variétal du Bassin, quels enseignements peut-on en tirer et quelles sont les possibilités ouvertes pour la viticulture ?

Vous avez dit autochtones ?

La première difficulté consiste à clarifier la notion de cépage indigène ou autochtone à une région. La définition rigoureuse de ces deux termes synonymes est : individu originaire du pays où il habite. Lorsque l'on tente d'appliquer ce concept à un cépage ancien, surgit immédiatement la difficulté insurmontable qui consiste à situer le lieu de naissance du semis initial qui, par multiplication végétative, sera à l'origine de l'ensemble des effectifs du cépage. Par le transport de boutures, ces derniers peuvent facilement voyager et s'implanter dans une région lointaine, tout en disparaissant de leur lieu de « naissance ». A part quelques rares exceptions, les semis originels ne sont pas relatés dans la littérature, à plus forte raison lorsque la variété est supposée très ancienne ; très souvent, un cépage traditionnel n'a acquis une notoriété (voire simplement un nom) qu'à partir du moment où il été significativement diffusé, et où ses qualités ont été jugées assez remarquables, c'est-à-dire lorsque la mémoire de son « origine » précise s'était probablement déjà effacée. Plusieurs possibilités s'offrent alors pour rattacher une variété à une zone viticole, en considérant que cette dernière constitue le « berceau historique » d'un cépage. Un choix raisonnable, sur la base d'informations concordantes entre les références bibliographiques, la tradition vivante et l'étude des vieilles vignes, est de considérer l'appartenance d'une variété à un patrimoine local par exemple lorsque sa présence ancienne est fortement probable voire certaine, unique ou antérieure à d'autres régions, et/ou qu'elle a fait l'objet d'une certaine diffusion dans la zone considérée, qu'elle y a été cultivée sans interruption depuis sa première mention, qu'on y trouve de surcroît de nombreux descendants, etc. Ces éléments n'évitent pas certains écueils, liés notamment à la fiabilité des références anciennes parfois contradictoires, ou aux avancées scientifiques qui ont permis de déterminer des parentés et des synonymies parfois insoupçonnées (que penser du Duras, cité dès 1484 à Gaillac, et

issu du croisement de deux cépages du nord-est de la France, le Tressot et le Savagnin ? Quel est le véritable « lieu historique » du Miousat pyrénéen, qui n'est autre que l'Humagne blanche très anciennement présente en Suisse ?).

Les bases bibliographiques et génétiques

Considérant que la grande diversité et la particularité des encépagements du Bassin constituent une part essentielle de l'identité des vignobles, les réflexions, études et travaux autour de cet aspect ont été (et sont toujours) variés et très nombreux. C'est pourquoi, en parallèle des réalisations « lourdes » (parcelles, expérimentations, etc.), un fonds bibliographique aussi exhaustif que possible autour de l'ampélographie et de l'histoire générale des vignobles du Bassin a été constitué. Depuis plus de dix ans, ce travail d'acquisition constant mené à l'IFV Sud-Ouest a abouti à la collecte de centaines de références, sous forme papier et/ou numérique. Toutes les sources possibles sont concernées : livres et revues viticoles, archives de la collection nationale de l'INRA de Vassal et des autres centres INRA (Bordeaux notamment), archives de l'IVCC, de l'INAO, de la SICAREX, fonds départementaux et communaux, publications scientifiques, herbiers anciens... Des travaux réguliers visant à exploiter ce que l'on peut qualifier d'« archives vivantes » sont également menés, dans l'objectif de connaître et sauvegarder le patrimoine ampélographique régional. L'ensemble des cépages introduits au domaine de Vassal en provenance des divers vignobles du Sud-Ouest a été recensé, les anciens conservatoires régionaux ont été revisités à la lumière des tests génétiques, des prospections sont réalisées sur les parcelles anciennes, des souches isolées, treilles ou repousses ensauvagées sont identifiées. Parallèlement, chaque fois que c'est possible, la mémoire vigneronne est collectée afin de sauvegarder des fragments de l'histoire des cépages : pratiques associées, origine éventuelle du matériel végétal, noms ou synonymes locaux, comportements culturels... Aujourd'hui, ces données immatérielles, qui constituent une base bibliographique assez considérable, sont régulièrement exploitées pour divers besoins : rédactions d'articles, communication, références pour les dossiers techniques, conférences...

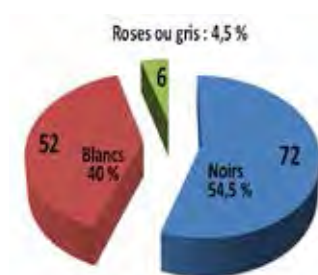
Les travaux de conservation

Initiée par l'INRA dès les années 1950, la mise en place de conservatoires génétiques a logiquement été très active sur le territoire du Bassin, et a abouti à des réalisations importantes. De nombreux intervenants se sont succédé pour permettre l'étude et la transmission de ce patrimoine végétal. Scientifiques de l'INRA, agents de l'IVCC (puis de l'ONIVINS), des Chambres d'Agriculture, des groupements techniques, de la SICAREX, de l'IFV Sud-Ouest, vigneron et coopératives ont participé à cette œuvre collective, dont le bilan est aujourd'hui éloquent : sur le territoire du Bassin, on recense 6 conservatoires variétaux (collections de cépages différents) et 46 conservatoires intravariétaux (collections de nombreuses origines d'un même cépage, rassemblant la diversité la plus grande au sein de la variété). Ces derniers assurent le maintien, dans de bonnes conditions sanitaires, de plus de 2800 accessions représentant 35 cépages, parmi lesquels figurent les plus importants des appellations

(Cot, Tannat, Fer, Négrette, Petit Manseng, etc.). Parallèlement à cette conservation de matériel végétal « ex situ » (duplication sur de nouvelles parcelles de matériel prospecté dans les anciennes vignes), une initiative originale de maintien « in situ » est à signaler : la mise en place par les producteurs de Plaimont dès 1998 d'une rémunération fixe incitative sur 10 parcelles très anciennes du vignoble de Saint Mont pour éviter leur arrachage. En guise de consécration, l'une d'entre elles, âgée d'au moins 150 ans, établie franche de pieds sur un sol très sableux, conduite en hautains et riche de 21 cépages (dont 7 précédemment génétiquement inconnus) a été inscrite à l'inventaire des Monuments Historiques en 2012.

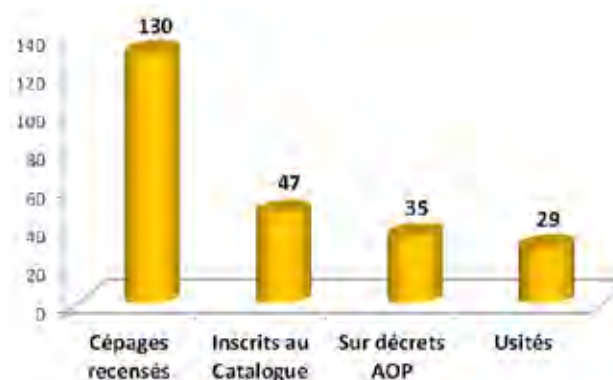
Un recensement régional

De l'ensemble des travaux effectués, il ressort que le Bassin Sud-Ouest est le berceau de **130 variétés traditionnelles connues aujourd'hui**. Dans cet inventaire, ont été exclus les cépages qui ont parfois pu être considérés comme originaires de cette zone, mais dont des indices concordants permettent aujourd'hui d'en supposer le caractère exogène. On peut citer par exemple le Colombard, documenté en Charente dès le début du 18^{ème} siècle, ou le Miou-sat, vieux cépage pyrénéen identifié par l'ADN à l'Humagne blanche, dont il existe une trace bibliographique dans le Valais suisse dès 1313. De même, certaines variétés dont la présence très ancienne est soupçonnée dans les vignobles, mais qui n'y ont pas été retrouvées et qui sont absentes des références bibliographiques ont été écartées. C'est le cas par exemple de la Magdeleine noire, retrouvée uniquement dans les Charentes et en Bretagne mais qui a engendré le Cot N, le Merlot N et le Mourtès N, et se trouve génétiquement reliée à l'Abouriou N. Enfin, tous les cultivars modernes, issus de croisements réalisés depuis la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, n'ont pas été pris en compte, qu'ils soient issus d'hybridations



intraspécifiques (Arinarnoa N, Semebat N...) ou interspécifiques (Baco blanc,...). Par couleur, on recense 72 variétés noires (54,5 %), 52 blanches (40 %), et 6 roses ou grises (4,5 %). Par ailleurs, 10 d'entre elles (8%) sont physiologiquement femelles, proportion comparable à l'ensemble de la collection de l'INRA de Vassal.

Si l'on examine en détail le statut réglementaire de ces ressources, et leur emploi au vignoble, on constate que seules 47 de ces variétés (36%) sont inscrites au Catalogue officiel français (donc autorisées à la culture). Parmi elles, 35 figurent dans l'encépagement d'au moins une des 17 AOP du Bassin Sud-Ouest (27%), alors que 29 (soit 22% des cépages recensés) peuvent y être considérées comme réellement usitées, en fixant un seuil arbitraire de présence à 1 ha cultivé.



Il existe ainsi un véritable réservoir de cépages régionaux non employés, constituant autant de ressources et d'opportunités pour la

viticulture du Bassin. On assiste indéniablement, en France comme à l'étranger, à un engouement croissant des consommateurs pour des vins originaux, et la présence d'un cépage inconnu sur une étiquette suscite toujours la curiosité, à plus forte raison s'il est accompagné de références à une histoire ou à un territoire viticole. De la même façon, des producteurs de plus en plus nombreux sont tentés par la remise en culture de cépages délaissés, qui constitue un moyen de singulariser une production tout en contribuant à diversifier un encépagement local et à mettre en valeur un patrimoine historique.

Considérant :

- que l'ensemble du patrimoine viticole français connu et maintenu en collection, si l'on écarte les nombreuses obtentions modernes, se situe autour de 400 cépages traditionnels,
- que le Bassin viticole Sud-Ouest représente 45 000 ha de vignes, sur 800 000 au total pour l'ensemble du territoire français,

on constate donc **qu'environ 30 %** des cépages traditionnels français sont concentrés **sur moins de 6 %** de la surface nationale.

L'explication de cette diversité remarquable fait intervenir de nombreux éléments liés à la singularité des territoires concernés, à leur histoire et aux mouvements humains qui en ont découlé.

Les éléments d'explication de la diversité

Trois contributions majeures peuvent être invoquées comme autant de facteurs explicatifs à la grande richesse ampélographique du bassin Sud-Ouest.

Les situations géographiques et les influences climatiques :

Des contreforts du Massif Central aux Pyrénées, sur l'étendue du bassin Sud-ouest, se côtoient une grande variété de contextes pédo-climatiques aux contours parfois extrêmement tranchés. La diversité des paysages viticoles en est le reflet évident : des zones montagneuses d'Irouléguay aux bassins alluvionnaires du Frontonnais, en passant par les vallons du piémont pyrénéen comme à Saint-Mont, les terrasses de la Vallée du Lot près de Cahors ou les coteaux argilo-calcaires du Gaillacois, on comprend aisément que les conditions culturelles aient pu fortement influencer l'assortiment variétal. A la topographie et à la pédologie, se surimpose une grande variété d'influences climatiques, dont les trois grandes composantes (atlantique, méditerranéenne et continentale) peuvent se succéder de façon assez irrégulière sur un territoire donné. Cet ensemble de facteurs physiques, associé à la dispersion des zones cultivées, a favorisé la sélection de nombreuses variétés locales, dont certaines, n'ayant probablement jamais dépassé une aire géographique très restreinte, sont demeurées à l'état de traces dans l'encépagement, voire ont totalement disparu.

Les ressources génétiques naturelles :

L'ensemble du territoire métropolitain français se situe dans la zone écologique de distribution de la forme sauvage de *Vitis vinifera* (sous-espèce silvestris), qui constitue l'origine lointaine de l'ensemble des cépages traditionnels, issus de plusieurs millénaires de sélection humaine à partir de ce compartiment sauvage. On en retrouve les derniers individus, communément appelés lambrusques, dans certaines zones forestières peu remaniées du bassin : massifs tarnais, bords de rivières, forêts pyrénéennes, taillis anciens... Cette présence, aujourd'hui très résiduelle, constitue le témoignage évident de l'existence de populations probablement très significatives avant que l'aménagement croissant des forêts et cours d'eau, puis les maladies importées (oïdium, mildiou et phylloxéra principalement) ne les déciment dramatiquement, justifiant en 1995 l'inscription de *Vitis vinifera* ssp. *Silvestris* sur la liste des espèces protégées en France. Il est possible, voire très probable, que ces lambrusques autochtones (ici, le terme peut parfaitement s'appliquer !) aient génétiquement participé à la diversité de l'encépagement cultivé. La possibilité de sélections directes à partir des populations importantes de silvestris des Pyrénées Basques a été évoquée, d'où a pu émerger

le Cabernet franc, ancêtre de nombreuses variétés. Les zones concernées par ce processus pourraient alors être considérées comme des « centre de domestication secondaire » pour la vigne. Des pollinisations débouchant sur la naissance de semis ont également pu se produire à différentes époques entre vignes cultivées et lambrusques, soit de façon totalement accidentelle dans des cultures voisinant des bois, soit au sein même de parcelles où des individus sauvages avaient été bouturés. Des découvertes archéologiques récentes, basées sur la morphologie de pépins, ont permis de montrer que, de 50 avant J.C. à 500 après JC, les raisins employés dans les vignobles du sud de la France étaient issus à la fois de lambrusques, de cépages plus différenciés et de formes intermédiaires, ce qui permet de supposer la lente réalisation d'un processus de domestication et de sélection. Quoi qu'il en soit, on ne retrouve pas aujourd'hui de « trace génétique » évidente de cette possible contribution des lambrusques de la région. Cette absence de résultats formels pourrait s'expliquer par la faiblesse des effectifs contemporains sur lesquels une analyse génétique peut être conduite (les rares individus survivants n'étant pas forcément représentatifs de la diversité des populations initiales), et par l'ancienneté des épisodes supposés de domestication ou de pollinisations. Les cépages cultivés et les lambrusques forment aujourd'hui deux taxons génétiquement bien distincts, qui ont évolué dans des voies différentes, l'un sous la forte influence de la sélection exercée par l'homme en fonction d'objectifs qualitatifs et quantitatifs, et l'autre soumis aux aléas naturels et aux destructions massives de son habitat.

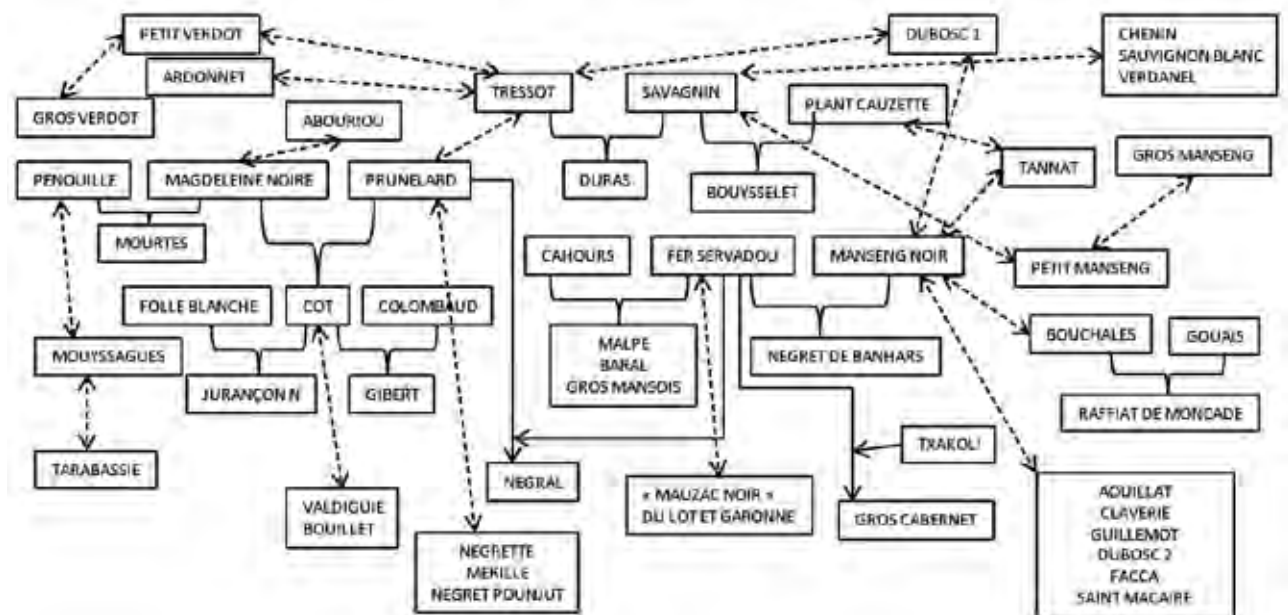
L'histoire antique : Si certains auteurs supposent qu'il pouvait localement exister un embryon de viticulture avant la conquête romaine, aucune preuve archéologique ne l'atteste aujourd'hui. On considère que l'histoire des vignobles régionaux débute dans le courant du II^e siècle avant JC. A partir de l'an 125 avant notre ère, dans l'objectif de faire un lien terrestre entre la Gaule cisalpine déjà occupée et ses territoires espagnols, Rome conquiert un vaste territoire, qui prendra le nom de Narbonnaise et sera bientôt administrée comme une province romaine à part entière. Cette Province s'étend du Lac Léman jusqu'au-delà de la ville de Toulouse, et couvre notamment une partie des départements actuels du Tarn, de la Haute-Garonne, du Tarn et Garonne et de l'Ariège. Certains des plus anciens vignobles de France voient le jour durant cette période, en particulier probablement celui de Gaillac, dont l'activité florissante est rapidement attestée par l'importance de la production de poteries à usage vinicole dans les ateliers de Montans. Par la suite, la conquête de Jules César (de 58 à 54 av. JC) vers l'ouest jusqu'au port de Bordeaux entraînera dans son sillage les prémices de l'organisation de nombreux vignobles dans les zones de vallées et

dans le piémont pyrénéen. Il est très probable que cette progression s'est accompagnée de l'acclimatation de variétés déjà connues et cultivées ailleurs, méthode plus rapide et rationnelle pour introduire la culture de la vigne qu'une domestication directe de lambrusques trouvées sur place. Ces variétés exogènes, probablement issues du Bassin Méditerranéen, ont pu par la suite se croiser entre elles, ou avec des lambrusques et d'autres cépages importés ultérieurement.

La période médiévale : Le développement du pèlerinage vers Saint-Jacques de Compostelle a apporté une contribution majeure à la viticulture du Bassin. Entre le XI^e et le XIV^e siècle notamment, les pèlerins affluent en masse de toute l'Europe, les villages et les vignobles se développent, souvent autour d'abbayes, dont les plus célèbres sont celles de Moissac (82), de Conques (12) ou de Madiran (65). Ces grandes migrations humaines (on parle de 500 000 pèlerins certaines années, chiffre considérable pour le Moyen Âge) se sont accompagnées d'une circulation intense de cépages de toutes origines ; de cette époque date probablement l'introduction de cépages espagnols comme le Morrastel N, le Bobal N ou le Tortozon N. A l'inverse, des variétés septentrionales se sont établies et ont fait souche dans les vignobles du Bassin : si on retrouve encore le Gouais blanc à l'état de traces dans l'Aveyron ou le Gers, sa présence est surtout marquée par quelques descendants directs, dont les derniers représentant se rencontrent parfois dans les vieilles parcelles (Saint-Côme B, Graisse B, Blanc Dame, Milgranet N, Pé de Perdrix Rs...). Le Savagnin lui-même n'a pas été retrouvé dans le Bassin Sud-Ouest, mais sa progéniture locale porte les noms de Duras, Petit Manseng, Béquignol, Bouysselet, Verdanel...

Les études génétiques modernes, un éclairage, des confirmations, des surprises...

De l'ensemble de ces grandes sources possibles (variétés antiques des conquérants, importations nombreuses à la faveur des mouvements humains, ressources sauvages locales), et de leurs multiples croisements et sélections en fonction de conditions diversifiées, est né un assortiment variétal représenté par les quelque 130 cépages que nous lui attribuons aujourd'hui. Les progrès réalisés par la biologie moléculaire nous permettent aujourd'hui de disposer d'outils puissants, qui ont permis tout d'abord l'identification des variétés, puis la détermination des liens de parentés probables entre elles. Grâce aux travaux récents de Thierry Lacombe, effectués sur plus de 2300 variétés maintenues sur le domaine de l'INRA de



Quelques relations génétiques entre cépages du Sud-Ouest... (La Grappe d'Autan, n°91-2012)

Vassal, il est possible de visualiser sur des schémas la complexité des mélanges au niveau d'une région viticole. Si de nombreuses hypothèses formulées par les ampélographes ont pu être confirmées (rôle central de certains géniteurs comme le Cabernet franc, le Gouais ou le Savagnin, « familles » de cépages, ..), quelques résultats se sont avérés parfois inattendus (importance d'un cépage obscur comme le Cahours ou la Magdeleine noire dans certaines généalogies, par exemple).

Quelle utilisation concrète peut-on envisager de ces ressources ?

Trois cas de figure se présentent, en fonction du statut de la variété.

Cépages régionaux inscrits au Catalogue et largement utilisés, en particulier en AOP: Ces variétés disposent de conservatoires au sein desquels de nombreuses accessions ont été réunies, et on peut penser qu'au moins une part de leur variabilité y a été préservée. De nombreux travaux ont été réalisés et sont toujours en cours, qui visent à étudier et exploiter par sélection clonale la variabilité au sein du cépage. Des sélections récentes ont été proposées (Cot N 1127 et 1128, Tannat N 1154 et 1175, Petit Manseng B 1113...) et d'autres le seront dans les années à venir (Mauzac, Fer, Négrette, ..). L'objectif pour ces variétés principales est d'élargir la palette des comportements agronomiques mis à disposition des viticulteurs, et d'offrir ainsi toutes les possibilités d'adaptations qui peuvent exister au sein du cépage.

Cépages inscrits au Catalogue officiel, mais peu ou plus usités : La valorisation de ces variétés passe majoritairement par l'acquisition de nouveaux résultats d'expérimentation, en fonction d'objectifs parfois redéfinis. Par exemple, certains cépages productifs autrefois bannis des appellations en raison d'une qualité insuffisante de leurs vins rouges peuvent présenter un intérêt pour la production de vins rosés, voire de rouges à petits degrés et faible concentration en tanins (ex. Jurançon noir, Mérille, Milgranet, ...). Dans cette catégorie, on retrouve aussi des cépages pour lesquels très peu de références étaient disponibles, comme le Saint-Côme et le Mouyssaguès de l'Aveyron, ou le Camaralet des zones pyrénéennes. Pour ces variétés, parfois susceptibles de se redéployer assez rapidement, un autre enjeu est la mise à disposition de matériel végétal sain pour la viticulture. Si l'agrément de clones sanitaires et leur multiplication ne peuvent pas être réalisés assez rapidement pour répondre à une demande, des solutions peuvent être apportées par la multiplication de matériel contrôlé en catégorie standard, par exemple à partir de souches saines maintenues en conservatoire ou dans des parcelles d'essai (ex. Prunelard N, Graisse B, Mouyssaguès N...). La finalité des travaux est d'assurer la disponibilité d'un assortiment variétal large, assorti de références aussi complètes que possibles, permettant de répondre à des besoins en utilisant des ressources originales.

Cépages non-inscrits au Catalogue officiel : Pour ces variétés, il se pose fréquemment un problème de matériel végétal (très peu de souches disponibles en collection, et/ou seul matériel connu porteur de viroses graves dans la collection nationale). La priorité en la matière est de réimplanter en collection ces variétés lorsque l'on en retrouve en été sanitaire satisfaisant lors de prospections (cas récent de l'Ardonnet N, par exemple), ou de réaliser préalablement des assainissements lorsque ce n'est pas le cas. Cette étape franchie, des observations et mesures sont réalisées en collection (description générale des variétés, phénologie, maturité, production, comportements agronomiques particuliers, etc.).

Ce travail est réalisé au domaine de Vassal et dans les collections régionales, où des cépages connus peuvent fournir des points de repères pour les différents paramètres. Enfin, si les données collectées sont insuffisantes pour obtenir l'inscription du cépage au Catalogue officiel, condition réglementaire obligatoire pour sa remise en culture éventuelle, il est nécessaire d'établir des parcelles d'essai avec un protocole permettant d'établir un dossier technique (détermination de la VATE, « Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale » de la variété). L'établissement de ces parcelles d'expérimentations est généralement le fruit d'une collaboration entre un organisme (IFV, Chambre d'Agriculture) et un vigneron intéressé par la culture d'un ou plusieurs cépages anciens délaissés. Plusieurs programmes sont en cours sur le territoire du Bassin (Fel B, Verdanel B, Négret Pounjut N, Noul B..).

Conclusion

Les vignobles du Bassin Sud-Ouest puisent déjà largement les bases de leurs encépagements dans le riche patrimoine ampélographique hérité de leur longue histoire viticole. A l'examen des ressources aujourd'hui recensées dans les conservatoires, il apparaît cependant que de nombreuses possibilités restent ouvertes, par l'exploitation de la diversité intravariétale (nouvelles sélections au sein des cépages majeurs), autant que par la replantation de cépages délaissés, voire tombées dans l'oubli depuis longtemps. Il semble qu'une partie grandissante des consommateurs est en attente de vins originaux et/ou à base de cépages inconnus. Le Sud-Ouest se trouve idéalement placé pour répondre à cette tendance, grâce aux travaux qui ont fait progresser les connaissances, et qui sont valorisables à la fois sous l'angle de la production et sous celui de la communication.

Bibliographie sélective

- Artouzou J.P. et al., 1960 : Synonymie ampélographique de l'ouest viticole français. INRA éditions.
- Bordenave L. et al., 2007 : Etude historique, génétique et ampélographique des cépages Pyrénéo Atlantiques. Bulletin de l'OIV, 2007, n°920-922, p. 553-586.
- Bouby L., Marinval P., 2001 : La vigne et les débuts de la viticulture en France : apports de l'archéobotanique. Revue Gallia, Tome 58, pp. 13-28.
- Boursiquot J.-M. et al., 2009 : Parentage of Merlot and related winegrape cultivars of southwestern France: discovery of the missing link. Australian Journal of Grape and Wine Research 15, 144-155.
- Dion R., 1959 : Histoire de la vigne et du vin en France, des origines au XIXe siècle. Flammarion.
- Galet P., 1957-1962 : Cépages et vignobles de France, tomes 2 et 3. Imp. Déhan, Montpellier.
- Lacombe T. et al., 2003 : Contribution à la caractérisation et à la protection in situ des populations de *Vitis vinifera* L. ssp. *silvestris* (Gmelin) Hegl, en France. Les Actes du BRG, 4, 381-404
- Lacombe T. et al., 2012 : Large-scale parentage analysis in an extended set of grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). Theoretical and Applied Genetics, Vol.125, n°2.
- Lavignac G., 2001 : Cépages du Sud-Ouest, 2000 ans d'histoire. INRA éditions..
- de Mondenard A., Daurel J., de Malafosse L., 1898 : Essai d'ampélographie et études sur la synonymie des cépages de vigne dans la région du Sud-Ouest de la France. Imprimerie et lithographie agenaises.
- Rézeau P., 1998 : Dictionnaire des noms de cépages de France. CNRS éditions.
- Viala P., Vermorel V., 1902-1910 : Traité général de viticulture – Ampélographie. 7 volumes, éd. Masson, Paris
- Yobrégat O. et al., 2011 : Conservation de la diversité intravariétale de la vigne en France : situation générale en 2010, perspectives et priorités pour l'avenir. Progrès Agricole et Viticole, 128, n°10.

Le Point sur la création de variétés résistantes aux maladies cryptogamiques de la vigne

Loïc LE CUNFF^{1,2}, Laurent AUDEGUIN^{1,2}, Thierry LACOMBE^{2,3}, Marc FARNOS^{2,3}, Christophe SCHNEIDER⁴, Didier MERDINOGLU⁴, Patrice THIS^{2,3}, Jean-Michel BOURSQUOT^{1,2,3}

¹Institut Français de la Vigne et du vin, Pôle matériel végétal, Domaine de l'Espiguette, 30240 Le Grau-du-Roi.

²Unité Mixte Technologique Géno-Vigne® (IFV, INRA, Montpellier SupAgro), 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex.

³INRA – Montpellier SupAgro, UMR AGAP (Amélioration Génétique et Adaptation des Plantes) Equipe « Diversité et Adaptation de la Vigne et des Espèces Méditerranéennes » 2, Place Viala, 34060 Montpellier Cedex.

⁴INRA – UMR 1131 Santé de la vigne et qualité du vin, 68000 Colmar.

Email: loic.lecunff@vignevin.com

Présentation orale assurée par Laurent AUDEGUIN, IFV Pôle Matériel Végétal

Le contexte

La viticulture française doit faire face aujourd'hui à de nombreux défis. Elle est, comme d'autres cultures, une filière consommatrice de produits phytosanitaires et est engagée dans la voie de la réduction de ces intrants en respect du Plan EcoPhyto 2018. Elle est également déjà confrontée aux évolutions du climat qui pourraient engendrer de profondes modifications, notamment en zone méditerranéenne. De plus, notre viticulture doit faire face à une compétition accrue de la part d'autres pays (Chili, Argentine, Etats-Unis, Australie, Afrique du Sud, etc...). Afin de répondre à ces défis, et en tout premier lieu à celui visant l'utilisation de matériel végétal résistant, il est possible de s'appuyer sur des outils déjà disponibles comme la création de génotypes présentant des résistances aux principaux bio-agresseurs, mais également sur les avancées scientifiques permettant d'identifier les déterminismes génétiques des caractères d'intérêts. Ces connaissances constituent un socle solide pour de nouveaux programmes d'amélioration variétale chez la vigne et représentent certainement l'une des meilleures voies pour s'adapter aux enjeux actuels.

Créer des variétés résistantes au mildiou et à l'oïdium adaptées aux conditions pédoclimatiques de notre vignoble et dont les vins produits ont des qualités organoleptiques tout à fait acceptables est le challenge auquel sont confrontés l'INRA, l'IFV et leurs partenaires.

Principes de la création variétale chez la vigne

La création variétale chez la vigne n'est pas une voie d'amélioration nouvelle. Elle fut utilisée consciemment ou non pour améliorer les cépages depuis la domestication de la vigne. Les différentes étapes de la création variétale se définissent surtout par une meilleure compréhension des facteurs et des acteurs de la création de nouvelles variétés. De tout temps, l'amélioration de la vigne se résume à deux méthodes encore utilisées actuellement ; seule leur mise en œuvre et les outils ont changé au cours du temps :

- La première est basée sur l'apparition naturelle de mutations dans les populations de vigne. L'impact de ces mutations est repéré morphologiquement et quand ces mutations sont intéressantes, elles sont conservées par simple bouturage ou greffage : c'est la sélection clonale. Dans ce cas, on a une conservation de l'identité variétale de la souche initiale.
- La seconde méthode utilise la reproduction sexuée. Il s'agit de semer un pépin qui est le résultat d'un croisement, naturel ou volontaire, entre deux géniteurs via le pistil de l'individu femelle et le pollen de l'individu mâle. On obtient ainsi une nouvelle plante,

originale, distincte des deux parents et qui combine au hasard certains caractères parentaux.

Etapes clé de la création variétale

Le XIXe siècle voit apparaître les premiers travaux sur des croisements volontaires et contrôlés entre deux cépages dans le but de créer de nouvelles variétés mieux adaptées aux objectifs de production. Près de Montpellier, en 1828, c'est-à-dire avant la connaissance des lois de Mendel sur l'hérédité (1865), Louis Bouschet de Bernard va hybrider des cépages méridionaux déficients en couleur avec un cépage teinturier, pour obtenir des cépages très colorés convenant à la région. La variété la plus célèbre obtenue à cette période est l'Alicante Henri Bouschet ; elle est encore plantée sur plusieurs milliers d'hectares. Dans ce cas, le choix des géniteurs est important et les caractères ciblés sont déterminés par le sélectionneur.

Le XIXe siècle est celui du Phylloxéra. Parallèlement à la création de porte-greffes résistants à partir d'espèces américaines, une autre voie d'investigation a proposé des croisements complexes entre ces mêmes vignes américaines et les cépages européens, dans l'objectif d'obtenir des nouvelles variétés non greffées, résistantes aux maladies (oïdium, mildiou, phylloxéra) et capable de produire des raisins utilisables. Ces variétés étaient nommées « Hybrides Producteurs Directs ». Elles ont constitué jusqu'à 30% du vignoble français dans les années 1960, 20 sont encore inscrits au Catalogue dont le Baco blanc. Cependant, les caractères ciblés étaient essentiellement des caractères à déterminisme génétique dit simple, définition qui correspond à des caractères contrôlés en général par une unique mutation, et facilement identifiables morphologiquement, c'est la « sélection empirique ».

Au XXe siècle, les lois de l'hérédité sont désormais connues. Les caractères étudiés ne sont plus à déterminisme génétique simple, mais complexe. Cette révolution permet de mener des programmes scientifiques de création de nouveaux cépages basés sur des analyses génétiques rationnelles. Ces innovations sont faites surtout par des instituts de recherche et non plus par des viticulteurs ou des amateurs éclairés. La réussite de cette période d'hybridation est quantifiable au travers du nombre de variétés obtenues, avec des variétés comme le Cardinal, l'Italia, le Red Globe, le Centennial seedless, le Danlas... Plus récemment, le Marselan, le Caladoc, ou pour les porte-greffes Fercal et Gravesac ont été obtenus par l'INRA et sont multipliés à une large échelle.

Dans la période suivante, l'ADN est découvert ainsi que son rôle dans le déterminisme des caractéristiques d'une plante. Les différences observées (ou polymorphismes) entre deux individus au niveau de leurs séquences d'ADN sont directement corrélées avec la morphologie, la phénologie et la composition organique de la

plante. C'est le développement d'une nouvelle discipline scientifique, la biologie moléculaire.

La morphologie d'une variété, la composition de sa baie, son niveau de résistance aux bio-agresseurs ou encore sa capacité d'adaptation aux différents environnements sont préprogrammés par la séquence « personnelle » de son ADN. Chaque variété possède en effet une séquence qui lui est propre. Cependant l'organisation globale de cette séquence est spécifique d'une espèce. Pour la vigne cultivée (*Vitis vinifera* L.), le décryptage du génome a été publié à deux reprises en 2007. Son décryptage permet dès lors d'accélérer l'identification de polymorphismes localisés le long du génome et de chercher des corrélations avec des caractères intéressants. Cependant, pour avoir accès à un grand nombre de mutations on doit disposer d'un grand nombre de cépages avec des origines les plus diverses possibles. Les conservatoires de vigne, comme celui du Domaine INRA de Vassal (Hérault), constituent donc naturellement des ressources indispensables aux généticiens, puisqu'ils représentent autant de réservoirs de diversité génétique.

Enfin, et afin d'accélérer les cycles de reproduction chez la vigne et de raccourcir le temps d'un programme de sélection, il est désormais possible d'utiliser un génotype particulier appelé « Dwarf » (nain). Lorsqu'un programme d'amélioration variétale nécessite plusieurs cycles de croisement, l'attente de mise à fruit des génotypes intermédiaires est longue chez la vigne classique (entre 2 à 3 ans minimum) alors que chez les génotypes « Dwarfs » le passage du « pépin au pépin » est de 9 à 10 mois. Ces génotypes sont donc de parfaits outils intermédiaires pour accélérer les programmes de sélection complexe chez la vigne.

Travaux récents et perspectives de diffusion

La première génération de génotypes à résistance monogénique, construits par Alain Bouquet au milieu des années 80, est porteuse des gènes majeurs **Run 1 (résistance à l'oïdium)** et **Rpv1 (résistance au mildiou)**. Les premiers tests conduits sur les sites INRA et dans quelques parcelles du Languedoc-Roussillon ont montré que ces génotypes ont un comportement satisfaisant en situation de pression élevée. Ceci souligne d'une part l'importance de ces gènes mais n'augure en rien sur la durabilité de la résistance et du comportement de ces cultivars s'ils sont déployés sur de grandes surfaces (voir plus loin, la position de l'INRA).

Depuis 2000, l'INRA Colmar UMR SVQV a engagé un programme de créations de variétés de cuves résistantes au mildiou et à l'oïdium. A partir de 2016, les premières variétés de cuve résistantes obtenues par l'INRA de Colmar UMR SVQV seront proposées à l'inscription. Ces variétés présentent au moins deux sources de résistance au mildiou et à l'oïdium et font actuellement l'objet de l'évaluation dite VATE dans plusieurs sites différents. Ce programme a connu une accélération significative en 2011, avec la mise en place des essais VATE. Pour cette dernière étape de la sélection, l'INRA s'associe avec l'IFV et les 33 partenaires de la Sélection Vigne (CTNSP = commission nationale de sélection et de participation). L'IFV a produit le matériel expérimental, et 5 sites ont été installés :

PARTENAIRE	VARIETES CANDIDATES	VARIETES TEMOINS
Chambre d'Agriculture de Vaudose	5 obtentions à raisin noir	Grenache N
Chambre d'Agriculture de la Grande	3 obtentions à raisin noir	Merlot N
Comité interprofessionnel des Vins de Champagne	3 obtentions à raisin blancs (trois)	Chardonnay B
Scène Basquaise	3 obtentions à raisin noir, 4 blancs	Chardonnay B, Gamay N
INRA - Unité expérimentale de Montpellier (AG)	3 obtentions à raisin blanc, trois	Cabernet France N

D'autres essais VATE seront mis en place à compter de 2015, sous la coordination de l'INRA et de l'IFV qui ont signé en 2012 un

accord de partenariat visant notamment à mutualiser leurs efforts en matière de sélection créatrice.

Pour les variétés destinées à produire du jus de raisin, les premières inscriptions devraient être prononcées à partir de 2016 également. Il s'agit pour cette catégorie principalement de vieux hybrides créés durant la première moitié du XXème siècle.

L'INRA Montpellier UMR AGAP et l'IFV dans le cadre de l'unité mixte technologique Géno-Vigne® ont initié en 2008 un **programme de créations de variétés de table** également à résistances « polygéniques », il faudra attendre 2019 pour les premières inscriptions.

Enfin, suite aux travaux initiés par l'INRA Bordeaux à partir d'un **hybride résistant « le 7489 »** (un des parents des variétés d'agrément Aladin, Amandin, Candin et Perdin), les essais suivis dans le Var par le GRAB, la CA du Var et le centre des rosés, pourraient également déboucher sur l'inscription d'une ou deux nouvelles variétés de cuve si la preuve est apportée que celles-ci sont polygéniques. L'INRA Colmar a engagé un programme sur cet hybride afin de connaître les facteurs de résistance qu'il porte.

Principes de la résistance à un agent pathogène

La résistance d'une plante à un agent pathogène peut-être qualifiée par plusieurs critères indépendants :

- la résistance est contrôlée par un seul gène (résistance monogénique), par quelques gènes (résistance oligogénique) ou par plusieurs gènes (résistance polygénique) ;
- le gène de résistance permet un contrôle total de l'infection (résistance totale ou complète) ou un contrôle partiel (résistance partielle ou incomplète) ;
- le spectre d'action du gène de résistance est restreint à un nombre limité de races de l'agent pathogène (résistance spécifique ou verticale) ou est étendu à la plupart des races de l'agent pathogène (résistance générale ou horizontale).

La position de l'INRA sur ses propres obtentions variétales

Lors de la section vigne du CTPS de décembre 2011 et, plus récemment en octobre 2013, l'INRA a précisé sa position quant au déploiement de ses obtentions de variétés résistantes. L'INRA, en accord avec l'IFV, a adopté une attitude de responsabilité qui consiste à ne pas déployer le matériel à résistance monogénique (Run 1 et Rpv1) et de donner la priorité au déploiement du matériel à résistance polygénique. Car, un contournement de ces résistances rendrait caduque l'utilisation de ces variétés, et rendrait hypothétique l'usage des gènes contournés dans de futurs programmes de créations variétales. L'INRA souhaite donc :

- déployer les variétés issues du programme d'introgession de résistances polygéniques (inscription envisagée à partir de 2016 pour les premières variétés de cuve) et des programmes qui suivront. Dans ce programme, outre des résistances au mildiou et à l'oïdium, des facteurs de résistance au black-rot, susceptible de ré-émerger à la suite d'une diminution ou d'un arrêt des traitements contre l'oïdium et le mildiou seront également pris en considération ;
- mettre en place une action de communication à destination de la profession sur les avantages du déploiement des variétés à résistance polygénique et sur les différents programmes de sélection en cours, pour souligner la cohérence et la responsabilité de la stratégie suivie par l'INRA ;
- poursuivre les expérimentations sur les obtentions à résistance monogénique dans le cadre des recherches sur la durabilité des

L'objectif général du programme de l'INRA est de créer des variétés de cuve résistantes aux maladies cryptogamiques majeures, afin de réduire l'emploi des produits phytosanitaires et ainsi de favoriser le développement d'une viticulture économe et plus respectueuse de l'environnement et de la santé des applicateurs. Ces variétés doivent présenter des résistances à la fois efficaces et durables, et être comparables aux variétés traditionnelles des vignobles français pour leurs aptitudes culturales et œnologiques. Une gamme de 10 à 20 variétés nouvelles est attendue, à raisins noirs et à raisins blancs, dont les premières seront disponibles à partir de 2016.

Cadre réglementaire, Programmes de créations variétales en cours et dates d'inscription envisagées

Quel est le cadre réglementaire pour procéder à l'inscription d'une variété ? L'inscription au catalogue est placée sous la responsabilité du GEVES (Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences) et du CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection). Le règlement technique de la section vigne du CTPS (avril 2008) définit trois procédures distinctes et complémentaires.

1. Dénomination : la variété objet de la demande doit se voir attribuer un nom incontestable et sans confusion possible avec d'autres variétés existantes.

2. DHS : distinction, homogénéité et stabilité. Cette étape vise à définir les critères morphologiques qui caractérisent la variété et permettent de l'identifier. Elle est menée dans la collection de référence de l'INRA Vassal (Marseillan, 34) par les experts ampélographes.

3. VATE : valeur agronomique technologique et environnementale. Cette phase est menée par des opérateurs techniques dont la capacité à suivre l'expérimentation est reconnue ou par le demandeur lui-même. Pour les cépages de cuve, il s'agit de mettre en place deux parcelles expérimentales dans deux bassins de production distincts et selon avec 3 répétitions de 30 souches par variété candidate en comparaison à une variété témoin. Pour les variétés de table, le dispositif minimum est de 3 x 8 souches. 3 ans de suivi plus des dégustations sont requis pour constituer ce dossier. Depuis quelques années, cette phase intègre le volet environnemental. Ce qui signifie que, pour des variétés résistantes aux maladies cryptogamiques (mildiou et oïdium), des bio-essais sont demandés. Ceux-ci sont réalisés au sein de la **plateforme mildiou-oïdium de l'INRA de Colmar**.

A noter que depuis 2008, les cépages de cuve sont classés sur une liste nationale, il n'y a plus de distinction entre les catégories autorisé et recommandé. De plus, les cépages « non cuve » ne font pas l'objet de classement. *Source : section vigne du CTPS*

Les programmes de création variétale dans les pays étrangers

Les variétés inscrites dans des pays de l'union européenne suscitent également de l'intérêt de la part des professionnels, notamment les obtentions allemandes ou suisses. Il s'agit, pour le moment, de variétés créées dans les années 80 et 90. 4 variétés ont été installées en VATE **en 2012 auprès des chambres d'agriculture de l'Aude et de l'Hérault, le Cabernet Cantor, le Cabernet Cortis, le Muscaris et le Souvignier gris**. Leur comportement vis-à-vis de l'oïdium sera suivi avec attention. En tenant compte des demandes exprimées dans certaines régions viticoles, les variétés suivantes pourraient être expérimentées prochainement : Cabernet Carbon, Allegro, Divico, Monarch, Prior, Solaris... Au-delà de cet aspect, la recherche des QTLs de résistances, la vérification de l'identité de ces génotypes et de leur état sanitaire doit être un préalable au bon suivi de ces essais. L'unité mixte technologique Géno-Vigne® s'est investie sur les deux premiers aspects. La mise en place de ces essais, leur suivi et la coordination des travaux seront menés par l'IFV et ses partenaires.

Conclusion et perspectives

L'innovation en viticulture est depuis toujours associée à la création variétale. Les possibilités d'obtenir des variétés très proches de celles voulues ont évolué avec les avancées de la recherche scientifique, sans perdre de vue que le matériel végétal créé doit correspondre à la demande des viticulteurs, répondre à leurs préoccupations et être en adéquation avec les attentes des consommateurs. Cette dernière motivation a d'ailleurs été le moteur de la création au cours du temps, que ce soit pour domestiquer la vigne, adapter sa culture à d'autres environnements ou pour résister à des bio-agresseurs en l'absence de produits phytosanitaires. La création variétale reste une source importante d'innovation pour répondre aux besoins de la viticulture. Elle dispose aujourd'hui de nouveaux outils qui lui permettront de créer des cépages plus rapidement et de mieux cibler les individus sélectionnés. Le dialogue entre tous les acteurs de la viticulture doit donc maintenant être approfondi afin de définir ensemble les caractéristiques des cépages de demain.

En 2012, ce ne sont pas moins de 29 demandes d'inscription qui sont en cours d'instruction ! Toutes ces demandes ne portent pas que sur des variétés résistantes mais témoignent de l'intérêt porté à élargir le Catalogue.

Systèmes de conduite en rupture adaptés aux vignobles du Sud Ouest

Virginie VIGUÈS¹, Thierry DUFOURCQ², Christophe GAVIGLIO¹, Laure GONTIER¹, , Philippe SACCHARIN¹, Anne-Sophie MICLOT³, Thierry MASSOL³, Stève CHARLOT⁴, Jean MORA³, Eric SERRANO¹

¹Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN

²Institut Français de la Vigne et du Vin – Château de Mons, 32100 CAUSSENS

³Chambre d'Agriculture du Gers - Château de Mons, 32100 CAUSSENS

⁴Chambre d'Agriculture du Tarn - Abbaye Saint-Michel 81600 GAILLAC

⁵Domaine Expérimental Viticole Tarnais - V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN

Email: virginie.vigues@vinevin.com

Lancé en 2008-2009 suite au Grenelle de l'environnement, le plan Ecophyto 2018 repose sur un besoin d'adaptation et une volonté d'anticipation. Le plan permettait, en effet, une adaptation de la filière agricole aux accords cadres pour l'eau, tout en se préparant aux directives communautaires sur l'utilisation durable des pesticides. Le Plan Ecophyto compte 9 axes dont l'axe 2 qui s'appuie sur un réseau de Démonstration, Expérimentation et de Production de référence sur les systèmes économes en phyto-sanitaires (réseau DEPHY). Ce réseau DEPHY décliné dans toutes les filières se divise donc notamment, en un volet de démonstration (FERMEcophyto) mais aussi en un volet expérimentation (EXPEcophyto). En viticulture, 6 projets répondent au volet expérimentation et sont organisés dans une démarche commune : EcoViti financé par le Casdar

La démarche nationale Ecoviti

Le projet EcoViti a pour principal objectif d'appliquer au cas de la réduction de l'utilisation des intrants phytosanitaires, une méthodologie permettant la création de systèmes de culture innovants. Cette méthodologie s'appuie sur deux piliers :

- un groupe d'experts qui crée des prototypes de systèmes de cultures
- des plateformes expérimentales qui permettent le test de ces prototypes.

La démarche est ensuite basée sur l'interaction entre les deux piliers.

Création des prototypes : La conception des prototypes peut faire appel à des techniques déjà éprouvées, comme à des techniques plus expérimentales, voire complètement nouvelles. L'innovation se situe autant au niveau des techniques utilisées que dans leur association. Pour favoriser l'émergence d'idées nouvelles, la composition du groupe d'expert est donc bien sûr primordiale. Elle se veut refléter la diversité des spécialistes de la viticulture tant au niveau des disciplines (pathologie, physiologie, agronomie, économie...) que des organismes (recherche fondamentale, appliquée, développement), afin de mélanger les approches et les influences. Ces prototypes se présentent comme un ensemble de règles de décisions s'appuyant sur des indicateurs précis, afin d'en objectiver au maximum l'application. Des indicateurs permettant l'évaluation du prototype et l'analyse du fonctionnement du système sont également mis en place.

Les plateformes expérimentales : Les prototypes proposés par le groupe d'expert sont ensuite testés sur différentes plateformes expérimentales, réparties sur l'ensemble du territoire français. L'objectif de ces expérimentations est d'évaluer la faisabilité des prototypes et leur efficacité tant au niveau production (quantité et qualité) que réduction effective du niveau d'intrants phytosanitaires.

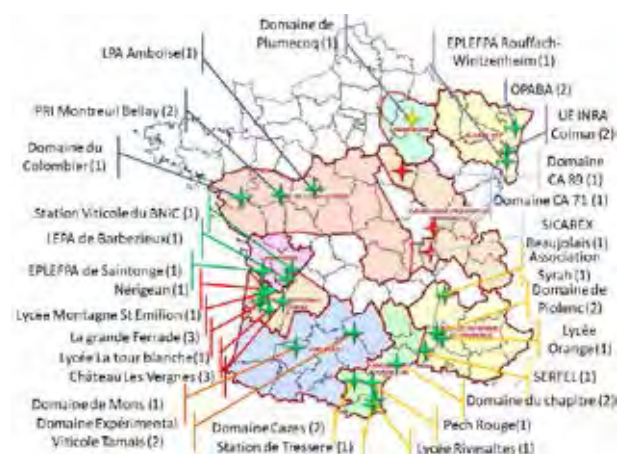


Figure 1 : représentations cartographiques de l'ensemble des plateformes expérimentales sur le territoire national En vert et jaune les sites opérationnels En rouge, ceux présentés pour l'année prochaine

La démarche régionale ExpEcoViti Sud-Ouest

La méthodologie décrite précédemment a été appliquée et adaptée au bassin Sud-ouest.

Le Bassin Sud-ouest : 45 000 ha en double production : La particularité de la grande majorité des exploitations viticoles du Sud-ouest est leur positionnement pour des raisons historiques et stratégiques sur deux niveaux de production de raisins : l'Appellation d'Origine Protégée et l'Indication Géographique Protégée. Les 45 000 ha du Bassin Sud-ouest sont ainsi partagés : 60% en IGP et 40% en AOP. La production se partage à volume égal entre les vins rouges et les vins blancs. Pour ces derniers, il s'agit principalement d'une production IGP issue du département du Gers (ouest du Bassin) tandis que les vins rouges sont répartis entre IGP et AOP sur la zone Est du bassin Sud-ouest. La mise en place de systèmes innovants passe ainsi nécessairement par la prise en compte de ces deux systèmes de productions qui impliquent des raisonnements différents en termes de rendement, de qualité du raisin et de qualité sanitaire.

Trois prototypes se sont imposés : Les trois prototypes qui se sont alors imposés sont :

- AOP rouge
- IGP rouge et IGP blanc.

Pour la localisation, le choix s'est naturellement orienté vers des vignobles où le réseau FERMEcophyto avait déjà été mis en place : le vignoble des Côtes de Gascogne et le vignoble de Gaillac. Ainsi les ingénieurs réseaux des Chambres d'Agriculture concernées ont été impliqués dans la conception et la mise en œuvre des prototypes. Les trois systèmes de rupture imaginés ont donc pris place en 2013 sur les sites expérimentaux suivants :

- Le Château de Mons dans le Gers pour la production IGP Blanc Côtes de Gascogne (1ha)
- Le Domaine Expérimental Viticole Tarnais pour la production IGP Rouge (1ha) et AOP Rouge Gaillac (1ha)

Chaque plateforme expérimentale dispose d'un à plusieurs témoins non traités et d'une référence correspondant au programme de traitement annuel du Domaine.

Description des prototypes : Les destinations des parcelles (AOP ou IGP) ont donné la principale contrainte des prototypes : le rendement pour l'IGP (100ha/L) et le rendement (50hL/ha) associé à des critères de qualité pour l'AOP. Un préalable commun a été fixé pour l'ensemble des prototypes : l'interdiction de l'utilisation d'herbicides.

IGP, un système ultra mécanisé : En IGP, deux plateformes expérimentales ont été mises en place. La plateforme destinée à produire de l'IGP côtes de Gascogne a été plantée spécifiquement pour l'étude en 2012. Le cépage étudié est le Colombard et le prototype est une vigne en forme libre (sans palissage), conduite en taille mécanisée. L'augmentation de la charge en bourgeon par mètre linéaire (30-40 bourgeons) entraîne une diminution de la vigueur des rameaux développé et vraisemblablement une moindre sensibilité aux agresseurs. Pour l'année 2013, pour préserver le plantier, le choix a été fait d'assurer une protection raisonnée, sans diminution de rupture mais sans herbicide.

Tableau I : prototype IGP rouge- modalités de mise en œuvre et principales règles de décisions.

		Modalité	Règles de décision
Itinéraire cultural			
Entretien du sol	Sous le rang	Enherbement semé – tonte	Montée à graine et/ou h>30cm
	Inter-rang	1 rang sur 2, tonte 1 rang sur 2, travail du sol	Montée à graine et/ou h>30cm Fin d'hiver et salissement>20%
Mode de conduite	Taille	Mécanique – taille rase	
	Épamprage	Mécanique – machine à lanière	Longueur de pampres 10cm-30cm
	Rognage	Mécanique	
	Effeuilage	Mécanique – machine à rouleaux	1 face nouaison et 1 face post-véraison
Fertilisation		50 unités d'engrais azoté	Carences foliaires – analyses foliaires
	Engrais vert	Légumineuses majoritaires Destruction et enfouissement	Apport d'azote En fonction de la hauteur de pousse
Irrigation		En fonction du stress hydrique	Mise en place de sondes Mesure de potentiel de tige
Protection phytosanitaire			
Maladies	Mildiou	Face par face Seuil de déclenchement Avant pluie	5% de feuilles atteintes et taches sporulées et pluies contaminantes selon la modélisation Potentiel Système
	Oïdium	Face par face	à partir du stade « floraison » et modélisation d'une pression moyenne à forte et modélisation d'une période à risque
	Botrytis	Pas d'intervention	
Ravageurs	Vers de la grappe	Pas d'intervention en G1 Gestion de la G2 et G3 en fonction de seuil	50 pontes pour 100 grappes
	Cicadelle verte	Pas d'intervention	
	Flavescence dorée	Conforme à l'arrêté préfectoral	
Récolte			
	Vendanges	Mécaniques. Système de tri embarqué	12°C ou présence de botrytis

Tableau II : prototype AOP rouge- modalités de mise en œuvre et principales règles de décisions.

		Modalité	Règles de décision
Itinéraire cultural			
Entretien du sol	Sous le rang	Désherbage mécanique	20% couverture du sol
	Inter-rang	1 rang sur 2, enherbement naturel 1 rang sur 2, enherbement semé	Tonte si montée à graine et/ou h>30cm
Mode de conduite	Taille	manuelle	6 bourgeons sur la baguette + 2 sur le courson
	Ébourgeonnage	manuel	Conserver 8 rameaux
	Épamprage	manuel	Longueur entre 10 et 30cm
	Rognage	mécanique	Hauteur de végétation>1,40m
Fertilisation		Adeptation au végétal	Carences foliaires – analyses foliaires
	Engrais verts	50% graminées - 50% légumineuses Destruction roulage mulch	Sur inter-rang enherbé naturellement Effet mulch En fonction de la hauteur de pousse
Irrigation		Pas d'intervention	
Protection phytosanitaire			
Maladies	Mildiou	Face par face Préventif 50g de cuivre par application	Préventif des contaminations de masse modélisées par potentiel système
	Oïdium	Face par face 2kg de soufre par application	à partir du stade « floraison » et modélisation d'une pression moyenne à forte
	Botrytis	Pas d'intervention	
Ravageurs	Vers de la grappe	Pas d'intervention en G1 Gestion G2 et G3	30 pontes pour 100 grappes
	Cicadelle verte	Seuil de déclenchement	100 larves pour 100 feuillés
	Flavescence dorée	Conforme à l'arrêté préfectoral	

La plateforme destinée à produire de l'IGP rouge est une vigne en place comportant 3 cépages (Braucol, Duras et Syrah). Ceux sont les résultats de cette plateforme qui seront détaillée dans le reste du document. L'approche IGP Rouge est basée sur une seule contrainte : le rendement doit être de 100 hL/ha. Mais trois principes orientent le prototype :

1-La limitation maximale des intrants selon des règles de décisions (cf tableau I)

2- La compensation d'éventuelles pertes de récolte par un potentiel de production initial supérieur à l'objectif final

3- La baisse le coût de production du raisin en favorisant la mécanisation du vignoble.

Cette mécanisation concerne les travaux suivants :

- Taille de la vigne : utilisation d'un nouveau concept de machine de taille rase associant des coupes verticales et horizontales. Aucune reprise manuelle n'est envisagée. L'utilisation de cette technique a été rendue possible par la modification du mode de conduite actuel. Le Guyot simple a été transformé en cordon unilatéral adapté à la taille rase et le palissage a été remonté.

- Entretien du sol : utilisation de tondeuses interceps sous le rang dont les derniers modèles permettent d'associer vitesse de travail et précision de tonte au ras de la souche.

- Epamprage mécanique : utilisation de machine à lanières permettant des gains d'efficacité et de temps de travail

- Effeuilage mécanique : utilisation d'une effeuilleuse à rouleaux favorisant une pratique simple, très rapide et peu onéreuse mais suffisamment efficace pour répondre aux attentes d'une aération convenable de la zone des grappes

- Vendange : utilisation d'une machine à vendanger dernière génération permettant une récolte rapide et propre des systèmes de conduite buissonnants (taille mécanique) grâce à un système de tri embarqué.

AOP, objectif qualité : L'approche AOP introduit la notion de qualité du raisin et le respect des règles de production liées à l'appellation d'origine. Des techniques plus couteuses sont

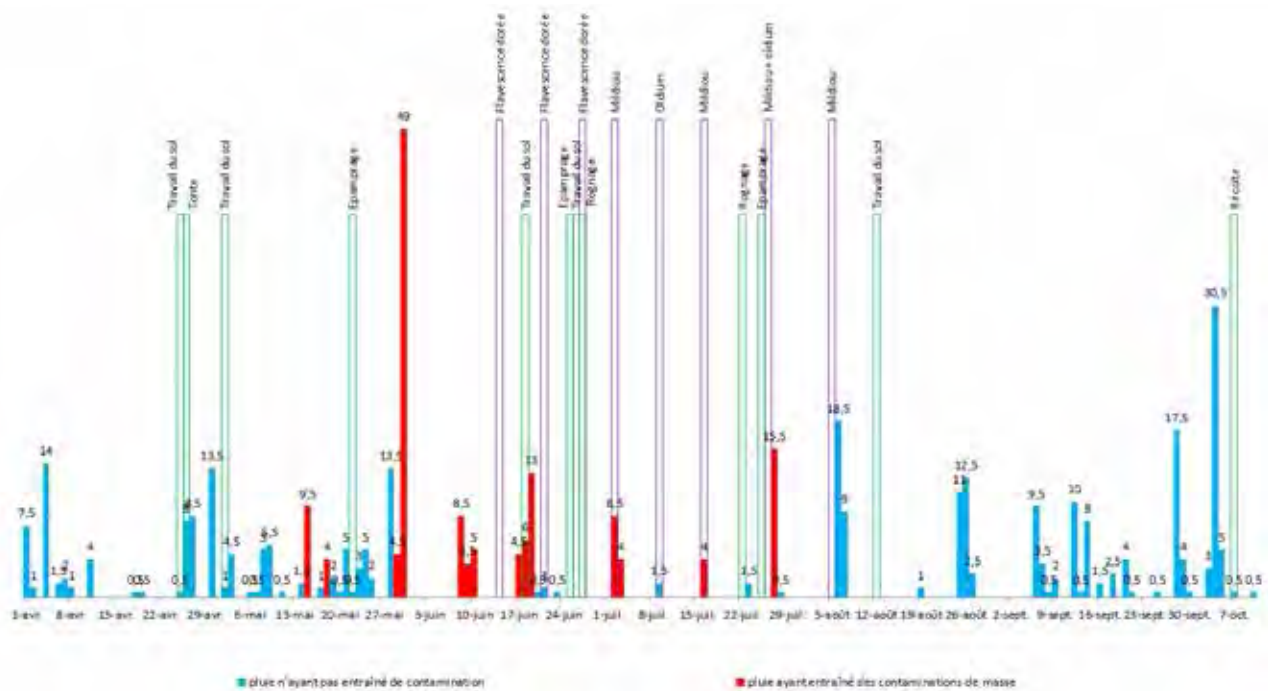


Figure 2 : succession des interventions sur le prototype IGP rouge et pluviométrie quotidienne

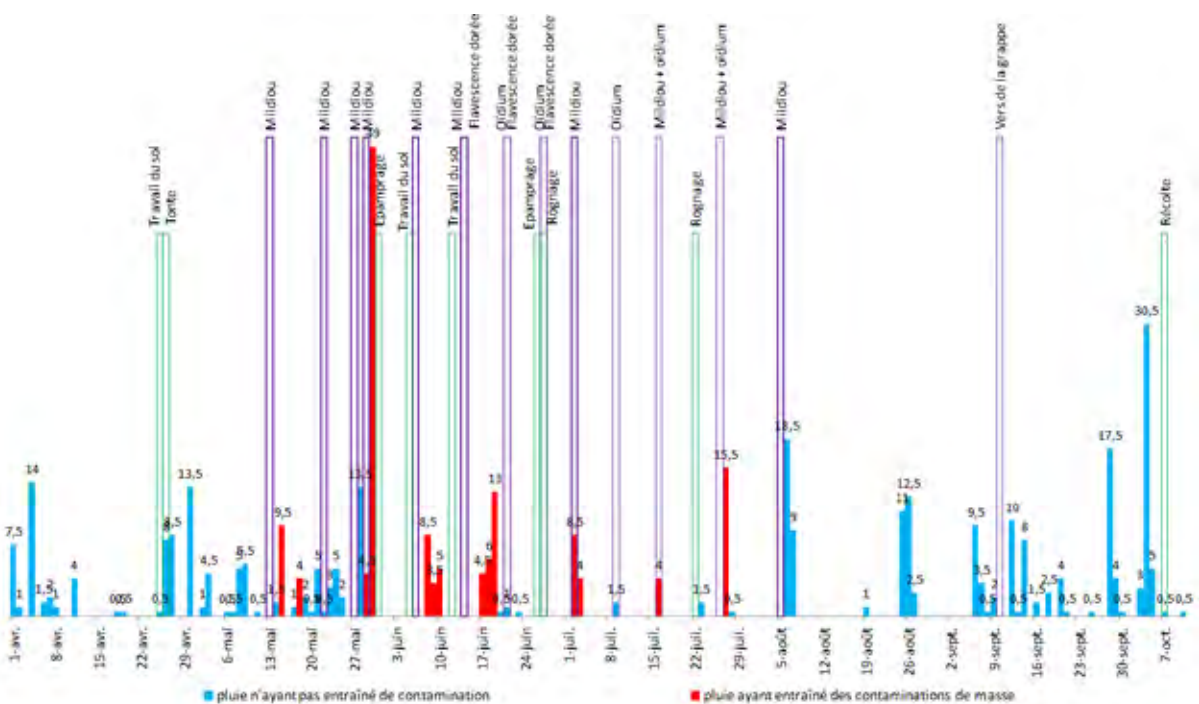


Figure 3 : succession des interventions sur le prototype AOP rouge et pluviométrie quotidienne

envisagées afin de conserver des niveaux minimum de qualité aromatique et polyphénolique au produit issu du système de rupture. La plateforme de 1ha est composée de trois cépages : Fer servadou, Duras et Syrah.

Evaluation des prototypes : Des indicateurs de pilotage sont mis en place. Ils permettent de suivre les règles de décision décrites précédemment et ainsi de justifier toute intervention. En fin de campagne, un bilan est réalisé avec des indicateurs dits d'évaluation. Par exemple : fréquence et intensité d'attaque par les champignons, rendement, coût de production, qualité du vin (analytique et organoleptique). En cas de « décrochage » d'un prototype, cet échec est analysé grâce à des indicateurs d'analyses suivis tout au long de la campagne.

La campagne 2013 : les tous premiers résultats

La succession des interventions : Sur le prototype IGP, les interventions liées à la protection phytosanitaire sont peu nombreuses mais nombreux passages liés au travail du sol et à l'épandage. Sur le prototype AOP, les traitements ont été nombreux. Les règles de décisions appliquées à la protection phytosanitaire ont conduit à réaliser de nombreux passages et à faire preuve d'une forte réactivité.

Un premier bilan

L'IFT : L'indicateur officiel pour la réduction des intrants est l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement). En 2013, sur les prototypes testés, il est de 5,74 (1,74 pour les fongicides et 4 pour les insecticides) sur le prototype AOP et de 9 (6 pour les fongicides et 3 pour les insecticides) sur le prototype IGP.

L'état sanitaire : le mildiou en vedette : Le mildiou est apparu début juin par quelques taches éparses. Il a ensuite été contenu jusqu'à la fin du mois de juin période à laquelle les symptômes se sont faits plus présents. La mi-juillet est marquée par l'aggravation nette de la maladie. Sur AOP, les traitements ont permis de limiter un temps, le mildiou sur grappes. Mais en fin de campagne, la forte pression exercée par le mildiou a engendré un décrochage du programme de traitement notamment sur feuille et donc une défoliation prématurée de ce prototype. Sur IGP, le seuil de 5% de feuilles atteintes a été franchi fin juin (x% au x juin). Les interventions ont alors été déclenchées. Le franchissement de ce seuil n'a pas été progressif et a été concomitant avec une importante sortie sur grappe laissant envisager la suite de l'épidémie. Au final, les dégâts de mildiou ont entraîné des pertes de récolte. Cette notion de seuil de déclenchement n'a pas été pertinente en 2013. Aucun dégât lié à l'oïdium n'a été recensé.

Tableau III : dégâts liés au mildiou –notation réalisée fin juillet sur le cépage Duras

Prototype	Feuille		Grappes	
	Fréquence	Intensité	Fréquence	Intensité
AOP	93,5%	23,5%	96,5%	38%
IGP	27,5%	2,8%	98,5%	59,5%

Objectif principal non atteint : le rendement : Le rendement a été particulièrement faible sur les deux prototypes quel que soit le cépage considéré. Ce rendement faible est en partie inhérent au millésime puisque la parcelle de Fer servant de référence n'a pas produit davantage de raisin. Sur le Fer servadou, les pertes de récolte sont majoritairement liées à une chute des boutons floraux avant floraison (liée aux très faibles températures de mai et juin) à laquelle s'ajoute une modification du système de conduite sur IGP et des dégâts de mildiou sur AOP. Sur le Duras, ce faible rendement est du aux phénomènes conjugués de coulure, millerandage et aux dégâts de mildiou auxquels s'est ajouté le botrytis sur le prototype IGP.

Tableau IV : rendements estimés sur les prototypes

Prototype	nbre moyen de grappes par cep	poids moyen par cep (kg)	poids moyen d'une grappe (g)	Rendement (kg/ha)	Rendement (hl/ha)
Fer servadou					
AOP	32,8	0,798	60,7	1504,4	25,7
IGP	6,7	0,158	23,2	709,5	9,1
Duras					
AOP	29,0	0,728	37,1	1270,6	23,4
IGP	35,2	0,567	31,5	2528,4	18,1
Référence- Fer servadou					
Braucal		0,606		2727,0	19,5

Et la qualité ? Si les rendements des plateformes expérimentales ne sont pas ridicules comparativement à la référence. Les caractéristiques des moûts ont, en revanche, été très pénalisés par les attaques de mildiou sur feuilles. En l'absence de feuillage sain, notamment sur AOP, la maturité n'a pas été atteinte.

Tableau V : Caractéristiques analytiques de la récolte – analyses réalisées sur moûts hormis ou sur raisin pour le prototype IGP cépage Fer servadou

Prototype	nbre moyen de grappes par cep	poids moyen par cep (kg)	poids moyen d'une grappe (g)	Rendement (kg/ha)	Rendement (hl/ha)
Fer servadou					
AOP	32,8	0,798	60,7	1504,4	25,7
IGP	6,7	0,158	23,2	709,5	9,1
Duras					
AOP	29,0	0,728	37,1	1270,6	23,4
IGP	35,2	0,567	31,5	2528,4	18,1
Référence- Fer servadou					
Braucal		0,606		2727,0	19,5

Conclusion et perspectives

Le millésime 2013 a été compliqué (forte pluviométrie associée à de faibles températures) et même en situation « normale », les rendements ont été particulièrement faibles. Les objectifs principaux des deux prototypes n'ont pas été atteints. L'année 2013 a permis de mettre en évidence les limites de la réduction des intrants. Pour 2014, des adaptations des prototypes sont à réfléchir avec les différents partenaires en prenant en compte les enseignements de 2013.

La fin des herbicides ? Plusieurs stratégies innovantes d'entretien du sol à l'épreuve dans le Sud-Ouest.

Laure GONTIER, Christophe GAVIGLIO

Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN
Email: laure.gontier@vignevin.com

L'entretien des sols est un élément important dans la mise en œuvre d'une viticulture durable. Le récent Grenelle de l'Environnement a fixé des objectifs ambitieux de réduction de l'utilisation des pesticides en agriculture. En parallèle, la commission européenne, dans son projet de directive-cadre sur la protection des sols (2006), a identifié 8 principales menaces qui pèsent sur les sols. La viticulture est particulièrement sensible à certaines d'entre elles comme l'érosion, la diminution des teneurs en matières organiques, le phénomène de tassement du sol et l'appauvrissement de la biodiversité des sols.

L'implantation d'un couvert végétal en association avec la vigne, ou couvert intercalaire, est une pratique agro-écologique susceptible de rendre de nombreux services écosystémiques. En particulier, la réduction du recours aux intrants (phytosanitaires, engrais de synthèse dans le cas de couverts à base de plantes de la famille des Fabacées), la réduction du transfert de polluants vers l'environnement (Tournebize, 2001 ; Schreck, 2008) mais également l'amélioration de la fertilité des sols : augmentation de la stabilité structurale (Le Bissonnais et Andrieux, 2007), de la teneur en matières organiques en surface, création d'un écosystème favorable au développement de la flore et de la faune du sol (Coll et al., 2009).

Sur l'ensemble des vignobles, l'évolution des pratiques d'entretien du sol concerne essentiellement l'entretien des inter-rangs. L'implantation d'un couvert végétal sur les inter-rangs est notamment une pratique qui connaît un développement important ces quinze dernières années, en particulier au sein du Bassin Viticole Sud-Ouest. Cependant cette présence végétale, dans la plupart des cas mise en place de façon permanente, est susceptible de concurrencer fortement la vigne pour l'azote du sol. Cette concurrence peut se traduire par des niveaux bas d'azote assimilable dans les mouïts, pouvant nuire à la qualité organoleptique du vin, voire par une pénalisation des rendements ne permettant pas d'atteindre les objectifs de production visés. Sur les rangs de vigne, le désherbage chimique demeure néanmoins la règle générale. Dans une optique de limitation des intrants, le désherbage mécanique demeure l'alternative première à l'utilisation d'herbicides. Cette technique, bien qu'efficace, peut s'avérer contraignante en termes de coût et d'organisation du travail (Heinzle, 2002 ; Gaviglio, 2007).

L'IFV a initié en 2006 un programme visant à mettre au point des stratégies d'entretien du sol innovantes limitant l'usage des herbicides. Ces stratégies doivent à la fois être respectueuses de l'environnement et économiquement viables. Deux des pistes de travail envisagées, ayant fait l'objet d'expérimentations dans le Sud-Ouest, vous sont présentées dans ce compte-rendu :

- La mise en œuvre d'un enherbement maîtrisé sous le rang de vigne en tant qu'alternative au désherbage chimique complémentaire du désherbage mécanique, potentiellement intéressante d'un point de vue technique et économique ;
- La culture d'engrais verts, pratique susceptible d'avoir de nombreux effets bénéfiques sur le sol, tout en permettant une gestion optimisée de l'azote disponible pour la vigne par la maîtrise du couvert, à la fois en termes d'espèces présentes et dans le temps.

Enherbement maîtrisé sous le rang : intérêt technico-économique pour différents types de production du Sud-Ouest

Une 1ère étape : de l'étude à l'échelle de la micro-parcelle...

Matériels et méthodes : Notre étude a débuté en 2007 sur trois zones du bassin de production viticole Sud-Ouest présentant différentes caractéristiques de production: (a) AOP Cahors, cépage Malbec sur sol argilo-siliceux profond, peu sensible au stress hydrique, objectif de production modéré (<10 t/ha) ; (b) AOP Fronton, cépage Négrette sur sol limoneux (« boulbène ») sensible à la contrainte hydrique estivale, objectif de production modéré (<10 t/ha) ; (c) IGP Côtes de Gascogne, cépage Colombard sur sol argilo-calcaire à réserve utile limitée, objectif de production moyen (15t/ha), avec une optique vin blanc aromatique. Sur chaque site, une à deux modalités engazonnement à base de graminées pérennes (*Festuca ovina*, *Koeleria macrantha*, *Dactylis glomerata L. subsp. Hispanica*, *Festuca rubra rubra*) ainsi qu'une modalité d'enherbement naturel, sur la ligne des souches sont comparés au désherbage chimique. Chaque modalité fait l'objet de trois répétitions au sein d'un dispositif expérimental en blocs randomisés complets. L'entretien des inter-rangs est historiquement l'enherbement permanent pour tous les sites : les parcelles sont donc conduites en « enherbement total » de 2007 à 2013, à l'exception de la parcelle IGP Côtes de Gascogne, sur laquelle l'expérimentation a été réorientée à l'automne 2009 avec l'introduction du désherbage mécanique un inter-rang sur deux. La proportion de superficie enherbée a ainsi été réduite à 65% (33% pour la référence désherbage chimique sous le rang) avec conservation de l'enherbement maîtrisé sous le rang. Les parcelles expérimentales sont conduites en espalier palissé (Guyot simple). Les densités de plantation sont de l'ordre de 4000 ceps par hectare sur tous les sites. Les paramètres mesurés ont porté sur trois principaux aspects :

- Les performances du couvert végétal sous le rang : évolution des taux de recouvrement des espèces semées et de la flore spontanée au cours du temps, et de la hauteur de végétation.
- Les impacts agronomiques des différentes pratiques : composantes du rendement, fertilité, vigueur, statuts hydrique et azoté.
- La qualité de la récolte via l'analyse de la composition des mouïts : sucre, acidité, teneur en polyphénols et teneur en azote assimilable.

Principaux résultats : Après cinq années de suivi, le passage d'un enherbement limité aux inter-rangs à l'enherbement total de la parcelle entraîne les mêmes types d'effets agronomiques que ceux observés lors d'expérimentations menées sur la mise en œuvre de l'enherbement des inter-rangs : réduction du rendement et de la vigueur, limitation de la surface foliaire, amélioration de l'état sanitaire (Maigre, 1996 ; Spring, 2001 ; Coulon et Prud'home, 2003). L'intensité de ces impacts varie cependant en fonction des conditions des sites expérimentaux (caractéristiques pédoclimatiques, type de production) et en fonction des modalités testées (espèces semées).

Les impacts agronomiques ont été les plus marqués sur la parcelle à plus forte expression végétative (site IGP Côtes de Gascogne). De 2008 à 2010, la réduction moyenne de rendement sur les modalités enherbées à 100% par rapport au désherbage chimique sous le rang est de 35%, cette réduction est expliquée par une réduction du poids moyen des grappes mais également du nombre de grappes en lien avec une diminution du taux de débourrement. Nous enregistrons également une diminution de la vigueur conjointe à celle du rendement (tableaux I et II).

Ce constat dans un contexte où un objectif de production moyen (15 t/ha) est recherché, amène à reconsidérer la pratique de l'enherbement total. Dans un objectif de limitation des intrants herbicides, il est envisageable de conserver l'enherbement maîtrisé sous le rang associé à des pratiques dans l'inter-rang moins concurrentielles pour la vigne comme le désherbage mécanique ou un enherbement temporaire (ex. engrais verts...). Afin de tester ce type d'itinéraire technique, notre expérimentation a été réorientée à l'automne 2009 avec l'introduction du désherbage mécanique un inter-rang sur deux. La proportion de superficie enherbée a été réduite à 65% (33% pour la référence désherbage chimique sous le rang) avec conservation de l'enherbement maîtrisé sous le rang. Les mesures effectuées de 2010 à 2012 ont mis en évidence un regain de vigueur rapide, dès 2010, après changement de l'itinéraire d'entretien du sol ; quant au rendement, nous avons enregistré son rétablissement à partir du millésime 2011, en lien avec la physiologie du développement des inflorescences de la vigne qui s'établit sur deux cycles. Sur les modalités en enherbement sous le rang, l'objectif de production est ainsi atteint en 2011 et 2012. Sur les deux sites expérimentaux en AOP, nous observons, en revanche, des impacts de l'enherbement total plus modérés sur le rendement et la vigueur (tableaux I et II). Relativement à la modalité désherbage chimique, la diminution du rendement n'excède pas -25% sur les modalités enherbées. De plus, l'acceptabilité de cette réduction de rendement en contexte à objectif de production modéré est fonction du niveau de rendement en valeur absolue : dans certains cas (ex. pratique de l'éclaircissage), l'enherbement total peut être une solution permettant d'atteindre l'objectif de production visé. Sur l'ensemble des sites, si le suivi du potentiel hydrique foliaire ne met pas en évidence d'augmentation sensible de la contrainte hydrique estivale sur les modalités enherbées sous le rang, la gestion de la contrainte azotée demeure en revanche un point crucial. La contrainte azotée enregistrée sur feuilles en cours de campagne, aux stades floraison et véraison, se retrouve au niveau des teneurs en azote assimilable des baies et moûts : l'enherbement total provoque une réduction de ces teneurs (tableau III). Dans le cas de la production de vin rouge, parcelles de Négrette et Malbec, respectivement à Fronton et Cahors, le passage à l'enherbement total a permis une augmentation significative des teneurs en anthocyanes et en polyphénols totaux pour l'ensemble des campagnes de suivi, en lien avec les réductions de rendement enregistrées. Sur la parcelle de Colombar en IGP Côtes de Gascogne, nous enregistrons une augmentation significative de la teneur en sucres et du rapport sucres sur acidité avec l'enherbement maîtrisé sous le rang, là également, en lien avec les réductions de rendement enregistrées. La richesse en thiols aromatiques du vin n'a pas été altérée par la présence d'enherbement sous le rang.

Tableau I. Rendements par modalité sur les sites expérimentaux sur les 3 dernières années d'étude. a, b, c : Résultats du test de comparaison des moyennes de Tukey lorsque l'analyse de variance indique une différence

paramètre	site	Rendement (kg par cep)								
		Gascogne			Fronton			Cahors		
		2010	2011	2012	2009	2010	2011	2010	2011	2012
	millésime			ns						
Entretien du sol sous le rang	Dés. Chimique	5.40 a	8.46 a	8.00	3.76 a	2.17 a	3.13 a	1.96	4.49 a	2.73 a
	Enh. Naturel	3.43 b	6.74 ab	6.87	3.13 b	1.66 b	2.37 b	1.79	1.83 b	1.02 ab
	Enh. Fétuque ovine	-	-	-	2.84 b	1.62 b	2.47 b	-	-	-
	Enh. Fétuque rouge	3.26 b	7.28 ab	7.21	-	-	-	-	-	-
	Enh. Koelerie	3.89 b	4.99 b	8.07	-	-	-	1.90	2.71 b	0.99 b
	Enh. Dactyle	-	-	-	-	-	-	2.03	2.77 b	1.88 b

Tableau II. Vigueur par modalité sur les sites expérimentaux sur les 3 dernières années d'étude. a, b, c : Résultats du test de comparaison des moyennes de Tukey lorsque l'analyse de variance indique une différence significative (p<0.05).

paramètre	site	Poids des bois de taille (g par cep)								
		Gascogne			Fronton			Cahors		
		2010	2011	2012	2008	2009	2011	2010	2011	2012
	millésime				ns					
Entretien du sol sous le rang	Dés. Chimique	736 a	659 a	881 a	434	413 a	316 a	435 a	320 a	563 a
	Enh. Naturel	525 b	528 abc	617 ab	351	339 b	179 b	219 b	161 b	361 b
	Enh. Fétuque ovine	-	-	-	394	331 b	165 b	-	-	-
	Enh. Fétuque rouge	494 b	539 bc	610 ab	-	-	-	-	-	-
	Enh. Koelerie	497 b	349 c	491 b	-	-	-	239 b	174 b	385 ab
	Enh. Dactyle	-	-	-	-	-	-	257 b	174 b	362 b

Tableau III. Teneur en azote assimilable des moûts par modalité sur les sites expérimentaux sur les 3 dernières années d'étude. ** données significativement différentes du témoin (p<0.05)

paramètre	site	Teneur en azote assimilable des moûts (mg/l)								
		Gascogne			Fronton			Cahors		
		2010	2011	2012	2009	2010	2011	2010	2011	2012
	millésime			ns						
Entretien du sol sous le rang	Dés. Chimique	220	201	115	85	108	103	107	97	126
	Enh. Naturel	183	175	108	76	97**	85**	51**	63**	92
	Enh. Fétuque ovine	-	-	-	73	107	96**	-	-	-
	Enh. Fétuque rouge	199	226	111	-	-	-	-	-	-
	Enh. Koelerie	165**	187	-	-	-	-	71**	68**	39
	Enh. Dactyle	-	-	-	-	-	-	64**	61**	106

... A la mise en place de parcelles vitrines dans le cadre de «Zéro Herbi Viti»

Matériels et méthodes : Dans la continuité des essais menés en micro-parcelle sur la thématique de l'enherbement sous le rang, l'Institut Français de la vigne et du vin, accompagné de sept partenaires(2), a mis en place en 2010 le projet «Zéro Herbi Viti». Ce programme d'envergure, d'une durée de trois ans, avait pour objectif principal l'analyse technico-économique et sociologique, à l'échelle parcellaire, de stratégies alternatives au désherbage chimique sous le rang de vigne, conduisant à terme à la suppression totale de l'utilisation des herbicides. L'ambition de Zéro Herbi Viti est de favoriser rapidement la limitation et l'arrêt de l'utilisation d'herbicides en viticulture sur les vignobles du bassin Adour-Garonne. Pour atteindre cet objectif, sept sites pilotes ont été choisis sur les trois régions principales du bassin (Midi-Pyrénées, Aquitaine et Poitou-Charentes), sur des vignobles représentatifs de différents systèmes de production viticole. Les sites ont aussi été positionnés au regard de la fragilité du milieu vis-à-vis de la qualité de l'eau. Les exploitations viticoles «vitrines» sont ainsi situées dans les zones de vigilance «phytosanitaire» identifiées dans le SDAGE et, pour la plupart des cas, sur des zones à enjeu eau potable. Pour assurer un transfert rapide de l'innovation vers les exploitations viticoles, il faut analyser les contraintes qu'implique la modification du système de culture en termes de coût, d'organisation du travail mais aussi d'incertitude et d'acceptabilité sociale, et identifier les leviers d'adoption de la pratique alternative. En ce sens, l'IFV Sud-Ouest et ses partenaires techniques ont fait appel aux compétences en sociologie et en économie de l'Université Toulouse Mirail et de l'École d'Ingénieurs de Purpan. De très nombreuses enquêtes et recueils de données techniques et économiques ont été effectués sur chaque vignoble pilote. (2) École d'Ingénieurs de Purpan, Université Toulouse Le Mirail, chambres d'agriculture du Gers, de la Charente et de la Gironde, Lycée professionnel agri-viticole

de Riscle (32), Château Dillon, EPLEPPA Blanquefort (33), Ferme Expérimentale d'Anglars-Juillac (46).

Principaux résultats : Les principaux enseignements du programme Zéro Herbi Viti, peuvent être résumés en trois points :

- Un surcoût à maîtriser... Le principal facteur de coût lié à l'arrêt des herbicides est le temps passé à l'entretien des vignes. Avec l'enherbement sous le rang, l'utilisation des tondeuses interceps se traduit par d'autant plus de temps de chantier que l'exigence de propreté de la tonte est importante. A contrario, si le viticulteur accepte que l'herbe puisse se développer à un niveau raisonnable, le nombre d'interventions est limité et la vitesse de travail peut être plus importante, ce qui ramène le coût par hectare à un niveau proche du désherbage chimique.
- Une nécessité de raisonner globalement la mécanisation. Les matériels employés pour la tonte doivent répondre aux exigences de vitesse de travail et de précision. Les sites vitrines montrent qu'avec des outils courants, la vitesse de réalisation est faible, de l'ordre de 2,5 km/h, contre 4,5 pour les plus perfectionnés. La configuration de l'outil est notamment déterminante lorsque les inter-rangs sont entretenus différemment : enherbement en alternance avec le travail du sol. En effet, une tondeuse combinant le broyeur inter-rang et les satellites pour l'entretien du cavaillon est inutilisable dans l'inter-rang désherbé mécaniquement. Des montages différents sont possibles pour pallier cette difficulté, par exemple avec les satellites interceps entre les roues du tracteur, ou montés sur un mât à l'avant qui enjambe le rang. De cette manière, l'attelage arrière du tracteur est disponible pour l'outil de travail du sol ou pour une tondeuse.
- Les conditions de l'acceptabilité sociale. Le bassin de production, IGP ou AOP et le terroir jouent un rôle prédominant dans le niveau d'acceptabilité de l'enherbement sous le rang de vigne. L'argument de la diminution de la vigueur et du rendement est récurrent dans le discours des viticulteurs. L'herbe sous le rang est ainsi difficilement appréhendée comme une alternative définitive aux herbicides et est véritablement considérée comme un système en rupture. Ce changement, selon les secteurs de production, relève d'arguments agro-techniques mais également d'enjeux plus complexes liés à l'équilibre des relations professionnelles entre les acteurs (vignerons, opérateurs économiques, organismes de gestion, conseillers,...) et aux logiques de valorisation des vins. La facilité d'accès et la disponibilité des semences et des matériels d'entretien est notamment un point-clé de l'adoption de la pratique.

Les engrais verts en viticulture : des couverts de service qui nécessitent une conduite spécifique

Le terme d'« engrais vert » en viticulture est généralement appliqué à des couverts intercalaires cultivés, non pour être récoltés, mais pour améliorer la fertilité du sol. Les espèces employées sont majoritairement des annuelles d'hiver susceptibles de produire rapidement une biomasse importante. La culture d'engrais verts, mise en œuvre dans de nombreux systèmes de culture (grandes cultures, maraîchage...), est une technique susceptible d'avoir de nombreux effets bénéfiques sur le sol, tout en permettant une gestion optimisée de l'azote disponible pour la vigne par la maîtrise du couvert à la fois en termes d'espèces présentes et dans le temps. Cependant les conditions de mise en œuvre de cette technique ne sont pas complètement maîtrisées en viticulture bien qu'elle soit largement plébiscitée dans les vignobles du nouveau monde, notamment en Californie. De nombreuses familles d'espèces (Poacées, Brassicacées, Fabacées, Hydrophyllacées) sont

disponibles, et diverses associations sont possibles en fonction du sol, du climat et de l'objectif recherché. Par ailleurs, le mode de destruction du couvert est un facteur-clé pour piloter la restitution de l'azote par le couvert végétal. L'objectif du travail mené par l'IFV Sud-Ouest depuis 2011 est d'identifier les conditions optimales de mise en œuvre des engrais verts en viticulture. L'expérimentation porte sur la recherche du type de couvert le plus adapté dans un système de culture où, pour des raisons d'organisation du travail, le semis est généralement réalisé après-vendange – soit assez tardivement, ainsi que sur les modalités de destruction des couverts, avec comme objectif principal l'amélioration de l'alimentation azotée de la vigne. L'étude a été réalisée sur une parcelle expérimentale située au sein du vignoble de Gaillac (81), sur la rive gauche du Tarn, à 195m d'altitude. Elle est localisée sur les terrasses planes d'alluvions anciennes du Tarn, le sol est limoneux, de type lessivé dégradé hydromorphe (luvisol-redoxisol, R.P. 1995), faiblement pourvu en matière organique (11 g.kg-1 (±1)) et en azote total (0.55 g.kg-1 (±0.05)). La parcelle expérimentale, cépage Duras N, est conduite en espalier palissé (Guyot simple). L'objectif de production est élevé (IGP). La densité de plantation est de 4 545 ceps par hectare (2.0 m x 1.1 m). L'entretien du sol sous le rang de vigne est effectué par désherbage chimique. Les couverts végétaux intercalaires « engrais verts » sont semés en octobre de l'année n-1, un inter-rang sur deux, soit sur 35% de la surface de la parcelle, et détruits entre le 1er et le 10 mai de l'année n.

2011 - La comparaison de différents types de couverts :

L'expérimentation s'est déroulée en deux temps. En 2011, l'expérimentation a porté sur la comparaison de différents types de couverts végétaux composés d'associations d'espèces de trois familles de plantes : Poacées, Brassicacées, Fabacées. Un seul mode de destruction a été employé : le roulage, les résidus végétaux sont laissés en tant que mulch sur le sol, sans enfouissement. Quatre modalités d'entretien du sol ont été comparées.

1. Enherbement naturel semi-permanent : modalité témoin (EN)
2. Engrais vert de la famille des Poacées (ou autrement dit graminées) : association avoine diploïde (*Avena strigosa*), orge commune (*Hordeum vulgare*) (POA)
3. Engrais vert de la famille des Brassicacées ou (ou autrement dit crucifères) : association navette (*Brassica rapa* L. subsp. *Oleifera*), moutarde blanche (*Sinapis alba*), radis chinois (*Raphanus sativus*) (BRA)
4. Engrais vert de la famille des Fabacées ou (ou autrement dit légumineuses) : féverole d'hiver (*Vicia faba*) (FAB)

Les notations réalisées ont porté sur de nombreux paramètres dont l'évolution du stock d'azote minéral dans le sol sur l'horizon 0-30 cm, le fonctionnement agronomique de la vigne (rendement, vigueur), le contrôle du statut azoté (indice chlorophyllien sur feuilles, teneur en azote assimilable des baies) et du statut hydrique en fin de cycle (delta C13). Les résultats sont récapitulés dans le tableau IV. La production de biomasse aérienne est la plus importante avec le couvert de féverole : 0.35kg MS/m² soit 3.5t MS/ha. Le couvert de à base de crucifères présente une production de biomasse modérée : 0.13kg MS/m² soit 1.3t MS/ha, au sein de ce mélange, la navette fourragère est l'espèce dominante. La production de biomasse par le couvert de graminées n'est pas significativement différente de l'enherbement naturel, malgré une densité de plants satisfaisante, elle demeure inférieure à 1.0t MS/ha. Le cycle de l'azote dans le

Tableau IV. Production de biomasse aérienne par les engrais verts, teneurs en carbone et azote total. (1) la composition du couvert en nombre de plants/m² est la suivante : 70% navette, 20% moutarde blanche, 10% radis chinois. (2) la composition du couvert en nombre de plants/m² est la suivante : 50% avoine diploïde, 50% orge commune.

date	modalité	recouvrement / densité	hauteur (cm)	biomasse aérienne (kg MS/m ²)	teneur en N (% MS)	apport en N (g/m ²)	teneur en C (% MS)	C/N
Avril 2011	EN	90%	10	0.06 (±0.02)	1.3 (±0.1)	0.7 (±0.3)	46.0 (±0.4)	35 (±2)
	BRA	176 (2) plants/m ²	70	0.13 (±0.03)	1.0 (±0.1)	1.3 (±0.4)	46.2 (±0.2)	46 (±4)
	POA	291 (2) plants/m ²	35	0.08 (±0.01)	1.2 (±0.1)	1.0 (±0.1)	46.5 (±0.1)	39 (±4)
	FAB	60 plants/m ²	70	0.35 (±0.08)	2.8 (±0.9)	9.5 (±3.0)	46.2 (±0.3)	18 (±7)
Avril 2012	EN	70%	10	0.14 (±0.08)	1.0 (±0.1)	1.3 (±0.7)	46.9 (±0.2)	50 (±8)
	RM, BE, BD	65 plants/m ²	55	0.24 (±0.06)	3.4 (±0.3)	8.1 (±2.4)	45.9 (±0.2)	14 (±1)

Tableau V. Résultats des paramètres agronomiques mesurés sur vigne et raisins : moyennes par traitements.
*****/**/* données significativement différentes du témoin ($p < 0.01/p < 0.05/p < 0.1$).**

***/**/* données significativement différentes du témoin ($p < 0.01/p < 0.05/p < 0.1$)

millésime	modalité	indice chlorophyllien feuillage		rendement (kg/cep)	azote assimilable du moût (mg/L)	$\Delta C13$	poids moyen de sement (g)
		floraison	véraison				
2011	EN	6,8	9,1	4,60	226,1	-23,9	31,3
	BRA	6,5	8,9	3,88***	236,1	-23,8	33,2
	POA	6,3*	9,1	3,83***	222,8	-25,6	34,0
	FAB	6,6	9,9***	4,12	268,4**	-25,7	36,0
2012	EN	6,7	9,2	4,26	140,7	-24,6	32,6
	BD	6,5	9,1	4,59	180,6***	-24,2	30,0
	BE	5,9***	10,8***	4,78	231,2***	-23,9	39,0
	RM	6,8	9,8***	5,00	232,6***	-24,2	30,7

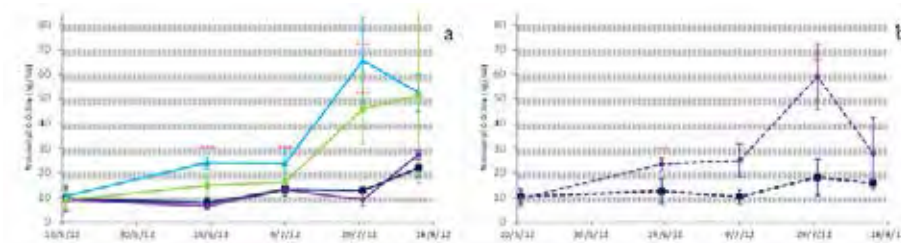


Figure 1. Evolution des stocks d'azote minéral pour l'horizon de sol 0-0.3m a. sous l'inter-rang, b. sous le rang, en fonction du traitement considéré : EN (●), BD (+), BE (▲), RM (◊).

*****/**/* données significativement différentes du témoin ($p < 0.01/p < 0.05$).**

sol est complexe et sous la dépendance de l'activité biologique des microorganismes, elle-même fonction de l'humidité du sol et de la température. Les variations de stock d'azote minéral du sol enregistrées dans le cadre de notre essai peuvent être considérées comme résultant de différents éléments du cycle de l'azote : minéralisation nette de la matière organique du sol, des résidus de la culture intercalaire et prélèvement par les plantes (vigne, culture intercalaire, adventices). Le millésime 2011, particulièrement chaud et sec de la fin de l'hiver jusqu'en juin, n'a pas été favorable à la minéralisation des matières organiques. Seul le couvert de féverole permet une augmentation significative du stock d'azote minéral du sol comparativement au témoin. Quant à l'impact des engrais verts sur la vigne (tableau V), les mélanges de crucifères et graminées ont un léger effet dépréciatif sur le poids de récolte par cep comparativement au témoin, entraînant une réduction moyenne du rendement de -17%. Aucune incidence des engrais verts sur la vigueur n'est enregistrée. La teneur en azote assimilable des baies à la récolte est significativement supérieure sur la modalité ayant reçu le couvert de féverole, avec un gain de 19% par rapport au témoin. Suite au constat de son développement satisfaisant en 2011, la féverole d'hiver a été choisie comme couvert intercalaire « modèle » pour la comparaison en 2012 de différentes modalités de destruction d'un engrais vert.

2012 - Mode de destruction du couvert et incidence sur l'alimentation azotée de la vigne : En 2012, l'expérimentation a visé à étudier l'incidence du mode de destruction du couvert sur l'évolution du stock d'azote minéral du sol et sur la vigne. Un seul type de couvert a été employé en tant qu'engrais vert : la féverole. Quatre modalités d'entretien des sols ont été comparées.

1. Enherbement naturel semi-permanent : modalité témoin (EN)
2. Engrais vert + destruction par roulage afin de laisser un mulch sur le sol (RM)
3. Engrais vert + destruction par broyage dans l'inter-rang suivi d'un enfouissement des résidus végétaux par travail du sol (BE)
4. Engrais vert + destruction par broyage avec déport sous le rang des résidus végétaux non enfouis (à l'aide du broyeur Side Delivery System®, du groupe KUHN) (BD)

La destruction des engrais verts a été réalisée le 10/05/2012. L'enherbement naturel semi-permanent (1) ainsi que la flore adventice sur les modalités Broyage-Déport (4) et Roulage (2) ont été détruits par désherbage chimique le 01/07/12, alors que la

modalité Broyage-Enfouissement (3) a reçu trois passages de travail du sol les 10/05, 15/05 (enfouissement du couvert) et 15/07/12 (contrôle de la flore adventice). Le couvert de féverole présente (tableau IV), comme en 2011, une production de biomasse satisfaisante de 0.24 kg MS/m² soit 2.4 t MS/ha, malgré une atteinte par le gel en février 2012 (Tmin = -12°C). L'enherbement naturel présente une production de biomasse plus élevée qu'en 2011, en lien avec un taux de recouvrement supérieur. Ces résultats confirment l'intérêt de la féverole comme légumineuse hivernale de couverture dans les conditions de semis tardif caractéristique de la viticulture. Le fort pouvoir germinatif de cette espèce lui permet de s'installer dans une large gamme de conditions climatiques. Sur l'ensemble de la période de suivi, de nouaison à véraison, les quantités d'azote minéral présentes dans le sol tendent à être supérieures avec la pratique d'enfouissement des résidus, ce qui

peut être expliqué par plusieurs facteurs combinés : augmentation du taux de minéralisation et du contact sol-résidus végétaux par le travail du sol, mais également contrôle de la concurrence exercée par la flore adventice par l'action de désherbage mécanique. Néanmoins, nous observons également une augmentation importante du stock d'azote minéral du sol en fin d'été avec la pratique du roulage (Figure 1). D'un point de vue agronomique, l'indice chlorophyllien du feuillage mesuré à véraison met en évidence un état de nutrition azotée amélioré sur les modalités Broyage-Enfouissement et Roulage, en cohérence avec les observations effectuées sur le sol. Le rendement et le niveau de contrainte hydrique ne sont pas significativement impactés par la mise en place des engrais verts après une année de pratique. L'incidence majeure de la pratique des engrais verts dans le cadre de notre essai intervient au niveau de la teneur en azote assimilable des moûts. Ce paramètre est significativement supérieur sur les trois modalités ayant reçu le semis de féverole, cette augmentation est modérée, +30% sur la modalité BD, à importante +65% sur les modalités BE et RM (tableau V).

Conclusion

L'enherbement total est une technique d'entretien du sol envisageable uniquement dans certaines situations spécifiques : cas de parcelles avec un objectif de production contrôlée et un enracinement profond ; cependant l'enherbement maîtrisé sous le rang est une pratique acceptable et intéressante d'un point de vue organisation du travail s'il peut être combiné à du travail du sol dans l'inter-rang pour une meilleure gestion de la concurrence hydro-azotée. Dans les deux cas, la gestion de la concurrence pour l'azote entre la vigne et le couvert, qui peut affecter sérieusement la qualité des moûts et la croissance de la vigne, reste l'un des points clés de la technique.

L'expérimentation sur les engrais verts met en évidence qu'il est possible d'influencer dans une large mesure l'alimentation azotée de la vigne par l'implantation de couverts végétaux hivernaux à base de Fabacées. Une étape suivante pourrait être une meilleure identification des leviers d'action mobilisables (choix d'espèces, date de semis, date et mode de destruction...) pour un pilotage de la dynamique de restitution de l'azote adaptable à différents objectifs. Par ailleurs en culture pérenne, il sera également important d'évaluer l'impact pluriannuel – effet cumulatif – de l'introduction d'un couvert sur les paramètres de production – vigueur, fertilité et rendement.

Il faut garder à l'esprit qu'il n'y aura pas une solution unique pour la réduction de l'usage des herbicides. Il sera nécessaire de prendre en compte la diversité des vignobles et des pratiques culturales, et de tenir compte des spécificités régionales. Les évolutions de pratiques se décideront et s'adopteront donc au cas par cas.

Néanmoins, les couverts végétaux ouvrent de nombreuses perspectives de pratiques considérées comme « innovantes » ou en « rupture » : la combinaison d'un enherbement maîtrisé sous le rang de vigne avec l'implantation de couverts de type engrais verts sur les inter-rangs est, par exemple, un prototype de système de culture, non encore expérimenté, qui pourra être mis en œuvre dans l'optique de compenser la concurrence azotée exercée par l'enherbement sous le rang par l'engrais vert dans l'inter-rang afin de tendre vers la réduction des herbicides en s'appuyant sur l'amélioration de la fertilité du sol.

Références bibliographiques

Coll P., Arnal D., Blanchart E., Hinsinger P., Le Cadre E., Souche G., Villenave C., 2009. Viticultural soils quality: benefits of permanent grass cover on soil chemical characteristics and soil biological indicators. La qualité des sols viticoles : avantages de l'enherbement permanent sur les caractéristiques chimiques et les indicateurs biologiques du sol. Progrès Agricole et Viticole, 126, n°22, p.527-531,2009.

Coulon T. and Prud'Homme P.Y., 2003. Effets d'un enherbement permanent sur la physiologie de la vigne dans les vignobles du Bordelais. Progrès Agricole et Viticole, 120 (7) : 154-161.

Gaviglio C. 2007. Alternatives au désherbage chimique : quelles stratégies pour l'entretien mécanique des vignes ? 20ème conférence du COLUMA, International Meeting on Weed Control, Dijon, 11-12 décembre 2007.

Heinze Y. 2002. Travail du sol et désherbage thermique. Colloque MONDIAVITI, Bordeaux, décembre 2002.

Le Bissonnais, Y.; Andrieux, P.,2007. Impact des modes d'entretien de la vigne sur le ruissellement, l'érosion et la structure des sols. Progrès Agricole et Viticole, 124 (10) p.191-196, 2007.

Maigre D. 1996. Comportement viticole et physiologique de la vigne soumise à différents modes d'entretien du sol. Revue suisse Vitic. Arboric., 28 (5) : 303-312.

Shreck E., 2008. Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration – Impact sur les lombriciens. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse, 301p., 2008.

Spring J.L. 2001. Influence du type d'enherbement sur le comportement de la vigne et la qualité des vins. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. Revue suisse Vitic. Arboric., 33 (5) : 253-260.

Tournebize J., 2001. Impact de l'enherbement du vignoble alsacien sur le transfert des nitrates. Thèse Université Louis Pasteur, Strasbourg, 2001.



VIVAFLOR®

Désormais,
votre floraison
est sous haute
surveillance

DÉPENDANTE DU CLIMAT, LA FLORAISON EST SÉCURISÉE

Témoin



VIVAFLOR



Vivaflor est un activateur de la nutrition et de la floraison de la vigne. Vivaflor active d'une part, l'absorption des minéraux du sol permettant de réguler la nutrition durant la floraison, et d'autre part, la production des hormones de floraison garantissant d'une fécondation de qualité face aux contraintes climatiques.



VIVAFLOR

La sécurité de la floraison,
par une vigne moins sensible aux conditions climatiques.



La nature qui stimule la nature

VIVAFLOR® est une marque déposée Laboratoires Goëmar - ENGRAIS CE - solution de sulfate de magnésium, contenant du bore (B), oxyde de magnésium (MgO) : 5,2 % soluble dans l'eau, bore (B) : 2,0 % soluble dans l'eau - Titrité CL H45 (certifié Goëmar)

Indice de Fréquence de Traitement (IFT) : bilan des enquêtes menées en 2010 dans les vignobles du Sud-Ouest

Samantha VIGNEAU, Emeric PILLET

D.R.A.A.F. Midi-Pyrénées - Cité Administrative Bd Armand Duportal - Bâtiment E - Rez-de-chaussée - 31074 TOULOUSE CEDEX
Email: samantha.vigneau@agriculture.gouv.fr

Les pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

L'enquête pratiques phytosanitaires : L'enquête sur les pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010 s'insère dans un ensemble d'enquêtes menées sur des échantillons de parcelles agricoles. Les agriculteurs sont interrogés sur leurs pratiques culturales, depuis la préparation du sol jusqu'à la récolte. Ces enquêtes sont réalisées par les services statistiques du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Elles s'inscrivent dans le suivi du plan Ecophyto. L'enquête sur les pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010 vise plus particulièrement :

- à obtenir une description complète des interventions phytosanitaires (types de traitements, produits utilisés, doses, dates), des techniques prophylactiques (fertilisation, épamprage, rognage, vendange en vert),
- à produire un indicateur de pression phytosanitaire de référence (IFT ou indice de fréquence de traitement).

L'enquête concerne la vigne à raisin de cuve au cours de la campagne viticole 2009-2010 (débutant après la vendange 2009 et se déroulant jusqu'à la vendange 2010 incluse). Ces enquêtes débutèrent en 2006, La région Midi-Pyrénées ne fut intégrée au dispositif qu'en 2010. La prochaine enquête aura lieu en 2014.

Échantillonnage des vignobles : Les parcelles sont tirées au sort dans le casier viticole informatisé mis à jour en 2010. La constitution de l'échantillon tient compte du bassin viticole et du type d'appellation affecté à la parcelle dans ce fichier (AOP, IGP, sans IG). Les valeurs obtenues sur les parcelles enquêtées sont multipliées par un coefficient d'extrapolation pour obtenir des résultats représentatifs de l'ensemble. Ainsi en Midi-Pyrénées, même si seulement trois vignobles sont enquêtés (le Gers - 201 parcelles, le Lot - 65 parcelles et le Tarn - 82 parcelles), le poids de chaque vignoble dans la région est maintenu. On obtient au final une surface extrapolée de 28 868 hectares, soit 79 % du vignoble midi-pyrénéen.

Définitions:

Traitement : application d'un produit sur la culture. Plusieurs traitements peuvent être appliqués lors d'un seul passage.

IFT (indice de fréquence de traitement) : indicateur comptabilisant le nombre de doses homologuées utilisées par hectare et par campagne. On parle d'IFT total lorsqu'il comptabilise l'application de tous les types de traitements (herbicides, fongicides, insecticides, acaricides et autres).

Éléments généraux – Région Midi-Pyrénées

Lors de la présentation nationale des résultats de l'enquête pratiques phytosanitaires, la région Midi-Pyrénées est apparue, comme la région viticole ayant le nombre de traitements le plus élevé de France. Il a été relevé 21 traitements – tous types confondus - en moyenne pour la région Midi-Pyrénées : 17 fongicides, 2 herbicides et 2



Source: DRAAF - Agreste - Enquête sur les pratiques phytosanitaires en viticulture 2010

insecticides. Ce nombre moyen de traitements est de 19 en Aquitaine, 14 en Languedoc-Roussillon et 16 sur l'ensemble France métropolitaine. En complément du nombre de traitements, un autre indicateur permet de suivre l'évolution de l'utilisation des produits phytosanitaires : l'indice de fréquence de traitement (IFT). En Midi-Pyrénées, sur la campagne 2009-2010, l'IFT total moyen culmine à 16,5, juste derrière la Champagne et pratiquement au même niveau que le Beaujolais. L'IFT moyen de France métropolitaine est à 13,2. La différence s'explique essentiellement par les IFT fongicides et insecticides. L'IFT herbicide de Midi-Pyrénées est quant à lui, parmi les plus faibles. De plus, en se focalisant sur les traitements mildiou et oïdium, comme le montre le graphique ci-dessous, le nombre moyen de doses homologuées n'est pas le plus élevé mais l'écart entre le minimum et le maximum est le plus important des régions de France.

La démarche nationale Ecoviti

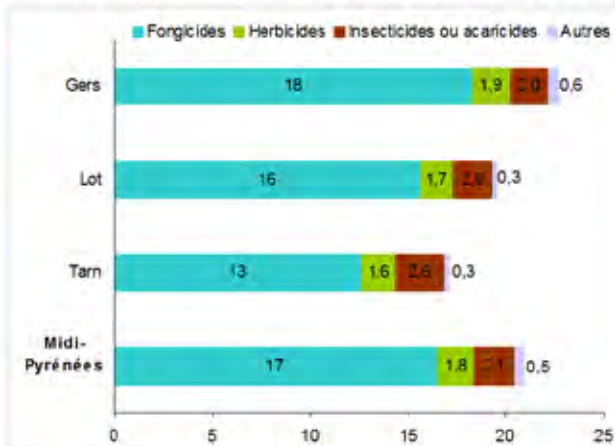
Ces quelques résultats interpellent et interrogent : comment se construisent les résultats obtenus ? Quelle est la part des différents traitements dans le résultat global ? La région Midi-Pyrénées étant composée de plusieurs vignobles, quelle est la contribution de chacun d'entre eux ? Existe-t-il des différences significatives de pratiques entre les vignobles et sont-elles analysables ? Pourquoi les résultats régionaux sont-ils à ce niveau ?

Détail des résultats par vignoble

Conditions climatiques et éléments de bilan sanitaire : Globalement, nous pouvons considérer que les conditions climatiques ont suivi les mêmes tendances pour les 3 vignobles de l'étude :

- un printemps plutôt frais, limitant les sorties de taches de mildiou,
- une période sèche et chaude en fin d'été ayant entraînée des dégâts d'échaudage et de grillure.

Nombre moyen de traitements en 2010 par vignoble



Champ : ensemble du vignoble
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

A noter toutefois, des attaques parfois tardives mais conséquentes d'oïdium sur le vignoble gersois et des chutes de grêle ayant affecté le vignoble lotois.

Nombre moyen de traitement et IFT total : Que ce soit pour le nombre moyen de traitements ou l'IFT les trois vignobles affichent des résultats différents. Le Gers est celui dont les valeurs sont les plus élevées avec notamment un IFT moyen de 18,5, alors que le Tarn, si ce n'est pour les insecticides, enregistre les valeurs les plus faibles.

Ces résultats masquent certaines disparités au sein même des vignobles. Si les grandes tendances sont conservées, 12 % du vignoble gersois comptabilise des IFT inférieurs à 14, tout comme pratiquement 10 % des vignobles lotois ou tarnais possèdent un IFT supérieur à 19.

Ces différences de résultats proviennent bien sûr de différences climatiques entre les vignobles. Cependant la stratégie de traitement mise en œuvre par les viticulteurs ne peut être résumée au seul fait météorologique. En effet, il a été montré qu'il existait aussi des corrélations entre la stratégie de protection retenue et la valorisation du raisin, le rendement attendu, la formation du viticulteur, son âge, la superficie par unité de main d'œuvre, l'organisation des chantiers, ... Ces différents points, n'étant pas l'objet de l'enquête pratiques culturales, ne seront pas développés ici. (Agreste Primeur n°289 - octobre 2012)

Cependant, afin de mieux appréhender les résultats globaux, il semble nécessaire de s'intéresser, pour chacun des trois vignobles, aux pratiques concernant la fertilisation, l'usage des herbicides, des fongicides et des insecticides.

Fertilisation : Sur la période 2006-2010, 69 % des vignes midi-pyrénéennes ont reçu au moins un apport d'azote minéral. Cette valeur moyenne masque des pratiques différentes d'un vignoble à l'autre. Les parcelles en vigne du Gers sont les plus fertilisées de Midi-Pyrénées. La moitié du vignoble gersois a reçu de la fumure azotée minérale chaque année et seul un cinquième du vignoble est vierge de tout apport azoté. Le Tarn, où les viticulteurs pratiquent une fertilisation moins régulière, se rapproche de la moyenne régionale : un tiers des surfaces n'a pas été fertilisé et plus du quart a reçu de l'azote au moins une fois par an entre 2006 et 2010. Dans le Lot, la fertilisation azotée minérale est une pratique peu courante : en cinq ans, près des deux tiers du vignoble ont été cultivés sans apport. Sur les autres parcelles, les apports ne sont pas systématiques d'une année sur l'autre.

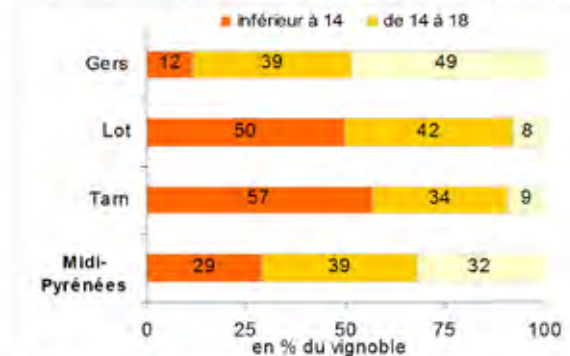
Gestion de l'enherbement : En Midi-Pyrénées, l'essentiel des vignobles est enherbé (87 % des surfaces) avec une prépondérance pour un enherbement un rang sur deux avec un couvert

Indice de fréquence de traitement total

	IFT Total		
	Moyenne	Médiane	70 centile
Gers	18,46	18,81	20,94
Lot	14,08	14,06	15,67
Tarn	13,25	13,45	14,97
Midi-Pyrénées	16,51	16,75	19,23

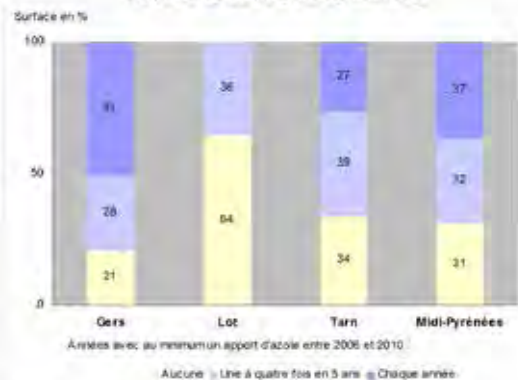
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Répartition des surfaces selon les classes d'IFT total



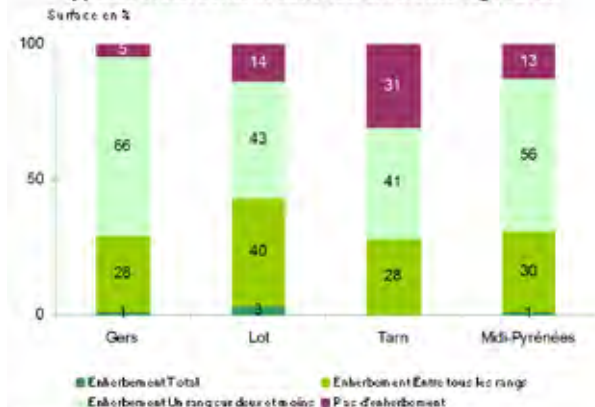
Champ : ensemble du vignoble
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Apports de fumure azotée minérale



Champ : ensemble du vignoble
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Types d'enherbement dans les différents vignobles



Champ : ensemble du vignoble
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

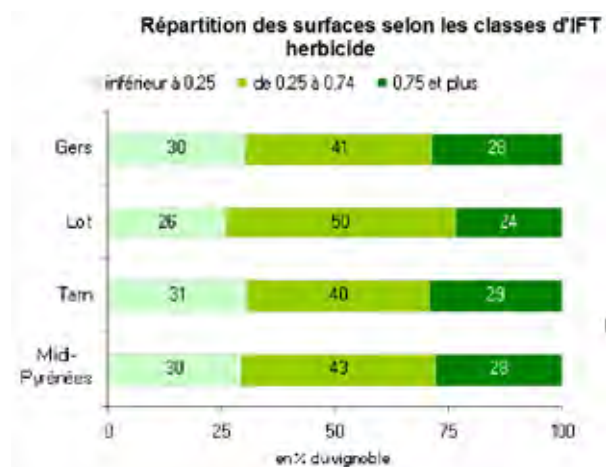
permanent et spontané. (39 % des surfaces enherbées). Différentes stratégies peuvent être mises en œuvre pour gérer les adventices : action chimique, mécanique ou combinant plusieurs solutions.

La région Midi-Pyrénées privilégie le désherbage mixte qui consiste en l'association d'un désherbage chimique, en général sur le rang, à un désherbage mécanique. Cette solution est pratiquée sur la moitié des vignes enherbées (51 %). Le désherbage 100 % chimique concerne seulement 28 % des vignes midi-pyrénéennes et le 100 % mécanique 19 % des surfaces.

De plus, globalement, la moitié des vignes a reçu moins de deux traitements herbicides en 2010. En Midi-Pyrénées, comme ailleurs, le glyphosate est de loin la matière active la plus utilisée pour le désherbage des vignes.



Champ : vignes enherbées
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010



Champ : surfaces traitées avec des produits fongicides
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Indice de fréquence de traitement herbicide

	IFT Herbicide		
	Moyenne	Médiane	70 centile
Gers	0,53	0,51	0,70
Lot	0,50	0,42	0,66
Tarn	0,57	0,39	0,73
Midi-Pyrénées	0,53	0,45	0,70

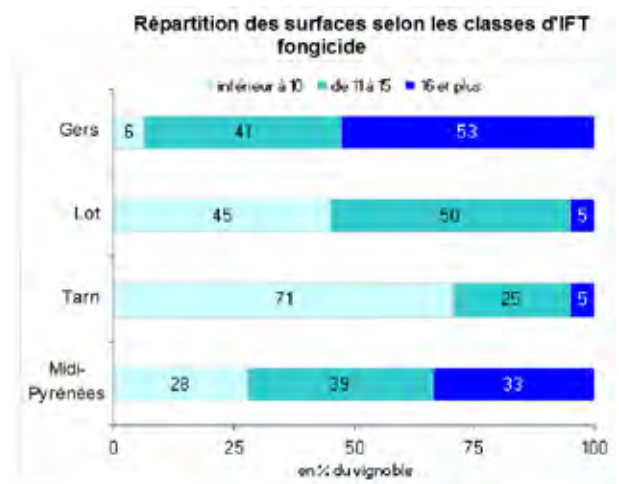
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Malgré des stratégies différentes selon les vignobles, les IFT sont similaires ainsi que leur répartition par classes. L'IFT herbicide moyen est de 0,53.

Protection fongique : Le mildiou et l'oïdium sont les maladies à l'origine de 97% des applications de fongicides réalisées en 2010. Le nombre moyen de traitements en Midi-pyrénées est de 16,4 contre 12,4 en France. Ce résultat impacte fortement le nombre de traitements totaux de la région Midi-Pyrénées et ainsi sa position vis à vis des autres vignobles. De même, l'IFT fongicide moyen de la région est supérieur à la moyenne nationale (13,7 contre 10,9).

Les vignobles gersois, lotois et tarnais affichent des différences importantes en terme d'IFT dans le cadre de la lutte contre les maladies cryptogamiques. Les tendances sont relativement bien marquées dans chacun des vignobles. Avec une rémanence des produits les plus utilisés souvent inférieure à 14 jours, l'objectif d'une couverture totale impose une application fréquente. Pour autant, l'intervalle de temps entre deux traitements s'allonge au fur et à mesure de l'avancement dans la campagne. Au cœur de l'été, période généralement présentant un risque plus faible, 26 % des traitements se font dans un intervalle moyen de 20 jours et plus. A titre de comparaison, au mois de juin, seulement 5 % des traitements se font dans cet intervalle.

Toutefois, ici encore, nous trouvons une différence entre les vignobles : l'espacement entre les traitements au fil de la saison est bien marqué pour le Gers et le Tarn, mais le cadencement est maintenu dans le Lot.



Champ : surfaces traitées avec des produits fongicides
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

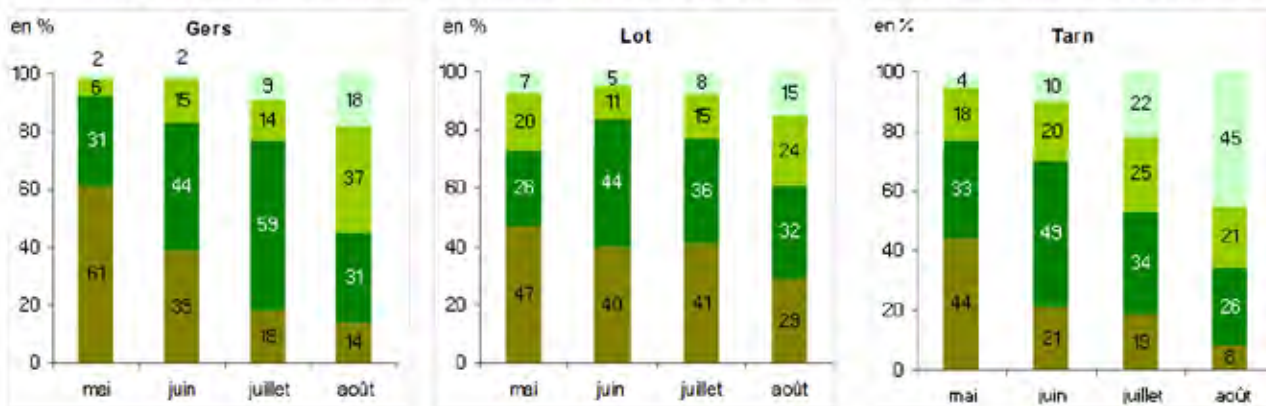
Indice de fréquence de traitement fongicide

	IFT Fongicide		
	Moyenne	Médiane	70 centile
Gers	15,83	16,22	17,84
Lot	11,27	11,08	12,40
Tarn	9,76	9,47	10,98
Midi-Pyrénées	13,65	13,76	16,45

Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

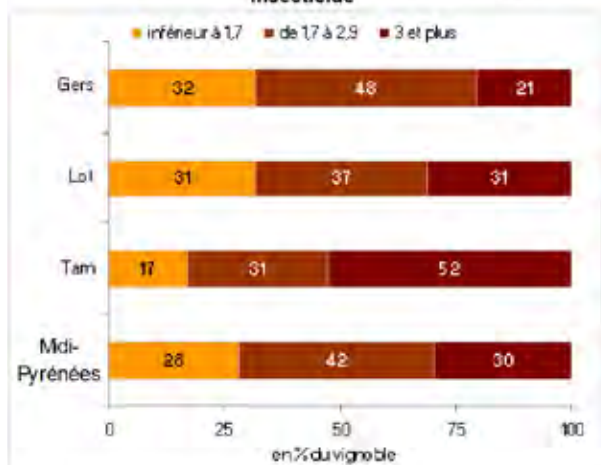
Protection insecticide : Neuf hectares sur dix furent traités contre les ravageurs. Là encore la région Midi-Pyrénées affiche un IFT insecticide moyen (2,3) supérieur à la moyenne nationale (1,6). Le vignoble du Tarn obtient un IFT moyen supérieur à ceux du Lot et du Gers (2,9 contre respectivement 2,3 et 2,1).

Répartition des traitements anti-mildiou par mois selon les intervalles moyens entre deux traitements



Champ : traitements anti-mildiou réalisés entre le mois de mai et août
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Répartition des surfaces selon les classes d'IFT insecticide



Champ : surfaces traitées avec des produits fongicides
Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Indice de fréquence de traitement insecticide

	IFT insecticide		
	Moyenne	Médiane	70 centile
Gers	2,09	2,08	2,60
Lot	2,30	2,00	3,00
Tarn	2,92	3,08	3,66
Midi-Pyrénées	2,32	2,22	2,96

Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

IFT insecticide et total selon qu'il y ait, ou pas, obligation de traitement

	Sans traitement obligatoire en Midi-Pyrénées		Avec traitement obligatoire en Midi-Pyrénées	
	IFT insecticide	IFT total	IFT insecticide	IFT total
Moyenne	1,6	16,6	1,6	16,6
Médiane	2,0	17,9	2,0	17,9
70 centile	2,1	20,2	2,1	20,2

Source : Agreste – enquête Pratiques phytosanitaires en viticulture en 2010

Certains traitements insecticides sont réalisés dans le cadre d'une lutte obligatoire contre *Scaphoideus titanus*, insecte de la famille des cicadelles, vecteur de la maladie de la flavescence dorée. Ce caractère obligatoire, défini par arrêté préfectoral, impose deux à trois traitements insecticides à réaliser par l'exploitant, généralement de juin à juillet-août selon les régions et les conditions climatiques. En Midi-Pyrénées, sur les 146 communes ayant des parcelles enquêtées, 87 étaient soumises à une obligation de traitement par arrêté préfectoral. Ces communes sont réparties dans les trois départements enquêtés, avec toutefois une prépondérance dans le Tarn. Malgré la contrainte imposée par ces deux à trois traitements qui incrémente bien évidemment l'IFT insecticide, l'IFT total des parcelles des vignerons enquêtés est inférieure en zone de traitement obligatoire par rapport à celui des parcelles en zones non soumises à lutte obligatoire.

Conclusions

Les résultats présentés sont le fruit d'une enquête réalisée sur la période ayant débutée après la vendange 2009 jusqu'aux vendanges en 2010. Ils sont, de ce fait, le reflet d'une année avec toutes les particularités que cela comporte. Toutefois, certaines tendances semblent se dégager, tendances qui nécessitent d'être confirmées lors des enquêtes à venir. En effet, dans le cadre du plan Ecophyto, la viticulture fera de nouveau l'objet d'un suivi des pratiques phytosanitaires en 2014.



○ ○
Lien de parenté direct
(de type parent/enfant ou frère)

→
Parenté établie
(les 2 parents sont connus)

Cépages d'autres vignobles

Cépages secondaires du Sud-Ouest

Cépages principaux du Sud-Ouest

Colombard

Présent dans les Côtes de Gascogne depuis le début du 20^{ème} siècle, il était utilisé traditionnellement pour la production d'eau de vie. Vinifié en sec, il permet d'élaborer des vins blancs expressifs et acidulés aux arômes de pamplemousse.

Duras

Originaire de Gaillac ou du vignoble ariégeois, il donne des vins colorés et souples. Avec ses arômes poivrés caractéristiques, il contribue fortement à la typicité aromatique des vins de Gaillac.

Fer Servadou

Trait d'union des vignobles du Sud-Ouest, il permet d'élaborer des vins assez tanniques, à la forte typicité possédant une vaste palette aromatique allant du poivron vert aux notes de cassis.

Gros Manseng

Originaire du Pays Basque, on le retrouve dans la plupart des vignobles du piémont pyrénéen. Il donne des vins moelleux ou secs aux arômes de fruits exotiques possédant un bon niveau d'acidité.

Loin de l'œil

Originaire du Gaillacois, il tire son nom du fait qu'il produit des grappes qui poussent loin du bourgeon (l'œil). Il permet d'élaborer des vins secs aux arômes de fruits jaunes et des vins moelleux concentrés.

Mauzac

Originaire de la région de Gaillac où il est cité dès 1525, il s'agit d'un cépage polyvalent utilisé pour l'élaboration de vins effervescents, de vins blancs secs aux arômes typiques de pomme verte ainsi que de vins moelleux.

Négrette

Emblématique du vignoble de Fronton, elle donne des vins rosés très agréables et aromatiques et des vins rouges aux arômes de violette et de réglisse aussi bons dans leur jeunesse ou après quelques années de vieillissement.

Malbec

Originaire du Sud-Ouest et officiellement dénommé Cot, il est le cépage emblématique de l'appellation Cahors. Il produit des vins rouges puissants aux arômes de fruits noirs pouvant tendre vers la truffe au vieillissement.

Petit Manseng

Originaire des Pyrénées Atlantiques, il permet d'élaborer grâce à sa capacité à concentrer les sucres tout en conservant une acidité élevée, des vins doux ou liquoreux très aromatiques et de grande qualité, pouvant développer des arômes de truffe au vieillissement.

Tannat

Cépage originaire du piémont pyrénéen, il forge le caractère des vins de Madiran et de Saint-Mont. Il donne traditionnellement des vins rouges charpentés, riches en polyphénols et aptes au vieillissement en barriques. Les nouvelles techniques de vinification permettent d'élaborer des vins rouges souples et fruités.



Adaptation à long terme au changement climatique pour la viticulture et l'œnologie: un programme de recherche sur les vignobles français

Nathalie OLLAT¹, Jean-Marc TOUZARD²

¹ Ingénieur de Recherche, INRA, UMR EGFV, ISVV Bordeaux, chemin de Leysotte 33883 Villenave d'Ornon

² Directeur de Recherche, INRA, UMR Innovation, 2 place Viala 34060 Montpellier cedex 1

Email: touzard@supagro.inra.fr

Résumé : La communication présente les enjeux et les premières synthèses du projet LACCAGE qui fédère les chercheurs INRA travaillant en France sur l'adaptation du secteur vigne et vin au changement climatique. Le projet vise à coordonner les travaux en cours dans différentes disciplines en les inscrivant dans une démarche de prospective. Il s'appuie sur une vision globale de l'ensemble de la chaîne technique et de valeur, permettant d'analyser à la fois les différentes formes d'impact du changement climatique et la diversité des leviers d'adaptation possibles, à plusieurs échelles. Dans un premier temps, nous rappelons les enjeux et la définition de l'adaptation. Nous présentons ensuite une synthèse des travaux réalisés sur les impacts du changement climatique, puis les premières réflexions sur les stratégies d'adaptation. Celles-ci combinent des innovations techniques (matériel végétal, pratiques agronomiques, procédés œnologiques...), avec des stratégies spatiales, des changements institutionnels et la possibilité d'évolution des représentations des consommateurs. Dans une dernière partie, le projet LACCAGE est présenté dans ses orientations générales et selon les différents groupes de travail qui le composent. En conclusion, les conséquences pour la recherche sont précisées, en soulignant que la capacité à construire des relations de coopération avec les viticulteurs et leurs organisations à l'échelle de clusters régionaux est l'un des principaux leviers de l'adaptation au changement climatique.

Introduction

La vigne et le vin constituent des marqueurs du changement climatique, mais ils pourraient aussi devenir exemplaires pour étudier les stratégies d'adaptation à ce changement. L'influence spécifique du climat sur la viticulture et la qualité du vin, les interactions entre actions à court et à long termes, les combinaisons possibles entre choix de localisation et innovations techniques, le rôle des changements institutionnels dans le secteur viticole... permettent en effet de traiter des questions génériques sur l'adaptation, et dans différentes disciplines (Seguin, 2010 ; Ollat, Touzard, 2011). En France, ces enjeux scientifiques rejoignent des enjeux économiques importants : le vin constitue près de 15% de la valeur de la production agricole du pays ; il est le deuxième poste d'exportation (11 milliards d'euros) et induit de nombreux emplois ; il a des effets positifs sur le tourisme, autre secteur stratégique pour la France, à travers sa contribution aux paysages, au patrimoine culinaire et culturel, à l'attractivité et l'identité du pays. Compte tenu de ces enjeux, l'INRA a décidé de lancer un projet de recherche pluridisciplinaire pour étudier non seulement les impacts du changement climatique sur la vigne et le vin, mais aussi les stratégies d'adaptation actuelles et futures. Vingt trois laboratoires de recherche ont ainsi réuni leur expertise dans le projet LACCAGE (Long term impacts and adaptations to Climate Change in Viticulture and Enology) pour construire des connaissances communes sur les effets du changement climatique et les stratégies d'adaptation, et proposer des scénarios d'adaptation pour les régions viticoles françaises. Cet article propose une première synthèse des recherches sur l'impact du changement climatique sur la vigne et le vin, puis explore les premiers travaux étudiant les stratégies d'adaptation, pour préciser finalement comment le projet LACCAGE peut poursuivre ces recherches au niveau français.

Etudier l'adaptation au changement climatique : une priorité de l'INRA

Le changement climatique (CC) est bien là. Pour la fin du XXI^e siècle, les différentes simulations prédisent des concentrations atmosphériques de CO₂ comprises entre 540 et 950 ppm. Selon les travaux du GIEC, la température pourrait en conséquence augmenter de 1,8 à 4 °C sur un siècle. Les modèles climatiques sont moins convergents pour les évolutions possibles des précipitations, qui augmenteraient légèrement, mais avec une diminution en été dans les zones tempérées, notamment méditerranéennes. Au-delà

de ces évolutions moyennes, le CC se traduit aussi par une variabilité spatiale et temporelle plus importante, et une plus grande probabilité d'événements extrêmes. Même si il reste plus que jamais nécessaire de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) afin d'atténuer leurs effets sur le climat, il est maintenant clair que le CC va se poursuivre en raison de l'inertie du système bio-physique terrestre, des comportements routiniers ou opportunistes des entreprises et des consommateurs, et du recul des politiques publiques. L'adaptation est donc incontournable et doit être considérée, étudiée, accompagnée de manière complémentaire à l'atténuation. L'adaptation au CC peut être définie comme « l'ensemble des actions et processus visant à modifier les systèmes naturels et humains en réponse au changement climatique, afin de réduire leurs effets négatifs ou de tirer avantage de leurs effets positifs » (Hallegatte 2009). Le CC va induire des coûts d'adaptation pour la société, mais il peut aussi apporter de nouvelles opportunités (Hallegatte et al. 2011). Pour ces raisons, l'INRA a décidé de lancer le métaprogramme ACCAF : Adaptation aux Changements Climatiques pour les Agrosystèmes et Forêts. L'objectif d'ACCAF est d'évaluer les risques liés aux évolutions climatiques et aux événements climatiques extrêmes, et de définir des stratégies pour anticiper et prévenir les conséquences de ces crises. Il vise i) à simuler à différentes échelles les impacts du CC sur l'agriculture et les écosystèmes, ii) à favoriser l'adaptation des espèces cultivées à des modifications climatiques, mais aussi les capacités d'adaptation des systèmes de production agricole, iii) à développer des innovations techniques compatibles avec la réduction des GES, iv) à identifier les coûts et les avantages des pratiques d'adaptation et v) à proposer des formes d'organisation sociales permettant de renforcer les capacités d'adaptation au CC. Dans le cadre du métaprogramme ACCAF, le secteur viti-vinicole est vu comme un « système agricole modèle » permettant d'analyser à la fois les impacts du CC et la mise en œuvre de stratégies d'adaptation (Seguin, 2010). Un projet spécifique a donc été retenu sur la vigne et le vin, le projet LACCAGE.

Les effets du changement climatique sur la vigne et le vin

La proposition du projet LACCAGE s'appuie d'abord sur un premier bilan des effets du CC sur la vigne et le vin. Les conditions de production des raisins de cuve (*Vitis vinifera*) sont limitées à une frange climatique assez étroite. Ils sont par conséquent particulièrement sensibles au CC, avec des effets potentiels sur le rendement, la qualité et la viabilité économique (Jones et al., 2005). Les effets possibles du CC sur le développement de la vigne et sur les pro-

cessus de maturation ont été récemment examinés par plusieurs auteurs (Garcia de Cortazar, 2006 ; Holland et al., 2010 ; Duchêne et al., 2010 ; Mira de Orduna, 2010 ; Schultz et al., 2010). Toutefois, les effets à long terme restent difficiles à prévoir et la diversité des réponses variétales ou les mécanismes d'adaptation propres aux plantes elles-mêmes sont encore mal connus. La température joue un rôle majeur dans la régulation de la phénologie de la vigne. Il y a un accord général pour dire que tous les stades phénologiques seront avancés à l'avenir. Dans la seconde moitié du XXI^{ème} siècle, le débourrement pourrait être plus précoce de 3 à 18 jours, et la période de maturation de 20 à 40 jours par rapport aux 30 dernières années (Duchêne et al., 2010 ; Garcia de Cortazar, 2006 ; Webb et al., 2007 ; Pieri, 2010). L'avancée de la période de maturation vers des jours plus chauds augmente l'impact de la température sur la maturation. Garcia de Cortazar (2006) a montré que la période de maturation pourrait être caractérisée par des températures supérieures à ce qui est observé aujourd'hui, de 4-6 °C dans le sud de la France et 6-8 °C dans la moitié nord de la France. Les impacts du CC sur la biomasse et le développement des fruits sont plus difficiles à prévoir, en raison de multiples interactions entre paramètres et des différences variétales. L'activité photosynthétique est renforcée par une plus forte concentration en CO₂ dans l'atmosphère, mais des mécanismes de rétroaction interviennent et la respiration des plantes serait intensifiée (Schultz, 2000). Une expérience FACE sur le Sangiovese (Bindi et al., 1996a ; Bindi et al., 1996b ; Webb et al., 2007) a montré que la surface foliaire et le poids sec végétatif total augmentent de façon plus importante que le poids sec des parties associées à la reproduction. L'effet de l'augmentation en CO₂ sur le rendement semble même plutôt négatif lorsque la température et le rayonnement solaire sont également plus élevés, avec des variations selon les cépages. Par ailleurs, le développement végétatif va accentuer les besoins en eau, amplifiant l'effet direct de la température sur la transpiration. Le confort hydrique des plantes serait moindre à partir de 2050, avec des impacts négatifs dans le Sud de la France (Pieri, 2010). Le contrôle de l'équilibre hydrique de la vigne dans des conditions climatiques modifiées (haute teneur en CO₂, température élevée, faible teneur en eau) est une question clé (Schultz et al., 2010). La maturation du raisin serait directement affectée par les paramètres environnementaux du CC, et indirectement par les effets de ces paramètres sur la physiologie et le microclimat de la canopée. La maturation se ferait dans des conditions beaucoup plus chaudes qu'aujourd'hui, avec des impacts sur la composition des baies et son aptitude à élaborer les types de vins actuels (Duchêne et al., 2010). Une augmentation de la teneur en sucres des baies a été vérifiée pour les dernières décennies du XX^e siècle (Duchêne et al., 2005), probablement à cause de l'augmentation progressive des radiations solaires avant et pendant la période de maturation. Un effet important de la température sur l'acidité doit aussi être souligné. Combinée à une augmentation de l'absorption de potassium, elle induit une augmentation du pH du jus du raisin (Kliwer, 1971 ; Coombe, 1987), avec des différences variétales (Sadras et al., 2013). Les composants polyphénoliques et aromatiques, cruciaux pour la qualité, seront affectés en quantité et en qualité (Mori et al., 2007 ; Sadras et al., 2012). Les interactions entre températures extrêmes et intensité lumineuse sont en effet déterminantes pour ces éléments (Tarara et al., 2008). Il faut également noter que les changements climatiques peuvent influencer l'impact des ravageurs et maladies, affectant à la fois l'épidémiologie des parasites et des champignons, et la sensibilité des cultivars à ces agents pathogènes (Mira de Orduna, 2010 ; Salinari et al., 2007 ; Pangga et al., 2011). L'évolution attendue des principaux paramètres climatiques dans l'espace, confrontés aux conditions de développement de la vigne et de maturation des raisins pourrait avoir des effets importants sur la répartition géographique possible des vignobles. L'évolution des indices climatiques joue sur la répartition des variétés (Jones, Webb, 2010) et permettent de simuler leurs aires potentielles de plantation (Pieri, 2010). Si la structure de l'encépagement et les pratiques ne changent pas, une partie des vignobles actuels se trouverait dans des situations très difficiles pour obtenir des qualités acceptables de raisin et de vins, voir même pour maintenir des vignes productives. A l'inverse de nouvelles régions du Nord de la France deviendraient plus appropriées pour la viticulture (Malheiro et al., 2010). Ces changements géographiques pourraient avoir des effets indirects non

négligeables sur les ressources en eau et les écosystèmes (Hanna et al., 2013). L'ensemble de ces effets du CC sur les composants des raisins, le fonctionnement de la vigne et sa répartition spatiale auront des impacts économiques et sociaux importants. Les effets sur les rendements seront entre régions, affectant en positif ou négatif les marges de manœuvre des exploitations et leur rentabilité économique (Holland et Smit, 2010). L'augmentation du taux d'alcool et le changement des profils aromatiques des vins peuvent aussi modifier, en bien ou en mal, la hiérarchie des préférences des consommateurs et influencer les prix (Pichery, Bourdon, 2007). On peut s'attendre en France à des évolutions différentes de la compétitivité des régions viticoles. Les Indications Géographiques jouent un rôle clé dans l'économie du vin en codifiant l'usage des variétés, la localisation des plantations et les pratiques techniques pour garantir une qualité liée à une origine. Les conditions climatiques des lieux d'origines se modifiant, le système des Appellations risque d'être remis en cause, avec des effets contrastés sur les territoires. C'est l'ensemble du système économique et institutionnel de la vigne et du vin qui pourrait donc être affecté.

La diversité des leviers d'adaptation pour la vigne et le vin

La plupart des experts soulignent la complexité de la question du changement climatique pour la viticulture et l'élaboration du vin (Jones et al., 2010), touchant à des aspects physiques, biologiques, techniques, sociaux, économiques et culturels. Jusqu'à présent, l'essentiel des recherches ont concerné les impacts du CC sur les aspects physiques et biologiques de la viticulture. Toutefois, évaluer si le changement climatique représente un risque ou une opportunité dépend de la capacité des acteurs du secteur à s'adapter aux nouvelles conditions et peu d'études se sont penchées sur cette capacité (Holland et al., 2010). Une évaluation de la perception du changement climatique par les producteurs de vins dans trois pays européens a montré que la plupart d'entre eux en perçoivent certains éléments : les impacts sur le rendement, la qualité et les risques de ravageurs et de maladies ont été relevés avec de légères variations selon les pays. Des stratégies d'adaptations varient entre les pays et la volonté d'adopter de nouvelles pratiques sont corrélées avec le degré de modifications déjà envisagées, indépendamment du changement climatique (Battaglini et al., 2009). Une approche en terme de vulnérabilité a montré que de nombreux facteurs doivent être pris en compte pour évaluer les risques perçus par les producteurs et les types d'adaptations qu'ils emploient (Holland et al., 2010). De nombreuses études permettent de repérer des innovations techniques qui sont des réponses possibles aux contraintes ou opportunités du CC, poursuivant en accéléré un processus historique d'adaptation permanente de la vigne à de nouveaux territoires et marchés (Schultz et al., 2010). La création variétale ou le choix d'introduire d'une variété exogène, par exemple plus tardive ou résistante à la sécheresse, est une première solution (Pelligrino et al., 2010). L'irrigation est proposée pour compenser les besoins accrus en eau de la vigne, notamment dans les zones méditerranéennes, avec différentes modalités de pilotage (Carboneau, Ojeda, 2012). Les modes de conduite offrent aussi toute une gamme de changements possibles, pour raisonner la protection des grappes ou leur microclimat (Schultz, Stolz, 2010) ; la gestion des sols ou des vendanges sont des éléments sur lesquels jouent déjà les viticulteurs ; enfin les pratiques œnologiques sont un domaine où les innovations peuvent compenser ou valoriser des effets du CC, par exemple réduire le taux d'alcool (Kuntoudakis et al., 2011). Au-delà de l'adoption d'innovations techniques, c'est leur gestion à l'échelle locale qui est importante, en tenant compte de la diversité des ressources qui caractérise un terroir. De grandes variations dans les conditions climatiques existent au sein d'un même région viticole, du fait de la géomorphologie, de l'occupation des sols ou même de la proximité de plans d'eau et de zones urbaines (Bois et al., 2008). Les paramètres environnementaux (température, l'eau, le CO₂, la composition minérale du sol) interagissent et leurs effets combinés sur les nombreuses combinaisons de variétés / porte-greffe sont difficiles à prévoir, en particulier pour la composition de

fruits. L'adaptation des pratiques techniques et du matériel végétal à l'échelle locale sera cruciale (Van Leeuwen et al. 2007, Ollat et al, 2011) et est en soi un domaine de recherche, à renouveler face à l'enjeu du CC.

Plus largement, la relocalisation des vignes et vignobles est une alternative largement évoquée, à l'échelle locale, mais aussi régionale ou même continentale. La recherche de parcelles plus fraîches ou disposant de sols avec une réserve utile plus importante guide déjà les plantations de viticulteurs du pourtour méditerranéen, par exemple en les déplaçant en altitude (peut-être citer Quéno... Hannah et al., 2013). L'objectif de réduire le risque climatique peut aussi motiver une stratégie spatiale à une échelle locale et régionale. Sur-tout, l'évolution des frontières climatiques offre la possibilité de créer en Europe de nouveaux vignobles dans des zones septentrionales, même si les investissements matériels et immatériels pour inscrire un vignoble dans un territoire sont importants et risquent de limiter ces relocalisations à grande échelle (Touzard, 2010a).

Enfin, les changements institutionnels, apparaissent incontournables. En France l'évolution du système des appellations est sans doute une condition pour intégrer des innovations techniques ou modifications de zonage. La mise en place de systèmes d'assurance ou la constitution de clusters innovants à l'échelle régionale sont également des leviers importants, limitant les risques et renforçant les capacités des viticulteurs à faire face au CC (Touzard, 2010b). La capacité d'adaptation du secteur vitivinicole est influencée par des facteurs économiques, sociologiques et juridiques, sur lesquels les acteurs peuvent agir collectivement. Les stratégies d'adaptation seront différents selon les régions viticoles (Hinnewinkel, 2007; Holland et al., 2010).

Une approche globale est alors nécessaire pour proposer des stratégies d'adaptation, associant innovation technique, stratégies de localisation et changements institutionnels. C'est l'ambition du projet LACCAVE.

Le projet LACCAVE

Le projet LACCAVE (2012-2015) est avant tout un projet d'animation scientifique. Il vise à renforcer l'échange de connaissances entre les équipes de l'INRA dans différentes disciplines (climatologie, génétique, écophysiologie, agronomie, œnologie, économie, sociologie...) en les inscrivant dans une démarche de prospective à l'horizon 2050. Pour cela, il s'appuie sur une vision globale de l'ensemble de la chaîne technique et de valeur du vin, permettant de repérer et d'analyser à la fois les différentes formes d'impact du changement climatique et surtout la diversité des leviers d'adaptation possibles. Cette analyse s'effectue à plusieurs échelles (plante, parcelle, exploitation, vignoble régional et secteur) avec une attention particulière aux niveaux régionaux où se différencient les impacts climatiques et peuvent se coordonner les stratégies d'adaptation. Coordonné par 2 scientifiques de Bordeaux et Montpellier, le projet s'organise en 7 groupes de travail (WP), avec des assemblages disciplinaires différents. Pendant la durée du projet, les relations entre WP sont appelées à se renforcer, tout comme les collaborations avec les organismes techniques ou professionnels. LACCAVE s'est aussi associé un comité scientifique international, comprenant des scientifiques d'Allemagne, d'Espagne, Etats-Unis, le Brésil et l'Afrique du Sud. Le projet peut être détaillé en reprenant les objectifs et les activités engagées pour chaque WP.

WP1. Caractérisation et perception du CC : ce WP vise à rassembler et à élaborer les informations sur le CC et ses effets sur la vigne et le vin, que ces informations proviennent de la communauté scientifique ou des viticulteurs. Il s'agit de partager en premier lieu les connaissances sur les travaux du GIEC et les résultats des simulations climatiques régionales à différentes échelles spatiales et à différents horizons (avant 2050, 2050-2100), provenant généralement d'autres projets (par ex. Climator). Le WP prend aussi en compte les perceptions du CC par les acteurs du secteur viticole et cherche à repérer les paramètres à partir desquels se construisent

ces perceptions. Cette information, cruciale pour élaborer des stratégies d'adaptation, est produite à partir d'entretiens sociologiques dans les principales régions viticoles, et en Anjou par un travail sur les pratiques viticoles. Les travaux de ce WP concernent aussi les connaissances actuelles des participants au projet, estimant que leurs expertises sont incomplètes et qu'ils ont besoin de partager une vision commune et un vocabulaire commun sur le CC.

WP2. Bases physiologiques et génétiques de l'adaptation de la vigne au CC :

ce WP étudie les réponses de la vigne aux principaux paramètres concernés par le CC (CO₂ atmosphérique, température, eau) et les mécanismes génétiques qui contrôlent ces réponses, en tenant compte des différences entre variétés de greffons et de porte-greffes. Sont mesurés les caractères liés à la phénologie, la croissance végétative, la consommation en eau, le développement des baies et leur composition (sucres, acides, composés phénoliques et arômes). Les effets des modifications de la composition des baies et de la microflore du vignoble sur les processus de vinification sont aussi examinés. L'essentiel des résultats collectés viennent d'autres projets de recherche et devraient être intégrés dans ce WP en utilisant une approche systémique. Deux opérations à caractère méthodologique sont engagées : un échange d'information sur les installations expérimentales, afin de définir des protocoles communs pour la description du matériel végétal (phénotypage) ; un travail de confrontation des approches de modélisation qui pourraient être utiles pour simuler les performances de la vigne dans les conditions climatiques futures.

WP3. Développement d'innovations techniques pour l'adaptation au CC :

ce WP vise à analyser les innovations techniques qui pourraient contribuer à l'adaptation des systèmes de production du raisin et du vin au CC. Ces innovations portent sur les pratiques œnologiques, considérées comme pouvant répondre à court terme à l'évolution de la modification des compositions des baies (exemple des techniques de désalcooolisation). Ces innovations concernent aussi les pratiques viticoles, notamment les choix de densité de plantation, la gestion des sols, les systèmes de conduite, la modification du rapport fruit/feuille, mais aussi l'irrigation. La valorisation de la diversité génétique pour les variétés de greffons et de porte-greffe existants est un autre aspect retenu. L'un des objectifs de ce groupe est en effet de concevoir des idéotypes à partir d'une évaluation des besoins des viticulteurs et du potentiel d'adaptation de la vigne. Une analyse plus globale des systèmes de culture innovants est également proposée, à partir d'un travail de thèse associant enjeux climatique et enjeux environnementaux (réduction usage de pesticide).

W4. Évaluation des innovations techniques à une échelle territoriale :

ce WP évalue à l'échelle locale (petite région, bassin versant, terroir) les impacts du changement climatique en tenant compte des pratiques viticoles actuelles et nouvelles. Il vise à mesurer les conséquences de pratiques d'adaptation (innovations techniques et relocalisation) sur les paysages viticoles et sur la viabilité des systèmes de production. Pour ces évaluations, des méthodes multicritères sont utilisées sur le raisin et la typicité des vins, mais aussi sur des paramètres environnementaux (ressources en eau et sol). Les conditions d'adoption par les producteurs de pratiques d'adaptation seront étudiées à partir d'entretiens et de « focus groups ». Des études de cas seront réalisées dans différents vignobles (Val de Loire, Alsace, Languedoc Roussillon). Dans ce WP, les chercheurs étudient l'hypothèse que l'échelle locale est un niveau pertinent d'adaptation, en combinant différents niveaux d'actions et d'innovations, et en tirant avantage de la diversité et de la variabilité des ressources locales.

WP5. Evolution des stratégies économiques :

le CC aura un impact sur les coûts de production et la relation entre la qualité et l'origine géographique. Ces facteurs sont cruciaux pour la compétitivité des entreprises vitivinicoles à l'échelle locale, nationale mais aussi internationale. Le WP étudie les effets du CC sur les stratégies de production, mais aussi sur le goût des consommateurs. Si les consommateurs acceptent l'impact du CC sur la qualité du vin, les besoins de changements radicaux dans les systèmes techniques

seront moins importants. Si les consommateurs ne l'acceptent pas, maintenir une qualité définie de vin devient alors un enjeu majeur pour les producteurs et les chercheurs. La concurrence entre les régions productrices et les évolutions possibles de la réglementation (système d'appellation) seront également analysés. Le WP concentre néanmoins ses travaux sur l'évaluation de la perception des consommateurs (thèse financée par le projet), et sur les stratégies des producteurs en tenant compte du coût de l'adaptation.

WP6. Gestion et analyse des données : ce WP fournit aux partenaires un appui pour la gestion des données. Les bases de données existantes et les systèmes d'information utilisés seront identifiés. Le WP proposera un système d'information qui tient compte des spécificités des différents domaines scientifiques concernés, mais avec des parties communes. Un appui méthodologique pour l'analyse et l'intégration de données complexes sera aussi fourni aux participants.

WP7. Elaboration de scénarios stratégiques pour 2050 : une étude prospective est proposée pour élaborer et explorer plusieurs scénarios d'adaptation au CC. Ces scénarios fourniront un cadre conceptuel pour l'ensemble des WP du projet, et seront alimentés en retour par les résultats et l'expertise des différents WP. L'originalité de l'approche est de partir de 4 scénarios d'adaptation prédéfinis: un scénario « conservateur » qui n'intègre que des changements à la marge, permettant d'évaluer les impacts de l'adaptation passive ; un scénario « innovation pour rester » qui ouvre l'ensemble des vignobles à une large gamme d'innovations techniques ; un scénario « vignobles nomades » qui met en avant les possibilités de relocalisation des vignobles en fonction des conditions climatiques ; un scénario « libéral » qui permet de tester une situation où « tout est possible partout ». Ces quatre scénarios seront soumis aux producteurs dans différentes régions viticoles françaises afin de susciter un débat et de définir des stratégies réalistes. L'adaptation se fera a priori par de multiples étapes qui pourront se combiner différemment dans chaque région. Un travail spécifique (thèse) sur l'importance des relations de coopération entre la recherche et les entreprises viticoles vient compléter cette réflexion prospective.

Conclusion

Le projet LACCAGE a été lancé en mars 2012, lors d'une assemblée générale organisée à Bordeaux ISV. Il a déjà permis de faire le point sur les principaux effets du changement climatique sur la vigne et le vin, comme sur les innovations possibles pour envisager des stratégies d'adaptation. Ces premiers travaux feront l'objet d'un numéro spécial du Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. La construction d'un réseau scientifique national, connecté à l'international, est déjà un acquis important. L'enjeu maintenant est de fournir de nouvelles connaissances sur les stratégies d'adaptation en fonction de différents scénarios. Le projet ne vise pas à fournir des solutions définitives, mais des outils qui aideront à élaborer les stratégies des producteurs, de la recherche et des pouvoirs publics.

Références

Battaglini A., Barbeau G., Bindi M., Badeck F.-W., 2009. European winegrowers' perceptions of climate change impact and options for adaptation. *Regional Environmental Change* 9: 61-73.

Bindi M., Fibbi L., Gozzini B., Orlandi S., Miglietta, F., 1996a. Modeling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Research* 7, 213-224.

Bindi M., Fibbi L., Gozzini B., Orlandi S., Seghi L. 1996b. The effect of elevated CO₂ concentration on grapevine growth under field conditions. *Acta Horticulturae-Hort.* 427, 325-330.

Bois B., Wald L., Pieri P., Van Leeuwen C., Commagnac L., Chery P., Christen M., Gaudillère J.P., Saur E., 2008. Estimating spatial and temporal variations in solar radiation within Bordeaux winegrowing region using remotely sensed data. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 42, n°1, 15-25.

Carbonneau A., Ojeda H. 2012. Ecophysiology et gestion de l'eau en viticulture. *Le Progrès Agricole et Viticole*, 129 (21) : 508-512.

Coombe, B.G., 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Proc. Int. Symp. Grapevine Canopy and Vigor Management*, Davis, USA (ISHS), pp 23-35.

Duchêne E., Huard F., Dumas V., Schneider C., Merdinoglu D., 2010. The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. *Climate Res. earth* 41, 193-204.

Duchêne E., Schneider C., 2005. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomical Sustainable Development* 25, 93-99.

Garcia de Cortazar Atauri I., 2006. Adaptation du modèle STICS à la vigne (*Vitis vinifera* L.). Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact du changement climatique à l'échelle de la France. PhD Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, 291 pp.

Hallegatte, S. 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change* 19 (2): 240-247.

Hallegatte, S., F. Lecocq, et C. de Perthuis. 2011. Designing climate change adaptation policies: an economic framework. *Policy Research Working Paper Series*

Hannah L. et al. (2013) Climate change, wine, and conservation. *Proc Natl Sci USA*

Hinnewinkel, J.C. 2007. Le vignoble bordelais à l'épreuve du changement climatique. In *Proceedings of «Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles ? 28-30 mars 2007*, Dijon.

Holland T., Smit B., 2010. Climate Change and the Wine Industry: Current Research Themes and New Directions. *Journal of Wine Research* 21, 125-136.

Jones G.V., White M. A. Cooper, O.R., Storchmann K., 2005. Climate change and global wine quality. *Climate Change* 73, 319-343.

Jones, G. V. and Webb, L. B., 2010. Climate change, viticulture, and wine: Challenges and opportunities. *J. Wine Res.* 21, 103-106

Kliewer W.M., 1971. Effect of day temperature and light intensity on concentration of malic and tartaric acids in *V. vinifera* grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 96, 372-377.

Kuntoudakis N., Esteruelas M., Fort F., Canals J.M., Zamora F. 2011. Use of unripe grapes harvested during cluster thinning as a method for reducing alcohol content and pH of wine. *Australian J. Grape Wine Res.* 17 (2): 230-238

Lafontaine M., Schultz H. R., Lopes C. M., Balo B., Varadi, G., 2005. Leaf and fruit responses of 'Riesling' grapevines to UV-radiation in the field. *Acta Horticulturae* 689., 125-131.

Malheiro A.C., Santos J.A., Fraga H., Pinto J.G., 2010. Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Climate Research* 43, 163-177.

Mira de Orduna R., 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International* 43, 1844-1855.

Mori K., Goto-Yamamoto N., Kitayama M., Hashizume K., 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *J Exp Bot* 58, 1935-1945

Ollat N., Fernandez L., Romieu C., Duchene E., Lissarague J.R., Lecourieux D., Ageorges A., Kelly M., Gacho J., Rivas J., Lamuela R., Goutouly J.-P., Van Leeuwen C., Marguerit E., Peccoux A., Barrieu F., This P., Lebon E., Pellegrino A., Martinez- Zapater J.M., Toregrossa L., 2011. Multidisciplinary research to select new cultivars adapted to climate changes. XVIIth International GIESCO August 29 - September 2 2011, Asti and Alba, Italy.

Ollat N., Touzard J.M., 2011. Long Term impacts and adaptation to climate change in viticulture and oenology, projet du Meta-programme INRA ACCAF, INRA, 24 p.

Pangga IB, Hanan J, Chakraborty S., 2011. Pathogen dynamics in a crop canopy and their evolution under changing climate, *Plant Pathol.* 60: 70-81.

Pichery M.C., Bourdon F., 2007. Éléments de réflexion sur quelques impacts économiques du réchauffement climatique sur la filière vitivinicole en Bourgogne. Colloque « Global warming, which potential impacts on the vineyards ? », Dijon 28-30 mars 2007.

Pieri P., 2010. Changement climatique et culture de la vigne: l'essentiel des impacts. In, *Changement climatique, agriculture et forêt en France: simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010)*, Ademe ed, pp. 213-223.

Sadras V.O., Petrie P.R., Moran M.A., 2013. Effects of elevated temperature in grapevine. II juice pH, titratable acidity and wine sensory attributes. *Australian J. Grape Wine Res.* 19:107-115.

Sadras V.O., Moran M.A., 2012. Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet Franc. *Australian J. Grape Wine Res.* 18: 115-122.

Salinari F., Glogue S., Rossi V., Tubiello F.N., Rosenweig C., Gullino M.L., 2007. Downy mildew outbreaks on grapevine under climate change. *Bulletin OEPP* 37, 317-326.

Schultz H.R., 2000. Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian J. Grape Wine Res.* 6, 2-12.

Schultz H.R., Stoll M., 2010. Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Australian J. Grape Wine Res.* 16, 4-24.

Seguin B., 2010. Coup de chaud sur l'agriculture. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris. 206p

Tarara J.M., Lee J., Spayd S.E., Scagel C.F., 2008. Berry temperature and solar radiation after acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in Merlot grapes. *Am. J. Enol. Vitic* 59, 235-247.

Touzard J.-M., 2010a. Ancrage territorial et construction de règles dans une organisation, In *Le Temps des SYAL*, Muchnick J., De Sainte Marie C. (eds), Versailles, éditions QUAE.

Touzard J.-M., 2010b. Innovation systems and the competition between regional vineyards. Symposium international ISDA 2010, Montpellier, 25 June-1 July 2010.

Van Leeuwen C., Bois B., Pieri P. and Gaudillère J.-P., 2007. Climate as a terroir component. Congress on climate and viticulture, 10-14 April 2007, Zaragoza, Spain.

Webb L.B., Whetton P.H., Barlow E.W.R., 2007. Modelled impact of future climate change on the phenology of grapevines in Australia. *Australian J. Grape Wine Res* 13, 165-175.

Cépages étrangers ou irrigation qualitative : deux stratégies d'adaptation au changement climatique testées dans le Gers

Thierry DUFOURCQ¹, Olivier YOBRÉGAT²

¹Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, Château de Mons, 32100 CAUSSENS

²Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN

Email: thierry.dufourcq@vignevin.com

Introduction

Anticiper les modifications des conditions culturales pour s'adapter au réchauffement climatique en devenir (millésime de référence 2003) est un enjeu qui nécessite dès à présent la mise en place et l'acquisition de références. Parmi les options pragmatiques, la modification du matériel végétal est une stratégie possible, la modification de la conduite de la vigne également. Un point essentiel à considérer dans cette stratégie de court moyen terme est qu'elle doit permettre de répondre à des effets climatiques ponctuels, non linéaire, comme la précocité d'un millésime (2011), la contrainte hydrique estivale (2012), le stress thermique (2003). Dans le vignoble de Gascogne, le style des vins blancs produit (fruité frais, léger et acide) mais aussi sa rentabilité, très dépendante du rendement, peuvent être impactés par le réchauffement des températures et/ou la diminution de la pluviométrie. De plus, si on considère deux des principaux cépages de la zone, le Colombard et le Gros Manseng, leur comportement face à ces stress abiotiques est différent. L'IFV a engagé des actions régionales pour acquérir des références et transférer vers la profession l'intérêt que pourrait présenter la culture de nouveaux cépages ou l'utilisation de l'irrigation dans le maintien voire l'amélioration de la production dans ce contexte annoncé de réchauffement climatique.

Cépages étrangers

Ce projet s'inscrit dans une démarche d'acquisition de nouvelles références techniques pour les professionnels de la viticulture en Gascogne. Le changement des habitudes de consommation des vins, l'émergence de nouveaux marchés d'exportation mais aussi l'anticipation des modifications des conditions culturales par le réchauffement sont des raisons qui nécessitent dès à présent de poursuivre l'implantation et l'étude de nouveaux cépages dans la zone de production des Côtes de Gascogne. Ce programme a ainsi pour objectif de mettre en place et d'évaluer une collection de nouveaux cépages, étrangers pour la plupart, qui actuellement sont cultivés sous des latitudes nord inférieures au Gers ou qui présentent des potentialités intéressantes en termes de production (tardiveté) et de qualité (production de thiols variétaux dans les vins). Ce programme se divise en deux phases : la première consiste à implanter le matériel à étudier, la seconde aura pour objet l'étude du comportement agronomique et œnologique de ce matériel, ainsi que sa valorisation auprès des professionnels régionaux. Les données

acquises viendront alimenter les bases de données d'études sur le comportement de la vigne au sein des programmes de recherches nationaux (PERPHECLIM, LACCAVE). 9 cépages ont été surgreffés en 2012 et 2013 sur un dispositif de 100 souches réparties en blocs aléatoire sur une parcelle de Roussane/fercal plantée en 2002. Ils seront comparés au Colombard clone 938



Irrigation de la vigne.

La qualité et la reproductibilité dans l'élaboration d'un vin adapté à son segment de marché est un enjeu essentiel pour la compétitivité des exploitations viti-vinicoles. Dans ce contexte, la maîtrise de l'alimentation hydrique et azotée de la vigne est un objectif nécessaire. Dans nos régions, la climatologie, principalement d'influence océanique joue un rôle majeur dans la variation d'exposition des vignes et participe grandement à ce que l'on appelle communément « l'effet millésime ». Le réchauffement climatique se traduit aujourd'hui par des températures annuelles qui modifient le cycle de la vigne et qui expose la phase de maturation des raisins, par sa précocité, à des températures plus chaudes et également des états de contraintes hydriques plus sévères. La variation de la pluviométrie estivale, principalement de nature orageuse donc aléatoire, participe également à des hétérogénéités de situations pas toujours compatibles avec la recherche de profil qualitatif de raisins stable d'une année sur l'autre. Arriver à stabiliser la qualité de la matière première et notamment son potentiel aromatique est un enjeu pour la profession régionale. Très peu de références existent sur nos cépages locaux quant à leur comportement dans des conditions de statut hydrique variable. L'objectif est donc d'évaluer la capacité des techniques d'irrigation pour maintenir la stabilité de la qualité aromatique des vins en favorisant l'assimilation de l'azote et pour réguler la phase de maturation des raisins. Les résultats aideront les professionnels à décider de l'intérêt technique de cette approche dans les conditions pédo-climatiques régionales. Depuis 2010, l'IFV Sud-ouest étudie le comportement du Gros Manseng et du Colombard conduits sous irrigation. Les 4 millésimes ont présenté des situations climatiques très contrastées : 2010 a été un millésime normal (pluie et température) ; 2011 un millésime très précoce (donc chaud), avec un printemps sec et un début d'été pluvieux (juin) et une fin d'été sèche ; 2012 a été un millésime moyen en température avec un été

Cépage	Origine
Albarhino	Portugal-Espagne
Verdehlo	Espagne
Verdejo	Espagne
Vermentino	Italie-France
Scheurebe	Allemagne
Petite Arvine	Suisse
Merlot-UgniBlanc 8458 (INRA)	France
Malvasia istriana	Croatie
Rkasitelli	Géorgie

sec ; 2013 est très tardif (froid au printemps) et très humide suivi d'un été sec et d'une période de maturation à nouveau humide. Les apports d'eau ont été réalisés par goutte à goutte à l'aide d'une unité mobile d'irrigation conçue pour l'expérimentation. Les apports d'eau ont été compris entre 40mm et 130mm (en équivalent hauteur de précipitation) (1mm = 10m³/ha), en fonction des millésimes et des cépages. Ils cherchent à maintenir la vigne à un certain état hydrique (mesuré par potentiel hydrique de tige à l'aide d'une chambre à pression).

Densité 3770p/ha	Apport d'eau en mm	Apport d'eau en m ³ /ha	Apport d'eau en L/pieds
Mini	40	400	106
Maxi	130	1300	345

Les principaux résultats sont :

- un gain de production en sucre par hectare, conséquence d'une amélioration de la photosynthèse pendant l'été.
- un retard de maturité illustrée par un plus haut niveau en acidité des raisins (acide malique), à date de récolte constante.
- un gain en rendement, conséquence d'une augmentation du poids moyen de la grappe, qui sera d'autant plus important que le volume d'eau est élevé ou que l'irrigation sera prolongée dans la saison. Le gain en rendement n'affecte que l'une des trois composantes (nombre de grappes et nombre de pied non impactés) et donc sera limité (+30 à 50% maximum d'après Payan) voir nul, cas en 2013 sur le Colombard.

En ce qui concerne la qualité des vins et notamment la production de thiols variétaux les effets de l'irrigation sont à nuancer. En effet, on observe un gain en composés aromatiques dans les vins entre la partie irriguée et non irriguée. Cependant le gain observé est aussi dépendant de la date de récolte (figure 1). Ce travail est à poursuivre encore sur quelques millésimes pour cerner le potentiel de la technique dans des conditions climatiques de Gascogne. Les questions aujourd'hui qui peuvent se poser concernent le recours à cette technique ou la recherche de solutions alternatives. L'alimentation hydrique de la vigne dépend de la réserve en eau du sol, de sa consommation (transpiration), de sa recharge (précipitation) et de son accès (profondeur racinaire). L'utilisation d'outils de modélisation, en complément des essais au champ permet d'envisager un ensemble de situations qu'il est difficile d'appréhender autrement. Ces outils sont au service d'un choix technique et peuvent permettre d'optimiser les implantations. A titre d'exemple, l'implantation d'un Colombard sur un sol possédant une réserve en eau de 300mm permet à l'heure actuelle de laisser la vigne dans un état hydrique qui correspond au standard attendu.

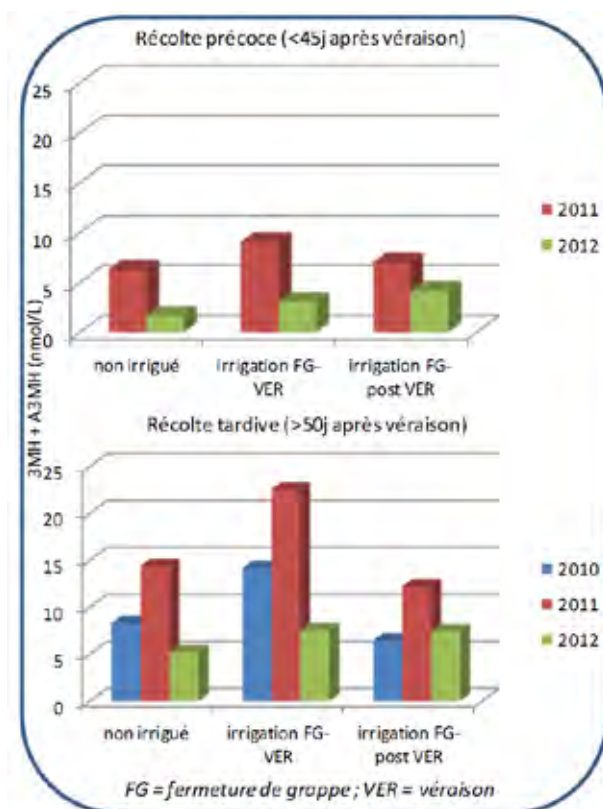


Figure 1 : quantités de thiols variétaux (3MH et A3MH) dosées dans des vins de Colombar issus de parcelles irriguées ou non irriguées.



«Garonne 2050» : une étude prospective sur les besoins et les ressources en eau à la base d'une stratégie d'adaptation au changement climatique

Françoise GOULARD

Conseiller recherche et prospective, agence de l'eau Adour-Garonne, 90, rue du Férétra - 31078 TOULOUSE Cedex 4
Email: francoise.goulard@eau-adour-garonne.fr

En poste depuis 2009, elle était précédemment enseignant-chercheur avec une double compétence associant sciences du vivant (techniques agricoles et environnement) et sciences sociales (politiques agricoles et environnementales, économie de la production agricole et économie de l'environnement). Elle dispose d'un doctorat en sciences économiques de l'Université de Montpellier I.

Afin de connaître les incidences des changements globaux sur le bassin de la Garonne en 2050, l'agence de l'eau Adour-Garonne a initié une étude prospective sur les besoins et les ressources en eau. Au-delà des impacts du changement climatique, l'étude intègre les évolutions possibles de la démographie, de l'énergie et de l'agriculture, et leurs impacts sur la ressource en eau, principalement du point de vue quantitatif. L'exercice de prospective « Garonne 2050 » s'ancre d'un point de vue méthodologique au sein de méthodes plus ou moins standardisées dites de l'action publique. Ces dernières sont basées sur de la concertation et de la participation pour associer les acteurs concernés à la définition des voies à prendre dans les territoires. Face aux incertitudes que sou tentent les changements globaux, et à la nécessité de tenir compte du long terme pour réfléchir au contenu d'un développement durable, la démarche retenue recherche, en complément de la participation des acteurs, la mobilisation des connaissances, via l'expertise et la modélisation. Les premiers travaux de régionalisation, menés par les chercheurs de Météo France notamment, montrent pour le sud-ouest de la France, à l'échéance 2050, une augmentation de la température moyenne annuelle comprise entre 0,5°C et 3,5°C. Cette tendance sera plus marquée en été, avec plus de périodes de canicule et de sécheresse. Par voie de conséquence, l'évapotranspiration annuelle sera en nette augmentation. Dans le domaine de l'hydrologie, cela signifie moins de pluie efficace, donc moins d'écoulement et d'infiltration. De fortes incertitudes demeurent sur le niveau et la dynamique des précipitations. On peut s'attendre néanmoins à une diminution des précipitations neigeuses. De ce fait, certains cours d'eau passeraient d'un régime nival à un régime pluvial.

Du fait de l'ensemble de ces évolutions climatiques, de fortes modifications sur l'hydrologie sont à prévoir : des baisses annuelles de débits de toutes les grandes rivières du sud-ouest, comprises entre 20 et 40 %. La dynamique des écoulements sera également fortement modifiée notamment en période de basses eaux : sans modification des usages, les étiages seront plus précoces, plus sévères et plus longs. Sans pouvoir disposer de données précises, l'augmentation de la température de l'air et la baisse des débits induiront en toute logique une augmentation de la température de l'eau, qui, elle aussi, aura des conséquences non négligeables sur les usages et les milieux.

Parallèlement, plusieurs hypothèses sur l'évolution des consommations en eau potable, sur les activités économiques, sur les productions et consommations énergétiques et sur l'agriculture ont été décrites lors de différents ateliers participatifs. « Garonne 2050 » a en effet laissé une large place aux acteurs locaux, pour envisager l'avenir.

Dans une phase exploratoire, les acteurs du bassin ont retenu cinq scénarios caricaturaux pour donner à voir, en valeur relative, l'étendue des possibles et leurs conséquences probables :

- Un abandon partiel des politiques environnementales, au profit d'une politique économique : il s'agit du scénario que l'on qualifie de tendanciel : le déficit en eau se creuse, le bon état écologique prôné par la directive cadre sur l'eau n'est pas atteint.

- Une adaptation par l'augmentation des ressources disponibles du fait de nouveaux stockages d'eau ; les usages anthropiques sont privilégiés, l'objectif de continuité écologique est abandonné et la définition du bon état écologique modifiée ;
- Un contexte économique qui impose une baisse drastique des consommations, notamment domestiques et agricoles ; L'agriculture locale périclète, les milieux aquatiques et les usages qui ne profitent pas en profitent un peu mais le débit minimum reste faible ;
- Une croissance verte décentralisée basée sur du volontarisme très localisé pousse à l'autonomie des territoires : dans le domaine de l'eau, la solidarité amont/aval est abandonnée ;
- Un développement dit « ultralibéral » où l'eau est devenue un bien marchand. Les politiques publiques sont devenues permissives, la directive cadre est abandonnée et l'agence de l'eau Adour-Garonne ferme. Sans régulateur, même si l'eau est devenue chère, le déficit n'est pas comblé.

Avec ces scénarios, l'agence de l'eau Adour-Garonne a engagé une phase de consultation et de débats dont on ne peut plus faire l'économie sur un bassin en grande partie déficitaire : aucun scénario n'est acceptable en l'état mais ils doivent servir de guide pour définir collectivement une image consensuelle du futur. Cette étape a permis de fonder un diagnostic partagé, base préalable à la dernière phase de l'étude, plus normative, qui doit aider à la définition d'une stratégie pour l'avenir : « que souhaitons-nous pour le futur et que sommes-nous prêts à faire ? ». Au final, les orientations prises collectivement se sont focalisées sur les enjeux les plus significatifs : quel débit minimum dans les rivières l'été et quel volume attribuer à l'agriculture (volume prélevable ou VP).

Les scénarios finaux varient selon le principe de compensation de l'évolution des débits naturels du fait du changement climatique. Ils font référence à un indicateur caractéristique du cadre politique actuel: le Débit Objectif d'Etiage ou DOE. Ils sont décrits à la fois de façon littéraire mais également via un déficit à combler pour équilibrer besoins et ressources en eau sur le bassin de la Garonne.

- Le scénario du laisser-faire (ne pas compenser l'évolution des débits naturels) DOE 2050 = 50% du DOE d'aujourd'hui
- Le scénario volontariste (compenser totalement l'évolution des débits naturels) DOE 2050 = 100% du DOE d'aujourd'hui
- Le scénario intermédiaire (compenser partiellement l'évolution des débits) DOE 2050 = 75% du DOE d'aujourd'hui

Pour les 3 hypothèses de compensation de l'évolution des débits naturels, les déficits quinquennaux ont été estimés par la modélisation à 760, 335 et 75 Mm³ en moyenne. Ces valeurs repères sont néanmoins systématiquement encadrées par une fourchette représentant l'incertitude liée aux modèles et hypothèses retenues. Ces valeurs sont donc plus à considérer comme des ordres de grandeur qui permettent de typer les scénarios les uns par rapport aux autres, que des valeurs absolues.

Tableau I : Estimation des déficits en fonction du niveau de compensation face à la baisse des débits naturels

		A VP constant (100%)	
		Valeurs à retenir	Variabilité
DEBIT MINIMUM FUTUR	100% du DOE actuel	760 Mm3	Entre 480 et 1200
	75% du DOE actuel	335 Mm3	Entre 150 et 650
	50% du DOE actuel	75 Mm3	Entre 25 et 160

Aucun des scénarios ne se réalisera tel quel, mais anticiper « le champ des possibles » et y associer des ordres de grandeur permet d'éclairer les décisions à prendre. Au final, quelle que soit l'option choisie, la stratégie apparaît d'ampleur, que ça soit en termes d'échelle, de rythme ou de combinaison de moyens pour répondre à l'objectif d'équilibrer durablement besoins et ressources en eau sur ce territoire. A la lumière de cette étude prospective, des mesures apparaissent dès à présent sans regret :

- Les mesures d'économies d'eau et plus globalement de meilleure gestion de l'eau sont communes à tous les scénarios et à tous les secteurs d'activités. Cependant, face à l'ampleur des problèmes futurs, la réduction de la demande ne suffira pas à répondre à l'enjeu ;

- Tous les scénarios évoquent la création de réserves ou ouvrages de stockage hivernal. En corollaire, il est important de noter que plus l'ambition de stockage sera grande, plus le risque de non remplissage annuel sera important ;

- De multiples autres solutions technologiques sont sans doute mobilisables localement et pourraient contribuer à une partie des solutions envisageables : la réutilisation des eaux pluviales et des eaux usées, le dessalement d'eau de mer, la recharge artificielle des nappes alluviales, la mobilisation plus importante de ressources souterraines ... Ces solutions méritent d'être évaluées précisément, notamment en termes d'acceptabilité sociale et de coût, incluant l'évolution du contexte énergétique.

Car, et c'est aussi une conclusion forte de cette étude, Garonne 2050 illustre également les nombreuses interdépendances entre les politiques publiques de l'énergie et de l'eau. Lors des renouvellements prochains des concessions hydro-électriques, des arbitrages seront particulièrement déterminants. Face aux tensions futures entre usages, l'enjeu de mobiliser des acteurs publics pour garantir une gestion collective de la ressource dans le souci de l'intérêt général apparaît renouvelé. L'étude ouvre également de nombreuses pistes d'études et de recherches à poursuivre ou entamer pour mieux se préparer à l'avenir. Aux termes de l'étude, malgré les incertitudes, les résultats, aussi bien que la démarche associant participation et modélisation, apparaissent aujourd'hui comme structurants pour fonder une politique d'adaptation aux changements globaux.

Paysages viticoles : enjeux pour la filière

Carine HERBIN

Chargée de projets paysages et de l'animation de la Charte de Fontevraud.
Institut Français de la Vigne et du Vin - 17 rue Jean Chandon Moët 51200 Epernay
Email: carine.herbin@vignevin.com

Résumé : Discipline récente en viticulture, les paysages n'en sont pas moins un objet d'intérêt et une préoccupation pour la profession. Les concepts et approches, parfois abstraits, trouvent leur concrétisation dans des démarches de protection, de gestion et de valorisation des multiples atouts des paysages viticoles. Vitrine des pratiques viticoles, les paysages constituent un levier et un axe du développement durable en tant que support des enjeux agro-écologiques, de territoires, économiques, sociaux, culturels et patrimoniaux. La mise en scène des paysages passe nécessairement par leur gestion autour de modes d'organisation ancrés et appropriés par la profession comme la révélation du lien de leur qualité à celles des produits, de leurs terroir et territoire.

IFV et Paysages

L'Institut Français de la Vigne et du Vin, investi depuis plusieurs années dans la recherche paysage, a pour mission de donner à la profession les moyens de connaître, de protéger et de développer des paysages de qualité et innovants, en partenariat avec d'autres acteurs de la recherche, de l'aménagement et du développement, sur des projets nationaux ou internationaux. Depuis 2000, l'IFV a contribué largement à faire reconnaître la problématique du paysage dans le monde de la viticulture à travers des visites, des interventions, un itinéraire IFV (13), des articles, une exposition et un film.

L'IFV entretient une dynamique de projets et de réseaux sur les paysages viticoles depuis par le **groupe national « Paysages viticoles »**. Concrètement, des outils pour des projets de développement durable paysages ont été développés dans la cadre du **projet APPORT, agriculture et paysage** (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8), pilotés par IFV, lauréat à l'appel à projets de développement agricole et rural d'innovation et de partenariat du CASDAR 2006. Particulièrement pour les paysages viticoles, l'IFV est missionné depuis 2008 pour animer et développer la **Charte Internationale de Fontevraud** (39). L'institut Français de la Vigne et du vin est aussi pilote dans un projet européen life+ Biodivine dont le but est de démontrer la **biodiversité fonctionnelle dans les paysages viticoles** (www.biodivine.eu).



Charte de Fontevraud

Enfin depuis 2013, l'IFV mène le projet national « **Laboratoire Paysages Viticoles** » soutenu par le fonds Recherche et Développement de FranceAgriMer. Ce projet concerne la création et l'expérimentation d'une méthodologie de gestion des paysages à l'échelle de « laboratoires paysages viticoles » dans l'objectif de gérer, valoriser et aménager les paysages viticoles nationaux. 4 régions viticoles sont engagées : le Bureau Interprofessionnel des Vins de Bourgogne, l'ODG des Costières de Nîmes, l'ODG des Côtes du Rhône-Syndicat Général des Vignerons réunis des Côtes du Rhône et l'Union des Vignerons du Beaujolais.

Concepts et approches paysage, intérêts de la filière viticole

Le concept de paysage est relativement récent, évolutif et les approches sont contemporaines des préoccupations sociétales. Les considérations sur le paysage, à l'origine de protection de monuments ou de sites, ont évolué vers la valorisation jusqu'à la

gestion des paysages à l'échelle de territoires, dans un contexte global de développement durable. **La loi de 1906 modifiée par la loi du 2 mai 1930** sur la protection des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque) dont l'objectif était initialement la conservation en l'état, a produit deux degrés de protection pour les sites d'intérêt national : les sites classés et les sites inscrits. Quelques sites classés, inscrits, concernent une partie viticole : Château Chalon, Château Margaux, La Clape, le site viticole de Jonguieux et Marestel, côte méridionale de Beaune, corniche angevine, parcelle de 20 ares de Sarragachies, ceps de vignes ayant échappés au phylloxéra collège jésuites Reims. Les sites peuvent aussi prétendre au label « Grand Site » et rejoindre le réseau des Grands Sites de France, créé pour améliorer la gestion des sites les plus prestigieux et les plus fréquentés. Les grands sites environnés par la viticulture sont : *Mont Ventoux, Roches de Pouilly, Solutré et Vergisson, Sainte-Victoire et Saint-Guilhem le Désert.*

La réglementation AOC des aires viticoles oblige une forme de conduite de la vigne et des paysages particuliers selon les zones de production et apportent également une protection générale contre toute opération d'aménagement, d'urbanisme, d'équipement, de construction, d'exploitation du sol ou du sous-sol ou d'implantation de toute activité économique de nature à porter atteinte à l'aire ou aux conditions de production, à la qualité ou à l'image du produit d'appellation (17).

A partir des années 1975, alors que le territoire français est en profonde et rapide transformation, de nombreuses lois concernant différentes facettes de l'aménagement du territoire se préoccupent de façon générale de la protection des paysages comme une composante du bien public. **La loi paysage en 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages abordera le paysage comme un élément du projet de développement des territoires et du projet de développement de chaque activité** (6). C'est le début des plans paysages et des chartes paysages.

En même temps, on assiste à une prise de conscience des problématiques environnementales, territoriales et paysagères. Les campagnes sont industrialisées, « rurbanisées », les paysages apparaissent banalisés et simplifiés par la modification des aménagements coteaux, l'élimination de structures paysagères (arbres, haies, talus, bosquet ou architecture), entraînant une perte de patrimoine et d'identité.

En 1992, l'UNESCO introduit la catégorie « paysages culturels » au patrimoine mondial afin de protéger des paysages présentant des « interactions majeures entre les hommes et le milieu naturel. Les « paysages culturels » sont des : « ouvrages combinés de la nature et de l'homme ainsi que les zones y compris les sites archéologiques qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue historique, esthétique, ethnologique ou anthropologique » Article 1 de la Convention mondiale du Patrimoine (36). 5 sites viticoles majeurs



Clairvaux d'Aveyron. Vue des coteaux plantés de vignes de la vallée de l'Ady, avec les villages de Clairvaux (au premier plan) et Bruéjols (au second plan). Source wikimedia

sont classés aujourd'hui en paysages culturels : l'ancienne juridiction de Saint-Emilion en France 1999, la vallée du Haut-Douro au Portugal 2001, la côte de Tokaj en Hongrie 2002, Paysage viticole de l'île de Pico - Açores au Portugal 2004, Lavaux en Suisse 2007. D'autres paysages sont classés culturels et pour lesquels la vigne joue un rôle majeur : Portovenere - Cinque Terre et les îles (Palmaria, Tino et Tinetto) 1997, Wachau en Autriche 2000, le Val de Loire en France 2000. Enfin les paysages culturels pour lesquels la vigne joue un rôle mineur sont : - Paysage culturel de Fertő / Neusiedlersee - Burgenland, Autriche et Comté de Győr-Moson-Sopron, en Hongrie 2001, Vallée de l'Orcia - Province de Sienne, Toscane en Italie 2004, Bordeaux, Port de la Lune en France 2007.

Une approche globale et multifonctionnelle du paysage s'installe ensuite avec la **1ère réforme de la PAC en 1992** qui reconnaît à l'agriculture des fonctions environnementales, territoriales et paysagères en complément de sa fonction productive.

Pour suivre, les concepts du paysage sont définis par la **Convention Européenne du Paysage en 2000** (ratifiée par la France en 2006) : « paysage », « politique de paysage », « objectif de qualité paysagère », « protection de paysage » et « aménagement des paysages » (14) avec la dimension supplémentaire de la prise en compte des aspirations des populations usagères et consommatrices.

Paysage : « Partie de territoire telle que perçue par les populations dont le caractère résulte de l'action des facteurs naturels et/ou humains et de leur interrelation » Convention Européenne du Paysage.

En 2003, à la suite du classement du Val de Loire à l'UNESCO et à l'issue du premier colloque international « **Paysages de vignes et de vins** » (15), tenu à Fontevraud, la charte dite de Fontevraud est élaborée. **La Charte de Fontevraud** agit en faveur de la protection, de la gestion et de la valorisation des paysages de la vigne et du vin. Elle reconnaît la gouvernance patrimoniale et la qualité des démarches volontaires et concertées des terroirs viticoles **où tous les acteurs du territoire** (collectivités locales, le ou les syndicats de producteurs, opérateurs économiques, culturel et touristique, universités et laboratoires) sont engagés – à partir d'un diagnostic agro-paysager et environnemental - sur un plan d'actions et sa conduite, conjuguant l'optimisation de la production viticole et la gestion paysagère et environnementale, associées à des offres culturelles et touristiques innovantes dans une logique de **développement durable**. L'adhésion permet la revendication d'un label et la participation au réseau international paysages viticoles. Les adhérents à la charte de Fontevraud sont le Val de Loire, Château-Chalon, Côte méridionale de Beaune, Lavaux, Costières de Nîmes, Brouilly et Côte de Brouilly.

En 2004, l'**Organisation Internationale de la Vigne et du Vin** inscrit le paysage dans la définition de la viticulture durable (31,32) comme un des éléments de valorisation de la culture de la vigne et en 2010 comme un des éléments du terroir vitivinicole (30).

Les atouts des paysages ruraux et des paysages viticoles

« Le paysage participe de manière importante à l'intérêt général, sur les plans culturel, écologique, environnemental et social, et il constitue une ressource favorable à l'activité économique, dont une protection, une gestion et un aménagement appropriés peuvent contribuer à la création d'emplois » (14). Riches et divers, les paysages ruraux témoignent d'une adaptation ingénieuse des sociétés à leurs territoires. Ils gardent la mémoire de savoir-faire ancestraux, ils portent l'empreinte des pratiques, des techniques et des projets plus récents, ils sont le reflet des relations des populations à leur environnement. Contribuant à l'identité des lieux, ils sont un atout pour les territoires à plus d'un titre : comme cadre de vie pour les habitants, comme image de marque au service du développement économique et touristique (APPORT 2009).

Atouts particuliers des paysages viticoles : un capital et une richesse reconnus : les paysages constituent à la fois l'espace des enjeux et la vitrine des pratiques viticoles.

Ils sont porteurs des enjeux du développement durable et placent ainsi les vignerons au cœur du développement de leur territoire tout en soulignant des liens identitaires déjà forts.

Les paysages viticoles présentent aussi l'intérêt de fédérer la profession autour d'un sujet identitaire et rassembleur à toutes les échelles : exploitation, région et national. Les paysages viticoles contribuent significativement à la structuration et à la dynamique des territoires, en lien avec l'image, la qualité des paysages et des produits ainsi que du cadre de vie. « Les paysages viticoles sont généralement reconnus parmi les formes les plus remarquables de paysages résultant de l'activité humaine, à la fois par la marque qu'ils impriment au territoire et par les traditions culturelles qui leurs sont associés » (16). « La viticulture est la première contributrice à la valeur de la ferme France. Peuplante et structurante, la vigne, plante pérenne, et les viticulteurs ont façonné au cours des siècles des paysages incomparables. Leur contribution à l'économie liée au tourisme et à la gastronomie, si elle est délicate à estimer, n'en est pas moins considérable. » (38).



Enjeux paysages viticoles, extrait du diagnostic paysager de Brouilly et Côte de Brouilly, source : Territoires & Paysages

Enjeux filière viticole

La qualité des paysages de la vigne est un atout remarquable pour toute la filière à condition d'y porter un soin particulier (27). La consommation de vin s'intègre de plus en plus dans un contexte oeno-culturel associé à des notions hédonistes complexes. Si les perceptions sensorielles, essentiellement fondées sur l'adéquation terroir/cépage/élaboration, constituent le socle de la perception qualitative intrinsèque, la qualité perçue, fondement de l'image et support de la valorisation économique de l'appellation, intègre de plus en plus des composantes complémentaires relatives notamment à la santé, à l'environnement et aux valeurs patrimoniales. La valorisation de la typicité paysagère, constitue un support important

de communication, par le biais des activités oeno-touristiques, mais également par l'intermédiaire des médias et notamment les nouvelles technologies associées au réseau internet. En outre elle transmet un message culturel associé au vin, en s'affranchissant des contraintes liées aux boissons alcoolisées. À l'inverse, la dégradation des composantes de l'esthétique et de l'authenticité des paysages peut nuire à l'image du terroir et du produit vis-à-vis du grand public.

Parallèlement, les paysages viticoles sont également des fondements identitaires des acteurs viticoles et des collectivités territoriales, en quête de liens indispensables au développement d'actions collectives et en particulier dans le secteur environnemental et plus globalement vis-à-vis du développement durable.

Aussi les objectifs stratégiques de la filière sont : **la connaissance, la protection, la gestion et la valorisation** des paysages viticoles de qualité sur des projets innovants en partenariat avec d'autres acteurs de l'aménagement et du développement, à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation et des territoires ; en recourant au paysage viticole comme **un axe et un levier du développement durable de la filière** (base des principes de la Charte de Fontevraud).

Dans une démarche de développement durable, le paysage est considéré à la fois comme un **instrument** et comme l'objet d'un projet au service de l'**espace de production** et du **cadre de vie** que les viticulteurs entretiennent.

- **Un instrument** : le paysage permet de comprendre les spécificités, les atouts, les contraintes, les enjeux agronomiques, écologiques, énergétiques et sociaux d'un territoire et pour en guider les transformations.
- Un **projet** pour porter attention à la qualité et à la cohérence spatiales des aménagements mis en œuvre.

Un certain nombre de démarches de **gestion de paysages** viticoles ont déjà été réalisées (9, 11, 12, 20, 29, 33, 34, 35, 37), sont en cours ou en projet, et réparties dans différents bassins de production, d'autres sont en émergence ou en réflexion. « **Gestion des paysages** » comprend les actions visant, dans une perspective de développement durable, à entretenir le paysage afin de guider et d'harmoniser les transformations induites par les évolutions sociales, économiques et environnementales. Convention Européenne du Paysage. Si les définitions et outils de base du paysage sont aujourd'hui en partie établis, le transfert des connaissances vers la filière viticole est nécessaire et plus encore la mise au point de méthodologies de **gestion des paysages** et leur expérimentation à l'échelle opérationnelle des territoires et des exploitations.

Enjeux de territoires : A l'échelle des territoires, il s'agit de renforcer l'implication et le pilotage par la profession pour :

- Comprendre les logiques et dynamiques, les articulations, les continuités, transformations, ruptures concernant les acteurs, les activités et le rapport des échelles entre elles au moyen de diagnostic,
- Orienter les projets vers des systèmes de production valorisant les ressources du territoire,
- Conforter les modes de commercialisation des produits en s'appuyant sur l'image des paysages,
- Améliorer le cadre de vie des viticulteurs et des autres habitants et utilisateurs de l'espace.

Enjeux agro-environnemental et agro-écologique : L'approche paysage confère une cohérence globale des pratiques et des systèmes agro-écologiques (dont les aspects de climat d'énergie et de transition 21, 22, 28). La prise en compte fine du paysage dans les itinéraires et les systèmes de production renforce le lien et la qualité du lien au terroir et au vin produit. La gestion des paysages et des territoires est considérée comme l'un des trois grands leviers des transitions écologique et énergétique actuelles (23). Entretien ou recréer tous les éléments fixes du paysage valorise également

le patrimoine agro-écologique d'une zone viticole. La structuration et les motifs du paysage contribuent à :

- la conservation des sols (amendement, mulch, enherbement, semis, taille des parcelles, aménagement foncier, terrasses, dispositifs anti-érosifs),
- au maintien de la qualité des eaux (protection contre l'érosion éolienne et épuration des eaux de ruissellement)
- et au maintien et développement d'une biodiversité faunistique et floristique particulière (vigne, muret, talus, aménagements hydrauliques, arbres associés, haies,...)

Enjeux d'aménagement du territoire : Les choix d'aménagement du territoire et le foncier conditionnent souvent l'évolution du paysage et peuvent compromettre la cohérence des vignobles (urbanisation, mitage, installation d'industries, de zones d'activité, mise en place de voies de communication, d'installations énergétiques). L'objectif lié aux enjeux d'aménagement du territoire est de renforcer l'implication de la profession et de :

- Participer à l'élaboration des documents d'aménagement du territoire et protéger le foncier viticole (plans, schémas)
- Défendre l'outil de production que constitue le parcellaire viticole
- Faire reconnaître et valoir la contribution de ces paysages à la qualité du cadre de vie et à l'image régionale des territoires
- Identifier les zones de protection et d'intérêt paysager
- Participer au financement de plans ou chartes de paysage, labels

Enjeux culturel et patrimonial : Les symboles historiques associés à la culture de la vigne et matérialisés dans les constructions ou les fêtes et rites constituent, avec des structures contemporaines soignées et renouant avec une culture architecturale et paysagère, les expressions culturelles et patrimoniales d'un vin, et méritent d'être entretenus et valorisés comme atout touristique. Les actions associées vont permettre de :

- Relier et révéler les structures et composantes culturelles et patrimoniales au territoire (vignoble, aménagement du territoire, tourisme), au produit, au consommateur (Fêtes et rites - Architecture et constructions liées au vignoble : petit patrimoine de vigne, maisons bourgeoises, châteaux, coopératives et chais, exploitation, de vigne, bâtiments contemporains dans le vignoble ou aux abords des villages).
- Conduire à une compatibilité paysagère et fonctionnelle des bâtiments et infrastructures avec l'environnement local.
- Favoriser l'intégration paysagère des techniques au moment de la conception (traitements des effluents).
- Accueillir les innovations (éco-conception).

Enjeu social : Cet enjeu, pourtant intégré aux définitions générales, est sans aucun doute le moins étudié alors que son rôle est considérable et souvent la clé de réussite ou d'échec des démarches paysages globales. Une démarche paysage prendra soin de :

- Mesurer la perception sociale du paysage considéré comme un bien collectif (esthétique, patrimonial, environnemental, affectif, cadre de vie et facteur économique)
- Révéler et développer les liens identitaires et sociaux aux paysages viticoles (sensibilisation, formation, fédération, cohésion, médiation, qualification, mobilité)
- Associer la population au projet global (animation, enquêtes, gouvernance, participation)
- Mesurer les conditions d'accès et les disponibilités (peuplement, main-d'œuvre, logement, rémunération, mobilité)

L'enjeu social se prolonge par les questionnements de société, les enjeux de politique, et de choix d'action. En ce sens ils sont intimement liés aux enjeux de développement et économiques.

Enjeux de développement et économiques : Ils correspondent à la valeur intrinsèque, au potentiel porté par le paysage et aux moyens de révélation et de développement de cette valeur. Si les services rendus semblent plutôt évidents, leur mesure économique l'est moins (24). Les syndicats viticoles conscients de l'importance de la qualité du paysage comme élément essentiel d'une politique de développement sur leur territoire, établissent des plans, des chartes de paysages, à l'instar de petites régions ou communes, leur permettant de :

- Réaliser un diagnostic paysager faisant apparaître les atouts, les contraintes et les enjeux de leur région
- Dégager des orientations correspondant à un projet
- Mettre en place un programme d'actions règlementaires, juridiques, incitatives, médiatiques, en partenariat avec tous les acteurs du territoire.

Ce qui revient au paysage se mesure au travers de son attractivité directe ou induite (industrielle, touristique, œnotouristique (19,25), main-d'œuvre, résidence et cadre de vie, bilan migratoire, infrastructures et flux, entreprises, consommateur). La lecture de la vitalité économique sur le paysage s'effectue à partir de :

- La part du viticole dans l'économie (création et survie des entreprises)
- La valeur ou la vitalité du vignoble et sa pérennité (abandon-fermes, valeur du foncier, transmission et reprise des exploitations)
- Le niveau de participation de la vie économique en lien avec le paysage
- Valeur ajoutée : formation, rémunération, savoir-faire

Enjeux d'image, de qualité, des produits, des paysages et du cadre de vie : Comme une synthèse des enjeux précédents, le soin apporté aux paysages signe leur image, la qualité des produits et du cadre de vie et est valorisé par exemple au travers de l'œnotourisme. Les moyens d'actions peuvent être les suivants :

- Valorisation du patrimoine (gros et petit)
- Création de routes des vins, de sentiers viticoles
- Amélioration de la publicité
- Accueil des caves, abords et œnotourisme
- Actions promotionnelles de découverte des paysages de vignobles
- Actions de communication sur le paysage viticole
- Mise en scène des savoir-faire

Conclusion

Les notions de gestion et, sous-jacente, de gouvernance des territoires viticoles sont récentes au regard de l'analyse, la protection et l'aménagement des paysages (10). Elles questionnent une organisation initiale issue des pratiques défendues par les OGD et instituées par l'INAO ainsi que les politiques de territoires impliquant les producteurs, les organisations professionnelles, les collectivités territoriales, les citoyens, habitants et consommateurs du terroir » (18). Elles préfigurent les modes de relation et d'organisation du territoire au paysage et à la vigne cultivée. Elles sont fondées sur une volonté d'ancrage et d'appropriation forts du paysage viticole au territoire et au terroir par le vigneron et la profession. A condition d'y porter soin, la qualité des paysages viticoles est un capital économique, agro-écologique, culturel et social remarquable.

Bibliographie

- (1) APPORT. 2009. 4 cours «Le paysage et la formation à l'agriculture durable» : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV
- (2) APPORT. 2009. Projet d'exploitation agricole et paysage : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV
- (3) APPORT. 2009. Qualité des paysages, des produits et du cadre de vie : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV

(4) APPORT. 2009. Représentation et interprétation du paysage outils pour observer, analyser, valoriser : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV

(5) APPORT. 2009. La visite de terrain, le paysage comme lieu d'expériences : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV

(6) APPORT. 2009. Cadre juridique, outils et compétences pour le paysage en agriculture : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV

(7) APPORT. 2009. Paysage, outil de médiation : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV

(8) APPORT. 2009. Paysage, urbanisation et projet agricole, quel mode d'expression des paysages agricoles dans les projets de territoire : www.agriculture-et-paysages.fr. IFV

(9) ASSOCIATION DU MASSIF DES DENTELLES DE MONTMIRAIL ET TERRITOIRES & PAYSAGES, 2009. Diagnostic paysager du vignoble.

(10) BUSQUETS FABREGAS, J et CORTINA AMOS, A. 2011. Rapport « Paysage et territoire : le processus de gestion des paysages » 6ème conférence du Conseil de l'Europe sur la Convention Européenne du Paysage

(11) CHARTE PAYSAGERE ET ENVIRONNEMENTALE DE L'APPELLATION COSTIERES DE NIMES, 2007.

(12) CHARTE PAYSAGERE ET ENVIRONNEMENTALE DU VIGNOBLE DE LA COTE VERMEILLE, 2012.

(13) COLLECTIF. 2002. Le vignoble dans le paysage : Les cahiers itinéraires d'ITV France, Institut Français de la Vigne et du Vin.

(14) COLLECTIF. 2000. Convention Européenne du Paysage : <http://conventions.coe.int/Treaty/fr/Treaties/Html/176.htm>.

(15) COLLECTIF. 2003. Paysages de vignes et de vins, Actes du colloque international à l'Abbaye royale de Fontevraud : INTERLOIRE.

(16) COLLECTIF. 2005. Les paysages culturels viticoles dans le cadre de la convention du Patrimoine mondial de l'UNESCO – ICOMOS : <http://www.icomos.org/studies/paysages-viticoles.pdf>

(17) COLLECTIF. 2006. Appellations d'origine contrôlée et paysages, INAO. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : http://agriculture.gouv.fr/inaoetpaysage_0207.pdf.

(18) COLLECTIF. 2010. La gouvernance des terroirs du vin, Editions Ferret

(19) DUBRULLE, Paul. 2007. L'œnotourisme : une valorisation des produits et du patrimoine vitivinicoles, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, <http://agriculture.gouv.fr/œnotourisme-une-valorisation>

(20) GORET Pauline. 2012. La reconnaissance de la gestion durable du territoire de Paysage de Corton. Soutenance de mémoire de fin d'études ingénieur Agropup Dijon

(21) GOUVERNEMENT. 2012. La conférence environnementale. La feuille de route pour la transition écologique, www.developpement-durable.gouv.fr/Conference-environnementale-la.html

(22) GOUVERNEMENT. 2013. Lettres de cadrage pour la transition écologique pour l'année 2013, www.gouvernement.fr/presse/lettres-de-cadrage-pour-la-transition-ecologique-en-2013

(23) INRA. Colloque Agroécologie et recherche, 2013 <http://institut.inra.fr/Reperes/Temps-forts/Colloque-international-Agroecologie-et-recherche>

(24) LIFRAN, Robert et QUESLATI Walid. 2007. Quelle économie pour le paysage ? : 2nd workshop on landscape Economics, http://www.ceep-europe.org/workshop_files/workshop43_111.pdf

(25) LIGNON-DARMAILLAC, Sophie. 2009. L'œnotourisme en France, nouvelle valorisation des vignobles analyse et bilan. Ed Ferret

(26) LUGINBÜHL, Yves ; TERRASSON, Daniel ; coordinateurs. 2013. Paysage et développement durable, éditions Quæ

(27) MABY, Jacques. 2002. Les Enjeux paysagers viticoles. Actes du symposium international Terroirs et zonage vitivinicole : Office International de la Vigne et du vin

(28) MINISTERE DE L'AGRICULTURE. 2012. Produisons autrement. Projet agro-écologique pour la France, www.agriculture.gouv.fr/produisons-autrement

(29) ODG DES COSTIERES DE NIMES ET TERRITOIRES & PAYSAGES, 2006. Diagnostic paysager et environnementale et plan d'actions de l'appellation Costières de Nîmes.

(30) OIV. 2010. Résolution OIV/viti 333/2010 / définition du « terroir » vitivinicole <http://www.oiv.int/oiv/info/fr/resolution>

(31) OIV. 2008. Résolution CST 1/2008 : Guide OIV pour une viticulture durable : production, transformation et conditionnement des produits <http://www.oiv.int/oiv/info/fr/resolution>

(32) OIV. 2004. Résolution CST 1/2004 OIV : développement de la viticulture durable <http://www.oiv.int/oiv/info/fr/resolution>

(33) PAYS DES BROUILLY ET TERRITOIRES & PAYSAGES, 2010. Diagnostic paysager et plan d'actions viticole des crus Brouilly et Côte de Brouilly.

(34) PNR DE LA MONTAGNE DE REIMS ET TERRITOIRES & PAYSAGES, 2007. Diagnostic opérationnel pour l'amélioration qualitative des paysages viticoles.

(35) SYNDICAT DES CRUS BANYULS ET COLLIOURE ET TERRITOIRES & PAYSAGES, 2011 et 2012. Diagnostic paysager et environnementale et plan d'actions du vignoble de la Côte Vermeille.

(36) UNESCO. Convention mondiale du patrimoine. <http://whc.unesco.org/fr/convention-texte/>

(37) UNION DES VIGNERONS DU BEAUJOLAIS ET TERRITOIRES & PAYSAGES, 2012. Démarche de valorisation des paysages viticoles du Beaujolais. Phase 1 : diagnostic paysager.

(38) VINIFLHOR. 2007. Faits et chiffres Viniflhor vins et cidres <http://www.ovivins.fr/pdfs/statiques/faitschiffres2005-1.pdf>

(39) WWW.CHARTE-DE-FONTEVRAUD.ORG

L'agroforesterie ou l'insertion de l'arbre dans l'aménagement et la production agricole et viticole

Alain CANET

Président de l'Association Française d'Agroforesterie, Directeur d'Arbre & Paysage 32
Email: a.canet@arbre-et-paysage32.com

Qu'est-ce que l'agroforesterie?

Fondamentalement, l'agroforesterie désigne une mise en valeur du sol fondée sur une association de ligneux et de cultures ou d'animaux sur une même surface afin d'obtenir des produits ou des services utiles à l'homme (d'après la définition proposée par E. Torquebiau, 2000). Son intérêt réside dans les interactions agronomiques, écologiques (amélioration du sol, modification du micro-climat, augmentation de la biodiversité fonctionnelle), et économiques (amélioration des revenus, diversification des productions, etc.) créées entre les arbres et les plantes cultivées ou les animaux. L'agroforesterie innovante d'aujourd'hui repose sur toutes les formes d'association entre arbres et production végétale et/ou animale sur une même parcelle (alignements, haies, bords de route, de parcelle ou de cours d'eau, sylvopastoralisme, pré-vergers...). Elle est un maillon essentiel de la durabilité et de la performance des écosystèmes agricoles. Elle repose sur des principes simples, peu coûteux et universels qu'il est temps de faire émerger et de partager avec le plus grand nombre. Le modèle de la forêt et de l'arbre frugal est très efficace au cœur des parcelles : les arbres ne sont plus à considérer comme une contrainte mais bien comme une opportunité au regard de tous les biens et services rendus. L'agriculture, qui partout dans le monde appauvrit les sols et prélève de l'espace sur la forêt, doit et peut s'insérer naturellement et efficacement dans les problématiques environnementales et ce à grande échelle. L'agroforesterie est économe en énergie; elle maximise la photosynthèse et permet en conséquence aux sols vivants de fixer durablement le carbone : l'agriculture du carbone est en marche. Ainsi, l'antagonisme entre agriculture et environnement, productivité et protection n'a plus lieu d'être. L'arbre agroforestier permet tout à la fois de produire de la biomasse, d'amortir le changement climatique par stockage du carbone, de protéger les cultures des coups de chaud ou de froid, du vent, de protéger le sol de l'érosion et de réduire les impacts environnementaux liés à la monoculture (appauvrissement des sols, développement des parasites et maladies). Désormais, grâce à l'arbre qui améliore son milieu, biomasse peut rimer avec biodiversité.

Pourquoi associer arbres et vignes ?

Bien qu'elle puisse se prévaloir d'une audience de plus en plus large et d'un accueil de plus en plus bienveillant, l'agroforesterie, en tant que pratique agroécologique, apparaît encore en rupture avec le modèle agricole dominant qui privilégie les grands espaces ouverts et les systèmes mécanisés conduits en monoculture et fortement utilisateurs d'intrants chimiques. Pourtant, les atouts de l'agroforesterie sont nombreux et bien connus, et ce depuis fort longtemps.

Une pratique ancienne

Les associations agroforestières sont des pratiques anciennes qui constituaient jadis l'essence même de certains systèmes de production agricoles particulièrement intensifs (huerta par exemple). Très souvent, ces systèmes agroforestiers -méditerranéens pour la plupart- intégraient la culture de la vigne. Ainsi, le paysage agraire méditerranéen est longtemps resté structuré par la trilogie « blé, olivier, vigne », présente encore récemment dans les traces du système

de la «cultura promiscua », où la vigne accrochait ses pampres aux branches taillées à cet effet des oliviers, le sol étant occupé par les céréales. On retrouve cette même trilogie « arbre, culture, vigne » dans la pratique de l'oulière (mise en culture des intervalles entre deux lignes de ceps dans une parcelle complantée d'arbres fruitiers) ou celle de l'hautain (développement des vignes sur des érables, noyers, ormes ou chênes, l'arbre servant de tuteur à la vigne) . Le système italien de la Piantata Padana, ou la technique traditionnelle de l'arbustra reposaient également sur les mêmes principes. Ces pratiques perdurent encore dans certaines régions de France et d'Europe. Dans un autre registre, les joualles représentent aussi des formes agroforestières anciennes, associant vignes et arbres fruitiers (pêchers, cerisiers, chênes truffiers, noyers, amandiers...) régulièrement espacés dans une parcelle complantée. Bien que répertoriée comme système agroforestier, la joualle représentait souvent une étape transitoire entre une vigne et un verger. Aujourd'hui, la viticulture arborée est une pratique d'agroforesterie adaptée à la mécanisation (traitements, vendanges...).

Les bénéfices apportés par l'arbre

Les références sur l'agroforesterie en contexte viticole manquent encore pour pouvoir affirmer pleinement la pertinence d'une telle association. On ignore encore, par exemple, si les bénéfices de l'association arbre-vigne compensent tout ou partie de ses effets supposément indésirables (concurrence pour la ressource en eau et pour la lumière). Toutefois, les effets positifs de la présence de l'arbre observés en grandes cultures (source : INRA) incitent à penser que l'on peut s'attendre à des effets similaires sur la vigne. Les bénéfices apportés par l'arbre agroforestier sont nombreux ; ils sont de différents ordres (agronomiques, économiques, écologiques, climatiques, physiologiques...) et s'expriment à différentes échelles :

A l'échelle du système arbre/vigne : Au sein d'une parcelle cultivée, il a été montré que l'arbre permettait (source : INRA) :

- de tempérer les excès climatiques. L'arbre remplit en effet une fonction de **tampon climatique**, qui se traduit par une modération de la turbulence et donc de l'évapotranspiration. Il permet également une modération thermique, liée à ses capacités de captation/restitution d'énergie. La présence d'arbres au sein de la vigne permettrait ainsi d'accumuler de la chaleur propice au mûrissement des raisins.
- d'améliorer la qualité et la disponibilité de la **ressource en eau**, en remplissant une fonction d'**ascenseur hydraulique** (transfert des eaux en profondeur vers les zones de surface).
- d'**améliorer le sol** et ses fonctionnalités (meilleure capacité de stockage, meilleure structure et vie du sol grâce à la décomposition des feuilles et des racines...). L'arbre joue ainsi le rôle d'une **pompe à nutriments** au profit de la culture qui lui est associée. Sa présence permet par ailleurs le développement d'un **réseau mycélien** dense au niveau des racines, ce qui améliore d'autant l'absorption et la mise à disposition d'eau et de sels minéraux pour la culture.

Il a par ailleurs été plusieurs fois montré que tous ces effets positifs observés en grandes cultures, en particulier sur la structure et la fertilité du sol, sont améliorés par une **réduction du travail du sol**, et plus encore par une suppression du travail du sol combi-

née à l'implantation d'un **couvert végétal permanent**. Nombre d'agriculteurs passés aux TCS (techniques culturales simplifiées) peuvent en témoigner.

D'une manière générale, les effets indésirables que l'on attribue à la présence de l'arbre au sein d'une parcelle (ombre préjudiciable au développement des cultures, concurrence pour la ressource en eau...) peuvent être réduits par un façonnage et un entretien réguliers des arbres. Ils sont en outre largement compensés par les bénéfices apportés par l'arbre.

A l'échelle de l'exploitation : A l'échelle de l'exploitation ou du domaine viticole, l'arbre permet :

- de contribuer à **améliorer le cadre de vie et de travail**, et l'image du domaine.
- **de diversifier les productions** : l'arbre est en effet une ressource complémentaire sur le court, moyen et long terme, en tant que source de bois d'œuvre, de bois-énergie, de bois-amendement, de fruits... Il peut ainsi rentrer clairement dans les logiques de production de l'exploitation.
- **de recréer une fertilité et une biodiversité in situ** en favorisant la présence d'auxiliaires et en contribuant à recréer une vie dans le sol (augmentation du nombre de vers de terre, de bactéries...). L'arbre agit en effet comme un réservoir et un vecteur de biodiversité générale et fonctionnelle.
- **de lutter naturellement contre les ravageurs** en favorisant la présence de leurs ennemis naturels (espèces auxiliaires). Les éléments arborés au sein de l'exploitation, et plus encore s'ils sont associés à un couvert herbacé, constituent en effet des milieux qui sont particulièrement favorables à la faune auxiliaire en créant un habitat leur fournissant le gîte et le couvert. En viticulture en particulier, l'enjeu vise à créer des écotones (zones de transition écologique entre deux écosystèmes) tels que les haies, les bandes enherbées, les arbres isolés et les arbres morts... pour attirer les auxiliaires ennemis naturels des ravageurs de la vigne vers le vignoble.

Il semblerait en effet que la faune auxiliaire puisse jouer un rôle de premier plan dans la lutte contre les ravageurs et l'augmentation de la production des vignes :

- Ainsi, les **chauves-souris** joueraient un rôle non négligeable dans la lutte contre les ravageurs de la vigne (ver de la grappe et cicadelle notamment). En tant que prédateurs d'insectes volants, les chauves-souris s'alimentent en effet de lépidoptères nocturnes, tels les papillons à l'origine du ver de la grappe (Eudémis et Cochylys) et la cicadelle à l'origine de la flavescence dorée. La chauve-souris, qui peut consommer jusqu'à 3000 insectes par nuit, contribuerait ainsi au contrôle naturel des ravageurs. Huit espèces de chauve-souris ont d'ores et déjà été détectées sur les vignes, mais sans que le lien ait pu être fait avec la proximité d'éléments arborés (source : IFV Beaune).
- Les **abeilles** également joueraient un rôle dans la fructification de la vigne. Certes, en tant qu'espèce anémophile, la vigne n'a pas besoin des abeilles pour produire du raisin puisqu'elle s'en remet au vent... mais en présence d'abeille, le rendement de la vigne serait accru. La présence de l'abeille et le taux de fécondation de la vigne (donc sa fructification) seraient en effet corrélés positivement ; c'est en fait le butinage des abeilles qui contribuerait à mettre en suspension dans l'air du pollen, ce qui interviendrait de façon significative dans la pollinisation des espèces anémophiles (source : INRA Avignon).

A l'échelle du territoire : A l'échelle du territoire, l'arbre agroforestier procure de multiples avantages.

- Il participe à l'**embellissement des paysages ruraux** et à l'amélioration globale du cadre de vie.
- Il permet de **stocker du carbone**. En effet, les arbres sont de véritables puits de carbone. Ils permettent non seulement d'atténuer les effets du changement climatique mais participent également à recapitaliser les sols en carbone.

- Il permet également de recréer une **trame écologique**. Grâce à la présence des éléments arborés, une continuité écologique se recrée sur tout le territoire et les populations, tant animales (auxiliaires des cultures, abeilles, chauves-souris, gibier...) que végétales qui ont disparu avec la simplification des paysages, se reconstituent.

- Il contribue enfin à **réguler les flux d'eau** et à préserver la qualité de la ressource en agissant comme un **filet de sécurité** contre les pollutions diffuses.

Pas une, mais des agroforesteries

Lorsqu'on parle d'agroforesterie en Europe, on se réfère presque toujours à des configurations en disposition linéaire, c'est à dire des alignements réguliers d'arbres –souvent exploités pour le bois- dans une parcelle cultivée, généralement en céréales. On y associe en outre bien souvent l'image d'un tracteur tirant un pulvérisateur aux bras déployés ou labourant le sol entre deux rangées d'arbres. Ce type de configuration existe bien sûr, mais il est loin de représenter la totalité des aménagements existants et possibles en agroforesterie. En fonction des objectifs recherchés, les aménagements agroforestiers peuvent en effet prendre des configurations diverses et variées. Ainsi, les arbres et les rangées d'arbres peuvent être plus ou moins espacés, les plantations peuvent être monospécifiques ou privilégier une diversité d'essences, etc. **L'agroforesterie de troisième génération** associe pour sa part les alignements intraparcellaires ou les haies à des couverts végétaux permanents ; elle s'inscrit ainsi dans une optique plus large de changements des pratiques agricoles vers une **réduction du travail du sol** et de l'utilisation d'intrants chimiques. Les aménagements agroforestiers peuvent également prendre la forme de haies de plein champs ou de bordures de champs, utilisées et entretenues pour leur fonction de brise-vent mais aussi pour leur fonction de réservoir de biodiversité (accueil des auxiliaires notamment). Enfin, **le choix des essences** est important. En viticulture, on privilégiera plutôt les essences au feuillage léger et peu volumineux de manière à réduire l'ombrage. On évitera également les essences très disséminatrices.

L'utilisation qui est faite des arbres varie également en fonction des objectifs que l'on se fixe. Tous les arbres agroforestiers ne sont pas voués à être abattus au bout de x années pour produire du bois. Certains aménagements sont pensés dans l'optique de conduire les arbres en **têtards**, ce qui présente le double avantage de produire de la biomasse renouvelable qui sera récoltée régulièrement lors des tailles d'entretien, tout en préservant les fonctions indispensables de l'arbre comme **réservoir de biodiversité, marqueur du paysage, « améliorateur » du sol et de la ressource en eau**. Les trognons constituent en effet un abri précieux pour de nombreuses espèces animales, notamment au niveau des cavités et fissures qui se forment sur le tronc et qui représentent des lieux de vie attractifs pour une faune variée qui s'y réfugie et s'alimente (cavernicoles, passereaux insectivores, coléoptères, insectes pollinisateurs, rapaces nocturnes, écureuils, loirs, martes, chauves-souris...). La conduite des arbres en têtard, sur le saule-osier en particulier, semble même constituer une forme idéale d'agroforesterie en viticulture, comme nous l'enseigne l'histoire. Dans certaines régions de France, les jeunes pousses de saule, particulièrement flexibles, avaient en effet de nombreux usages en viticulture : attaches et maintien des ceps de vigne à leur piquet, utilisation par les tonneliers pour lier les cerclages en bois des barriques, attaches et transport des fagots de sarments, etc.

Des projets émergents dans un contexte favorable à un changement des pratiques

Si l'agroforesterie en viticulture reste encore assez marginale, des projets prometteurs et innovants émergent cependant et laissent

penser qu'arbre et vigne forment une « union » qui a de beaux jours devant elle. Trois éléments viennent renforcer ce constat :

- Il existe actuellement un consensus sur la nécessité de parvenir à une réduction de l'**impact environnemental** généré par les activités agricoles, et en particulier celui issu de la production viticole. L'agroforesterie dans les vignes, en tant que pratique agro-écologique à même de préserver la qualité des terroirs viticoles en permettant la restauration de la qualité des sols et de la ressource en eau, s'inscrit donc pleinement dans cet objectif de préservation des ressources naturelles.
- Il existe une attente de plus en plus forte de la part des consommateurs en termes de protection de la nature, de **qualité des aliments/boissons** et de qualité des paysages ruraux. Une partie de la société et des consommateurs sont en effet demandeurs de produits de qualité avec un moindre impact sur les ressources naturelles et l'environnement. Ils sont sensibles à l'image et au paysage associés au produit qu'ils consomment.
- Enfin, l'arbre contribue à entretenir la beauté et la spécificité des **paysages viticoles** et par là même à entretenir l'**imaginaire collectif** associé à ces paysages, fait de plaisir, d'ivresse, d'art et de prestige. Il faut d'ailleurs rappeler que la boisson alcoolisée ou fermentée comme voie d'accès au plaisir et à l'ivresse est un invariant culturel dans nombre de civilisations (pulque chez les aztèques, bières de maïs chez les amérindiens, alcools de riz ou infusions de thé dans les cultures asiatiques, etc.)

Ainsi, l'arbre, ré-introduit au sein des parcelles cultivées, de par le paysage qu'il génère et l'image généralement positive qui lui est associée, peut être en mesure de faire évoluer l'image et la perception de la production viticole sur l'ensemble du territoire. Le contexte actuel de restructuration du vignoble peut être l'occasion de repenser les choses et d'intégrer l'arbre. A maints égards, l'arbre est en mesure de répondre aux problèmes actuellement rencontrés en viticulture : dégâts causés par les ravageurs, maladie du bois, problèmes de fertilité, de lessivage et de compaction des sols... C'est tout l'intérêt de l'agroforesterie de troisième génération, qui en associant l'arbre et les couverts végétaux aux cultures permet d'améliorer la structure du sol, d'augmenter les apports en azote et de favoriser la faune auxiliaire.

Des points qui restent encore à élucider

Même si l'on sait que la diversification de la production végétale ligneuse grâce à l'arbre est déjà une bonne chose en soi, l'enjeu principal autour de l'agroforesterie en viticulture reste **la production de références**, quasiment inexistantes à ce jour. Cela reste indispensable pour tester la pertinence réelle de ce système de production innovant et susceptible de répondre aux problématiques agro-environnementales spécifiques à la culture de la vigne. C'est précisément l'objectif d'un projet de recherche-développement multipartenarial actuellement en cours de montage et porté par l'Institut Français de la Vigne et du Vin. L'acquisition de références se fera grâce à la mise en place de protocoles d'évaluation dans différents contextes de production (existants ou nouvellement créés), qui viseront à mesurer et analyser les principaux paramètres identifiés (agronomie, biodiversité, micro-climat, socio-économie).

L'intérêt de la recherche sur les systèmes agroforestiers en viticulture réside dans les éléments de réponse qu'elle pourra apporter à certaines inconnues qui demeurent, s'agissant notamment de l'impact de la présence de l'arbre sur les sols, la physiologie de la vigne, le micro-climat et la biodiversité fonctionnelle. Ces résultats scientifiques sont indispensables pour rendre acceptables les effets indésirables couramment associés à la présence de l'arbre au sein de la parcelle (concurrence pour l'eau, ombre...), lesquels représentent le principal obstacle à une diffusion plus large de l'agroforesterie.

Devant la diversité des acteurs concernés par le sujet (filière viticole dans son ensemble, communauté scientifique, associations de promotion de l'arbre, de protection de l'environnement, etc.), il apparaît important de mettre en œuvre des projets qui soient ouverts, multipartenariaux et interdisciplinaires.

Agroforesterie viticole : résultats de 11 ans d'étude sur la production et la vigueur des vignes

William TRAMBOUZE, Nathalie GOMA-FORTIN

Chambre d'agriculture de l'Hérault, ZAE l'Europe, 34290 MONTBLANC
Email: trambouze@herault.chambagri.fr

Introduction



Les premiers vigneron européens utilisaient traditionnellement, au sein des parcelles de vigne, des arbres qui pouvaient servir de tuteurs aux vignes (Vaudour et al., 2012). Les arbres étaient souvent des fruitiers (amandiers, pêchers, figuiers, oliviers). Cette façon d'associer arbres et vignes est désormais obsolète, essentiellement en raison de la main d'oeuvre nécessaire. Le coût d'un tel système de culture n'est pas compensé par une augmentation du revenu. Par conséquent, l'agroforesterie moderne doit intégrer la mécanisation du vignoble en plantant les arbres en rangs parallèles aux vignes au sein des parcelles. Les références techniques et scientifiques doivent encore être acquises : aucun résultat n'existe encore, à notre connaissance, sur ces associations. Dans le département de l'Hérault, le Conseil général a sollicité l'INRA (équipe SYSTEM) pour tester des systèmes de cultures agroforestiers modernes sur un de ses domaines. Une partie de ce domaine est plantée en blé ou plantes annuelles. Une autre est consacrée à la vigne (plantations sur défriches de garrigue). Les objectifs sont de fournir des données agronomiques à long terme sur les systèmes agroforestiers. En viticulture, l'agroforesterie ajoute une plante pérenne à une autre plante pérenne, c'est-à-dire qu'on intensifie les concurrences potentielles au sein des parcelles (lumière, nutriments, eau) (Dupraz et al., 2008). Jusque là, les résultats publiés portaient sur l'acarologie : les acariens auxiliaires peuvent être hébergés par les arbres et coloniser les vignes pour manger les acariens phytophages (Tixier et al., 2002). Ce rôle de protection passive joué par les arbres est l'un de ceux qui intéressent le plus les viticulteurs. D'autres résultats (Duffours, 2011) montrent que l'interception lumineuse par les arbres n'a pas d'effet perceptible sur la vigne, même pour des espèces très ombrageuses. De plus, les colonisations racinaires respectives des arbres et des vignes ont pu être observées après 4 ans : les systèmes cohabitent dans le sol très superficiel, même à 8 m du rang d'arbres. Ces bases sont insuffisantes pour convaincre les vignerons de l'utilité de l'agroforesterie. Il est nécessaire de vérifier que la production viticole n'est pas affectée par la présence des arbres et que les arbres sont, en quelque sorte, une plus-value économique et écologique. Les résultats présentés sont ceux obtenus après 13 ans de complantation vignes/arbres.

Matériels et méthodes

Parcelles expérimentales : Les parcelles agroforestières sont situées dans le département de l'Hérault, à 15 km au nord de Montpellier, sur le domaine départemental de Restinclières. Les parcelles sont plantées sur des sols caillouteux. Leur profondeur varie de très superficiels (moins de 30 cm) jusqu'à profonds (plus de 2 m) sur une même parcelle, ce qui induit une très forte variabilité intraparcellaire du comportement agronomique des vignes. La texture est argilo-sablo-limoneuse, avec plus de 50% de cailloux calcaires dans la couche de surface. Le climat est méditerranéen sub-humide avec des étés chauds et secs. Les vignes ont été plantées en 1997 en Grenache noir et Syrah, avec 2,5 m entre les rangs et 1 m entre les souches sur le rang. Le porte-greffe est le R110, les vignes sont taillées en cordon de Royat double (12 à 15 yeux par souche). Diverses essences d'arbres sont testées sur le domaine. Deux d'elles sont plus répandues : le pin pignon (*Pinus pinea* L., parcelles B5, B6, B7) et le cornier (*Sorbus domestica* L., B3, B4). Les

arbres ont été plantés en 1996 à 222 plants/ha et éclaircis en 2001 pour ne garder qu'un arbre sur deux. Deux densités de plantations agroforestières sont testées (tableau I).

Tableau I : Caractéristiques des densités de plantation agroforestières

	Haute densité	Basse densité
Distance entre 2 rangs d'arbres	15 m	15 m
Distance entre arbres et 1 ^{er} rang de vignes	2,5 m	3,75 m
Motif		

Mesures : Les résultats présentés ont été obtenus à partir de la vendange et de la taille des parcelles de grenache en 2011. Les résultats sont similaires pour la syrah. Pour la taille, nous avons échantillonné 1 souche tous les 5 mètres sur tous les rangs entre les arbres sur les 5 parcelles (B3 à B7). Pour la vendange, le délai de récolte n'a pas permis une telle densité d'échantillonnage. Nous avons donc limité la récolte à un bloc de rangs de vignes entre 2 rangs d'arbres par parcelle sur les parcelles B3 à B5. Le jeu de données est résumé sur le tableau II.

Tableau II : Jeux de données de vendange et taille. Le nombre de souches taillées ou récoltées est reporté entre parenthèses.

	Vendange	Taille
Pin pignon	B5 (55)	B5 (144)
		B6 (200)
		B7 (144)
Cornier	B3 (99)	B3 (156)
	B4 (140)	B4 (281)

Le nombre de grappes et de sarments est compté à chaque souche, et le poids de récolte ou de taille est mesuré pour chaque souche. Le poids moyen d'une grappe ou d'un sarment est alors calculé à partir de ces données. La compétition pour l'azote est évaluée à partir de la mesure de l'azote assimilable dans les moûts à la vendange (Trégoat et al., 2002). La concurrence hydrique est estimée à partir de la méthode des apex (Rodriguez-Lovellet et al., 2009) et la mesure du rapport isotopique du carbone dans les jus à la vendange (Trégoat et al., 2002). L'indice d'arrêt de croissance est une moyenne pondérée calculée à partir de l'observation des apex de la vigne. Il varie de 0 (croissance active) à 100 (arrêt total de croissance). Une échelle d'interprétation a été créée à partir de résultats expérimentaux (Trambouze, consultation internet 2013).

Résultats

Résultats agronomiques : Les résultats de taille et de vendanges sont présentés Figure 1, avec les intervalles de confiance à 95%. La variabilité intraparcellaire est très importante et les différences sont rarement significatives. On peut voir que les rangs de vigne proches des arbres sont affectés par les arbres. C'est plus spécialement vérifié en haute densité, pour lesquelles la récolte est de 9 à 31% inférieure sur les rangs les plus proches par rapport aux plus éloignés. Les résultats sur la taille ne sont pas aussi tranchés. L'essence a une légère influence, les corniers induisant plus de concurrence que les pins pignons.

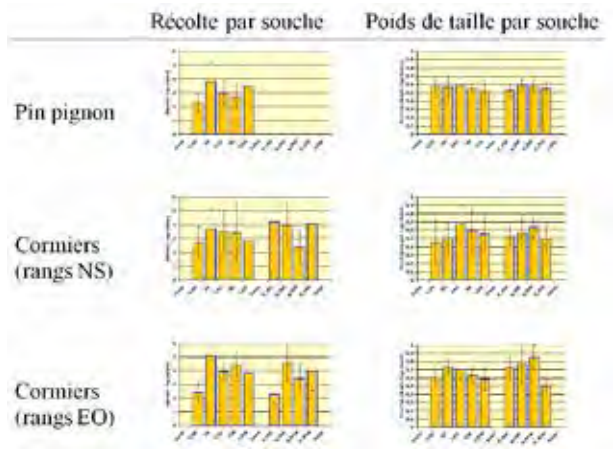


Figure 1 : Résultats de vendange et de poids de bois de taille des grenaches en fonction de l'espèce d'arbre, la distance au rang d'arbres et l'orientation des rangs

Facteur explicatif : l'eau. Le régime hydrique a été évalué à partir de l'indice d'arrêt de croissance (IAC) pour la contrainte précoce et le rapport isotopique du carbone 13 ($\delta^{13}C$) pour la contrainte tardive. Les résultats (figure 2) sont que, quelle que soit l'essence, la densité de plantation ou l'orientation des rangs, il n'y a pas de concurrence hydrique observée des arbres sur les vignes.

Facteur explicatif : l'azote. La dernière colonne de la figure 2 montre la teneur en azote assimilable dans les moûts à la vendange. Il n'y a pas d'intervalle de confiance vu qu'un seul échantillon a été prélevé pour chaque rang. Les différences entre les rangs proches et loin des arbres sont faibles mais toujours négatives. La différence relative varie entre 8 et 20%. Cela signifie qu'il y a une concurrence azotée et qu'elle pourrait être le premier facteur d'influence sur le comportement agronomique des vignes.

Conclusions

Même si l'agroforesterie est une méthode traditionnelle de culture, elle est aujourd'hui perçue comme une technique nouvelle permettant d'optimiser les équilibres écologiques au sein des parcelles de vignes. Elle pourrait être de toute première importance pour limiter les intrants et permettre une lutte biologique en hébergeant des auxiliaires dans les parcelles. La présence d'arbres à proximité des vignes est perçue comme problématique par les vignerons. Ils craignent les concurrences pour la lumière, l'eau et l'azote, qui pourraient causer une perte de rendement. Les résultats obtenus montrent que cette concurrence existe pour l'azote mais qu'elle n'a pas pu être prouvée pour l'eau, même sur sols superficiels. Cela rejoint les résultats obtenus pour l'enherbement (Celette, 2007). La concurrence pour la lumière a été analysée par ailleurs. Elle existe

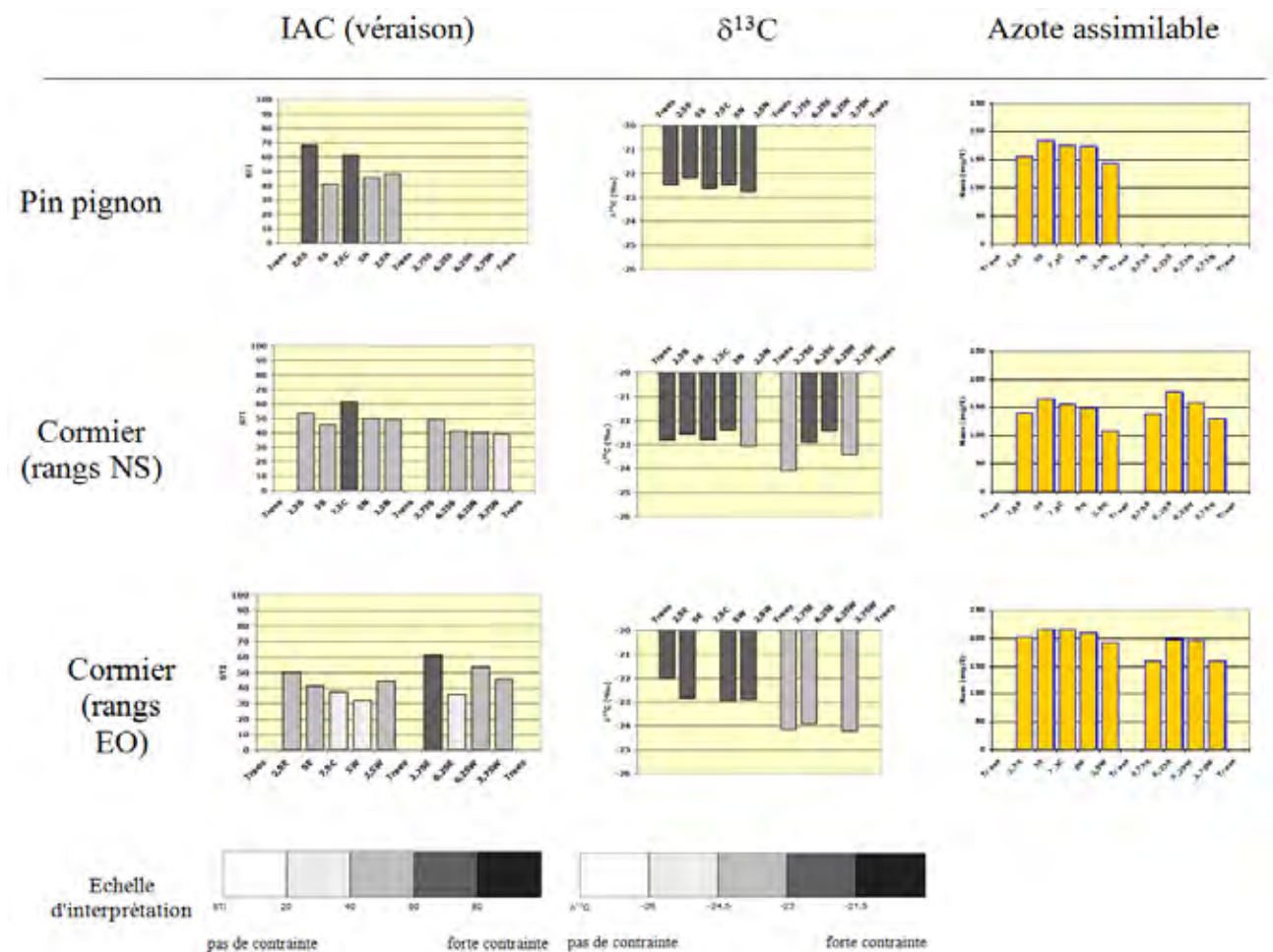


Figure 2 : Paramètres hydriques et trophiques des grenaches en fonction de l'espèce d'arbre, la distance au rang d'arbres et l'orientation des rangs

sur les plantations à haute densité, avec une atténuation lumineuse plus importante pour les plantations est-ouest que nord-sud. Les plantations en basse densité ne sont pas affectées. Ces divers résultats permettent de conclure que :

- les plantations en haute densité doivent être évitées pour leurs conséquences sur la production viticole
- une distance de 5 m entre les arbres et les vignes est suffisant pour préserver le comportement agronomique des vignes
- la concurrence azotée est le principal facteur affectant les vignes dans ce type de plantation (essences d'arbres et densité de plantation)

Ces résultats donnent une première base pour établir un conseil aux producteurs qui souhaitent monter un projet agroforestier, que ce soit dans un objectif d'image (marketing) ou pour favoriser une lutte biologique intégrée par protection passive de leurs vignes.

Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil Général de l'Hérault pour leur soutien financier, les équipes de System (INRA) et AGROOF pour leur aide en vendange et pour la taille, et pour la gestion des arbres, et Christelle Duffours pour son implication dans l'acquisition de la plupart des données présentées.

Bibliographie

Celette, F. 2007. Dynamique des fonctionnements hydrique et azoté dans une vigne enherbée sous le climat méditerranéen. 200 p. PhD Thesis. SupAgro Montpellier

Duffours, C. 2011. Influence de la proximité du rang d'arbre sur le comportement agronomique de la vigne en système agroforestier. 40 p. Mémoire de Master Viticulture, œnologie, économie et gestion viticole. SupAgro Montpellier

Dupraz C., Liagre F., 2008. Agroforesterie - des arbres et des cultures. Editions France Agricole, 410 p.

Rodriguez-Lovelle B., Trambouze W. et Jacquet O. 2009. Evaluation de l'état de croissance végétative de la vigne par la « méthode des apex ». Progrès Agricole et Viticole, 126, N°4, 77-88.

Tixier M-S., Kreiter S., Cheval B., Guichou S., Chapuis A., Auger P., Bonafos R., 2002. Vigne, cormiers et acariens. Colonisation par les Phytoséides d'une jeune vigne en agroforesterie: influence des alentours non cultivés. Phytoma, 555, 28-31.

Trambouze W. mars 2013. Utilisation de l'Indice d'Arrêt de Croissance pour piloter les apports d'eau. http://www.herault.chambagri.fr/fileadmin/Pub/CA34/Internet_CA34/Documents_Internet_CA34/AP-V-experimentation-cepages/IAC_Irrigation.pdf

Trégoat O., Van Leeuwen C., Choné X., Gaudillère J.-P., 2002. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin, (Vitis Vinifera L. CV Merlot, Bordeaux). Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin, 36, N°3, 133-142.

Vaudour E., Boulay T. 2012. Towards a spatial analysis of antique viticultural areas : the case study of Amos (Turkey) and some other places. IX international terroir congress. Burgundy-Champagne. 25-29 June 2012.



SERVICES

Nous accompagnons
les entreprises
de la filière viti-vinicole
dans leurs projets innovants

Sélection
et identification
génétiques

Analyses Virus

Profil des vins
et composés d'arômes

Innovation
en œnologie

Santé
de la vigne



Contactez notre service : 05 63 33 62 62, ifvservices@vignevin.com
Retrouvez toute l'offre d'IFV Services sur www.vignevin.com

Acquisitions scientifiques récentes sur le caractère poivré des vins du Sud-Ouest

Olivier GEFFROY¹, Thierry DUFOURCQ², Dorian CARCENAC¹, Tracey SIEBERT³, Markus HERDERICH³

¹Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, V'innopôle, BP22, 81310 LISLE SUR TARN – France

²Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest, Château de Mons, 32100 CAUSSENS – France

³Australian Wine Research Institute, PO Box 197, Glen Osmond SA 5064 – Australie

Email: olivier.geffroy@vignevin.com

Résumé : La rotundone est un composé aromatique très odorant, mis en évidence pour la première fois en 2008, dans les vins de Syrah N par une équipe de recherche australienne. Cette molécule d'impact encore peu étudiée et responsable d'intenses notes poivrées, a également été identifiée récemment dans les vins de Duras N. Parallèlement, des analyses réalisées sur plusieurs variétés représentées dans le Sud-Ouest ont également permis de mettre en évidence sa présence à des concentrations intéressantes dans les vins de Prunelard N, de Négrette N et de Gamay N. Comme d'autres composés aromatiques d'origine variétale, son accumulation dans les raisins pourrait être sous la dépendance de facteurs environnementaux et culturaux. L'IFV Sud-Ouest a étudié entre 2011 et 2012 en collaboration avec l'Australian Wine Research Institute (AWRI), l'influence de 5 dates de récolte et de 4 techniques viticoles (effeuillage, éclaircissage, irrigation, pulvérisation d'acide jasmonique exogène) sur le niveau en rotundone des vins de Duras N (AOP Gaillac). Le composé a été suivi dans des vins élaborés en conditions de microvinification contrôlées (erlenmeyer d'un litre) en réalisant 3 répétitions par modalité. Les résultats de cette étude montrent que la dynamique d'accumulation de ce composé est dépendante du millésime et que des teneurs supérieures sont atteintes dans les vins à partir de mi-véraison +44 jours. La pulvérisation d'acide jasmonique exogène et l'éclaircissage n'ont pas eu d'impact significatif sur la concentration en rotundone des vins expérimentaux. L'effeuillage a fortement pénalisé la teneur en rotundone dans les vins ce qui laisse supposer que sa synthèse est impactée par le niveau d'éclaircissement et/ou la température de surface des raisins. A l'opposé, les vins issus de la modalité irriguée présentent des teneurs supérieures en rotundone.

Introduction

La rotundone (Figure 1) est un composé aromatique très odorant responsable d'intenses notes poivrées dans les vins. Elle a été mise en évidence pour la première fois en 2008 dans les vins de Syrah N par une équipe australienne (Wood et al., 2008, Siebert et al., 2008). Malgré son importance sensorielle – cette molécule est décrite par Ferreira (2012) comme l'un des 16 composés d'impact dans les vins – et sa mise en évidence dans un nombre croissant de cépages tels le Grüner Veltiner B, le Vespolina N, le Schioppettino N (Caputi et al., 2011), elle reste encore très peu étudiée et peu de laboratoires sont capables de la doser. Son seuil de perception a été établi dans l'eau à 8 ng/l et dans le vin rouge à 16 ng/l (Siebert et al., 2008). La rotundone a été détectée dans la pellicule des raisins mais n'a pas été retrouvée dans la pulpe et les pépins. Sa teneur augmente à partir de la véraison et au cours de la maturation pour atteindre son maximum à l'approche de la récolte. Les années fraîches et humides semblent être particulièrement favorables à son accumulation dans les raisins (Caputi et al., 2011). Son rôle chez la vigne n'a pas été identifié mais comme d'autres composés de la famille des sesquiterpènes, elle pourrait intervenir dans les mécanismes de défense naturelle notamment via la voie de l'acide jasmonique (D'Onofrio et al., 2009). L'IFV Sud-Ouest a mis récemment en évidence la présence de la rotundone dans les raisins de Duras N. Suite à cette découverte, une étude a été lancée en partenariat avec l'Australian Wine Research Institute (AWRI) afin i) de confirmer la dynamique d'accumulation de ce composé au cours de la maturation dans d'autres conditions pédoclimatiques, ii) d'étudier l'impact de pratiques viticoles (effeuillage, éclaircissage, irrigation) sur les niveaux de rotundone des vins iii) et d'appréhender les mécanismes de biosynthèse de la molécule par des pulvérisations d'acide jasmonique exogène.

Parallèlement, des analyses complémentaires ont été réalisées afin d'étudier la fréquence de cette molécule dans des vins issus de cépages représentés dans le Sud-Ouest (Figure 2). La rotundone est systématiquement retrouvée dans les vins de Duras N (AOP Gaillac) à des concentrations supérieures à son seuil de perception même lorsque le caractère épice/poivré n'est pas du tout perçu à la dégustation. Ces constatations font de ce cépage un candidat

fiable indépendamment du millésime, pour l'étude de la rotundone dans les vins rouges. En revanche, la molécule n'est pas mise en évidence dans les vins de Tannat N du piémont pyrénéen et de manière assez surprenante dans les vins de Syrah N (AOP Gaillac). Des niveaux de concentration très intéressants sont enregistrés dans les vins de Prunelard N (AOP Gaillac), de Négrette N (AOP Fronton) et de Gamay N (AOP Côtes d'Auvergne) ce qui est cohérent au vu de l'utilisation fréquente des descripteurs sensoriels épice ou poivré afin de décrire les arômes des vins issus de ces cépages. Concernant le Gamay N, la teneur la plus élevée est observée sur un vin élaboré en vinification traditionnelle. Il a été démontré que la rotundone était extraite au cours de la fermentation alcoolique sous l'effet solvant croissant de l'éthanol (Caputi et al. 2011). En restreignant fortement la macération en phase alcoolique qui reste essentiellement limitée à la fraction du moût constituée par le fond de cuve, la vinification par macération carbonique s'avère a priori peu favorable à l'obtention de concentrations importantes en rotundone dans les vins. De la même manière, les analyses réalisées sur des vins rosé et rouge de Pineau d'Aunis N, un cépage étranger au Sud-Ouest représenté au sein de l'appellation Coteaux du Vendômois sont très instructives. Même s'il s'agit d'une matière première et de millésimes différents, on observe que seule une faible proportion de la rotundone est retrouvée dans le vin rosé proportionnellement à celle observée sur le vin rouge. Compte tenu des concentrations mesurées dans les vins rouges de Duras, de Syrah, de Négrette ou de Gamay, ces constatations laissent supposer que la contribution sensorielle de la rotundone dans les vins rosés élaborés à partir de ces mêmes cépages doit rester faible. Ceci est d'autant plus vrai que les vins rosés sont préférentiellement consommés dans leur jeunesse lorsqu'ils présentent des teneurs très élevées en composés aromatiques d'origine variétale ou fermentaire, molécules qui contribuent à masquer les notes épicees/poivrées. Compte tenu de la grande stabilité chimique de la rotundone, cette gamme aromatique apparaît à la dégustation plutôt au vieillissement, lorsque le rôle sensoriel des thiols variétaux, des esters fermentaires et des acétates d'alcool supérieur tend à diminuer.

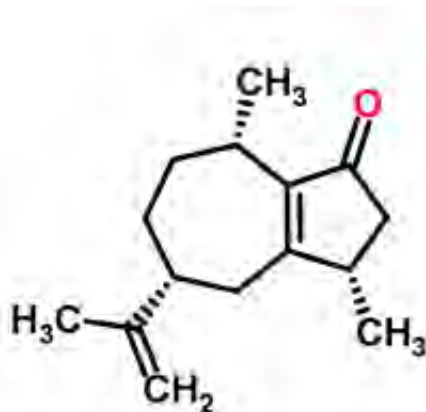


Figure 1 : structure chimique de la rotundone

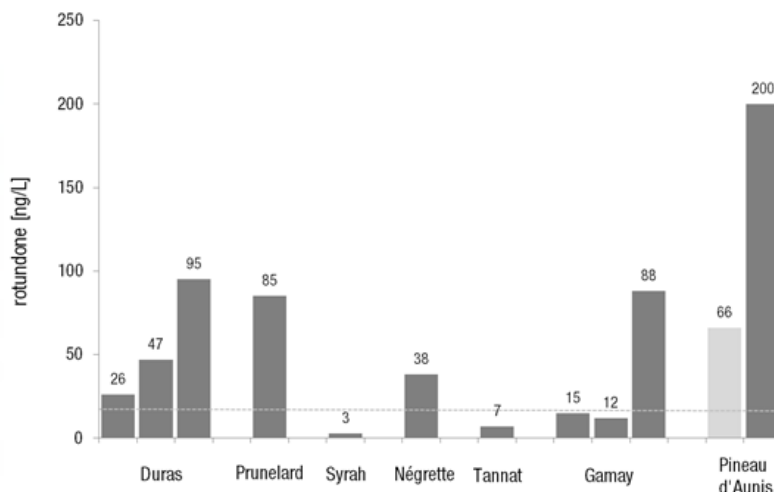


Figure 2 : Concentrations en rotundone dans des vins de cépages représentés dans le Sud-Ouest et de vins rosé (gris clair) et rouge (gris foncé) de Pineau d'Aunis. Le seuil de perception de la molécule est symbolisé en pointillé.

Matériels et méthodes

Dates de récolte et techniques viticoles : Le vignoble d'étude, en espalier palissé associé à une taille en Guyot simple, est typique de la zone avec un écartement de 2.20 m x 1 m. L'inter-rang est enherbé sur 30% de sa surface et travaillé un inter-rang sur deux. Les essais ont été mis en œuvre en utilisant un bloc aléatoire complet. Les modalités ont été répétées trois fois sur des parcelles élémentaires composées de 12 pieds. La première date de récolte est intervenue à mi-véraison +30 jours (50% ver. +30), la deuxième à mi-véraison +37 (50% ver. +37), la troisième à mi-véraison +44 (50% ver. +44), la quatrième à mi-véraison +51 (50% ver. +51) et la dernière à mi-véraison +58 (50% ver. +58). Pour les techniques viticoles, 3 modalités ont été testées et comparées à un témoin. L'effeuillage a été réalisé à la mi-véraison sur les deux faces du rang. L'éclaircissage a été pratiqué à une intensité de 40% à la même période. L'irrigation a été initiée 10 jours avant la véraison à raison de 4 apports de 10 mm de manière hebdomadaire en utilisant un système par goutte à goutte. La modalité pulvérisation d'acide jasmonique (éliciteur), qui a été intégrée au dispositif, a été réalisée grâce à une solution d'acide jasmonique à 1 mmole/l complétée de Tween 20 (0.01%) et pulvérisée à 200L/ha, 10 jours après la véraison en direction de la zone des grappes.

Microvinifications : Compte tenu des difficultés liées à l'envoi d'échantillons de raisins frais en Australie pour cause de quarantaine, des vins ont été élaborés en conditions de microvinifications contrôlées en erlenmeyers d'un litre à partir de 800 g de baies prélevées sur les placettes élémentaires. Cette technique a maintenant fait largement ses preuves dans la recherche vitivinicole (Sampaio et al., 2007). La récolte a été réalisée le même jour pour l'ensemble des modalités de l'essai sur les techniques viticoles. A l'issue de la fermentation, les vins ont été centrifugés, embouteillés et sulfités à 8g/hl avant d'être expédiés par un transporteur express en Australie. Paramètres œnologiques, agronomiques et analyse de la rotundone Sur chaque parcelle élémentaire, 200 baies ont été prélevées et pesées à la récolte pour analyse des paramètres œnologiques classiques (Degré Potentiel, Acidité Totale, pH, acides tartrique et malique, anthocyanes, Polyphénols Totaux, azote assimilable) ainsi que pour l'analyse du $\delta^{13}C$. Ce dernier paramètre reflète le niveau de contrainte hydrique subi par le végétal au cours de la maturation (Gaudillère et al., 1999). Le rendement (kg de raisins/ pied) et la vigueur (en kg de bois / pied) ont également été mesurés. Les analyses de rotundone ont été réalisées par l'AWRI selon le protocole défini et utilisé dans leur laboratoire (Siebert et al., 2008).

Traitement statistique : Le traitement statistique du jeu de données a été réalisé par le logiciel Xlstat (Addinsoft, Paris). Le modèle retenu est une ANOVA à trois facteurs (millésime x bloc x modalité ou date ; n=30 ; degré de liberté de la variance résiduelle=8) avec interactions de 1er ordre suivi d'un test de comparaison de moyenne de Fisher. Il a été mis en œuvre sur les données analytiques et les paramètres agronomiques mesurés.

Résultats et discussion

2011 et 2012 : des millésimes caractérisés par des niveaux de contrainte hydrique distincts : Le millésime 2011 se caractérise dans le Sud-Ouest de la France par un débourrement très précoce, par de faibles précipitations et des températures élevées pendant la première partie du cycle végétatif. Une avance de 3 semaines était observée à Gaillac à la floraison. Cependant, suite à de fortes précipitations survenues courant juillet, cette précocité a été réduite à 7 à 10 jours à la récolte. Le millésime 2012 a été quant à lui marqué par un important déficit pluviométrique hivernal et un niveau de réserve en eau du sol faible au moment du débourrement. Malgré des précipitations assez régulières tout au long de la période végétative de la vigne, ce déficit s'est fait ressentir jusqu'à la récolte et a été à l'origine sur la parcelle expérimentale d'une véraison « languissante », d'un blocage et d'une hétérogénéité de maturité. Les niveaux de potentiel hydrique foliaire de tige minimum et de $\delta^{13}C$ présentés dans le tableau I témoignent de la variabilité des contraintes hydriques observée entre les deux millésimes. Quelques indices climatiques proposés par Tonietto et Carbonneau (2004) ont été calculés et sont présentés dans le même tableau.

Des concentrations et des dynamiques d'accumulation qui diffèrent en fonction du millésime :

Les concentrations en rotundone mesurées dans les vins élaborés à 5 dates de maturité sont présentées Figure 2. Les niveaux relevés en 2011 sont 3 fois supérieurs à ceux observés en 2012. Selon les travaux de Caputi et al. (2011), les années fraîches et humides sont particulièrement favorables à l'accumulation de la rotundone dans les raisins. Or le millésime 2011 étant légèrement plus chaud mais légèrement moins en contrainte pour la vigne que 2012 sur la période véraison-récolte (tableau 1), il semblerait que la température soit par conséquent moins déterminante que le régime hydrique pour expliquer les variations inter-millésimes observées dans le cadre de notre étude. La dynamique d'accumulation de la molécule reflétée par les concentrations mesurées dans les vins expérimentaux, diffère en fonction des millésimes d'étude. En 2011, millésime

Tableau I : Caractérisation des millésimes 2011 et 2012 à l'aide d'indices climatiques viticoles (v-r renvoie à la période véraison-récolte), des valeurs moyennes de $\delta^{13}C$ et de potentiel hydrique foliaire de tige minimal (Pht_{min}) mesurés sur la modalité témoin de la parcelle expérimentale

Millésime/ Paramètre	Indice Héliothermique de HUGLIN (H)	Indice de fraîcheur des nuits (FNv-r)	T°C moy. de l'air (Tv-r)	T°C max. de l'air (Txv-r)	Amplitude thermique de l'air (Av-r)	Contrainte hydrique $\delta^{13}C$	Contrainte hydrique Pht _{min} (MPa)
2011	2351 Tempéré chaud	14,74	21,01	28,61	13,87	-25,6 faible	-0,97 faible à modérée
2012	2205 Tempéré chaud	14,21	20,54	28,44	14,23	-23,5 faible à modérée	-1,17 modérée à sévère

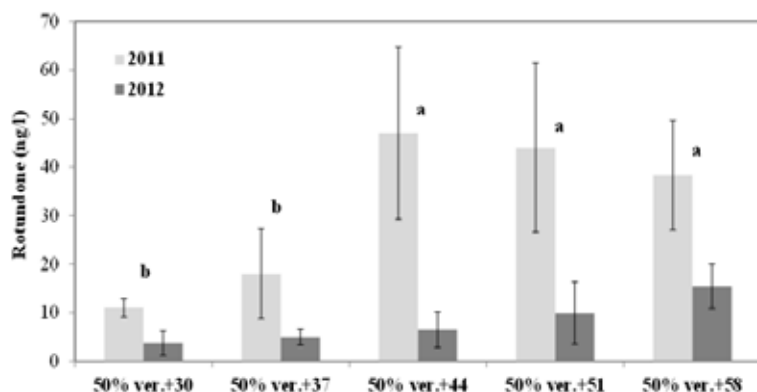


Figure 2 : Concentration en rotundone dans les vins élaborés à 5 dates de maturité. Moyenne de 3 répétitions. Les lettres indiquent des différences significatives par le test de Fisher au seuil de 5%.

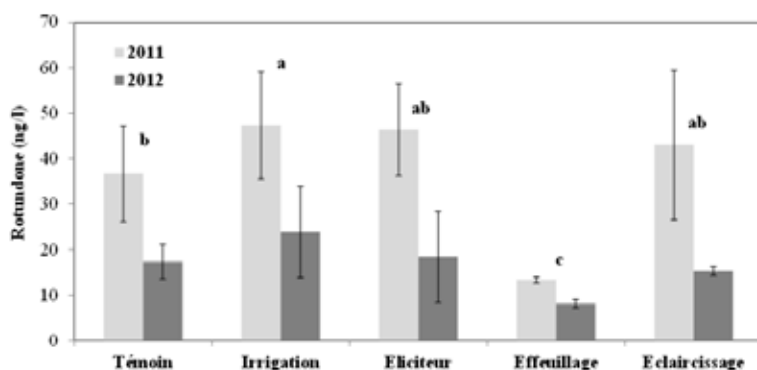


Figure 3 : Incidence des techniques viticoles sur la concentration en rotundone des vins. Moyenne de 3 répétitions. Les lettres indiquent des différences significatives par le test de Fisher au seuil de 5%.

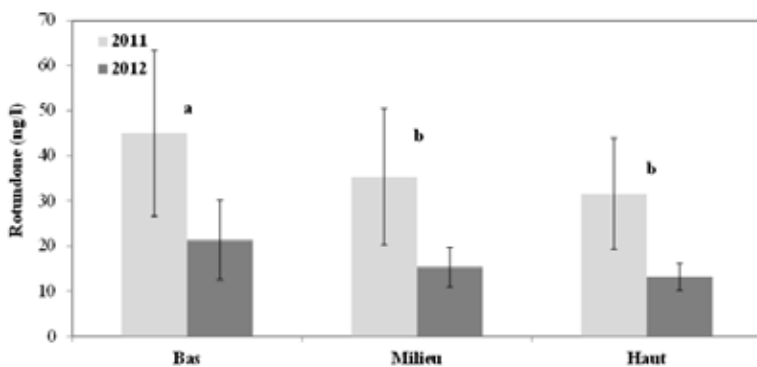


Figure 4 : Concentration en rotundone des vins des 3 blocs d'étude. Moyenne de 5 répétitions. Les lettres indiquent des différences significatives par le test de Fisher au seuil de 5%.

moins en contrainte, l'accumulation de la molécule semble facilitée et le phénomène est soudain. Un maximum est atteint à 50% ver. +44 jours, puis les concentrations tendent à se stabiliser avant de baisser légèrement sur la dernière date. Ces résultats corroborent des observations déjà réalisés sur d'autres sesquiterpènes du raisin (Kalua et Boss, 2005). En 2012, millésime marqué par une un niveau significatif de contrainte hydrique pour les vignobles du Sud-Ouest, les concentrations augmentent de manière progressive et régulière comme observé en Italie (Caputi et al., 2011).

Des concentrations en rotundone dans les vins pénalisées par l'effeuillage et améliorées par l'irrigation :

L'irrigation a entraîné des modifications de l'état hydrique de la vigne par rapport au témoin, confirmées par les potentiels hydriques de tige et par l'analyse $\delta^{13}C$, pour les deux millésimes (résultats non présentés). Les concentrations en rotundone mesurées dans les vins expérimentaux sont présentées Figure 3. Ces niveaux reflètent à la fois la richesse de la baie en ce composé - qui varie notamment en fonction du niveau de maturité - mais également son extraction de la pellicule en fermentation sous l'effet de l'éthanol. L'absence de différences significatives entre les degrés potentiels des modalités Témoin, Irrigation, Eliciteur et Effeuilage (résultats non présentés) nous permet par conséquent de comparer directement les valeurs mesurées dans les vins. Une diminution significative de la teneur en rotundone sur la modalité effeuillée est observée par rapport au témoin (-69% en 2011 et -53% en 2012) ce qui laisse supposer que sa synthèse dans les raisins est sous la dépendance du niveau d'éclaircissement et/ou de la température de surface des raisins. A l'opposé, les vins issus de la modalité irriguée présentent des teneurs statistiquement supérieures en rotundone (+29% en 2011 et +38% en 2012). L'éclaircissage ayant permis d'améliorer la maturité des raisins et par conséquent la teneur finale des vins en éthanol, il est difficile de tirer une conclusion définitive sur cette pratique même si son incidence apparaît limitée. Pour la modalité éliciteur, pulvérisée à l'acide jasmonique, la tendance à la hausse observée en 2011 n'a pas été confirmée en 2012. A ce stade, il est délicat de tirer une conclusion définitive sur l'importance de l'acide jasmonique car l'efficacité de la pulvérisation dépend fortement des conditions d'application (concentration de la solution, période d'application, volume pulvérisé et pénétration à travers le feuillage).

Des variations significatives de concentrations au sein d'une même parcelle :

Sur la parcelle d'étude des techniques viticoles, l'analyse de variance permet de mettre en évidence un effet bloc. Le bloc situé en bas de la parcelle expérimentale, présente des teneurs en rotundone significativement supérieures à celles des blocs localisés en milieu et en haut de pente (Figure 4). Ces observations contredisent des travaux réalisés en Italie (Caputi et al. 2011) qui font état de concentrations supérieures en rotundone sur des raisins prélevés sur le coteau par rapport à ceux de la plaine. Parmi les nombreuses mesures réalisées incluant des paramètres œnologiques classiques, les rendements à la récolte, le poids de bois de taille et le niveau de contrainte hydrique, seul le paramètre lié à l'alimentation hydrique ($\delta^{13}C$) permet de discriminer statistiquement les blocs et d'expliquer la variabilité observée. Ces éléments viennent renforcer les observations réalisées précédemment sur la modalité irriguée.

Conclusions et perspectives

Ces résultats fournissent aux producteurs de Duras N, de Syrah N, de Négrette N, de Gamay, de Prunelard N mais aussi de Pineau d'Aunis N et d'autres cépages où la molécule a été identifiée, de précieux éléments pour piloter le caractère poivré de leurs vins. Il a ainsi été mis en évidence que la dynamique d'accumulation de la rotundone était dépendante

des conditions climatiques du millésime et que des teneurs supérieures étaient atteintes dans les vins à partir de mi-véraison +44 jours. La pulvérisation d'acide jasmonique exogène et l'éclaircissage n'ont pas eu d'impact significatif sur la concentration en rotundone des vins expérimentaux. L'effeuillage a fortement pénalisé la teneur en rotundone ce qui laisse supposer que sa synthèse dans les raisins est impactée par le niveau d'éclaircissement et/ou la température de surface. A l'opposé, les vins issus de la modalité irriguée présentent des teneurs supérieures en rotundone. D'une manière plus générale, le niveau de contrainte hydrique de fin de saison à travers notamment les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$, semble être un paramètre déterminant afin d'expliquer les variations inter-millésimes et intra-parcellaires observées. Ce paramètre, utilisé afin de cartographier la contrainte hydrique au sein d'une même parcelle, pourrait permettre en réalisant des récoltes sélectives d'élaborer des vins avec un niveau désiré de rotundone. Compte tenu des résultats encourageants obtenus en 2011 et 2012 sur Duras N, plusieurs nouveaux axes de travail ont été initiés en 2013. Ils concernent i) la richesse en rotundone des 4 clones agréés de Duras ii) l'utilisation de la concentration des vins en rotundone comme outil d'aide à la sélection de nouveaux clones de Duras iii) l'étude des facteurs viticoles influents la teneur des vins de Duras en rotundone sur un réseau de parcelles du Gaillacois iv) l'incidence de la technique du Passerillage Eclaircissage sur Souche (PES) sur le caractère poivré des vins de Duras.

Remerciements

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région Midi-Pyrénées. Nous tenons à remercier les Docteurs Helen Kemp et Wolfram Meier-Augenstein du James Hutton Institute pour

les analyses de $\delta^{13}\text{C}$, Sébastien Preys de la société Ondalys pour les conseils statistiques ainsi que Sheridan Barter de l'AWRI pour le soutien technique lié à l'analyse de rotundone dans les vins.

Références bibliographiques

Caputi L., Carlin S., Ghiglieno I., Stefanini M., Valenti L., Vrhovsek U., Mattivi F., 2011. Relationship of changes in rotundone content during grape ripening and winemaking to manipulation of the 'peppery' character of wine. *J. Agric. Food Chem.*, 59, 5565-5571;

D'Onofrio C., Cox A., Davies C., Boss P.K., 2009. Induction of secondary metabolism in grape cell cultures by jasmonates. *Functional Plant Biology*, 36, 323-338;

Ferreira V., 2012. Bases moléculaires de l'arôme du vin. Colloque international sur les arômes du vin : projet Vinaromas. Toulouse, France ;

Gaudillère J.P., Van Leeuwen C., Ollat N., Goutouly J.P., Champagnol F., 1999. 13c/12c discrimination measured in tartrate and sugars in mature grapevine berries. *Acta Horticulturae*, 493, 63-67;

Kalua C.M., Boss P.K., 2010. Comparison of major volatile compounds from Riesling and Cabernet Sauvignon grapes (*Vitis vinifera* L.) from fruit set to harvest. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 16, 337-348;

Sampaio T.L., Kennedy J.A., Carno Vasconcelos M., 2007. Use of microscale fermentation in grape and wine research. *Am. J. Enol. Viti.* 58(4), 534-539;

Siebert T.E., Wood C., Eley G.M., Pollnitz A.P., 2008. Determination of rotundone, the pepper aroma impact compound, in grapes and wine. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 3745-3748; Tonietto J., Carbonneau A., 2002. Régime thermique en période de maturation du raisin dans le géoclimat viticole : indice de fraîcheur des nuits - IF et amplitude thermique. Symposium International sur le Zonage Vitivinicole. Avignon, France;

Wood C., Siebert T.E., Parker M., Capone D.L., Eley G.M., Pollnitz A.P., Eggers M., Meier M., Vossing T., Widder S., Krammer G., Sefton M.A., Herderich M.J., 2008. From wine to pepper: rotundone, an obscure sesquiterpene, is a potent spicy aroma compound. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 3738-3744;

LEVULINE® SYMBIOSE™

FLAVIA™

LEV3 2 SOLUTIONS

BIODIVA™

Passer au niveau supérieur

LEVEL2® TD

LALVIN ICV TANDEM®

Explorer l'univers de la biodiversité des levures !

La grande variété de levures naturelles sélectionnées reflète la biodiversité de la microflore présente au cours de la fermentation alcoolique des vins. Cependant, cet univers est encore sous exploité au regard du grand nombre d'espèces et de sous espèces (autres que *Saccharomyces*) qui sont présentes dans la plupart des moûts de raisins. Au cours de la fermentation spontanée, l'activité microbienne engendre une succession d'activités enzymatiques qui contribuent sans aucun doute, positivement ou négativement, à la complexité aromatique et à la diversité des vins. Avec Level2 Solutions, Lallemand innove en introduisant de nouvelles espèces et de nouveaux modes de gestion des fermentations alcooliques (inoculation séquentielle) maîtrisés et sécurisés qui ouvrent de nouveaux horizons aux vificateurs.

Les arômes de cassis et le Fer Servadou : un mythe accessible ?

David RIBOUL¹, Vanessa COUDERC², Carole FEILHES³, Jean-Noël BARRAU⁴, Yolande PERES-LUCCHESI¹, Eric SERRANO³, Philippe DESTRAÇ^{1,2}, Jean-François BLANCO¹, Marie MORERE²

¹Laboratoire de Génie Chimique INP/ENSIACET TOULOUSE

²CRITT Génie des Procédés INP/ENSIACET TOULOUSE

³IFV Pôle Sud-Ouest, LISLE SUR TARN

⁴VINOVALIE, RABASTENS

Email: david.riboul@ensiacet.fr

Introduction

Le Fer Servadou est un cépage rouge d'implantation essentiellement midi-pyrénéenne. L'arôme de ses vins varie selon la maturité de la récolte, évoluant ainsi des odeurs végétales aux arômes de fruits rouges, et plus particulièrement de cassis. La connaissance approfondie de cet arôme est nécessaire pour comprendre et piloter les facteurs agronomiques, viticoles et vinicoles. L'objet de ce travail est donc d'identifier un marqueur positif conférant aux vins des notes de cassis. Les travaux déjà réalisés sur cet arôme, aussi bien sur les baies et bourgeons que sur les vins, n'ont pas permis d'aboutir à une identification moléculaire. Nous avons alors constaté un manque de résolution en chromatographie gazeuse monodimensionnelle.

Ces dernières années, la chromatographie en phase gazeuse a connu d'importants développements avec les systèmes multidimensionnels. Deux techniques de résolution croissante GC-GC (2D coupe à cœur) et GCxGC (2D totale) ont été commercialisées. Les apports de chaque technique ont été discutés et comparés en fonction des objectifs visés (Marriott et al., 2012). La 2D coupe à cœur couplée à l'olfactométrie (GC-GC-O) a permis d'aboutir à l'identification de plusieurs marqueurs aromatiques impliqués dans la perception des notes fruitées des vins rouges (Campo et al., 2006; Pons et al., 2008; Falcao et al., 2011). Avec la GC-GC, le pouvoir résolutif est effectivement augmenté mais la sensibilité reste inchangée (Eyes et al., 2007). Or, certains composés aromatiques actifs sont présents à l'état de traces dans le vin. Pour détecter ces composés, des méthodes d'analyse spécifiques sont requises (Mattivi et al., 2011; Rigou et al., 2014), mais le critère hautement spécifique de ces méthodes empêche un traitement des données à posteriori sur des molécules non initialement ciblées et annihile toute approche de screening. La GCxGC élimine cette limitation tout en permettant d'atteindre les niveaux de sensibilité requis. Depuis ces dernières années, le nombre de publications sur cette technique est en nette augmentation (Marriott et al., 2012). Dans le domaine de l'agroalimentaire, quelques travaux ont montré l'impact décisif de la GCxGC pour la caractérisation détaillée de matrices complexes telles que les spiritueux (Zenilda et al., 2009), les vins (Robinson, et al., 2011; Weldegergis et al., 2011; Dugo et al., 2014) et les fruits (Schmarra et al., 2010; Risticvic et al., 2012). Cependant, à l'inverse de la GC-GC, le couplage direct de la GCxGC avec l'olfactométrie reste difficile (Zellner et al., 2007). Une alternative consiste donc à corréliser les données issues de chaque technique (Rochat et al., 2009; Chin et al., 2011).

C'est la raison pour laquelle le travail présenté ici est basé sur le développement d'une stratégie analytique multi-méthodes pour l'identification du marqueur « cassis ». Cette approche allie techniques séparatives telles que la GCxGC-Spectrométrie de Masse et la GC-Olfactométrie, associées à différentes techniques d'extractions comme la Micro Extraction en Phase Solide (SPME) ou l'Extraction en Phase Solide (SPE).

Les techniques d'extraction

La méthode la plus courante pour extraire les composés volatils du vin est l'Extraction Liquide-Liquide (ELL). Deux solvants utilisés régulièrement pour extraire une large variété de composés d'arômes ont été testés : pentane et dichlorométhane. Cependant, étant donné la complexité des extraits obtenus, la technique de GC-Olfactométrie a souffert d'un manque de précision. C'est pourquoi, nous avons mis au point des méthodes combinant les extractions en espace de tête et les extractions en phase solide (HS-SPE et HS-SPME).

HS-SPE : La SPE est une technique d'extraction basée sur la sélectivité du partage d'un ou plusieurs composés entre deux phases, l'une solide (phase de la cartouche d'extraction) et l'autre gazeuse dans notre cas (molécules volatiles du vin). Lors de l'extraction, les molécules d'intérêt sont retenues sur la phase stationnaire puis décrochées dans un second temps par un solvant. Les extractions ont été réalisées selon un protocole optimisé par Ferreira et son équipe (San-Juan et al., 2010).

HS-SPME : La Micro-Extraction sur Phase Solide se fait au moyen d'une fibre de silice fondue recouverte d'un polymère plus ou moins polaire. Lors de cette étude, quatre types de fibres ont été testées :

- polydiméthylsiloxane (PDMS),
- polydiméthylsiloxane-divinyl benzene (PDMS-DVB)
- carboxen polydiméthylsiloxane-divinyl benzene (CAR PDMS-DVB)
- polyacrylate (PA).

Nous avons transposé la méthodologie de l'approche métabolomique aux résultats des analyses par HS-SPME-GC-MS de nos vins. En effet, ces analyses génèrent des données volumineuses et complexes pour l'analyse desquelles l'utilisation d'outils chimiométriques est pertinente (Jonsson, 2004). Une analyse métabolomique peut être décomposée en trois volets principaux : le traitement de l'échantillon, le traitement des données et l'étape d'identification (Pereira, 2010). Dans notre cas, la première étape correspond à la micro-extraction suivie de l'analyse par GC-MS. Le traitement des données s'effectue grâce à des logiciels permettant l'extraction et l'alignement d'ions afin de transformer les profils chromatographiques en une matrice de données (figure 1) exploitables par les outils d'analyses statistiques (figure 2). Enfin, l'étape d'identification fait appel à des bases de données du type National Institute of Standards and Technology (NIST) ou Flavour and Fragrance Natural and Synthetic Compounds (FFNSC).

La phase triple, de part sa nature propre, est la moins discriminante. Nos résultats montrent aussi que c'est la fibre la plus adaptée à l'extraction des composés soufrés. Etant donné que l'arôme cassis

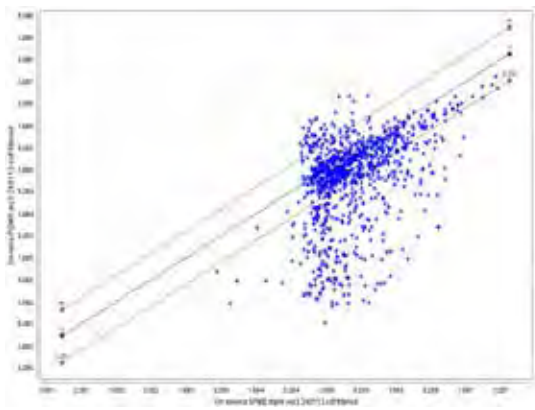


Figure 1 : Comparaison visuelle de 2 matrices (PDMS et CAR-PDMS-DVB). A chaque point correspond l'intensité et le temps de rétention d'un ion de rapport m/z donné



Figure 2 : Analyse en Composante Principale des résultats obtenus pour les 4 types de fibres SPME étudiées sur un même vin.

a souvent été associé à cette famille de composés, la phase triple (CAR-PDMS-DVB) a été retenue pour la suite des expériences.

Les techniques d'analyse

GC-Olfactométrie : L'originalité du couplage GC-O repose sur l'alliance entre le pouvoir de séparation d'une colonne capillaire et la sensibilité de l'odorat chez l'homme. Six personnes ont participé à l'étude. Parmi elles, deux experts de l'IFV et de Vinovalie. A partir de vins sélectionnés par l'IFV, de nombreuses zones odorantes (ZO) fruitées ont été mises en évidence et des indices de rétention ont été calculés pour chacune d'entre elles. La comparaison de la fréquence de citation associée à chaque vin pour chacune de ces zones a permis d'extraire une zone commune marquée « cassis » (tableau I).

Tableau I : Zoom sur la zone « cassis » des aromagrammes obtenus à partir de différents extraits de vins rouges sélectionnés par l'IFV et Vinovalie (la fréquence de citations est indiquée entre parenthèses).

Indice	Gallie: H13 ELL Dycloro	Indice	El Gran HS-SPE	Indice	Tangra HS-SPE
991	Grassâtre	992	Traie	996	Frais rouges
997	Cassis (54%)	998	Cassis (64%)	1002	Cassis (50%)
1001	Cassidacé	1009	Foin	1009	Régline

GCxGC-Spectrométrie de Masse : La GCxGC (figure 3) est fondée sur deux dimensions orthogonales que forme l'association de deux colonnes chromatographiques de polarités différentes. Notre configuration est la suivante, une colonne apolaire type 5% phenyl polysilphenylene-siloxane (30m x 0,25mm x 0,25µm) et une seconde type 50% phenyl polysilphenylene-siloxane (1,5m x 0,15 mm 0,15 µm). Un cryo-modulateur (figure 4) situé entre les deux di-

mensions échantillonne l'effluent de la première colonne sous forme d'impulsions et les transfère continuellement vers la seconde dimension. Le signal enregistré est une séquence de séparations réalisées dans la deuxième colonne (figure 5b). En rassemblant ces chromatogrammes, le signal est reconstruit dans un plan de rétention à deux dimensions (figure 5c). L'intensité des pics est codée par l'intensité des pixels. Grâce à la détection par spectrométrie de masse, un pixel donne accès au spectre de masse.



Figure 3 : Système GCxGC-MS (Shimadzu)

Le tableau II présente quelques unes des matrices cartographiées au cours du projet Vinneo (Financement FUI, 2009-2012).

GC-O / GCxGC-MS : Afin de pouvoir comparer les chromatogrammes obtenus par GC-O avec ceux de la GCxGC, il nous a fallu repérer les composés par leurs indices de rétention. La méthode dite de Kovats consiste à déterminer les indices en encadrant chacune des molécules à repérer par deux hydrocarbures successifs. Pour cela, un mélange d'alcane de C8 à C40 est analysé dans les mêmes conditions que les extraits. Nous avons pu ainsi transposer les temps de rétention d'un système à une dimension vers un système bidimensionnel. La figure 6 témoigne de l'excellente corrélation obtenue. Ainsi, la projection de la zone olfactive « cassis » sur le plan de rétention à 2 dimensions de la GCxGC (figure 7) permettra d'identifier les composés coélus en GC-O.

Identification des molécules

Pour prendre en compte la variabilité interindividuelle de la perception des odeurs (Aubry, 2009), nous avons établi l'intervalle de confiance [990-1010] autour de l'indice cassis. Dans cette fenêtre, nous avons identifié les molécules co-élues ou séparées que partiellement en GC-O et séparées totalement en GCxGC-MS. Ces molécules présentes dans plusieurs des matrices étudiées (tableau 2) possèdent des propriétés organoleptiques variées (tableau III).

Parmi ces molécules, la 6-méthylhept-5-en-2-one a particulièrement retenu notre attention car peu de publications mettent cette molécule en évidence dans les vins. Elle a été identifiée dans des eaux de vie (Ledauphin et al., 2006) et dans le jus des baies de cassis (Varming et al., 2004). Elle a été reconnue comme sentant le cassis, le fruit mûr (Varming et al., 2004). Dans notre étude, elle a été détectée dans 9 matrices (tableau 2). Afin d'étudier son prétendu rôle dans l'arôme cassis des vins, nous avons mis au point une méthode de dosage par HS-SPME-GCxGC-MS. Ne sont présentés ici que les résultats d'étalonnage (figure 8). Le tableau 4 présente les résultats de dosages dans 2 échantillons de vins. Des experts de Vinovalie ont observé que l'ajout dans le vin de cette molécule permettait d'augmenter les notes végétales et florales mais pas les notes cassis. Le seuil de perception olfactive a été évalué à 2µg/L. la molécule est donc présente à des concentrations légèrement inférieures à son seuil de perception dans les deux vins analysés.

Conclusion

Dans cette étude, afin de pallier au manque de sélectivité des méthodes usuelles d'analyse des composés volatils du vin, nous avons développé une méthodologie multi-techniques fondée sur le couplage de la GC-O et de la GCxGC-MS. L'intérêt d'un tel couplage



Figure 4 : Cryo-modulateur (Zoex)

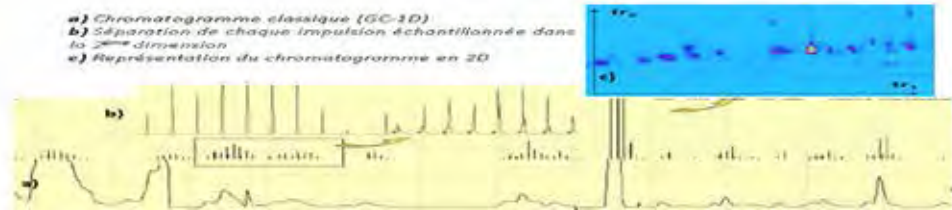


Figure 5 : Chromatogrammes du même extrait obtenus avec la GC et la GCxGC

Tableau II : Matrices cartographiées ; * 6-méthylhept-5-en-2-one détectée.

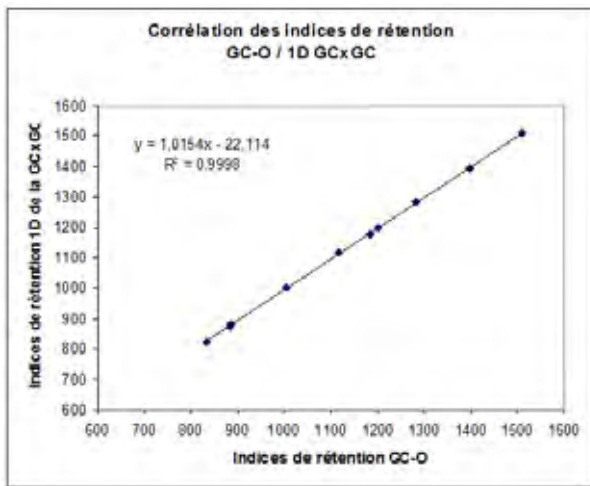
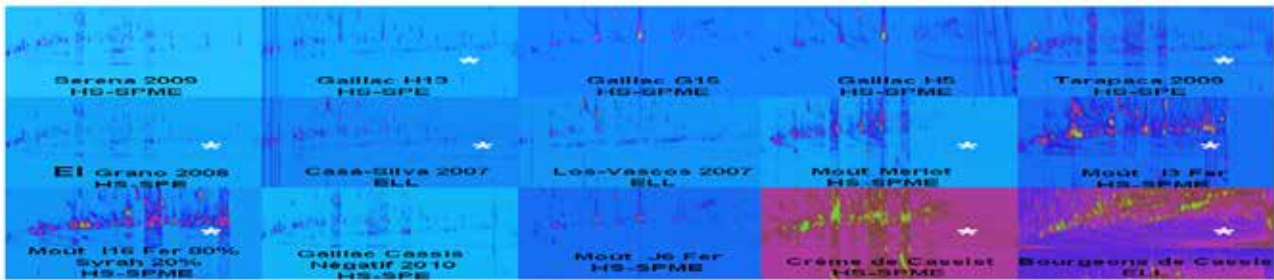


Figure 6 : Corrélation des indices de rétention

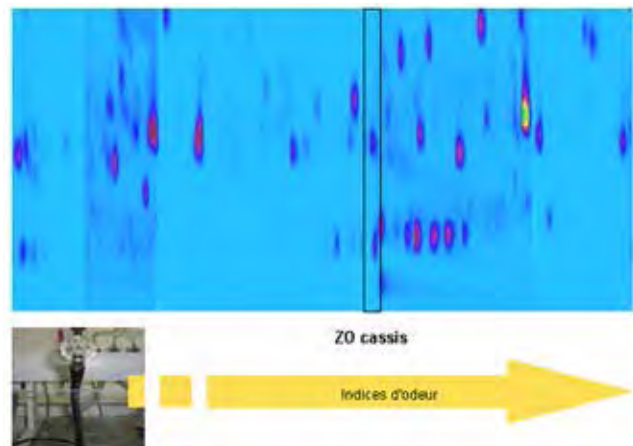


Figure 7 : Association des données issues des 2 techniques

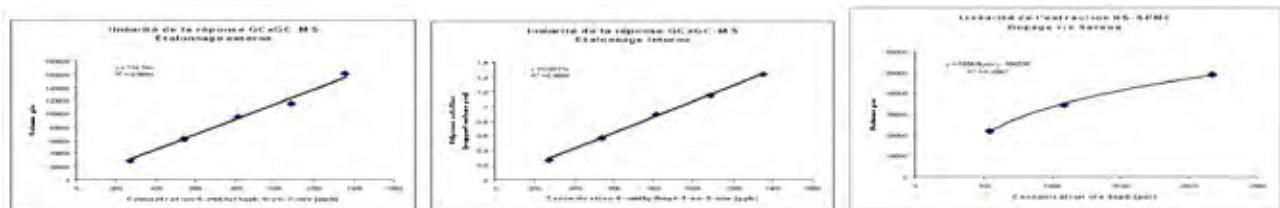


Figure 8 : Linéarité de la réponse GCxGC-MS et linéarité de l'extraction HS-SPME.

pour la recherche et l'identification de composés inconnus à l'état de traces est montré. Notre approche a permis de mettre en évidence la 6-méthylhept-5-en-2-one. Elle est susceptible d'avoir un impact olfactif dans le vin. Ces premiers résultats montrent le grand potentiel de cette méthodologie analytique pour le criblage non limitatif de nouveaux marqueurs aromatiques dans des matrices complexes.

Références bibliographiques

Aubry Victoire 1999. Contribution à la connaissance aromatique des vins de pinot noir de Bourgogne par des méthodes instrumentales et sensorielles. Thèse de doctorat de l'université de bourgogne

Campo E., J. Cacho, V. Ferreira 2006. Multidimensional chromatographic approach applied to the identification of novel aroma compounds in wine: identification of ethyl cyclohexanoate, ethyl 2-hydroxy-3-methylbutyrate and ethyl 2-hydroxy-4-methylpentanoate. Journal of Chromatography A, 1137, 223-230.

Tableau III : Propriétés aromatiques des molécules identifiées dans la zone ^[990-1010].
1 www.thegoodscentscompany.com ; 2 www.pherobase.com

Nom	Propriétés organoleptiques
Hexanoate ethyl	Doux, fruité, ananas ¹
Thiophen-3-one-dihydro-2 methyl	Bare fruitée, sulfuree ¹
Hexyl acetate	Fruité, pomme verte ¹
3-Hexenoic acid ethyl ester	Doux, fruité, ananas frais ¹
Propanol 3-methyl mercapto	Soufre, soupe d'oignon ²
6-méthylhept-5-en-2-one	Cassis, terreux²

Tableau IV : Exemples des teneurs en 6-méthylhept-5-en-2-one rencontrées dans deux vins

Tarapaca 2009	0,4µg/L
El Grano 2008	0,5µg/L

Chin Sung-Tong, Graham T. Eyres, Philip J. Marriott 2011. Identification of potent odourants in wine and brewed coffee using gas chromatography-olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1218, 7487-7498.

Dugo Giacomo, Flavio A. Franchina, Maria R. Scandinaro, Ivana Bonaccorsi, Nicola Cicero, Peter Q. Tranchida, Luigi Mondello 2014. Elucidation of the volatile composition of Marsala wines by using comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Food Chemistry* 142, 262-268.

Eyres Graham, Philip J. Marriott, Jean-Pierre Dufour 2007. The combination of gas chromatography-olfactometry and multidimensional gas chromatography for the characterisation of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 1150, 70-77.

Falcao L. D., G. Lytra, et al. 2011. Identification of ethyl 2-hydroxy-4-methylpentanoate in red wines, a compound involved in blackberry aroma. *Food Chemistry* 132 (1), 230-236.

Jonsson, P. r., J. Gullberg, et al. 2004. A Strategy for Identifying Differences in Large Series of Metabolomic Samples Analyzed by GC/MS. *Analytical Chemistry* 76(6): 1738-1745.

Ledauphin, J. r. m., B. t. Basset, et al. 2006. Identification of trace volatile compounds in freshly distilled Calvados and Cognac: Carbonyl and sulphur compounds. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(1): 28-40.

Marriott Philip J, Sung-Tong Chin, Bussayarat Maikhunthod, Hans-Georg Schmar, Stefan Bieri 2012. Multidimensional gas Chromatography. *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 34.

Mattivi F., L. Caputi, S. Carlin, T. Lanza, M. Minozzi, D. Nanni, L. Valenti and U. Vrhovsek 2011. Effective analysis of rotundone at below-threshold levels in red and white wines using solid-phase microextraction gas chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, 25, 483-488.

Pereira Hélène 2010. Développement de l'approche métabolomique par couplage chromatographie liquide / spectrométrie de masse : application à la nutrition, Sciences du vivant/Alimentation et nutrition. Thèse de doctorat de l'université de Clermont-Ferrand.

Pons Alexandre, Valérie Lavigne, Frerot Eric, Philippe Darriet and Denis Dubourdiou 2008. Identification of Volatile Compounds Responsible for Prune Aroma in Prematurely Aged Red Wines. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 5285-5290.

Rigou Peggy, Aurélie Triay, Alain Razungles 2014. Influence of volatile thiols in the development of blackcurrant aroma in red wine. *Food Chemistry* 142, 242-248.

Risticvic Sanja, Jennifer R., Janusz Pawliszyna 2012. Solid phase microextraction coupled with comprehensive two-dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry for high-resolution metabolite profiling in apples: Implementation of structured separations for optimization of sample preparation procedure in complex samples. *Journal of Chromatography A*, 1251, 208- 218.

Robinson Anthony L., Paul K. Boss, Hildegard Heymann, Peter S. Solomon, Robert D. Trengove 2011. Development of a sensitive non-targeted method for characterizing the wine volatile profile using headspace solid-phase microextraction comprehensive two-dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1218, 504-517.

Rochat S., J. Egger, A. Chaintreau 2009. Strategy for the identification of key odorants: Application to shrimp aroma. *Journal of Chromatography A*, 1216, 6424-6432.

San-Juan Felipe, Ján Pet'ka, Juan Cacho, Vicente Ferreira, Ana Escudero 2010. Producing headspace extracts for the gas chromatography-olfactometric evaluation of wine aroma. *Food Chemistry* 123, 188-195.

Schmarra Hans-Georg, Jörg Bernhardt 2010. Profiling analysis of volatile compounds from fruits using comprehensive two-dimensional gas chromatography and image processing techniques. *Journal of Chromatography A*, 1217, 565-574.

Varming, C., M. A. Petersen, et al. 2004. Comparison of Isolation Methods for the Determination of Important Aroma Compounds in Black Currant (*Ribes nigrum* L.) Juice, Using Nasal Impact Frequency Profiling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(6): 1647-1652.

Weldegergis BT, Crouch AM, Górecki T, de Villiers A. 2011. Solid phase extraction in combination with comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry for the detailed investigation of volatiles in South African red wines. *Anal Chim Acta. Sep 2; 701(1):98-111.*

Zellner Barbara d'Acampora, Alessandro Casilli, Paola Dugo, Giovanni Dugo, Luigi Mondello 2007. Odour fingerprint acquisition by means of comprehensive two-dimensional gas chromatography-olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1141, 279-286.

Zenilda L., Cardeal a., Philip J. Marriott 2009. Comprehensive two-dimensional gas chromatography-mass spectrometry analysis and comparison of volatile organic compounds in Brazilian cachaça and selected spirits. *Food Chemistry* 112, 747-755.



Flavy FX

La filtration tangentielle Bourbes et Vins



La solution "2 en 1" pour filtrer toute l'année.

Fort de son expertise en filtration des vins, Bucher Vaslin développe la technique de filtration tangentielle pour le traitement des bourbes pendant les vendanges. Bourbes et Vins sont ainsi traités avec le même filtre, pour un fonctionnement toute l'année.

Cette nouvelle solution "2 en 1" présente plusieurs atouts : une valorisation du produit fini, un gain économique indéniable et une réelle valeur ajoutée pour la cave.

BUCHER
vaslin

newpage 13/18

Bucher Vaslin
49290 Chalonnnes sur Loire
Dominique Limorté – Responsable régional Filtration
Tél. 06 07 65 54 05 - dominique.limorte@buchervaslin.com

www.buchervaslin.com
Votre réussite est notre priorité

Le premier rôle pour vos vignes !



**Détruit
les rejets**



**Détruit
les adventices**

SPOTLIGHT PLUS

SHARK

Shark® (AV2030011) : contenant 60 g/l carfentrazone-éthyle, formulation EO. Xi Irritant, R38, R43, R50/53. N Dangereux pour l'environnement. * Marque déposée de FMC Corporation, USA. Détenteur d'homologation : FMC Chemical sprl. Spotlight® Plus (AV2000327) : contenant 60 g/l carfentrazone-éthyle, formulation EO. Xi Irritant, R38, R43, R50/53. N Dangereux pour l'environnement. * Marque déposée de FMC Corporation, USA. Détenteur d'homologation : FMC Chemical sprl. Dangereux - Respecter les précautions d'emploi - Lire attentivement l'étiquette avant toute utilisation. Doses et usages : se référer à la notice et à l'étiquette. Distribué par : Belchim Crop Protection France SA - Parc Tertiaire de Bois Dieu - 3 allée des Chevreuils - 69380 Lissieu - T. 04 78 83 40 66 - www.belchim.com - Agrément n° NC00838 pour l'accès à la Distribution de produits phytopharmaceutiques à des utilisateurs professionnels - Fiche de données de sécurité disponible au 04 78 83 40 66 ou sur le site www.quickfds.com - Annule et remplace toutes versions précédentes - BCP mars 2013

 **BELCHIM**
—Crop Protection—

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : UTILISEZ LES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES AVEC PRÉCAUTION. AVANT TOUTE UTILISATION, LISEZ L'ÉTIQUETTE ET LES INFORMATIONS CONCERNANT LE PRODUIT.



 **LalVigne®**
Grow your wine

Cultivez votre vin

LalVigne® Mature est une innovation brevetée (*US Patent Pending*) qui permet d'améliorer la perception de la maturité phénolique des vins après deux applications foliaires sur la vigne à la véraison.

LalVigne® Mature est composé à 100% de fractions de levures sélectionnées issues de la collection *LALLEMAND WINE YEAST COLLECTION*.
Utilisable en Agriculture Biologique (garantie sans OGM).